

GENEL GEREKÇE

Ülkemizde yapılar, kullanım süreleri boyunca kendi ağırlıkları ile birlikte hareketli yükler, rüzgâr yükü, sıcaklık değişimleri ve özellikle deprem etkileri gibi çeşitli dış etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler, zaman içerisinde yapı malzemelerinde yorulma, çatlama, dayanım ve rijitlik kaybı gibi olumsuzluklara neden olabilmektedir. Ayrıca çevresel koşullar, yapım hataları, malzeme kalitesindeki yetersizlikler ve bakım ile onarım eksiklikleri de yapı güvenliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun yanında, yapıların kullanım amacının değiştirilmesi, mevcut taşıyıcı sistem üzerine ek yüklerin gelmesi veya yapısal performansın artırılmasının hedeflenmesi gibi durumlar da güçlendirme ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemiz, yüksek deprem tehlikesine sahip bir coğrafyada yer almakta olup mevcut yapı stokunun önemli bir bölümü, yürürlükteki güncel deprem yönetmeliklerinden önce inşa edilmiş yapılardan oluşmaktadır. Bu yapıların büyük kısmı, günümüz performans hedeflerini karşılayamamakta ve olası bir deprem sırasında ağır hasar görme veya yıkılma riski taşımaktadır. Mevcut yapı stokunun tümüyle yenilenmesinin ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan kısa vadede mümkün olmaması nedeniyle, yapıların güçlendirilmesi, can ve mal kayıplarının azaltılması açısından stratejik bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Hâlihazırda yürürlükte bulunan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin (TBDY) 15 inci Bölümü, binaların güçlendirilmesine ilişkin hükümleri sınırlı sayıda yapı türü ve yöntem ile ele almakta olup, kapsamlı, bütüncül ve yenilikçi uygulamaya yönelik müstakil bir bina güçlendirme yönetmeliği bulunmamaktadır.

Bu yönetmelik taslağı ile; mevcut yapıların güvenliğinin artırılmasına yönelik olarak bilimsel ve mühendislik esaslarına dayanan, uygulanabilir, denetlenebilir ve sürdürülebilir bir çerçevenin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, geleneksel güçlendirme yöntemlerinin yanı sıra sönümleyici sistemler, deprem yalıtım birimi, temel güçlendirme uygulamaları, dıştan güçlendirme gibi yenilikçi güçlendirme yöntemlerinin tanımlanması, sınıflandırılması ve uygulama esaslarının belirlenmesi hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, bu yönetmelik ile yapıların deprem ve diğer etkiler karşısındaki performanslarının artırılması, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi, mevcut yapı stokunun daha etkin ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi ve ülkemizde bina güçlendirme uygulamalarında teknik ve idari birliğin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çerçevede hazırlanacak düzenlemelerin, mühendislik uygulamalarına yol gösterici nitelikte olması ve ülke genelinde güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir bir yapılaşmaya katkı sağlaması hedeflenmektedir.

GÖRÜŞ FORMU*

Görüş Bildiren Kurum:

Taslağın Geneli Üzerindeki Görüş ve Değerlendirme		
Mevcut Metin	Taslak Metin	Öneri/Teklif Metni
Değerlendirme		
Değerlendirme		
Değerlendirme		
Değerlendirme		

NOT: Mevcut metin ve taslak metin sütunları karşılaştırma cetveli ile aynı renk ve biçimde oluşturulur. Teklif metni ile yapılacak değişiklikler ise farklı renkte gösterilir.

T.C.
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI
(Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü)

GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNE İLİŞKİN TASARIM,
HESAP VE YAPIM ESASLARI TASLAĞI

TASLAK

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1 – GENEL HÜKÜMLER	1
1.1. KAPSAM	1
1.2. GENEL İLKELER	1
1.3. ÖZEL KONULARDA TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ	3
1.3.1. Tanım	3
1.3.2. Kapsam.....	3
1.4. DENEYE DAYALI TASARIM.....	3
1.5. ATIF YAPILAN DOKÜMANLAR.....	3
BÖLÜM 2 – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ İÇİN GENEL ESASLAR	7
2.0. SİMGELER	7
2.1. DEPREM YER HAREKETİ.....	7
2.1.1. Kapsam.....	7
2.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	8
2.2. BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ VE HEDEFLERİ	8
2.2.1. Bina Performans Düzeyleri	8
2.2.2. Bina Performans Hedefleri.....	8
2.2.3. Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	8
EK 2A – DD-G1 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI	10
EK 2B – DD-G2 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI	11
BİLGİLENDİRME EKİ 2C – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRME SÜRECİNE YÖNELİK YOL HARİTASI.....	12
2C.1. Karar Aşaması	12
2C.2. Genel Yaklaşım	12
2C.3. Güçlendirme Yöntemleri	12
2C.4. Uygulama Projesinin Kapsamı	13
2C.5. Süreç Akış Diyagramları	13
BÖLÜM 3 – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRME TASARIMI VE ANALİZİ İÇİN HESAP ESASLARI.....	32
3.1. GENEL	32
3.2. HESAP MODELİNİN OLUŞTURULMASI	32
3.3. BİNA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	32
BÖLÜM 4 – BETONARME BİNALAR	33
4.1. BETONARME UYGULAMALAR.....	33

4.1.0. Simgeler	33
4.1.1. Genel Esaslar	33
4.1.2. Taşıyıcı Elemanların Güçlendirilmesi	35
4.1.3. Taşıyıcı Sistem Güçlendirilmesi	48
4.2. ÇELİK UYGULAMALAR	54
4.2.0. Simgeler	54
4.2.1. Taşıyıcı Eleman Güçlendirmesi	55
4.2.2. Taşıyıcı Sistem Güçlendirmesi	61
Bilgilendirme Eki 4.2A – Çelik Çaprazlı Sistemlerin Eklenmesi	67
4.3. LİFLİ POLİMER UYGULAMALAR	76
4.3.0. Simgeler	76
4.3.1. Genel	78
4.3.2. Deprem Etkisi Altında Lifli Polimer Kompozitler ile Güçlendirme Esasları	80
4.3.3. Lifli Polimerler ile Kesme Etkilerine Karşı Güçlendirme	80
4.3.4. Lifli Polimer Sargılama ile Betonarme Eleman Basınç Dayanımı ve Sünekliğinin Artırılması	83
4.3.5. Boyuna Donatı Bindirme Boyu Yetersizliği ve Burkulmasını Önlemek İçin Lifli Polimer ile Sargılama	86
4.3.6. Lifli Polimer ile Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi	87
4.3.7. Lifli Polimerler ile Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi	90
4.3.8. Lifli Polimer ile Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi	93
4.3.9. Lifli Polimer Güçlendirme Uygulamaları için Ankraj Sistemleri	94
Bilgilendirme Eki 4.3A – LP Kompozitlerin Sınıflandırılması ve Özellikleri	101
4.4. DIŞTAN GÜÇLENDİRME	104
4.4.1. Amaç	104
4.4.2. Kapsam	104
4.4.3. Dıştan Güçlendirilecek Binalardan Bilgi Toplanması	107
4.4.4. Genel İlke ve Kurallar	107
4.4.5. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı	108
4.4.6. Şekildeğiştirme Sınırları	108
4.4.7. Mevcut Bina ve Dış Çerçeve Bağlantı Elemanlarının Hesap ve Tasarımı	108
BÖLÜM 5 – ÇELİK BİNALAR	114
5.0 SİMGELER	114
5.1. KAPSAM	117
5.2. GENEL KURALLAR	117
5.3. GÜÇLENDİRME İÇİN MALZEME ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA KOŞULLARI	118
5.4. TAŞIYICI SİSTEM BİLEŞENLERİ / ELEMANLARI	118

5.5. KİRİŞLER	118
5.6. EKSENEL KUVVET VE BİLEŞİK ETKİLER ALTINDAKİ ELEMANLAR	121
5.7. KAYMA (PANEL) BÖLGELERİ	125
5.8. KİRİŞ VE KOLON BİRLEŞİMLERİ	126
5.9. ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN BİRLEŞİMLERİ	131
5.10. MOMENT AKTARAN ÇELİK ÇERÇEVELER	134
5.11. ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELER	135
5.12. DİYAFLARLAR	137
EK 5A – ÇELİK ELEMANLAR İÇİN İZİN VERİLEN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ	139
BÖLÜM 6 – AHŞAP BİNALAR	150
6.1. KAPSAM	150
6.2. GENEL TANIMLAR VE KURALLAR	150
6.2.1. Performans Gereklikleri	150
6.2.2. Malzeme	151
6.2.3. Taşıyıcı Yapısal Ahşap Elemanlar, Birleşimler ve Diğer Bileşenler	152
6.2.4. Bilgi Düzeyleri	153
6.2.5. Bilgi Düzeylerinin Değerlendirmede Kullanımı	154
6.3. YAPISAL DEĞERLENDİRME	156
6.3.1. Modelleme ve Analiz	156
6.3.2. Döşemeler	156
6.3.3. Değerlendirme	156
6.4. GÜÇLENDİRME	158
6.4.1. Genel Kurallar	158
6.4.2. Çapraz Eleman Eklenmesi	160
6.4.3. Çelik Taşıyıcı Sistem İlavesiyle Güçlendirme	161
6.4.4. Yatay ve Düşey Elemanlarda Sürekliliğin Sağlanması	162
6.4.5. Döşemelerin Güçlendirilmesi	163
BÖLÜM 7 – YÜKSEK BİNALAR	164
7.0. SİMGELER	164
7.1. KAPSAM VE TANIM	164
7.2. GENEL KURALLAR	165
7.2.1. Taşıyıcı Elemanlar ve Taşıyıcı Sistem için Hesap Yöntemleri	165
7.2.2. Performans Hedefleri ve Değerlendirme Aşamaları	165
7.2.3. Değerlendirme Aşaması I: DD-2 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Kontrollü Hasar veya Onarılabilir Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme	166
7.2.4. Değerlendirme Aşaması II: DD-4 veya DD-3 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Kesintisiz Kullanım veya Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme	168

7.2.5. Değerlendirme Aşaması III: DD-1 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Göçmenin Önlenmesi veya Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme	169
7.3. TAŞIYICI ELEMANLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	170
7.3.1. Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi	170
7.3.2. Bağ Kirişlerin Güçlendirilmesi	171
7.3.3. Kolon ve Kirişlerin Güçlendirilmesi	172
7.4. TAŞIYICI SİSTEMLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	172
7.4.1. Sönümleyici Birimler ile Güçlendirme	172
7.4.2. Çelik Çaprazlar/Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar ile Güçlendirme	173
7.4.3. Taşıyıcı Sisteme Betonarme Perdelerin Eklenmesi	174
7.4.4. Kütle Azaltılması.....	175
7.5. DÖŞEMELERİN GÜÇLENDİRİLMESİ	175
7.5.1. Düzlem İçi Kuvvetler (Diyafram Etkileri)	175
7.5.2. Döşemeden Perdeler Yükle Aktarımı.....	176
7.5.3. Döşemelerde Zımbalama Etkileri.....	177
7.6. TEMEL GÜÇLENDİRMESİ	177
BÖLÜM 8 – SÖNÜMLEME SİSTEMİ EKLEME	178
8.0. SİMGELER	178
8.1. KAPSAM	178
8.2. AMAÇ	178
8.3. SÖNÜMLEME SİSTEMİ EKLENMİŞ BİNA BİLEŞENLERİ.....	179
8.4. GENEL TASARIM İLKELERİ	179
8.5. DEPREM KUVVETİ TAŞIYAN SİSTEM (DKTS) GEREKLİLİKLERİ.....	180
8.6. PERFORMANS HEDEFLERİ.....	180
8.7. DEPREM YER HAREKETİ.....	180
8.8. SÖNÜMLEME BİRİMİ TİPLERİ	182
8.9. ENERJİ SÖNÜMLEME BİRİMLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ	184
8.10. SÖNÜMLEME BİRİMLERİNİN ÜST VE ALT ÖZELLİKLERİ.....	184
8.11. SÖNÜMLEME SİSTEMİNİN YEDEKLİLİK DURUMU	185
8.12. SÖNÜMLEME BİRİMİ DENEYLERİ.....	186
8.13. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ ..	191
8.14. EK DIŞMERKEZLİK ETKİSİ.....	193
8.15. DİĞER GEREKLİLİKLER.....	194
8.16. TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ	194
BÖLÜM 9 – DEPREM YALITIMI	196
9.0. SİMGELER	196
9.1. TANIMLAR	196

9.2. KAPSAM	197
9.3. ÖZEL ŞARTLAR.....	197
BÖLÜM 10 – TEMELLER	199
10.1. KAPSAM	199
10.2. GENEL ESASLAR	199
10.3. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	200
10.3.1. Yöntem Seçimi	200
10.3.2. Uygulanabilecek Yöntemler.....	200
10.4. MEVCUT TEMEL ELEMANLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ	201
10.4.1. Genel İlkeler.....	201
10.4.2. Temel Kalınlığının Artırılması.....	201
10.4.3. Tekil Temellerin Sürekli Temele Dönüştürülmesi.....	202
10.4.4. Mevcut Temellerin Radye Temele Dönüştürülmesi	202
10.5. YENİ TEMEL ELEMANLARININ EKLENMESİ.....	202
10.5.1. Genel İlkeler.....	202
10.5.2. Kolon veya Perde İçin Yeni Temellerin Eklenmesi.....	203
BÖLÜM 11 – YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR	204
11.0. SİMGELER	204
11.1. KAPSAM	205
11.2. GENEL KURALLAR	206
11.3. MEVCUT DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	206
11.3.1. Hesapta Dikkate Alınacak Kuvvetlerin Belirlenmesi	206
11.3.2. Bölme Duvarların Düzlem Dışı Doğrultuda Tahkiki	207
11.3.3. Asma Tavan Sistemlerinin Tahkiki.....	210
11.3.4. Elektrik ve Mekanik Sistemlerin Tahkiki	210
11.4. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ	211
11.4.1. Bölme Duvarların Düzlem Dışı Eğilme Etkilerine Karşı Güçlendirilmesi.....	211
11.4.2. Asma Tavanların Güçlendirilmesi	215
11.4.3. Elektrik ve Mekanik Sistem Bağlantılarının Güçlendirilmesi	215
BÖLÜM 12 – DENETİM VE KALİTE KONTROL	216
12.1. KAPSAM VE TANIM	216
12.2. GENEL ESASLAR	216
12.3. MALZEMELERİN DENETİMİ VE KALİTE KONTROLÜ.....	216
12.3.1. Genel	216
12.3.2. Beton	216
12.3.3. Çelik Donatı ve Profil Çelikler.....	217
12.3.4. Çimento Esaslı Harçlar.....	217

12.3.5. Polimer Esaslı Harçlar, Epoksiler ve Enjeksiyon Malzemeleri	217
12.3.6. Lifli Kompozitler.....	217
12.3.7. Bağlantı Elemanları.....	218
12.4. İMALATLARDA DENETİM VE KALİTE KONTROL	218
12.4.1. Genel	218
12.4.2. Performans Doğrulama Testi	218
12.4.3. Beton Yüzey Hazırlanması ve Uygunluk Kontrolü	219
12.4.4. Yerindeki Beton Dayanımlarının Belirlenmesi.....	219
12.4.5. Yerinde Yapılacak Çekip Çıkarma Deneyleri.....	220
12.4.6. Yerinde Yapılacak Çekip Koparma Deneyleri.....	220
12.4.7. Uygulama Kontrolleri	220
12.4.8. Yetersiz ve Hatalı Uygulamaların Düzeltilmesi.....	221
12.5. DOKÜMANTASYON VE RAPORLAMA.....	222

BÖLÜM 1 – GENEL HÜKÜMLER

1.1. KAPSAM

1.1.1 – Bu Yönetmelik hükümleri, deprem etkileri altında mevcut binaların güçlendirme tasarımları ve güçlendirilmiş binaların değerlendirilmesi için uygulanır.

1.1.2 – Bu Yönetmelik hükümleri, deprem etkisi altında yerinde dökme betonarme, çelik ve ahşap malzemeden yapılmış deprem hasarı bulunmayan mevcut binaların güçlendirilmesi için uygulanır.

1.1.3 – Binalar ve bina türü yapıların dışında kalan köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer tesisler, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, gömülü yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.4 – Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar ve anıtlar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

1.1.5 – Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki bina ve bina türü yapıların deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımları; kendi özel yönetmelikleri yürürlüğe girinceye kadar, öncelikle ilgili Türk standartları ve yönetmeliklerinde verilen hükümler ile birlikte, uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer teknik dokümanlar, bu Yönetmelikte öngörülen ilkeler gözetilerek yapılabilir.

1.1.6 – Bu Yönetmeliğin kapsamı içinde bulunmayan tasarım kuralları için uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer standartlar ve yönetmelikler, bu Yönetmelikte öngörülen ilkeleri ve asgari güvenlik seviyesini sağlayacak şekilde kullanılabilir.

1.1.7 – Bu Yönetmelikte yer alan ekler aşağıda **(a)** ve **(b)**'de tanımlanmıştır:

(a) Bilgilendirme Eki olarak adlandırılan ekler, Yönetmeliğin ilgili bölümlerinin daha iyi anlaşılması ve uygulanmasına yönelik olarak bilgi verme amacı ile düzenlenmiştir. Bu ekler, Yönetmeliğin uygulanması zorunlu kısımları değildir.

(b) Yönetmelikte yer alan diğer Ek'ler, Yönetmeliğin ayrılmaz parçalarıdır ve uygulanmaları zorunludur.

1.2. GENEL İLKELER

1.2.1 – Bu Yönetmeliğe göre mevcut binaların depreme karşı güçlendirilmesinde esas alınacak deprem yer hareketi düzeyleri **Bölüm 2**'de tanımlanmıştır. Bu deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen deprem karakteristikleri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları* ile tanımlanmıştır. Söz konusu haritada yapılacak güncellemeler, yayımlandığı tarihten itibaren bu Yönetmelik kapsamında geçerli olur.

1.2.2 – Bu Yönetmeliğe göre mevcut binaların deprem etkisi altında değerlendirilmesinde ve güçlendirilmesinde esas alınacak *Bina Performans Hedefleri* **Bölüm 2**'de tanımlanmıştır.

1.2.3 – Bu Yönetmelik hükümleri kapsamında hedeflenen performans düzeylerinin sağlanması, binanın deprem etkileri altında hasar görmeyeceği anlamına gelmez. Bu Yönetmeliğe göre

güçlendirilen binalarda, güçlendirme tasarımında dikkate alınan deprem hareketi veya bundan daha büyük deprem hareketleri altında, yapısal ve yapısal olmayan hasarların oluşması mümkündür.

1.2.4 – Güçlendirme projesine başlanmadan önce; güçlendirmenin amacı, kapsamı ve hedeflenen performans düzeyi, **Bölüm 2**'de tanımlanan teknik sınırlar ve asgari koşullar gözetilerek, proje müellifinin teknik rehberliğinde bina sahibi tarafından belirlenir. Proje, bu süreçte alınan kararlara ve belirlenen esaslara göre hazırlanır. Binanın performansı bu esaslar doğrultusunda değerlendirilir.

1.2.5 – Hedeflenen performans düzeyi ve buna bağlı müdahale kapsamının belirlenmesinde; binanın hizmet ömrü, kullanılabilirlik koşulları ile diğer teknik ve işletme gereklerinin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi esastır.

1.2.6 – Bu Yönetmelik hükümleri uyarınca yapılacak güçlendirme uygulamalarında; malzeme, işçilik ve yapım koşulları bakımından Türk Standartları ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Genel Teknik Şartnamesi ve yürürlükteki Yapı Malzemeleri Yönetmeliği hükümlerine uyulması zorunludur.

1.2.7 – Güçlendirme uygulamalarını gerçekleştirecek ekiplerin; 5544 sayılı Kanun kapsamında Mesleki Yeterlilik Belgesi'ne veya 3308 sayılı Mesleki Eğitim Kanunu'na göre düzenlenmiş ustalık belgesine sahip olanlar ile Millî Eğitim Bakanlığına bağlı meslekî ve teknik eğitim okullarından mezun olup diplomalarında belirtilen bölüm, alan ve dallarda çalıştırılan personelden oluşturulması zorunludur. Özel uzmanlık gerektiren ancak ulusal yeterliliği veya ustalık belgesi kapsamı bulunmayan uygulamalarda, diğer ulusal ve uluslararası eğitim ve belgelendirme kuruluşlarından yeterlilik belgesi alınacaktır.

1.2.8 – Güçlendirme uygulamaları, mevcut bina ve çevresinin güvenliğini tehlikeye düşürmeyecek şekilde ilgili iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına uygun tüm önlemler alınarak yapılacaktır. Uygulama sırasında mevcut binanın stabilitesini sağlamak amacıyla kullanılacak askı, destek iskelesi ve benzeri tüm geçici taşıyıcı sistemler, projesine uygun olarak imal edilir. Geçici taşıyıcı sistemlerin tasarımı, TS EN 12812 standardında belirtilen ilkelere uygun olarak yapılır. Tasarımında kullanılacak deprem yükü, TBDY 2.2.4 kapsamında tanımlanan deprem yer hareketi düzeyine göre belirlenecektir.

1.2.9 – Güçlendirme uygulaması sırasında projede öngörülmeyen ve tasarım kabullerini etkileyebilecek nitelikte proje ile yerindeki mevcut geometri ve boyutlar arasında farklılık, yapısal hasar, malzeme zayıflığı, taşıyıcı sistem kusuru veya imalat hatası gibi durumların tespit edilmesi halinde, durum, bir tutanak ile kayıt altına alınarak proje müellifine ve yapı denetim kuruluşuna/fenni mesule gecikmeksizin bildirilir. Tespit edilen durumun tasarım kabullerini geçersiz kıldığının ve imalata devam edilmesinin sakıncalı olduğunun proje müellifi tarafından değerlendirilmesi halinde, ilgili alandaki çalışmalar durdurulur. Uygulamaya, proje müellifi tarafından hazırlanacak proje revizyonuna uygun olarak devam edilir. Hazırlanan proje revizyonunun uygulanmasına başlanmadan önce ilgili idarenin (ruhsatı veren kurum) onayı alınır. Yapı denetim kuruluşu/fenni mesul, uygulamanın bu revize edilmiş projeye uygunluğunu denetlemekle yükümlüdür.

1.2.10 – Güçlendirme uygulamaları süresince yapılacak imalatların projede belirtilen malzeme özelliklerine, uygulama yöntemlerine ve detaylara uygunluğunu sağlamak amacıyla, kalite

kontrol ve kalite güvencesi faaliyetleri yürütülmesi zorunludur. Bu faaliyetler; **Bölüm 12** hükümleri esas alınarak proje müellifi tarafından hazırlanan ve güçlendirme projesinde yer alan *Kalite Kontrol Planına* göre yürütülür. *Kalite Kontrol Planının* sahada uygulanmasından yüklenici (uygulamacı); planda belirtilen test, kontrol ve denetimlerin yaptırılmasından, sonuçlarının projesine uygunluğunun denetlenmesinden ve onaylanmasından ise yapı denetim kuruluşu veya fenni mesul birincil derecede sorumludur.

1.2.11 – Güçlendirme sonrası binanın hizmet ömrü boyunca performansını korumak amacıyla yapılacak periyodik bakım ve izleme faaliyetlerinin içeriği, yöntemleri ve sıklığı, proje müellifi tarafından belirlenir. Bu bilgiler, **1.2.10**'da tanımlanan *Kalite Kontrol Planına* ayrı bir bölüm olarak eklenir ve güçlendirme projesi ekinde bina sahibine sunulur. Bu faaliyetlerin belirlenen esaslara göre yerine getirilmesinden bina sahibi sorumludur.

1.3. ÖZEL KONULARDA TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ

1.3.1. Tanım

1.3.1.1 – Bu Yönetmelik kapsamında **1.3.2**'de belirtilen konulara ilişkin değerlendirme ve tasarım süreçlerinde; projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar görev yapmak üzere, ilgili alanda uzmanlaşmış inşaat mühendislerinden “tasarım gözetimi ve kontrolü” hizmeti alınması zorunludur. Bu hizmetin temin edilmesinden yapı sahibi sorumludur.

1.3.1.2 – Bu tür hizmetleri yerine getireceklerin eğitim koşulları, mesleki yeterlilik ve deneyim konuları ve bunların belgelendirilmesi ile hizmetin yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan “Özellik Arz Eden Binaların Tasarım Gözetimi ve Kontrolü Hizmetlerine Dair Yönetmelik” hükümlerine göre belirlenir.

1.3.2. Kapsam

TBDY 1.3.2’de belirtilen konulara ilave olarak; bu Yönetmelik kapsamında aşağıda **(a)**, **(b)** ve **(c)**’de belirtilen bina türleri ve güçlendirme yöntemleri de **1.3.1**’de tanımlanan “tasarım gözetimi ve kontrolü” hizmetine tabidir:

- (a)** Bu Yönetmeliğin **Bölüm 7**’si kapsamına giren mevcut yüksek binaların güçlendirilmesi,
- (b)** Bu Yönetmeliğin **Bölüm 8**’i kapsamında binaya sönümleme sistemi eklenmesi suretiyle yapılan güçlendirmeler,
- (c)** Bu Yönetmeliğin **Bölüm 9**’u kapsamında binaya deprem yalıtımı uygulanması suretiyle yapılan güçlendirmeler.

1.4. DENEYE DAYALI TASARIM

Yeterli hesap modellerinin bulunmadığı, çok sayıda benzer bileşenin kullanıldığı durumlarda veya tasarımda kullanılan varsayımların doğrulanması amacıyla yapılacak deneysel çalışmalarda TS EN 1990 Ek D’de verilen esaslar veya eşdeğer uluslararası kurallar dikkate alınacaktır.

1.5. ATIF YAPILAN DOKÜMANLAR

Bu Yönetmelikte, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standart, yönetmelik ve teknik dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve **Tablo 1.1**'de listelenmiştir. Bu dokümanların uygulanmasında **(a)** ve **(b)**'de verilen esaslar geçerlidir:

(a) Tarih belirtilen atıflarda; ilgili dokümanın sadece belirtilen baskısı esas alınır. Daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, ancak bu Yönetmelikte de tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır.

(b) Tarih belirtilmeyen atıflarda; atıf yapılan dokümanın, yayımlanmış tüm tadilleri de dahil olmak üzere, yürürlükteki en güncel baskısı esas alınır.

Tablo 1.1. Atıf Yapılan Dokümanlar

No.	Bölüm No.	Doküman Kodu	Doküman Adı
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	TBDY:2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
2	4, 5, 6, 11, 12	ÇYTHYE:2018	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği
3	4, 7, 10, 11, 12	TS EN 1992-4	Eurocode 2 – Beton yapıların tasarımı – Bölüm 4: Betonda kullanılacak bağlantıların tasarımı
4	4, 7, 10, 11	EOTA TR	European Organisation for Technical Assessment (EOTA) Teknik Dokümanları
5	4, 6, 10	TS 500:2000 +T1:2001 +T2:2002 +T3:2014	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
6	1, 2	TDTH	Türkiye Deprem Tehlike Haritaları
7	4, 12	TS EN 206	Beton – Özellik, performans, imalat ve uygunluk
8	4, 12	TS EN 1090-2 +A1	Çelik ve alüminyum yapı uygulamaları – Bölüm 2: Çelik yapılar için teknik gerekler
9	5, 12	TS EN 1504-3	Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler – Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi – Bölüm 3: Yapısal olan ve yapısal olmayan tamir
10	5, 12	TS EN 10025	Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri
11	1	-	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Genel Teknik Şartnamesi
12	1	-	Yapı Malzemeleri Yönetmeliği
13	1	-	Mesleki Yeterlilik Kurumu Kanunu (5544 sayılı Kanun)
14	1	-	Mesleki Eğitim Kanunu (3308 sayılı Kanun)
15	1	-	Özellik Arz Eden Binaların Tasarım Gözetimi ve Kontrolü Hizmetlerine Dair Yönetmelik
16	1	TS EN 1990:2023	Eurocode – Yapı tasarımı ve geoteknik esasları
17	1	TS EN 12812	Kalıp iskeleleri – Performans gerekleri ve genel tasarım
18	4	TS EN 1992-1-1:2024	Eurocode 2 – Beton yapıların tasarımı – Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara, köprülere ve inşaat mühendisliği yapılarına uygulanacak kurallar
19	4	TS EN 12504-1	Beton – Yapıda beton deneyleri – Bölüm 1: Karot numuneler – Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini
20	4	TS EN 14399-1	Ön yüklemeli yüksek dayanımlı yapısal cıvatalama takımları – Bölüm 1: Genel özellikler
21	5	TS 498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

Tablo 1.1. (devamı)

No.	Bölüm No.	Doküman Kodu	Doküman Adı
22	6	ABTHYE:2025	Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
23	6	TS EN 335	Ahşap ve ahşap esaslı mamullerin dayanıklılığı – Kullanım sınıflarının tanımı
24	6	TS EN 12512	Ahşap yapılar – Deney metotları – Mekanik bağlayıcılar ile yapılmış birleştirmeler için çevrimli yükleme deneyi
25	6	TS EN 14081-1 +A1	Ahşap yapılar – Dikdörtgen kesilmiş yapı kerestelerinin mukavemet sınıflandırması – Bölüm 1:Genel gereklilikler
26	8	TS EN 15129	Anti-sismik cihazlar
27	8	TS EN ISO/IEC 17025	Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yetkinliği için genel şartlar
28	11	TS EN 1052-2	Kâğır deney metotları – Bölüm 2: Eğilme dayanımının tayini
29	11	TS EN 1996-1-1:2022	Eurocode 6: Kâğır yapıların tasarımı – Bölüm 1-1: Donatılı ve donatısız kâğır için genel kurallar
30	11	TS EN 12845-3	Sabit yangın söndürme sistemleri – Otomatik püskürtme (sprinkler) sistemleri – Bölüm 3: Depreme karşı desteklemeye yönelik rehber bilgiler
31	11	AC434:2016	Acceptance Criteria for Masonry and Concrete Strengthening Using Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) and Steel Reinforced Grout (SRG) Composite Systems
32	11	ASTM E580/ E580M:2024	Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions
33	11	RILEM TC232-TDT	Test methods and design of textile reinforced concrete
34	12	TS 708	Çelik – Betonarme için – Donatı çeliği
35	12	TS 13515	TS EN 206'nın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart
36	12	TS EN 1504-1	Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler – Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi – Bölüm 1: Tarifler
37	12	TS EN 1504-4	Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler – Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi – Bölüm 4: Yapısal bağ
38	12	TS EN 1504-5	Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler – Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi – Bölüm 5: Beton enjeksiyonu
39	12	TS EN 1504-6	Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler – Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi – Bölüm 6: Çelik donatı çubuğunun ankrajlanması
40	12	TS EN 1542	Beton yapılar – Koruma ve tamir için mamul ve sistemler –Deney metotları – Yapışma dayanımının çekip koparma metoduyla tayini
41	12	TS EN 1881	Beton yapılar – Koruma ve tamir için mamul ve sistemler – Deney metotları – Ankraj mamulleri için çekip çıkarma deney metodu
42	12	TS EN 12390-3	Beton – Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini
43	12	TS EN 13791	Beton basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini
44	12	TS EN 14488-1	Püskürtme beton – Deneyler – Taze ve sertleşmiş betondan numune alma
45	12	ACI 440.8M:2023	Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Materials Made by Wet Layup for External Strengthening of Concrete and Masonry Structures
46	12	ASTM D3776/ D3776M	Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric

Tablo 1.1. (devamı)

No.	Bölüm No.	Doküman Kodu	Doküman Adı
47	12	ASTM D7565/ D7565M	Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites Used for Strengthening of Civil Structures
48	12	ASTM E1640	Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperature by Dynamic Mechanical Analysis

TASLAK

BÖLÜM 2 – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ İÇİN GENEL ESASLAR

2.0. SİMGELER

BKS	=	TBDY Tablo 3.1’e göre belirlenecek olan Bina Kullanım Sınıfı
BYS	=	TBDY Tablo 3.3’e göre belirlenecek olan Bina Yükseklik Sınıfı
DD-1	=	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	=	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	=	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	=	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-G1	=	50 yılda aşılma olasılığı %5 (tekrarlanma periyodu 975 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-G2	=	50 yılda aşılma olasılığı %20 (tekrarlanma periyodu 225 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DGT	=	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	=	TBDY Tablo 3.2’ye göre belirlenecek olan Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	=	Göçmenin Önlenmesi performans hedefi
KH	=	Kontrollü Hasar performans hedefi
KK	=	Kesintisiz Kullanım performans hedefi
SH	=	Sınırlı Hasar performans hedefi
ŞGDT	=	Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım

2.1. DEPREM YER HAREKETİ

2.1.1. Kapsam

2.1.1.1 – Binaların depreme karşı güçlendirilmesinde esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin bilgiler bu Bölüm’de verilmiştir.

2.1.1.2 – **2.1.2**’de tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri için deprem verileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. Bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilebilir. Söz konusu haritada yapılacak güncellemeler, yayımlandığı tarihten itibaren bu Yönetmelik kapsamında geçerli olur.

2.1.1.3 – Standart deprem yer hareketi spektrumları için TBDY 2.3, sahaya özel deprem yer hareketi spektrumu için ise TBDY 2.4 esas alınacaktır.

2.1.1.4 – Zaman tanım alanında deprem yer hareketlerinin seçimi ve ölçeklendirilmesi TBDY 2.5’e göre yapılacaktır.

2.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

2.1.2.1 – Bu Yönetmelik kapsamında TBDY’de tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi düzeyine (DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4) ek olarak **2.1.2.2** ve **2.1.2.3**’te belirtilen deprem yer hareketi düzeyleri de tanımlanmıştır.

2.1.2.2 – DD-G1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %5 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 975 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelermektedir. DD-G1’e ait spektral büyüklükler **Ek 2A**’da tanımlanmıştır.

2.1.2.3 – DD-G2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %20 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 225 yıl olduğu deprem yer hareketini nitelermektedir. DD-G2’ye ait spektral büyüklükler **Ek 2B**’de tanımlanmıştır.

2.2. BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ VE HEDEFLERİ

2.2.1. Bina Performans Düzeyleri

Deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için TBDY 3.4’te dört farklı Bina Performans Düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar Kesintisiz Kullanım (KK), Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyleridir. Bu performans düzeyleri ve tanımları bu Yönetmelik için de geçerlidir.

2.2.2. Bina Performans Hedefleri

2.2.2.1 – Bu Yönetmelik kapsamında güçlendirilecek olan veya güçlendirilmiş binaların performans hedefleri; taşıyıcı sistem türüne, *Bina Kullanım Sınıfı*’na (BKS), *Deprem Tasarım Sınıfı*’na (DTS) ve *Bina Yükseklik Sınıfı*’na (BYS) bağlı olarak tanımlanmıştır.

2.2.2.2 – Performans hedeflerinin belirlenmesinde öncelikli olarak TBDY 3.5.1 esas alınır. Yapı sahibinin talebi doğrultusunda, TBDY 3.5.1 veya bu Yönetmelikte öngörülen hedeflerden daha ileri performans hedeflerinin seçilmesine izin verilir.

2.2.2.3 – Mevcut binanın yapısal özellikleri, mimari kısıtlamalar, uygulama zorlukları veya güçlendirme maliyetinin binanın yeniden yapım maliyetine oranının yüksek olması gibi durumlarda TBDY 3.5.1’deki hedefler yerine, alternatif olarak **Tablo 2.1**’de tanımlanan *Asgari Performans Hedefleri*’nin kullanılmasına izin verilir.

2.2.3. Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı

Bu Yönetmelik kapsamında, mevcut binaların güçlendirme tasarım sürecinde ve güçlendirilmiş binaların deprem performanslarının değerlendirilebilmesi için **Bölüm 3**’te hesap esasları verilen *Dayanım Göre Tasarım* (DGT) ve *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* (ŞGDT) yaklaşımları kullanılacaktır.

Tablo 2.1. Güçlendirilecek veya Güçlendirilmiş Binalar İçin Asgari Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yerinde Dökme Betonarme ve Çelik Binalar (BYS ≥ 2)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Performans Hedefi		Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
	BKS = 1	BKS = 2, 3	
DD-G1	KH	—	ŞGDT
DD-G2	—	KH	
DD-3	SH	—	

(b) Ahşap Binalar

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	KH	DGT veya ŞGDT

(c) Yüksek Binalar (BYS=1)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	OH ⁽¹⁾	ŞGDT
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ OH: Onarılabilir Hasar. Bkz. 7.2.3.7

(d) Sönümleme Sistemi Eklenmesi

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Performans Hedefi				Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
	BKS = 1		BKS = 2, 3		
	DKTS	SS	DKTS	SS	
DD-1	KH	KK	GÖ	KK	ŞGDT
DD-2	SH	—	KH	—	

DKTS: Deprem Kuvveti Taşıyıcı Sistem

SS: Sönümleme Sistemi

(e) Deprem Yalıtımı Eklenmesi

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Performans Hedefi ⁽¹⁾	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH veya KK	ŞGDT

⁽¹⁾ Bkz. 9.3.3

EK 2A – DD-G1 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI

2A.1 – Tekrarlanma periyodu 975 yıl olan DD-G1 deprem yer hareketi düzeyi için harita spektral ivme katsayıları, TBDY Bölüm 2’de verilen ve tekrarlanma periyotları 975 yıla en yakın olan DD-1 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) ve DD-2 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) deprem yer hareketi düzeylerine ait harita spektral ivme katsayılarından logaritmik doğrusal enterpolasyon ile hesaplanabilir.

2A.2 – Deprem düzeyleri birbirine yeterince yakın olan iki deprem yer hareketinin spektral ivme oranları ile tekrarlanma periyodu oranları arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} = \left(\frac{T_{R1}}{T_{R2}} \right)^k \quad (2A.1)$$

ve iki tarafın logaritması alınarak;

$$\log_{10} \left(\frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} \right) = k \log_{10} \left(\frac{T_{R1}}{T_{R2}} \right) \quad (2A.2)$$

elde edilir. Bu bağıntı, log-log eksen takımında tekrarlanma periyotları ile spektral ivmeler arasında eğimi k olan doğrusal bir ilişkiyi ifade etmektedir. $T_{R1} = 2475$ yıl ve $T_{R2} = 475$ yıl tekrarlanma periyodu DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeylerine ait S_S ve S_I harita spektral ivme katsayılarından yararlanılarak, **Denk.(2A.2)**’den kısa periyot bölgesi ve 1.0 saniye için k_S ve k_I eğimleri aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$k_S = 1.4 \log_{10} \left(\frac{S_{S,DD-1}}{S_{S,DD-2}} \right) \quad k_I = 1.4 \log_{10} \left(\frac{S_{I,DD-1}}{S_{I,DD-2}} \right) \quad (2A.3)$$

2A.3 – Tekrarlanma periyodu 975 yıl olan DD-G1 deprem düzeyi için $S_{S,DD-G1}$ ve $S_{I,DD-G1}$ harita spektral ivme katsayıları, $T_{R1} = 975$ yıl, $T_{R2} = 475$ yıl ve dolayısıyla $T_{R1} / T_{R2} = 2.053$ alınarak **Denk.(2A.1)**’den 475 yıllık DD-2 deprem düzeyine ait harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$S_{S,DD-G1} = (2.053)^{k_S} S_{S,DD-2} \quad S_{I,DD-G1} = (2.053)^{k_I} S_{I,DD-2} \quad (2A.4)$$

2A.4 – Denk.(2A.4) ile hesaplanan harita spektral ivme katsayıları, TBDY 2.3.3’te verilen yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak DD-G1 deprem düzeyi için tasarım spektral ivme katsayıları hesaplanır.

EK 2B – DD-G2 DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYİNE AİT SPEKTRAL İVME KATSAYILARI

2B.1 – Tekrarlanma periyodu 225 yıl olan DD-G2 deprem yer hareketi düzeyi için harita spektral ivme katsayıları, TBDY Bölüm 2’de verilen ve tekrarlanma periyotları 225 yıla en yakın olan DD-2 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) ve DD-3 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) deprem yer hareketi düzeylerine ait harita spektral ivme katsayılarından logaritmik doğrusal interpolasyon ile hesaplanabilir.

2B.2 – Deprem düzeyleri birbirine yeterince yakın olan iki deprem yer hareketinin spektral ivme oranları ile tekrarlanma periyodu oranları arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} = \left(\frac{T_{R1}}{T_{R2}} \right)^k \quad (2B.1)$$

ve iki tarafın logaritması alınarak;

$$\log_{10} \left(\frac{S_{a,R1}}{S_{a,R2}} \right) = k \log_{10} \left(\frac{T_{R1}}{T_{R2}} \right) \quad (2B.2)$$

elde edilir. Bu bağıntı, log-log eksen takımında tekrarlanma periyotları ile spektral ivmeler arasında eğimi k olan doğrusal bir ilişkiyi ifade etmektedir. $T_{R1} = 475$ yıl ve $T_{R2} = 72$ yıl tekrarlanma periyodu DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeylerine ait S_S ve S_I harita spektral ivme katsayılarından yararlanılarak, **Denk.(2B.2)**’den kısa periyot bölgesi ve 1.0 saniye için k_S ve k_I eğimleri aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$k_S = 1.22 \log_{10} \left(\frac{S_{S,DD-2}}{S_{S,DD-3}} \right) \quad k_I = 1.22 \log_{10} \left(\frac{S_{I,DD-2}}{S_{I,DD-3}} \right) \quad (2B.3)$$

2B.3 – Tekrarlanma periyodu 225 yıl olan DD-G2 deprem düzeyi için $S_{S,DD-G2}$ ve $S_{I,DD-G2}$ harita spektral ivme katsayıları, $T_{R1} = 225$ yıl, $T_{R2} = 72$ yıl ve dolayısıyla $T_{R1} / T_{R2} = 3.125$ alınarak **Denk.(2B.1)**’den 72 yıllık DD-3 deprem düzeyine ait harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$S_{S,DD-G2} = (3.125)^{k_S} S_{S,DD-3} \quad S_{I,DD-G2} = (3.125)^{k_I} S_{I,DD-3} \quad (2B.4)$$

2B.4 – **Denk.(2B.4)** ile hesaplanan harita spektral ivme katsayıları, TBDY 2.3.3’te verilen yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak DD-G2 deprem düzeyi için tasarım spektral ivme katsayıları hesaplanır.

BİLGİLENDİRME EKİ 2C – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRME SÜRECİNE YÖNELİK YOL HARİTASI

Bu ek, mevcut bir binanın güçlendirme sürecinde izlenmesi önerilen genel esasları ve uygulama adımlarını bir yol haritası olarak sunmayı amaçlamaktadır.

2C.1. Karar Aşaması

2C.1.1 – TBDY Bölüm 15’e ve bu Yönetmeliğe göre mevcut binanın performans hedeflerini sağlamadığının tespit edilmesi ve güçlendirme kararı alınması halinde, güçlendirme tasarımının bu Yönetmelik hükümlerine göre yapılması ve uygulama sürecinde bu ekte ana hatları verilen adımların izlenmesi tavsiye edilir.

2C.1.2 – Binanın kütlelerini, rijitliğini veya taşıyıcı sistemini doğrudan etkileyen müdahaleler, yapının deprem davranışını öngörülemez şekilde değiştirebilir ve daha önce yapılmış performans değerlendirmelerini geçersiz kılabilir. Bu sebeple, aşağıda (a), (b) ve (c)’de belirtilen türde değişiklikler planlanmadan önce, binanın deprem performansının yeniden değerlendirilmesi, iyi bir mühendislik uygulamasının gereğidir:

- (a) Binada kat veya alan artışı yapılması,
- (b) Bina yapısal sisteminin genişletilmesi veya değiştirilmesi,
- (c) Binanın kullanım amacının değiştirilmesi.

2C.2. Genel Yaklaşım

2C.2.1 – Güçlendirme stratejilerinin seçimi, mevcut binada tespit edilen yetersizliklere ve 2.2’ye göre belirlenecek olan performans hedefine bağlıdır.

2C.2.2 – Mevcut bir binanın güçlendirme tasarımının aşağıda (a) – (d)’de temel esasları verilen adımlar izlenerek yapılması tavsiye edilir:

(a) Öncelikle, mevcut bina yerinde incelenerek taşıyıcı sistemin projesine uygunluğu kontrol edilir. Bu incelemede gözle görülür yapısal kusur ve eksiklikler tespit edilerek kayıt altına alınır.

(b) Yerinde tespit edilen bu veriler ışığında, binanın mevcut durumunun TBDY’de ve bu Yönetmelikte tanımlanan hesap ve analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılarak performans hedeflerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Performans hedeflerinin sağlanamaması durumunda, bu duruma yol açan taşıyıcı sistem kusurları ve eleman bazındaki yetersizlikler hesap yoluyla belirlenir.

(c) Belirlenen bu yetersizlikleri gidermeye yönelik bir veya daha fazla güçlendirme stratejisi geliştirilir.

(d) Geliştirilen güçlendirme stratejisi, yapısal modele işlenerek bina yeniden değerlendirilir. Gerekli performans hedefi/hedefleri sağlanana kadar, güçlendirme stratejisinin iyileştirildiği ve analizlerin tekrarlandığı bu tasarım süreci yinelenir.

2C.3. Güçlendirme Yöntemleri

2C.3.1 – Güçlendirme, yapısal değerlendirme ile saptanan yetersizlikleri gidermeye yönelik müdahalelerin tasarımını ve uygulamasını kapsar.

2C.3.2 – Güçlendirme tasarımında, **Tablo 2C.1, Tablo 2C.2, Tablo 2C.3, Tablo 2C.4** ve **Tablo 2C.5**'te tanımlanan yöntemlerden birinin veya birkaçının birlikte kullanılması mümkündür. Seçilen güçlendirme yönteminin, bu Yönetmelikte tanımlanan modelleme, tasarım ve uygulama kurallarını içermesi esastır. Uygulanabilecek yöntemler bu tablolarda listelenen yöntemlerle sınırlı olmayıp, performansı ve uygulanabilirliği bilimsel ve teknik çalışmalarla kanıtlanmış diğer güçlendirme yöntemleri de proje müellifinin sorumluluğunda kullanılabilir.

2C.3.3 – Üst yapıda uygulanan herhangi bir güçlendirme müdahalesi, temel sistemi ve yapısal olmayan elemanlar üzerindeki etkileri açısından ayrıca değerlendirilir. Gerekli görülmesi halinde bu elemanlar da **Bölüm 10** ve **Bölüm 11** hükümlerine göre tasarlanır ve güçlendirilir.

2C.3.4 – Güçlendirme müdahalesi sonucunda, hem güçlendirilen mevcut elemanların hem de sisteme yeni eklenen elemanların oluşturduğu taşıyıcı sistemin rijitlik, dayanım ve süneklik kapasitelerindeki değişimler, **Bölüm 3**'e uygun olarak, güncellenmiş yapısal hesap modeli üzerinde yapılacak analizlerde göz önüne alınır.

2C.4. Uygulama Projesinin Kapsamı

2C.4.1 – Bina performans hedefini sağlayan nihai güçlendirme tasarımına göre bir uygulama projesi hazırlanır. Hazırlanacak bu projenin, iyi bir mühendislik uygulaması olarak **(a) – (e)**'de verilen bileşenleri içermesi beklenir:

- (a)** Tasarımda kullanılan tüm yönetmelik, standart ve teknik şartnamelerin listesi,
- (b)** Tasarımdaki temel kabulleri ve varsayımları özetleyen bir rapor,
- (c)** Detaylı yapısal analiz ve tasarım hesaplarını içeren hesap raporları,
- (d)** Uygulamaya yönelik tüm detayları içeren uygulama çizimleri,
- (e)** **Bölüm 12** uyarınca hazırlanan, uygulama sırasındaki denetim süreçlerini ve güçlendirme sonrası bakım faaliyetlerini içeren *Kalite Kontrol Planı*.

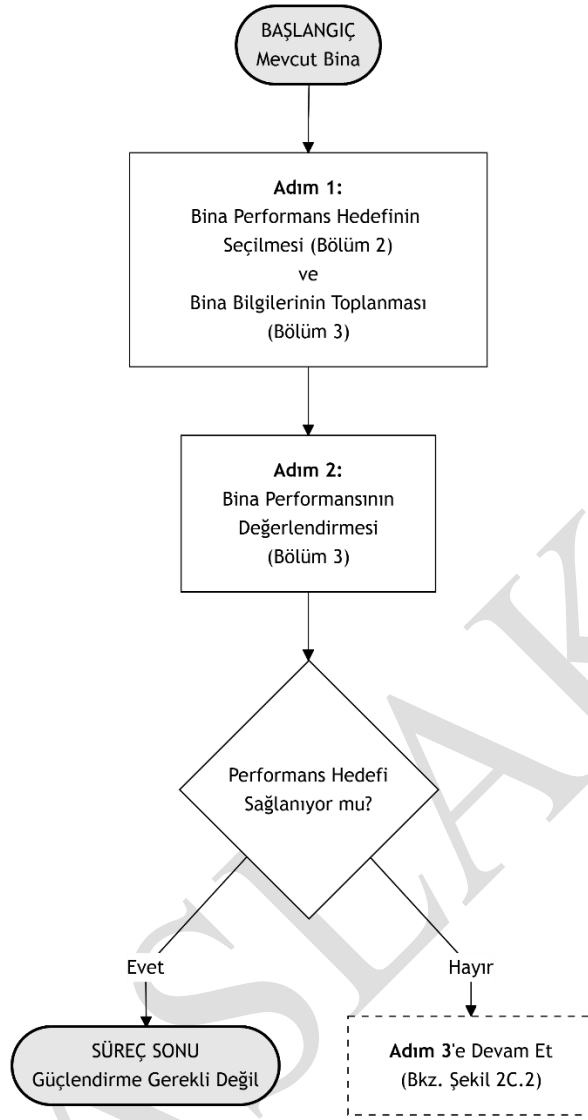
2C.4.2 – Taşıyıcı sistem elemanlarına ve detaylarına ait isimlendirme ve numaralandırmaların, tüm hesap raporlarında ve çizim paftalarında tutarlı, takip edilebilir olması ve en az bir plan veya kesitte açıkça gösterilmesi, projenin bütünlüğü açısından önem arz eder.

2C.5. Süreç Akış Diyagramları

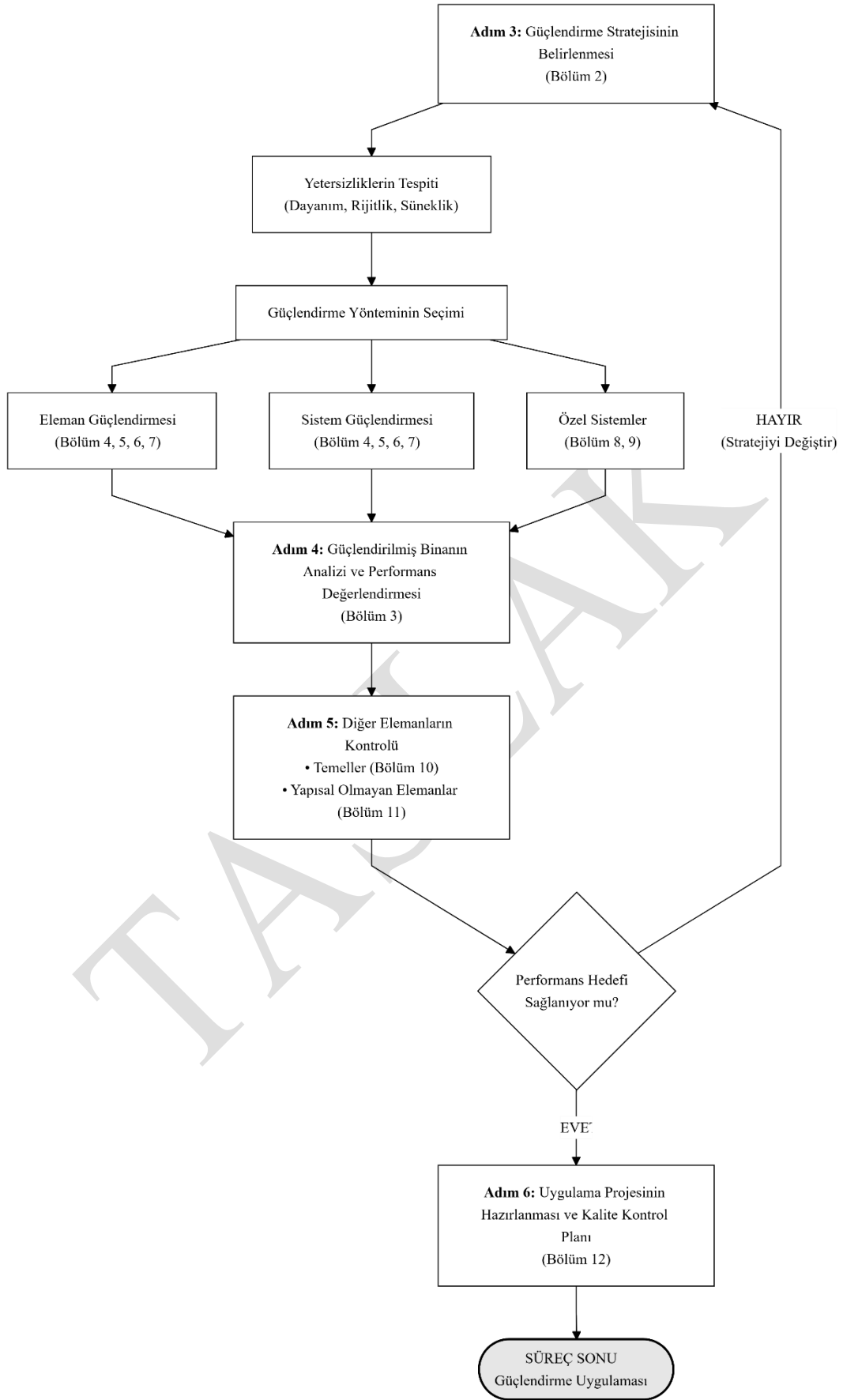
TBDY ve bu Yönetmelik kapsamında tanımlanan değerlendirme ve tasarım süreçlerinin anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla, **(a)** ve **(b)**'de yol gösterici akış diyagramları sunulmuştur.

(a) Şekil 2C.1, mevcut bir binanın performans değerlendirmesi ve güçlendirme kararının alınması adımlarını özetlemektedir.

(b) Şekil 2C.2, güçlendirme stratejisinin belirlenmesi ve tasarımın sonuçlandırılmasına yönelik döngüsel süreci göstermektedir.



Şekil 2C.1.



Şekil 2C.2.

Tablo 2C.1. Betonarme Çerçeve Binalardaki Yetersizlikler ve Güçlendirme Yöntemleri

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Genel Dayanım	Yetersiz çerçeve sayısı veya zayıf çerçeveler	Betonarme perde eklenmesi Betonarme veya çelik moment çerçevesi eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi Dıştan güçlendirme yapılması	Betonarme/çelik mantolama		Deprem yalıtım sistemi kullanılması Sönümleme sistemi eklenmesi Kütle azaltımı	
Genel Rijitlik	Yetersiz rijitliğe sahip çerçeve veya çerçeve sayısı	Betonarme perde eklenmesi Betonarme veya çelik moment çerçevesi eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme/çelik mantolama		Deprem yalıtım sistemi kullanılması Sönümleme sistemi eklenmesi	
Düzensizlikler	Yumuşak kat veya zayıf kat	Katlar arasındaki dengenin sağlanabilmesi için kat rijitliğinin veya dayanımının artırılması Betonarme perdelerin eklenmesi	Betonarme kolonların mantolanması			Kısa kolon oluşumuna yol açan bileşenlerin (ör: boşluklu bölme duvarların) kaldırılması

Tablo 2C.1. (devamı)

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Düzensizlikler (devamı)	Planda çıkıntılar bulunması	Çıkıntıların aktarma elemanları (kollektörler) eklenerek birbirine bağlanması	Çelik lamalarla diyafram güçlendirme Kirişlerin eksenel dayanım artırımı için mantolanması			
	Burulma düzensizliği (Yetersiz burulma rijitliği)	Betonarme perdelerin, betonarme/çelik moment çerçevelerin ve/veya çelik çaprazlı çerçevelerin eklenmesi				
Yük Aktarımı	Yetersiz aktarma elemanı (kollektör)	Aktarma elemanı (kollektör) eklenmesi	Aktarma elemanı (kollektör) güçlendirmesi			
Eleman Detaylandırma Eksiklikleri	Güçlü kolon-zayıf kiriş koşulunun sağlanamaması		Betonarme kolonların mantolanması			
	Yetersiz kesme dayanımı		Lifli polimer sargılama Betonarme/çelik mantolama			
	Süneklik veya bindirmeli ekler için sargılama		Lifli polimer sargılama Betonarme/çelik mantolama			

Tablo 2C.1. (devamı)

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Diyafraflar	Düzlem içi kesme dayanımı ve eksenel dayanım yetersizliği		Döşemeye betonarme kaplama uygulanması Döşemeye çelik lamaların eklenmesi Kirişlerin eksenel dayanım artırımı için mantolanması			
	Yetersiz diyafram bağlantı kapasitesi			Döşeme ile bodrum perdesi bağlantılarının çelik köşebentlerle güçlendirilmesi		
	Boşluklar kenarlarında ve düzensizliklerde aşırı gerilmeler		Boşluk kenarlarında çelik veya lifli polimer uygulaması			Boşlukların doldurulması
Temeller	Bölüm 10'a bakınız.					

Tablo 2C.2. Betonarme Perdeli Binalardaki Yetersizlikler ve Güçlendirme Yöntemleri

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Genel Dayanım	Yetersiz perde kesme dayanımı	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme mantolama Çelik plaka/lama uygulama Lifli polimer şerit uygulama		Deprem yalıtım sistemi kullanılması Eğilme kapasitesinin azaltılması	
	Yetersiz perde eğilme kapasitesi	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme mantolama Perde uçlarında yeni uç bölgeleri (kolonlar) oluşturma			
	Yetersiz bağ kiriş kapasitesi	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Bağ kirişlerin süneklik ve/veya dayanımlarının artırılması			Bağ kirişin kaldırılması
Genel Rijitlik	Aşırı öteleme	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme mantolama Betonarme bağ kiriş rijitlik/dayanım artırımı		Sönümleme sistemi eklenmesi	
Düzensizlikler	Sürekli betonarme perdeler	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Perdeye mesnetli kolonların lifli polimer ile sargılanması veya betonarme/çelik mantolama	Diyafram bağlantısının sağlanması		Perdenin kaldırılması

Tablo 2C.2. (devamı)

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Düzensizlikler (devamı)	Yumuşak kat veya zayıf kat	Katlar arasındaki dengenin sağlanabilmesi için kata rijitlik veya dayanım eklenmesi Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme kolonların mantolanması			
	Planda çıkıntılar bulunması	Çıkıntının etkisini en aza indirmek için alan eklenmesi		Çelik lamalarla diyafram güçlendirme		
	Burulma	Betonarme perde eklenmesi Çaprazlı çelik çerçevelerin eklenmesi	Betonarme kolonların mantolanması			
Yük Aktarımı	Yetersiz aktarma elemanı (kollektör)	Aktarma elemanı (kollektör) eklenmesi	Aktarma elemanı (kollektör) güçlendirmesi			
	Döşemenin perdelerle yetersiz mesnetlenmesi	Aktarma elemanı (kollektör) eklenmesi		Döşeme-perde veya döşeme-bodrum perdesi bağlantılarına çelik köşebent eklenmesi		

Tablo 2C.2. (devamı)

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Eleman Detaylandırma Eksiklikleri	Yetersiz düzlem dışı eğilme kapasiteli veya yetersiz kalınlığa sahip perde	Destek kirişlerinin eklenmesi	Betonarme mantolama			
	Kesme-kritik perde		Betonarme mantolama Lifli polimer şerit uygulama Çelik plaka/lama uygulama		Eğilme kapasitesinin azaltılması	
Diyaframlar	Yetersiz düzlem içi kesme kapasitesi veya eksenel kapasite		Döşemeye betonarme kaplama uygulanması Çelik lama uygulamaları Kirişlerin eksenel dayanım artırımı için mantolanması	Diyafram bağlantılarının çelik köşebentlerle güçlendirilmesi		
	Perdelere yetersiz yük transferi	Aktarma elemanı (kollektör) eklenmesi	Aktarma elemanı (kollektör) güçlendirmesi	Aktarma elemanı ile bağlantısında perdeler (ve döşemelere) delme ile donatı veya ankraj ekilmesi		

Tablo 2C.2. (devamı)

Yetersizlikler		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Diyafraflar (devamı)	Yetersiz diyafram bağlantı kapasitesi			Döşeme-perde veya döşeme-bodrum perdesi bağlantılarının çelik köşebentlerle güçlendirilmesi		
	Boşluk kenarlarında ve düzensizliklerde aşırı gerilmeler		Boşluk kenarlarına çelik veya lifli polimer uygulanması			Boşlukların doldurulması
Temeller	Bölüm 10'a bakınız.					

Tablo 2C.3. Moment Aktaran Çelik Çerçeve Binalardaki Yetersizlikler ve Güçlendirme Yöntemleri

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Genel Dayanım	Yetersiz çerçeve dayanımı	Moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Kirişlerin, kolonların ve/veya birleşimlerin güçlendirilmesi		Deprem yalıtım sistemi kullanılması Sönümleme sistemi eklenmesi	
Genel Rijitlik	Aşırı öteleme	Moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Kirişlerin, kolonların ve/veya birleşimlerin güçlendirilmesi		Sönümleme sistemi eklenmesi	
Düzensizlikler	Yumuşak kat	Moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi				
	Planda çıkıntılar bulunması	Moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve, betonarme perde ve/veya dikme (aktarma elemanı) eklenmesi	Detaylandırmayı iyileştirme			
Yük Aktarımı	Yetersiz dikme (aktarma elemanı)	Dikme (aktarma elemanı) eklenmesi				
	Temele bağlantıda yetersiz kesme, eğilme ve çekme kapasitesi		Kolonu, mevcut diğer temel elemanlarına bağlanan bir kaideye gömme	Taban levhası ile temel arasında çelik kayma kamaları veya ankraj çubukları kullanılması		

Tablo 2C.3. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Yük Aktarımı (devamı)	Diyaframa bağlı duvarlarda yetersiz düzlem dışı ankraj			Çekme etkisi için ankraj çubukları kullanılması		
Bileşen Detaylandırma	Kirişlerde, kolonlarda ve/veya birleşimlerde yetersiz kapasite		Kiriş-kolon birleşimlerinin güçlendirilmesi Bindirme levhaları ilave edilmesi Guse levhaları veya destek diyagonalleri eklenmesi Kolonlara betonarme mantolama yapılması			
	Panel bölgesinde yetersiz kapasite		Kaynaklı süreklilik levhaları kullanılması Kaynaklı rijitleştirici levhalar veya takviye levhaları kullanılması			
	Yatay çelik çaprazlarda yetersiz kapasite	Ek ikincil çaprazların sağlanması	Çapraz elemanların güçlendirilmesi Desteklenmeyen uzunlukların azaltılması	Birleşimlerin güçlendirilmesi		

Tablo 2C.3. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Diyafraflar	Yetersiz düzlem içi dayanım ve/veya rijitlik	Dikme (aktarma elemanı), moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Betonarme döşemeye kaplama yapılması Esnek diyafraflarda ahşap yapısal panel kaplama yapılması Diyafram başlıklarının güçlendirilmesi	Esnek diyafraflarda ek çivileme yapılması		
	Çerçevelere kesme kuvveti aktarımında yetersizlik			Ek kayma kamalarının, başlıklı çelik ankrajların veya birleşim araçlarının sağlanması		
	Yetersiz diyafram başlığı kapasitesi	Çelik elemanların eklenmesi Mevcut elemanın takviye edilmesi				
	Boşluk kenarlarında ve düzensizliklerde aşırı gerilmeler	Mevcut elemanın takviye edilmesi Çevreleyen diyaframa dikme elemanları eklenmesi				Boşlukların doldurulması
Temeller	Bölüm 10'a bakınız.					

Tablo 2C.4. Çaprazlı Çelik Çerçeve Binalardaki Yetersizlikler ve Güçlendirme Yöntemleri

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Genel Dayanım	Yetersiz çerçeve dayanımı	Çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Çaprazların, kirişlerin, kolonların ve/veya birleşimlerin güçlendirilmesi		Deprem yalıtım sistemi kullanılması Sönümleme sistemi eklenmesi	
Genel Rijitlik	Aşırı öteleme	Çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Çaprazların, kirişlerin, kolonların ve/veya birleşimlerin güçlendirilmesi		Sönümleme sistemi eklenmesi	
Düzensizlikler	Yumuşak kat	Çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi				
	Planda çıkıntılar bulunması	Çaprazlı çerçeve, betonarme perde ve/veya dikme (aktarma elemanı) eklenmesi	Detaylandırmayı iyileştirme			
Yük Aktarımı	Yetersiz dikme (aktarma elemanı)	Dikme (aktarma elemanı) eklenmesi				
	Temele bağlantıda yetersiz kesme, eğilme ve çekme kapasitesi		Kolonu, mevcut diğer temel elemanlarına bağlanan bir kaideye gömme	Taban levhası ile temel arasında çelik kayma kamaları veya ankraj çubukları kullanılması		

Tablo 2C.4. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Yük Aktarımı (devamı)	Diyaframa bağlı duvarlarda yetersiz düzlem dışı ankraj			Çekme etkisi için ankraj çubukları kullanılması		
Bileşen Detaylandırma	Çaprazların ve/veya birleşimlerin yetersiz kapasitesi	Çaprazların değiştirilmesi	Çaprazların alanlarının büyütülmesi Çaprazların kompozit elemanlar haline getirilmesi b/t oranlarının iyileştirilmesi	Bulonların ve kaynakların eklenmesi Guse levhalarının boyutlarının büyütülmesi		
	Kirişlerin, kolonların ve/veya birleşimlerin yetersiz kapasitesi		Bindirme levhaları eklenmesi Guse levhaları veya destek diyagonalleri kullanılması	Guse levhaları kullanılması		
	Güncel standartlara uymayan dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler		Dışmerkez çaprazlı çerçeve tasarımının güncel şartlarının kontrol edilmesi			
	Yatay çelik çaprazlarda yetersiz kapasite	Ek ikincil çaprazların sağlanması	Çapraz elemanların güçlendirilmesi Desteklenmeyen uzunlukların azaltılması	Birleşimlerin güçlendirilmesi		

Tablo 2C.4. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Diyaframlar	Yetersiz düzlem içi dayanım ve/veya rijitlik	Dikme (aktarma elemanı), moment aktaran çerçeve, çaprazlı çerçeve ve/veya betonarme perde eklenmesi	Betonarme döşemeye kaplama yapılması Esnek diyaframlarda ahşap yapısal panel kaplama yapılması Diyafram başlıklarının güçlendirilmesi	Esnek diyaframlarda ek çivileme yapılması		
	Çerçevelere kesme kuvveti aktarımında yetersizlik			Ek kayma kamalarının, başlıklı çelik ankrajların veya birleşim araçlarının sağlanması		
	Yetersiz diyafram başlığı kapasitesi	Çelik elemanların eklenmesi Mevcut elemanların takviye edilmesi				
	Boşluk kenarlarında ve düzensizliklerde aşırı gerilmeler	Mevcut elemanların takviye edilmesi Çevreleyen diyaframa dikme elemanları ilave edilmesi				Boşlukların doldurulması
Temeller	Bölüm 10'a bakınız.					

Tablo 2C.5. Ahşap Binalardaki Yetersizlikler ve Güçlendirme Yöntemleri

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Genel Dayanım	Dik/çapraz eleman bağlanan ve basınca maruz başlık/yastık kirişlerinde ezilme	Ezilmeye sebep olan basınç kuvvetinin, dikme/çapraz elemanları ve temas kısmından daha geniş bir alanı kapsayacak biçimde tek veya her iki yüzden başlık/yastık kirişini kapsayacak biçimde, çelik plakalarla aktarımının sağlanması	Ezilmenin gerçekleşeceği kısımda iki yüzden çelik plakalar ve bulonlar ile sargılama			
	Biyolojik hasar/çürüme olan elemanlar		Hasarlı elemanların kısmen/tamamen yenilenmesi			Çürümüş veya taşıyıcı özelliğini yitirmiş elemanların kaldırılması
	Uç kısımlarında inceltme yapılmış ve/veya kesit derinliğinin 1/3'ünden daha fazla delik bulunan kirişler	Kesit yan yüzlerine çelik plaka veya kontrplak eklenmesi	Kesitte derinliği boyunca vidalama yapmak veya kesitin sargılanması			
Genel Rijitlik	Genel rijitliğin yetersiz olması sebebiyle aşırı yatay ötelenme	Çapraz eleman ve/veya çelik taşıyıcı eleman eklemek		Dik bağlanan duvar bağlantılarının güçlendirilmesi		Kat veya kütle eksiltme

Tablo 2C.5. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Düzensizlikler	Burulma	Yeni ahşap çerçeve, çapraz, panel veya çelik çerçeve eklenmesiyle simetri sağlanması				
Yük Aktarımı	Kat içerisinde elemanlar arası süreksizlik	Döşeme seviyesinde, alt ve üst başlık/yastık kirişi bulunan döşeme kirişleri aralarının, taşıyıcı duvar hizalarında kuşak kirişleri (takozlar) ile boşluksuz doldurulması	Çelik şeritler, plakalar veya kontrplak ile sürekliliğin sağlanması			
	Katlar arası bağlantı eksikliği (temel, zemin kat arası dahil)	Ankrajlar ile kesme/çekme aktarımı ve sürekliliğin sağlanması				
Bileşen Detaylandırma	Çaprazların ve/veya birleşimlerin yetersiz kapasitesi	Yeni eleman ve/veya birleşim elemanlarının eklenmesi		Kontrplak veya çekil şerit/plaka ile çekme kuvvetlerinin aktarımının sağlanması	İlave çaprazların veya çelik sistemlerin eklenmesi	

Tablo 2C.5. (devamı)

Yetersizlik		Güçlendirme Yöntemleri				
Kategori	Yetersizlik	Yeni Elemanların Eklenmesi	Mevcut Elemanların Güçlendirilmesi	Elemanlar Arasındaki Bağlantıların Güçlendirilmesi	Talebin Azaltılması	Seçili Bileşenlerin Kaldırılması
Diyaframlar	Yatay yük kapasitesinin düşük olması ve görelî kat ötelemesinin fazla olması	Kaplama katmanı ekleme, çelik şeritler/plakalar uygulama, kaplama tahtalarının dişli plakalarla birbirine bağlama	İlave ahşap elemanlar, çelik köşebentler ve/veya çelik şeritler, döşeme kirişlerinin aralarına dik yönde kuşak kirişleri (takoz) eklenmesi	Dik birleşen duvar köşelerinde, başlık/yastık kirişleri seviyesinde berkitmeli çelik üçgen elemanlar ile takviye		Çürümüş veya korozyona uğramış parçaların kaldırılması
Temeller	Bölüm 10'a bakınız.					

BÖLÜM 3 – MEVCUT BİNALARIN GÜÇLENDİRME TASARIMI VE ANALİZİ İÇİN HESAP ESASLARI

3.1. GENEL

3.1.1 – Bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, doğrusal hesap esasları için TBDY Bölüm 4 ve TBDY Bölüm 15 hükümleri uygulanacaktır.

3.1.2 – Bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, doğrusal olmayan hesap esasları için TBDY Bölüm 5 ve TBDY Bölüm 15 hükümleri uygulanacaktır.

3.2. HESAP MODELİNİN OLUŞTURULMASI

3.2.1 – Mevcut binadaki taşıyıcı sistem elemanlarının detayları ve boyutları ile taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe TBDY 15.2’ye göre belirlenecektir.

3.2.2 – Bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, güçlendirme kapsamında binaya eklenecek yeni eleman ve malzemelerin iç kuvvet ve şekildeğiştirme taleplerinin belirlenmesinde ve sünük davranışa yönelik yapılacak kontrollerde *karakteristik* malzeme dayanımları, gevrek davranışa yönelik yapılacak kontrollerde ise *tasarım* malzeme dayanımları esas alınacaktır.

3.2.3 – Binaların mevcut ve/veya güçlendirilmiş durumunun değerlendirilmesi için kullanılacak yük birleşimleri, bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe hesap esaslarına bağlı olarak TBDY 4.4 ve 5.2’de tanımlanmıştır.

3.3. BİNA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Bu Yönetmeliğin bölümlerinde aksi belirtilmedikçe, güçlendirilecek binadaki performans hedefleri **Bölüm 2**’ye göre seçildikten sonra, binanın bu hedefleri sağladığı **(a)**, **(b)** ve **(c)**’ye göre belirlenecektir.

(a) TBDY 15.8.3 koşullarını sağlayan binaların *Sınırlı Hasar Performans Düzeyi*’nde olduğu kabul edilir.

(b) TBDY 15.8.4 koşullarını sağlayan binaların *Kontrollü Hasar Performans Düzeyi*’nde olduğu kabul edilir.

(c) TBDY 15.8.5 koşullarını sağlayan binaların *Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi*’nde olduğu kabul edilir.

BÖLÜM 4 – BETONARME BİNALAR

4.1. BETONARME UYGULAMALAR

4.1.0. Simgeler

A_c	=	Mevcut kolonun brüt kesit alanı
A_j	=	Manto betonunun toplam alanı
b_j	=	Mantolanmış kesitin genişliği
b_{wj}	=	Mantolanmış perdenin gövde kalınlığı
f_{ceq}	=	Mantolanmış kesitin eşdeğer beton basınç dayanımı
f_{ck}	=	Karakteristik betonun basınç dayanımı
f_{cm}	=	Mevcut betonun basınç dayanımı
f_{cj}	=	Manto betonun basınç dayanımı
f_{cteq}	=	Mantolanmış kesitin eşdeğer beton çekme dayanımı
f_{ctj}	=	Manto betonunun çekme dayanımı
f_{ctm}	=	Mevcut betonun çekme dayanımı
H_w	=	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h_j	=	Mantolanmış kesitin yüksekliği
ℓ_b	=	TS 500 Denk.(9.1)'e göre hesaplanan kenetlenme boyu
ℓ_w	=	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
ℓ_{wj}	=	Perdeye dönüştürülen kolonun plandaki uzunluğu
N	=	Elemana etkiyen eksenel yük
V_c	=	Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_e	=	Tasarıma esas kesme kuvveti
V_r	=	Kesme kuvveti dayanımı
V_w	=	Enine donatının kesme kuvveti dayanımına katkısı
ν	=	Mantolanmış elemanın eksenel yük oranı

4.1.1. Genel Esaslar

4.1.1.1 – Bu bölüm, mevcut yerinde dökme betonarme binaların deprem performansını artırmak için yapılacak betonarme güçlendirme uygulamalarını kapsamaktadır.

4.1.1.2 – Bu bölümdeki güçlendirme uygulamaları **(a)** ve **(b)**'de verilen, *taşıyıcı eleman güçlendirmesi* ve *taşıyıcı sistem güçlendirmesi* olarak iki ana grupta değerlendirilir:

(a) Taşıyıcı eleman güçlendirmesi: Kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yükleri altındaki yapı elemanlarının dayanım, rijitlik ve/veya süneklik kapasitelerinin artırılmasına yönelik müdahalelerdir.

(b) Taşıyıcı sistem güçlendirmesi: Binanın yatay rijitliğinin ve dayanımının artırılması, iç kuvvet aktarım mekanizmalarının iyileştirilmesi, yeni taşıyıcı elemanların eklenmesi yoluyla deprem etkilerinin düşürülmesine yönelik müdahalelerdir.

4.1.1.3 – Güçlendirme tasarımında esas alınacak mevcut bina taşıyıcı sistem geometrisi, eleman boyutları, donatı detayları ve malzeme özellikleri, **3.2.1**'deki hükümlere uygun olarak belirlenecektir.

4.1.1.4 – Taşıyıcı sistem güçlendirmesinde yeni elemanların eklenmesi veya mevcut sistemin değiştirilmesi sonucu oluşacak rijitlik ve dayanım artışlarının, yapının deprem davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilecektir. Bu değerlendirmede **(a)**, **(b)** ve **(c)**'de verilen hususlar göz önünde bulundurulacaktır:

(a) Yeni elemanların eklenmesi veya mevcut elemanların güçlendirilmesi sonucu yapının kütle merkezi, rijitlik merkezi ve deprem yükleri dağılımında meydana gelecek değişiklikler, TBDY'de tanımlı burulma düzensizliği ve diğer düzensizlik kontrolleri açısından değerlendirilecektir.

(b) Yeni düşey taşıyıcı sistem elemanlarının eklenmesi veya betonarme mantolama ile kesit boyutlarının büyütülmesi durumunda, bu elemanların temele güvenli bir şekilde bağlanması ve temel sisteminin yeni yük aktarımını sağlayabilecek kapasitede olması sağlanacaktır. Temel kapasitesinin yetersiz olduğu durumlarda, **Bölüm 10**'a göre temel güçlendirmesi yapılacaktır.

(c) Döşeme sisteminin diyafram görevi görerek deprem yüklerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli bir şekilde aktarabilecek rijitlik ve dayanıma sahip olması sağlanacaktır.

4.1.1.5 – Taşıyıcı sistem güçlendirmesinde yeni eklenen elemanlar ile mevcut taşıyıcı sistem elemanları arasında deprem yükleri altında kompozit davranış ve yük aktarımının sağlanması için **(a)** ve **(b)**'de verilen koşullar yerine getirilecektir:

(a) Yeni elemanların mevcut yapı ile temel ve kat döşemeleri seviyesindeki bağlantı tasarımında; deprem etkisi altında arayüzde oluşan kesme kuvveti, eksenel kuvvet (çekme/basınç) ve eğilme momenti etkilerinin tamamı ile bu kuvvetlerin bileşkesi dikkate alınacaktır.

(b) Yeni elemanların inşası sırasında mevcut yapıya aktarılabilecek yükler ve mevcut yapıda oluşacak ilave gerilmeler hesaplanacak ve mevcut yapısal elemanların asgari olarak bu ilave yükleri taşıyabilecek kapasitede olduğu doğrulanacaktır. Kapasitenin yetersiz olduğu durumlarda, öncelikle ilgili mevcut elemanlar güçlendirilecektir.

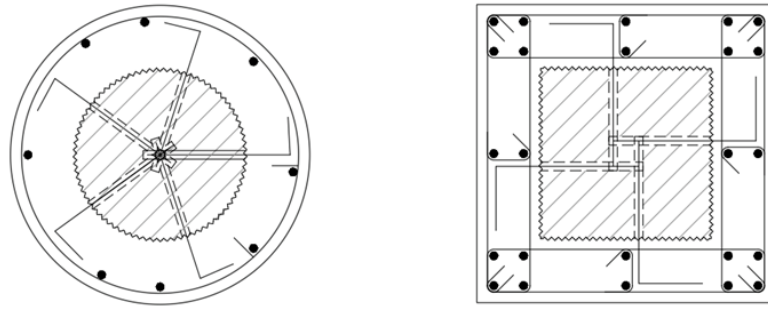
4.1.1.6 – Güçlendirme uygulamaları sırasında, taşıyıcı elemanların geçici olarak zayıflatılması gereken durumlarda, işlem öncesinde yapının stabilitesi ve yük aktarım mekanizmalarının devamlılığı mühendislik hesapları ile değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucuna göre gerekli geçici destek sistemleri için **1.2.8**'deki hükümler uygulanacaktır.

4.1.1.7 – Güçlendirme imalatları **12.4**'te verilen denetim ve kalite kontrol esaslarına uygun olarak gerçekleştirilir ve **12.5** uyarınca belgelendirilir.

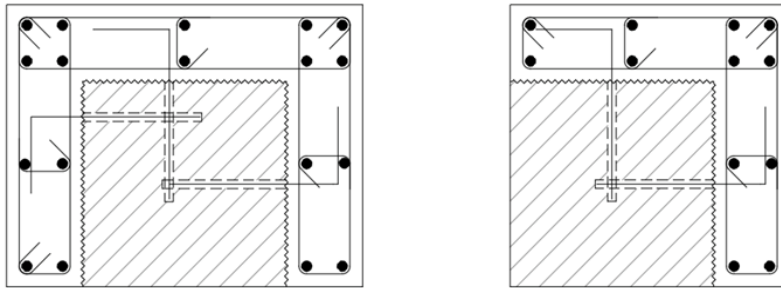
4.1.2. Taşıyıcı Elemanların Güçlendirilmesi

4.1.2.1. Kolonlar için Betonarme Mantolama

4.1.2.1.1 – Betonarme kolonlar, tam veya kısmi mantolama yöntemleriyle güçlendirilebilir. Tam mantolama kolonun tüm çevresinin sargılanması, kısmi mantolama ise kolon yüzeylerinin en az yarısının mantolanarak kesit boyutlarının artırılmasıdır. Güçlendirmede öncelikle tam mantolama tercih edilir. Kısmi mantolama, ancak mimari sınırlamalar veya uygulama zorlukları nedeniyle tam mantolama yapılamadığı zorunlu durumlarda tercih edilecektir.



(a) Tam sargılama



(b) Kısmi sargılama

Şekil 4.1.1. Betonarme sargılama

4.1.2.1.2 – Kolonlarda betonarme mantolama (a) – (e)’de verilen amaçlara yönelik olarak uygulanabilir. Kolonun eğilme kapasitesini artırmaya yönelik mantolama uygulamalarında, 4.1.2.3.2’de belirtilen hükümler gereğince kolon-kiriş birleşim bölgesinin de mantolanması zorunludur.

(a) Kolonun sünekliğini iyileştirmek ve kesme dayanımını artırmak (süreksiz tam mantolama): Bu durumda, manto boyuna donatılarının kat geçişlerinde sürekliliği sağlanmayabilir. Mantolama betonu, döşeme alt ve üst yüzeylerinden en az 30 mm genişliğinde derzler ile ayrılacaktır.

(b) Kolonun eğilme dayanımını, kesme dayanımını ve sünekliğini artırmak (sürekli tam mantolama): Bu durumda, eğilme dayanımına katkı sağlayacak boyuna donatıların güçlendirme gerektiren en üst kata kadar sürekli olması gerekir.

(c) Kolonun eğilme ve kesme dayanımını artırmak (sürekli kısmi mantolama): Eğilme dayanımına katkı sağlayacak boyuna donatıların güçlendirme gerektiren en üst kata kadar

sürekli olması gerekir. Kesit özelliklerinin asimetrik olması nedeniyle eğilme dayanımı, kesme dayanımı ve süneklik davranışında yönlere bağlı farklılıklar oluşacağı dikkate alınacaktır.

(d) Bindirmeli eklerin zayıflıklarını gidermek: Mevcut yapıda yetersiz bindirme boyuna sahip donatıların bulunduğu bölgelerde, bindirme boylarının yetersizliğinden kaynaklanan zayıflıkları gidermek için mantolama uygulanabilir. Bu amaç için sadece **(b)**'de verilen sürekli tam mantolama uygulanacaktır.

(e) Kolonun rijitliğini artırmak: Mantolama uygulaması, kolonun kesit boyutlarını ve dayanımını artırırken eğilme ve kesme rijitliğinde de önemli artışa neden olur. Taşıyıcı sistem güçlendirme hesaplarında, mantolanmış kolonların rijitlik artışları dikkate alınacak ve bu artışın yapının deprem davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilecektir. Kısmi mantolama durumunda, kolonun kesit özelliklerinde oluşacak asimetri, elemanın farklı doğrultulardaki rijitlik ve dayanım özelliklerinde farklılıklara yol açacağından, hesaplarda bu durum göz önünde bulundurulacaktır.

4.1.2.1.3 – Betonarme mantolamayla oluşturulacak nihai kolon enkesitinde, büyük kenarın küçük kenara oranı (h_j/b_j) en fazla 3 olacaktır. Bu koşulun sağlanamadığı durumlarda, kolon **4.1.2.4.4**'e göre perdeye dönüştürülecek şekilde mantolanacaktır.

4.1.2.1.4 – Kolonların betonarme mantolama ile güçlendirme uygulamaları **(a)** – **(d)**'de verilen teknik gerekliliklere uygun olarak yapılacaktır:

(a) Manto kalınlığı, donatıların yerleştirilmesi, beton dökümü ve minimum beton örtüsünün sağlanması için yeterli kalınlıkta olacaktır. Tam mantolamada minimum manto kalınlığı 100 mm, kısmi mantolamada ise 150 mm olacaktır.

(b) Betonarme mantolama uygulamalarında kullanılacak beton aşağıdaki özellikleri sağlayacaktır:

(1) Manto betonu, TS EN 206 kapsamında tanımlanan C25/30 sınıfından daha düşük olmayacaktır. Ayrıca, manto betonunun karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}), **3.2.1**'e göre belirlenen mevcut beton basınç dayanımından (f_{cm}) en az 5 MPa daha yüksek olacaktır.

(2) Manto betonu, TS EN 206'ya göre en az S4 kıvam sınıfında olacaktır. Donatı sıklığı veya erişimi zor bölgelerde kendiliğinden yerleşen beton özelliklerine sahip beton tercih edilebilir.

(3) Manto betonunun en büyük agrega dane çapı, TS 500 3.1.2 hükümlerine göre belirlenecek ve hiçbir durumda en küçük net donatı aralığının 2/3'ünü aşmayacaktır.

(4) Manto betonunda, mevcut beton ile yeni beton arasındaki farklı büzülme (rötre) etkilerini en aza indirmek ve aderansı artırmak için, rötre azaltıcı veya kontrollü genleşme sağlayan katkıları kullanılacaktır.

(c) Manto içerisindeki boyuna donatılar, mantolama türüne göre aşağıda verildiği şekilde teşkil edilecektir.

(1) Sürekli mantolama uygulamasında boyuna donatılar TBDY 7.3.2'de süneklik düzeyi yüksek kolonlar için tanımlanan koşullara uygun olarak düzenlenecektir. Bu uygulamada esas olan, boyuna donatıların katlar arasındaki sürekliliğinin, döşeme ve kirişlerde açılacak deliklerden geçirilerek veya bu bölgelerin kırılarak sağlanmasıdır. Boyuna donatı eklerinin yapılmasının teknik olarak zorunlu olduğu durumlarda, bindirmeli ekler TBDY 7.3.3 kurallarına uygun olarak yapılacaktır.

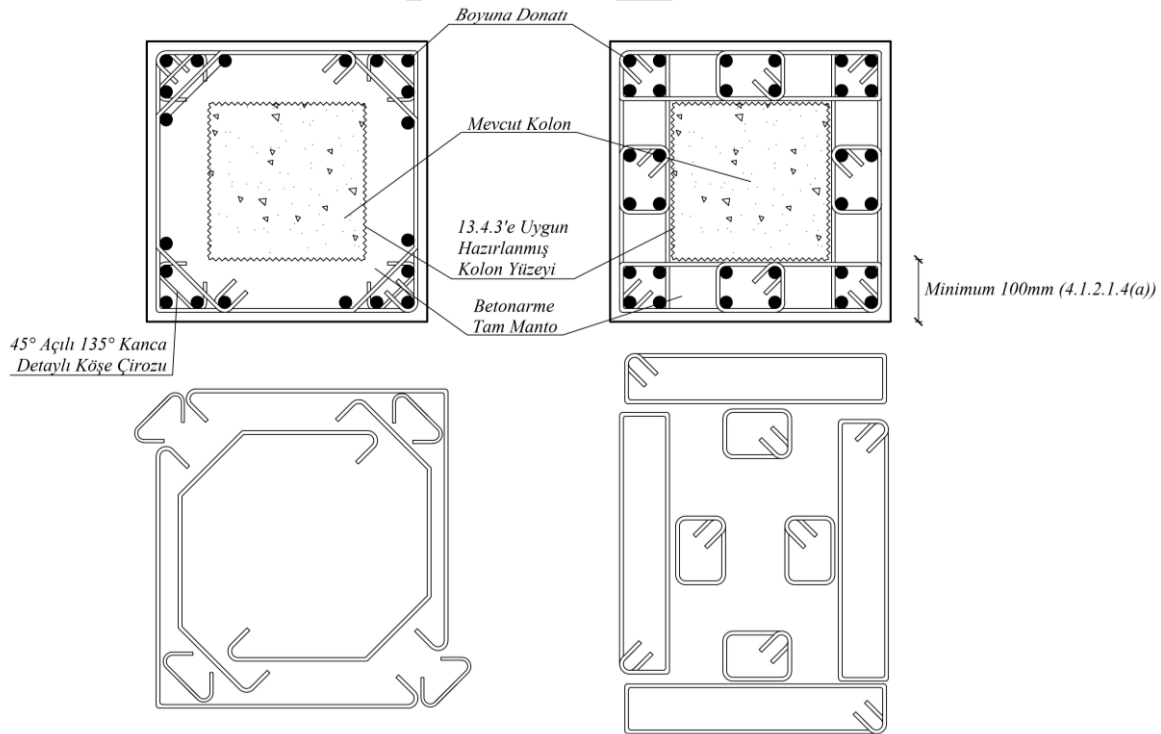
(2) Süreksiz mantolama uygulamasında, enine donatıların yerleşimini sağlamak ve rötre etkilerini karşılamak amacıyla, mantolanmış kolona ait nihai enkesit alanının en az %1'i oranında olmak kaydıyla, her köşeye en az bir adet boyuna donatı yerleştirilecektir. Montaj amaçlı kullanılan boyuna donatıların çapı 12 mm'den küçük olmayacaktır.

(d) Manto içerisindeki enine donatılar için TBDY 7.3.4'te belirtilen kurallara ek olarak, aşağıda verilen kurallara da uyulacaktır.

(1) Tam ve kısmi mantolama uygulamalarında, her manto kenarında ayrı kapalı etriyeler kullanılacaktır. Bu etriyeler, manto içerisindeki tüm boyuna donatıları sararak etkin bir sargılama sağlayacak şekilde düzenlenecek ve her bir etriyenin uçları TBDY 7.2.8'de verilen detaylara uygun olarak 135 derecelik kancalar ile sonlandırılacaktır.

(2) Tam mantolama uygulamalarında, manto kalınlığı 120 mm'den az olan ve uygulama zorluklarından dolayı (1)'de belirtilen kapalı etriye kullanımının mümkün olmadığı durumlarda çok parçalı etriye kullanılabilir (Şekil 4.1.2). Kısmi mantolama uygulamalarında çok parçalı etriye kullanımına izin verilmez. Çok parçalı etriye kullanımı durumunda, tüm etriye parçalarının uçları TBDY 7.2.8'de tanımlanan koşullara uygun olarak 135 derecelik kancalar ile sonlandırılacaktır. Birbirini tamamlayan etriye parçalarının bindirme boyu, TS 500 Denk.(9.1)'e göre hesaplanan kenetlenme boyunun (ℓ_b) 1.25 katından daha az olmayacaktır. Kolon köşesinden manto kalınlığının iki katından daha fazla olmayan mesafede, 45 derece açı ile yerleştirilen ve uçları 135 derece kanca ile sonlandırılan köşe çirozları kullanılacaktır.

(3) Yukarıda (1) ve (2) maddelerinde tanımlanan tüm mantolama uygulamalarında, manto içerisindeki boyuna donatıların tamamı burkulmaya karşı yanal stabilize sağlayacak şekilde enine donatılar ile sarılacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay mesafe, etriye çapının 25 katından daha fazla olmayacaktır. Mevcut enine veya boyuna donatıların yeni donatılara kaynaklanmasına izin verilmeyecektir.



Şekil 4.1.2. Çok parçalı ve kapalı etriyelerden oluşturulan enine donatılama örnekleri

4.1.2.1.5 – Mevcut kolon yüzeyi, aderans sağlamak için **12.4.3**'e uygun şekilde ve en az 5 mm derinliğinde (tepe-çukur arası mesafe) dengeli dağılan pürüzlülük sağlayacak şekilde mekanik yöntemlerle hazırlanacaktır.

4.1.2.1.6 – Mevcut kolon ile manto betonu arasındaki arayüzde gerilmelerin güvenle aktarılabilmesi ve kompozit davranışın sağlanabilmesi için **(a) – (d)**'de verilen kurallar uygulanır:

(a) Tüm mantolama uygulamalarında, mevcut ve yeni beton arayüzünde çevrimsel yükler altında oluşan aksel ve kesme gerilmelerinin güvenle aktarılabilmesi için bağlantı elemanlarının kullanılması zorunludur. Bu elemanlar ve tasarımları, TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarında tanımlanan esaslara göre belirlenecektir.

(b) Bağlantı elemanlarının tasarımında, hesap sonuçlarından bağımsız olarak aşağıdaki asgari koşullar sağlanacaktır:

(1) Bağlantı elemanlarının çapı en az 12 mm olacaktır.

(2) Mevcut beton içindeki gömme derinliği, bağlantı elemanı çapının 10 katından az olmayacaktır.

(3) Bağlantı elemanlarının aralığı, hem yatay hem de düşey doğrultuda 400 mm'yi aşmayacaktır.

(4) Bağlantı elemanlarının en yakın serbest kenara olan mesafeleri, gömme derinliğinden az olmayacaktır.

(5) Bağlantı elemanları şaşırtmalı düzende yerleştirilecek ve eleman yüksekliği boyunca düzgün dağıtılacaktır.

(c) Bağlantı elemanlarının uygulaması, kullanılan ürüne ait Avrupa Teknik Değerlendirmesi (ETA) veya Ulusal Teknik Onay (UTO) belgesinde ve üretici talimatlarında belirtilen prosedürler doğrultusunda yapılacaktır.

(d) Bağlantı elemanları uygulamalarının kalite kontrolü ve denetimi **Bölüm 12**'ye göre gerçekleştirilecektir.

4.1.2.1.7 – Betonarme mantolama ile güçlendirilen kolonların dayanım hesaplarında aşağıda **(a) – (e)**'de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Mevcut boyuna ve enine donatıların kesit analizine dahil edilmesinde aşağıdaki kurallar uygulanır:

(1) **3.2.1**'e göre gerçekleştirilen incelemeler sonucunda donatıda korozyona bağlı çap azalması tespit edilmişse, azalma miktarının nominal çapın %10'unu aşmadığı durumlarda donatının kesit alanı ölçülen çapa göre hesaplara yansıtılacaktır. Azalma miktarının nominal çapın %10'unu aşması halinde ise söz konusu mevcut donatı, kesit analizinde dikkate alınmayacaktır.

(2) Mevcut boyuna donatının kenetlenme veya bindirme boyunun TS 500'de göre yetersiz olduğu tespit edildiğinde, donatının akma gerilmesi TBDY 15.4.13 hükümleri doğrultusunda, mevcut ile gerekli uzunluklar arasındaki oran dikkate alınarak azaltılacaktır.

(b) Eğilme kapasitesinin belirlenmesinde, mevcut kolon ve manto betonunun farklı sargılanma durumları ile mevcut ve yeni donatıların farklı mekanik özellikleri dikkate alınarak kesit analizi yapılacaktır. Bu analizde:

(1) Manto betonu, yeni enine donatıların sağladığı sargılama etkisi dikkate alınarak sargılı beton olarak modellenebilir.

(2) Mevcut kolon betonu, sargısız beton olarak modellenecektir. Ancak, mevcut enine donatının (a)'daki kriterleri ve TBDY 7.2.8'deki koşulları birlikte sağlaması halinde, mevcut kolon betonu sargılı beton olarak modellenebilir.

(c) Güçlendirilmiş kesitin kesme dayanımı (V_r), TS 500 Bölüm 8'de verilen esaslara göre hesaplanacaktır. Bu hesapta:

(1) Beton katkısı (V_c) hesabında, beton çekme dayanımı olarak, **Denk.(4.1.1)**'de verilen eşdeğer beton çekme dayanımı kullanılacaktır.

(2) Enine donatı katkısı (V_w) hesabında, sadece betonarme manto içerisindeki yeni enine donatılar dikkate alınacaktır. Mevcut eleman içindeki enine donatılar, kesme dayanımı hesabında dikkate alınmayacaktır.

$$f_{cteq} = \frac{(f_{ctm} \times A_c) + (f_{ctj} \times A_j)}{A_c + A_j} \quad (4.1.1)$$

Bu denklemde:

A_c : Mevcut kolonun brüt kesit alanı

A_j : Manto betonunun toplam alanı

f_{cteq} : Mantolanmış kesitin eşdeğer beton çekme dayanımı

f_{ctj} : Manto betonunun çekme dayanımı

f_{ctm} : Mevcut betonun çekme dayanımı

(d) Mantolama sonucu elde edilen dayanımlar, güçlendirme türüne bağlı olarak aşağıda verilen azaltma katsayılarıyla çarpılacaktır.

(1) Eğilme dayanımı hesabında tam mantolamada **Denk.(4.1.2a)**, kısmi mantolamada ise **Denk.(4.1.2b)**'de verilen katsayılar ile azaltma uygulanır. **Denk.(4.1.2)**'de verilen ν katsayısı **Denk.(4.1.3)**'e göre hesaplanacaktır.

$$0.9 - 0.25\nu \quad (4.1.2a)$$

$$0.7 - 0.20\nu \quad (4.1.2b)$$

$$\nu = \frac{N}{A_c f_{cm} + A_j f_{cj}} \quad (4.1.3)$$

Bu denklemlerde:

f_{cm} : Mevcut eleman betonunun basınç dayanımı

f_{cj} : Manto için kullanılan yeni betonun basınç dayanımı

N : Elemana etkiyen eksenel yük

ν : Mantolanmış elemanın eksenel yük oranı

(2) Kesme dayanımı hesabında tam mantolamada 0.90, kısmi mantolamada ise 0.75 katsayısı ile azaltma uygulanır.

(e) Dayanım hesaplarında, mevcut kolon betonu ve donatıları için 3.2.1’de tanımlanan mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır. Betonarme manto betonu ve yeni donatılar için, bu malzemelerin dayanımları 3.2.2’ye göre belirlenecektir.

4.1.2.1.8 – Mantolanmış kolonların doğrusal olmayan davranış modelinde ve hasar sınırlarının belirlenmesinde (a) – (d)’de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Doğrusal olmayan davranış modelinin seçiminde aşağıdaki kurallara uyulacaktır:

(1) Tam mantolama uygulamalarında, TBDY 5.3.1’de tanımlanan yığılı plastik (plastik mafsal) veya TBDY 5.3.2’de tanımlanan yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir.

(2) Kısmi mantolama uygulamalarında sadece TBDY 5.3.2’de tanımlanan yayılı plastik davranış modeli kullanılacaktır.

(b) Yığılı plastik davranış modelinin göz önüne alındığı durumlarda, plastik mafsal boyu hesabında ilgili doğrultudaki güçlendirilmiş kesit boyutu, etkin kesit rijitliği hesabında ise güçlendirilmiş kesit özellikleri kullanılacaktır. Plastik mafsal boyu TBDY 5.3.1.2’ye göre, etkin kesit rijitlikleri TBDY 5.4.5.2’ye göre hesaplanacaktır.

(c) Etkin akma momenti ve akma dönmesinin belirlenmesi için gerçekleştirilecek kesit analizlerinde, 4.1.2.1.7’ye göre mevcut ve manto betonunun farklı sargılanma durumları ile mevcut ve yeni donatıların farklı mekanik özellikleri dikkate alınacaktır. Hesaplanan etkin akma momentine 4.1.2.1.7(d)’de tanımlanan azaltma katsayıları uygulanacaktır.

(d) Mantolanmış kolonların kesit düzeyinde performans değerlendirmesi için izin verilen beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırları ile plastik dönme sınırları TBDY 15.7.1 ve TBDY 5.8.1.2’ye göre belirlenecektir. Tam mantolama durumunda, manto etriyesinin sargı etkisi dikkate alınarak sargılı beton birim şekildeğiştirme sınır değerleri hesaplanacaktır. Kısmi mantolama durumunda, mantolanmış beton bölgesinde sargılı beton, mantolanmamış beton bölgesinde sargısız beton birim şekildeğiştirme sınır değerleri kullanılacaktır.

4.1.2.2. Kirişler için Betonarme Mantolama

4.1.2.2.1 – Betonarme kirişler, tam veya kısmi mantolama yöntemleriyle güçlendirilebilir. Tam mantolama, kirişin tüm yüzeylerinin (üst, alt ve yanlar), kısmi mantolama ise kirişin belirli yüzeylerinin (genellikle alt ve yanlar) mantolanarak kesit boyutlarının artırılmasıdır. Güçlendirmede öncelikle tam mantolama tercih edilecektir. Kısmi mantolama, ancak mimari sınırlamalar, döşeme ile ilgili uygulama zorlukları veya işlevsel gereksinimler nedeniyle tam mantolama yapılamadığı zorunlu durumlarda uygulanacaktır.

4.1.2.2.2 – Kirişlerde betonarme mantolama (a), (b) ve (c)’de verilen amaçlarla uygulanabilir:

(a) Kirişin sünekliğini iyileştirmek ve kesme dayanımını artırmak (süreksiz mantolama): Bu durumda boyuna donatılar kiriş-kolon birleşim bölgelerinden geçmeyecek şekilde süreksiz yerleştirilir. Mantolama, kolon yüzeylerinden her iki tarafta en az 30 mm uzaklıkta derz ile sonlandırılacaktır. Bu derz bölgesinde, mevcut kirişin kesme dayanımının yeterli olduğu doğrulanacaktır.

(b) Kirişin eğilme dayanımını, kesme dayanımını ve sünekliğini artırmak (sürekli mantolama): Bu durumda, eğilme dayanımına katkı sağlayacak boyuna donatıların çerçeve aksı boyunca sürekliliğinin veya kiriş-kolon birleşim bölgelerinde kolonlara kenetlenmesinin sağlanması

gerekir. Kısmi mantolamada, kesit özelliklerinin asimetrik olması nedeniyle eğilme dayanımı ve davranışında yönlere bağlı farklılıklar oluşacağı dikkate alınacaktır.

(c) Kirişin rijitliğini artırmak: Mantolama uygulaması, kirişin kesit boyutlarını ve dayanımını artırırken eğilme ve kesme rijitliğinde de önemli artışa neden olur. Taşıyıcı sistem güçlendirme hesaplarında, mantolanmış kirişlerin rijitlik artışları dikkate alınacak ve bu artışın yapının deprem davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilecektir.

4.1.2.2.3 – Mantolanmış kiriş için serbest açıklık/yükseklik oranı dörtten küçükse, eleman derin kiriş olarak değerlendirilecektir. Bu elemanların güçlendirme tasarımı ve donatı düzenlemesi TS EN 1992-1-1 8.5’te verilen çubuk analogisi yöntemine göre yapılacaktır.

4.1.2.2.4 – Kirişlerin betonarme mantolama ile güçlendirme uygulamaları aşağıda **(a) – (e)**’de verilen teknik gerekliliklere uygun olarak yapılacaktır:

(a) Manto kalınlığı, donatıların yerleştirilmesi, beton dökümü ve minimum beton örtüsünün sağlanması için yeterli kalınlıkta olacaktır. Tam ve kısmi mantolamada minimum manto kalınlığı 80 mm olacaktır. Mantolanmış kiriş enkesit genişliği, kolon enkesit genişliğinden küçük veya eşit olacaktır.

(b) Manto içerisindeki boyuna donatılar TBDY 7.4.2 ve 7.4.3, enine donatılar TBDY 7.4.4’te süreklilik düzeyi yüksek kirişler için tanımlanan koşullara uygun olarak düzenlenecektir. Enine donatıların iki veya daha fazla parçadan oluşturulması gereken durumlarda, etriye detayları için **4.1.2.1.4(d)**’de belirtilen özel kurallar uygulanacaktır.

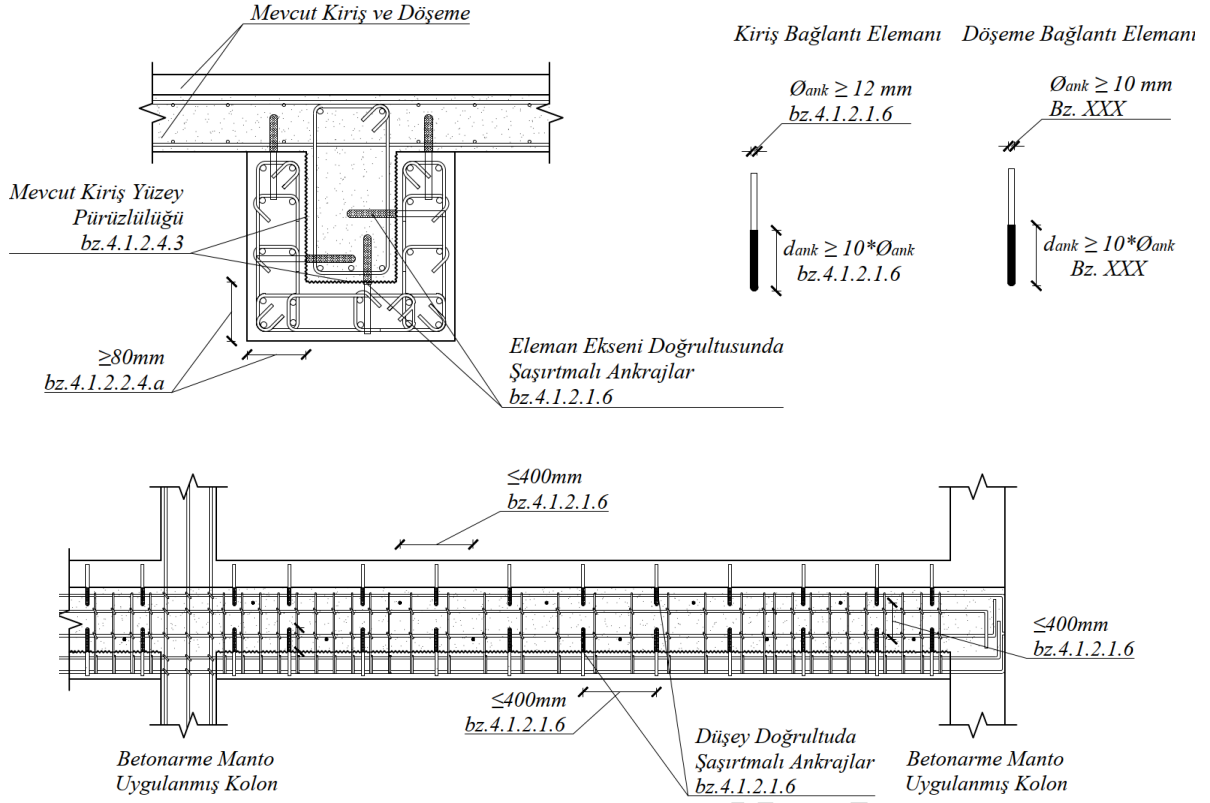
(c) Sürekli mantolama uygulamasında, boyuna donatıların kiriş-kolon birleşim bölgelerinde sürekliliği ve kenetlenmesi sağlanacaktır. Boyuna donatılar, kolonun arka yüzüne kadar uzatılarak TBDY 7.4.3.1’de verilen kurallara göre gerekli kenetlenme koşulları sağlanacaktır.

(d) Uygulama zorlukları nedeniyle uygulanması gerekli boyuna donatıların bindirmeli ekleri TBDY 7.4.3.2’de verilen koşullara uygun olarak yapılacaktır.

(e) Kiriş-kolon birleşim ve kiriş-döşeme temas bölgelerinde mantolama betonu boşluksuz yerleştirilecek, özellikle kolon yüzeyleri ve döşeme altı bölgelerde hava boşlukları önlenecektir.

4.1.2.2.5 – Mevcut kiriş yüzeyinin hazırlanması ile mevcut kiriş ve manto betonu arasında kullanılacak bağlantı elemanlarının uygulanması, sırasıyla **4.1.2.1.5** ve **4.1.2.1.6**’da verilen esaslara göre gerçekleştirilecektir.

4.1.2.2.6 – Mantolanmış kirişlerin dayanım hesapları ve doğrusal olmayan davranış modelinde **4.1.2.1.7** ve **4.1.2.1.8**’de kolonlar için verilen esaslar betonarme mantolama ile güçlendirilmiş kirişler için de uygulanacaktır.



Şekil 4.1.3.

4.1.2.3. Birleşim Bölgeleri için Betonarme Mantolama

4.1.2.3.1 – Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin betonarme mantolama ile güçlendirilmesi, birleşim bölgesindeki kesme dayanımının artırılması amacıyla uygulanır.

4.1.2.3.2 – Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin mantolanması, bu bölgeye bağlanan kolon veya kirişlerde eğilme momenti kapasitesini artıran (sürekli mantolama) bir güçlendirme yapılması durumunda zorunludur.

4.1.2.3.3 – Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti (V_e), güçlendirilmiş yapısal elemanların özellikleri dikkate alınarak TBDY Denk.(7.11)'e göre hesaplanacaktır. Güçlendirilmiş birleşim bölgesinin kesme kuvveti sınır değeri ise TBDY 7.5.2.2'deki denklemler kullanılarak belirlenecektir. Hesaplamalarda, betonarme mantolama sonrası oluşan nihai kesit boyutları esas alınacak ve karakteristik beton basınç dayanımının karekökü yerine **Denk.(4.1.4)** ile tanımlanan eşdeğer beton basınç dayanımının (f_{ceq}) karekökü kullanılacaktır.

$$\sqrt{f_{ceq}} = \frac{(\sqrt{f_{cm}} \times A_c) + (\sqrt{f_{cj}} \times A_j)}{A_c + A_j} \quad (4.1.4)$$

4.1.2.3.4 – Birleşim bölgelerinin betonarme mantolama ile güçlendirilmesinde **(a) – (d)**'de verilen koşullar sağlanacaktır:

(a) Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, betonarme mantolama ile güçlendirilmiş kolon enine donatıları birleşim bölgesi boyunca devam ettirilecektir. Birleşim bölgelerinde enine donatılarının sürekliliği kirişlerde açılan deliklerden geçirilen enine donatı parçaları veya

kirişlere yerleştirilen bağlantı elemanları ile sağlanacaktır. Enine donatıların iki veya daha fazla parçadan oluşturulması gereken durumlarda, etriye detayları için **4.1.2.1.4(d)**'de belirtilen özel kurallar uygulanacaktır.

(b) Mevcut kolon ve kiriş yüzeylerinin hazırlanması, **4.1.2.1.5**'te verilen esaslara göre gerçekleştirilecektir.

(c) Mevcut kolon ve kiriş yüzeyleri ile manto betonu arasındaki bağlantı elemanlarının uygulanması, **4.1.2.1.6**'da verilen esaslara göre gerçekleştirilecektir.

(d) Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde mantolama betonu boşluksuz yerleştirilecek, özellikle kiriş alt yüzeyleri ile döşeme altı bölgelerde hava boşlukları önlenecektir.

4.1.2.4. Perdeler için Betonarme Mantolama

4.1.2.4.1 – Betonarme perdeler, tam veya kısmi mantolama yöntemleriyle güçlendirilebilir. Tam mantolama perdenin tüm düşey yüzeylerinin (tüm çevresinin) sargılanması (**Şekil 4.1.4**); kısmi mantolama ise perdenin tek yüzeyinin, sadece karşılıklı iki yüzeyinin veya sadece uç bölgelerinin mantolanarak kesit özelliklerinin artırılmasıdır (**Şekil 4.1.5**). Güçlendirmede öncelikle tam mantolama tercih edilir. Mimari sınırlamalar veya uygulama zorlukları nedeniyle tam mantolamanın yapılamadığı durumlarda kısmi mantolama uygulanabilir. Ancak, yatay gövde donatısı perde uç bölgeleri içerisinde kenetlenmemiş, düz ya da sadece gönyeli olarak perde uç bölgesi kabuk betonu içerisinde bitirilmiş mevcut perdelerin tek yüzeyli (tek taraflı) mantolama yapılmasına izin verilmez.

4.1.2.4.2 – Perdelerde betonarme mantolama aşağıda **(a)** – **(f)**'de verilen amaçlara yönelik uygulanabilir:

(a) Perdenin kesme dayanımını artırmak: Mevcut perdelerin kesme dayanımının yetersiz olduğu durumlarda, betonarme mantolama ile perde gövdesinin kalınlığı kesme dayanımı iyileştirilebilir.

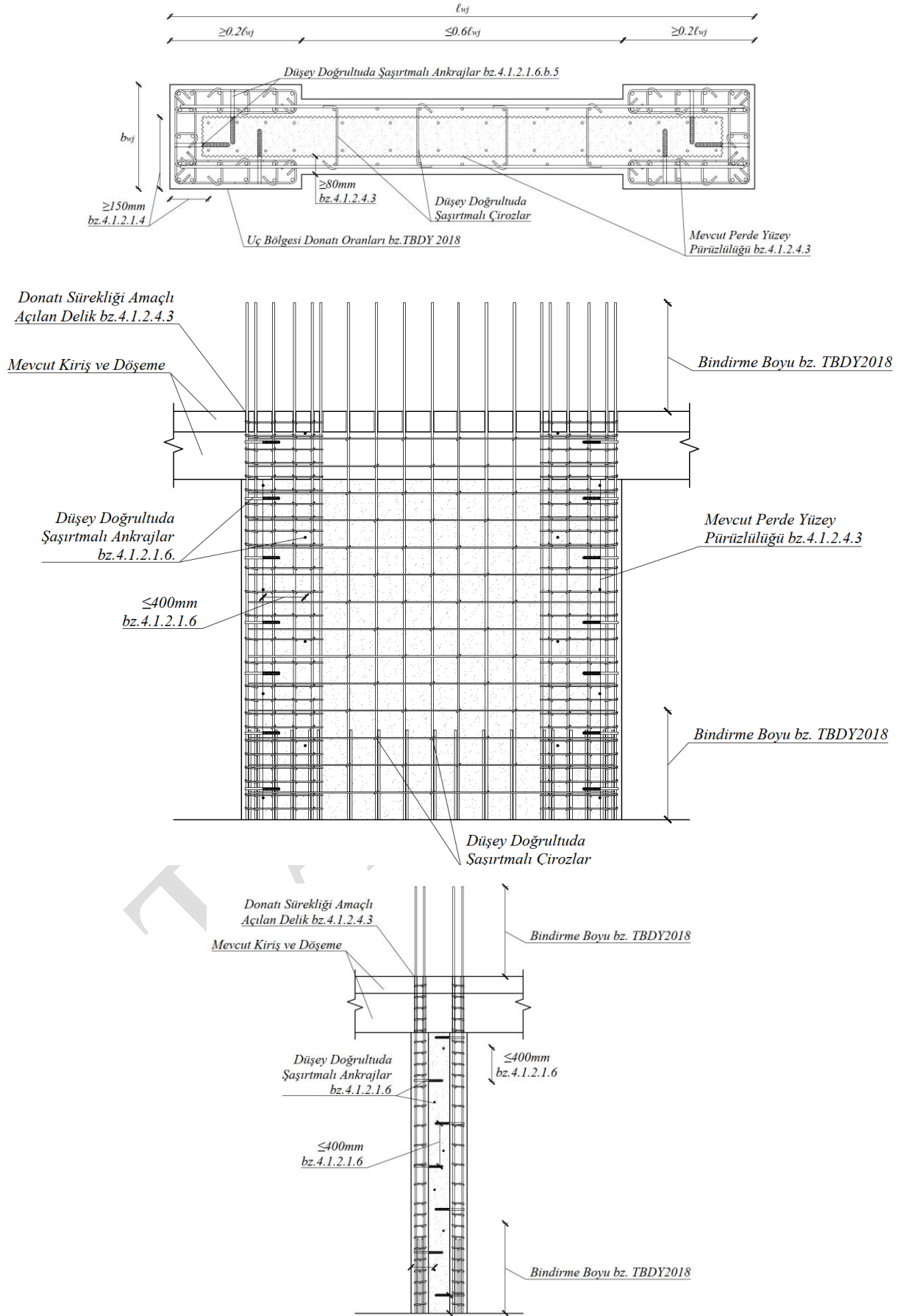
(b) Perdenin eğilme dayanımını artırmak: Eğilme kapasitesinin yetersiz olduğu perdelerde, özellikle uç bölgelerinin betonarme mantolama ile kesit boyutları artırılarak eğilme dayanımı arttırılabilir. Bu durumda, boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır.

(c) Perdenin sünekliğini iyileştirmek: Özellikle perde uç bölgelerinin bulunmaması veya yetersiz sargılanması durumunda, bu bölgelere uygun sargılama donatısı düzenlemesi ile mantolama yapılarak süneklik iyileştirilebilir.

(d) Perde uç bölgelerindeki bindirmeli eklerin iyileştirilmesi: Yetersiz bindirme boyu veya uygun olmayan donatı detaylandırması bulunan perde uç bölgelerine betonarme mantolama yapılarak yapısal davranış iyileştirilebilir.

(e) Perdenin rijitliğini artırmak: Yapıdaki yanal öteleme sorunlarını gidermek, rijitlik düzensizliklerini azaltmak ve burulma etkilerini dengelemek için perde rijitliğinin artırılması amaçlanır.

(f) Perdenin düzlem dışı davranışını iyileştirmek: Özellikle narin (kalınlığı yetersiz) olan ve düzlem dışı eğilme etkilerine karşı yetersiz perdelerde, mantolama ile perde kalınlığı artırılarak perdenin düzlem dışı rijitliği ve dayanımı iyileştirilebilir.



Şekil 4.1.4.

(2) $H_w/\ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, özel uç bölgesi düzenlenmesine gerek yoktur. Bu perdelerin betonarme mantolama ile güçlendirilmesi durumunda, mantolama tüm perde uzunluğu boyunca uygulanacak ve manto gövde donatısı TBDY 7.6.3'e göre tüm kesit boyunca düzenlenecektir.

(e) Betonarme manto içerisindeki boyuna donatıların, perde yüksekliği boyunca kat geçişlerinde döşeme ve kirişlerde açılan deliklerden/boşluklardan geçirilerek sürekliliği sağlanacaktır. Boyuna donatı bindirmeli ekleri ve donatıların temele ankrajı, TBDY 7.6'da betonarme perdeler için belirtilen kurallara uygun olarak tasarlanacaktır.

(f) Betonarme mantoda perde gövdesine yerleştirilecek yatay donatılar, TBDY 7.6.4'te belirtilen gövde donatılarının düzenlenmesi koşullarına uygun olarak düzenlenecektir. Yatay donatıların uçları, tam mantolamada perde uç bölgelerindeki sargılama donatıları içinde kalan bölgeye uzatılarak yeterli kenetlenmeye sahip olması sağlanacaktır. Tek taraflı kısmi mantolamada ise, yatay donatıların uçları, perde uç bölgesindeki mevcut betona ankrajlarla uygun şekilde kenetlenerek kuvvet aktarımı sağlanacaktır.

(g) Tam mantolamada, karşılıklı konumlandırılan manto düşey ve yatay donatılarını birbirine bağlayan bağlantı donatıları (çiroz) kullanılacaktır. Bu bağlantı donatıları, perde yüzeyinde en az 6 adet/m² olacak şekilde düzenlenecek ve mevcut perde içinden geçirilerek her iki taraftaki düşey ve yatay donatı kesişimlerine bağlanacaktır.

(h) Tek taraflı kısmi mantolama durumunda, mevcut perde ile manto arasında aderansı ve iç kuvvet aktarımını sağlamak için, 4.1.2.1.6'da tanımlanan bağlantı elemanları kullanılacaktır. Bu bağlantı elemanları perde yüksekliği boyunca şaşırtmalı olarak düzenlenecek ve en az 10 adet/m² yoğunlukta olacaktır. Bağlantı elemanlarının dayanımı hesaplanan perde kesme kuvvetinin en az 1.5 katını karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

4.1.2.4.4 – 4.1.2.1.3'te verilen koşulun sağlanamadığı kolonlar perdeye dönüştürülecek şekilde mantolanacaktır. Bu durumda nihai enkesitte $\ell_{wj}/b_{wj} \geq 6$ koşulu sağlanacak ve **4.1.2.4.3(d)** uyarınca yeni uç bölgeleri teşkil edilecektir.

4.1.2.4.5 – Mantolama ile güçlendirilen perdelerin dayanım hesapları (a) – (h)'de belirtilen esaslara göre yapılacaktır:

(a) Mevcut boyuna ve enine donatıların kesit analizine dahil edilmesinde **4.1.2.1.7(a)**'da belirtilen kurallar uygulanacaktır.

(b) Eğilme-eksenel basınç dayanımının belirlenmesinde, mevcut perde ve manto betonunun farklı sargılanma durumları ile mevcut ve yeni donatıların farklı mekanik özellikleri dikkate alınarak kesit analizi yapılacaktır. Bu analizde:

(1) Betonarme manto betonu, yeni enine donatıların sağladığı sargılama etkisi dikkate alınarak sargılı beton olarak modellenebilir.

(2) Mevcut perde betonu, sargısız beton olarak modellenecektir.

(c) Mantolama sonucu elde edilen perde eğilme dayanımı, güçlendirme türüne bağlı olarak **4.1.2.1.7(d1)**'de verilen azaltma katsayılarıyla çarpılacaktır.

(d) Güçlendirilmiş perdenin kesme dayanımı (V_r), TBDY 7.6.7'ye göre hesaplanacaktır. Bu hesapta:

(1) Beton katkısı hesabında, beton çekme dayanımı olarak **Denk.(4.1.1)**'e göre hesaplanan eşdeğer beton çekme dayanımı (f_{cteq}) kullanılacaktır.

(2) Enine donatı katkısı hesabında, yatay gövde donatısı oranı olarak manto içerisindeki yeni yatay donatılar dikkate alınacaktır. Mevcut perde gövdesindeki yatay donatılar, sadece perde uç bölgeleri içinde yeterli kenetlenmeye sahip olması durumunda kesme dayanımı hesabına dahil edilebilir.

(e) Kesme dayanımı hesabında **4.1.2.1.7(d2)**'de verilen azaltma katsayıları uygulanacaktır.

(f) Perdelerin güçlendirme tasarımına esas kesme (V_e) kuvveti, yapısal analizden elde edilen kesme kuvvetlerine göre belirlenecektir. $H_w/\ell_w > 2.0$ olan perdelerde kesme kuvveti değeri 1.5 ile çarpılarak büyütülecektir. Güçlendirilmiş perdenin (e)'ye göre azaltılmış kesme dayanımı, güçlendirme tasarımına esas kesme kuvvetinden büyük olacaktır.

(g) Perdelerin kesme dayanımı üst sınırları TBDY 7.6.7.1'e göre hesaplanacaktır. Bu hesapta karakteristik beton basınç dayanımının (f_{ck}) karekökü yerine, **Denk.(4.1.4)**'e göre hesaplanan eşdeğer beton basınç dayanımının (f_{ceq}) karekökü kullanılacaktır. Elde edilen üst sınır değerleri (e)'de verilen katsayılar ile azaltılacaktır. Güçlendirme tasarımına esas kesme kuvveti bu azaltılmış üst sınır değerlerini aşmayacaktır.

(h) Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı, TBDY 7.6.7.2'ye göre kesme sürtünmesi yöntemi ile kontrol edilecektir. Kesme sürtünmesi hesabında beton çekme dayanımı olarak **Denk.(4.1.1)**'e göre hesaplanacak eşdeğer beton çekme dayanımı (f_{cteq}), üst sınır hesabında karakteristik beton basınç dayanımı (f_{ck}) yerine, **Denk.(4.1.4)**'e göre hesaplanacak eşdeğer beton basınç dayanımı (f_{ceq}) kullanılacaktır. Elde edilen üst sınır değerleri (e)'de verilen katsayılar ile azaltılacaktır. Güçlendirme tasarımına esas kesme kuvveti bu azaltılmış üst sınır değerlerini aşmayacaktır.

4.1.2.4.6 – Mantolanmış perdelerin doğrusal olmayan davranış modelinde ve hasar sınırlarının belirlenmesinde aşağıda (a) – (d)'de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Mantolanmış perdelerin doğrusal olmayan davranış modellemesinde TBDY 5.3.2'de tanımlanan yayılı plastik davranış modeli kullanılacaktır.

(b) Yayılı plastik davranış modelinde perde kesiti, TBDY 5.3.2.3'te tanımlanan kesit hücresi (lif) modeli ile modellenecektir. Bu analizde, perde kesiti küçük hücrelere (liflere) bölünerek her bir hücre için malzeme özellikleri ayrı ayrı tanımlanacaktır. Perde kesitinin modellenmesinde, mevcut ve manto betonu ile mevcut ve yeni donatıların mekanik özellikleri aşağıdaki şekilde dikkate alınacaktır:

(1) Perde uç bölgelerindeki manto betonu, içerisinde bulunan enine donatıların sağladığı sargılama etkisi dikkate alınarak modellenecektir. Sargılı beton için gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi, TBDY Ek 5A'da verilen esaslara göre belirlenebilir.

(2) Mevcut perde betonu, sargısız beton olarak modellenecektir.

(3) Perde gövde bölgesinde hem manto betonu hem de mevcut beton sargısız beton olarak modellenecektir.

(c) Etkin kesit rijitlikleri için, TBDY 5.4.5.2'de verilen değerler mantolanmış perdeler için kullanılacak, ancak **4.1.2.4.5(c)** ve **4.1.2.4.5(e)**'de belirtilen azaltma katsayıları uygulanacaktır.

(d) Betonarme mantolanmış perdelerin performans değerlendirmesi için izin verilen beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırları, sargılı ve sargısız beton bölgelerinde ayrı ayrı kontrol edilecektir. Perde uç bölgeleri ve perde gövdesi için TBDY 15.7.1’de tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırları uygulanacaktır. Performans düzeyinin belirlenmesinde, en elverişsiz durumu veren bölge esas alınacaktır.

4.1.3. Taşıyıcı Sistem Güçlendirilmesi

4.1.3.1. Betonarme Perde Eklenmesi

4.1.3.1.1 – Betonarme perde eklenmesi; mevcut taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesinin ve rijitliğinin yetersiz olduğu durumlarda, taşıyıcı sisteme yeni betonarme perdeler eklenerek yapının deprem performansının iyileştirilmesi amacıyla uygulanır. Bu güçlendirme yöntemi **(a)**, **(b)** ve **(c)**’de belirtilen durumlarda uygulanabilir:

(a) Binanın yatay rijitliğinin yetersiz olması nedeniyle yüksek mertebelerde görelî kat ötelemelerinin olduğu durumlarda,

(b) Yapısal düzensizliklerin (yumuşak kat, zayıf kat, burulma düzensizliği gibi) bulunması ve bu düzensizliklerin giderilmesi için rijitlik ve dayanım artışının gerektiği durumlarda,

(c) Mevcut çerçeve elemanlarının kapasitelerinin yetersiz olduğu ve yalnızca eleman güçlendirmesi yerine sistem davranışının yeniden düzenlenmesinin daha etkin bir çözüm olduğu durumlarda.

4.1.3.1.2 – Betonarme perde eklenmesi, mevcut taşıyıcı sistem ile bütünleşme düzeyine ve perde yerleşimine göre **(a)**, **(b)** ve **(c)**’de verilen üç farklı yöntemle uygulanabilir. Uygulanacak yöntemin seçiminde; yapının mevcut durumu, hedeflenen performans artışı ve uygulanabilirlik esas alınacaktır.

(a) Çerçeve elemanları ile bütünleşik perde eklenmesi: Bu yöntemde yeni perde, kendisini çevreleyen mevcut çerçeve elemanlarının **4.1.2**’ye göre betonarme mantolama ile güçlendirilmesi ve bu mantonun perde ile eş zamanlı dökülmesi suretiyle, monolitik bir sistem olarak teşkil edilir.

(b) Çerçeve içine bağlantılı perde eklenmesi: Bu yöntemde yeni perde, kendisini çevreleyen mevcut çerçeve elemanları mantolanmaksızın, sadece arayüzde oluşturulan bağlantı elemanları vasıtasıyla mevcut yapıya bağlanarak teşkil edilir (**Şekil 4.1.6**).

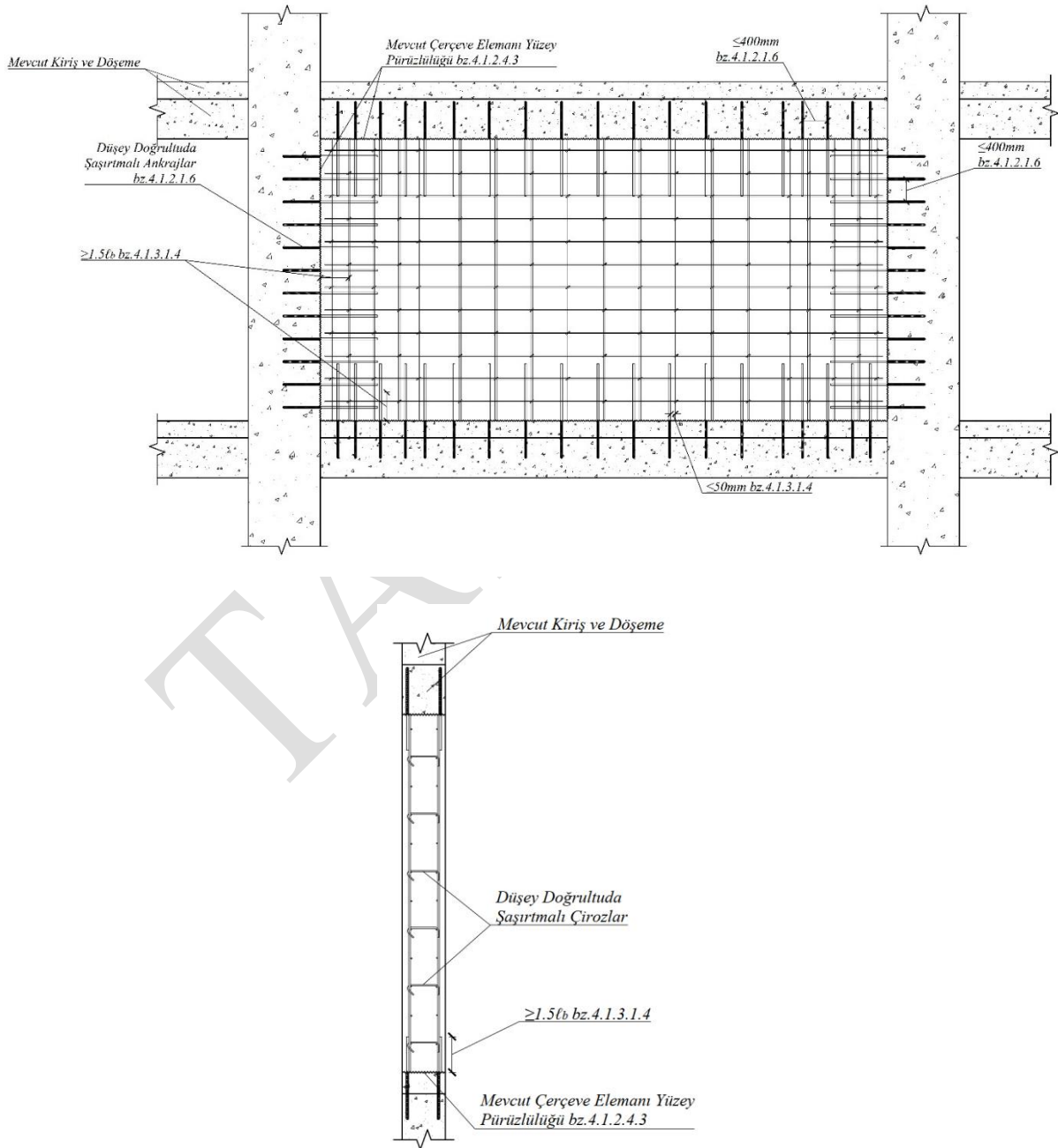
(c) Çerçeve düzlemine bitişik (dış) perde eklenmesi: Yeni perde, mevcut çerçeve düzleminin dışına (genellikle binanın dış cephesine) bitişik olacak şekilde yerleştirilir, bağlantı elemanları ile mevcut çerçeveye bağlanır.

4.1.3.1.3 – Yeni perde eklenmesi uygulamalarında **(a)** – **(h)**’de verilen koşullar sağlanacaktır:

(a) Yeni perdeler, temel üstünden başlayarak güçlendirme ihtiyacının olduğu en üst kata kadar kesintisiz devam edecektir. Ancak, bodrum çevre perdelerinin güçlendirilmesi veya yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesi gibi zorunlu yapısal gerekçelere dayalı olarak en alt katlarda kısmi yükseklikli perde uygulanabilir. Bu durumda, perdenin sonlandığı seviyedeki döşeme ve bağlantıların, üst katlardan gelen deprem yüklerini perdeye güvenle aktarabilecek kapasitede olduğu doğrulanacaktır. Kapasitenin yetersiz olduğu durumlarda, döşeme **4.1.3.3**’e göre güçlendirilecektir.

(b) Yeni perdelerin konumlandırılmasında, yapının burulma düzensizliğinin azaltılması ve rijitlik merkezinin kütle merkezine yakınlaştırılması esastır. Perde yerleşimi sonrası TBDY Tablo 3.6'ya göre burulma düzensizliği kontrolü yapılacak ve her iki ana doğrultuda dengeli dağılım sağlanacaktır. Ayrıca, yeni perdelerin yerleşimi ile X ve Y deprem doğrultularının her biri için hâkim (birinci) titreşim moduna ait taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin, toplam kütleyle oranının artırılması hedeflenecektir.

(c) Çerçeve elemanları ile bütünleşik perde eklenmesinde, perdeyi çevreleyen kolonların betonarme mantolama güçlendirmesi 4.1.2.1'ye, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin mantolanması 4.1.2.3'e göre yapılacaktır. Mantolama boyuna donatıları ve yeni perde düşey donatıları, kat döşemelerinde açılacak deliklerden/boşluklardan geçirilerek süreklilik sağlanacaktır.



Şekil 4.1.6.

(d) Çerçeve içine bağlantılı ve dış (bitişik) perde eklenmesinde, perde ile mevcut çerçeve arasındaki yük aktarımı **4.1.3.1.4**'te belirtilen bağlantı elemanları ile sağlanacaktır.

(e) Perde minimum kalınlığı TBDY 7.6.1.2'de belirtilen koşulları sağlayacaktır. Kritik perde yüksekliği boyunca, net kat yüksekliğinin perde kalınlığına oranı TBDY 7.6.1.3'e göre belirlenecektir. Perde uç bölgelerinin boyutları H_w/ℓ_w oranına göre TBDY 7.6.2'ye uygun olarak boyutlandırılacaktır.

(f) Perde uç bölgelerinin donatılandırılması TBDY 7.6.5'e göre yapılacaktır. Perde gövde donatıları TBDY 7.6.3 ve 7.6.4'e göre düzenlenecektir.

(g) Yeni perde ile mevcut yapı arasındaki temas yüzeyleri **4.1.2.1.5**'te belirtildiği şekilde mekanik yöntemlerle hazırlanacaktır. Yeni perde betonu **4.1.2.1.4(b)**'de belirtilen koşulları sağlayacaktır. Beton dökümünde, özellikle döşeme altı ve kiriş yüzeyleri ile temas bölgelerinde hava boşluklarının oluşmaması için gerekli önlemler alınacak ve beton boşluksuz yerleştirilecektir. Betonun büzülmesi (rötre) nedeniyle yeni perde üst kotu ile mevcut kiriş/döşeme altı arasında oluşacak boşluklar, genleşme özelliğine sahip yüksek dayanımlı özel harçlar ile basınç altında doldurularak yük aktarımı tam olarak sağlanacaktır.

(h) Mevcut temel sisteminin yeni perde yüklerini taşıyamadığı durumlarda, **Bölüm 10**'a göre temel güçlendirmesi yapılacaktır.

4.1.3.1.4 – Yeni perde ile mevcut yapı arasındaki bağlantı tasarımı ve uygulaması, (a) – (d)'de verilen kurallara göre yapılacaktır:

(a) Bağlantı elemanları, yeni perde ile mevcut yapı arasındaki arayüzde deprem yükleri altında oluşacak kesme kuvvetlerini ve gerektiğinde çekme kuvvetlerini güvenle aktaracak kapasitede olacaktır. Bağlantı elemanlarının türü, çapı ve düzeni, TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarında tanımlanan esaslara göre belirlenecektir.

(b) Bağlantı elemanlarının uygulanmasında aşağıdaki asgari koşullar sağlanacaktır:

(1) Mevcut kolon veya kiriş yüzeyi, **4.1.2.1.5**'te belirtilen esaslara göre hazırlanacaktır.

(2) Bağlantı elemanlarının çapı, gömme derinliği, aralığı ve kenar mesafelerine ilişkin minimum koşullar için **4.1.2.1.6(b)**'de verilen kurallar uygulanacaktır.

(3) Bağlantı elemanlarının uygulaması, **4.1.2.1.6(c)**'de belirtildiği üzere, kullanılan ürüne ait ETA veya UTO belgesinde ve üretici talimatlarında belirtilen prosedürler doğrultusunda yapılacaktır.

(c) Çerçeve içine bağlantılı perde eklenmesinde; mevcut betona bağlanan bağlantı elemanlarının yeni perde betonu içindeki kenetlenme boyu, TS 500'e göre hesaplanan kenetlenme boyunun (ℓ_b) en az 1.5 katı olacaktır. Bağlantı elemanları ve perde düşey donatıları arasında yük aktarımının sağlandığı hesapla gösterilecektir ve bu aktarımın etkinliği için bağlantı elemanı ile en yakın perde düşey donatısı arasındaki net mesafe 50 mm'yi aşmayacaktır.

(d) Çerçeveye bütünleşik ve bitişik (dış) perde eklenmesinde; perde düşey ve yatay donatılarının mevcut kirişlerle kesişim noktalarında, yük aktarımını sağlamak üzere (b)'de belirtilen özelliklere sahip bağlantı elemanları düzenlenecektir.

4.1.3.1.5 – Yeni eklenen perdelerin dayanım hesaplarında (a), (b) ve (c)'de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Yeni perdenin eğilme ve eksenel yük kapasitesi, TBDY 7.6 esaslarına göre belirlenecektir. Çerçeve elemanları ile bütünleşik perdelerde, perde ucunu oluşturan mantolanmış kolonların kapasitesi 4.1.2.1.7'ye göre hesaplanarak perde kapasitesine dahil edilir.

(b) Perdenin kesme dayanımı (V_r), TBDY 7.6.7 esaslarına göre hesaplanacak ve bu dayanımın; 4.1.2.4.5(f)'de belirtilen dinamik büyütme kurallarına göre belirlenen güçlendirme tasarımına esas kesme kuvvetinden (V_e) büyük olması sağlanacaktır.

(c) Yeni perdenin temele ve kat döşemelerine bağlantı düzeyindeki yatay inşaat derzlerinde; kesme sürtünmesi güvenliği TBDY 7.6.7.2'ye göre kontrol edilecektir.

4.1.3.1.6 – Yeni eklenen perdelerin doğrusal olmayan davranış modelinde ve hasar sınırlarının belirlenmesinde (a), (b) ve (c)'de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Yeni eklenen perdelerin doğrusal olmayan davranış modellemesinde TBDY 5.3.2'de tanımlanan yayılı plastik davranış modeli kullanılacaktır.

(b) Perde kesiti, TBDY 5.3.2.3'e uygun olarak küçük hücrelere (liflere) ayrılarak modellenecektir. Malzeme tanımlarında; perde uç bölgeleri, TBDY 7.6'ya göre düzenlenen enine donatıların sağladığı sargı etkisi dikkate alınarak sargılı beton olarak; perde gövdesi ise sargısız beton olarak modellenecektir.

(c) Performans değerlendirmesi için izin verilen beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınırları TBDY 15.7.1 esas alınarak; perde uç bölgeleri için sargılı, gövde bölgesi için sargısız beton sınır değerlerine göre belirlenecektir.

4.1.3.2. Döşeme Güçlendirmesi ile Diyafram Davranışının İyileştirilmesi

4.1.3.2.1 – Döşeme güçlendirmesi; mevcut döşeme sisteminin yatay diyafram olarak yeterli rijitlik ve dayanıma sahip olmadığı veya mevcut/yeni eklenen düşey taşıyıcı elemanlar arasındaki deprem yükü aktarımını güvenle sağlayamadığı durumlarda uygulanır. Bu güçlendirme yöntemi, aşağıda (a) – (d)'de belirtilen yetersizliklerin giderilmesi amacıyla yapılacaktır:

(a) 4.1.3.1'e göre yeni perde eklenmesi sonrasında, döşemenin perde çevresinde oluşan yük aktarımını güvenle sağlayamaması,

(b) Döşemde bulunan büyük boşluklar veya süreksizlikler nedeniyle diyafram etkisinin oluşmaması,

(c) Döşemenin düzlem içi rijitliğinin yetersiz olması nedeniyle, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına etkin bir şekilde dağıtılamaması,

(d) Deprem yüklerini toplayarak düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarması gereken aktarma kirişlerinin (elemanlarının) yeterli kapasitede olmaması veya mevcut sistemde bulunmaması.

4.1.3.2.2 – Binaların Bölüm 3'e göre oluşturulacak hesap modelinde döşemeler, kendi düzlem içi rijitliklerini temsil eden iki boyutlu sonlu elemanlar ile modellenecektir.

4.1.3.2.3 – Döşeme güçlendirmesi, aşağıda (a) ve (b)'de tanımlanan yöntemlerle gerçekleştirilebilir:

(a) Mevcut döşeme üzerine betonarme tabaka eklenmesi: Mevcut döşeme üzerine donatılı yeni bir betonarme tabaka dökülerek döşemenin diyafram rijitliği ve dayanımı artırılır (Şekil 4.1.7).

(b) Yeni aktarma kirişlerinin (elemanlarının) eklenmesi: Deprem yüklerini toplayarak düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarmak üzere, döşeme altına veya hizasına yeni betonarme kirişler eklenir.

4.1.3.2.4 – Betonarme tabaka ile döşeme güçlendirmesi uygulamalarında (a) – (f)’de verilen koşullar sağlanacaktır:

(a) Tabaka kalınlığının belirlenmesinde, donatı yerleşimi, beton dökümü ve minimum beton örtüsü gereksinimleri dikkate alınacaktır. Güçlendirme tabakası kalınlığı en az 60 mm olacaktır.

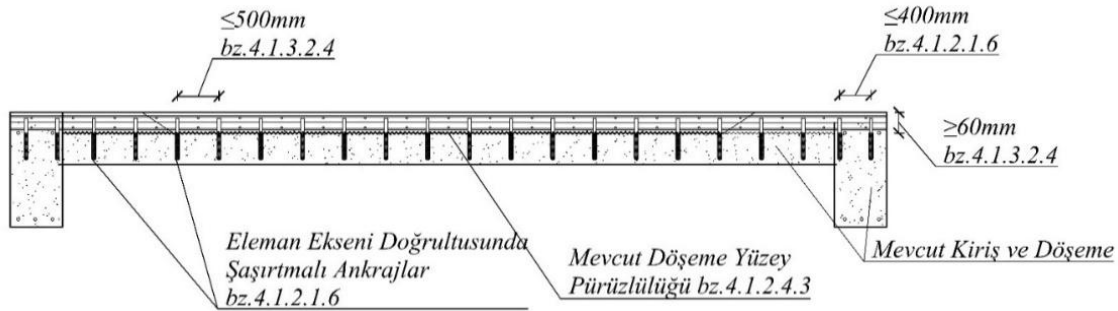
(b) Güçlendirme tabakası betonu, **4.1.2.1.4(b)**’de belirtilen koşulları sağlayacaktır. Geniş yüzeyli beton dökümü nedeniyle oluşabilecek rötire etkilerini azaltmak için beton karışımında rötire önleyici veya genleşme sağlayan katkıları kullanılacak ve döküm sonrası uygun nem kürleme işlemi uygulanacaktır.

(c) Güçlendirme tabakası içerisindeki donatılar, TS 500’de döşemeler için belirtilen minimum donatı koşullarını sağlayacaktır. Donatı düzeni, deprem yükleri altında oluşacak çekme kuvvetlerini karşılayacak şekilde hesaplanacak ve her iki doğrultuda en az Ø8/250 mm olacaktır.

(d) Mevcut döşeme beton yüzeyi, aderans sağlamak için **4.1.2.1.5**’te belirtilen esaslara uygun şekilde hazırlanacaktır. Yüzeydeki gevşek malzeme, toz, yağ ve diğer kirleticiler tamamen temizlenecektir.

(e) Mevcut döşeme ile güçlendirme tabakası arasında kompozit davranış sağlamak için **4.1.2.1.6**’ya uygun bağlantı elemanları kullanılacaktır. Bağlantı elemanlarının aralığı her iki doğrultuda 500 mm’yi aşmayacaktır. Arayüzde aktarılması gereken birim alandaki kayma kuvveti, döşeme düzlemindeki kesme kuvveti dikkate alınarak hesaplanacak ve bağlantı elemanlarının toplam kesme dayanımı bu kuvvetin en az 1.5 katı olacaktır.

(f) Güçlendirme tabakası nedeniyle oluşan ilave ağırlığın mevcut yapı elemanlarına ve temellere etkisi hesaplanacak, taşıyıcı sistem elemanlarının bu ilave yükü güvenle taşıyabileceği doğrulanacaktır.



Şekil 4.1.7.

4.1.3.2.5 – Güçlendirilmiş döşemenin dayanımı hesaplarında (a) – (c)’de verilen esaslar uygulanacaktır:

(a) Güçlendirilmiş döşemelerin, deprem yüklerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle dağıtabilecek rijitlik ve dayanıma sahip olduğu hesapla gösterilecektir.

(b) Döşeme düzleminde oluşan aksenal çekme, basınç ve kayma gerilmelerinin kontrolü TBDY 7.11.3’e göre yapılacaktır. Çekme gerilmesi kontrolünde güçlendirme donatısının karakteristik

akma gerilmesi f_{yk} kullanılacaktır. Mevcut döşeme donatıları **Bölüm 3.2.1'e** göre yapılan incelemeler sonucunda korozyon kaynaklı çap kaybının %10'u geçmediği tespit edilirse ve yeterli kenetlenme boyuna sahipse kapasite hesabına dahil edilecektir. Döşeme üst yüzeyi basınç gerilmesi kontrolünde güçlendirme tabakası betonunun karakteristik basınç dayanımı f_{ck} kullanılacaktır. Kayma gerilmesi kontrolü için gerçekleştirilecek hesaplamalarda **Denk.(4.1.4)'e** göre hesaplanan eşdeğer beton basınç dayanımının (f_{ceq}) karekökü ve **Denk.(4.1.1)' e** göre hesaplanan eşdeğer beton çekme dayanımı (f_{cteq}) değerleri göz önüne alınacaktır.

(c) Döşeme ile perde arasındaki kesme sürtünmesi dayanımı, TBDY Denk.(7.26) uyarınca kontrol edilecektir. Pürüzlendirilmiş döşeme-perde birleşimlerinde sürtünme katsayısı $\mu = 0.6$ alınacaktır.

4.1.3.2.6 – Yeni eklenen aktarma elemanlarının (kirişlerinin) tasarımında (a) – (c)'de esaslar uygulanacaktır:

(a) Aktarma elemanlarının eksenel kuvvet dayanımı TS 500'e göre, kesme dayanımı TBDY 7.4.5'e göre hesaplanacaktır. Tasarımda, düşey taşıyıcı sistem elemanlarından (perdeler, kolonlar) döşemeye aktarılan maksimum kuvvetler ile döşemede oluşan düzlem içi kuvvetlerin toplamı dikkate alınacaktır. Dayanım hesaplarında; mevcut elemanlar için **3.2.1'de**, güçlendirme elemanları için **3.2.2'de** tanımlanan malzeme dayanımları kullanılacaktır.

(b) Aktarma elemanlarının perdeler ve kolonlara bağlantıları, elemandaki maksimum eksenel kuvvetin (çekme veya basınç) güvenle aktarılabilmesi için kapasite tasarımı ilkeleri uygulanarak boyutlandırılacaktır. Bağlantı dayanımı, aktarma elemanının taşıma gücü kapasitesinin en az 1.25 katı olacaktır.

(c) Aktarma elemanlarının yapısal elemanlara uygun şekilde bağlanmasında, TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarında tanımlanan esaslar kullanılacaktır.

4.2. ÇELİK UYGULAMALAR

4.2.0. Simgeler

A_{sj}	= Kesme kuvveti doğrultusunda çalışan çelik lamaların enkesit alanı
D	= Dairesel kesitin çapı
E	= Yapısal çeliğin elastisite modülü
F_y	= Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi
K	= Sargılama katsayısı; Burkulma boyu katsayısı
L	= Eleman boyu
M_{pe}	= Beklenen plastik eğilme momenti dayanımı
P_{CE}	= Beklenen basınç kuvveti dayanımı
T_{CE}	= Beklenen çekme kuvveti dayanımı
V_e	= Hesaplanan kesme kuvveti talebi
$V_{r,j}$	= Çelik mantonun kesme dayanımı katkısı
$V_{r,t}$	= Çelik ile mantolanan elemanın toplam kesme kuvveti dayanımı
$V_{r,w}$	= Mevcut enine donatıların kesme dayanımı katkısı
b	= Mevcut eleman (kiriş veya kolon) enkesit genişliği
b_e	= Etkin kesit genişliği
b_j	= Lama genişliği
b_{ko}	= Köşebent (Korniyer) kolu genişliği
b_w	= Kesme kuvveti doğrultusuna dik yönde olan kesit boyutu
d	= Kiriş faydalı yüksekliği
f_{cc}	= Çelik manto ile sargılanan betonun basınç dayanımı
f_{co}	= Mevcut betonun (sargısız) basınç dayanımı
f_{yj}	= Mantolama için kullanılan çeliğin akma dayanımı
h	= Mevcut eleman (kiriş veya kolon) enkesit yüksekliği
h_e	= Etkin kesit yüksekliği
h_j	= Lama yüksekliği
h_{ko}	= Köşebent (Korniyer) kolu yüksekliği
i	= Atalet yarıçapı
s	= Çelik lamaların merkezleri arasındaki mesafe
s_e	= Etkin çelik lama aralığı
t_j	= Lama kalınlığı
t_{ko}	= Köşebent (Korniyer) kol kalınlığı
t_p	= Düğüm noktası levhasının kalınlığı
α	= Sargılama etkinlik katsayısı
α_n	= Plandaki (Enine doğrultu) sargılama etkinlik katsayısı
α_s	= Düşeydeki (Boyuna doğrultu) sargılama etkinlik katsayısı
β_ϵ	= Basınç bölgesi geometrisine bağlı katsayı
ϵ_{cc}	= Sargılı beton basınç dayanımına karşılık gelen basınç birim şekildeğiştirmesi

ε_{co}	=	Mevcut betonun basınç dayanımına karşılık gelen birim şekildeğiştirme
ε_{cu}	=	Sargılı betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi
ρ_{sj}	=	Kesme kuvveti doğrultusundaki çelik manto oranı
ρ_{sjv}	=	Hacimsel çelik manto oranı

4.2.1. Taşıyıcı Eleman Güçlendirmesi

4.2.1.1. Genel Esaslar

4.2.1.1.1 – Bu bölüm, mevcut betonarme kiriş ve kolonların; çelik levhalar (plakalar) veya çelik elemanlar (profiller ve lamalar) kullanılarak oluşturulan çelik mantolar ile güçlendirilmesine ilişkin tasarım ve uygulama esaslarını kapsar.

4.2.1.1.2 – Bu bölümde verilen çelik mantolama uygulamaları; elemanların kesme dayanımını ve sünekliğini artırmak amacıyla uygulanır.

4.2.1.1.3 – Güçlendirme tasarımı, çelik manto ile mevcut betonarme elemanın birlikte çalışması esasına dayanır. Çelik elemanlar ile mevcut beton arasında tam temasın sağlanması, boşlukların rötresiz (büzülme yapmayan) harç ile doldurulması ve gerekli durumlarda bağlantı elemanları ile yük aktarımının sağlanması zorunludur.

4.2.1.2. Malzeme Özellikleri

Bu bölümde aksi belirtilmedikçe, **(a)**, **(b)** ve **(c)**'de verilen malzeme özelliklerine uyulacaktır.

(a) Güçlendirme elemanı olarak kullanılacak çelik levhaların ve profillerin malzeme özellikleri, 5.3.1'de belirtilen yapısal çelik özelliklerine uygun olacaktır.

(1) Çelik levhaların ve lamaların kalınlığı 4 mm'den az, 12 mm'den fazla olmayacaktır.

(2) Çelik köşebentlerin kalınlığı 4 mm'den az, 15 mm'den fazla olmayacaktır.

(b) Çelik manto ile mevcut beton arasında kullanılacak dolgu malzemesi; büzülme yapmayan (rötresiz), yüksek akıcılığa sahip ve basınç dayanımı en az 30 MPa olan çimento esaslı harç olacaktır. Bu dayanım, hiçbir durumda mevcut beton basınç dayanımından düşük olmayacaktır.

(c) Bağlantı elemanları, **Bölüm 3**'e göre yapılacak analiz sonucu gerekli kesme ve çekme dayanımlarını güvenle sağlayacak nitelikte olacak ve ilgili CE (Avrupa Uygunluk İşareti), ETA (Avrupa Teknik Değerlendirmesi) ve UTO (Ulusal Teknik Onay) belgelerinden en az birine sahip olacaktır.

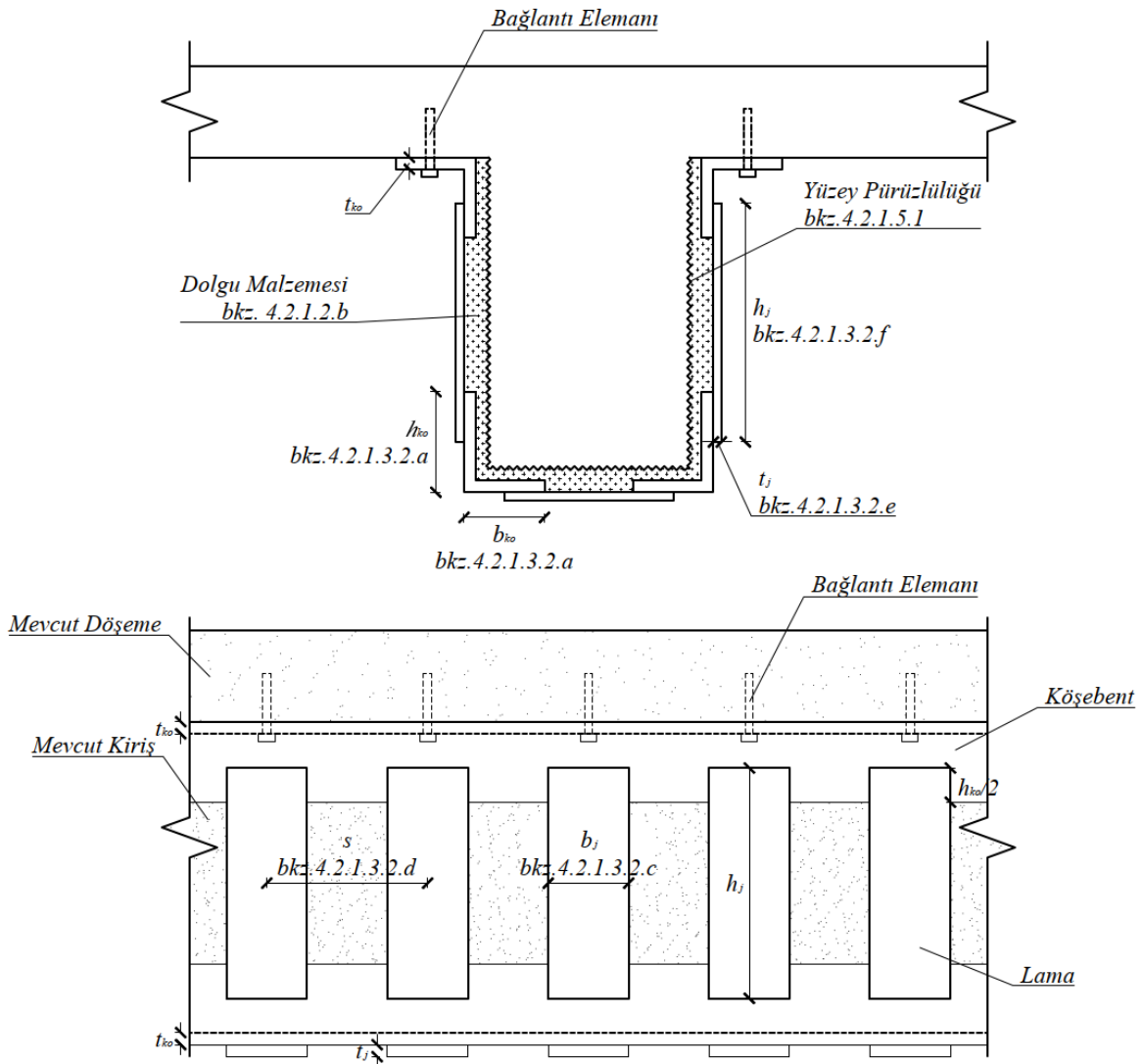
4.2.1.3. Kirişlerin Güçlendirilmesi

4.2.1.3.1 – Kirişlerin çelik elemanlar ile mantolanması; kiriş alt ve yan yüzlerinin çelik levhalarla kaplanması veya köşebent ve lamalardan oluşan çelik kafes sargı sistemlerinin teşkil edilmesi yöntemleriyle yapılır.

4.2.1.3.2 – Köşebent ve lamalardan oluşan kafes sargı yöntemiyle yapılacak mantolamada aşağıda **(a)** – **(f)**'de verilen koşullar sağlanacaktır (**Şekil 4.2.1**):

(a) Köşebent kollarının boyutları (b_{ko} veya h_{ko}); kiriş enkesit boyutlarının (b veya h) 1/6'sı ile 1/4'ü arasında seçilecek, ancak bu boyut hiçbir durumda 50 mm'den az olmayacaktır.

- (b) Lamalar kiriş boyuna eksenine dik olacak şekilde yerleştirilecektir.
- (c) Lama genişliği (b_j); köşebent kol uzunluğu (h_{ko}) ve genişliği (b_{ko}) ile uyumlu olacak, b_j/h_{ko} ve b_j/b_{ko} oranları 0.75 ile 1.00 arasında seçilecektir.
- (d) Lamaların merkezleri arasındaki mesafe (s); b_j/s oranı 1/5 ile 1/3 arasında olacak şekilde belirlenecek, ancak bu mesafe kiriş faydalı yüksekliğinin yarısını ($d/2$) aşmayacaktır.
- (e) Lama kalınlığı (t_j) köşebent kol kalınlığından (t_{ko}) 3 mm daha az seçilecektir.
- (f) Lama boyu (h_j); köşebentler arasındaki net açıklık ile bir köşebent yüksekliğinin toplamına eşit alınacaktır.



Şekil 4.2.1.

4.2.1.3.3 – Çelik elemanlar ile mantolanan kirişin kesme kuvveti dayanımı ($V_{r,t}$) Denk.(4.2.1)'e göre, mevcut kiriş enine donatıları ($V_{r,w}$) ve çelik mantonun ($V_{r,j}$) katkılarının toplamı olarak

hesaplanır. Mevcut kiriş enine donatılarının katkısı mevcut malzeme dayanımları kullanılarak TS 500 Denk.(8.3)'e göre, çelik mantonun katkısı ise **Denk.(4.2.2)**'ye göre hesaplanacaktır.

4.2.1.3.4 – Kiriş alt ve yan yüzlerinin çelik levhalarla kaplanması halinde **Denk.(4.2.2)**'deki b_j/s oranı bire eşit alınır.

4.2.1.3.5 – Hiçbir durumda kiriş üzerindeki kesme kuvveti talebi (V_e), TBDY Denk.(7.10)'da verilen kesme kuvveti üst sınırını aşmayacaktır.

$$V_{r,t} = V_{r,w} + V_{r,j} \quad (4.2.1)$$

$$V_{r,j} = \frac{2 t_j b_j}{3 s} h f_{yjk} \quad (4.2.2)$$

4.2.1.4. Kolonların Güçlendirilmesi

4.2.1.4.1 – Kolonların çelik elemanlar ile mantolanması; tüm çevresinin çelik levhalarla kaplanması veya köşebent ve lamalardan oluşan kafes sargı teşkil edilmesi yöntemleriyle yapılır.

4.2.1.4.2 – Mantolama çeliği enkesit alanı, mevcut beton brüt enkesit alanının %1'inden az olmayacaktır.

4.2.1.4.3 – Köşebent ve lamalardan oluşan kafes sargı yöntemiyle mantolamada **(a) – (f)**'de verilen koşullar sağlanacaktır (**Şekil 4.2.2**):

(a) Köşebent kollarının boyutları (b_{ko} veya h_{ko}); kolon enkesit boyutlarının (b veya h) 1/6'sı ile 1/4'ü arasında seçilecek, ancak bu boyut hiçbir durumda 75 mm'den az olmayacaktır.

(b) Lamalar kolon boyuna eksenine dik olacak şekilde yerleştirilecektir.

(c) Lama genişliği (b_j); köşebent boyu (h_{ko}) ve genişliği (b_{ko}) ile uyumlu olacak, b_j/h_{ko} ve b_j/b_{ko} oranları 0.75 ile 1.00 arasında seçilecektir.

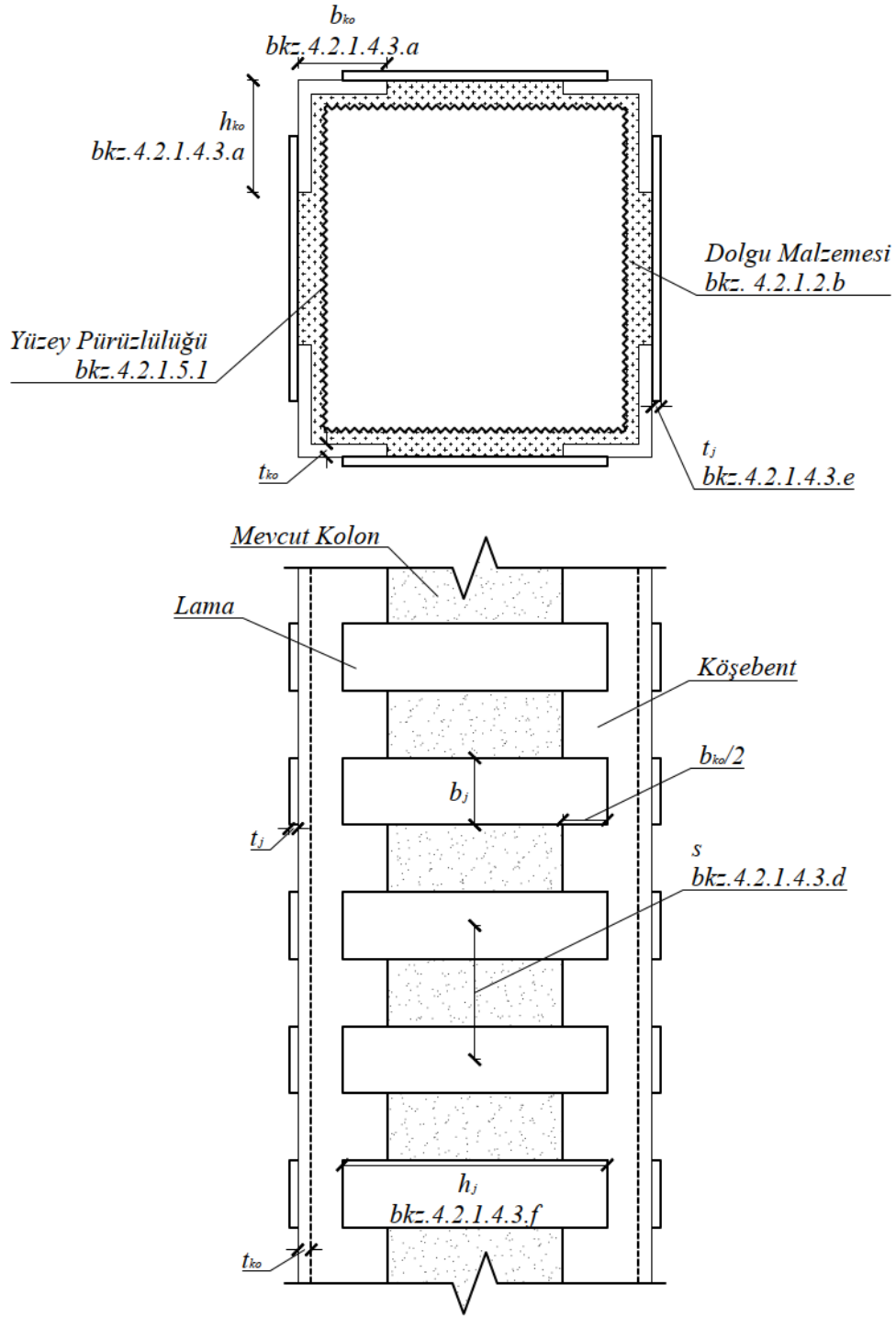
(d) Lamaların merkezleri arasındaki mesafe (s); b_j/s oranı 1/5 ile 1/3 arasında olacak şekilde belirlenecek, ancak bu mesafe en küçük kesit boyutunun yarısını aşmayacaktır.

(e) Lama kalınlığı (t_j) köşebent kol kalınlığından (t_{ko}) 3 mm daha az seçilecektir.

(f) Lama boyu (h_j); köşebentler arasındaki net açıklık ile bir köşebent yüksekliğinin toplamına eşit alınacaktır.

4.2.1.4.4 – Çelik elemanlar ile mantolanan kolonun kesme kuvveti dayanımı **4.2.1.3.3**'e göre hesaplanacaktır.

4.2.1.4.5 – Hiçbir durumda kolon üzerindeki kesme kuvveti talebi (V_e), TBDY Denk.(7.7)'de verilen kesme kuvveti üst sınırını aşmayacaktır.



Şekil 4.2.2.

4.2.1.4.6 – Sünekliği artırmak amacıyla yapılacak uygulamalarda, kolon enkesit yüksekliğinin genişliğine oranı (h/b) en fazla 3 olabilir.

4.2.1.4.7 – Sünekliği artırmak için yapılacak uygulamalarda, kolonun üst ve alt uçlarında TBDY 7.3.4.1'e göre belirlenecek sarılma bölgesi uzunluğu boyunca kolonun tüm çevresinin çelik levhalarla kaplanması yönteminin uygulanmasına izin verilir. Bu yöntemin tercih edilmesi halinde, levhalar en az 16 mm çapında iki bağlantı elemanı vasıtasıyla betona sabitlenecektir. Bu bağlantı elemanları, kolonun her bir kenarının orta üçte birlik kısmı içinde uygulanacaktır.

4.2.1.4.8 – Çelik mantolama ile güçlendirilen kolonlarda mantolamanın sağladığı sargılama etkisi dikkate alınarak betonun basınç dayanımı ve şekildeğiştirme kapasitelerindeki artış hesaba katılacaktır. Sargılı betonun gerilme-birim şekildeğiştirme davranışı TBDY Ek 5A.1 esas alınarak belirlenecektir. Hesaplamalarda aşağıda (a), (b) ve (c)'de verilen kurallar dikkate alınacaktır.

(a) Çelik mantolama ile sargılanan betonun basınç dayanımı (f_{cc}), **Denk.(4.2.3)** ile hesaplanacaktır.

(1) Mevcut betonun basınç dayanımının (f_{co}), sargısız beton olarak dikkate alınmasına izin verilir.

(2) Sargılama katsayısı (K), **Denk.(4.2.4)** ile belirlenecektir.

(3) Kesme kuvveti doğrultusundaki çelik manto oranı (ρ_{sj}), **Denk.(4.2.5)** ile hesaplanacaktır.

$$f_{cc} = (1 + K)f_{co} \quad (4.2.3)$$

$$K = \min \left[4\alpha\rho_{sj} \frac{f_{yj}}{f_{co}}; 3.5 \left(\alpha\rho_{sj} \frac{f_{yj}}{f_{co}} \right)^{3/4} \right] \quad (4.2.4)$$

$$\rho_{sj} = \frac{A_{sj}}{b_w s} \quad (4.2.5)$$

Bu denklemdeki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_{sj} = Kesme kuvveti doğrultusunda çalışan çelik lamaların enkesit alanı

b_w = Kesme kuvveti doğrultusuna dik yönde olan kesit boyutu

f_{yj} = Manto çeliğinin akma dayanımı

s = Çelik lamaların merkezleri arasındaki mesafe

α = Sargılama etkinlik katsayısı

(b) Sargılı beton basınç dayanımına (f_{cc}) karşı gelen basınç birim şekildeğiştirmesi (ε_{cc}) **Denk.(4.2.6)** ile; sargılı betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi (ε_{cu}) ise **Denk.(4.2.7)** ile hesaplanacaktır.

(1) **Denk.(4.2.6)**'da kullanılan mevcut betonun basınç dayanımına karşı gelen birim şekildeğiştirmenin (ε_{co}), 0.002'ye eşit alınmasına izin verilir.

(2) **Denk.(4.2.7)**'de kullanılan basınç bölgesi geometrisine bağlı katsayı (β_ε), dikdörtgen ve dairesel basınç bölgeleri için sırasıyla 0.04 ve 0.07 alınacaktır.

(3) **Denk.(4.2.7)**'de kullanılan hacimsel çelik manto oranı (ρ_{sjv}), çelik manto hacminin brüt beton hacmine oranı olarak hesaplanacaktır.

$$\varepsilon_{cc} = (1 + 5K)\varepsilon_{co} \quad (4.2.6)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + \beta_\varepsilon \left(\alpha\rho_{sjv} \frac{f_{yj}}{f_{co}} \right)^{1/2} \quad (4.2.7)$$

(c) Sargı etkinliği katsayısı (α), plandaki (enine doğrultudaki) etkinlik (α_n) ve düşeydeki (boyuna doğrultudaki) etkinlik (α_s) katsayılarının çarpımı olarak elde edilecektir ($\alpha = \alpha_n \alpha_s$).

(1) Dikdörtgen kesitlerde plandaki (enine doğrultudaki) etkinlik (α_n) ve düşeydeki (boyuna doğrultudaki) etkinlik (α_s) katsayıları sırasıyla **Denk.(4.2.8)** ve **Denk.(4.2.9)** ile hesaplanacaktır.

(2) Dairesel kesitlerde plandaki (enine doğrultudaki) etkinlik tam kabul edilir ($\alpha_n = 1.0$). Düşey (Boyuna doğrultudaki) etkinlik katsayısı (α_s); dairesele şeritler için **Denk.(4.2.10)** kullanılarak hesaplanacaktır.

(3) Kolonun tüm çevresinin çelik levhalarla kaplanması halinde düşeydeki (boyuna doğrultudaki) etkinlik tam kabul edilir ($\alpha_s = 1.0$).

$$\alpha_n = 1 - \frac{b_e^2 + h_e^2}{3bh} \quad (4.2.8)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s_e}{2b}\right) \left(1 - \frac{s_e}{2h}\right) \quad (4.2.9)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s_e}{2D}\right)^2 \quad (4.2.10)$$

Bu denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

D = Dairesel kesitin çapı

b_e = Etkin kesit genişliği, $b_e = b - 2b_{ko}$

h_e = Etkin kesit yüksekliği, $h_e = h - 2h_{ko}$

s_e = Etkin çelik lama aralığı, $s_e = s - b_j - 2 \min(b_{ko}, h_{ko})$

4.2.1.4.9 – Çelik mantolama ile güçlendirilen kolonların hasar sınırlarının belirlenmesinde esas alınacak beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları aşağıda (a) ve (b)'de verilmiştir:

(a) Sargılı beton için:

(1) Göçme Öncesi (GÖ) performans düzeyinde, beton basınç birim şekildeğiştirmesi üst sınırı olarak **Denk.(4.2.7)** ile hesaplanan ε_{cu} değeri alınacaktır.

(2) Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyinde, beton basınç birim şekildeğiştirmesi üst sınırı olarak $0.75\varepsilon_{cu}$ alınacaktır.

(3) Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyinde, beton basınç birim şekildeğiştirmesi üst sınırı olarak 0.0025 alınacaktır.

(b) Boyuna donatı çeliği için:

Tüm performans düzeylerinde (GÖ, KH, SH) boyuna donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları, TBDY 5.8.1.1, 5.8.1.3 ve 5.8.1.4'te verilen esaslara göre belirlenecektir.

4.2.1.5. Uygulama Esasları

4.2.1.5.1 – Çelik elemanlar ile mantolama yöntemi uygulanacak yüzeyler mekanik yöntemlerle pürüzlendirilecektir. Yüzey pürüzlülüğü en az 5 mm olacaktır.

4.2.1.5.2 – Eleman çevresinin çelik levhalarla kaplanması ile yapılacak mantolamada, mevcut beton ile manto arasında en az 25 mm boşluk bırakılacak ve bu boşluk basınçlı yöntem uygulanarak rötresiz harç ile doldurulacaktır.

4.2.1.5.3 – Eleman çevresinin çelik levhalarla kaplanması ile yapılacak mantolamada, bağlantı elemanları şaşırtmalı düzende ve aralıkları 200 mm'yi aşmayacak şekilde yerleştirilecektir. Bağlantı elemanlarının gömme derinliği, 100 mm'den ve ilgili doğrultudaki eleman enkesit boyutunun 1/3'ünden az olmayacaktır.

4.2.1.5.4 – Kafes sargı oluştururken, lamaların kaynaklanması sırasında köşebentlerin konumunu sabitlemek için geçici kelepçeler kullanılacaktır. Köşebentler, beton yüzeyinden en az 10 mm mesafeli tutulacak ve bu boşluk rötresiz harç ile doldurulacaktır. Kafes sargının harç dolgusu ile mevcut betona tam temas etmediği uygulamalar kabul edilmeyecektir.

4.2.1.5.5 – *Kalite Kontrol Planı* kapsamında; yüzey pürüzlülüğü, bağlantı elemanının gömme derinliği ve temizliği ile kaynakların uygunluğu **Bölüm 12**'ye göre denetlenecektir.

4.2.2. Taşıyıcı Sistem Güçlendirmesi

4.2.2.1. Genel Esaslar

4.2.2.1.1 – Bu bölüm, mevcut betonarme taşıyıcı sistemlerin, çaprazlı çelik çerçeveler eklenerek yanal rijitlik, dayanım ve enerji sönümleme kapasitelerinin artırılmasına yönelik tasarım ve uygulama esaslarını kapsar.

4.2.2.1.2 – Çapraz düzenlemeleri, **5.11**'de tanımlanan *merkezi çaprazlı, dışmerkez çaprazlı* veya *burkulması önlenmiş çaprazlı* sistemler esas alınarak yapılacaktır. Ancak, K-tipi çapraz düzenlemesinin kullanılmasına izin verilmeyecektir.

4.2.2.1.3 – Bu bölümde aksi belirtilmedikçe, çapraz elemanların ve birleşimlerin narinlik sınırları ve tasarım koşulları için **Bölüm 5** hükümleri esas alınacaktır.

4.2.2.1.4 – Yeni eklenecek çelik çaprazlı sistemler; binanın kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki dışmerkezliği azaltacak, her iki asal eksen doğrultusunda mümkün olduğunca simetrik ve dengeli olarak yerleştirilecektir.

4.2.2.1.5 – Çelik çaprazların mevcut betonarme sisteme entegrasyonu, aşağıda **(a)** ve **(b)**'de tanımlanan iki yöntemden biri ile sağlanacaktır:

(a) Doğrudan Bağlantı: Çapraz elemanların; düğüm noktalarındaki betonarme elemanlara düğüm noktası levhaları, kimyasal ve/veya mekanik bağlantı elemanları vasıtasıyla doğrudan bağlandığı yöntemdir. Bu yöntemde aşağıdaki esaslara uyulacaktır:

(1) Ankrajların yerleştirileceği mevcut betonarme birleşim bölgesinin donatı sıklığı ve beton kalitesi dikkate alınacaktır.

(2) Bağlantı tasarımı, çaprazdan gelen eksenel kuvvetin (çekme ve basınç) yatay ve düşey bileşenlerinin, ankrajların kesme ve çekme kapasiteleri ile güvenle aktarılacağını gösterecek şekilde, TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarında verilen esaslara uygun olarak yapılacaktır.

(b) Dolaylı Bağlantı: Çapraz elemanların, mevcut betonarme açıklığın içine yerleştirilen yeni bir çelik çerçeveye bağlandığı; yük aktarımının ise bu çelik çerçeve ile mevcut betonarme

çerçeve arasındaki arayüzey vasıtasıyla sağlandığı yöntemdir. Bu yöntemde aşağıdaki esaslara uyulacaktır:

(1) Yeni çelik çerçeve profilleri, mevcut betona uygulanan bağlantı elemanları ve çelik profile kaynaklı başlıklı kayma çivileri vasıtasıyla bağlanacaktır.

(2) Mevcut beton ile yeni çelik çerçeve arasındaki boşluk; bağlantı elemanlarının ve başlıklı kayma çivilerinin içinde kenetleneyeceği, yüksek dayanımlı ve rötresiz harç veya ince agregalı beton ile doldurularak tam kompozit bir arayüzey oluşturulacaktır.

4.2.2.1.6 – Çapraz uç birleşimleri ve ankraj detayları, **5.9**'da belirtilen esaslara göre kuvvet kontrollü olarak boyutlandırılacaktır. Bağlantı elemanlarının tasarımında, çapraz elemanın beklenen eksenel kuvvet akma dayanımı esas alınacaktır.

4.2.2.1.7 – Çaprazların bağlandığı mevcut betonarme elemanların kesme ve ezilme güvenliği; çaprazlardan aktarılabilecek en büyük eksenel basınç ve çekme kuvvetleri dikkate alınarak kontrol edilecektir. Yetersiz görülen bölgeler, çapraz montajından önce yerel olarak güçlendirilecektir.

4.2.2.1.8 – Çelik çapraz sistemin mevcut binanın dış cephesine (dış çerçeve düzlemine) eklenmesi durumunda; dış sistem ile mevcut döşeme/kiriş seviyeleri arasındaki bağlantı, çaprazlı çerçevenin ilgili katındaki çaprazları mekanizma durumuna getirecek diyafram kuvvetini aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Bu bağlantılar için **5.12** hükümleri de dikkate alınacaktır.

4.2.2.1.9 – Çelik çaprazların, enerji sönmeme sistemlerinin binaya montajı amacıyla kullanılması durumunda; çapraz ve bağlantı tasarımı bu bölümdeki esaslara ek olarak **Bölüm 8** hükümlerine uygun olarak yapılacaktır.

4.2.2.2. Malzeme Özellikleri

Güçlendirme projesi kapsamında yapılacak çelik çaprazlı sistem imalatlarında kullanılacak malzemeler, aşağıda **(a)** – **(f)** arasında belirtilen koşullara ve yürürlükteki ilgili Türk Standartlarına uygun olacaktır:

(a) Yapısal Çelik: Çapraz elemanlar, düğüm noktası levhaları ve çelik çerçeve profillerinde kullanılacak çelik sınıfı ve özellikleri için **5.3.1**'de belirtilen esaslara uyulacaktır.

(b) Bulonlar: Birleşimlerde kullanılacak bulonlar için **5.3.2** ve **5.3.4**'te belirtilen esaslar geçerlidir. Bulonlar, yüksek dayanımlı ve TS EN 14399 serisi standartlara uygun olacaktır.

(c) Kaynaklar: Kaynak dolgu metalleri ve kaynak işlemleri için **5.3.3** ve **5.3.4**'te belirtilen esaslara uyulacaktır.

(d) Bağlantı Elemanları: Kimyasal veya mekanik ankrajlar, tasarımda öngörülen kesme ve çekme dayanımlarını güvenle sağlayacak nitelikte olacak ve ilgili CE/ETA/UTO belgelerinden birisine sahip olacaktır.

(e) Dolgu Harcı: Mevcut beton ile çelik elemanlar arasındaki boşlukların doldurulmasında kullanılacak çimento esaslı harç; TS EN 1504-3 standardına uygun, büzülme yapmayan (rötresiz) ve yüksek akıcılıkta olacaktır. Harcın 28 günlük karakteristik basınç dayanımı 35 MPa ile 55 MPa, elastisite modülü ise 20 GPa ile 35 GPa arasında olacaktır.

(f) Dolgu Betonu: Mevcut beton ile çelik elemanlar arasındaki geniş boşlukların doldurulmasında kullanılacak beton; TS EN 206 standardına uygun, rötre azaltıcı katkıları içeren ve en az C35/45 dayanım sınıfında olacaktır.

4.2.2.3. Çerçeve Düzlemi İçindeki Çelik Çapraz Sistemlerinin Tasarımı

4.2.2.3.1 – Çapraz elemanların seçiminde aşağıda (a) ve (b)'de belirtilen kurallara uyulacaktır:

(a) Çapraz elemanlar her iki asal ekseninde benzer atalet yarıçapına ($i_x \approx i_y$) sahip kesitlerden seçilecektir.

(b) Çapraz elemanlarının narinlik oranı (KL/i), **Denk.(4.2.11)** ile verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{KL}{i} \leq 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (4.2.11)$$

Burada K burkulma boyu katsayısını, L eleman boyunu, i atalet yarıçapını, E elastisite modülünü ve F_y karakteristik akma gerilmesini göstermektedir.

4.2.2.3.2 – Çaprazların bağlandığı mevcut betonarme kolon ve kirişler, çaprazların geliştirebileceği (a) ve (b)'de verilen eksenel kuvvetler altında kontrol edilecektir.

(a) Çekme etkisindeki çapraz için, beklenen eksenel çekme kuvveti dayanımı (T_{CE}) esas alınacaktır.

(b) Basınç etkisindeki çapraz için, burkulma sonrası dayanım ($0.3P_{CE}$) esas alınacaktır.

4.2.2.3.3 – Çapraz sisteminin V veya ters V düzeninde teşkil edilmesi durumunda (a) – (d)'de verilen kurallara uyulması zorunludur:

(a) Çaprazların bağlandığı mevcut betonarme kirişin veya döşemenin; çaprazlardan birinde çekme (T_{CE}), diğerinde basınç ($0.3P_{CE}$) oluşması durumunda meydana gelen dengelenmemiş düşey kuvvet etkisinde yeterliliği kontrol edilecektir. Mevcut elemanların yetersiz kalması durumunda; çaprazların birleştiği açıklığa, hesaplanan dengelenmemiş kuvveti karşılayacak kapasitede yeni bir çelik kiriş eklenecek veya mevcut kiriş güçlendirilecektir.

(b) Eklenen çelik kiriş veya güçlendirilmiş kiriş, çaprazlardan gelen etkileri kolonlara güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır.

(c) Mevcut betonarme kolonların, çapraz sistemden aktarılan ilave iç kuvvetlere karşı yeterli olduğu doğrulanacaktır. Yetersiz kolonlar güçlendirilecek veya ilave kolonlar teşkil edilecektir.

(d) Dengelenmemiş kuvvet hesabında ve eleman kontrollerinde kullanılacak çapraz dayanımları, aşağıdaki esaslara göre belirlenecektir:

(1) Beklenen çekme kuvveti dayanımı (T_{CE}) 5.6.11 uyarınca hesaplanacaktır.

(2) Beklenen basınç kuvveti dayanımı (P_{CE}) 5.6.10 uyarınca hesaplanacaktır.

(3) Dengelenmemiş kuvvet hesabında, basınç altındaki çaprazın burkulma sonrası dayanımı, beklenen basınç kuvveti dayanımının 0.3 katı ($0.3P_{CE}$) olarak dikkate alınacaktır.

4.2.2.3.4 – Çapraz uç birleşimlerinin ve mevcut binaya bağlantıların tasarımında (a) – (g)'de verilen kurallara uyulacaktır:

(a) Düğüm noktası levhalarının geometrisi, birleşen elemanların eksenleri mümkün olduğunca tek bir noktada kesişecek şekilde düzenlenecektir. Dışmerkezliklerin kaçınılmaz olduğu

durumlarda, bu dışmerkezlilikten kaynaklanan ilave eğilme momentleri, birleşim ve eleman tasarımında dikkate alınacaktır.

(b) Düğüm noktası levhalarının boyutlandırılmasında, çapraz ucu ile levhanın kirişe ve kolona bağlandığı kenarlarının uçlarını birleştiren hat arasında, düğüm noktası levhasının kalınlığının iki katı ($2t_p$) kadar bir serbest eğilme mesafesi bırakılacaktır (TBDY Şekil 9C.2). Düğüm noktası levhasının eksenel basınç kuvveti etkisinde yeterliliği, yerel ve genel burkulma sınır durumları göz önüne alınarak ÇYTHYE Yönetmeliği esaslarına göre kontrol edilecektir.

(c) Çapraz uç birleşimleri, 5.9 uyarınca kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecek ve aşağıda belirtilen sınır durumların gerektirdiği en büyük kuvveti güvenle aktaracak dayanıma sahip olacaktır:

(1) Birleşimin tasarım çekme dayanımı; çapraz elemanın beklenen çekme kuvveti dayanımına (T_{CE}) eşit veya ondan daha büyük olacaktır. Birleşim tasarımındaki sınır durumlar ÇYTHYE Yönetmeliği uyarınca kontrol edilecektir.

(2) Birleşimin tasarım basınç dayanımı; çapraz elemanın beklenen basınç kuvveti dayanımına (P_{CE}) eşit veya ondan daha büyük olacaktır.

(3) Çaprazın burkulma düzlemi içinde dönmesine izin verecek detaylandırmanın yapılmadığı durumlarda; birleşim, çaprazın beklenen plastik eğilme momenti dayanımının 1.1 katını ($1.1M_{pe}$) karşılayacak eğilme dayanımına sahip olacak şekilde boyutlandırılacaktır.

(d) Birleşimlerde kaynak ve bulonların aynı kuvvet bileşenini ortak olarak aktarmasına izin verilmeyecektir. Bulonlu birleşimlerde 5.3.2 koşullarına uyulacaktır.

(e) Çapraz elemanların plastik şekil değiştirmelerini güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmesi için aşağıda belirtilen kısımlar *kapasitesi korunmuş bölge* olarak kabul edilecektir (TBDY Şekil 9.1c).

(1) Çapraz elemanların orta 1/4'lük kısmı,

(2) Çapraz uçlarında, birleşim levhasına bitişik olan ve uzunluğu çapraz kesit yüksekliğine eşit olan bölge,

(3) Çaprazları kiriş ve kolonlara bağlayan birleşim levhalarının tamamı.

(f) Çapraz uç birleşimlerindeki kaynaklar TBDY 9.2.3.3'e uygun olacaktır.

(g) Çelik elemanların (çapraz, kolon veya bağlantı levhaları) mevcut betonarme binaya bağlantısı, yük aktarımında sürekliliği sağlayacak şekilde aşağıda tanımlanan yöntemlerle yapılacaktır:

(1) Mevcut betona sonradan uygulanan birleşim araçlarının (mekanik ve kimyasal ankrajların) uygulanmasına izin verilir. Birleşim araçlarının yerleşimi, serbest kenar ve birbirleri arasındaki uzaklıkları TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarındaki sınırlamalara uygun olarak belirlenecektir.

(2) Mevcut kolon veya kirişlerin enkesitleri boyunca delinerek, elemanın diğer yüzüne yerleştirilen bir karşı plaka ile düzenlenen saplama bağlantılarının kullanılmasına izin verilir.

(3) Dolaylı bağlantıdaki arayüzey kalınlığı, içine yerleştirilen çelik profil yüksekliğinin 1.5 katını aşmayacaktır. Çelik profil ile arayüzey betonu arasındaki yük aktarımı, ÇYTHYE Yönetmeliği hükümlerince kesme kuvvetine göre tasarlanmış başlıklı çelik ankrajlar ile sağlanacaktır.

4.2.2.4. Çerçeve Düzlemi Dışındaki Çelik Çapraz Sistemlerinin Tasarımı

4.2.2.4.1 – Mevcut binanın dış cephesine veya çerçeve düzlemi dışına eklenecek çapraz sistemlerinde; X-çapraz, diyagonal, V veya ters-V düzenlemelerinin kullanılmasına izin verilir. Dış çapraz sisteminin mimari cephe ile uyumu ve dış ortam koşullarına dayanıklılığı tasarımı dikkate alınacaktır.

4.2.2.4.2 – Dış çapraz elemanların boyutlandırılmasında **4.2.2.3**'te belirtilen esaslara uyulacaktır. Ancak, dış çaprazların narinlik oranı (KL/i) 80 değerini aşmayacaktır.

4.2.2.4.3 – Dış çapraz sistemin mevcut binaya bağlantısında aşağıda **(a)** – **(d)** arasında belirtilen kurallara uyulacaktır:

(a) Düğüm noktası levhaları, **4.2.2.3.4**'e uygun olarak boyutlandırılacaktır.

(b) Çaprazlarda oluşan yatay yük bileşenini, mevcut döşemeye veya kirişlere güvenle aktarabilmek için arayüzeyde kesme dikmeleri (aktarma elemanları) düzenlenecektir.

(c) Dış bağlantılardaki tüm kaynaklar, TBDY 9.2.3.3'e uygun olacaktır.

(d) Mevcut betonarme elemanlara yapılacak bağlantılarda kullanılacak bağlantı elemanları, TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarında verilen ilkelere uygun olacaktır.

4.2.2.5. Uygulama Esasları

4.2.2.5.1 – Taşıyıcı sistem güçlendirme uygulamalarındaki genel kurallar **(a)** ve **(b)**'de verilmiştir.

(a) Çelik çapraz sistemine ait elemanların kesim, delik açma ve kaynak işlemlerinin atölye ortamında yapılması esastır. Saha kaynakları, sadece montaj zorunluluğu olan birleşimlerle sınırlandırılacak ve bu kaynaklar sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılacaktır.

(b) Mevcut betonarme elemanlara yapılacak bağlantı elemanı uygulamaları, proje detaylarına ve üretici firma tarafından belirtilen prosedürlere (delik çapı, derinliği, temizliği vb.) uyularak gerçekleştirilecektir.

4.2.2.5.2 – Mevcut betonarme çerçeve içine çelik çerçeve yerleştirilmesi ve arayüzeyin beton veya harçla doldurulması işleminde aşağıdaki adım ve kurallara uyulacaktır:

(a) Yeni çelik çerçeve, yerleştirileceği betonarme açıklığın net boyutlarından (en ve boyda) toplamda en az 150 mm (her kenarda 75 mm) daha küçük dış boyutlara sahip olacak şekilde imal edilecektir.

(b) Çelik çerçevenin dış yüzeyine, uygulama projesine uygun çap ve aralıkta başlıklı kayma elemanları atölye ortamında kaynaklanacaktır.

(c) Mevcut kolon ve kirişlerin iç yüzeyleri, **4.2.1.5.1** uyarınca pürüzlendirilecektir.

(d) Mevcut betonarme elemanlara, çelik çerçeve ile kenetlemeyi sağlayacak bağlantı elemanları uygulanacaktır.

(e) Çelik çerçevenin montajı ve beton/harç dökümünde aşağıdaki adımlar takip edilecektir:

(1) Çelik çerçeve, açıklık içine projesindeki konumuna yerleştirilecek ve geçici olarak sabitlenecektir.

(2) Çelik çerçeve ile mevcut beton arasındaki boşluğu kapatacak sızdırmaz kalıplar yerleştirilecektir. Kalıplar, beton dökümü sırasında havanın hapsolmesini önleyecek ve betonun en üst kota kadar dolmasını sağlayacak şekilde detaylandırılacaktır.

(3) Boşluk, 4.2.2.2’de tanımlanan düşük büzülmeli beton/harç ile doldurulacak ve uygun vibrasyon yöntemleri ile sıkıştırılacaktır.

4.2.2.5.3 – *Kalite Kontrol Planı* kapsamında; 4.2.1.5.5’te verilenlere ek olarak, dolaylı bağlantı yönteminin tercih edilmesi halinde kullanılacak olan dolgu betonu veya harcının uygunluğu **Bölüm 12** hükümlerine göre denetlenecektir.

TASLAK

Bilgilendirme Eki 4.2A – Çelik Çaprazlı Sistemlerin Eklenmesi

4.2A.1. Yöntemin Tanımı ve Davranış Özellikleri

Çelik çapraz ekleme tekniği; mevcut betonarme binanın yanal rijitliğini ve dayanımını artırmak amacıyla, çelik elemanların taşıyıcı sisteme entegre edilmesi prensibine dayanır. Bu elemanlar, mevcut yapının çerçeve düzlemi içine veya dışına yerleştirilebilir.

Bu güçlendirme yönteminin başarısı, mevcut yapının yanal ötelenme yapabilme kabiliyetine bağlıdır. Çaprazların yük alabilmesi ve yanal kapasiteye katkı sağlayabilmesi için, yapının belirli bir miktar yanal deformasyon yapması gerekir. Bu nedenle, betonarme perdeli taşıyıcı sistemlerde olduğu gibi rijitliği halihazırda çok yüksek olan sistemlere çelik çapraz eklenmesi önerilmez. Bu tür rijit sistemlerde, eklenen çaprazlar yeterince deforme olamayacağından, yanal yük taşıma kapasitesine beklenen katkıyı sağlayamazlar.

4.2A.2. Uygun Bina Tipleri

Deprem performansının iyileştirilmesi amacıyla çelik çapraz eklenmesi, özellikle aşağıdaki özelliklere sahip binalar için uygundur:

- (a) Davranışı kesme kuvveti tarafından kontrol edilen ve olası bir göçme durumunda tüm binanın deprem performansını tehlikeye atabilecek kolonlara sahip binalar.
- (b) Yetersiz yanal dayanıma ve/veya rijitliğe sahip, moment aktaran çerçevelerden oluşan binalar.
- (c) Genellikle zemin katta olmak üzere, yumuşak kat veya zayıf kat düzensizliğine sahip binalar.

4.2A.3. Yöntemin Sağladığı İyileştirmeler

Çelik çaprazların sisteme eklenmesi ile aşağıdaki kazanımlar hedeflenir:

- (a) Binanın genel dayanım kapasitesinin artırılması.
- (b) Binanın genel yanal rijitliğinin artırılması ve buna bağlı olarak görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması.
- (c) Enerji sönümleme birimlerinin binaya entegrasyonu için uygun altyapının oluşturulması.

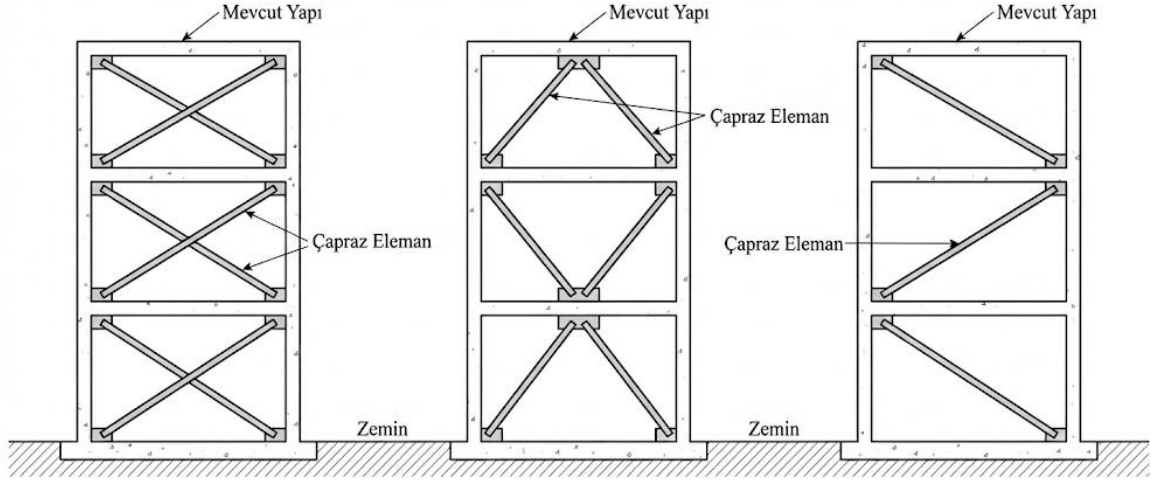
4.2A.4. Geometrik Düzenleme ve Kısıtlamalar

Çaprazların geometrik düzeni, yapının mimarisine, açıklık boyutlarına ve mevcut elemanların kapasitesine göre belirlenmelidir. Bu kapsamda izin verilen ve verilmeyen geometriler aşağıda açıklanmıştır:

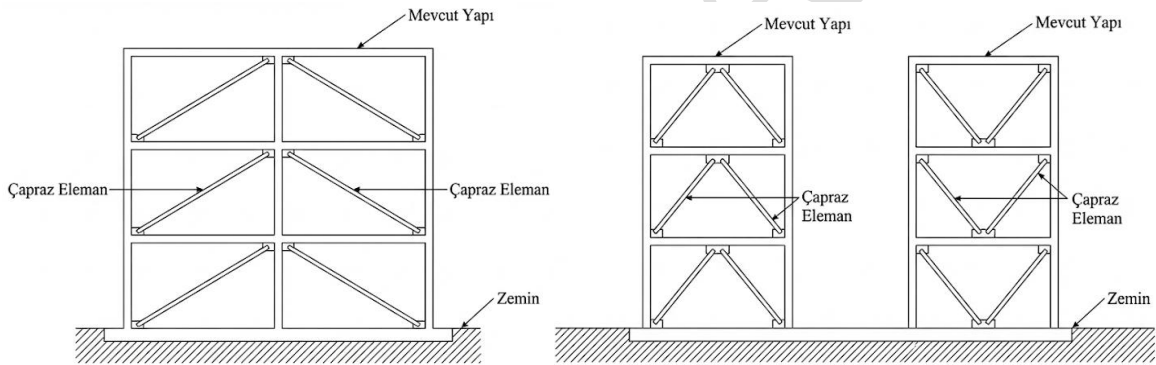
Güçlendirme uygulamalarında; X-tipi, diyagonal, V-tipi ve ters V-tipi çelik çapraz düzenlemelerinin kullanımına izin verilmektedir (**Şekil 4.2A.1**).

Mevcut binanın büyük aks açıklıklarına sahip olması durumunda, V veya Ters V tipi çaprazların kullanılması teknik ve ekonomik açıdan daha uygundur. Bu geometri, çapraz elemanının burkulma boyunu azaltarak, narinlik sorunlarını çözer ve daha küçük çelik kesitlerin kullanılmasına olanak tanır. V veya Ters V çözümünün tercih edilmesi durumunda, çapraz sisteminin bina yüksekliği boyunca kesintisiz olarak devam ettirilmesi önerilir (**Şekil 4.2A.2**).

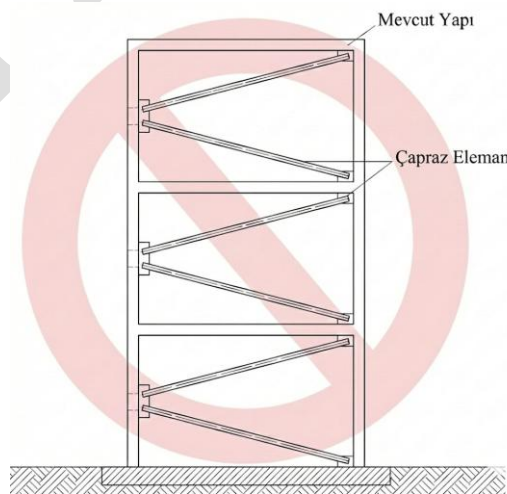
Güçlendirme uygulamalarında, bir kat yüksekliği içinde teşkil edilen K-tipi çapraz düzenlemesinin kullanılmasına izin verilmez (Şekil 4.2A.3). Çaprazlardan gelen basınç ve çekme kuvvetlerinin bileşkesi, kolonun orta noktasına etkir. Bu durum, kolon gövdesinde yüksek gerilme yığılmalarına, muhtemel ağır kesme hasarlarına ve kolonun eksenel deformasyonuna yol açarak binanın düşey yük taşıma kapasitesini tehlikeye atar.



Şekil 4.2A.1



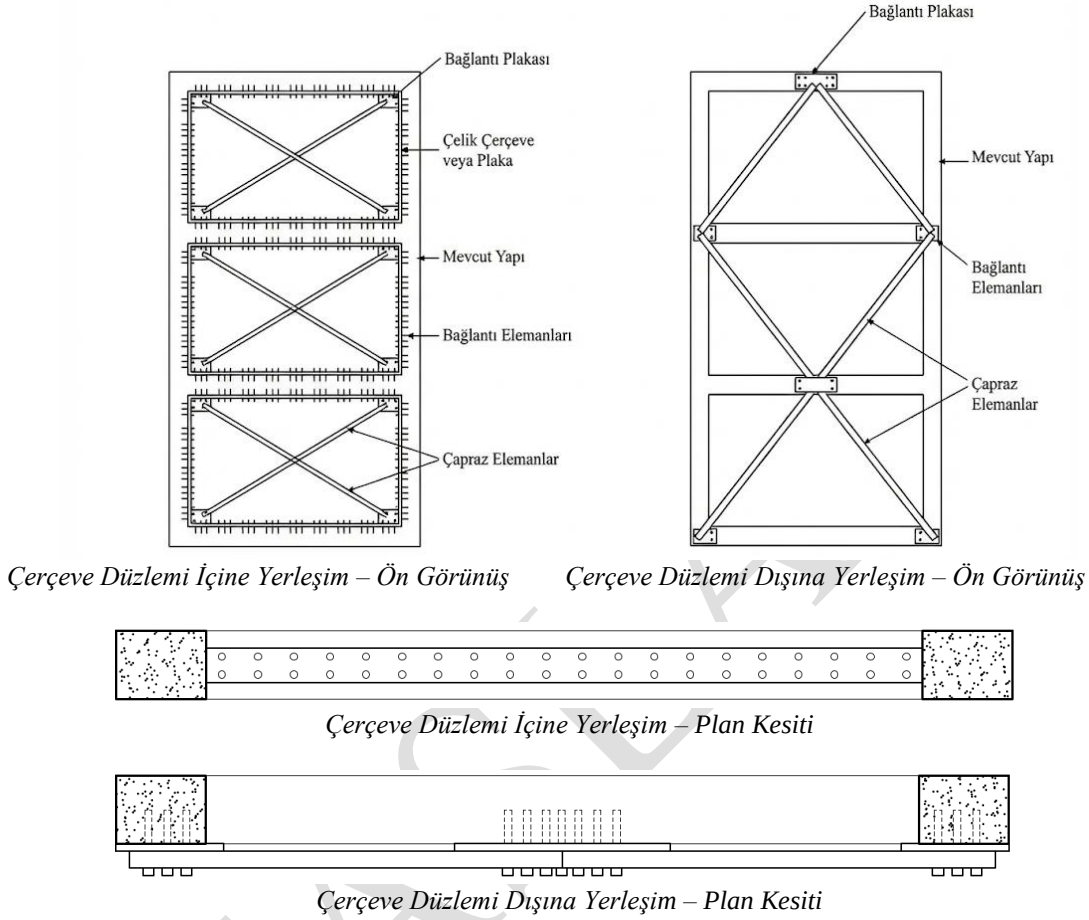
Şekil 4.2A.2



Şekil 4.2A.3

4.2A.5. Yerleşim ve Bağlantı Yöntemleri

Çelik çaprazlar, mevcut betonarme sistemine entegrasyon biçimlerine göre *Çerçeve Düzlemi İçine Yerleşim* veya *Çerçeve Düzlemi Dışına Yerleşim* olmak üzere iki ana kategoride uygulanabilir (Şekil 4.2A.4).



Şekil 4.2A.4

(a) Çerçeve Düzlemi İçine Yerleşim:

Çaprazların mevcut betonarme kolon ve kirişlerin oluşturduğu açıklık içine yerleştirildiği durumdur. Bu uygulamada bağlantılar çerçevenin iç yüzünden yapılır ve iki farklı teknikle gerçekleştirilebilir:

(1) Doğrudan Bağlantı:

Çaprazların, çelik levhalar ve sonradan uygulanan mekanik/kimyasal bağlantı elemanları vasıtasıyla doğrudan betonarme elemanlara bağlandığı yöntemdir (Şekil 4.2A.5).

(2) Dolaylı Bağlantı:

Çelik çerçevenin mevcut betonarme açıklığa yerleştirildiği, ancak mevcut yapıya bağlantının düşük büzülmeli beton veya harç dolgusu ile oluşturulan yeni bir betonarme çerçeve (arayüzey) üzerinden sağlandığı yöntemdir (Şekil 4.2A.6).

Yük aktarımı çelik çerçeveye kaynaklı başlıklı kayma elemanları ve mevcut betonarme çerçeveye uygulanan bağlantı elemanlarının bu arayüzey içinde kenetlenmesiyle sağlanır.

4.2A.6. Tasarım ve Hesap Gereklilikleri

4.2A.6.1 – Düzlem içi çelik çapraz sistemlerin tasarımında aşağıda belirtilen geometrik ve mekanik kontroller yapılmalıdır.

(a) Çapraz Elemanların Seçimi:

(1) Kesit Tipi: Burkulma boyunu optimize etmek amacıyla, her iki asal eksende benzer ve yüksek atalet yarıçapına sahip kesitler (kare kutu, dairesel boru veya H-kesitler) tercih edilmelidir.

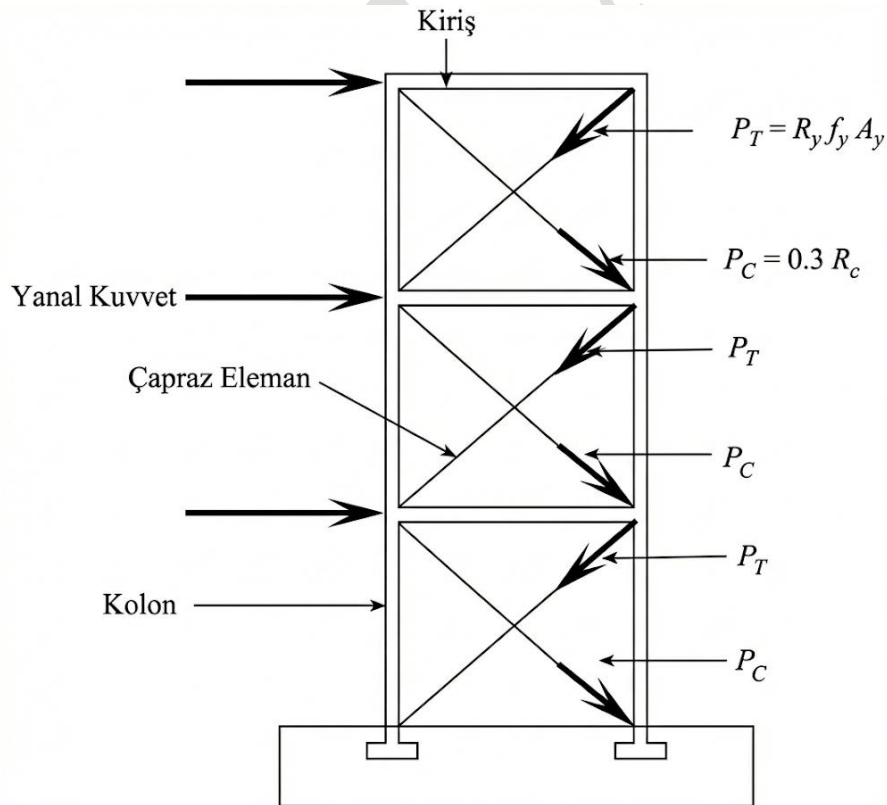
(2) Narinlik Oranı: Çapraz elemanlar, **Denk.(4.2.11)** ile verilen narinlik sınırını sağlamalıdır. Bu sınır, tekrarlı deprem yükleri altında çaprazın erken burkulmasını önlemeyi ve çekme-basınç kapasiteleri arasındaki farkı sınırlı tutarak çevrimsel davranışı iyileştirmeyi hedefler. Narin çaprazlar, az sayıda döngüde inelastik deformasyon biriktirerek enerji sönmleme verimini düşürür.

(b) Mevcut Elemanların Kapasite Kontrolü:

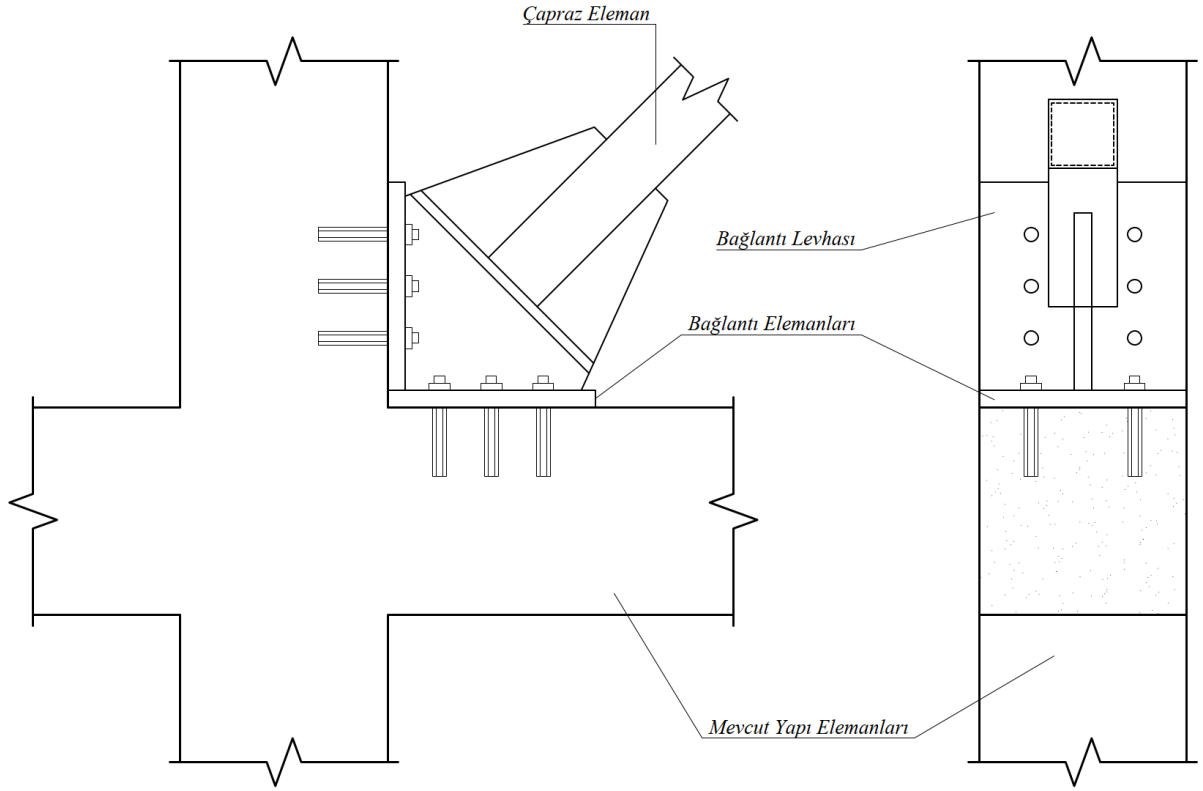
Çaprazların bağlandığı mevcut betonarme kolon ve kirişler, çaprazların geliştirebileceği en büyük eksenel kuvvetler altında tahrik edilmelidir (**Şekil 4.2A.7**).

(1) Çekme Durumu: Çaprazın beklenen çekme dayanımı esas alınır.

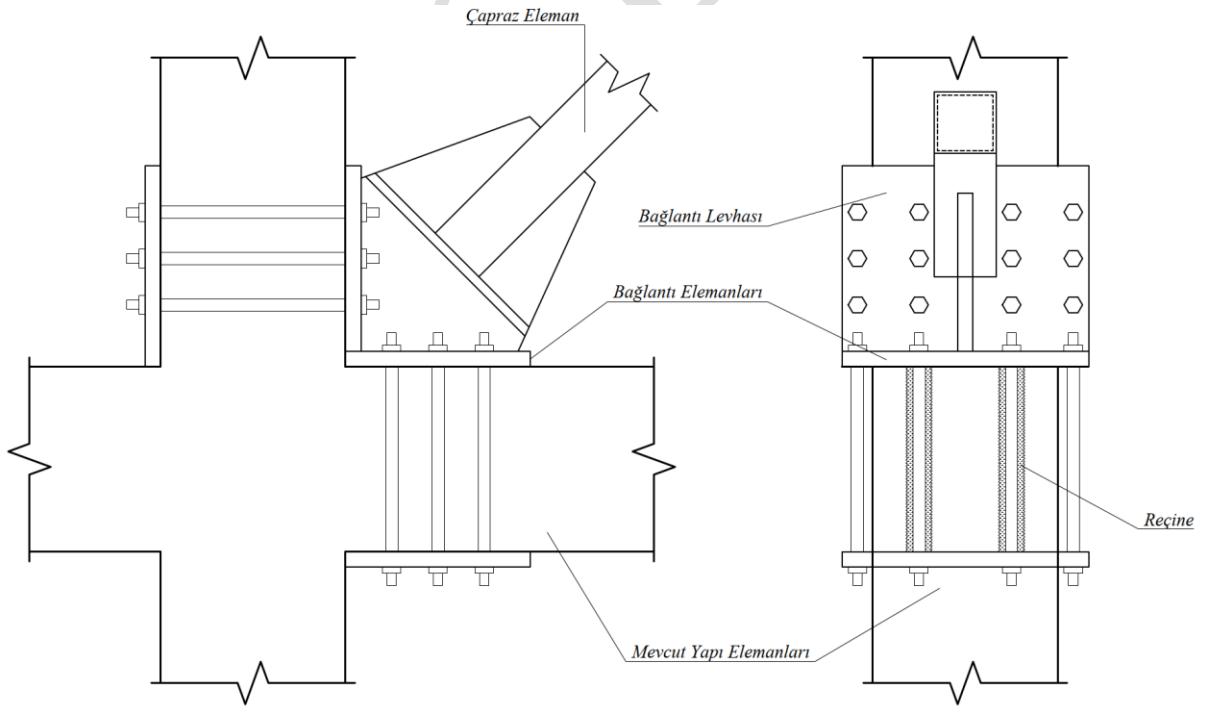
(2) Basınç Durumu: Çaprazın burkulma sonrası dayanımı esas alınır.



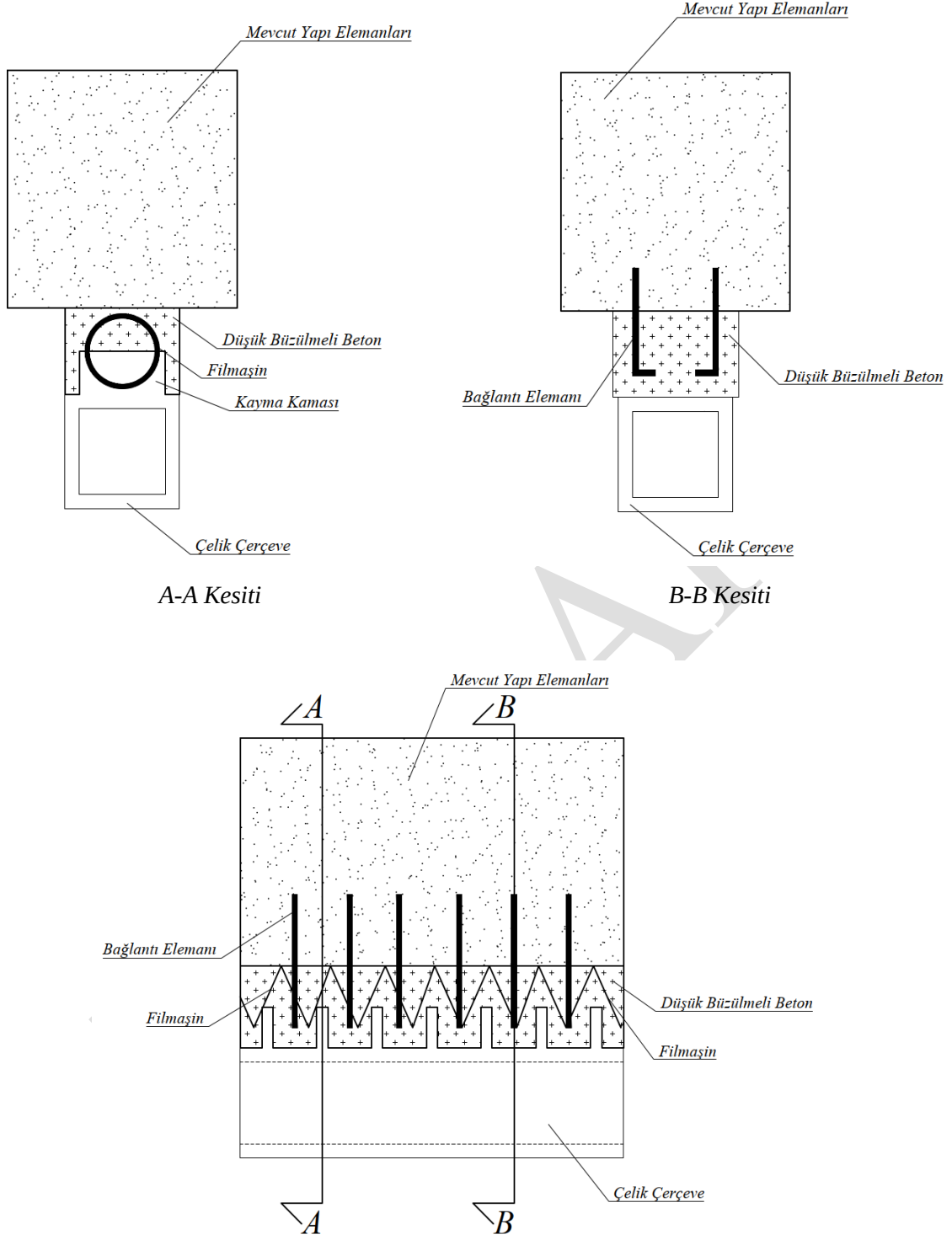
Şekil 4.2A.7



Şekil 4.2A.9



Şekil 4.2A.10



Şekil 4.2A.11

4.2A.6.2 – Mevcut binanın dış cephesine veya çerçeve düzlemi dışına eklenen çaprazların tasarımında, genel kurallara ek olarak aşağıdaki özel koşullara uyulacaktır:

(a) Geometri:

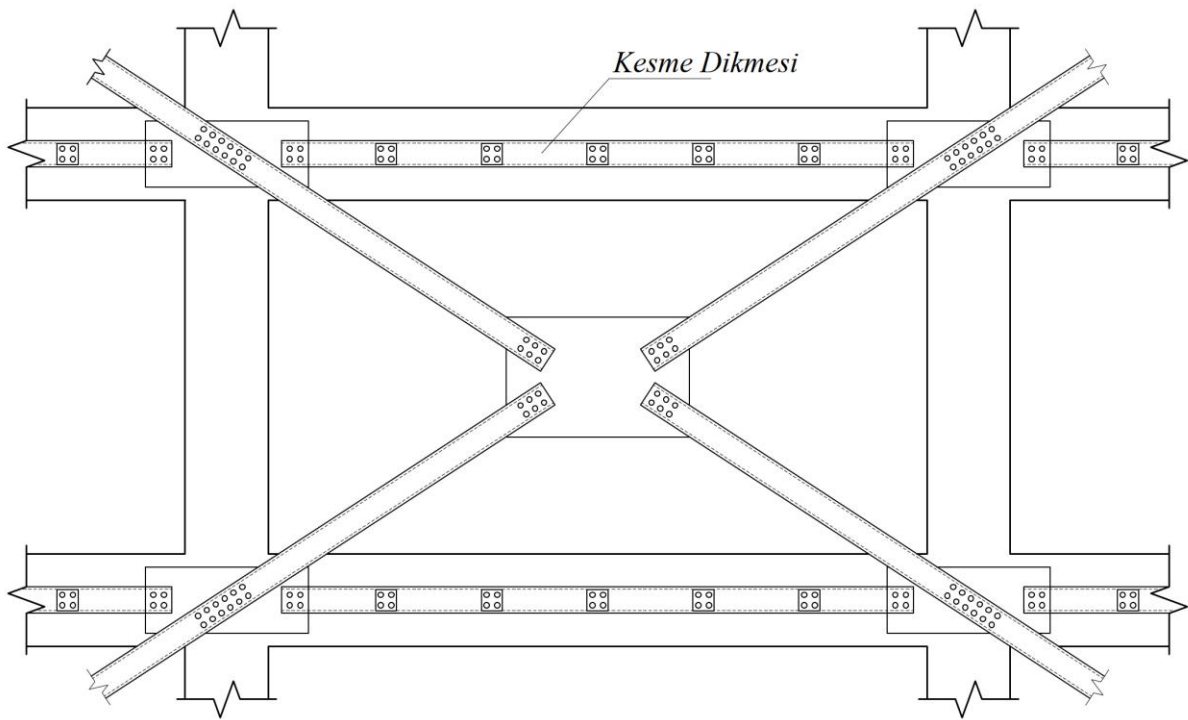
Harici sistemlerde; X-tipi, Diyagonal, V-tipi veya Ters V-tipi düzenlemeler kullanılabilir.

(b) Narinlik Sınırı:

Dış ortam etkileri ve genellikle daha uzun eleman boyları söz konusu olduğundan, harici çaprazların narinlik oranı 80 değerini aşmamalıdır.

(c) Yük Aktarımı:

Harici çaprazlarda oluşan yatay yük bileşenini, mevcut döşemeye veya kirişlere güvenle aktarabilmek için arayüzeyde kesme dikmeleri (aktarma elemanları) düzenlenmelidir (**Şekil 4.2A.12**).



Şekil 4.2A.12

4.3. LİFLİ POLİMER UYGULAMALAR

4.3.0. Simgeler

Bu bölümde aşağıdaki simgelerin kullanıldığı boyutlu ifadelerde, kuvvetler Newton [N], uzunluklar milimetre [mm], açılar radyan [rad] ve gerilmeler MegaPascal [MPa] = [N/mm²] birimindedir.

A_{ank}	= Ankraj brüt kompozit alanı
$A_{ank,toplam}$	= Göz önüne alınan kolon en kesit boyutuna (b) dik doğrultudaki toplam çelik ankraj çubuğu alanı
A_f	= LP sisteminin eşdeğer alanı
$A_{f,i}$	= Lifleri β_i doğrultusunda yerleştirilen LP alanı
$A_{f,perde}$	= Perde yüzeylerindeki toplam LP enkesit alanı
$A_{s,toplam}$	= Göz önüne alınan kolon en kesit boyutuna dik doğrultudaki toplam ankraj çubuğu çelik alanı
b	= Dikdörtgen kesitler için kısa kenar boyutu
B_{CL}	= LP uygulaması ile ankraj yelpazeleri arasındaki yapışma dayanımı
b_f	= LP şeritlerin eşdeğer genişliği
b_j	= TBDY 7.5.2'ye göre belirlenmiş ilgili deprem doğrultusundaki birleşim genişliği
b_w	= Perde kalınlığı
d	= Kesit faydalı yüksekliği
d_{ank}	= Brüt kompozit LP veya çelik ankraj çapı
d_{fv}	= LP kesme güçlendirmesinin etkili yüksekliği
d_h	= LP ankraj delik çapı
d_p	= Perdenin etkin derinliği
E_{ds}	= Boyuna donatıların indirgenmiş elastisite modülü
E_f	= LP'nin elastisite modülü
E_i	= Donatı çeliğinin plastik aralıktaki teğet modülü
E_s	= Donatı çeliğinin elastisite modülü
f_{cc}	= LP sargılama ile sargılanmış beton basınç dayanımı
f_{cm}	= Betonun ortalama basınç dayanımı
f_{fd}	= LP kompozit tasarım dayanımı
f_{fu}	= LP laminatın çekme dayanımı
f_l	= LP sargılama ile sağlanan yanıl sargılama basıncı
f_{lhs}	= Enine donatı ve LP'nin birlikte sağlaması gereken toplam yanıl basınç
f_{hs}	= Enine donatıda 0.001 birim uzamaya karşı gelen yanıl basınç
f_{yank}	= Ankraj çeliğinin akma dayanımı
f_{ym}	= Boyuna donatı için mevcut çelik akma dayanımı
h	= Dikdörtgen kesitler için uzun kenar boyutu
h_{ank}	= LP ankraj gömme derinliği
h_b	= Kirişin toplam yüksekliği
h_c	= Kolonun ilgili deprem doğrultusuna paralel kenar uzunluğu

L_{ank}	= Ankrajlı LP şerit uçları arası mesafe
L_e	= Etkin yapışma uzunluğu
L_w	= Perdenin uzunluğu
N	= Kolon eksenel kuvveti
n	= LP laminat tabaka sayısı
n_a	= Birleşim kesitindeki eksenel gerilme
n_{ank}	= Tek bir plakaya bağlanan ankraj sayısı
N_b	= Gerilme aktarımında çalışan arayüz sayısı
n_b	= Kesitin kısa kenar uzunluğunca kullanılan enine doğrultuda çelik veya LP ankraj sayısı
n_d	= Burkulma riski bulunan toplam boyuna donatı sayısı
n_f	= LP uygulamasının tabaka sayısı, tek yüzdeki LP tabaka sayısı
n_h	= Kesitin uzun kenar uzunluğunca kullanılan enine doğrultuda çelik veya LP ankraj sayısı
N_m	= Ankraj plakasına etkiyen toplam sıkıştırma kuvveti
n_s	= Güçlendirilen birleşim yüzeylerinin sayısı
n_{str}	= Birleşim yüzeyine uygulanan LP şerit sayısı
N_1	= Tek bir dişli çelik çubuğun sıkıştırma kuvveti
$p_{td,f}$	= LP tarafından karşılanması gereken asal çekme gerilmesi
R_a	= Ankraj alanı katsayısı
r_c	= Köşe yuvarlatma çapı
s_{ankl}	= Ankrajların lif doğrultusundaki aralığı
s_{ankt}	= Lif doğrultusuna dik ankraj aralığı
s_f	= LP şeritlerin aralığı
s_f	= Şeritler arasındaki net açıklık
s_{yel}	= LP ankraj yelpaze uzunluğu
T_g	= Camsı geçiş sıcaklığı
T_s	= Sıkıştırma torku
t_f	= Tek tabaka LP kompozit kalınlığı (lifler ve reçine ile birlikte toplam kalınlık)
V_c	= Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_e	= Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki birleşim bölgesindeki kesme kuvveti
V_f	= LP'nin kesme dayanımına katkısı
$V_{f,perde}$	= LP'nin perde kesme dayanımına katkısı
V_{maks}	= Asal basınç gerilmelerini sınırlamak için tanımlanan kesme kuvveti
V_r	= Perde kesme kuvveti dayanımı
V_w	= Enine donatının kesme kuvveti dayanımına katkısı
w_{ank}	= Ankrajlanan LP genişliği
w_f	= Tek LP şeridin genişliği
α_{ank}	= LP ankraj yelpaze açısı
β	= Lif yöneliş açısı
β_{ank}	= LP ankraj gömme açısı
β_i	= Liflerin giriş eksenine göre açısı

γ_d	= Kapasite hesaplamaları için güvenlik katsayısı
γ_f	= LP kompozit tipi ve göçme modlarına göre malzeme katsayısı
γ_{kom}	= Lamine edilmiş LP kompozit için birim alandaki kuru lif ağırlığı
ε_c	= Beton nihai basınç birim şekildeğiştirmesi
ε_{cc}	= LP ile sargılanmış beton şekildeğiştirme kapasitesi
ε_f	= LP etkin birim uzaması
ε_{fd}	= LP tasarım şekildeğiştirmesi
ε_{fu}	= LP kopma birim uzaması
η_ζ	= Çevresel etki katsayısı
θ	= Beton çekme-basınç çubuğunun giriş eksenine göre açısı
κ	= Yapışma etkinlik katsayısı
κ_a	= Kesit şekil etkinlik katsayısı
λ_{ank}	= Birim uzunluk başına kuru lif ağırlığı
μ_R	= Reçinenin mekanik özelliklerine bağılı olarak deneysel veriler ile belirlenen sürtünme katsayısı
$v_{j,h}$	= Birleşim kesitindeki kayma gerilmesi

4.3.1. Genel

4.3.1.1 – Bu bölümde mevcut betonarme (BA) yapı elemanlarının lifli polimer (LP) kompozitler kullanılarak dayanım ve/veya şekildeğiştirme kapasitelerinin artırılması yoluyla deprem etkilerine karşı güçlendirilmelerine ilişkin hesap esasları, uygulama kuralları ve asgari koşullar tanımlanmıştır.

4.3.1.2 – LP kompozitler uygulama/üretim şekillerine ve yapısal elemana bağlanma mekanizmasına göre Ek 4.3A’da verilen kategorilerde sınıflandırılır. Ek 4.3A’da verilen LP kompozit özellikleri bilgilendirme amaçlıdır. Tasarımda kullanılacak malzeme karakteristik özellikleri, 12.3.6’da belirtilen test yöntemlerine göre malzeme üreticisi tarafından sağlanacaktır.

4.3.1.3 – LP kompozitlerin bileşenleri, lif türleri, matris türleri ve özellikleri Ek 4.3A’da verilmiştir. LP güçlendirme uygulamalarında, alkali direnci yüksek olan ve en az 65°C camı geçiş sıcaklığına sahip reçineler kullanılmalıdır.

4.3.1.4. Tasarımda Kullanılan Mekanik Özellikler

4.3.1.4.1 – LP kompozitlerin karakteristik dayanımı (f_{fd}) ve tasarım şekildeğiştirmesi (ε_{fd}), LP çekme dayanımı (f_{fu}) ve LP kopma birim uzaması (ε_{fu}) azaltılarak **Denk.(4.3.1)** ve **Denk.(4.3.2)**’ye göre hesaplanacaktır. Bu denklemlerdeki çevresel etki katsayısı (η_ζ) 4.3.1.5’e göre, malzeme katsayısı (γ_f) 4.1.3.6’ya göre belirlenecektir.

$$f_{fd} = \eta_\zeta \frac{f_{fu}}{\gamma_f} \quad (4.3.1)$$

$$\varepsilon_{fd} = \eta_\zeta \frac{\varepsilon_{fu}}{\gamma_f} \quad (4.3.2)$$

4.3.1.4.2 – LP kompozitlerin mekanik özellikleri, **12.3.6**'da belirtilen test yöntemleri ve numune sayılarına göre belirlenecektir. LP kompozit kalınlığı (t_f), lifleri, reçineyi ve üretim yönteminin etkinliğini içeren brüt kompozit kalınlığı olarak alınacaktır. Sadece kuru lif kalınlığına dayalı değerler tasarım hesaplamalarında kullanılmayacaktır.

4.3.1.4.3 – LP kompozitlerin elastisite modülü (E_f) tasarım hesaplamalarında değiştirilmeden kullanılacaktır.

4.3.1.4.4 – Güçlendirilen taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde) dayanım değerleri hesaplanırken, lifli polimer ile sağlanan dayanım artışı **Tablo 4.3.3**'te verilen kapasite güvenlik katsayısı ile azaltılacaktır.

4.3.1.5. Çevresel Etki Faktörleri

4.3.1.5.1 – LP kompozitlerin dayanım ve dayanıklılığını etkileyebilecek çevresel koşullar ve bunlar için kullanılacak çevresel dönüşüm katsayıları (n_c) **Tablo 4.3.1**'de verilmiştir.

4.3.1.5.2 – Ortam koşulları aşağıda (a) – (c)'de belirtildiği şekilde tanımlanır.

(a) İç Mekân koşulları: Sıcaklık ve nem kontrolü olan, agresif ortam koşullarından arındırılmış kapalı mekanlardır.

(b) Dış Mekân koşulları: Agresif olmayan dış ortam koşullarını tanımlar.

(c) Agresif Ortam koşulları: Belirtilen koşullardan en az birini içeren ortamlardır: i) 24 saatten uzun süre 50°C'nin üzerindeki sıcaklıklar ii) 24 saatten uzun süre -20°C'nin altındaki sıcaklıklar iii) 24 saatten uzun süre %95'in üzerindeki bağıl nem iv) Sürekli su teması v) Toprak ile sürekli temas.

Tablo 4.3.1. Farklı Ortam Koşulları ve LP Çeşitleri için Çevresel Dönüşüm Katsayıları

Ortam Koşulu	İç Mekân			Dış Mekân			Agresif Ortam		
Lif Tipi	Karbon	Cam	Aramid	Karbon	Cam	Aramid	Karbon	Cam	Aramid
n_c	0.95	0.75	0.85	0.85	0.65	0.75	0.85	0.50	0.70

Not: Tabloda yer almayan lif türleri için çevresel dönüşüm katsayıları, üretici tarafından **12.3.6.7**'ye uygun olarak gerçekleştirilmiş ve **12.3.6.3**'te belirtilen belgelerle sunulmuş çevresel dayanıklılık test sonuçlarına göre belirlenecektir.

4.3.1.6. Güvenlik Katsayıları

LP malzemeler için malzeme katsayıları (γ_f) **Tablo 4.3.2**'de, kapasite hesaplamalarında kullanılacak güvenlik katsayıları (γ_d) **Tablo 4.3.3**'te verilmiştir.

Tablo 4.3.2. LP Kompozit Tipi ve Göçme Modlarına Göre Malzeme Katsayıları

Kompozit Tipi (Göçme Modu)	Malzeme Katsayısı γ_f
Önceden Şekillendirilmiş Lifli Polimerler (Kopma)	1.25
Islak Uygulama Lifli Polimerler (Kopma)	1.30
Bütün Lifli Polimer tipleri (Yapıştırma Yüzeyinden Ayrılma)	1.40

Tablo 4.3.3. Dayanım Hesaplamaları İçin Güvenlik Katsayıları

Eleman Kapasitesi	γ_d
Sargılama/Eksenel	1.00
Kesme/Burulma	1.20

4.3.2. Deprem Etkisi Altında Lifli Polimer Kompozitler ile Güçlendirme Esasları

4.3.2.1. Genel Tasarım Esasları

4.3.2.1.1 – LP kompozitler kullanılarak yapılacak deprem etkisine yönelik güçlendirme uygulamaları, **Bölüm 2**'de verilen performans hedeflerine uygun olarak tasarlanmalıdır.

4.3.2.1.2 – LP güçlendirme uygulamalarının tasarımında aşağıda **(a)** – **(e)**'de verilen esaslar göz önünde bulundurulacaktır.

(a) LP güçlendirme uygulamaları, mevcut elemanın güçlendirme öncesi özellikleri ve mevcut şekildeğiştirme durumu göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Özellikle güçlendirilecek elemandaki mevcut yükler altında güçlendirme öncesinde oluşmuş gerilme ve şekildeğiştirme durumu, LP kompozitin etkinliğini doğrudan etkileyeceğinden dikkate alınmalıdır.

(b) Güçlendirme tasarımında, deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem davranışı bir bütün olarak değerlendirilmelidir. LP güçlendirmesi yapılan elemanlardaki iç kuvvet dağılımının değişimi ve diğer yapı elemanlarına olası etkileri tasarım sürecinde değerlendirilmelidir.

(c) LP kompozitler genel olarak yapı elemanlarının çekme gerilmelerine maruz kalan bölgelerinde uygulanır ve deprem etkisi altında çevrimsel yüklere karşı performansı dikkate alınmalıdır. LP kompozitler basınç kuvvetlerine karşı doğrudan dayanım sağlayacak şekilde tasarlanamazlar.

(d) LP kompozitler çevrimsel davranış sergilemesi öngörülen elemanların eğilme dayanımlarını artırmak için boyuna doğrultuda uygulanmamalıdır. Boyuna LP uygulaması çekme-basınç çevrimleri sırasında erken burkulma göçmesi, aderans yetersizliği, yapıştırma yüzeyinden sıyrılma ve katlar arası yetersiz kuvvet aktarımı gibi davranışı olumsuz etkileyecek durumlar oluşturabilir.

(e) Düşey taşıyıcı elemanların her iki ucunun birden plastikleşmesi sonucu kat mekanizması oluşması öngörülen durumlarda, kolonlarda LP sargılama ile süneklik artışı sağlanmış olsa da deprem yerdeğiştirme taleplerini azaltacak veya kat mekanizması durumunu engelleyecek ilave güçlendirme uygulamaları yapılmalıdır.

4.3.3. Lifli Polimerler ile Kesme Etkilerine Karşı Güçlendirme

4.3.3.1. Genel

4.3.3.1.1 – Bu bölüm, BA yapı elemanlarının LP kompozitler kullanılarak kesme dayanımlarının artırılmasına ilişkin hesap ve tasarım esaslarını kapsamaktadır.

4.3.3.1.2 – LP ile kesme güçlendirmesinin amacı, asal çekme gerilmelerinin karşılanması ile yapı elemanlarının kesme dayanımını artırarak gevrek kesme göçmesini önlemektir.

4.3.3.1.3 – LP ile kesme güçlendirmesi uygulamaları, uygulama türüne göre aşağıdaki **(a)** ve **(b)**'de verilen dayanım koşullarını sağlayacaktır:

(a) Tam sargı uygulamaları: LP'nin tüm kesit etrafında tam olarak sarıldığı uygulamalarda yapışma bağlantı elemanı olarak çalışmadığından beton dayanımına yönelik ek bir koşul aranmaz. Bu uygulamalar temas kritik olarak değerlendirilir.

(b) Yapışma kritik uygulamalar: U-sargı veya iki yüze yapıştırma gibi tam sargı sağlanamayan uygulamalarda, mevcut beton basınç dayanımı en az 16 MPa ve beton yüzeyinin çekme

dayanımı en az 1.5 MPa olmalıdır. Bu uygulamalar yapışma kritik olarak değerlendirilir ve 12.4.'te belirtilen uygulama koşulları sağlanacaktır.

4.3.3.1.4 – LP ile kesme güçlendirmesi uygulaması, aşağıda (a) – (c)'de verilen üç temel düzende yapılabilir.

(a) Tam sargı: LP, elemanın tüm kesiti etrafında sarılır. Bu en etkili güçlendirme düzenidir.

(b) U sargı: LP, iki yan yüzey ve bir taban yüzeyi boyunca uygulanır. Bu düzen genellikle tablalı kirişlerde kullanılır.

(c) İki yüzeyli yapıştırma: LP, sadece elemanın yan yüzeylerine uygulanır. Bu düzen, diğer konfigürasyonlara göre en az etkilidir ve ancak diğer seçeneklerin hiçbir şekilde uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda tercih edilmelidir.

4.3.3.1.5 – Aşağıda (a) ve (b)'de belirtilen durumlarda LP kesme güçlendirmesi uygulamalarında 4.3.9'a uygun ankraj sistemleri kullanılması zorunludur:

(a) U-sargı veya iki yüze yapıştırma şeklinde yapışma kritik uygulamalarda;

(b) Kesme açıklığı-derinlik oranının 2.5'ten küçük olduğu ($M/(V \times d) < 2.5$) tüm elemanlarda (tam sargı uygulamaları dahil).

4.3.3.2. Lifli Polimer ile Güçlendirilmiş Elemanlarda Kesme Dayanımının Hesabı

4.3.3.2.1 – LP kompozitler ile güçlendirilen bir elemanın kesme kuvveti dayanımı, TBDY Denk.(15B.1) ile hesaplanacaktır.

4.3.3.2.2 – LP uygulamasının kesme kuvveti dayanımına katkısı V_f , TBDY Denk.(15B.2)'ye göre hesaplanacak, ancak TBDY Denk.(15B.1)'de V_f yerine **Tablo 4.3.3'te verilen güvenlik katsayısı ile bölünmesi ile elde edilen kesme kuvveti kapasitesine LP katkısı V_f / γ_d göz önüne alınacaktır.**

4.3.3.2.3 – U sargı veya iki yüzeyli uygulamalarda hesaplanan LP'nin kesme dayanımına katkısı 0.75 katsayısı ile azaltılmalıdır.

4.3.3.3. Kesme Güçlendirmesi İçin Lifli Polimer Etkin Birim Uzama Değeri

4.3.3.3.1 – Kesme kuvveti etkilerine karşı güçlendirme uygulamalarında TBDY Denk.(15B.2)'de yer alan LP'nin etkin birim uzama değeri (ϵ_f), güçlendirme uygulama düzenine bağlı olarak **Denk.(4.3.3) ile belirlenir.**

$$\epsilon_f = \min \left(\kappa \frac{\eta_\epsilon \epsilon_{fu}}{\gamma_f}; 0.004; 0.5 \epsilon_{fu} \right) \quad (4.3.3)$$

4.3.3.3.2 – Tam sargılı uygulamalarda $\kappa = 1$, 4.3.9'a göre ankraj kullanılan U sargı veya iki yüzeye yapıştırma uygulamalarında $\kappa = 0.8$ olarak alınacaktır. Ankraj kullanılmayan U sargı veya iki yüze yapıştırma uygulamalarında **Denk.(4.3.4) kullanılacaktır.**

4.3.3.3.3 – Dikdörtgen kesitlerde LP kesme güçlendirmesinin etkili yüksekliği (d_{fv}) uygulama türüne bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır..

(a) Tam sargı uygulamalarında: $d_{fv} = d$ (eleman faydalı yüksekliği)

(b) Ankraj kullanılmayan U-sargı veya iki yüze yapıştırma uygulamalarında: $d_{fv} = d - h_f$ şeklinde hesaplanır. Burada d eleman faydalı yüksekliği, h_f ise eleman üst kenarından LP şeridinin üst ucuna kadar olan düşey mesafedir (LP'nin erişemediği üst bölge yüksekliği).

$$\kappa = k_1 k_2 \frac{L_e}{11900 \varepsilon_{fu}} \leq 0.75 \quad (4.3.4a)$$

$$L_e = \frac{23300}{(n_f t_f E_f)^{0.58}} \quad (4.3.4b)$$

$$k_1 = \left(\frac{f_{cm}}{25} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.3.4c)$$

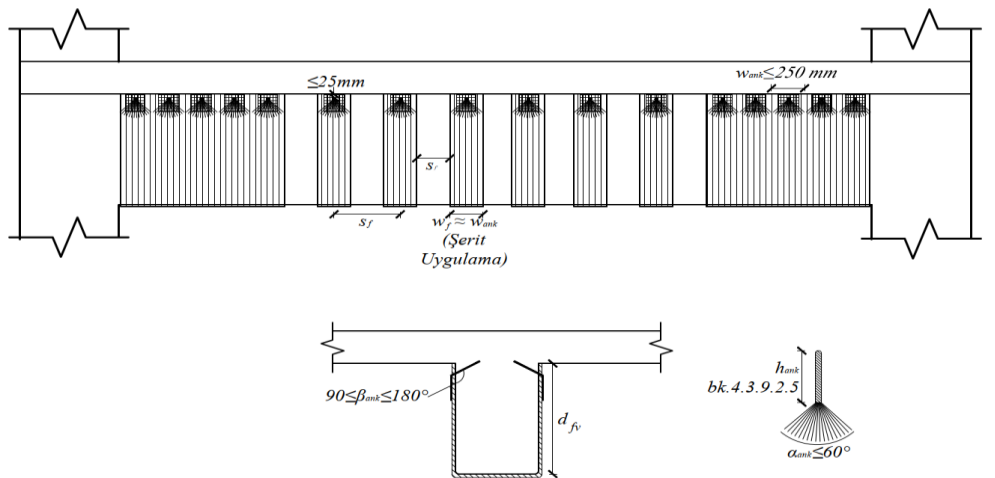
$$k_2 = \begin{cases} \frac{(d_{fv} - L_e)}{d_{fv}} & \text{U sargı} \\ \frac{(d_{fv} - 2L_e)}{d_{fv}} & \text{İki yüze yapıştırma} \end{cases} \quad (4.3.4d)$$

4.3.3.4. Kesme Etkilerine Karşı Güçlendirme için Lifli Polimer Uygulama Detayları

4.3.3.4.1 – LP lif doğrultusu eleman eksenine dik yönde 90° açı yapacak şekilde uygulanmalıdır. LP uygulaması öncesinde eleman köşeleri en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılmalıdır

4.3.3.4.2 – LP kesme güçlendirmesi sürekli veya aralıklı şeritler halinde uygulanabilir. Aralıklı şerit uygulamasında şerit genişliği (w_f) 100 mm ile 250 mm arasında olacak, şeritler arası net açıklık (s_f) eleman faydalı yüksekliğinin dörtte birini ve 300 mm'yi geçmeyecektir.

4.3.3.4.3 – Tam sargı uygulamalarında şerit bindirme uzunluğu minimum 200 mm olacak ve bindirme bölgeleri elemanın farklı yüzeylerinde şaşırtmalı olarak düzenlenecektir.



Şekil 4.3.1.

4.3.4. Lifli Polimer Sargılama ile Betonarme Eleman Basınç Dayanımı ve Sünekliğinin Artırılması

4.3.4.1. Genel

4.3.4.1.1 – Bu bölüm, LP kullanılarak sargılama yoluyla eksenel kuvvet ve eğilme momenti etkisindeki BA elemanların beton basınç dayanımlarının ve şekildeğiştirme kapasitelerinin (sünekliğin) artırılmasına ilişkin hesap ve tasarım esaslarını kapsamaktadır. LP sargılama uygulamaları iki temel amaç için yapılır:

(a) Şekildeğiştirme kapasitesinin (sünekliğin) artırılması: Plastik mafsallarda deprem etkisi altında oluşacak plastik şekildeğiştirmelere karşı süneklik sağlamak için uygulanır. Bu durumda sargılama, plastik mafsallarda bölge uzunluğu kadarıyla sınırlı olarak sürekli veya aralıklı şeritler halinde yapılabilir.

(b) Eksenel basınç dayanımının artırılması: Eleman eksenel basınç kapasitesini artırmak için eleman uzunluğuna sürekli sargılama yapılır. Sadece plastik mafsallarda yapılan sargılama eleman eksenel basınç dayanım artışı sağlamayacaktır.

4.3.4.1.2 – LP sargılama uygulamaları, elemana pasif sargılama sağlar. Sargı etkisi, betonda enine doğrultuda genişleme ve çatlak oluşumu nedeniyle oluşan yanal genişleme ile aktif hale gelerek betonun hem basınç dayanımında hem de şekildeğiştirme kapasitesinde artış sağlar.

4.3.4.1.3 – LP sargılama uygulamalarında lifler, eleman eksenine dik yönde (enine doğrultuda) yönlendirilmelidir. Boyuna yönde yerleştirilen liflerin, elemanın eksenel basınç ve eğilme kapasitelerine katkısı olmadığı kabul edilmelidir.

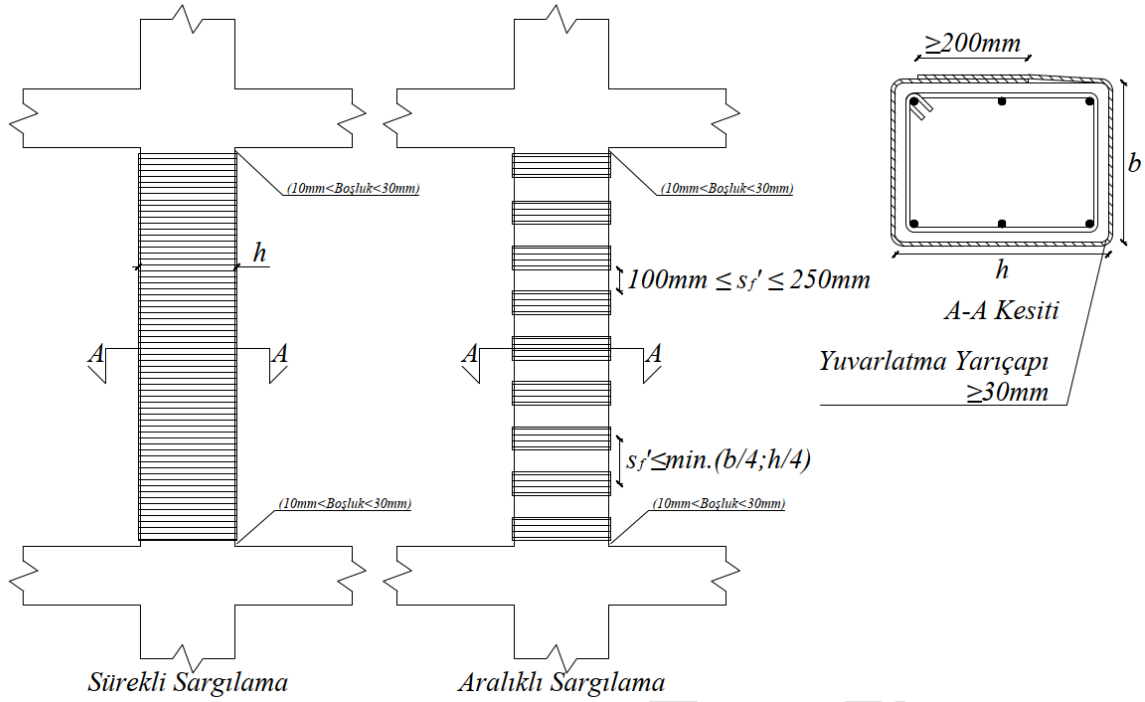
4.3.4.1.4 – LP sargılamanın eleman boyunca yapılması durumunda BA elemanın kesme kuvveti kapasitesinde de artış sağlanacaktır. Kesme dayanımında sağlanan artış **4.3.3'e** göre hesaplanacaktır.

4.3.4.2. Lifli Polimer Sargılama için Geometrik Gereksinimler ve Uygulama Koşulları

4.3.4.2.1 – Sadece LP ile yapılan sargılama uygulamalarında dikdörtgen enkesitlerde uzun kenar/kısa kenar oranı 2.5'i geçmemelidir. Uzun kenar/kısa kenar oranı 2.5'ten büyük olan BA elemanlarda LP sargılama uygulanabilmesi için LP sargılamaya ek olarak enine doğrultuda çelik veya LP ankrajlar kullanılmalıdır. Alternatif olarak, eleman enkesitleri dikdörtgenden elipse dönüştürülerek LP'nin etkinliği artırılabilir; bu durumda elips enkesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranı en fazla 3 olabilir.

4.3.4.2.2 – LP sargılama uygulamalarında, eleman enkesit köşelerinde gerilme yığılmalarını önlemek amacıyla minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatma yapılacaktır (**Şekil 4.3.2**).

4.3.4.2.3 – LP sargılamanın son tabakasında sargılamanın başladığı noktadan sonra en az 200 mm bindirme uzunluğu bırakılmalıdır (**Şekil 4.3.2**). Eleman uzunluğuna sargılanan veya plastik mafsallarda bölgede birden fazla şeritten oluşan sargılama yapıldığında, her bir LP şeridinin bindirme bölgeleri şaşırtmalı bir şekilde eleman farklı yüzlerinde düzenlenmelidir; ardışık iki şeridin bindirme bölgeleri aynı yüze gelmeyecektir. Bindirme bölgeleri, eleman geometrisine bağlı olarak gerilme yığılması beklenen köşe bölgelerinden mümkün olduğunca uzakta konumlandırılmalıdır.



Şekil 4.3.2.

4.3.4.2.4 – Plastik mafsallı bölgelerinde süneklik artışı amacıyla uygulanan LP sargılaması, en az TBDY Bölüm 7’de süneklik düzeyi yüksek BA elemanlar için tanımlanmış özel sarılma bölgeleri uzunlukları kadarlık bir bölgede eleman eksenli boyunca uygulanmalıdır.

4.3.4.2.5 – Plastik mafsallı oluşumu öngörülen eleman uç bölgelerinde, LP sargılamasının başladığı/bittiği kesit ile komşu eleman yüzeyi arasında en az 10 mm, en fazla 30 mm boşluk bırakılmalıdır. Bu boşluk, sargılamasının komşu elemanlarla etkileşimi ve liflerde olası hasarın önlenmesi amacıyla gereklidir.

4.3.4.2.6 – Süreksiz (şeritler halinde) sargılama uygulamalarında LP şeritlerinin genişliği (w_f) 100 mm ile 250 mm arasında olmalıdır. Şeritler arasındaki net açıklık (s_f') en küçük kesit boyutunun dörtte birini geçmemelidir (Şekil 4.3.2).

4.3.4.3. Lifli Polimer ile Sargılanmış Beton için Dayanım ve Şekildeğiştirme Hesabı

4.3.4.3.1 – LP sargılama ile artırılan beton basınç dayanımı (f_{cc}) TBDY Denk.(15B.5) ile, LP ile sargılanmış beton şekildeğiştirme kapasitesi (ε_{cc}) TBDY Denk.(15B.8) ile hesaplanacaktır. Bu değerlerin hesabı için gerekli olan LP sargılama ile sağlanan yanal sargılama basıncı (f_l) ise TBDY Denk.(15B.6) ile belirlenecektir.

4.3.4.3.2 – Farklı geometrilere sahip kesitler için kesit şekil etkinlik katsayıları (κ_a) TBDY 15B.7’de belirtilen bağıntılar ile hesaplanacaktır. Uzun kenar/kısa kenar oranı 2.5’ten büyük olan dikdörtgen kesitli BA elemanlarda LP sargılamaya ek olarak enine doğrultuda çelik veya LP ankrajlar kullanılması durumunda, kesit şekil etkinlik katsayısı (κ_a) **Denk.(4.3.5)** ile hesaplanacaktır. Ankrajlar kesit içinde düzenli aralıklarla yerleştirilecek ve elemana ankrajlanacaktır (Şekil 4.3.3).

Burada;

b : Kesitin kısa kenar uzunluğu

h : Kesitin uzun kenar uzunluğu

r_c : Köşe yuvarlatma yarıçapı (min. 30 mm)

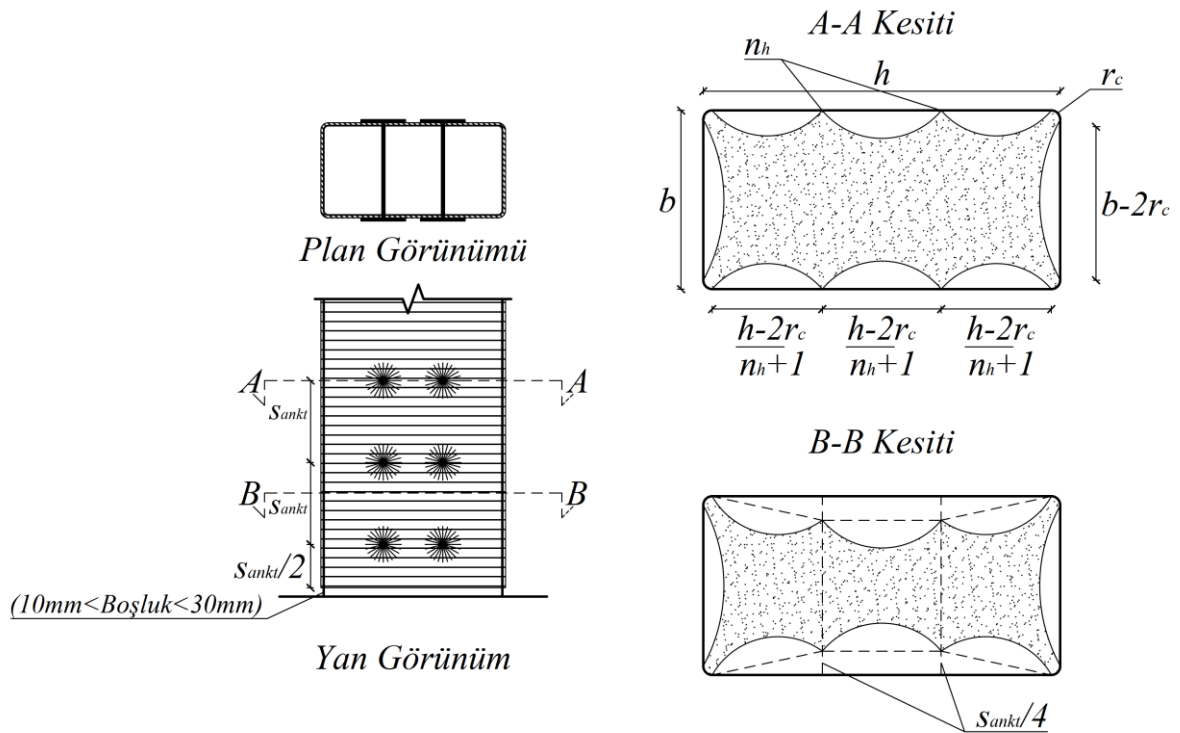
n_b : Kesitin kısa kenar (b) doğrultusunda yerleştirilen ankraj sayısı

n_h : Kesitin uzun kenar (h) doğrultusunda yerleştirilen ankraj sayısı

s_{ankt} : Ankrajların lif doğrultusuna dik aralığı

Ankrajların tasarımı ve uygulanması 4.3.9'a göre yapılacaktır. Ankrajlar düzenli aralıklarla yerleştirilecek, eleman kalınlığı boyunca geçirilerek her iki yüzde ankrajlanacak veya yeterli gömme derinliğinde tek taraflı olarak uygulanacaktır.

$$\kappa_a = 1 - \frac{(n_h + 1) \times (b - 2r_c) \times (b - 2r_c + 1.5 \times s_{ankt} \times n_b) + (n_b + 1) \times (h - 2r_c) \times (h - 2r_c + 1.5 \times s_{ankt} \times n_h)}{3 \times (n_b + 1) \times (n_h + 1) \times b \times h} \quad (4.3.5)$$



Şekil 4.3.3.

4.3.4.4. Sargılama için Lifli Polimer Etkin Birim Uzama Değeri

Sargılama uygulamalarında LP etkin birim uzaması (ϵ_f) Denk.(4.3.6) ile hesaplanır.

$$\epsilon_f = \min \left(\frac{\eta_c \epsilon_{fu}}{\gamma_f}; 0.006; 0.5 \epsilon_{fu} \right) \quad (4.3.6)$$

4.3.4.5. Lifli Polimer ile Sargılanmış Beton Modeli ve Güçlendirilmiş Elemanlar için Hasar Sınırları

4.3.4.5.1 – LP ile sargılanmış elemanların TBDY’ye göre yığılı plastik davranış modeli için davranış büyüklüklerinin belirlenmesinde, sargılanmış kesitlerin moment-eğrilik ilişkisi elde edilirken TBDY Bölüm 15’de tanımlı idealleştirilmiş iki doğrulu LP ile sargılanmış beton modeli kullanılabilir. Bu gerilme-şekildeğiştirme ilişkisinin büküm noktasına karşılık gelen gerilme değeri f_{cm} ve şekildeğiştirme değeri 0.002 kabul edilebilir. Gerilme-şekildeğiştirme ilişkisinin son noktasındaki değerler ise **4.3.4.3**’e göre hesaplanır.

4.3.4.5.2 – LP ile sargılanmış elemanların TBDY’ye göre yayılı plastik davranış modeli için literatürden elde edilen ve doğruluğu deneysel verilerle kanıtlanmış LP ile sargılı çevrimsel beton modelleri kullanılabilir. Bu durumda, modelin son noktasındaki gerilme ve şekildeğiştirme değerleri olarak **4.3.4.3**’e göre hesaplanan değerler göz önüne alınır.

4.3.4.5.3 – LP ile sargılanmış elemanlarda plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği kesitlerde, kesit düzeyinde hasar değerlendirmesi aşağıda **(a)** – **(d)**’de belirtilen sınırlar çerçevesinde yapılacaktır.

(a) Sınırlı Hasar (SH) düzeyi için sargılanmış betona ait maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi değeri 0.004 olarak alınacaktır.

(b) Kontrollü Hasar (KH) düzeyi için sargılanmış betona ait maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi değeri, TBDY Denk.(15B.8) ile hesaplanan ϵ_{cc} değerinin %75’i olarak alınacaktır.

(c) Göçmenin Önlemesi Hasar (GÖ) düzeyi için sargılanmış betona ait maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi değeri, LP ile sargılanmış beton şekildeğiştirmesi (ϵ_{cc}) değerine eşit olarak alınacaktır.

(d) Kesit düzeyinde hasar değerlendirmesinde yukarıda verilen hasar sınırları ve donatı çeliğinin birim uzama değerleri TBDY Bölüm 15.7’de belirtilen üst sınırları aşmayacaktır.

4.3.5. Boyuna Donatı Bindirme Boyu Yetersizliği ve Burkulmasını Önlemek İçin Lifli Polimer ile Sargılama

4.3.5.1. Genel

4.3.5.1.1 – Bu bölüm, boyuna donatı bindirme boyu yetersizliğini gidermek veya boyuna donatının basınç altında burkulmasını önlemek için LP kompozitlerle yapılan sargılama uygulamalarının hesap ve tasarım prensiplerini ele almaktadır.

4.3.5.1.2 – LP sargılama ile boyuna donatılarında yeterli bindirme boyu sağlanmamış elemanlarda gerilme aktarımının geliştirilmesi sağlanabilir. Bu güçlendirme uygulaması BA elemanlarda eğilme davranışının iyileştirilmesi ve ani göçme modlarının önlenmesi amacıyla uygulanır. Boyuna donatı bindirme yetersizliğinin giderilmesine yönelik güçlendirme için BA eleman mevcut boyuna donatılarının nervürlü olması zorunludur; düz yüzeyli donatıların bulunduğu elemanlarda bindirme boyu yetersizliğine yönelik bu güçlendirme yöntemi uygulanmayacaktır.

4.3.5.1.3 – Kesit boyut oranının (uzun kenar/kısa kenar) ikiden büyük olduğu dikdörtgen enkesitli elemanlarda LP sargılama etkinliği azalacağından, bu tip elemanlarda bindirme boyu yetersizliğinin giderilmesi için LP sargılama yöntemi kullanılamaz.

4.3.5.1.4 – Mevcut enine donatı aralıklarının büyük olduğu BA yapı elemanlarında bazı durumlarda TBDY tarafından mevcut sargısız beton için izin verilen birim kısalma sınırı aşılmadan basınç bölgesinde yer alan boyuna donatılar burkulabilmektedir. Bu durumun engellenmesi için LP ile sargılama kullanılabilir.

4.3.5.1.5 – Burkulma önleme amaçlı LP sargılama, plastik mafsallarda asgari TBDY 7.3.4.1 'de tanımlanan özel sarılma bölgeleri uzunluğu kadar uygulanmalıdır.

4.3.5.1.6 – Bu bölümde yer alan uygulamalar, **4.3.4**'te belirtilen LP ile sargılama ilke ve koşullarına ek gereksinimleri içermektedir. Farklı güçlendirme amaçlarına yönelik gerçekleştirilen tasarım hesaplamalarından belirlenen LP sargılama kalınlıklarından büyük olanı uygulanmalıdır.

4.3.5.2. Boyuna Donatı Bindirme Yetersizliği için Etkili Sargılama Kalınlığının Hesabı

4.3.5.2.1 – Boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu BA elemanlarda gerekli LP etkili kalınlığı TBDY Denk.(15B.9) ile hesaplanacaktır. Enine donatıda 0.001 birim uzamaya karşı gelen yanal basınç (f_{hs}) TBDY Denk.(15B.10) ile, enine donatı ve LP'nin birlikte sağlaması gereken toplam yanal basınç (f_{lms}) TBDY Denk.(15B.11) ile belirlenerek TBDY Denk.(15B.9)'da kullanılacaktır. Bu hesaplarda LP kompozit özellikleri olarak 4.3.1.4.1'e göre belirlenen karakteristik özellikler kullanılacaktır.

4.3.5.2.2 – Bu denklemde yer alan mevcut yapısal elemanlara ait büyüklükler, **Bölüm 3**'e göre belirlenen malzeme özellikleri ve geometri kullanılarak belirlenecektir.

4.3.5.3. Boyuna Donatı Burkulmasını Önleme için Etkili Sargılama Kalınlığının Hesabı

4.3.5.3.1 – Boyuna donatıların erken burkulmasını önlemek amacıyla gerekli olan LP sargı kalınlığı **Denk.(4.3.7)** ile hesaplanır.

$$t_f = \frac{0.45n_b f_{ym}^2 d}{4E_f E_{ds}} \quad (4.3.7)$$

4.3.5.3.2 – Boyuna donatıların indirgenmiş elastisite modülü (E_{ds}) **Denk.(4.3.8)** ile hesaplanır.

$$E_{ds} = \frac{4E_s E_i}{(\sqrt{E_s} + \sqrt{E_i})^2} \quad (4.3.8)$$

4.3.6. Lifli Polimer ile Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi

4.3.6.1. Genel

4.3.6.1.1 – Bu bölüm, BA binalarda kolon-kiriş birleşim bölgelerinin LP kompozitler kullanılarak güçlendirilmesine ilişkin hesap ve tasarım esaslarını kapsamaktadır.

4.3.6.1.2 – Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin LP ile güçlendirilmesi, birleşim bölgelerinde enine donatıların bulunmaması veya yetersiz olması durumunda uygulanabilir.

4.3.6.1.3 – Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin LP ile güçlendirilmesi, birleşim bölgesindeki asal çekme gerilmelerinin karşılanmasına yönelik olarak gerçekleştirilerek birleşim bölgesinde meydana gelebilecek gevrek göçmenin önlenmesi amacıyla yapılmaktadır.

4.3.6.1.4 – LP ile kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi yapışma kritik uygulama olarak gerçekleştirildiğinde, LP ile güçlendirme yapılacak elemanlar **4.3.3.1.3**'te belirtilen dayanım sınırlarını ve **12.4**'te belirtilen uygulama koşullarını sağlamalıdır.

4.3.6.1.5 – Birleşim bölgesindeki LP güçlendirmenin etkin olabilmesi ve kuvvet aktarımının sağlanabilmesi için, LP uçlarının uygun şekilde ankrajlanması gerekmektedir. Yeterli ankrajın sağlanamadığı durumlarda, LP'nin kesme dayanımına katkısı 0.75 katsayısı ile azaltılmalıdır.

4.3.6.2. Birleşim Bölgesinde Lifli Polimer ile Güçlendirme Tasarımı

4.3.6.2.1 – Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgesindeki kesme kuvveti (V_e), TBDY Denk.(7.11) ile hesaplanacaktır.

4.3.6.2.2 – LP tarafından karşılanması gereken asal çekme gerilmesi ($p_{td,f}$) **Denk.(4.3.9)** ile hesaplanır.

$$p_{td,f} = -\frac{n_a}{2} + \sqrt{\left(\frac{n_a}{2}\right)^2 + v_{j,h}^2} - k\sqrt{f_{cm}} \quad (4.3.9)$$

Burada;

$n_a = N/(b_j \cdot h_c)$: Birleşim kesitindeki eksenel gerilme [MPa],

$v_{j,h} = V_e/(b_j \cdot h_c)$: Birleşim kesitindeki kayma gerilmesi [MPa],

b_j : TBDY 7.5.2'ye göre belirlenmiş ilgili deprem doğrultusundaki birleşim genişliği [mm],

h_c : Kolonun ilgili deprem doğrultusuna paralel kenar uzunluğu [mm],

k : Birleşim bölgesindeki mevcut kesme kapasitesi katsayısıdır. (nervürlü donatılı birleşimler için $k=0.30$, düz donatılı birleşimler için $k=0.20$).

4.3.6.2.3 – LP uygulamasının çekme dayanımına katkısı **Denk.(4.3.10)** ile hesaplanır.

$$p_{t,f} = \frac{A_f E_f \epsilon_f}{b_j (h_c / \sin \theta)} \quad (4.3.10)$$

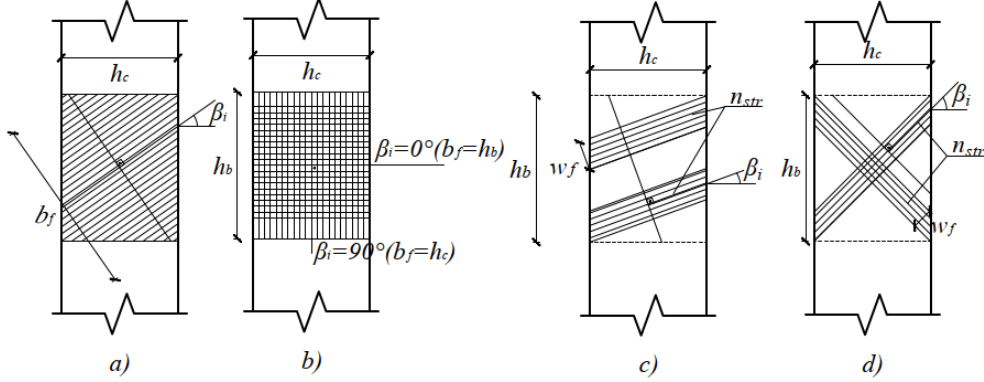
Beton çekme-basınç çubuğunun kiriş eksenine göre açısı $\theta = \arctan(h_b/h_c)$ şeklinde hesaplanabilir.

4.3.6.2.4 – LP ile güçlendirme uygulanan birleşim bölgelerinde TBDY 7.5.2.2'de belirtilen diyagonal basınç gerilmesine yönelik koşullar kontrol edilmelidir.

4.3.6.3. Lifli Polimer Eşdeğer Alan Hesabı

4.3.6.3.1 – LP güçlendirmenin eşdeğer alanı (A_f), lif yönelimlerine bağlı olarak **Denk.(4.3.11)** ile hesaplanır. **Şekil 4.3.4**'te kiriş-kolon birleşim bölgelerinde LP düzenlerine ait örnekler verilmiştir.

$$A_f = \sum_i^n (A_{fi} \sin(\theta + \beta_i)) \quad (4.3.11)$$



Şekil 4.3.4.

4.3.6.3.2 – Farklı LP lif yerleşim düzenleri için eşdeğer alan hesabı **Denk.(4.3.12)**'te verilmiştir. Güçlendirilen birleşim yüzeylerinin sayısı (n_s): tek yüzey güçlendirildiğinde $n_s=1$, iki yüzey güçlendirildiğinde $n_s=2$ olarak alınır (**Şekil 4.3.5**).

(a) Tek eksenli kumaş yatay lifler için ($\beta = 0^\circ$):

$$A_f = n_s n_f t_f h_b \sin \theta \quad (4.3.12a)$$

(b) Tek eksenli kumaş düşey lifler için ($\beta = 90^\circ$):

$$A_f = n_s n_f t_f h_c \cos \theta \quad (4.3.12b)$$

(c) İki eksenli kumaş (yatay ve düşey lifler):

$$A_f = n_s n_f t_f h_c \cos^2 \theta (1 + \tan^2 \theta) \quad (4.3.12c)$$

(d) Tek eksenli kumaş ile diyagonal sargılama ($\beta = \theta$):

$$A_f = n_s n_f t_f h_b \sin 2\theta \quad (4.3.12d)$$

4.3.6.3.3 – Aralıklı LP şerit uygulaması durumunda, eşdeğer alan hesabı **Denk.(4.3.13)**'te verilmiştir.

$$A_f = n_s n_f t_f b_f \quad (4.3.13)$$

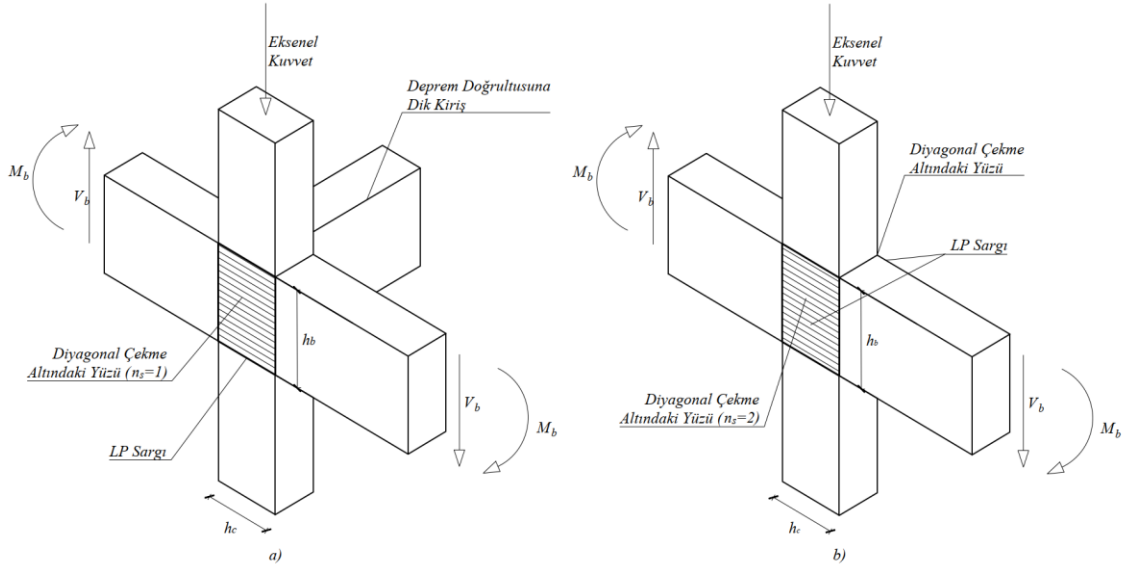
4.3.6.3.4 – LP şeritlerin eşdeğer genişliği, yerleşim açısı ve şerit sayısına bağlı olarak **Denk.(4.3.14)** ile hesaplanır.

(a) Yatay lifler için ($\beta = 0^\circ$):

$$b_f = \frac{(w_f n_{str})^2 \cos \theta}{h_b} \quad (4.3.14a)$$

(b) Düşey lifler için ($\beta = 90^\circ$):

$$b_f = \frac{(w_f n_{str})^2 \sin \theta}{h_c} \quad (4.3.14b)$$



Şekil 4.3.5.

4.3.6.4. Birleşim Bölgelerinin Güçlendirmesi için Lifli Polimer Etkin Birim Uzama Değeri

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde LP etkin birim uzaması (ε_f) Denk.(4.3.15) ile hesaplanır.

$$\varepsilon_f = \min \left(\frac{\eta_\zeta \varepsilon_{fu}}{\gamma_f}; 0.004; 34 \left(\frac{f_{cm}^{(2/3)}}{A_f E_f} \right)^{0.6} \right) \quad (4.3.15)$$

4.3.7. Lifli Polimerler ile Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi

4.3.7.1. Genel

4.3.7.1.1 – Bu bölüm, BA perdelerin LP kullanılarak deprem etkisi altında güçlendirilmesine ilişkin hesap ve tasarım esaslarını kapsamaktadır.

4.3.7.1.2 – BA perdelerin LP ile güçlendirilmesi, düzlem içi kesme dayanımını artırarak gevrek kesme göçmesini önlemek ve perde uç bölgelerini sargılayarak sünek davranışı geliştirmek ve şekilgeçirme kapasitesini artırmak için yapılır.

4.3.7.1.3 – LP ile yapışma kritik perde güçlendirmesi uygulamalarında 4.3.3.1.3'te belirtilen dayanım sınırları ve 12.4'te belirtilen uygulama koşulları sağlanmalıdır.

4.3.7.1.4 – Bu bölümde verilen kurallar, düzlem içi yükler etkisindeki dikdörtgen enkesitli perdeler için geçerlidir. Enkesit şekli I, T, L, U veya C olan perdeler için bu kurallar, kesit geometrisi ve kuvvet aktarımı dikkate alınarak uygulanacaktır.

4.3.7.1.5 – Tek yüzeyli LP uygulaması ile kesme etkilerine karşı güçlendirme sadece perdenin her iki yüzeyine ulaşmanın mümkün olmadığı zorunlu koşullarda uygulanmalıdır.

4.3.7.2. Lifli Polimer ile Güçlendirilmiş Perdelerde Kesme Dayanımının Hesabı

4.3.7.2.1 – LP ile güçlendirilen BA perdelerin kesme dayanımı, **4.3.3.2**'de verilen genel esaslar çerçevesinde **Denk.(4.3.16)** ile hesaplanacaktır.

$$V_r = V_c + V_w + V_{f,perde} \leq V_{maks} \quad (4.3.16)$$

4.3.7.2.2 – Betonun ve enine donatının kesme dayanımına katkıları ile kesme dayanımı üst sınırı (V_c , V_w ve V_{maks}) TBDY Bölüm 7.6.7 hükümlerine göre hesaplanacaktır.

4.3.7.2.3 – LP'nin perde kesme dayanımına katkısı ($V_{f,perde}$), perde boyunca yatay doğrultuda yerleştirilen LP şeritlerin toplam katkısı olarak **Denk.(4.3.17)** ile hesaplanacaktır.

(a) İki yüzeyli güçlendirme için:

$$V_{f,perde} = \frac{A_{f,perde} E_f \epsilon_f d_p}{\gamma_d S_f} \quad (4.3.17a)$$

(b) Tek yüzeyli güçlendirme için:

$$V_{f,perde} = 0.75 \frac{A_{f,perde} E_f \epsilon_f d_p}{\gamma_d S_f} \quad (4.3.17b)$$

4.3.7.2.4 – LP etkin birim uzama değeri (ϵ_f) **Denk.(4.3.3)** ve **Denk.(4.3.4)**'ten hesaplanacaktır.

4.3.7.2.5 – Perdenin etkin derinliği (d_p), aşağıdaki **(a)** – **(c)**'de verilen kurallara göre belirlenecektir.

(a) Plastik mafsall oluşumu öngörülmeleyen bölgelerde: $d_p = 0.8L_w$

(b) Uç bölgeleri **4.3.7.3**'e göre sargılanmış plastik mafsall bölgelerinde: $d_p = L_w$

(c) Sargılanmamış plastik mafsall bölgelerinde: $d_p \leq \min(0.8L_w, L_{ank})$

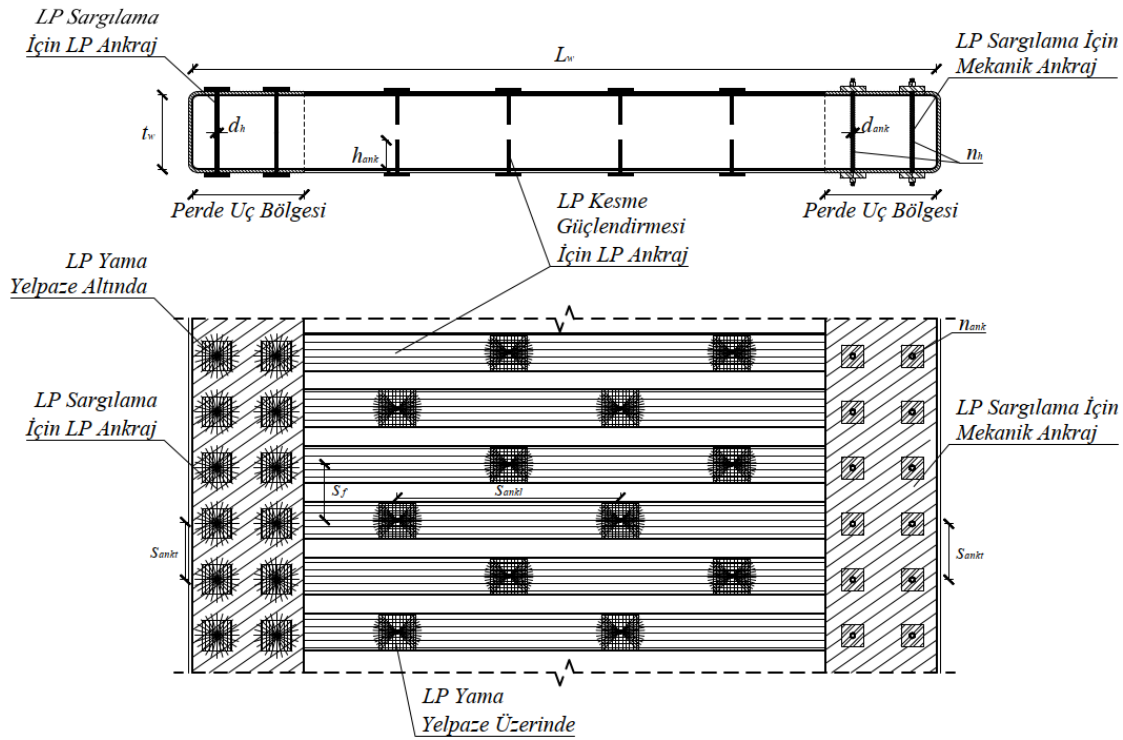
4.3.7.3. Perde Uç Bölgelerinin LP ile Sargılanması

4.3.7.3.1 – Perde uç bölgelerinde sargılamanın yetersiz olması durumunda beton şekildeğiştirme kapasitesinin arttırılabilmesi amacıyla, perde uç bölgelerinde LP ile sargılama yapılabilir. Perde uç bölgesi uzunluğu TBDY 7.6.2'ye göre belirlenecektir.

4.3.7.3.2 – LP sargılama ile perde uç bölgelerindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi en fazla 0.01 değerine kadar arttırılabilir.

4.3.7.3.3 – Perde uç bölgelerinin LP ile sargılanması perdenin tamamına tam sargı şeklinde olabileceği gibi sadece uç bölgesine U şeklinde uygulanabilir (Şekil 4.3.6). U şeklinde bir uygulama yapıldığında LP sargılama uç bölgesi sonrasında **Denk.(4.3.4b)** ile hesaplanan etkin yapışma boyunun üç katından fazla olmalıdır. Bu yapışma bölgelerinde sargılama etkinliğinin artırılmasına yönelik **4.3.9**'da tanımlanan ankrajlar kullanılmalıdır.

4.3.7.3.4 – Perde uç bölgelerinin lifli polimer ile sargılanmasında, sargı uygulaması ve kapasite hesaplamaları **4.3.4**'te verilen esaslara göre yapılacaktır. Sargılanan uç bölgelerinde sargılı betonun basınç dayanımı ve şekildeğiştirme kapasitesi artışı hesaplanarak perde moment kapasitesi ve şekildeğiştirme taleplerinin kontrolünde kullanılacaktır.



Şekil 4.3.6

4.3.7.4. Uygulama Detayları ve Düzenleme Kuralları

4.3.7.4.1 – Perde kesme güçlendirmesi için LP şeritleri yatay doğrultuda yerleştirilecek, aralıklı uygulamalarda şerit aralığı (s_f) perdenin uzunluğunun beşte birinden ($L_w/5$), perde kalınlığının üç katından ($3b_w$) ve 450 mm'den fazla olmayacaktır. Şeritler arasındaki net açıklık perde etkin derinliğinin dörtte birinden ($d_p/4$) fazla olmamalıdır.

4.3.7.4.2 – Perde köşelerindeki gerilme yığılmalarını önlemek amacıyla minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatma yapılmalıdır.

4.3.7.4.3 – Kesme etkilerine karşı perde güçlendirmesinde, lifli polimerin sıyrılmasının önlenmesi için perde gövdesinde ankrajlar kullanılmalıdır (Şekil 4.3.5). Ankrajlar **4.3.9**'daki koşulları sağlayacak ve perde yüksekliğince şaşırtmalı olarak yerleştirilecektir. Ankraj kullanılmayan durumlarda lifli polimer kesme dayanımı katkısı 0.75 ile azaltılacaktır.

4.3.8. Lifli Polimer ile Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi

4.3.8.1. Genel

4.3.8.1.1 – Bu bölüm, BA çerçeve içindeki dolgu duvarların LP kompozitler kullanılarak güçlendirilmesine ilişkin hesap ve tasarım esaslarını kapsamaktadır.

4.3.8.1.2 – LP ile dolgu duvar güçlendirmesi, dolgu duvarlarının düzlem içi rijitliği ve kesme dayanımının artırılması, duvarın BA çerçeve ile birlikte etkileşiminin iyileştirilmesi ve yapının genel yanal rijitliğine katkı sağlanması amacıyla uygulanır.

4.3.8.1.3 – Bu güçlendirme yöntemi tek başına uygulandığında, bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda kullanılabilir.

4.3.8.1.4 – Güçlendirme sonrasında oluşacak rijitlik ve dayanım değişimlerinin yapının genel davranışına etkisi değerlendirilmeli ve gerekiyorsa diğer yapı elemanlarında da güçlendirme önlemleri alınmalıdır.

4.3.8.2. Uygulama Koşulları ve Sınırlamalar

4.3.8.2.1 – LP ile güçlendirilen dolgu duvarlar; köşegen uzunluğunun kalınlığına oranının 30'dan küçük olması, uzunluğunun yüksekliğine oranının 0.5 ile 2.0 arasında olması, temel üstünden bina tepe seviyesine süreklilik göstermesi koşullarını sağlamalıdır.

4.3.8.2.2 – Duvar yüzey alanına oranı %10'u geçmeyen boşlukların bulunması, köşegen basınç çubuğu oluşumunu engellemediği sürece kabul edilebilir.

4.3.8.2.3 – LP ile dolgu duvar güçlendirmesinde duvarın iki tarafından köşegen LP şeritlerin düzenlenmesi ve köşe bölgelerde kuvvet aktarımına yönelik LP şeritlerin uygulaması TBDY Ek 15C'de belirtilen esaslara göre uygulanacaktır.

4.3.8.2.4 – Mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. LP ile dolgu duvar güçlendirmesinde ankraj gereksinimleri değerlendirilirken TBDY Ek 15C'de ankrajlar için belirtilen kurallar ile birlikte 4.3.9'da verilen esaslar dikkate alınacaktır.

4.3.8.2.5 – Uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır.

4.3.8.3. Lifli Polimer ile Güçlendirilen Dolgu Duvarların Modelleme Esasları

4.3.8.3.1 – LP ile güçlendirilmiş dolgu duvarları **Bölüm 3**'e göre oluşturulan bina hesap modelinde köşegen basınç ve çekme çubukları çifti ile temsil edilecektir.

4.3.8.3.2 – Köşegen basınç çubuğunun rijitlik ve dayanım hesapları TBDY Ek 15C.2.1'e göre yapılacaktır.

4.3.8.3.3 – Çekme çubuğunun çekme dayanımının ve eksenel rijitliğinin hesaplanmasında, sırasıyla TBDY Denk.(15C.6) ve TBDY Denk.(15C.7) kullanılacaktır.

4.3.8.4. Lifli Polimer Etkin Birim Uzama ve Dayanım Hesabı

4.3.8.4.1 – LP etkin birim uzaması dolgu duvar güçlendirme uygulamalarında 0.003 olarak alınacaktır. Modellemede kullanılan çekme çubuğunun kapasitesi bu şekilde değiştirmeye göre hesaplanacaktır.

4.3.8.4.2 – LP ile güçlendirilmiş dolgu duvarın kesme dayanımı, köşegen çubuğun eşdeğer basınç kuvveti dayanımının yatay bileşeni olarak hesaplanacaktır.

4.3.8.4.3 – Dolgu duvar malzemesinin elastisite modülü, basınç ve kayma dayanımlarında TBDY Denk.(15C.5)’de verilen değerler göz önüne alınacaktır.

4.3.9. Lifli Polimer Güçlendirme Uygulamaları için Ankraj Sistemleri

4.3.9.1. Genel

4.3.9.1.1 – Bu bölümde mevcut BA yapı elemanlarının LP kompozitler ile güçlendirilmesinde kullanılan ankraj sistemlerinin tasarım esasları, uygulama kuralları ve sağlamaları gereken asgari koşullar tanımlanmıştır.

4.3.9.1.2 – Ankraj sistemleri, LP kompozitlerin beton yüzeyinden erken ayrılmasını önlemek, kuvvet aktarımını ve LP güçlendirmelerinin etkinliğini artırmak amacıyla kullanılır. Özellikle tam sargının sağlanamadığı yapışma kritik uygulamalarda, direkt çekme veya çok yönlü gerilme etkisindeki uygulamalarda ve sargı etkinliğinin artırılmasına yönelik uygulamalarda ankraj sistemleri kritik öneme sahiptir.

4.3.9.1.3 – Ankraj sistemleri malzeme türüne göre aşağıda (a) ve (b)’de verilen iki kategoride sınıflandırılır.

(a) LP Ankrajlar: Bir ucu beton içine gömülü reçine emdirilmiş liflerden ve diğer ucu yelpaze şeklinde açılarak LP kompozitin yüzeyine yapıştırılan liflerden oluşan bağlantı elemanlarıdır.

(b) Mekanik Ankrajlar: Bir ucu kimyasal veya mekanik sistemle beton içine gömülü çelik çubuk ve diğer ucu metal plaka ve somun ile LP kompoziti sabitleyen bağlantı elemanlarıdır.

4.3.9.1.4 – Ankraj sistemleri, gömüldükleri beton ile ankraj çubuğu arasındaki aderans gerilmeleri, mekanik etkileşim ve ankraj yelpazesi/plakası ile LP kompozit arasındaki gerilmeler vasıtasıyla kuvvet aktarımı sağlar. Ankraj performansı, gömme derinliği, delik hazırlığı, yelpaze/plaka geometrisine ve malzeme uyumluluğuna bağlıdır.

4.3.9.2. Lifli Polimer Ankraj Sistemleri

4.3.9.2.1 – Bu bölümdeki tüm hesaplamalar lamine edilmiş LP kompozite ait büyükler ve brüt kesit geometrileri esas alınarak yapılacaktır. Net (Kuru) lif özellikleri kullanılmamalıdır. LP ankrajlarının birim uzunluk başına kuru lif ağırlığı **Denk.(4.3.18)**’da verilen koşulu sağlamalıdır.

$$\lambda_{ank} \geq \frac{A_{ank}\gamma_{kom}}{t_f} \quad (4.3.18)$$

4.3.9.2.2 – LP ankrajlarının alanı 775 mm²’yi geçmeyecektir. Tek LP ankrajı ile ankrajlanan liflere dik doğrultudaki LP kompozit genişliği (w_{ank}) 250 mm’yi geçmeyecektir. Sürekli LP

uygulamalarında da tek bir ankrajın etkili olduğu LP genişliği 250 mm olarak göz önüne alınacaktır. LP ankraj delikleri, beton kenarından en az ankraj gömme derinliği (h_{ank}) kadar, ankrajlanan LP ucundan ise en fazla 25 mm uzaklıkta açılacaktır (Şekil 4.3.7).

4.3.9.2.3 – LP ankrajları yelpaze açılımı geometrisine göre tek yönlü yelpaze, çift yönlü yelpaze ve radyal yelpaze şeklinde uygulanır. Tek ve çift yönlü yelpazelerde LP ankraj lifleri LP kompozit lifleri doğrultusunda, radyal yelpazelerde LP ankraj lifleri delik etrafında tüm yönlerde radyal olarak açılır. LP ankrajları tek uçlu ankrajlar (bir ucu gömülü, diğer ucu yelpaze şeklinde açılan) ve çift uçlu ankrajlar (eleman kalınlığı boyunca geçen, her iki ucu da yelpaze şeklinde açılan) olmak üzere iki şekilde uygulanabilir.

4.3.9.2.4 – LP ankraj yelpaze açısı (α_{ank}), düzlem içi ankrajlarda 60° 'yi, düzlem dışı ankrajlarda 90° 'yi geçmeyecektir. LP ankraj yelpazesi, ankrajladığı LP genişliğinin (w_{ank}) her iki tarafına en az 10 mm taşacak şekilde yerleştirilecektir. LP ankraj gömme açısı (β_{ank}) 90° ile 180° arasında olacaktır (Şekil 4.3.6). Çift uçlu ankrajlarda gömme açısı 90° olarak alınacaktır.

4.3.9.2.5 – LP ankraj gömme derinliği (h_{ank}) (Şekil 4.3.7) plastik mafsallık bölgeleri dışında en az 100 mm ve $7A_{ank}^{0.5}$ değerlerinden büyük olanı kadar net beton örtüsünü geçecektir. Plastik mafsallık bölgelerinde aşağıda (a) – (c)'de verilen koşullar sağlanacaktır.

- (a) En az 150 mm ve $7A_{ank}^{0.5}$ değerlerinden büyük olanı kadar net beton örtüsünü geçecektir.
- (b) BA elemanın eğilme dayanımına ulaşıldığı durumdaki, tarafsız eksen basınç bölgesi derinliğinin en az 2/3 derinliğinde olacaktır.
- (c) Eleman kalınlığının yeterli gömme derinliğine izin vermediği durumlarda, eleman kalınlığı boyunca geçerek her iki yüzde yelpaze şeklinde açılan çift uçlu ankrajlar kullanılacaktır.

4.3.9.2.6 – LP ankraj delik çapı (d_h), brüt kompozit ankraj çapından (d_{ank}) en az 3 mm ve en çok 10 mm daha büyük olacaktır. Delik ağzı kenarları, lifli polimerin yelpaze şeklinde açıldığı geçiş bölgesinde minimum 10 mm genişliğinde ve $0.7d_h$ yarıçapında yuvarlatılacak veya pahlanacaktır (Şekil 4.3.7).

4.3.9.2.7 – Yapışma kritik uygulamalar için LP ankrajların lif doğrultusundaki aralığı (s_{ankl}), ankrajlanan LP kompozitin etkin birim çekme şekildeğiştirmesi (ϵ_f) ile Denk.(4.3.19)'ye göre belirlenecek ancak 1000 mm'den daha büyük olmayacaktır. Düzlem içi LP ankrajların brüt lamine ankraj alanı (A_{ank}) hesabı tek ve çift yönlü yelpaze ankrajlar için sırasıyla (a) ve (b) maddelerinde verilmiştir. Bu hesabın geçerli olabilmesi için (c)'de verilen koşul sağlanacaktır. Denk.(4.3.20)'de verilen ankraj alanı katsayısı (R_a) $w_{ank} \leq 150$ mm için 1.50, $w_{ank} = 250$ mm için 2.00 değerini alacak, ara değerler için doğrusal interpolasyon uygulanacaktır. Düzlem içi etkiler için LP ankraj yelpaze uzunluğu (s_{yel}) Denk.(4.3.21)'yi sağlayacaktır.

$$s_{ankl} \leq 4.6/\epsilon_f \quad (4.3.19)$$

(a) Tek yönlü yelpaze ankrajlar için:

$$A_{ank} \geq \frac{1.5\epsilon_f}{\epsilon_{fu}} R_a (n t_f w_{ank}) \quad (4.3.20a)$$

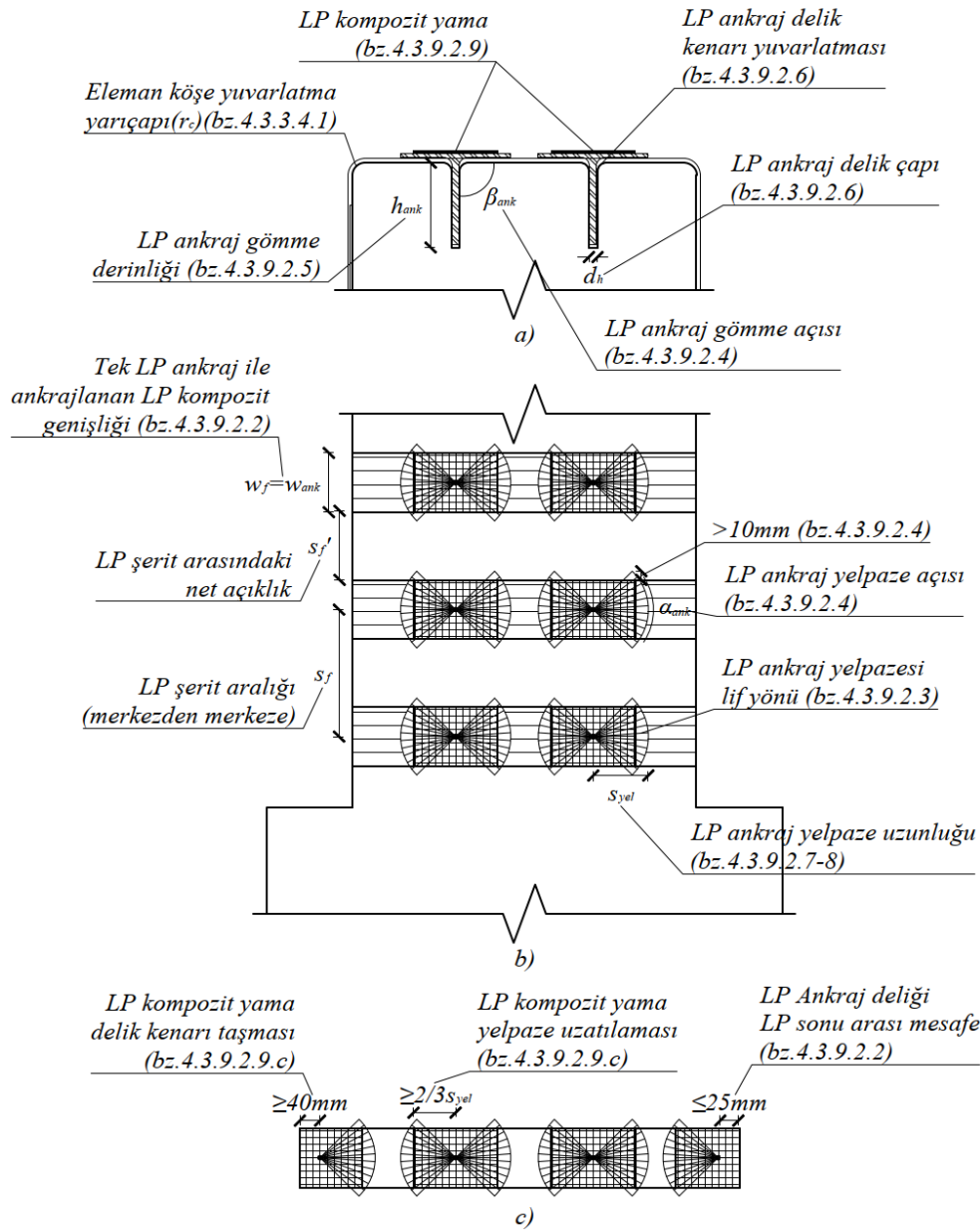
(b) Çift yönlü yelpaze ankrajlar için:

$$A_{ank} \geq \frac{1.5\varepsilon_f}{\varepsilon_{fu}} 2R_a(n t_f w_{ank}) \quad (4.3.20b)$$

(c) Gerekli koşul:

$$0.3 \leq 1.5(\varepsilon_f/\varepsilon_{fu}) \leq 1 \quad (4.3.20c)$$

$$s_{yel} \geq \frac{N_b t_f f_{fu}}{B_{CL}} \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{fu}} \quad (4.3.21)$$



Şekil 4.3.7.

4.3.9.2.8 – Sargılama için kullanılan her bir LP ankrajının brüt lamine ankraj alanı **Denk.(4.3.22)**'e göre belirlenecektir. Kesit boyutu 350 mm'den küçük olan doğrultularda düzlem dışı ankraj kullanımı gerekli değildir. Bu ankrajlar, TBDY Bölüm 7'de süneklik düzeyi yüksek elemanlar için tanımlanan sargılama bölgesi uzunluğu içinde eleman boyunca yerleştirilecektir. Kesit boyutu 350 mm'den küçük olan doğrultularda düzlem dışı ankraj kullanımı gerekli değildir. Eleman boyunca liflere dik doğrultusundaki aralık (s_{ankt}) 250 mm ve $w_{ank}+100$ boyutlarından küçük olanını geçmeyecektir; plastik mafsal bölgelerinde bu aralık 150 mm'yi geçmeyecektir. Yatay doğrultudaki aralık (s_{ankl}) ise 250 mm veya boyuna donatılar arası en küçük mesafenin 2 katından daha büyük olmayacaktır. Ankraj kuvvetlerinin çevresel olarak düzgün dağılımı sağlanacaktır. LP ankraj yelpazeleri, ankraj delik etrafında tüm yönlerde radyal olarak açılabilir veya çift yönlü yelpaze şeklinde uygulanabilir. Düzlem dışı etkiler için radyal yelpazeli LP ankrajların, ankrajlanan LP lifleri doğrultusunda en az $0.5s_{ankl}$ ve LP liflerine dik doğrultuda en az $0.5s_{ankt}$ boyutunda yelpaze uzunluğu sağlanmalıdır. LP ankrajların sargılama etkinliğini artırdığı ve mevcut elemanın süneklik taleplerinin karşılandığı **4.3.4**'e göre hesapla gösterilecektir.

$$A_{ank} \geq 0.8n t_f w_{ank} \quad (4.3.22)$$

4.3.9.2.9 – Ankraj delikleri mümkün olduğu kadarıyla LP uygulaması öncesinde delinmeli, LP uygulaması esnasında yapıştırıcı dolmaması için uygun tıpalarla kapatılmalı ve uygulama öncesinde tozdan arındırılarak temizlenmelidir. Lif demeti ankraj deliğine yerleştirilmeden önce uygun çap ve uzunlukta hazırlanmalı, delik içi reçine ile doldurulmalı ve hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Delikten çıkan lif uçları LP uygulaması yüzeyinde belirtilen geometrik sınırlar içinde yelpaze şeklinde açılmalı ve epoksi reçine ile yapıştırılmalıdır. Tüm LP ankraj yelpazeleri üzerine aşağıda **(a) – (d)**'de verilen koşulları sağlayan LP kompozit yamalar uygulanacaktır.

(a) Ankraj yelpazesi ankrajlanan LP kompozit tabakaları arasına yerleştirileceği durumda, LP liflerine dik yönde lifli tek yama uygulanacaktır.

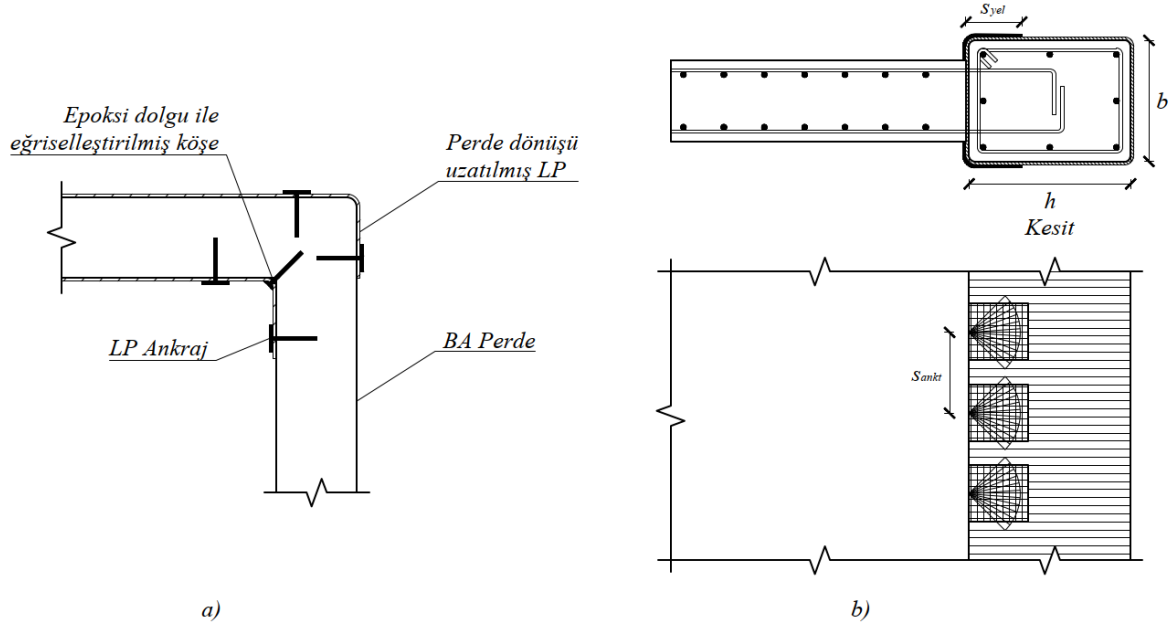
(b) Yelpazelerin LP kompozit en üst yüzüne yerleştirileceği durumlarda iki yama uygulanacaktır. Bir yama ankrajlanan LP liflerine dik yönde, ikinci yama ankrajlanan LP liflerine paralel yönde olacaktır.

(c) Yamalar LP ankraj ile aynı lif ve reçine malzemesinden yapılacak, en az ankrajlanan LP genişliği (w_{ank}) kadar uzanacak, LP lif doğrultusunda her yelpaze uzunluğunun en az 2/3'ü kadar uzanacak ve ankraj delik kenarından tüm yönlerde en az 40 mm taşacaktır.

(d) LP yamalar ve ankrajlar, LP kompozit tam olarak kürlenmeden uygulanmalıdır.

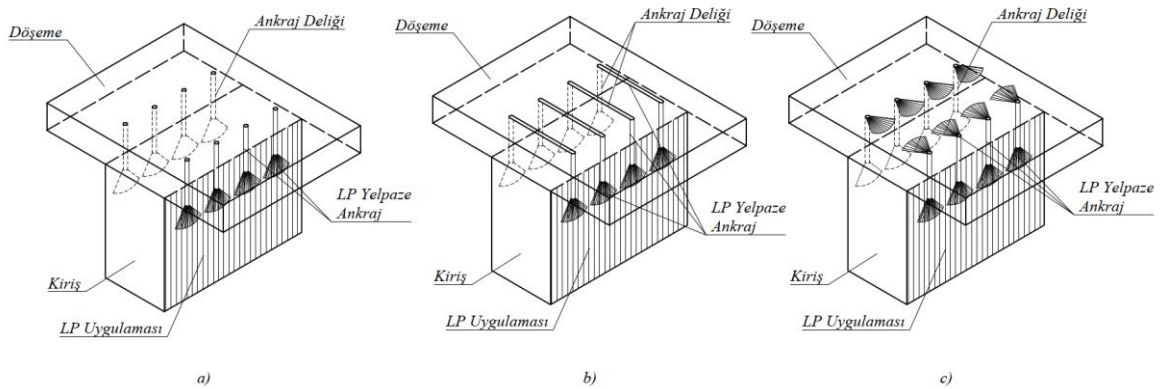
4.3.9.2.10 – Enkesit şekli I, T, L, U veya C olan BA perdeler ve dikdörtgen kesite sahip olmayan BA kolonların girinti-çıkıntı oluşturan bütün köşelerinde ilave LP ankrajlar kullanılarak LP uygulamalarının etkinliği artırılmalıdır. Bu tip köşelerde LP uygulaması öncesi köşe yuvarlatma veya epoksi dolgu ile LP uygulaması için eğriselleştirilmiş geçiş geometrileri sağlanmalıdır (**Şekil 4.3.8a**).

4.3.9.2.11 – LP sargılama uygulamalarında yapısal engellerden dolayı tam sargı sağlanması mümkün olmayan zorunlu durumlarda, çift uçlu LP ankrajlar ile sargılama sürekliliği sağlanacaktır (**Şekil 4.3.8b**). Bu LP ankrajlar, en az LP sargılamanın etkin birim şekildeğiştirme değerini geliştirebilecek ve gerilme aktarımı sürekliliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.



Şekil 4.3.8.

4.3.9.2.12 – U-sargı kesme güçlendirmesi uygulamalarında, döşeme üstünden geçen LP ankrajlarla etkinlik önemli ölçüde artırılabilir. Döşeme üstüne erişimin kısıtlı olduğu durumlarda, kesme güçlendirmesi için yelpaze şekilli ankrajlar çeşitli konfigürasyonlarda uygulanabilir (Şekil 4.3.9). U-sargı uygulamalarında LP ankrajlar en az sargı tarafından aktarılan gerilmeleri karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve U-sargı kollarının etkin birim şekildeğiştirme değerini geliştirebilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 4.3.9.

4.3.9.3. Lifli Polimer sistemler için Mekanik Ankraj Sistemleri

4.3.9.3.1 – Mekanik ankrajlar, bir ucu kimyasal veya mekanik sistemle beton içine gömülü çelik çubuk ve diğer ucu metal plaka ve somun ile LP kompoziti sabitleyen bağlantı elemanlarıdır. Ankraj sisteminin tüm bileşenlerinin dayanımı, sabitlenen LP kompozitin çekme dayanımından

daha yüksek olmalıdır. Metal plakayı sıkıştırarak elde edilen ankraj basınç kuvveti, LP kompozitin kaymasını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Tek bir dişli çelik çubuğun sıkıştırma kuvveti **Denk.(4.3.23)**'ü sağlayacaktır. Tek bir dişli çelik çubuğun sıkıştırma yükü (N_1) TS EN 1992-4'e göre belirlenecek ankraj dayanımından küçük olmalıdır.

$$N_1 = \frac{0.15T_s}{d_{ank}} \quad (4.3.23)$$

4.3.9.3.2 – Mekanik ankrajların tasarımında ve uygulanmasında, TS EN 1992-4'te belirtilen gereksinimler uygulanacaktır. Ankraj sisteminin tüm bileşenleri (plakalar, çubuklar, somunlar) ilgili yönetmeliklerde veya standartlarda verilen esaslara göre tasarlanacak ve doğrulanacaktır.

4.3.9.3.3 – Mekanik ankraj çubuğunun minimum çapı 12 mm olacaktır. Ankraj derinliği çubuk çapının 10 katından az olmayacaktır. Yapışma kritik uygulamalarda metal ankraj plakasının boyutları, ankrajlanan LP kompozit genişliğinin tamamını kapsayacak şekilde belirlenecektir. Sargılama etkinliğinin artırılması amacıyla kullanılan mekanik ankrajlarda, metal ankraj plakası boyutları minimum 50×50 mm olacaktır. Plaka kalınlığı, tasarım kuvvetlerini güvenle aktarabilecek yeterlikte ve minimum 10 mm olacaktır.

4.3.9.3.4 – Ankraj delikleri, beton kenarından minimum ankraj derinliği kadar uzakta konumlandırılacaktır. Delik çapı ankraj çubuğu nominal çapından 2-3 mm büyük olacak ve delik kenarları temiz ve düzgün hazırlanacaktır.

4.3.9.3.5 – Yapışma kritik uygulamalarda mekanik ankrajlar arasındaki mesafe, ankrajlanan LP kompozitin etkin birim uzamasına bağlı olarak belirlenecek ve 500 mm'yi geçmeyecektir. Mekanik ankraj plakası ile LP kompozit arasındaki sürtünme kuvvetinin, LP kompozitin çekme dayanımından büyük olduğu **Denk.(4.3.24)** ile doğrulanacaktır. Ankraj plakasına etkiyen toplam sıkıştırma kuvveti $N_m = n_{ank} \times N_1$ olarak hesaplanacaktır. Reçinenin mekanik özelliklerine bağlı olarak deneysel veriler ile belirlenen sürtünme katsayısı (μ_R) 0.5'ten küçük olmayacaktır.

$$\mu_R N_m \geq \eta_c f_{fu} w_{ank} t_f \quad (4.3.24)$$

4.3.9.3.6 – Sargılama etkinliğinin artırılması amacıyla, eleman kalınlığı boyunca geçerek her iki yüzde sıkıştırma plakası bulunan çift uçlu mekanik ankrajlar kullanılacaktır. Ankraj sıkıştırma kuvveti, **Denk.(4.3.24)** ve **4.3.9.3.5**'te verilen koşulları sağlayacaktır. Mekanik ankrajların ilgili doğrultudaki toplam çelik alanı, her bir ankraj aralığı için **Denk.(4.3.25)**'da verilen koşulu sağlayacaktır. Eleman eksenine boyunca aralık (s_{ankt}), 250 mm veya eleman kısa kenar boyutundan küçük olanını geçmeyecektir; plastik mafsallarda bu aralık 150 mm'yi geçmeyecektir. Sargılama LP lifleri doğrultusundaki aralığı (s_{ankl}), 250 mm veya boyuna donatılar arası en küçük mesafenin 2 katından küçük olanını geçmeyecektir. Ankraj kuvvetlerinin çevresel olarak düzgün dağılımı sağlanacaktır. Mekanik ankrajların LP sargılama etkinliğini artırdığı ve mevcut elemanın süneklik taleplerinin karşılandığı **4.3.4**'e göre hesapla gösterilecektir.

$$A_{ank,toplam} \geq 0.075 \times s_{ankl} \times b \times \frac{f_{cm}}{f_{yank}} \quad (4.3.25)$$

4.3.9.3.7 – Ankraj deliklerinin hazırlanması ve temizlenmesi **4.3.9.2.9**'de verilen esaslara uygun olarak yapılacaktır. Metal ankraj plakaları LP sargı yüzeyi üzerine yerleştirilecek ve tasarım çizimlerine uygun şekilde hizalanacaktır Ankraj somunlarının sıkıştırılması, LP sargının tam olarak kurlenmesinden sonra yapılacaktır. Sıkıştırma torku hesaplanan değerinin %110'unu geçmeyecek şekilde kademeli olarak uygulanacaktır. Somun yüzeyleri sürtünme karşıtı malzeme ile yağlanacaktır. Ankraj sıkıştırması sırasında LP sargının hasar görmemesi sağlanacaktır.

4.3.9.3.8 – Perde güçlendirme uygulamalarında çift uçlu mekanik ankraj düzenlemesi, TBDY 7.6.3.3'te verilen özel deprem çirozu gereksinimlerine uygun olacaktır. Özel enkesit şekilli elemanların güçlendirilmesinde mekanik ankraj kullanımı **4.3.9.2.10**'te verilen esaslara uygun olarak yapılacaktır.

TASLAK

Bilgilendirme Eki 4.3A – LP Kompozitlerin Sınıflandırılması ve Özellikleri

4.3A.1. LP Kompozitlerin Sınıflandırılması

4.3A.1.1 – LP kompozitler, uygulama ve üretim şekillerine göre aşağıdaki kategorilerde sınıflandırılır:

(a) Islak Uygulama Kompozitler: Yapısal eleman üzerinde reçine ile emdirilerek uygulanan kumaş veya lifli şeritleri içeren kompozitlerdir. Bu kompozitlerde reçine hem matris hem de yapıştırıcı görevi görmektedir.

(b) Önceden Şekillendirilmiş Kompozitler: Fabrikada üretilmiş ürünler (laminatlar, plakalar vb.) olup yapısal elemana yapıştırıcı ile dıştan yapıştırılan kompozitlerdir.

4.3A.1.2 – LP kompozitler, yapısal elemana bağlanma mekanizmasına göre aşağıdaki kategorilerde sınıflandırılır:

(a) Yapışma Kritik Uygulamalar: Bu uygulamalarda, LP kompozitin performansı büyük ölçüde beton ile kompozit arasındaki yapışma dayanımına bağlıdır. Eğilme ve kesme güçlendirmesi gibi uygulamalar bu kategoriye girer.

(b) Temas Kritik Uygulamalar: Bu uygulamalarda, LP kompozitin performansı öncelikle sistemin geometrik şekli ve fiziksel teması ile sağlanır, yapışma dayanımı ikincil öneme sahiptir. Tam sargılama uygulamaları bu kategoriye örnek teşkil eder.

4.3A.2. LP Kompozitlerin Bileşenleri

4.3A.2.1 – LP kompozitler, yüksek dayanımlı sürekli lifler (karbon, cam, aramid, bazalt) ve bu lifleri bir arada tutan matris (reçine) olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Matris, kompozit bileşenleri arasındaki yük transferini sağlar, lifleri çevresel etkilere karşı korur ve yapıştırıcı işlevi görür. LP kompozitlerin mekanik davranışı, bileşenlerin özellikleri, hacimsel oranları ve tasarım parametrelerine bağlı olarak değişir. Malzeme seçiminde, yapısal gereksinimler, uygulama koşulları, çevresel faktörler ve ekonomik kriterler birlikte değerlendirilmelidir.

4.3A.2.2 – LP kompozitlerde en yaygın kullanılan lifler ve özellikleri aşağıda (a) – (d)’de belirtilmiştir.

(a) Karbon lifler: Yüksek çekme dayanımı (2000-5000 MPa) ve elastisite modülü (200-650 GPa) nedeniyle deprem güçlendirme uygulamalarında sıklıkla tercih edilir. Yüksek yorulma dayanımı ve alkali direnci gösterirler. Karbon lifler elektrik iletkenliğine sahiptir ve çelik donatı ile doğrudan temas durumunda galvanik korozyon riski oluşturabilir.

(b) Cam lifler: Ekonomik bir alternatif olarak güçlendirme uygulamalarında kullanılabilir. Çekme dayanımları (1200-2500 MPa) ve elastisite modülleri (70-90 GPa) karbon liflere göre daha düşüktür. Alkali ortamlarda zamanla dayanım kaybına uğrayabilirler.

(c) Aramid lifler: Darbe dayanımı yüksektir (çekme dayanımı 2000-3500 MPa, elastisite modülü 70-130 GPa), dinamik ve çevrimsel yüklere karşı direnci görece iyidir. Ultraviyole ışınlarla maruz kaldığında zaman içinde dayanım kaybına uğrarlar.

(d) Bazalt lifler: Doğal bazalt kayalardan üretilen liflerdir. Çekme dayanımı (1900-2900 MPa) ve elastisite modülü (70-90 GPa) cam liflere benzer ancak alkali ortamlarda daha dayanıklıdır ve yüksek sıcaklık direncine sahiptirler.

4.3A.2.3 – LP kompozitlerde kullanılan matris (reçine) türleri ve özellikleri aşağıda (a) – (c)’de belirtilmiştir. LP güçlendirme uygulamalarında, alkali direnci yüksek olan ve en az 65°C camısı geçiş sıcaklığına sahip reçineler kullanılmalıdır.

(a) Epoksi reçineler: Deprem güçlendirme uygulamalarında en yaygın kullanılan matris türüdür. Yüksek yapışma dayanımı, iyi mekanik özellikler ve kimyasal direnci vardır. Camısı geçiş sıcaklığı (T_g) genellikle 60°C ile 100°C arasındadır. Kürlenme sürecinde sıcaklık kontrolü kritik önem taşır; düşük sıcaklıklarda kürlenme yavaşlar, yüksek sıcaklıklarda erken jelleşme riski artar.

(b) Polyester reçineler: Maliyeti düşük ancak alkali direnci ve mekanik özellikleri epoksiye kıyasla daha düşüktür. Kürlenme büzülmesi yüksektir. Camısı geçiş sıcaklığı genellikle 40°C ile 70°C arasındadır. Yapısal deprem güçlendirme uygulamalarında kullanımı önerilmez; sadece çok sınırlı durumlarda ve uygun mühendislik değerlendirmesi ile kullanılabilir.

(c) Vinilester reçineler: Epoksi ve polyester arası mekanik özelliklere sahiptir. Kimyasal madde ve alkali dirençleri polyesterlerden daha yüksektir. Camısı geçiş sıcaklığı genellikle 75°C ile 90°C arasındadır. Agresif kimyasal ortamların söz konusu olduğu özel uygulamalarda tercih edilebilir.

4.3A.3. LP Kompozit Davranışını Etkileyen Faktörler

LP kompozitlerin performansını etkileyen temel faktörler aşağıda sıralanmıştır:

(a) Lif hacim oranı: Kompozitteki lif hacim oranı mekanik özellikleri doğrudan belirler. Optimum lif hacim oranı, lif türüne ve uygulama yöntemine bağlı olarak %30-70 arasında değişir. Yüksek lif hacim oranları daha yüksek dayanım ve rijitlik sağlarken, reçine emdirilmesini zorlaştırabilir ve hava boşluklarına neden olabilir.

(b) Lif yönelimi ve düzenleme: Liflerin yük doğrultusuna paralel yönelimi maksimum dayanım ve rijitlik sağlar. Tek yönlü lifli kompozitler yük doğrultusunda en yüksek performansı gösterirken, farklı yönlerde zayıftır. Çok yönlü kumaşlar (biaxial, triaxial) daha dengeli mekanik özellikler sunar ancak belirli bir doğrultudaki dayanım tek yönlü liflere göre düşüktür.

(c) Tabaka sayısı ve düzenleme: Çok tabakalı uygulamalarda, her tabakanın lif yönelimi ve sıralaması kompozitin genel davranışını etkiler. Tabakalar arasında aderans kalitesi, yük transferi etkinliğini belirler. Çok kalın uygulamalarda (>3 mm), ısı birikimine bağlı olarak deformasyon ve tabakalar arası ayrışma riski artar.

(d) Beton yüzey hazırlığı: Beton yüzeyinin temizliği, pürüzlülüğü ve nemi, LP kompozit ile beton arasındaki yapışma dayanımını doğrudan etkiler. Yüzeyde gevşek partiküller, toz, yağ, kür malzemeleri veya su LP performansını olumsuz etkiler.

(e) Uygulama kalitesi ve kontrol: Reçine emdirilmesi sırasında hava boşluklarının oluşması, kompozitin erken göçmesine neden olabilir. %5’in üzerinde boşluk oranı mekanik özelliklerde belirgin düşüşe yol açar. Lif kırıksıklıkları, yüzey dalgalanmaları ve düzensiz reçine dağılımı kompozit performansını azaltır. Kalite kontrol yöntemleri (görsel muayene, çekip çıkarma testleri) uygulanmalıdır.

(f) Kürlenme koşulları: Reçinenin tam mekanik özelliklerini kazanması için uygun sıcaklık ve süre gereklidir. Düşük ortam sıcaklıkları (<10°C) kürlenmeyi yavaşlatır ve tam özellikler gelişmeyebilir. Yüksek sıcaklıklarda (>30°C) erken jelleşme ve ısıl gerilmeler oluşabilir. Bağıl nem %85’i geçtiğinde bazı reçine türlerinde yapışma sorunları gözlenebilir. Üretici önerilerine uygun kürlenme süresi beklenmelidir.

(g) Çevresel koşullar: UV radyasyonu, reçine matrisinde bozunmaya neden olabilir; dış ortam uygulamalarında UV koruyucu kaplama önerilir. Donma-çözülme döngüleri, nem varlığında yapışma ara yüzünde hasara yol açabilir. Alkali ortamlar, özellikle cam liflerde uzun dönemde dayanım kaybına neden olur. Yüksek sıcaklıklarda (camsı geçiş sıcaklığına yakın) matris yumuşaması ve performans düşüşü gözlenir.

TASLAK

4.4. DIŞTAN GÜÇLENDİRME

4.4.1. Amaç

Mevcut betonarme binaların dıştan güçlendirilmesindeki temel hedef, binanın iç akslarında bulunan taşıyıcı sistem elemanlarına müdahale etmeksizin, mevcut dış çerçevelere eklenen yeni çerçeveler ile yapının deprem performansının iyileştirilmesidir. Bu yöntem sayesinde hem binaların güçlendirilirken kesintisiz kullanımına devam edilmesi hem de onarım vb. maliyetlerden tasarruf sağlanarak güçlendirme uygulamalarının maliyetinin düşürülmesi amaçlanmaktadır.

4.4.2. Kapsam

4.4.2.1 – Mevcut ve güçlendirilecek betonarme binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesinde esas alınacak ilkeler ve performans hedefleri **Bölüm 2**'de açıklanmıştır. Dıştan güçlendirme yapılacak mevcut betonarme binalarda deprem sebebiyle oluşacak dayanım ve şekildeğiştirme taleplerinin hesabı için **Bölüm 3**'te belirtilen doğrusal olmayan hesap yöntemleri göz önüne alınacaktır. Hasarlı binaların dıştan güçlendirilmesi konusu bu bölümün kapsamı dışındadır.

4.4.2.2 – Dıştan güçlendirme yöntemi ile mevcut yapıya eklenecek olan dış çerçevelerin taşıyıcı sistemleri betonarme, betonarme prefabrik veya çelik çerçevelerden oluşabilir. Gerekli görülmesi durumunda ilgili hesap ve tasarım kurallarına uyularak bu alternatiflerin ayrı ayrı ya da bir arada kullanılması, dış çerçevelere burkulması önlenmiş çelik çaprazların ve/veya sönümleyicilerin eklenmesi mümkündür. Farklı taşıyıcı sistem türlerine sahip dış çerçeveler ile dıştan güçlendirmeye ait örnek şekiller **Şekil 4.4.1** ve **Şekil 4.4.2**'de verilmiştir.

4.4.2.3 – Mevcut betonarme binalara monolitik betonarme dış çerçevelerin eklenmesi ile oluşturulan güçlendirme sistemlerinin hesabı ve tasarımı TS500, TBDY ve bu Yönetmeliğin **Bölüm 4**'ünde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

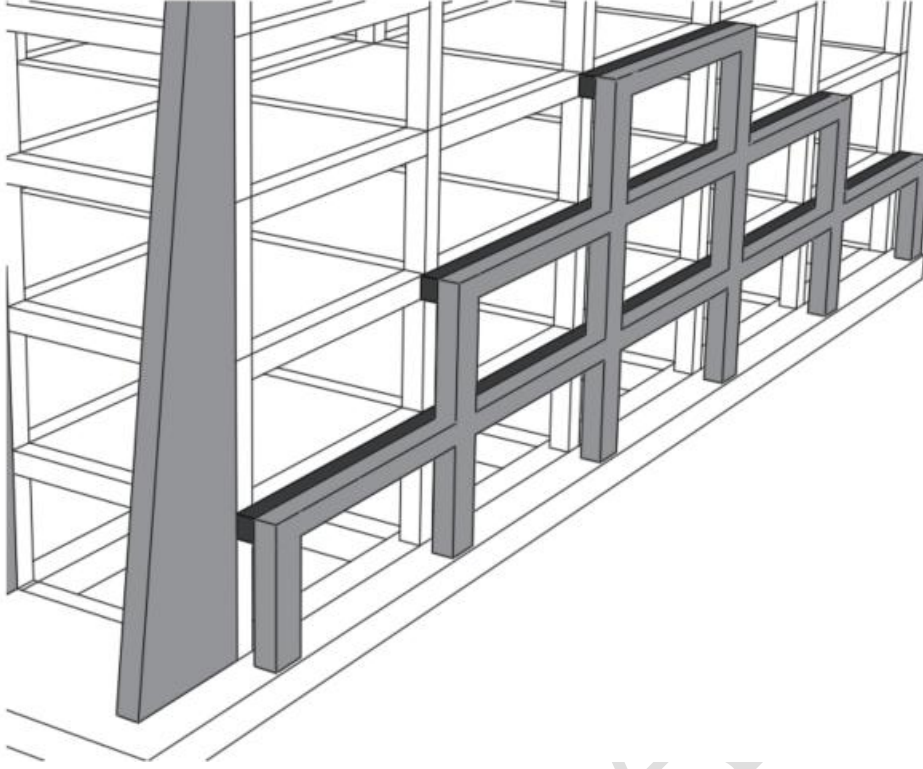
4.4.2.4 – Mevcut betonarme binalara çelik çerçevelerin ve/veya çelik çaprazların eklenmesi ile oluşturulan güçlendirme sistemlerinin hesap ve tasarımı TBDY, ÇYTHYE ve bu Yönetmeliğin **Bölüm 5**'inde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

4.4.2.5 – Mevcut betonarme binalara önüretimli betonarme çerçevelerin eklenmesi ile yapılan güçlendirme sistemlerinin hesabı ve tasarımı TBDY'de belirtilen kurallara ve **Bölüm 4**'te belirtilen esaslara göre yapılacaktır.

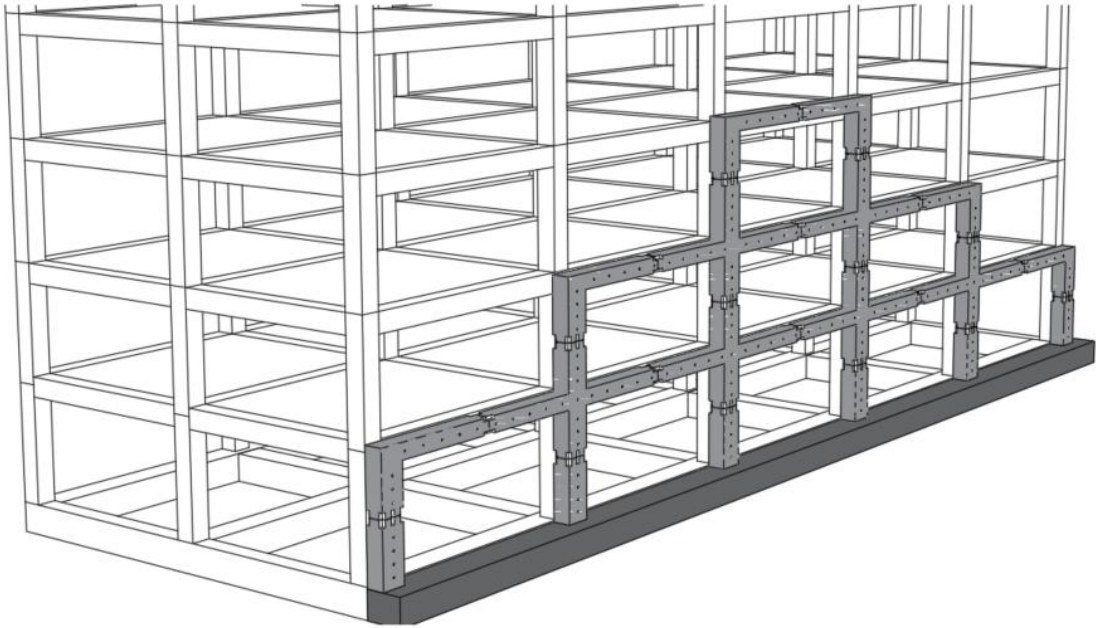
4.4.2.6 – Mevcut betonarme binalara dış çerçeveler ile birlikte eklenen burkulması önlenmiş çelik çaprazların ve/veya sönümleyicilerin hesabı ve tasarımı TBDY ile bu Yönetmeliğin **Bölüm 5** ve **Bölüm 8**'inde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

4.4.2.7 – Mevcut betonarme binaların dış çerçevelere bağlantılarını sağlayan elemanların dayanım kapasitelerinin hesabı ve tasarımı TS EN 1992-4 standardında belirtilen kurallara ve EOTA tarafından oluşturulan TR-066 tasarım esaslarına göre yapılacaktır.

4.4.2.8 – Dıştan güçlendirme kapsamında uygulanabilecek, ancak bu Yönetmeliğin kapsamı dışında kalan yöntemlere ait özel kurallar, uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer standart, yönetmelik ve teknik düzenlemeler referans gösterilerek ve bu bölümde belirtilen ilkeler gözetilerek kullanılabilir.

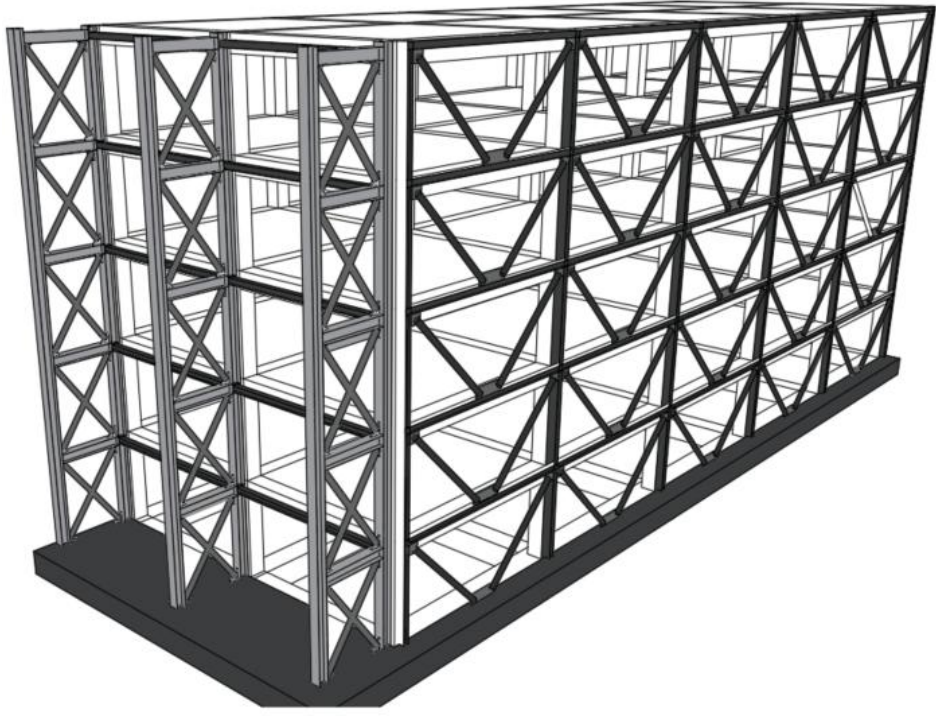


(a)

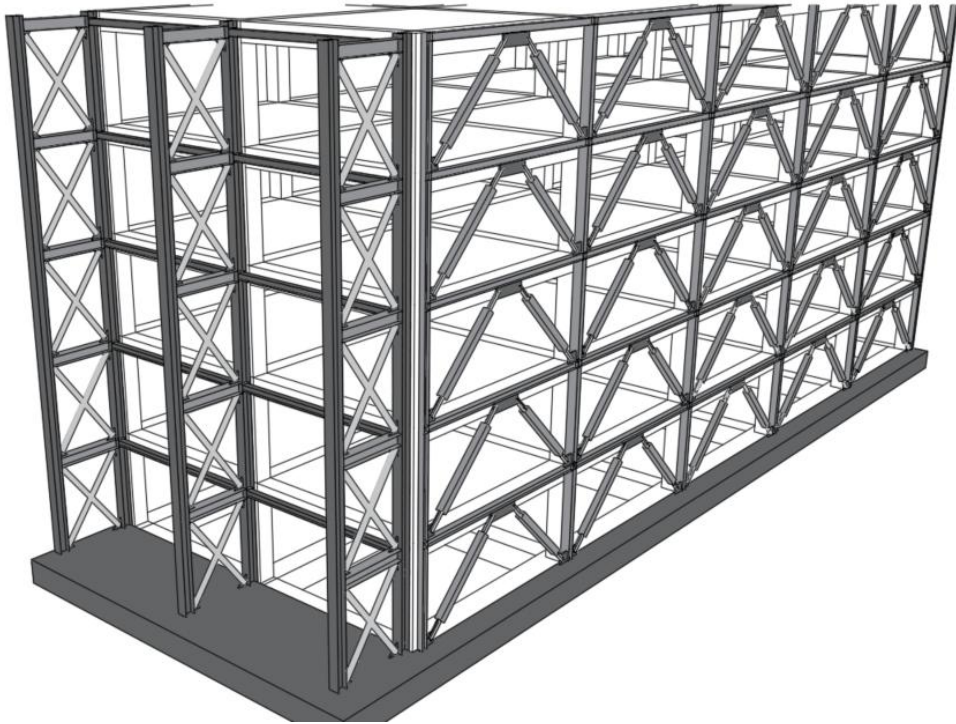


(b)

Şekil 4.4.1. Monolitik (a) ve prefabrik (b) dış çerçeveler ile yapısal güçlendirme



(a)



(b)

Şekil 4.4.2. Çelik (a) ve çelik+burkulması önlenmiş çaprazlar (b) ile yapısal güçlendirme

4.4.3. Dıştan Güçlendirilecek Binalardan Bilgi Toplanması

4.4.3.1. Toplanacak Bilginin Kapsamı

Dıştan güçlendirilecek binalardan toplanacak bilginin kapsamı ve detayları TBDY 15.2’de belirtilen hususlar esas alınarak belirlenecektir. Ancak mevcut sisteme eklenecek dış çerçevelerin bağlantılarının yapılacağı mevcut elemanların ve birleşimlerin enine ve boyuna donatı detayları daha yüksek oranda yapılacak sıyırma ve donatı tespit cihazı okumaları ile belirlenecektir.

4.4.3.2. Eleman ve Birleşim Detayları

TBDY 15.2’de açıklanan “sınırlı” ve “kapsamlı” bilgi düzeylerine ilişkin yapılacak çalışmalara ilave olarak, mevcut sisteme eklenecek dış çerçevelerin bağlantısının yapılacağı dış aks perde ve kolonlarının her katta en az ikişer adet olmak üzere %20’sinin, birleşim bölgelerinin ise %25’inin beton örtüsü sıyırılacak, enine ve boyuna donatı tespiti yapılacaktır. Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan dış aks kolon, kiriş ve birleşim bölgelerinin %20’sinde enine ve boyuna donatı yerleşimi ve sayısı donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.

4.4.3.3. Malzeme Özellikleri

Dıştan güçlendirilecek binaların kolonlarından ve perdelerinden TS EN 12504-1 standardında belirtilen koşullara uygun şekilde her kattan en az 3 adet, binada 9 adetten az olmamak üzere ve her 400 m²’den bir adet olacak şekilde beton örneği (karot) alınarak deney yapılacaktır. Deneylerden elde edilen sonuçlar TBDY 15.2.5.3’te belirtilen yaklaşım esas alınarak değerlendirilecek, ancak beton örneklerinden elde edilen “ortalama eksi standart sapma” değeri ile “0.85 çarpı ortalama” değerinden küçük olanı *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Donatı sınıfı ise, bilgi düzeyleri ile ilişkili olarak TBDY 15.2.4.3 ve 15.2.5.3’e göre belirlenecektir.

4.4.4. Genel İlke ve Kurallar

4.4.4.1 – Dıştan güçlendirilecek binaların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait deprem performanslarının hesabı için ayrıntıları **Bölüm 3**’te açıklanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılacaktır.

4.4.4.2 – Dıştan güçlendirme yöntemi TBDY’e göre belirlenecek bina yükseklik sınıfı, $BYS \geq 5$ olan binalarda uygulanacaktır.

4.4.4.3 – Mevcut betonarme elemanlarda ve taşıyıcı sisteme eklenecek dış çerçeve elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri TBDY 15.3’e göre tanımlanacaktır.

4.4.4.4 – Binaların modellenmesi ve hesabı sırasında **Bölüm 3**’te verilen genel ilke ve esaslara uyulacaktır.

4.4.4.5 – Dıştan güçlendirilecek binalarda mevcut beton basınç dayanımı 15 MPa’dan daha düşük olmayacaktır.

4.4.4.6 – Monolitik ve prefabrik betonarme dış çerçeveler ile yapılacak güçlendirmelerde yeni çerçevelerin beton basınç dayanımı 30 MPa’dan az olmayacaktır.

4.4.5. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı

4.4.5.1 – Tanım: Mevcut betonarme binaların dıştan eklenen çerçeveler ile güçlendirilmesinin temel amacı binanın dayanım ve rijitlik kapasitesini arttırmak, deprem sebebiyle oluşan yerdeğiştirme talebini düşürmek ve artan dayanım talebini sisteme eklenen dış çerçeveler ile karşılayarak binanın deprem performansını iyileştirmektir. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile betonarme elemanlarda oluşan plastik şekildeğiştirme ve dönme talepleri ile iç kuvvet talepleri belirlenecektir. Bu yöntem ile hesaplanan şekildeğiştirme, dönme ve iç kuvvet talepleri kapasiteler ile karşılaştırılacak, gevrek hasar riski taşıyan elemanlar belirlenecek, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır. Bağlantı elemanlarının hesabı ve tasarımı için kuvvet kontrollü hesap yapılacaktır.

4.4.5.2 – Hesap Yöntemleri: Dış çerçeveler ile güçlendirilen mevcut betonarme binaların doğrusal olmayan hesabı için kullanılabilecek yöntemlerin ayrıntıları TBDY 5.6’da (Tek Modlu İtme Yöntemleri ve Çok Modlu İtme Yöntemleri) ve 5.7’de (Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi) verilmiştir.

4.4.5.3 – Mevcut sisteme eklenen dış çerçeve temellerinin ve mevcut sistem temellerinin altında oluşan farklı gerilmelerin, şekildeğiştirmelerin ve oturmaların, bir bütün olarak yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda, analiz modeli yapı-zemin etkileşimini içerecek şekilde hazırlanacaktır. Temellerin güçlendirilmesi ve tasarımı konusunda **Bölüm 10**’da tarif edilen ilkelere uyulacaktır.

4.4.5.4 – Mevcut ve betonarme dış çerçeve elemanlarının etkin kesit rijitlikleri TBDY Bölüm 4’te belirtilen yaklaşım esas alınarak belirlenecektir. Ancak hesap sırasında etkin eğilme rijitliği çarpanları eklenen dış çerçevede yer alan kolonlar için 0.35’ten, perdeler için ise 0.5’ten daha yüksek alınmayacaktır.

4.4.6. Şekildeğiştirme Sınırları

4.4.6.1 – Monolitik ve önüretimli betonarme çerçeveler ile dıştan güçlendirilen sistemlerde mevcut yapıyı ve eklenen dış çerçeve sistemini oluşturan betonarme elemanların şekildeğiştirme sınırları, TBDY 5.8.1.1, 5.8.1.2, 5.8.1.3, 5.8.1.4 ve 15.7’ye göre belirlenecektir.

4.4.6.2 – Dıştan çelik çerçeveler ve/veya çaprazlar ile yapılacak güçlendirmelerde mevcut yapıya eklenen çelik taşıyıcı sistem elemanlarının şekildeğiştirme sınırları **Bölüm 5**’e ve TBDY Ek 5C’ye göre belirlenecektir.

4.4.6.3 – Dış çerçeveler ve burkulması önlenmiş çelik çaprazların bir arada kullanılması ile oluşturulan sistemlerde, burkulması önlenmiş çelik çaprazların hesapları TBDY 9.9’a göre yapılacaktır.

4.4.6.4 – Dış çerçeveler ve sönümleyicilerin bir arada kullanılması ile oluşturulan sistemlerde, sönümleyicilere ait hesap kontrolleri **Bölüm 8**’e göre yapılacaktır.

4.4.7. Mevcut Bina ve Dış Çerçeve Bağlantı Elemanlarının Hesap ve Tasarımı

4.4.7.1 – Tanım: Mevcut betonarme binaların dıştan eklenen çerçeveler ile güçlendirilmesi yönteminin başarılı olabilmesi için, dış çerçeveler ve mevcut çerçeveler arasında aksel ve kesme kuvvetlerinin aktarımını sağlayan bağlantı elemanlarının, **Bölüm 2**’ye göre belirlenecek bina performans hedefine ulaşıldığında dayanım kapasitelerini kaybetmeyecek şekilde tasarlanması sağlanacaktır. Dış çerçevelerin mevcut çerçevelere bağlandığı noktalarda

dışmerkezlik nedeniyle oluşması beklenen ilave etkiler göz önüne alınacak ve bağlantı noktasındaki kapasite hesapları buna göre yapılacaktır.

4.4.7.2 – Bağlantı elemanlarında oluşan kuvvetler, deprem etkilerinin üç boyutlu bina modeline her iki yönde ve her iki doğrultuda etki etmesi durumları için ayrı ayrı hesaplanacak, bağlantı elemanlarının ve ankrajların hesabı doğrusal olmayan analizden elde edilen maksimum kuvvet talebi esas alınarak yapılacaktır. Bağlantı elemanına etki eden çekme ve kesme kuvvetinin eş zamanlı değerinin belirlenmesi için daha hassas bir model kullanılmadıkça, her bir etki tesirinin (bir bağlantı elemanı üzerindeki kuvvetlerin çekme ve kesme bileşeni) maksimum değerinde eş zamanlı olarak etkidiği kabul edilecektir.

4.4.7.3 – Hedeflenen bina performans hedefi altında oluşan yerdeğiştirmeler göz önüne alınarak her kat seviyesinde oluşan burulma düzensizliği katsayıları hesaplanacak ve burulma düzensizliği katsayılarının 1.4'ü aşmaması sağlanacaktır ($\eta_{bi} \leq 1.4$). Bu koşulun sağlanamadığı binalarda, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi ile hesap yapılacaktır.

4.4.7.4 – Bağlantı elemanlarının kapasite hesabında TS EN 1992-4 standardında belirtilen C2 performans kategorisi esas alınacak ve hesaplamalar sırasında çatlamış beton kesit durumu göz önüne alınarak tasarım yapılacaktır.

4.4.7.5 – Betona bağlı hasar durumlarında **4.4.3.3'**e göre belirlenen mevcut beton basınç dayanımı kullanılacaktır.

4.4.7.6 – Bağlantı elemanlarının ve sabitleme tertibatlarının çevresel etkilere açık olması durumunda korozyona karşı korumalarının yapılması, dönemsel kontrollerinin yapılabilmesi ve gerektiğinde değiştirilebilmesi durumları tasarım sırasında göz önüne alınacaktır.

4.4.7.7 – Mevcut bina ve dış çerçeveyi birbirine bağlayan bağlantı elemanları, betonun basınç etkisi ile ezildiği ve donatının aktığı kabul edilen plastik mafsallarda teşkil edilmeyecektir.

4.4.7.8 – Deprem etkileri altında sabitleme tertibatlarının tasarımında eksenel basınç etkisi ile ortaya çıkan sürtünme kuvvetlerinin katkısı ihmal edilecektir.

4.4.7.9 – Döşemelerinde rijit diyafram davranışının oluşmadığı veya bu kabulün yapılamadığı binalarda, taşıyıcı sistem analizleri hem rijit diyafram hem de rijit olmayan diyafram (esnek/yarı-rijit) kabulleri altında ayrı ayrı yapılacaktır. Her iki analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, dış çerçeveyi oluşturan yapısal elemanlar ile bağlantı elemanlarının tasarımı, her bir eleman için en elverişsiz talepleri oluşturan iç kuvvet durumuna göre yapılacaktır.

4.4.7.10 – Dış çerçevelerin mevcut yapıya olan bağlantıları, mevcut yapının dış çerçeve sistemini oluşturan kolon ve kirişlere yapılacaktır. Dış çerçevelerin döşemelere doğrudan bağlanmasından kaçınılacaktır. Geliştirilen özel ankrajlar, bağlantı detayları ve/veya yöntemler ile yapılan dış çerçeve-mevcut döşeme bağlantılarının kesme ve eğilme güvenliği **4.4.7.12** ve **4.4.7.13'**e göre belirlenecektir.

4.4.7.11 – Bağlantı elemanlarının hesabı sırasında her bir deprem doğrultusunda yapılan hesaptan elde edilen sonuçlar kullanılarak kesme ve eksenel çekme altında oluşması beklenen hasar modlarının tümü için tahkikler yapılacaktır.

4.4.7.12 – Mevcut çerçeveye eklenen bağlantı elemanlarının çekme etkisindeki hesabı, donatı kopması (**Şekil 4.4.3a**), betonun konik kırılma hasarı (**Şekil 4.4.3b**), ankraj donatısının

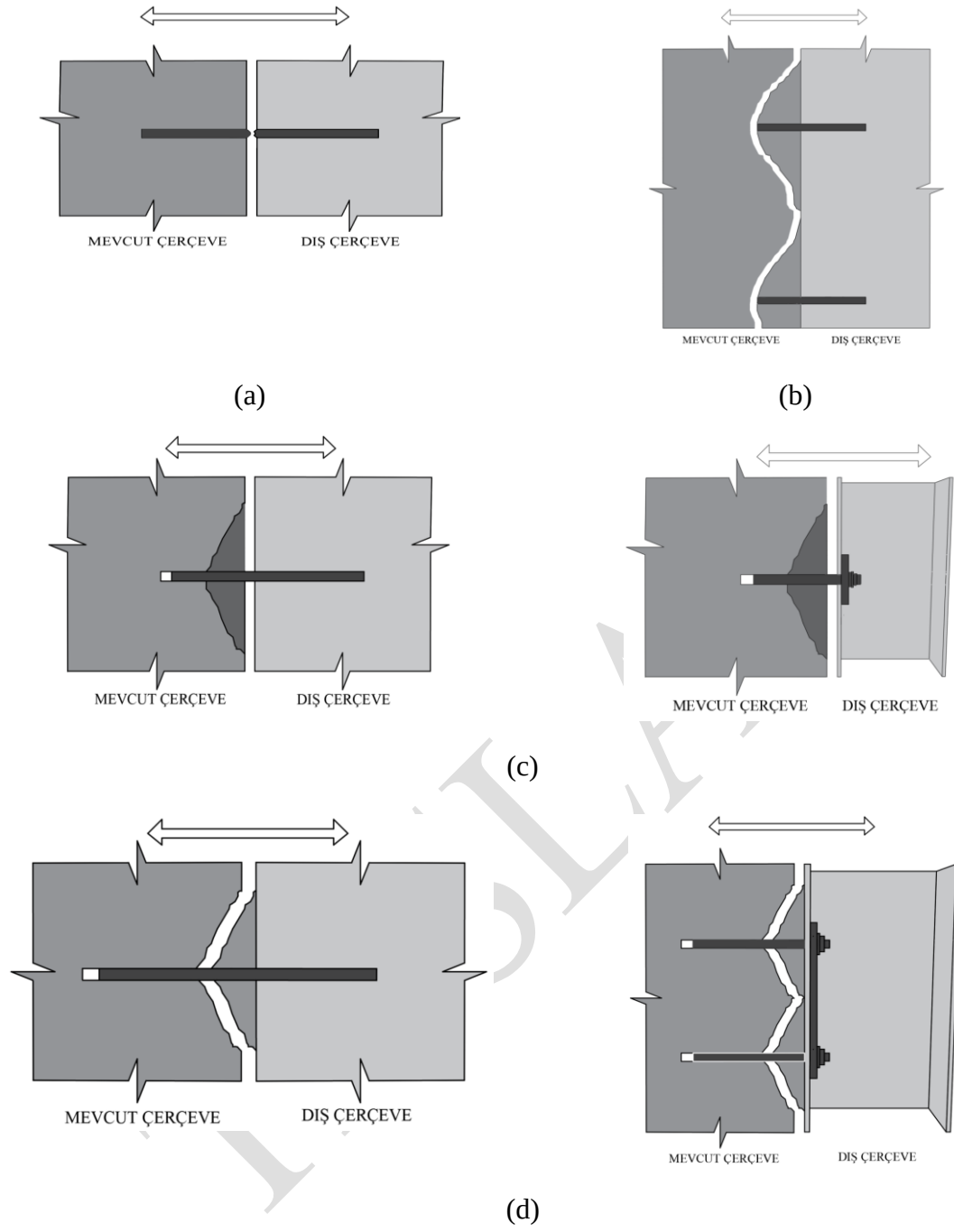
sıyrılması (**Şekil 4.4.3c**), bileşik sıyrılma ve beton hasarı (**Şekil 4.4.3d**) ve betonun yarılması ve kırılması durumlarının her biri için ayrı ayrı TS EN 1992-4 standardına ve EOTA tarafından oluşturulan TR-066 tasarım esaslarına göre tahkik edilecektir. Yapılan hesaplamalardan en kritik sonucu veren hasar şekli esas alınarak tasarım yapılacaktır.

4.4.7.13 – Mevcut çerçeveye eklenen bağlantı elemanlarının kesme etkisindeki hesabı, donatı kopma hasarı (**Şekil 4.4.4a**), betonda kaldıraç hasarı (**Şekil 4.4.4b**), beton kenar kopması (**Şekil 4.4.4c**) durumlarının her biri için ayrı ayrı TS EN 1992-4 standardına ve EOTA tarafından oluşturulan TR-066 tasarım esaslarına göre tahkik edilecektir. Yapılan hesaplamalardan en kritik sonucu veren hasar şekli esas alınarak tasarım yapılacaktır.

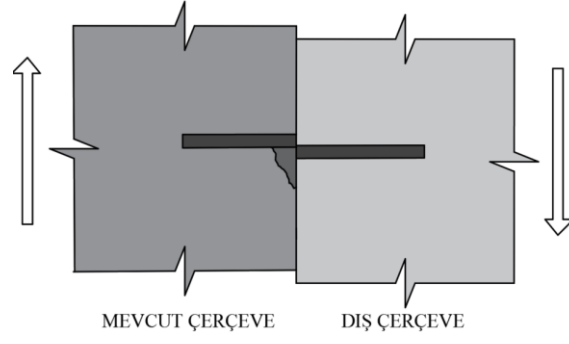
4.4.7.14 – Çekme ve kesme sebebiyle oluşan beton hasarlarını önlemek amacıyla birleşim bölgelerine öngerme veya ardgerme uygulanabilecektir. Söz konusu uygulamaya ait örnek bir birleşim detayı **Şekil 4.4.5**'te verilmiştir.

4.4.7.15 – Mevcut yapının dış çerçeve aksındaki kolon-kiriş bağlantılarında bulunan çıkıntılar sebebiyle dış çerçevelerin mevcut sisteme bağlanması ile ilgili sorunlarla karşılaşılması durumunda, dış çerçeve ile mevcut yapı arasında bağlantıyı ve yük aktarımını sağlamak amacıyla döşeme elemanlar oluşturulabilecektir (**Şekil 4.4.6**). Oluşturulan dış çerçeve- döşeme- mevcut çerçeve bağlantılarının kesme ve eğilme etkilerini mevcut yapıya güvenli bir biçimde aktardığı hesaplar ile gösterilecektir. Bağlantıyı sağlayan ve dış çerçeve ile birlikte dökülen döşeme parçalarının içinde kalan ankrajların hesabı **4.4.7.12** ve **4.4.7.13**'e göre yapılacaktır.

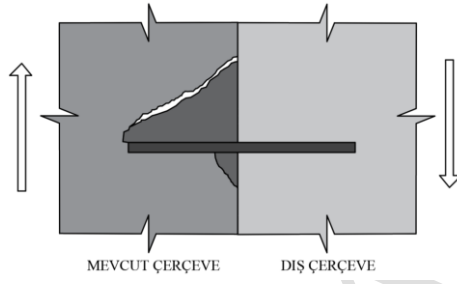
4.4.7.16 – Bağlantı elemanlarının hesabı sırasında “Avrupa Teknik Değerlendirme (ETA)” veya “Ulusal Teknik Onay (UTO)” belgesine sahip malzemeler kullanılarak hesaplar yapılacak, kullanılacak olan kimyasal ve mekanik ankrajların dayanım sınıfları tarif edilecek ve hesap raporlarında söz konusu belge ve sertifikalara yer verilecektir.



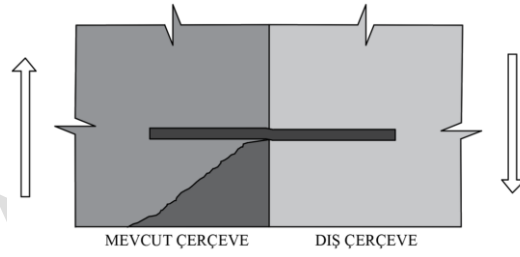
Şekil 4.4.3. Çekme etkisi ile dış çerçeve bağlantı elemanlarında oluşabilecek hasar şekilleri



(a)

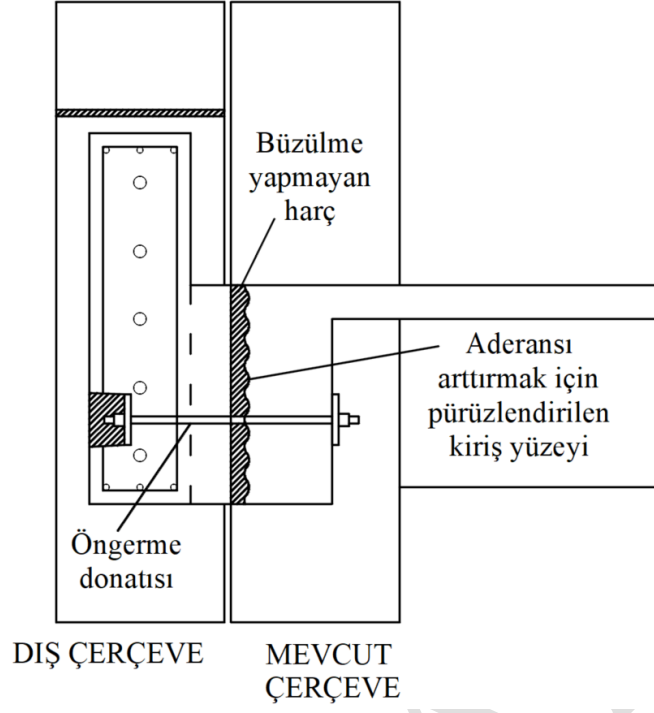


(b)

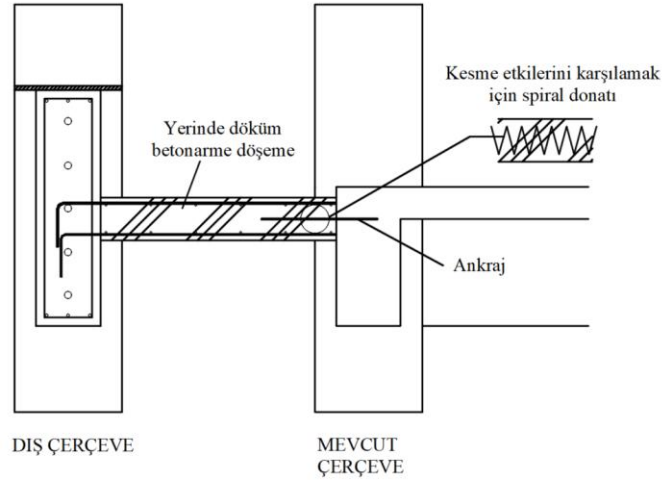


(c)

Şekil 4.4.4. Kesme etkisi ile dış çerçeve bağlantı elemanlarında oluşabilecek hasar şekilleri



Şekil 4.4.5. Öngerme uygulaması ile gerçekleştirilen mevcut yapı ve dış çerçeve bağlantısı



Şekil 4.4.6. Döşeme ilavesi ile mevcut çerçeve ve dış çerçeve arasında kurulan bağlantı detayı

BÖLÜM 5 – ÇELİK BİNALAR

5.0 SİMGELER

Bu bölümde aşağıdaki simgelerin kullanıldığı boyutlu ifadelerde, kuvvetler Newton [N], uzunluklar milimetre [mm], açılar radyan [rad] ve gerilmeler MegaPascal [MPa] = [N/mm²] birimindedir.

A_b	=	Diş açılmamış bulon gövdesi karakteristik enkesit alanı
A_e	=	Etkin net enkesit alanı
A_g	=	Kayıpsız enkesit alanı
A_s	=	Enkesitin etkin kayma alanı
A_{we}	=	Etkin kaynak alanı
B_w	=	Düğüm noktasının etkin genişliği
b_{bf}	=	Kiriş başlık genişliği
b_f	=	Başlık genişliği
d	=	Enkesit yüksekliği
d_b	=	Kiriş enkesit yüksekliği
d_b	=	Kayma bölgesine birleşen kirişlerin en küçüğünün enkesit yüksekliği
E	=	Yapısal çelik elastisite modülü (= 200000MPa)
e	=	Bağ kirişi boyu
F_y	=	Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi
F_{ye}	=	Yapısal çelik beklenen akma gerilmesi dayanımı
F_{ue}	=	Yapısal çelik beklenen çekme gerilmesi dayanımı
F_{ve}	=	Bulonların beklenen kayma gerilmesi dayanımı (= F_{nv})
F_{nv}	=	Bulonların karakteristik kayma gerilmesi dayanımı
F_{nw}	=	Kaynak metali karakteristik gerilmesi
G	=	Yapısal çelik kayma modülü (77200MPa)
GÖ	=	Göçmenin Önlenmesi
h_{avg}	=	Kayma bölgesinin üst ve alt kolonlarını içine alan katların ortalama yüksekliği
I	=	Atalet momenti
i	=	Atalet yarıçapı
K	=	Burkulma boyu katsayısı
KH	=	Kontrollü Hasar
K_θ	=	Kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin elastik rijitliği
K_θ	=	Temele bağlantı detaylarının dönme rijitliği
K_θ	=	Çaprazların uç birleşimleri için burkulma düzlemi içinde tanımlanan yayların elastik dönme rijitliği
L_b	=	Basınç başlığında yanıl yerdeğiştirmenin veya enkesit burulmasının önlendiği noktalar arasındaki eleman uzunluğu
L	=	Yanal olarak desteklenmeyen uzunluk (yanal destekler arasındaki uzaklık)
L	=	Açıklık uzunluğu

L_{avg}	= Düğüm noktası levhasının ortalama uzunluğu
L_{CL}	= Kolon eksenleri arasında kalan kiriş uzunluğu
L_{CL}	= Kiriş eksenleri arasında kalan eleman uzunluğu
L_{CL}	= Eksenlerin kesişim noktaları arasında kalan kiriş uzunluğu
L_c	= Eleman burkulma boyu
L_c	= Yanal olarak desteklenmeyen kolon uzunluğu (Yanal olarak desteklenen noktalar arasındaki uzaklık)
L_{cf}	= Kolon başlıkları arasında kalan net kiriş uzunluğu
L_{ee}	= İki ucu arasındaki çapraz uzunluğu
L_v	= Kesme kuvveti doğrultusundaki yerdeğiştirmeyi sınırlandıran mesnetler arasındaki net açıklık
M_{CE}	= Beklenen eğilme momenti dayanımı
M_{pe}	= Beklenen plastik eğilme momenti dayanımı
M_{pe}	= Eğilme eksenine göre plastik mafsallardaki beklenen plastik eğilme momenti dayanımı
M_{peb}	= Kolon yüzü hizasında hesaplanan, kirişin beklenen plastik eğilme momenti dayanımı
M_{CL}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için hesaplanan en büyük eğilme momenti dayanımı
M_{Ux}	= X-ekseni etrafındaki eğilme momenti
M_{Uy}	= Y-ekseni etrafındaki eğilme momenti
M_{Cx}	= Asal x-ekseni etrafında eğilme momenti dayanımı
M_{Cy}	= Asal y-ekseni etrafında eğilme momenti dayanımı
M_{UDx}	= Kuvvet kontrollü değerlendirme için x-ekseni etrafında hesaplanan eğilme momenti
M_{UDy}	= Kuvvet kontrollü değerlendirme için y-ekseni etrafında hesaplanan eğilme momenti
M_{pLx}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için x-ekseni etrafında hesaplanan en büyük plastik eğilme momenti dayanımı
M_{pLy}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için y-ekseni etrafında hesaplanan en büyük plastik eğilme momenti dayanımı
M_{yk}	= Kolon yüzü hizasında, kiriş enkesitindeki en dış lifin beklenen akma gerilmesine ulaştığı andaki eğilme momenti ($= W_e F_{ye}$)
M_{CLc}	= Birleşimin kolon yüzündeki karakteristik eğilme momenti dayanımı
N_b	= Başlık levhalarını kiriş başlıklarına birleştiren bulonların sayısı
P_{CE}	= Beklenen eksenel basınç kuvveti dayanımı
P_G	= Düşey yükler etkisinde hesaplanan eksenel kuvvet bileşeni
P_{ye}	= Beklenen eksenel kuvvet akma dayanımı
P_{UF}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için düşey yükler ve deprem etkileri altında elde edilen eksenel kuvvet
P_r	= YDKT veya GKT yük birleşimleri etkisinde hesaplanan gerekli eksenel basınç kuvveti dayanımı

P_r	= YDKT veya GKT yük birleşimleri etkisinde hesaplanan gerekli eksenel kuvvet dayanımı
R_y	= Beklenen çekme gerilmesi dayanımının karakteristik akma gerilmesi dayanımına oranı
SH	= Sınırlı Hasar
T_{CE}	= Beklenen çekme kuvveti dayanımı
t_p	= Kayma bölgesinin toplam kalınlığı (takviye levhalarının kalınlığı dahil)
t_p	= Başlık levhası kalınlığı
t_p	= Düğüm noktası levhası kalınlığı
t_w	= Gövde kalınlığı
t_w	= Kolon gövdesi kalınlığı
t_{cf}	= Kolon başlık kalınlığı
t	= Süreklilik levhası kalınlığı
t_f	= Başlık kalınlığı
i_y	= y-eksenine göre atalet yarıçapı
t_{wb}	= Kiriş gövdesinin kalınlığı
t_{wc}	= Kolon gövdesinin kalınlığı
V_{CE}	= Beklenen kesme kuvveti dayanımı
V_{pe}	= Beklenen kesme kuvveti dayanımı
V_{CL}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için hesaplanan en büyük kesme kuvveti dayanımı
V_{UDx}	= Şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış için düşey yükler ve deprem etkileri altında x-ekseni boyunca elde edilen kesme kuvveti
V_{UDy}	= Şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış için düşey yükler ve deprem etkileri altında y-ekseni boyunca elde edilen kesme kuvveti
V_{plx}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için x-ekseni boyunca hesaplanan en büyük plastik kesme kuvveti dayanımı
V_{ply}	= Kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranış için y-ekseni boyunca hesaplanan en büyük plastik kesme kuvveti dayanımı
V_{pz}	= Kayma bölgesi kesme kuvveti
V_{pz}	= Kritik kiriş enkesitindeki en dış lifin akma gerilmesine ulaştığı anda kayma bölgesinde oluşan kesme kuvveti
V_{ye}	= Beklenen kesme akma dayanımı
W_e	= Elastik mukavemet momenti
W_{pb}	= Kiriş enkesiti plastik mukavemet momenti
W_{RBS}	= Azaltılmış kiriş enkesitinin plastik mukavemet momenti
α	= YDKT ve GKT yük birleşimleri için eşdeğer düzeltme katsayısı
β	= Basınç dayanımı düzeltme katsayısı
θ_p	= Plastik dönme
θ_y	= Akma dönmesi
γ_y	= Akma kayma şekildeğiştirmesi

γ_p	= Plastik kayma şekildeğiştirme
ω	= Pekleşme etkisi düzeltme katsayısı
Δ_p	= Plastik eksenel şekildeğiştirme
Δ_y	= Akma eksenel şekildeğiştirme
η	= Kayma şekildeğiştirmelerinin dikkate alınmasını sağlayan bir katsayı
τ_b	= Rijitlik azaltma katsayısı
ψ	= $M_{CE} < M_{pe}$ olması halinde hesaplanan bir katsayı
κ	= Bilgi düzeyi katsayısı

5.1. KAPSAM

5.1.1 – Çelik bina taşıyıcı sistem elemanlarının ve birleşimlerinin güçlendirilmesi, bu bölümde belirtilen özel kurallara uyularak; güçlendirilen elemanların ve birleşimlerin boyutlandırılması bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere uygun olarak yapılacaktır.

5.1.2 – Bu bölümün kapsamı içindeki çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri; sadece moment aktaran çelik çerçevelerden, sadece merkezi veya dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerden, sadece burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerden veya moment aktaran çelik çerçevelerin, çaprazlı çelik çerçeveler veya betonarme perdelerle birleşiminden oluşabilir. Ayrıca, moment aktaran çerçeve türü taşıyıcı sistemlerin çelik-betonarme kompozit kolonları da bu bölümün kapsamı içindedir.

5.1.3 – Bu bölümün kapsamı içinde bulunan çelik taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesi; **Bölüm 3**'te verilen ilgili hesap kuralları ile TS 498'de öngörülen yükler göz önüne alınarak, ilgili standartlara ve özellikle bu yönetmeliğin ilgili bölümlerindeki kurallara göre yapılacaktır.

5.1.4 – Yapı elemanları ve birleşimleri, yapının işletme ömrü boyunca kendinden beklenen tüm fonksiyonları belirli bir güvenlik altında yerine getirebilecek düzeyde dayanım, stabilite (kararlılık) ve rijitliğe sahip olacak şekilde güçlendirilecektir.

5.1.5 – Çelik bir binanın güçlendirilmesinde, 15/02/2018 tarihli ve 30333 mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE) Yönetmeliği” nde tanımlanan *Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT) yöntemi kullanılacaktır.

5.2. GENEL KURALLAR

5.2.1 – Çelik bina sistemlerinin güçlendirilmesi için alınacak önlemler, bu bölümde ve *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği* (TBDY)'nin ilgili bölümlerinde belirtilen kural ve koşulları sağlayacak şekilde düzenlenecektir.

5.2.2 – Mevcut çelik binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları ile taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler için **Bölüm 3** esas alınacaktır.

5.2.3 – Çelik yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri TBDY 15.3 kapsamında değerlendirilecektir.

5.2.4 – Çelik binaların deprem performanslarının belirlenmesinde kullanılacak hesap yöntemi için **Bölüm 3** esas alınacaktır. Döşeme kirişlerinin (tali kirişlerin) düşey yerdeğiştirmeleri ile

döşemelerin titreşimlerinin sınırlandırılması amacıyla, elemanlar için uygulanacak güçlendirme işlemlerinde, doğrusal hesap yöntemlerinin kullanılmasına izin verilir. Bu amaçla yapılacak güçlendirme uygulamalarında, güçlendirilen elemanlar ve birleşimleri, yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere uygun olarak boyutlandırılacaktır.

5.3. GÜÇLENDİRME İÇİN MALZEME ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA KOŞULLARI

5.3.1 – Bu bölüm kapsamında, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği” nde tanımlanan tüm yapısal çelikler kullanılabilir. Ancak, yatay yük taşıyıcı sistemin elemanlarında kullanılacak çelik malzemesi TBDY 9.2.3.1(a) ve 9.2.3.1(b)’de belirtilen koşulları da sağlamalıdır.

5.3.2 – Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar için TBDY 9.2.3.2 aynen geçerlidir.

5.3.3 – Kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun kaynak metali kullanılacak ve kaynak metalinin özellikleri, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği” Bölüm 2.4’te belirtilen özelliklerle uyumlu olacaktır. Deprem yükleri etkisindeki elemanların ve birleşimlerinin tüm kaynaklarında TBDY Tablo 9.1’de öngörülen koşulları sağlayan kaynak metali kullanılacaktır.

5.3.4 – Bulonlar ve kaynaklar; birleşim içinde aktarılan bir kuvveti veya bu kuvvetin bir bileşenini paylaşıp paylaşacak şekilde bir arada kullanılamazlar (Bkz. TBDY Ek 9A).

5.4. TAŞIYICI SİSTEM BİLEŞENLERİ / ELEMANLARI

5.4.1 – Çelik bina sistemini oluşturan taşıyıcı sistem bileşenleri; kirişler (eğilme elemanları), eksenel kuvvet ve bileşik etkiler altındaki elemanlar, kiriş-kolon birleşimlerinde kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma (panel) bölgeleri, kiriş ve kolon birleşimleri, çaprazlı çelik çerçevelerin birleşimleri olarak tanımlanmaktadır.

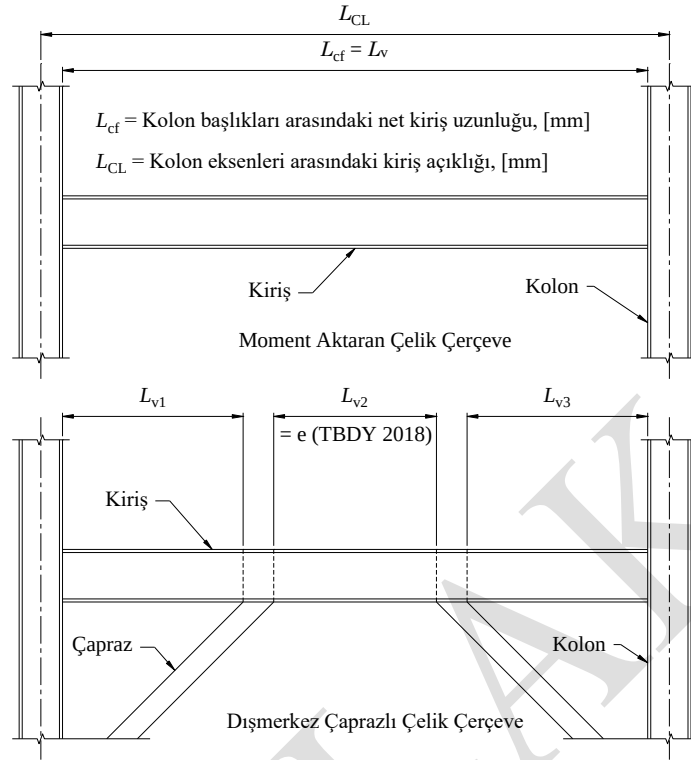
5.4.2 – Tüm yapısal bileşenlerin doğrusal olmayan kuvvet – şekildeğiştirme davranışları **Ek 5A** esas alınarak modellenecektir.

5.5. KİRİŞLER

5.5.1 – Çelik kirişlerin eğilme momenti ve/veya kesme kuvveti etkisinde davranış özellikleri (karakteristikleri), bu bölüm esas alınarak belirlenecektir. Bu bölüm, eksenel kuvvet (basınç veya çekme) değerinin, beklenen basınç kuvveti dayanımı veya beklenen çekme kuvveti dayanımı değerlerinin %10’unu aşmadığı kiriş elemanları için geçerlidir. Bu oranın aşılması halinde, davranış karakteristiklerinin hesabında **5.6** uygulanacaktır. Söz konusu dayanım değerleri, **5.6.10**, **5.6.11** ve **5.6.12**’ye uygun şekilde belirlenecektir. Bir kirişin eğilme ve kesme etkileri altındaki davranışı, **Ek 5A** esas alınmak suretiyle, şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olarak modellenecektir.

5.5.2 – Kesme kuvveti doğrultusundaki yerdeğiştirmeyi sınırlandıran mesnetler arasındaki *net açıklığın* (L_v), $2.6M_{CE}/V_{CE}$ ’den büyük olması durumunda, kirişin doğrusal olmayan davranışı; eğilme (eğilme momenti – dönme) kontrollü olarak, L_v net açıklığının (**Şekil 5.1**) $1.6M_{CE}/V_{CE}$ ’den küçük olması halinde ise, kesme (kesme kuvveti – kayma şekildeğiştirmesi) kontrollü olarak modellenecektir. Net açıklığın $1.6M_{CE}/V_{CE}$ ile $2.6M_{CE}/V_{CE}$ değerlerinin

arasında olması durumunda, kirişin doğrusal olmayan davranış modeli eğilme momenti - kesme kuvveti kontrollü olarak oluşturulacaktır.



Şekil 5.1

5.5.3 – Çelik kirişlerin rijitlikleri yapı mekaniği prensiplerine uygun olarak, eksenel, eğilme ve kayma rijitlikleri şeklinde ÇYTHYE Yönetmeliği kapsamında değerlendirilecektir.

5.5.4 – Çelik gömme kompozit kirişlerin eğilme rijitliği, çelik ve beton arasında tam kompozit etkileşimin, akma anındaki çatlamış enkesit durumunun ve beton kesitin en küçük gövde genişliğine eşit olan eşdeğer genişliğin esas alındığı enkesit durumları için belirlenecektir.

5.5.5 – Çelik gömme kompozit kirişlerde ve eksenel kuvvetlerin çatlama sınırının altında kaldığı durumlarda eksenel rijitlik, tam kompozit etkileşim varsayımıyla çelik alanın %100'ü ve beton alanın %70'i kullanılarak belirlenecektir. Bu durumda, en az 10 mm çaplı 300 mm aralıklı veya 12 mm çaplı 400 mm aralıklı olarak yerleştirilen sargı donatılarının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca sargı donatılarının yerleşim aralıkları, beton sargının en küçük boyutunun yarısından daha büyük olamaz. Sargı donatılarının yukarıdaki koşulu sağlamaması halinde, eksenel rijitlik kompozit etkileşim dikkate alınmaksızın belirlenecektir.

5.5.6 – En az üç tarafı veya çevresinin %75'inden fazlası çelik bileşenlerle sargılanan betonun, tam kompozit etkileşim için yeterli düzeyde sargılandığı varsayılacaktır.

5.5.7 – Çelik-betonarme kompozit kirişlerin kayma rijitliği, çelik kiriş enkesitinin kayma rijitliğine eşit olarak alınacaktır.

5.5.8 – Çelik kirişlerin eğilme momenti ve kesme kuvveti dayanımları bu bölümde verilen kurallara uygun olarak belirlenecektir.

5.5.9 – Çelik kirişlerin şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranışı için beklenen eğilme momenti dayanımı, M_{CE} , beklenen akma gerilmesi, F_{ye} , kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 9’a göre belirlenecektir. Kesme kuvveti etkisinde akma sınır durumunun oluşması halinde, M_{CE} değeri, $V_{CE}L_v/2$ değerini veya mesnet koşullarına göre belirlenen kesme dayanımı değerini aşmayacaktır. Eğilme momenti etkisinde plastik şekildeğiştirme yapması beklenen kirişler, akma sınır durumu için gerekli olan enkesit koşullarını sağlayacaktır. Ayrıca kirişler, plastik mafsallık bölgesindeki kiriş enkesitinin beklenen plastik eğilme momenti dayanımına (M_{pe}) ulaşmasını sağlayacak şekilde yanal olarak desteklenecektir. Bunların dışındaki durumlarda, $M_{CE} < M_{pe}$ olarak belirlenecektir.

5.5.10 – Deprem etkisi altında beton örtünün yerinde kalmasını sağlayacak sargı donatısı bulunan gömme çelik kirişlerde, yerel burkulma ve yanal burulmalı burkulma sınır durumlarının dikkate alınmasına gerek yoktur.

5.5.11 – Çelik kirişlerin şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranışı için beklenen kesme kuvveti dayanımı, V_{CE} , beklenen akma gerilmesi, F_{ye} kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 10’a göre belirlenecektir. Kesme kuvveti etkisinde plastik şekildeğiştirme yapması beklenen kirişlerde, kesme etkisinde akmanın beklediği bölgeler gerekli enkesit koşullarını sağlayacaktır. Ayrıca kirişler, bu bölgelerin kesme etkisinde burkulma oluşmadan önce beklenen plastik kesme kuvveti dayanımına (V_{pe}) ulaşmasını sağlayacak şekilde berkitme levhaları kullanılarak rijitleştirilecektir. Bunların dışındaki durumlarda, $V_{CE} < V_{pe}$ olarak belirlenecektir. Berkitme levhalarının tasarımı ve uygulama koşulları için TBDY 9.8 esas alınacaktır.

5.5.12 – Çelik kirişlerin kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük eğilme momenti dayanımı, M_{CL} , karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 9’a göre belirlenecektir. Kesme kuvveti etkisinde akma sınır durumunun oluşması halinde, M_{CL} değeri, $V_{CL}L_v/2$ değerini veya mesnet koşullarına göre belirlenen kesme dayanımı değerini aşmayacaktır. Burada, V_{CL} , **5.5.13**’e uygun olarak belirlenecektir.

5.5.13 – Çelik kirişlerin kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük kesme kuvveti dayanımı, V_{CL} , karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 10’a göre belirlenecektir.

5.5.14 – Çelik kirişlerin eğilme momenti etkisinde doğrusal olmayan kuvvet – şekildeğiştirme davranışı için, **Şekil 5A.2**’de gösterilen genelleştirilmiş kuvvet – şekildeğiştirme eğrisi kullanılacaktır. Davranış modeli değişkenleri, a , b ve c **Tablo 5A.2**’ye göre belirlenecektir.

5.5.15 – Çelik kirişlerin eğilme momenti etkisinde davranışları şekildeğiştirme kontrollü olarak öngörüldüğünde, analizler sonunda elde edilen plastik dönme (θ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.2**’de verilen plastik dönme sınır değerini aşmasına izin verilmez. Eğilme etkisinin belirleyici olduğu kirişlerde akma dönmesi, θ_y , analizle belirlenecektir. Buradaki θ_y , akmanın olduğu enkesitteki eğilme momentinin M_{CE} olarak alındığı dönme değerine karşı gelmektedir. Eğilme etkisinin belirleyici olduğu bir kirişin her iki ucu da panel bölgesi rijitliği dikkate alınmaksızın tamamen rijit olarak birleşiyorsa ve deprem etkisi altında dönüm noktası (infleksiyon noktası) kiriş orta açıklığında konumlanıyorsa, θ_y ’nin **Denk.(5A.1a)** ile belirlenmesine izin verilir. Bunun dışında, kesme etkisinin veya kesme – eğilme etkileşiminin belirleyici olması halinde, θ_y , **5.5.17**’de tanımlanan kesme etkisinde akma şekildeğiştirmesi, γ_y olarak alınacaktır.

5.5.16 – Çelik kirişlerin kesme kuvveti etkisinde şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış modeli için **5A.1** esas alınacaktır. Davranış modeli değişkenleri ve plastik kayma şekildeğiştirmesi sınır değerleri **Tablo 5A.6**'ya uygun olarak belirlenecektir. Bu tabloda, $e = L_v$ alınmak suretiyle, $L_v \geq 2.6M_{CE}/V_{CE}$ olması halinde, değerler 0.0'a eşit olarak alınacaktır. Bu durumda, $1.6M_{CE}/V_{CE} < L_v < 2.6M_{CE}/V_{CE}$ için doğrusal enterpolasyon 0.0 ve tablodaki değerler arasında yapılacaktır.

5.5.17 – Kesme kuvveti etkisinde, şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış öngörülmesi durumunda, analizler sonunda elde edilen plastik kayma şekildeğiştirmesi (γ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.6**'da verilen plastik kayma şekildeğiştirmesi sınır değerini aşmasına izin verilmez. Kesme kuvveti etkisinde akma şekildeğiştirmesi (γ_y), $V_{CE} = Q_y$ ve $e = L_v$ olmak üzere, **Denk.(5A.10a)** ile hesaplanacaktır.

5.6. EKSENEL KUVVET VE BİLEŞİK ETKİLER ALTINDAKİ ELEMANLAR

5.6.1 – Sadece eksenel kuvvet veya eğilme momenti ve/veya kesme kuvveti ile birlikte eksenel kuvvet etkisindeki çelik ve çelik-beton kompozit elemanların davranış karakteristikleri bu bölüme göre belirlenecektir. Bu bölüm ayrıca, eksenel basınç veya çekme kuvvetinin beklenen eksenel basınç veya çekme kuvvetine oranı %10'a eşit veya daha büyük olduğu elemanlar (örneğin çaprazlı çelik çerçevelerin kirişleri) için de uygulanacaktır. Kolon veya çapraz elemanın eksenel kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisinde davranışı, **Ek 5A** esas alınmak suretiyle, şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olarak modellenenecektir.

5.6.2 – Kesme kuvveti doğrultusunda yerdeğiştirmeyi sınırlandıran mesnetler arasındaki *net açıklığın* (L_v), $2.6M_{CE}/V_{CE}$ 'den büyük olması durumunda, kolon veya çaprazın doğrusal olmayan davranışı; eğilme (eğilme momenti – dönme) kontrollü olarak, L_v 'nin $1.6M_{CE}/V_{CE}$ 'den küçük olması halinde ise, kesme kontrollü (kesme kuvveti – kayma şekildeğiştirmesi) olarak modellenenecektir. L_v boyunun $1.6M_{CE}/V_{CE}$ ile $2.6M_{CE}/V_{CE}$ değerlerinin arasında olması durumunda, kolon veya çaprazın doğrusal olmayan davranış modeli eğilme momenti - kesme kuvveti kontrollü olarak oluşturulacaktır. Beklenen eğilme momenti dayanımı, M_{CE} ve beklenen kesme kuvveti dayanımı, V_{CE} , eksenel kuvvet ile etkileşim dikkate alınmak suretiyle, sırasıyla **5.5.9** ve **5.5.11**'e uygun olarak belirlenecektir.

5.6.3 – Basınç kuvveti etkisinde burkulma, çekme kuvveti etkisinde akma davranışı gösteren (geleneksel) çapraz elemanlar, uç birleşimleri de göz önüne alınmak suretiyle, her iki etki için **Şekil 5A.2**'de gösterilen genelleştirilmiş davranış modeli esas alınarak modellenenecektir. Çekme ve basınç etkileri altındaki davranış modeli için gerekli parametreler **Tablo 5A.5**'e göre belirlenecektir.

5.6.4 – Kolonların ve çaprazların rijitlikleri; yapı mekaniği prensiplerine uygun olarak, bu yönetmeliğin ilgili bölümlerinde aksi belirtilmedikçe, ÇYTHYE Yönetmeliği kapsamında değerlendirilecektir.

5.6.5 – Geleneksel çapraz elemanların elastik rijitliği, çapraz elemanların uçları arasındaki uzunluk, L_{ee} kullanılarak hesaplanacak ve modellenenecektir.

5.6.6 – Burkulması önlenmiş çelik çaprazların eksenel rijitliği, çelik çekirdeğin eksenel rijitliği ile uçlardaki geçiş bölgelerinin eksenel rijitliği seri bağlı olacak şekilde toplanarak modellenenecektir. Geçiş bölgeleri, çaprazların birleşimi için rijitleştirilen uç bölgelerini de kapsayacaktır. Düğüm noktası levhaları ve kiriş – kolon birleşim bölgelerinin çaprazlara göre daha rijit olduğu kabul edilebilir.

5.6.7 – Doğrusal olmayan analizlerde çapraz elemanların eğilme rijitlikleri **5.11.1**'e uygun olarak elde edilecektir.

5.6.8 – Çelik gömme kompozit kolonların eğilme rijitlikleri **5.5.4**'e uygun olarak elde edilecektir.

5.6.9 – Çelik – beton kompozit elemanların kayma rijitlikleri çelik enkesitlerin kayma rijitlikleri olarak alınacaktır.

5.6.10 – Çelik kolonların ve çaprazların şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranışı için beklenen eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_{CE} , beklenen akma gerilmesi kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 8'e göre belirlenecektir. Çapraz elemanların burkulma boyu, $L_c (= KL_{ee})$ ve narinliği (L_c/i), çapraz elemanların uçları arasındaki uzunluk, L_{ee} kullanılarak hesaplanacaktır.

5.6.11 – Çelik kolonların ve çaprazların şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranışı için beklenen eksenel çekme kuvveti dayanımı, T_{CE} , beklenen akma gerilmesi, F_{ye} ve beklenen çekme dayanımı, F_{ue} kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 7'ye göre belirlenecektir.

5.6.12 – Burkulması önlenmiş çelik çaprazların şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranışı için, beklenen eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_{CE} ve beklenen eksenel çekme kuvveti dayanımı, T_{CE} ; çelik çekirdek alanının beklenen akma gerilmesi, F_{ye} ile çarpımı olarak elde edilecektir. Dayanım ve davranış modeli değişkenleri için beklenen akma gerilmesi F_{ye} , bu değer karakteristlik akma gerilmesine oranı şeklinde tanımlanan ve TBDY Tablo 9.2'de verilen R_y ile çarpımı olarak hesaplanacaktır. Beklenen akma gerilmesi değerinin deneysel olarak belirlenmesi halinde, deney sonucunda elde edilen değer kullanılacaktır. Burkulması önlenmiş çelik çaprazların en büyük eksenel basınç ve çekme kuvveti dayanımları; TBDY 9.9.2.1'de tanımlandığı gibi; basınç dayanımı düzeltme katsayısı β , pekleşme etkisi düzeltme katsayısı ω , olmak üzere, sırasıyla, $\beta\omega P_{CE}$ ve ωP_{CE} olarak hesaplanacaktır.

5.6.13 – Çelik kolonlar ve çaprazların beklenen eğilme momenti dayanımları, M_{CE} , **5.5.9** esas alınarak hesaplanacaktır. Eğilme etkisi altında plastik şekildeğiştirme göstermesi beklenen kolonlar ve çaprazların plastik şekildeğiştirme yapabilmesi için yeterli düzeyde enkesit kompaktlığına sahip olması ve eksenel kuvvet ile iki doğrultuda etkiyen eğilme momentinin bileşik etkisi altındaki akma bölgesinin uygun şekilde yanal olarak desteklenmesi gerekmektedir. Bu durumda $M_{CE} = M_{pe}$, bunların dışındaki durumlarda ise, $M_{CE} < M_{pe}$ olarak belirlenecektir.

5.6.14 – Geleneksel çapraz elemanların doğrusal olmayan eksenel kuvvet – şekildeğiştirme davranışının, burkulma sınır durumu da dikkate alınarak çubuk elemanlar şeklinde modellenmesi halinde, çaprazların eğilme momenti dayanımlarının doğrudan değerlendirilmesine gerek yoktur.

5.6.15 – Çelik kolonlar ve çaprazların beklenen kesme kuvveti dayanımları, V_{CE} , **5.5.11** esas alınarak hesaplanacaktır. Kesme kuvveti etkisi altında plastik şekildeğiştirme göstermesi beklenen kolonlar ve çaprazların kesme kuvveti etkisinde plastik şekildeğiştirme yapabilmesi için, yeterli düzeyde enkesit kompaktlığına sahip olması veya eksenel kuvvet ile iki doğrultuda etkiyen kesme kuvvetinin bileşik etkisi altındaki akma bölgesinin uygun şekilde rijitleştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda $V_{CE} = V_{pe}$, bunların dışındaki durumlarda ise, $V_{CE} < V_{pe}$ olarak belirlenecektir.

5.6.16 – Çelik kolonlar ve çaprazların kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_{CL} , ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 8 esas alınarak hesaplanacaktır. Gerekli olan değişkenlerin hesabında karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılacaktır.

5.6.17 – Çelik kolonlar ve çaprazların kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük eksenel çekme kuvveti dayanımı, T_{CL} , ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 7 esas alınarak hesaplanacaktır. Gerekli olan değişkenlerin hesabında karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılacaktır.

5.6.18 – Çelik kolonlar ve çaprazların kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük eğilme momenti dayanımı, M_{CL} , **5.5.12** esas alınarak hesaplanacaktır.

5.6.19 – Çelik kolonlar ve çaprazların kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük kesme kuvveti dayanımı, V_{CL} , **5.5.13** esas alınarak elde edilecektir.

5.6.20 – Çelik kolonlar ve burkulması önlenmiş çaprazların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan kuvvet – şekil değiştirme davranışı için, **Şekil 5A.2**'de gösterilen genelleştirilmiş kuvvet – şekil değiştirme eğrisi kullanılacaktır. Davranış modeli değişkenleri, a , b ve c **Tablo 5A.5**'e göre belirlenecektir.

5.6.21 – Geleneksel çelik çaprazların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan kuvvet – şekil değiştirme davranışı için, **Şekil 5A.2**'de gösterilen genelleştirilmiş kuvvet – şekil değiştirme eğrisi kullanılacaktır. Davranış modeli değişkenleri, a , b ve c **Tablo 5A.5**'e göre belirlenecektir.

5.6.22 – Kolonların ve çelik çaprazların eksenel doğrultudaki davranışları şekil değiştirme kontrollü olarak öngörüldüğünde, analizler sonunda elde edilen plastik eksenel şekil değiştirme değerinin (Δ_p), belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.5**'te verilen plastik eksenel şekil değiştirme sınır değerini aşmasına izin verilmez. Eksenel kuvvet etkisinde akma şekil değiştirmesi, Δ_y , **Denk.(5A.6)**, **Denk.(5A.7)** ve **Denk.(5A.8)** ile hesaplanacaktır.

5.6.23 – Çelik kolonlar ve çaprazların eğilme momenti etkisinde doğrusal olmayan kuvvet – şekil değiştirme davranışı için, **Şekil 5A.2**'de gösterilen genelleştirilmiş kuvvet – şekil değiştirme eğrisi kullanılacaktır. Davranış modeli değişkenleri, a , b ve c **Tablo 5A.3**'e göre belirlenecektir.

5.6.24 – Kolonların ve çelik çaprazların doğrusal olmayan davranışları, eğilme momentinin etkin olduğu şekil değiştirme kontrollü olarak öngörüldüğünde, akma dönmesi θ_y , analizle belirlenecektir. Buradaki θ_y , akmanın oluştuğu enkesitteki eğilme momentinin M_{CE} olarak alındığı dönme değerine karşı gelmektedir. Analizler sonunda elde edilen plastik dönme (θ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.5**'te verilen plastik dönme sınır değerini aşmasına izin verilmez. Eğilme etkisinin belirleyici olduğu bir kolonun veya çaprazın her iki ucu da panel bölgesi rijitliği dikkate alınmaksızın tamamen rijit olarak birleşiyorsa ve deprem etkisi altında dönüm noktası (infleksiyon noktası) elemanın orta açıklığında konumlanıyorsa, θ_y 'nin **Denk.(5.1)** ile belirlenmesine izin verilir. Bunun dışında, kesme etkisinin veya kesme – eğilme etkileşiminin belirleyici olması halinde, θ_y , **5.5.17**'de tanımlanan kesme etkisinde akma şekil değiştirmesi, γ_y olarak alınacaktır.

$$\theta_y = \frac{M_{CE} L_{CL} (1 + \eta)}{6(\tau_b E) I} \quad (5.1)$$

$M_{CE} < M_{pe}$ olması halinde; **Denk.(5.1)** ile hesaplanan değer, **Denk.(5.2)** ile tanımlanan Ψ katsayısı ile çarpılacaktır. Kolon veya çapraz elemandaki kayma şekildeğiştirme, elemanın şekildeğiştirme durumunu %5'ten daha fazla değiştirmiyorsa, **Denk.(5.3)** kullanılarak belirlenen η katsayısının, $\eta = 0.0$ olarak alınmasına izin verilir.

$$\Psi = 1 - \frac{M_{pe} - M_{CE}}{M_{pe} - 0.7 F_{ye} W_e} \geq 0 \quad (5.2)$$

$$\eta = \frac{12EI}{L_{CL}^2 GA_s} \quad (5.3)$$

5.6.25 – Davranış modeli değişkeni a 'nın sıfıra eşit olması veya $P_G/P_{ye} > 0.50$ olması halinde, taşıyıcı sistem elemanının eğilme momenti etkisinde elastik bölgede kalması sağlanacaktır.

5.6.26 – Kolonlar ve çaprazların kesme kuvveti etkisinde şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış modeli için **5A.1** esas alınacaktır. Davranış modeli değişkenleri ve plastik kayma şekildeğiştirme sınır değerleri **Tablo 5A.6'**ya uygun olarak belirlenecektir. Bu tabloda, $e = L_v$ alınmak suretiyle, $L_v \geq 2.6 M_{CE}/V_{CE}$ olması halinde, değerler 0.0'a eşit olarak alınacaktır. Bu durumda, $1.6 M_{CE}/V_{CE} < L_v < 2.6 M_{CE}/V_{CE}$ için doğrusal enterpolasyon 0.0 ve tablodaki değerler arasında yapılacaktır.

5.6.27 – Kesme kuvveti etkisinde, şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış öngörülmesi durumunda, analizler sonunda elde edilen plastik kayma şekildeğiştirme (γ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.6'**da verilen plastik kayma şekildeğiştirme sınır değerini aşmasına izin verilmez. Kesme kuvveti etkisinde akma şekildeğiştirme (γ_v), $V_{CE} = Q_v$ ve $e = L_v$ olmak üzere, **Denk.(5A.10a)** ile hesaplanacaktır.

5.6.28 – Çelik kolonlar ve çaprazların kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_{CL} , **5.6.16** esas alınarak elde edilecektir. Gerekli olan değişkenlerin hesabında karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılacaktır.

5.6.29 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin kullanılması ve eğilme davranışının kuvvet kontrollü olarak öngörülmesi halinde, kolonlar ve çaprazlar **Denk.(5.4)**, **Denk.(5.5)**, **Denk.(5.6)** ve **Denk.(5.7)**'yi sağlayacaktır. **Denk.(5.5)**'te ilgili değişkenlerin hesabında, F_{ye} yerine F_y ve P_{ye} yerine P_y kullanılacaktır.

$$\frac{M_{Ux}}{M_{Cx}} + \frac{M_{Uy}}{M_{Cy}} \leq \kappa \quad (5.4)$$

$$\frac{|M_{UDx}|}{M_{pLx}} + \frac{|M_{UDy}|}{M_{pLy}} \leq \kappa \quad (5.5)$$

$$\frac{|P_{UF}|}{P_{ye}} \leq 0.75\kappa \quad (5.6)$$

$$\frac{|P_{UF}|}{P_{CL}} \leq \kappa \quad (5.7)$$

5.6.30 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin kullanılması ve kesme etkisinde davranışın kuvvet kontrollü olarak öngörülmesi halinde, kolonlar ve çaprazlar **Denk.(5.8)**'i sağlayacaktır. **Denk.(5.8)**'de ilgili değişkenlerin hesabında F_{ye} yerine F_y ve P_{ye} yerine P_y kullanılacaktır.

$$\frac{|V_{UDx}|}{V_{pLx}} + \frac{|V_{UDy}|}{V_{pLy}} \leq \kappa \quad (5.8)$$

5.7. KAYMA (PANEL) BÖLGELERİ

5.7.1 – Deprem etkileri altında eğilme momenti etkisindeki kayma (panel) bölgelerinin davranış karakteristikleri bu bölümde belirtilen esaslara uygun olarak belirlenecektir. Bir panel bölgesinin kesme davranışı şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olmak üzere, ilgili bölümlerde belirtildiği şekilde tanımlanacaktır.

5.7.2 – Kayma bölgelerinin rijitliği yapı mekaniği prensiplerine uygun olarak, eksenel, eğilme ve kayma rijitlikleri şeklinde ÇYTHYE Yönetmeliği kapsamında değerlendirilecektir.

5.7.3 – Kayma bölgesinin davranışı analitik modelde dikkate alınacaktır. Bunun yerine, çelik elemanın eğilme rijitliğinin, kayma bölgesi davranışını da kapsayacak şekilde düzenlenmesine de izin verilir. Bir panel bölgesinin beklenen kesme dayanımı, kiriş-kolon bağlantısına birleşen kirişlerin eğilme dayanımını (panel bölgesine uygulanan kesme dayanımına dönüştürülmüş) aşması ve panel bölgesinin rijitliğinin (dönme yayına dönüştürülmüş) kirişin eğilme rijitliğinden en az 10 kat daha büyük olması halinde, kayma bölgesinin doğrudan modellenmesine gerek yoktur. Bu durumda, kirişin etkin açıklığını temsil etmek üzere rijit elemanlar kullanılabilir. Aksi durumlarda, analizlerde belirli rijitliğe sahip elemanların kullanılmasına veya kirişlerin ağırlık merkezlerine birleşen elemanlar olarak temsil edilmesine izin verilir.

5.7.4 – Kayma bölgesinin betonla sargılanması ve kuvvet geçişi ile yayılımı için bir mekanizmanın sağlanması durumunda, çatlak oluşumunun etkisini de kapsayan kayma rijitliğinin tam kompozit davranış esas alınarak belirlenmesine izin verilir.

5.7.5 – Beton sargının kesme dayanımına katkısı, çevrelediği elemanlar arasında tam kompozit etkileşimi sağlayacak bir mekanizmanın bulunması halinde, kayma bölgesinin kesme dayanımına dahil edilebilir. Aksi durumda, beton sargının kesme dayanımına katkısı ihmal edilecektir.

5.7.6 – Beklenen kesme kuvveti dayanımı, V_{CE} beklenen akma gerilmesi, F_{ye} kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği 13.9.6(a)'ya göre belirlenecektir. Burada, αP_r ve t_w yerine, sırasıyla P_{UF} ve t_p kullanılacaktır. Ayrıca, $V_{CE} = V_{ye}$ olarak alınacaktır. P_{UF} analiz türünden bağımsız olarak **5.6**'ya göre hesaplanacaktır.

5.7.7 – Kayma bölgesinin kuvvet kontrollü doğrusal olmayan davranışı için en büyük kesme kuvveti dayanımı, V_{CL} , karakteristik akma gerilmesi, F_y kullanılarak ÇYTHYE Yönetmeliği 13.9.6(a)'ya göre belirlenecektir. Burada αP_r ve t_w yerine, sırasıyla P_{UF} ve t_p kullanılacaktır.

5.7.8 – Doğrusal olmayan kuvvet – şekildeğiştirme davranışı için, **Şekil 5A.2**'de gösterilen genelleştirilmiş kuvvet – şekildeğiştirme eğrisi kullanılacaktır. Davranış modeli değişkenleri, a , b ve c **Tablo 5A.3**'e göre belirlenecektir.

5.7.9 – Genelleştirilmiş kuvvet – şekildeğiştirme eğrisinde B noktasının koordinatları, V_{CE} ve γ_y olmak üzere, B ve C noktaları arasında dikkate alınacak B* noktasının koordinatları, toplam kayma şekildeğiştirmesi $4\gamma_y$ ve buna karşı gelen kesme kuvveti dayanımı; beklenen akma gerilmesi, F_{ye} ile ÇYTHYE Yönetmeliği 13.9.6(b)'ye göre belirlenen kesme kuvveti dayanımı olarak alınacaktır. Burada αP_r ve t_w yerine, sırasıyla P_{UF} ve t_p kullanılacaktır. B* noktasından itibaren eğrinin eğimi sıfır olarak düzenlenecektir.

5.7.10 – Kayma bölgesinin kesme kuvveti dayanımı için şekildeğiştirme kontrollü doğrusal olmayan davranış öngörülmesi durumunda, analizler sonunda elde edilen plastik kayma şekildeğiştirmesi (γ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.3**'te verilen plastik kayma şekildeğiştirmesi sınır değerini aşmasına izin verilmez. Kesme kuvveti etkisinde akma şekildeğiştirmesi (γ_y), $P = P_{UF}$ olmak üzere, **Denk.(5A.3a)** ile hesaplanacaktır.

5.8. KİRİŞ VE KOLON BİRLEŞİMLERİ

5.8.1 – Deprem etkileri altındaki kiriş – kolon birleşimleri ve kolon – temel birleşimleri ile kirişlerin ve kolonların ek birleşimlerinin davranış karakteristikleri bu bölümde belirtilen esaslara uygun olarak belirlenecektir. Birleşimlerin eğilme momenti, eksenel kuvvet ve kesme kuvveti etkisinde davranışları şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olmak üzere, ilgili bölümlerde belirtildiği şekilde tanımlanacaktır.

5.8.2 – Bir birleşimin eksenel kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti etkileri altında davranışı şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olarak modelleneyecektir.

5.8.3 – Kiriş – kolon birleşimleri; sırasıyla (a) ve (b)'de tanımlandığı şekilde tam dayanımlı ve kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri olmak üzere ikiye ayrılırlar.

(a) Kiriş – kolon birleşimini oluşturan iki elemandan en zayıf olanının dayanımına eşit bir dayanıma sahip olan, kayma bölgesinin şekildeğiştirme durumu göz önüne alınmaksızın çerçevenin toplam yatay yerdeğiştirmesine katkısı %10'u aşmayan kiriş-kolon birleşimleri tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri olarak tanımlanacaktır. TBDY Ek 9B.4 ve 9B.5'te belirtilen detayları ve uygulama koşullarını sağlayan kiriş – kolon birleşimleri tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri olarak değerlendirilecektir. TBDY Ek 9B.2 ve 9B.3'te detayları ve uygulama koşulları verilen kiriş – kolon birleşimleri ise, bağlanan kirişin beklenen eğilme momenti dayanımına eşit veya daha büyük bir eğilme dayanıma sahip olması halinde tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri olarak dikkate alınacaktır.

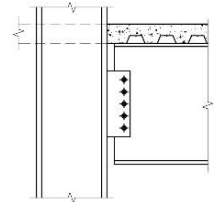
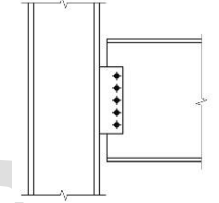
(b) **5.8.3(a)**'da belirtilen koşulları sağlamayan kiriş – kolon birleşimleri ile **Tablo 5.1**'de verilen kayma levhalı bulonlu kiriş – kolon birleşimleri kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri olarak tanımlanacaktır.

5.8.4 – Tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin dönme rijitliğinin modellenmesine gerek yoktur. Ancak, birleşimlerin güçlendirilmesine bağlı olarak plastik mafsallın kolon yüzünden uzakta ve kiriş açıklığı içinde oluşmasının sağlanması halinde, kirişin etkin açıklığını temsil etmek amacıyla kolon ile kiriş arasında rijit bir eleman oluşturulacaktır.

5.8.5 – Kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin moment – dönme davranışları, deneysel olarak veya yapısal mekanik prensipleri doğrultusunda analize dayalı olarak belirlenecektir. Kiriş – kolon birleşimlerinin moment – dönme ilişkisinin çerçevelerin yerdeğiştirmelerinin belirlenmesinde dikkate alınması sağlanacaktır.

5.8.6 – Her bir kolon – temel birleşiminin dönme rijitliği, K_θ deneysel veya analize dayalı olarak belirlenecektir. Kolon – temel birleşimlerinin moment – dönme ilişkilerinin çerçevelerin yerdeğiştirmelerinin belirlenmesinde dikkate alınması sağlanacaktır.

Tablo 5.1. Kayma Levhalı Bulonlu Kiriş-Kolon Birleşimleri

Birleşim		Açıklama	Detay
(a)	Döşemenin olduğu kayma levhalı bulonlu birleşim	Pozitif eğilme momenti altında birleşimin davranışı, döşemenin etkisi dikkate alınarak değerlendirilecektir.	
(b)	Döşemenin bulunmadığı kayma levhalı bulonlu birleşim	Döşemenin bulunmadığı veya döşemenin kolon başlığından yeterince uzakta bitirildiği durumda birleşimin davranışı döşemenin etkisinden bağımsız olarak değerlendirilecektir.	

5.8.7 – Tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin şekildeğiştirme kontrollü davranışları için beklenen dayanımlar, tüm sınır durumlar dikkate alınmak suretiyle, ÇYTHYE Yönetmeliği ve TBDY Bölüm 9 gözetilerek belirlenecektir. Beklenen dayanım değerlerinin hesabında beklenen malzeme dayanımları kullanılacaktır. Aksi belirtilmedikçe, tam dayanımlı kiriş – kolon birleşiminin beklenen eğilme momenti dayanımı, M_{CE} , **Denk.(5.9)** ile hesaplanacaktır.

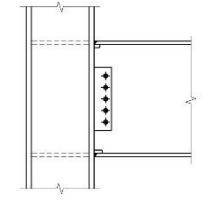
$$M_{CE} = F_{ye} W_{pb} \quad (5.9)$$

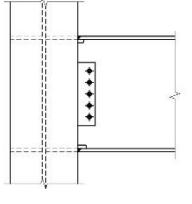
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş-kolon birleşimlerinin beklenen eğilme momenti dayanımı, **Denk.(5.9)**'de W_{pb} yerine, W_{RBS} kullanılarak hesaplanacaktır.

5.8.8 – TBDY Ek 9B.4'te belirtilen detayları ve uygulama koşullarını sağlamayan kiriş – kolon birleşimleri (**Tablo 5.2(a)**) ile kirişlerin başlıklarının kolonların gövdelerine süreklilik levhaları yardımıyla **Tablo 5.2(b)**'de gösterildiği şekilde birleşen kiriş – kolon birleşimlerinin beklenen eğilme momenti dayanımı, M_{CE} , **Denk.(5.10)** ile hesaplanacaktır.

$$M_{CE} = F_{ye} W_{eb} \quad (5.10)$$

Tablo 5.2. Moment Aktaran Kiriş-Kolon Birleşimleri

Birleşim		Açıklama	Detay
(a)	Tam penetrasyonlu küt kaynaklı kiriş-güçlü eksen kolon birleşimi	Kiriş başlıkları ile kolon başlığı arasında tam penetrasyonlu küt kaynak bulunmaktadır. Kiriş gövdesi, doğrudan kolon başlığına kaynaklı ya da kolona birleşen kayma levhasına bulonlu veya kaynaklı (ilave kaynak bulunabilir) olarak bağlanmaktadır. Mevcut başlık kaynakları, bir koşul aranmaksızın herhangi bir kaynak metali ile yapılmış olabilir. Kompozit döşemenin varlığından bağımsız olarak değerlendirilecektir.	

(b)	Tam penetrasyonlu küt kaynaklı kiriş-zayıf eksen kolon birleşimi	Kiriş başlıkları ve süreklilik levhaları, tam penetrasyonlu küt kaynak ile kolon başlığına bağlanmaktadır. Kiriş gövdesi, doğrudan kolona kaynaklı ya da kolona birleşen kayma levhasına bulonlu (ilave kaynak bulunabilir) veya kaynaklı olarak bağlanmaktadır. Mevcut başlık kaynakları, bir koşul aranmaksızın herhangi bir kaynak metali ile yapılmış olabilir. Kompozit döşemenin varlığından bağımsız olarak değerlendirilecektir.	
-----	--	--	---

5.8.9 – Kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin şekildeğiştirme kontrollü davranışları için beklenen dayanımlar, tüm sınır durumlar dikkate alınmak suretiyle, ÇYTHYE Yönetmeliği ve TBDY Bölüm 9 gözetilerek belirlenecektir. Beklenen dayanım değerlerinin hesabında beklenen malzeme dayanımları kullanılacaktır. Kirişin beklenen eğilme momenti dayanımına eşit veya daha büyük bir eğilme dayanıma sahip olmayan bulonlu başlık levhali kiriş - kolon birleşimleri ile bulonlu alın levhali kiriş - kolon birleşimlerinin beklenen eğilme momenti dayanımları sırasıyla (a) ve (b)'de açıklandığı şekilde elde edilecektir.

(a) Bulonlu başlık levhali kiriş – kolon birleşiminin eğilme dayanımının belirlenmesinde başlık levhasının beklenen çekme dayanımının belirleyici olması halinde, birleşimin beklenen eğilme momenti dayanımı M_{CE} , Denk.(5.11) kullanılarak hesaplanacaktır.

$$M_{CE} = P_{CE}(d_b + t_p) \quad (5.11)$$

$$P_{CE} = F_{ye}A_g \quad (5.12)$$

$$P_{CE} = F_{ue}A_e \quad (5.13)$$

Kiriş – kolon birleşiminin eğilme dayanımının belirlenmesinde bulon grubunun beklenen kesme dayanımının belirleyici olması durumunda, beklenen bulon kesme gerilmesi dayanımı $F_{ve} = F_{nv}$ olmak üzere, birleşimin beklenen eğilme momenti dayanımı M_{CE} , Denk.(5.14) ile hesaplanacaktır.

$$M_{CE} = (F_{ve}A_b N_b)(d_b + t_p) \quad (5.14)$$

Kiriş – kolon birleşiminin eğilme dayanımının belirlenmesinde beklenen kaynak metali dayanımının belirleyici olması durumunda, birleşimin beklenen eğilme momenti dayanımı M_{CE} , Denk.(5.15) yardımıyla elde edilecektir.

$$M_{CE} = (F_{nw}A_{we})(d_b + t_p) \quad (5.15)$$

(b) Bulonlu alın levhali kiriş – kolon birleşiminin beklenen eğilme dayanımı, alın levhasının eğilme etkisinde akma sınır durumu ve kesme ile çekmenin bileşik etkisi altındaki bulon grubunun kırılma (kopma) sınır durumu dikkate alınarak belirlenecektir. Ayrıca bu tür birleşimler için TBDY 9B.2’de belirtilen diğer sınır durumlar da göz önünde tutularak gerektiğinde ilgili önlemlerin (süreklilik ve/veya takviye levhaları kullanımı) alınması sağlanacaktır.

5.8.10 – Kolon – temel birleşimlerinin şekildeğiştirme kontrollü davranışları için beklenen dayanımlar, tüm uygulanabilir sınır durumlar dikkate alınmak suretiyle, ÇYTHYE Yönetmeliği ve TBDY Bölüm 9 esas alınarak belirlenecektir. Dayanım hesaplarında malzemenin beklenen özellikleri kullanılacaktır.

5.8.11 – Kuvvet kontrollü davranış biçiminin esas alınması durumunda, bulon veya kaynak dayanımının belirleyici olduğu sınır durumlar için ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 13’te tanımlanan karakteristik dayanımlar, 0.85 katsayısı ile çarpılacaktır.

5.8.12 – Kolon – temel birleşimlerinin kuvvet kontrollü davranışları için dayanımlar, tüm uygulanabilir sınır durumlar dikkate alınmak suretiyle, ÇYTHYE Yönetmeliği ve TBDY Bölüm 9 esas alınarak belirlenecektir. Dayanım hesaplarında malzemenin karakteristik dayanım özellikleri kullanılacaktır.

5.8.13 – Kolonların ve kirişlerin eklerinin kuvvet kontrollü davranışları için dayanımlar, tüm uygulanabilir sınır durumlar dikkate alınmak suretiyle, ÇYTHYE Yönetmeliği ve TBDY Bölüm 9 esas alınarak belirlenecektir. Dayanım hesaplarında malzemenin karakteristik dayanım özellikleri kullanılacaktır.

5.8.14 – Tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin eğilme momenti etkisi altında şekildeğiştirme kontrollü davranışı için davranış modeli değişkenleri **Tablo 5.3**’e uygun olarak belirlenecektir. Analizler sonunda elde edilen plastik dönme (θ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5.3**’te verilen plastik dönme sınır değerini aşmasına izin verilmez. **Tablo 5.3**’te verilen değerler, aşağıdaki koşullara göre ilgili katsayılarla kümülatif olarak çarpılmak suretiyle küçültülecektir.

(a) Birleşimin aşağıdaki üç koşuldan en az birini sağlamaması durumunda, **Tablo 5.3**’teki değerler 0.80 katsayısı ile çarpılacaktır.

$$(1) \quad t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{5.2} \quad (5.16)$$

veya

$$(2) \quad \frac{b_{bf}}{7} \leq t_{cf} < \frac{b_{bf}}{5.2} \quad (5.17)$$

ve

$$t \geq \frac{t_{bf}}{2} \quad (5.18)$$

veya

$$(3) \quad t_{cf} < \frac{b_{bf}}{7} \quad (5.19)$$

ve

$$t > t_{bf} \quad (5.20)$$

(b) Aşağıdaki koşulun sağlanamaması halinde, **Tablo 5.3**’teki değerler 0.80 katsayısı ile çarpılacaktır. V_{ye} 5.7.6’ya uygun olarak belirlenecektir.

$$0.6 \leq \frac{V_{PZ}}{V_{ye}} \leq 0.9 \quad (5.21)$$

Kolon yüzü hizasında, kiriş enkesitindeki en dış lifin beklenen akma gerilmesine ulaştığı andaki eğilme momenti $M_{yk}(= W_e F_{ye})$ olmak üzere, V_{pz} **Denk.(5.22)** ile hesaplanabilir.

$$V_{pz} = \frac{\Sigma M_{yk}}{d_b} \left(\frac{L_{CL}}{L_{CL} - d_c} \right) \left(\frac{h_{avg} - d_b}{h_{avg}} \right) \quad (5.22)$$

(c) Kirişin başlık ve gövde narinliğinin aşağıdaki koşulu sağlaması halinde, **Tablo 5.3**'teki değerlerin herhangi bir katsayı ile çarpılmasına gerek yoktur.

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.31 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \quad (5.23)$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \quad (5.24)$$

Kirişin başlık ve gövde narinliğinin aşağıdaki koşulu sağlaması halinde ise, **Tablo 5.3**'teki değerler 0.50 katsayısı ile çarpılacaktır.

$$\frac{b_f}{2t_f} > 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \quad (5.25)$$

$$\frac{h}{t_w} > 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \quad (5.26)$$

Başlık ve gövde narinliklerinin ara değerleri için en küçük çarpan değerini verecek şekilde doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.

(d) Net açıklığın enkesit yüksekliğine oranı, L_{cf}/d_b , 8'den küçük ise, **Tablo 5.3**'teki değerler aşağıdaki şekilde hesaplanan katsayı ile çarpılacaktır.

$$0.5 \left[\frac{8 - \frac{L_{cf}}{d_b}}{3} \right] \quad (5.27)$$

Tablo 5.3. Tam Dayanımlı Moment Aktaran Kiriş-Kolon Birleşimleri için Plastik Dönme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Kiriş-Kolon Birleşim Tipleri	Plastik Dönme Sınırları [rad] ^[a]		
	SH	KH	GÖ
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş – kolon birleşimi hariç TBDY Ek 9B'ye Uygun Tüm Kiriş-Kolon Birleşim Tipleri	0.5a	0.75b	B
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş – kolon birleşimi	0.5a	0.75b	B
TBDY Ek 9B'ye Uygun Tüm Kiriş-Kolon Birleşim Tipleri	Davranış Modeli Değişkenleri		

	Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş – kolon birleşimi hariç TBDY Ek 9B'ye Uygun Tüm Kiriş-Kolon Birleşim Tipleri	$X_1 \leq 0.07$	0.07	0.30
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş – kolon birleşimi	$X_2 \leq 0.07$	0.07	0.30

[a]: Tüm değerler kolon yüzü hizası için verilen değerlerdir.

$$X_1 = 0.3 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0.3} \left(\frac{b_f}{2t_f} \right)^{-1.7} \left(\frac{L_b}{i_y} \right)^{-0.2} \left(\frac{L}{d} \right)^{1.1}$$

$$X_2 = 0.55 \left(\frac{h}{t_w} \right)^{-0.5} \left(\frac{b_f}{2t_f} \right)^{-0.7} \left(\frac{L_b}{i_y} \right)^{-0.5} \left(\frac{L}{d} \right)^{0.8}$$

5.8.15 – Tam dayanımlı kiriş – kolon birleşimleri akmanın kolon yüzünden uzaktaki bir kiriş enkesitinde oluşmasına izin verecek şekilde boyutlandırılması halinde, bu birleşimler eğilme momenti etkisinde kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecek ve **5.8.11**'e göre belirlenen birleşimin kolon yüzündeki karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_{CLC} , **Denk.(5.28)** ile verilen koşulu sağlayacaktır.

$$M_{CLC} \geq M_{peb} \quad (5.28)$$

M_{peb} = **5.5.9** uyarınca kolon yüzü hizasında hesaplanan, kirişin beklenen plastik eğilme momenti dayanımı

5.8.16 – Kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin eğilme momenti etkisi altında şekil değiştirme kontrollü davranışı için davranış modeli değişkenleri **Tablo 5A.4**'e uygun olarak belirlenecektir. Analizler sonunda elde edilen plastik dönme (θ_p) değerinin, belirlenen performans düzeyi için **Tablo 5A.4**'te verilen plastik dönme sınır değerini aşmasına izin verilmez. **Tablo 5A.4**'te verilen değerler, **5.8.14**'te tanımlanan koşullara göre, ilgili katsayılarla kümülatif olarak çarpılmak suretiyle küçültülecektir.

5.8.17 – Kuvvet kontrollü davranış biçiminin esas alınması durumunda, birleşimlerin eğilme momenti, kesme kuvveti veya eksenel kuvvet etkisi altında dayanımı, **5.8.11** esas alınarak belirlenecektir.

5.8.18 – Kolon – temel birleşimlerinin kuvvet kontrollü olarak değerlendirilmesi halinde, birleşimin kapasitesi, birleşimi oluşturan bileşenleri içeren tüm sınır durumlar; çelik elemanlar, birleşim levhaları, ankraj çubukları ve betona gömülü diğer bileşenler ile kaynaklar, beton ezilme dayanımı ve taban levhası akma dayanımı dikkate alınarak elde edilecektir. Esas alınan sınır durumlardan en küçük dayanıma sahip olan sınır durum birleşimin kapasitesi olarak kullanılacaktır.

5.8.19 – Kolon – temel birleşimlerinin kuvvet kontrollü olarak değerlendirilmesi halinde, ankraj çubukları ile teşkil edilen birleşimlerin kapasitesi, ankraj çubuklarının kesme veya çekme etkisinde akma, ankraj çubuklarının betondan sıyrılması veya betonun kırılarak ayrılması sınır durumları dikkate alınarak değerlendirilecektir. Esas alınan sınır durumlar için karakteristik dayanımlar hesaplanarak, en küçük dayanım birleşimin kapasitesi olarak kullanılacaktır.

5.9. ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN BİRLEŞİMLERİ

5.9.1 – Bu bölüm, merkezi çaprazlı, dışmerkez çaprazlı ve burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin çapraz – kiriş – kolon birleşimleri ile çapraz – kiriş birleşimlerini kapsamaktadır. Birleşimler, TBDY Ek 9C’de açıklandığı gibi, çapraz elemanların uçlarının dönmesi ile uyumlu bir davranış gösterecek şekilde mafsallı veya rijit bağlı olarak değerlendirilecektir. Birleşimi oluşturan her bir elemanın davranışı kuvvet kontrollü olarak tanımlanacaktır.

5.9.2 – Birleşimler, karşıladıkları tüm etkiler; (1) eksenel çekme veya basınç kuvvetleri, (2) burkulma sınır durumuna ulaşıldığında beklenen eğilme momenti ve (3) kirişlere ve/veya kolonlara rijit bağlantılar nedeniyle oluşan eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti altında değerlendirilecektir.

5.9.3 – Çaprazların, kirişlerin ve kolonların çapraz uç birleşimi içine giren parçalarının rijitlikleri, yapı mekaniği prensiplerine ve bu yönetmeliğin ilgili bölümlerinde belirtilen esaslara uygun olarak belirlenecektir.

5.9.4 – Çapraz ucunun dönmesini sınırlandıracak şekilde teşkil edilen birleşim, rijit bir birleşim olarak göz önüne alınacaktır.

5.9.5 – Geleneksel bir çapraz elemanın eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan davranışının **Şekil 5A.2** ve ilgili parametreler kullanılmak suretiyle, dolaylı olarak modellenmesi halinde, çapraz uç birleşimi bağlantısının rijit bağlı olarak değerlendirilmesine izin verilir.

5.9.6 – Geleneksel bir çapraz elemanın davranışının, iki boyutlu doğrusal olmayan elemanlar kullanılarak doğrudan modellenmesi halinde, çapraz eleman uç birleşiminin dönme rijitliği, düğüm noktası levhası veya birleşim levhasının etkin genişliği (B_w) ve ortalama boyu (L_{avg}) esas alınarak elde edilecektir. Bu durumda, burkulma düzlemine dik doğrultudaki eksen etrafında açısal yerdeğiştirme için tanımlanan elastik dönme yayı rijitliği, K_θ , **Denk.(5.29)** ile hesaplanacaktır. Düğüm noktası levhası ve birleşim levhasının etkin genişliği (B_w) ile düğüm noktası levhası için tanımlanan ortalama boy (L_{avg}) **Şekil 5.2**’de açıklanmıştır. Güvenli tarafta kalan bir yaklaşımla, çaprazların uç birleşimlerinin mafsallı olarak modellenmesine de izin verilir.

$$K_\theta = \frac{EA_g t_p^2}{3L_{avg}} \quad (5.29)$$

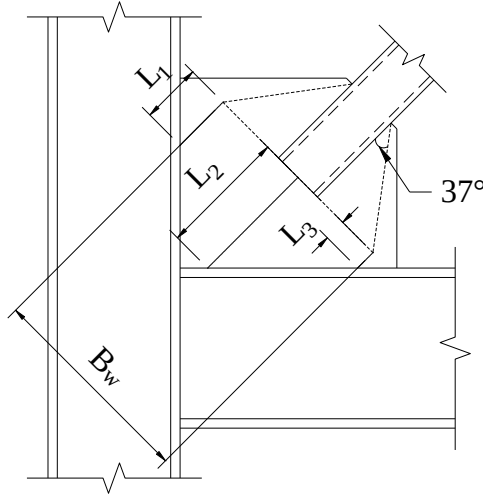
Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_g = Düğüm noktası levhasının brüt enkesit alanı, ($= B_w t_p$)

t_p = Düğüm noktası levhasının kalınlığı

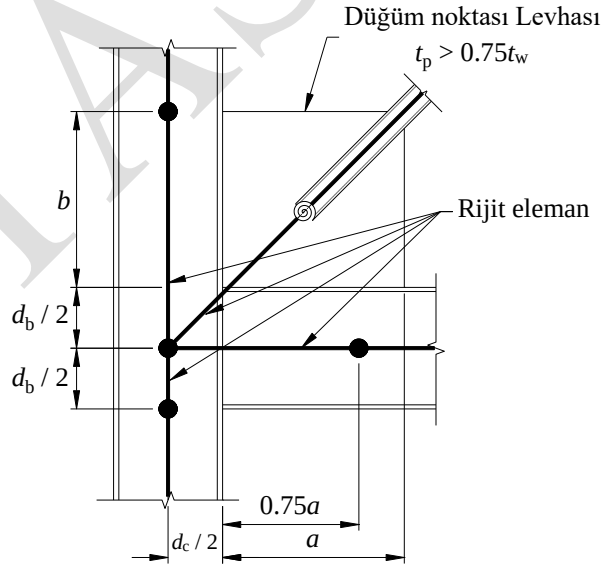
L_{avg} = Düğüm noktası levhasının ortalama uzunluğu

B_w = Düğüm noktası levhasının etkin genişliği



Şekil 5.2

5.9.7 – Kalınlığı, $0.75t_w$ ($t_w = \max[t_{wb}; t_{wc}]$) değerine eşit veya daha büyük olan düğüm noktası levhalarının kirişlere ve kolonlara birleşmesi halinde, kiriş – kolon birleşimi rijit bir birleşim olarak modellenenecektir. Kirişlere veya kolonlara kaynaklı düğüm noktası levhalarının bulunduğu kiriş – kolon birleşim bölgesinde, Şekil 5.3'te gösterildiği gibi, kolonlar doğrultusunda düğüm noktası levhası uzunluğu boyunca, kirişler doğrultusunda ise düğüm noktası levhası uzunluğunun %75'i kadar uzunlukta rijit çubuk elemanlar kullanılacaktır. Düğüm noktası levhalarının kolonların gövdesine birleşmesi durumunda, kiriş – kolon birleşimlerinin rijit bir birleşim olarak göz önüne alınabilmesi için, düğüm noktası levhalarını kolonların başlıklarına bağlayan berkitme (rijitleştirici) levhalarının kullanılması gerekmektedir. Kalınlığı, $0.75t_w$ ($t_w = \max[t_{wb}; t_{wc}]$) değerinden daha küçük olan düğüm noktası levhalarının kirişlere ve kolonlara birleşmesi halinde, kiriş – kolon birleşimleri basit birleşimler olarak değerlendirilecektir.



Şekil 5.3

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

a = Düğüm noktası levhasının kiriş başlığına birleşen kenarının uzunluğu,

b = Düğüm noktası levhasının kolon başlığına birleşen kenarının uzunluğu,

d_b = Kiriş enkesit yüksekliği,

d_c = Kolon enkesit yüksekliği,

t_p = Düğüm noktası levhasının kalınlığı,

5.9.8 – Çaprazlı çelik çerçeve birleşiminin dayanımı, yapısal mekanik prensipleri doğrultusunda TBDY 9.5 ve TBDY 9.9 ile ÇYTHYE Yönetmeliği esas alınarak ve çelik malzemenin karakteristik özellikleri kullanılarak belirlenecektir.

5.9.9 – Çapraz eleman birleşimlerinin sınır durumları kuvvet kontrollü olarak ÇYTHYE Yönetmeliği kapsamında karakteristik dayanımlar esas alınmak suretiyle değerlendirilecektir. Kaynak metali sınıfı TBDY Tablo 9.1’de tanımlanan çentik tokluğu koşulunu sağlamayan birleşimler için sınır durumlar, karakteristik dayanımların %75’i dikkate alınarak değerlendirilecektir.

5.9.10 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin kullanılması ve çapraz – kiriş – kolon birleşimi davranışının kuvvet kontrollü olarak dikkate alınması halinde, birleşim dayanımı **5.9.9** esas alınarak belirlenecektir.

5.10. MOMENT AKTARAN ÇELİK ÇERÇEVELER

5.10.1 – Moment aktaran çelik çerçevelerin bileşenleri; kirişler, kolonlar, birleşimler ve kayma bölgelerinden oluşmaktadır.

5.10.2 – Bileşenlerin elastik rijitlikleri ve elastik ötesi davranışları; doğrusal olmayan kuvvet – şekildeğiştirme ilişkileri ile, gerektiğinde iç kuvvetler arasındaki etkileşim de dikkate alınarak modellenecektir.

5.10.3 – Doğrusal olmayan dinamik analiz yönteminin kullanılması halinde, her bir bileşenin çevrimsel (histeretik) davranışı, **Ek 5A** uyarınca bu yönetmeliğin ilgili maddelerinde belirtilen esaslara uygun olarak belirlenecektir.

5.10.4 – Bileşenlerin dayanımları **5.4**’e uygun olarak belirlenecektir. Bileşenlerin davranışları aşağıda (a) – (d)’de verilen esaslar doğrultusunda şekildeğiştirme kontrollü veya kuvvet kontrollü olarak sınıflandırılacaktır.

(a) Tam dayanımlı ve kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin davranışları şekildeğiştirme kontrollü olarak değerlendirilecektir.

(b) Kiriş ve kolonların eğilme momenti etkisi altından davranışları şekildeğiştirme kontrollü olarak göz önüne alınacaktır.

(c) Eksenel basınç kuvveti etkisinde tüm bileşenler kuvvet kontrollü olarak, eksenel çekme etkisinde tüm bileşenler şekildeğiştirme kontrollü olarak değerlendirilecektir.

(d) Kayma (Panel) bölgeleri ve kirişlerin davranışları kesme etkileri altında şekildeğiştirme kontrollü, kolonlar ile tam dayanımlı ve kısmi dayanımlı kiriş – kolon birleşimlerinin davranışları ise kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecektir.

5.10.5 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin uygulanmasında TBDY 15.6 esas alınacaktır. Taşıyıcı sistem bileşenleri için izin verilebilir şekildeğiştirme değerleri **5.4** uyarınca belirlenecektir.

5.10.6 – Moment aktaran çelik çerçeve sistemlerin güçlendirilmesinde aşağıda (a) – (g)'de verilen yöntemler uygulanabilir.

(a) Bir veya birden fazla çerçeve içine merkezi veya dışmerkez olarak birleşen çapraz elemanlar yerleştirmek suretiyle, merkezi veya dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler teşkil etmek.

(b) Kiriş – kolon birleşimlerinin davranışlarını iyileştirmek amacıyla takviye elemanları kullanmak

(c) Bir veya birden fazla çerçeve içine betonarme veya tuğla duvarlar yerleştirerek perde duvarlar oluşturmak.

(d) Bina cephelerinin dış yüzeylerinde ilave çelik çerçeveler teşkil etmek.

(e) Moment aktaran çelik çerçevelerin kiriş-kolon birleşimlerini takviye ederek plastik şekildeğiştirmelerin birleşim enkesitinde oluşmamasını sağlamak.

(f) Enerji sönümleyici cihazların kullanılması.

(g) Çelik levhalar veya çelik enkesitler kaynaklayarak, gerekli görülen elemanların dayanım ve rijitliklerini artırmak.

5.11. ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELER

Çaprazlı çelik çerçeveler çaprazların düzenine ve davranışlarına bağlı olarak; merkezi çaprazlı çelik çerçeveler, dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ve burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler olmak üzere üçe ayrılırlar.

5.11.1. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler

Bileşenlerinin eksenleri ortak tek bir noktada veya bileşen eksenlerinin, düğüm noktasına birleşen en küçük elemanın genişliğini aşmayan bir dışmerkezlik oluşturarak birleştiği çaprazlı çerçeve sistemler merkezi çaprazlı çelik çerçeveler olarak tanımlanır. Dışmerkezliğin neden olduğu eğilme etkileri, modelleme ve değerlendirme aşamalarından dikkate alınacaktır.

5.11.1.1 – Taşıyıcı sistem bileşenlerinin doğrusal olmayan davranışlarının temsil edilmesinde, TBDY 5.3'e uygun olarak, yığılı veya yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir.

5.11.1.2 – Çaprazların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan davranışı, şekildeğiştirme kontrollü olarak tanımlanacaktır.

5.11.1.3 – Kirişlerin ve kolonların eğilme momenti etkisinde doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak dikkate alınacaktır.

5.11.1.4 – Kolonların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan davranışı kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecektir.

5.11.1.5 – Kayma bölgelerinin kesme kuvveti etkisinde doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak; kirişlerin, kolonların ve kiriş – kolon birleşimlerinin kesme etkisi altında doğrusal olmayan davranışları ise kuvvet kontrollü olarak tanımlanacaktır.

5.11.1.6 – Çapraz birleşimini oluşturan bileşenlerin; basınç, çekme, kesme ve eğilme etkileri altında doğrusal olmayan davranışları, kuvvet kontrollü olarak göz önüne alınacaktır.

5.11.1.7 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin uygulanmasında TBDY 15.6 esas alınacaktır. Taşıyıcı sistem bileşenleri için izin verilebilir şekildeğiştirme değerleri 5.4 uyarınca belirlenecektir.

5.11.1.8 – Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin güçlendirilmesinde, 5.10.4'te moment aktaran çelik çerçeveler için önerilen yöntemlere benzer uygulamalardan farklı olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında ve birleşimlerinde gözlenen dayanım ve rijitlik bakımından yetersizlikler için gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacak takviyelerin, eleman değişimlerinin veya taşıyıcı sistem elemanı ilavelerinin yapılması önerilebilir.

5.11.2. Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler

Çaprazların çerçeve kirişlerine veya çerçeve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlandığı çerçeve sistemler dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler olarak tanımlanır. İki dışmerkez nokta arasında kalan kiriş parçası bağ kirişi olarak adlandırılır.

5.11.2.1 – Taşıyıcı sistem bileşenlerinin doğrusal olmayan davranışlarının temsil edilmesinde, TBDY 5.3'e uygun olarak, yığılı veya yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir.

5.11.2.2 – Bağ kirişlerinin kesme kuvveti ve eğilme etkileri altında doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak tanımlanacaktır.

5.11.2.3 – Bağ kirişlerinin tüm diğer etkiler altında doğrusal olmayan davranışı kuvvet kontrollü olarak dikkate alınacaktır.

5.11.2.4 – Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevenin bağ kirişi dışındaki diğer elemanlarının tüm etkiler altındaki doğrusal olmayan davranışları kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecektir.

5.11.2.5 – Çapraz birleşimini oluşturan bileşenlerin; basınç, çekme, kesme ve eğilme etkileri altında doğrusal olmayan davranışları kuvvet kontrollü olarak göz önüne alınacaktır.

5.11.2.6 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin uygulanmasında TBDY 15.6 esas alınacaktır. Taşıyıcı sistem bileşenleri için izin verilebilir şekildeğiştirme değerleri 5.4 uyarınca belirlenecektir.

5.11.2.7 – Kesme etkisi altında akma davranışı beklenen bağ kirişlerinde $P_r/P_{ye} > 0.5$ olması halinde, bağ kirişinin tüm etkiler altında elastik bölgede kalması sağlanacaktır.

5.11.2.8 – Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin güçlendirilmesinde, 5.11.1.7'de merkezi çaprazlı çelik çerçeveler için öngörülen yöntemler benzer şekilde uygulanabilir.

5.11.3. Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çelik Çerçeveler

Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler, bir çelik çekirdek ile bu çelik çekirdek için yeterli dayanım ve rijitliğe sahip bir yanal destek sağlamak suretiyle burkulmayı önleyen bir sargı sisteminin oluşturduğu çaprazlar kullanılarak teşkil edilen merkezi çaprazlı çelik çerçevelerdir.

5.11.3.1 – Taşıyıcı sistem bileşenlerinin doğrusal olmayan davranışlarının temsil edilmesinde, TBDY 5.3'e uygun olarak, yığılı veya yayılı plastik davranış modelleri kullanılabilir.

5.11.3.2 – Doğrusal olmayan analiz yönteminin uygulanmasında TBDY 15.6 esas alınacaktır. Taşıyıcı sistem bileşenleri için izin verilebilir şekildeğiştirme değerleri **5.4** uyarınca belirlenecektir.

5.11.3.3 – Çaprazların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak göz önüne alınacaktır.

5.11.3.4 – Kirişlerin ve kolonların eğilme momenti etkisinde doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak dikkate alınacaktır.

5.11.3.5 – Kolonların eksenel kuvvet etkisinde doğrusal olmayan davranışı kuvvet kontrollü olarak değerlendirilecektir.

5.11.3.6 – Kayma bölgelerinin kesme kuvveti etkisinde doğrusal olmayan davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak; kirişlerin, kolonların ve kiriş – kolon birleşimlerinin kesme etkisi altında doğrusal olmayan davranışları ise kuvvet kontrollü olarak tanımlanacaktır.

5.11.3.7 – Çapraz birleşimini oluşturan bileşenlerin; basınç, çekme, kesme ve eğilme etkileri altında doğrusal olmayan davranışları, kuvvet kontrollü olarak göz önüne alınacaktır.

5.11.3.8 – Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin güçlendirilmesinde, **5.11.1.8**'de merkezi çaprazlı çelik çerçeveler için önerilen yöntemlerin benzer şekilde uygulanması sağlanabilir. Ancak, izin verilen performans kriterlerini sağlamayan burkulması önlenmiş çelik çaprazların değiştirilmesi halinde, yeni çaprazların birleşimleri ve bu çaprazların bağlandığı diğer elemanlar (kolonlar ve kirişler), yeni çaprazların beklenen dayanımları dikkate alınarak değerlendirilecektir.

5.12. DİYAFRAMLAR

Bu bölüm betonarme döşeme sistemi ile oluşturulan diyaframlar ve kafes sistem diyaframlar olmak üzere iki tip diyafram sistemini kapsamaktadır.

5.12.1. Betonarme Döşeme Sistemi ile Oluşturulan Diyaframlar

5.12.1.1 – Diyaframın kesme kuvveti etkisinde davranışı kuvvet kontrollü olarak göz önüne alınacaktır. Toplam kayma şekildeğiştirme değeri genelleştirilmiş kuvvet – şekildeğiştirme eğrisindeki B noktasını aşmayacaktır.

5.12.1.2 – Diyafram sisteminin güçlendirilmesi için aşağıda (a), (b) ve (c)'de verilen yöntemlerden yararlanılabilir.

(a) Diyafram başlıklarına ve / veya diyafram dikmelerine (aktarma elemanları) kayma elemanları (başlıklı çelik ankraj) ilave edilmesi

(b) Mevcut diyafram başlıklarının ve / veya diyafram dikmelerinin (aktarma elemanlarının) çelik levhalar kullanılarak takviye edilmesi

(c) Diyafram sistemi için ilave dayanım sağlamak amacıyla çapraz sistemi oluşturmak

5.12.2. Kafes Sistem Diyaframlar

5.12.2.1 – Diyaframı oluşturan kafes sistem elemanlarının ve birleşimlerinin davranış modelleri, çaprazlı çerçeve sistemlerinin eleman ve birleşimleri için tanımlanan özelliklere benzer şekilde modellecektir. Ancak diyaframı oluşturan bileşenlerin elastik bölgede kalması sağlanacaktır.

5.12.2.2 – Diyafram sisteminin güçlendirilmesi için aşağıda (a) ve (b)’de verilen yöntemlerden yararlanılabilir.

(a) Çapraz eleman ilave edilmesi

(b) Mevcut elemanların ve birleşimlerinin takviye edilmesi

5.12.3. Diyafram Başlıkları ve Dikmeleri (Aktarma Elemanları)

5.12.3.1 – Diyaframı oluşturan diyafram başlıklarının, dikmelerinin (aktarma elemanlarının) ve birleşimlerinin davranışları kuvvet kontrollü olarak modellenecek ve herhangi bir doğrusal olmayan şekildeğiştirmenin oluşmasına izin verilmeyecektir.

5.12.3.2 – Diyafram sisteminin güçlendirilmesi için aşağıda (a), (b) ve (c)’de verilen yöntemlerden yararlanılabilir.

(a) Diyafram başlıklarının ve diyafram dikmelerinin (aktarma elemanlarının) döşeme plağı ile olan bağlantılarının iyileştirilmesi

(b) Mevcut diyafram başlıklarının ve / veya diyafram dikmelerinin (aktarma elemanlarının) çelik levhalar kullanılarak takviye edilmesi

(c) Diyafram başlığı elemanları ilave edilmesi

EK 5A – ÇELİK ELEMANLAR İÇİN İZİN VERİLEN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ

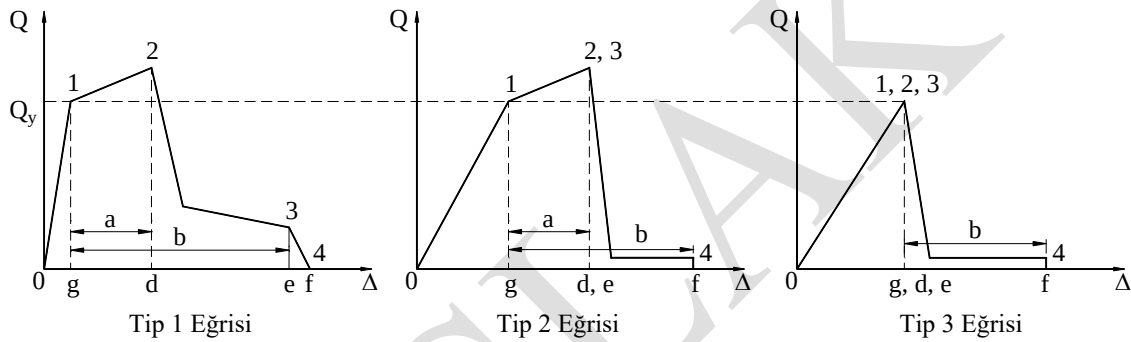
5A.0. SİMGELER

A_{bec}	= Burkulması önlenmiş çelik çapraz enkesit alanı [m^2]
A_w	= Gövde enkesit alanı, $(d_b - 2t_f)t_w$ [m^2]
A_c	= Çapraz enkesit alanı [m^2]
d	= Kiriş enkesit yüksekliği [m]
d_{bg}	= Bulon grubu yüksekliği [m]
d_c	= Kolon enkesit yüksekliği [m]
d_{maks}	= Bulon grubu merkezinin kiriş üst başlığına ve alt başlığına düşey doğrultudaki uzaklıklarından büyük olanı [m]
e	= Bağ kirişi boyu [m]
E	= Yapı çeliği elastisite modülü, $E = 2 \times 10^8$ [kN/ m^2]
F_{ye}	= Yapı çeliğinin beklenen akma gerilmesi [kN/ m^2]
G	= Yapı çeliği kayma modülü, $G = 7.72 \times 10^7$ [kN/ m^2]
g	= Kiriş ucunun kolon başlık yüzeyine uzaklığı [m]
I_b	= Kiriş enkesiti eylemsizlik momenti [m^4]
I_k	= Kolon enkesiti eylemsizlik momenti [m^4]
K_o	= Alın levhalı ve başlık levhalı birleşim için dönme rijitliği [kNm/rad]
L_b	= Kiriş eksen açıklığı [m]
ℓ_b	= Kiriş boyu [m]
ℓ_{bec}	= Burkulması önlenmiş çelik çapraz boyu [m]
ℓ_k	= Kolon boyu [m]
ℓ_c	= Çapraz boyu [m]
M_{pe}	= Beklenen plastik eğilme moment kapasitesi, $W_p F_{ye}$ [kNm]
M_{CE}	= Birleşimin beklenen plastik eğilme moment kapasitesi, [kNm]
P	= Maksimum plastik dönme durumunda çelik enkesitteki aksenal kuvvet [kN]
P_c	= Çelik elemanın beklenen aksenal basınç kuvveti dayanımı [kN]
P_{bec}	= Burkulması önlenmiş çelik çaprazın aksenal çekme ve basınç kuvveti dayanımı [kN]
P_{ye}	= Çelik elemanın beklenen aksenal akma dayanımı [kN]
Q	= Genelleştirilmiş iç kuvvet
Q_y	= Genelleştirilmiş beklenen dayanım
t_p	= Kayma (Panel) bölgesi kalınlığı [m]
γ	= Açısal kayma şekildegıştirmesi [rad]
γ_y	= Akma durumunda açısal kayma şekildegıştirmesi [rad]
θ	= Genelleştirilmiş dönme [rad]
θ_k	= Yerdeğıştirmiş eksen dönmesi [rad]
θ_y	= Akma dönmesi [rad]

- V_{ye} = Beklenen kesme kuvveti kapasitesi [kN]
 W_p = Plastik mukavemet momenti [m³]
 EI_{bn} = Alın levhali ve başlık levhali birleşimli sistemler için kiriş rijitliği [kNm²]
 Δ = Genelleştirilmiş şekildeğiştirme
 Δ_c = Çelik elemanın aksenal basınç dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirme [m]
 Δ_T = Çelik elemanın aksenal çekme dayanımına karşı gelen akma yerdeğiştirme [m]
 Δ_y = Burkulması önlenmiş çelik elemanın akma yerdeğiştirme [m]

5A.1. ŞEKİLDEĞİŞTİRME KONTROLLÜ VE KUVVET KONTROLLÜ DAVRANIŞ MODELLERİ

Çelik bina sistemlerini oluşturan bileşenlerin davranışları şekildeğiştirme-kontrollü veya kuvvet-kontrollü olarak Şekil 5A.1'de gösterilen davranış tiplerinden biri kullanılarak modellenebilir.



Şekil 5A.1

Tip 1 davranış modeli sünek bir davranışı temsil etmektedir. Bu davranış modelinde, 0-1 noktaları arası elastik bölgeyi, 1-3 noktaları arası plastik bölgeyi göstermektedir. 3 numaralı nokta deprem yükü taşıma kapasitesindeki kaybı, 4 numaralı nokta ise düşey yük taşıma kapasitesindeki kaybı temsil etmektedir. Plastik bölgedeki davranış; eğimi pozitif (artan doğrultuda) veya negatif (azalan doğrultuda) olabilen 1-2 noktaları arasındaki doğru ile artık dayanımın da dikkate alındığı dayanım azalmasını temsil eden 2-3 noktaları arasındaki doğrular şeklinde modellenebilir. Plastik bölgede davranış; $d \geq 2g$ olması halinde şekildeğiştirme-kontrollü olarak, diğer durumlarda kuvvet-kontrollü olarak sınıflandırılacaktır.

Tip 2 davranış modeli sünek bir davranışı temsil etmektedir. Bu davranış modelinde, 0-1 noktaları arası elastik bölgeyi, 1-3 noktaları arası plastik bölgeyi göstermektedir. Plastik bölgedeki davranış; eğimi pozitif (artan doğrultuda) veya negatif (azalan doğrultuda) olabilen 1-3 noktaları arasındaki doğru ile deprem yükü ve düşey yük taşıma kapasitesindeki kaybı temsil eden 3-4 noktaları arasındaki doğrular şeklinde modellenebilir. Plastik bölgede davranış; $e \geq 2g$ olması halinde şekildeğiştirme-kontrollü olarak, diğer durumlarda kuvvet-kontrollü olarak sınıflandırılacaktır.

Tip 3 davranış modeli gevrek veya sünek olmayan davranışı temsil etmektedir. Bu davranış; 0-1 noktaları arasındaki elastik bölgeyi gösteren doğru ile deprem yükü ve düşey yük taşıma kapasitesindeki kaybı temsil eden 3-4 noktaları arasındaki doğrular şeklinde modellenebilir. Bu davranışa sahip elemanın veya birleşimin davranış modeli, kuvvet-kontrollü olarak sınıflandırılacaktır.

Çelik bina sistemlerini oluşturan bileşenlerin aktardıkları iç kuvvetlere bağlı olarak gösterecekleri olası davranışlar **Tablo 5A.1**'de belirtilmiştir.

Tablo 5A.1. Bileşenlerin İç Kuvvetler Altında Şekildeğiştirme Kontrollü ve Kuvvet Kontrollü Olarak Beklenen Davranışları

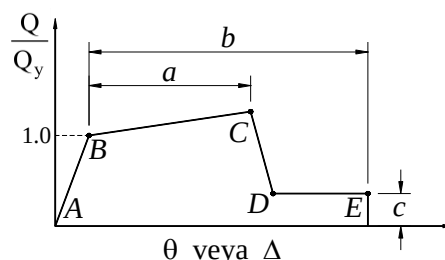
Bileşen	Şekildeğiştirme Kontrollü Davranış	Kuvvet Kontrollü Davranış
Moment Aktaran Çerçeveseler		
Kirişler	Eğilme (M)	Kesme (V)
Kolonlar	-	Eksenel kuvvet (P), V
Düğüm noktaları	-	V ^a
Çaprazlı Çerçeveseler		
Çaprazlar	P	-
Kirişler	-	P
Kolonlar	-	P
Kesme etkisinde plastikleşen bağ kirişi	V	P, M
Birleşimler	P, V, M ^b	P, V, M
Diyaframlar	M, V ^c	P, V, M
^a: Moment aktaran çelik çerçevelerde düğüm noktalarının kesme etkisi altında davranışı şekildeğiştirme kontrollü olarak modellenebilir. ^b: Belirli çelik birleşimlerin eksenel, kesme ve eğilme etkileri altında davranışları şekildeğiştirme kontrollü olarak modellenebilir. ^c: Eğer diyafram kendisine mesnetlenen elemanlardan gelen etkileri aktarıyorsa, diyaframın eğilme (M) ve kesme (V) etkileri altındaki davranışı kuvvet kontrollü olarak modellenecektir.		

5A.2. ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİ OLUŞTURAN BİLEŞENLER İÇİN DAVRANIŞ MODELİ

Davranış modelinin deneysel çalışmaya dayalı olarak veya detaylı analizler yardımıyla geliştirilmediği durumlarda, çelik taşıyıcı sistemi oluşturan bileşenler için davranış modeli olarak **Şekil 5A.2**'de verilen genelleştirilmiş kuvvet-şekildeğiştirme eğrisi kullanılabilir. **Şekil 5A.2**'de tanımlanan; a , b ve c davranış modeli değişkenleri, her bir taşıyıcı sistem bileşeni için **Tablo 5A.2 – 5A.7**'de verilmektedir.

Şekil 5A.2'deki Q ve Q_y sırasıyla, bileşenin genelleştirilmiş iç kuvvetini ve genelleştirilmiş beklenen dayanımını; θ (veya Δ) genelleştirilmiş dönmeyi (veya şekildeğiştirmeyi) göstermektedir. Kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesi için θ (γ), radyan birimindeki açısal kayma şekildeğiştirmesini belirtmektedir. Dönme şekildeğiştirmesi, θ , yerdeğiştirmiş eksen dönmesi θ_k olarak dikkate alınacak ve akma dönmesi θ_y ile plastik dönmenin toplamı şeklinde hesaplanacaktır. Bu dönme değeri (θ_k), kat arası ötelenme açısına eşit olarak da alınabilir.

Şekil 5A.2'de a değişkeni ile gösterilen pekleşme bölgesinin eğimi; A – B noktaları arasındaki elastik bölge eğiminin, kiriş ve kolonlar için eğilme durumunda, %3'ü, kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesi için ise, %5'i olarak alınabilir.



Şekil 5A.2

5A.3. ÇELİK KİRİŞ VE KOLONLAR İLE KİRİŞ-KOLON BİRLEŞİMİ KAYMA (PANEL) BÖLGESİ ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ

Çelik kirişler, kolonlar (eğilme) ve kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesi için şekildeğiştirme sınırları ile davranış modeli değişkenleri akma dönmeleri cinsinden hesaplanacaktır. Akma dönmeleri ve bunlara karşı gelen beklenen eğilme dayanımlarının hesabında; çelik kirişler için **Denk.(5A.1)**, çelik kolonlar için **Denk.(5A.2)**, kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesi için ise **Denk.(5A.3)** kullanılacaktır.

5A.3.1. Çelik Kirişler için Akma Dönmesi ve Beklenen Eğilme Momenti Dayanımı

Bütün kesit türleri için:

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_b}{6EI_b} \quad (5A.1a)$$

$$Q_y = W_p F_{ye} \quad (5A.1b)$$

5A.3.2. Çelik Kolonlar için Akma Dönmesi ve Beklenen Eğilme Momenti Dayanımı

Bütün kesit türleri için:

$$\theta_y = \frac{W_p F_{ye} \ell_k}{6EI_k} \left[1 - \frac{|P|}{P_{ye}} \right] \quad (5A.2a)$$

$$Q_y = \begin{cases} \frac{|P|}{P_{ye}} < 0.2 & W_p F_{ye} \left[1 - \frac{|P|}{2P_{ye}} \right] \\ \frac{|P|}{P_{ye}} \geq 0.2 & W_p F_{ye} \frac{9}{8} \left[1 - \frac{|P|}{P_{ye}} \right] \end{cases} \quad (5A.2b)$$

5A.3.3. Kayma (Panel) Bölgesi için Akma Durumunda Açısız Kayma Şekildeğiştirmesi ve Beklenen Kesme Kuvveti Dayanımı

Bütün kesit türleri için:

$$\theta_y \equiv \gamma_y = \frac{F_{ye}}{G\sqrt{3}} \sqrt{1 - \left(\frac{|P|}{P_{ye}} \right)^2} \quad (5A.3a)$$

$$Q_y = \begin{cases} \frac{|P|}{P_{ye}} \leq 0.4 & 0.55 F_{ye} d_c t_w \\ \frac{|P|}{P_{ye}} > 0.4 & 0.55 F_{ye} d_c t_w \left(1.4 - \frac{|P|}{P_{ye}} \right) \end{cases} \quad (5A.3b)$$

Çelik kirişler, kolonlar ve kiriş-kolon birleşimi kayma (panel) bölgesi için farklı performans düzeylerine göre izin verilen şekildeğiştirme sınırları ile davranış modeli değişkenleri plastik dönmelere bağlı olarak sırasıyla, **Tablo 5A.2** ve **Tablo 5A.3**'te verilmiştir. Çelik kirişlerde ve kolonlarda süneklik düzeyi TBDY Tablo 9.3'te tanımlanan enkesit koşulları dikkate alınarak belirlenecektir. $P/P_c > 0.50$ olan kolonlarda doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere izin verilmeyecektir.

Tablo 5A.2. Çelik Kirişler için Plastik Dönme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Kiriş (Eğilme)	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ

Süneklik Düzeyi Yüksek (Bkz. TBDY Tablo 9.3)	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı (Bkz. TBDY Tablo 9.3)	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
	A	b	c
Süneklik Düzeyi Yüksek (Bkz. TBDY Tablo 9.3)	$6\theta_y$	$11\theta_y$	0.6
Süneklik Düzeyi Sınırlı (Bkz. TBDY Tablo 9.3)	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2

Tablo 5A.3. Çelik Kolonlar için Plastik Dönme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Kolon (Eğilme)		Plastik Dönme Sınırları [rad]		
		SH	KH	GÖ
$P/P_c < 0.20$ (Bkz. TBDY Tablo 9.3)				
Süneklik Düzeyi Yüksek		$1\theta_y$	$6\theta_y$	$9\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı		$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
$0.20 \leq P/P_c \leq 0.50$ (Bkz. TBDY Tablo 9.3)				
Süneklik Düzeyi Yüksek		$1.5 (1 - 1.66P/P_c)\theta_y$	$9 (1 - 1.66P/P_c)\theta_y$	$13.5 (1 - 1.66P/P_c)\theta_y$
Süneklik Düzeyi Sınırlı		$0.25\theta_y$	$0.7\theta_y$	$1\theta_y$
Kayma Bölgesi	$\frac{ P }{P_{ye}} < 0.40$	$1\gamma_y$	$9\gamma_y$	$12\gamma_y$
	$\frac{ P }{P_{ye}} \geq 0.40$	$\frac{5}{3} \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right) \gamma_y$	$15 \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right) \gamma_y$	$20 \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right) \gamma_y$
Kolon (Eğilme)		Davranış Modeli Değişkenleri		
		Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
		a	B	c
$P/P_c < 0.20$ (Bkz. TBDY Tablo 9.3)				
Süneklik Düzeyi Yüksek		$6\theta_y$	$11\theta_y$	0.6
Süneklik Düzeyi Sınırlı		$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2
$0.20 \leq P/P_c \leq 0.50$ (Bkz. TBDY Tablo 9.3)				
Süneklik Düzeyi Yüksek		$9 (1 - 1.66P/P_c) \theta_y$	$17 (1 - 1.66P/P_c) \theta_y$	0.2
Süneklik Düzeyi Sınırlı		$1\theta_y$	$1.5\theta_y$	0.2
Kayma Bölgesi	$\frac{ P }{P_{ye}} < 0.40$	$9\gamma_y$	$12\gamma_y$	1.0
	$\frac{ P }{P_{ye}} \geq 0.40$	$15 \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right) \gamma_y$	$20 \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right) \gamma_y$	$\frac{5}{3} \left(1 - \frac{ P }{P_{ye}}\right)$

5A.4. MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELERİN KİRİŞ-KOLON BİRLEŞİMLERİ İÇİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ

Moment aktaran çelik çerçeve sistemlerde, kiriş-kolon birleşimleri için **Tablo 5A.4**'te verilen plastik dönme sınırları ile davranış modeli değişkenleri dikkate alınacaktır. Tam dayanımlı bulonlu alın levhalı birleşimler ile bulonlu başlık levhalı birleşimlerin oluşturduğu çerçeve sistemler, kiriş uç birleşiminin rijitliğini ifade eden dönme yayları kullanılarak veya dönme yaylarının rijitliğine göre uyarlanan, kiriş uçlarının rijit olarak birleştiği yeni kiriş rijitliği

kullanılarak modelleneyecektir. Dönme yayı rijitliği 5A.4.1'e göre, yeni kiriş rijitliği ise 5A.4.2'ye göre hesaplanacaktır.

5A.4.1. Alın Levhalı ve Başlık Levhalı Birleşimlerin Dönme Rijitliği

Dönme rijitliği:

$$K_o = \frac{M_{CE}}{0.005} \quad (5A.4)$$

5A.4.2. Alın Levhalı ve Başlık Levhalı Birleşimli Sistemlerin Kiriş Rijitliği

Yeni kiriş rijitliği:

$$EI_{bn} = \frac{1}{\frac{6}{L_b K_o} + \frac{1}{EI_b}} \quad (5A.5)$$

5A.5. MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELER İÇİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ

Merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemlerde çelik çaprazlar için şekildeğiştirme sınırları ile davranış modeli değişkenleri eksenel plastik şekildeğiştirmeler cinsinden **Tablo 5A.5**'te verilmiştir. Çapraz elemanların eksenel basınç kuvveti altında akma şekildeğiştirmesi 5A.5.1'de, eksenel çekme kuvveti altında akma şekildeğiştirmesi ise, 5A.5.2'de verilmiştir. Burkulması önlenmiş çelik çaprazlarda eksenel eleman rijitliği, akmasına izin verilen çekirdek eleman ile akmasına izin verilmeyen transfer elemanlarının seri şekilde bağlanması ile elde edilecektir. Rijitlik hesabında burkulması önlenmiş çaprazların bağlandığı düğüm noktası levhaları ile kiriş-kolon birleşim bölgesi tam rijit kabul edilebilir. Burkulması önlenmiş çelik çaprazlarda akma şekildeğiştirmesi, yukarıda verilen bilgilere dayanarak 5A.5.3'te verilmiştir.

Merkezi çaprazlı çelik çerçeve kolonlarının temele bağlantılarının modellenmesinde birleşimlerin eğilme rijitliği göz önüne alınmayacaktır.

5A.5.1. Eksenel Basınç Kuvveti Altında Akma Şekildeğiştirmesi

Akma şekildeğiştirmesi:

$$\Delta_c = \frac{P_c \ell_c}{EA_c} \quad (5A.6)$$

5A.5.2. Eksenel Çekme Kuvveti Altında Akma Şekildeğiştirmesi

Akma şekildeğiştirmesi:

$$\Delta_T = \frac{P_{ye} \ell_c}{EA_c} \quad (5A.7)$$

5A.5.3. Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazın Akma Şekildeğiştirmesi

Akma şekildeğiştirmesi:

$$\Delta_y = \frac{P_{bec} \ell_{bec}}{EA_{bec}} \quad (5A.8)$$

Tablo 5A.4. Moment Aktaran Çelik Çerçevelerde Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesi için Plastik Dönme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Kiriş-Kolon Birleşim Tipi	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ
Tam Dayanımlı Bulonlu Alın Levhalı Birleşim			
Alın levhasının akması durumu	0.010	0.025	0.040

Bulonların akması durumu	0.008	0.012	0.018
Kaynak kırılması	0.003	0.009	0.013
Bulonlu Başlık Levhalı Birleşim			
Başlık levhasının net kesitten kırılması veya bulonların kesme etkisinde kırılması	0.008	0.020	0.030
Başlık levhasının kaynağının kırılması veya levhanın kayıpsız enkesitten kırılması	0.003	0.008	0.012
Tam penetrasyonlu küt kaynaklı birleşim	$0.026 - 0.000026d$	$0.0323 - 0.000018d$	$0.043 - 0.000024d$
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli birleşim	$0.025 - 0.0000059d$	$0.0525 - 0.0000091d$	$0.070 - 0.000012d$
Döşemenin olduğu kayma levhalı bulonlu birleşim	$0.014 - 0.0000039d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$	$0.1125 - 0.00011d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$	$0.15 - 0.00014d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$
Kayma levhalı bulonlu birleşim	$0.075 - 0.000071d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$	$0.1125 - 0.00011d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$	$0.15 - 0.00014d_{bg}$ $\leq \frac{g}{d_{maks}} - 0.02$
Kiriş-Kolon Birleşim Tipi	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
	A	B	C
Tam Dayanımlı Bulonlu Alın Levhalı Birleşim			
Alın levhasının akması durumu	0.030	0.042	0.800
Bulonların akması durumu	0.012	0.020	0.800
Kaynak kırılması	0.008	0.015	0.800
Bulonlu Başlık Levhalı Birleşim			
Başlık levhasının net kesitten kırılması veya bulonların kesme etkisinde kırılması	0.020	0.030	0.800
Başlık levhasının kaynağının kırılması veya levhanın kayıpsız enkesitten kırılması	0.010	0.015	0.800
Tam penetrasyonlu küt kaynaklı birleşim	$0.051 - 0.000051d$	$0.043 - 0.000024d$	0.2
Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli birleşim	$0.050 - 0.000012d$	$0.070 - 0.000012d$	0.2
Döşemenin olduğu kayma levhalı bulonlu birleşim	$0.029 - 0.0000079d_{bg}$	$0.15 - 0.00014d_{bg}$	0.400
Kayma levhalı bulonlu birleşim	$0.15 - 0.00014d_{bg}$	$0.15 - 0.00014d_{bg}$	0.400

Tablo 5A.5 Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler için Şekildeğiştirme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Eleman Tipi	Eksenel Plastik Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Basınç Altında Çapraz Elemanlar (Dışmerkez Çaprazlar Hariç)			
<i>Narin Kesitler</i> $\frac{Kl}{i} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$			
H, I, 2L ^a , 2U ^a kesitler: düzlem içi burkulma	0.5 Δ_c	7 Δ_c	10 Δ_c
2L ^a , 2C ^a kesitler: düzlem dışı burkulma	0.5 Δ_c	6 Δ_c	9 Δ_c
Boru ve kutu kesitler	0.5 Δ_c	6 Δ_c	9 Δ_c
Tek korniyer (L kesit)	0.5 Δ_c	9 Δ_c	12 Δ_c
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Şekildeğiştirme		Artık Dayanım Oranı
	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
H, I, 2L ^a , 2U ^a kesitler: düzlem içi burkulma	0.5 Δ_c	10 Δ_c	0.3
2L ^a , 2U ^a kesitler: düzlem dışı burkulma	0.5 Δ_c	9 Δ_c	0.3
Boru ve kutu kesitler	0.5 Δ_c	9 Δ_c	0.3
Tek korniyer (L kesit)	0.5 Δ_c	12 Δ_c	0.3
<i>Tok Kesitler</i> $\frac{Kl}{i} \leq 2.1 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$			
H, I, 2L, 2U kesitler: düzlem içi burkulma	0.5 Δ_c	6 Δ_c	8 Δ_c
2L, 2U kesitler: düzlem dışı burkulma	0.5 Δ_c	5 Δ_c	7 Δ_c
Boru ve kutu kesitler	0.5 Δ_c	5 Δ_c	7 Δ_c
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Şekildeğiştirme		Artık Dayanım Oranı
	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
H, I, 2L ^a , 2U ^a kesitler: düzlem içi burkulma	1.0 Δ_c	8 Δ_c	0.5
2L ^a , 2U ^a kesitler: düzlem dışı burkulma	1.0 Δ_c	7 Δ_c	0.5
Boru ve kutu kesitler	1.0 Δ_c	7 Δ_c	0.5
^a : Ara bağlantı elemanları arasındaki uzaklığı, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği 8.4.(ii)'de belirtilen $\frac{a}{l_i} \leq 40$ koşulunu sağlamayan yapma enkesitli elemanlar için <i>a</i> ve <i>b</i> ile diğer tüm plastik şekildeğiştirme sınırları 0.5 katsayısı ile çarpılarak kullanılacaktır.			

Tablo 5A.5 (Devam) Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveler için Şekildeğiştirme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Eleman Tipi	Eksenel Plastik Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Çekme Altında Çapraz Elemanlar ^b (Dışmerkez Çaprazlar Hariç)			
I ve H kesitler	$0.5 \Delta_T$	$10 \Delta_T$	$13 \Delta_T$
2L kesit	$0.5 \Delta_T$	$9 \Delta_T$	$12 \Delta_T$
Boru ve kutu kesitler	$0.5 \Delta_T$	$8 \Delta_T$	$11 \Delta_T$
Çelik mil	$0.25 \Delta_T$	$3.5 \Delta_T$	$4.5 \Delta_T$
Tek korniyer (L kesit)	$0.5 \Delta_T$	$8 \Delta_T$	$10 \Delta_T$
Çekme altında kiriş ve kolonlar	$0.5 \Delta_T$	$6 \Delta_T$	$7 \Delta_T$
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Şekildeğiştirme		Artık Dayanım Oranı
	A	b	c
I ve H kesitler	$10 \Delta_T$	$13 \Delta_T$	0.6
2L kesit	$9 \Delta_T$	$12 \Delta_T$	0.6
Boru ve kutu kesitler	$9 \Delta_T$	$11 \Delta_T$	0.6
Çelik mil	$8 \Delta_T$	$9 \Delta_T$	0.6
Tek korniyer (L kesit)	$10 \Delta_T$	$11 \Delta_T$	0.6
Çekme altında kiriş ve kolonlar	$5 \Delta_T$	$7 \Delta_T$	1.0
Eleman Tipi	Eksenel Plastik Şekildeğiştirme Sınırları		
	SH	KH	GÖ
Eksenel Kuvvet Altında Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar ^{c,d}			
Burkulması önlenmiş çelik çapraz	$1 \Delta_y$	$10 \Delta_y$	$13.3 \Delta_y$
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Şekildeğiştirme		Artık Dayanım Oranı
	A	b	c
Burkulması önlenmiş çelik çapraz	$10 \Delta_y$	$13.3 \Delta_y$	1.0
^b : Sadece çekme etkisinde boyutlandırılan çaprazlar için plastik şekildeğiştirme sınırları 0.5 katsayısı ile çarpılarak elde edilecektir. Çelik mil için tablodaki değerler verildiği haliyle kullanılacaktır. ^c : Çelik çekirdeğin en büyük birim şekildeğiştirme değeri %2'yi aşmayacaktır. ^d : Çaprazların tekrarlı yükler altındaki performanslarının süneklik ve enerji sönümleme kapasitesi bakımından yeterliliği ve uygunluğu deneysel olarak gösterilmediğinde, plastik şekildeğiştirme sınırları ile davranış modeli değişkenleri 0.60 ile çarpılarak kullanılacaktır.			

5A.6. DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN VE ÇELİK BAĞ KIRIŞLI SİSTEMLERİN ŞEKİLDEĞİŞTİRME SINIRLARI VE DAVRANIŞ MODELİ DEĞİŞKENLERİ

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve sistemlerde ve çelik bağ kirişli betonarme perdeli sistemlerde bağ kirişleri için şekildeğiştirme sınırları ve davranış modeli değişkenleri plastik dönme cinsinde **Tablo 5A.6**'da verilmiştir. Çelik bağ kirişli betonarme perdeli sistemlerde çelik bağ kirişlerinin boyu, e , net kiriş açıklığına pas payları ilave edilerek hesaplanacak ve rijitliği toplam bağ kirişi rijitliğinin %60'ı olarak alınacaktır. Toplam bağ kirişi rijitliği **5A.6.1**'e göre, bağ kirişleri için akma dönmesi ve beklenen dayanım **5A.6.2**'ye göre hesaplanacaktır.

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin, $P/P_{ye} > 0.60$ olan bağ kirişlerinde doğrusal olmayan şekildeğiştirmelere izin verilmeyecektir. Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin kiriş, kolon ve birleşimlerinin doğrusal olmayan davranışları; moment aktaran çelik çerçevelerin kiriş, kolon ve birleşimlerinde olduğu gibi, çaprazların doğrusal olmayan davranışları ise, merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin çaprazlarında olduğu gibi modellenenecektir.

5A.6.1. Bağ Kirişlerinin Rijitliği

Bağ kirişi elemanı için eğilme ve kayma rijitlikleri sırasıyla, $K_b = 12EI_b/e^3$ ve $K_s = GA_w/e$ olmak üzere,

Toplam bağ kirişi rijitliği:

$$K_e = \frac{K_b K_s}{K_b + K_s} \quad (5A.9)$$

5A.6.2. Bağ Kirişleri için Akma Dönmesi ve Beklenen Dayanım

I-enkesitli profiller için:

$$\theta_y = \frac{Q_y}{K_e e} \quad (5A.10a)$$

$$e \leq \frac{1.6M_{pe}}{V_{ye}} \quad \text{için,} \quad Q_y = V_{ye} = \begin{cases} \frac{|P|}{P_{ye}} \leq 0.2 \text{ ise } 0.6F_{ye}A_w \\ \frac{|P|}{P_{ye}} > 0.2 \text{ ise } 0.6F_{ye}A_w \sqrt{1 - \left(\frac{|P|}{P_{ye}}\right)^2} \end{cases} \quad (5A.10b)$$

$$e > \frac{2.6M_{pe}}{V_{ye}} \quad \text{için,} \quad Q_y = \frac{2M_{pe}}{e} \quad (5A.10c)$$

Bağ kirişi uzunluğu e 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.

Tablo 5A.6. Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçevelerde ve Çelik Bağ Kirişli Sistemlerde Plastik Dönme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Eleman Tipi	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ
Çelik Bağ Kirişi			
$e \leq 1.6 M_{pe}/V_{pe}$ (Kesme kontrollü)	0.005	0.12	0.15
$e \geq 2.6 M_{pe}/V_{pe}$ (Eğilme kontrollü)	Tablo 5A.2'deki çelik kirişler ile aynıdır.		
$1.6 M_{pe}/V_{pe} < e < 2.6 M_{pe}/V_{pe}$ (Kesme ve eğilme kontrollü)	Doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.		
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
	A	b	c
$e \leq 1.6 \frac{M_{pe}}{V_{pe}}$	0.14	0.16	0.8
$e \geq 2.6 \frac{M_{pe}}{V_{pe}}$	Tablo 5A.2'deki çelik kirişler ile aynıdır.		
$1.6 \frac{M_{pe}}{V_{pe}} < e < 2.6 \frac{M_{pe}}{V_{pe}}$	Doğrusal enterpolasyon yapılacaktır.		

5A.7. ÇELİK ELEMANLARIN BETONARME ELEMANLARA BİRLEŞİMİ (ANKRAJ)

Çelik elemanların betonarme elemanlara ankrajını sağlayan bileşenler için şekildeğiştirme sınırları plastik dönme cinsinden **Tablo 5A.7**'de verilmiştir.

Kolon taban levhasının betonarme elemanlara birleşimlerinin en küçük dayanımı; ankraj çubuklarının kesme veya çekme etkisinde akma sınır durumu, ankraj çubuğu ile beton arasındaki aderans kaybı veya betonun göçme sınır durumları esas alınarak hesaplanan dayanımların küçüğü olarak alınacaktır. Çelik elemanların betonarme elemanlara ankrajını sağlayan bileşenlerin dayanımlarının belirlenmesinde esas alınacak sınır durumlar **1.1.6** kapsamında değerlendirilecektir. Betona ait herhangi bir sınır durumun belirleyici olması halinde, ilgili sınır durum gevrek göçme olarak dikkate alınacaktır.

Tablo 5A.7 Çelik Elemanların Betonarme Elemanlara Birleşimlerinde Şekildeğiştirme Sınırları ve Davranış Modeli Değişkenleri

Ankraj Elemanı	Plastik Dönme Sınırları [rad]		
	SH	KH	GÖ
Taban levhasının akması durumu	0.010	0.025	0.035
Ankraj çubuklarının akması durumu	0.008	0.015	0.020
Kaynak kırılması	0.003	0.010	0.015
	Davranış Modeli Değişkenleri		
	Plastik Dönme Açısı [rad]		Artık Dayanım Oranı
	a	b	C
Taban levhasının akması durumu	0.035	0.042	0.800
Ankraj çubuklarının akması durumu	0.015	0.024	0.800
Kaynak kırılması	0.010	0.018	0.800

BÖLÜM 6 – AHŞAP BİNALAR

6.1. KAPSAM

6.1.1 – Ahşap bina taşıyıcı sistem elemanlarının ve birleşimlerinin güçlendirilmesi, bu bölümde belirtilen kurallara uyularak; güçlendirilen elemanların ve birleşimlerin boyutlandırılması bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere uygun olarak yapılacaktır.

6.1.2 – Bu bölümdeki kurallar, en üst kat saçak seviyesine kadar olan yüksekliği 10.5 m’yi geçmeyen ve çatı yüksekliği saçak altından tepe noktasına kadar en fazla 3.0 m olan ahşap binalar için uygulanır. Bina yüksekliği, varsa betonarme ya da yığma duvarlı rijit alt katların üst kotundan, yoksa temel üst seviyesinden itibaren ölçülecektir. Kat yüksekliği 4.25 m’yi aşan binalar kapsam dışındadır.

6.1.3 – TBDY 3.2’ye göre DTS 3, 3a, 4, 4a sınıfına giren ahşap binalarda, bina yüksekliği **6.1.2’de** belirtildiği üzere belirlenecek ve toplamda yüksekliğin ölçüldüğü tabandan itibaren ahşap taşıyıcı sistemi 3 katı aşmamak koşuluyla, 12.75 m yüksekliği aşmayan binalar da bu bölümün kurallarına göre değerlendirilecek ve gerek görülmesi halinde güçlendirilecektir.

6.1.4 – Kademeli çatı olan ve planda oda ve çatının birlikte aynı kotta bulunduğu ahşap binalarda (tümüyle çatı arasında kalan sınırlı alanda tekil odalar hariç), bina yüksekliği için bu katın üst saçak kotu göz önüne alınacaktır. Bu tip mimariye sahip binalarda, yan kademelerdeki çatı kısımları için yükseklik şartı, bu katın yüksekliğini geçmemek koşuluyla aranmaz.

6.1.5 – Planda herhangi bir açıklığın net ölçüsü 8 m’den fazla ve/veya cephe uzunluğu 20 m’den fazla olan ahşap binalar kapsam dışındadır.

6.1.6 – Çapraz lamine ahşap taşıyıcı sisteme sahip veya betonarme çekirdek bulunan hibrit ahşap binalar kapsam dışındadır. Ancak tamamı çapraz lamine ahşaptan inşa edilmiş olanlar hariç, hibrit ahşap binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirilmesinde, çapraz lamine ahşap ve betonarme kısımlar için bu konularda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere uyulmak kaydıyla, bu bölümde verilen kurallardan yararlanılabilir.

6.1.7 – Bu bölümün kapsamı dışındaki ahşap binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, kendi özel kuralları geliştirilinceye dek, öncelikle “Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına (ABTHYE) Dair Yönetmeliği” nde verilen hükümler ile birlikte, uluslararası geçerliliği kabul edilen eşdeğer diğer standart, yönetmelik gibi teknik düzenlemeler veya kurumlarınca belirlenen teknik kurallar ve bu bölümde belirtilen genel ilkeler gözetilerek yapılacaktır.

6.2. GENEL TANIMLAR VE KURALLAR

6.2.1. Performans Gereklilikleri

6.2.1.1 – Tüm yatay ve düşey yüklerin, çatıdan itibaren temele ve ayrıca döşeme içerisinde süreklilik içinde aktarımı sağlanacaktır.

6.2.1.2 – Ahşap binaların duvarlarında var olan bağdadi çıtalar, dikme ve başlık kirişleri boyunca çivi/vida aralığı 200 mm’yi geçen yerleşimle bağlanmış paneller (kontraplak, OSB), dayanım hesaplarına dahil edilmeyecektir ve çapraz eleman bulunmaması durumunda bu duvarlar, yatay yük taşıyan ahşap hafif çerçeve duvar olarak değerlendirmeye alınmayacaktır.

6.2.1.3 – Mevcut ahşap binaların değerlendirilmesinde, **6.3**'te belirtilen doğrusal analiz yöntemleriyle kuvvet kontrollü yaklaşımın kullanılması durumunda, görelî kat öteleme oranı sınır değeri %2 olarak alınacaktır. Analiz sonucunda görelî kat öteleme oranı olarak bu sınır değerin sağlanması halinde, elemanlara ve birleşimlere ait etki/kapasite oranlarının da sağlanması (≤ 1) ve varsa biyolojik sorun bulunan elemanların da kısmî veya tümüyle yenilenmesi koşullarıyla, binanın kontrollü hasar performans seviyesinde olduğu kabul edilecektir. Kapasite ve dayanım değeri için hesaplarda, ABTHYE Yönetmeliği'nde tanımlanan kurallara uyulacaktır. Güçlendirme için aynı yaklaşımın kullanılması durumunda, burada verilen kurallar geçerlidir, ancak güçlendirme için görelî kat öteleme oranı sınır değeri %1.5 olarak uygulanacaktır.

6.2.1.4 – Mevcut ahşap binaların değerlendirilmesinde, doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle şekil değıştirmeye dayalı yaklaşımın kullanılmasına, halihazırda bulunan binalardaki yatay yük taşıyıcı sistem/duvar birimlerinin iç-kuvvet-şekildeğıştirme davranışlarındaki çok geniş saçılım ve farklılık nedeniyle, yalnızca binadaki yatay yük taşıyıcı sistem/taşıyıcı duvar birimine ait davranışın deneysel olarak elde edilmesi yoluyla izin verilir. Binadaki yatay yük taşıyıcı birimin birebir örneği oluşturularak deneysel olarak elde edilecek kuvvet-şekildeğıştirme davranış modeli kullanılarak, genel olarak kabul görmüş, uluslararası standartlardaki ve yönetmeliklerdeki kurallara uyularak, ahşap binaların performansı doğrusal olmayan analizlerle, şekildeğıştirmeye dayalı olarak gerçekleştirilebilir.

6.2.2. Malzeme

6.2.2.1 – Değeriendirme ve güçlendirmeye konu ahşap binalarda taşıyıcı elemanların malzeme özellikleri; yapılacak tahribatsız, yarı tahribatlı ve/veya tahribatlı test yöntemleriyle ve saha çalışmalarıyla tespit edilecektir. Saha çalışmalarında malzeme türü, morfolojisi, varsa biyolojik bozulmalar/etkiler (çürüme, böceklenme, mantar oluşumu gibi malzeme hasarının varlığı ve yayılımı) ve nem oranı, mevzuatta tanımlanan standartlar (TS EN 14081-1, TS EN 335 yanında mevzuatta yer alan ilgili diğeri standartlar) doğrultusunda belirlenecektir.

6.2.2.2 – Binada bulunan tüm katlarda ve çatıda, detayları **6.2.4**'te açıklandığı şekliyle, duvarlarla bölünmüş alanların en az yarısında olmak üzere, her bir eleman tipinde (dikme, başlık kirişleri, çapraz, döşeme kirişleri, döşeme kaplaması, ikincil elemanlar ve çatı taşıyıcı elemanı), detaylı görsel inceleme, ahşap tür tanımlama, nem ölçümü testleri yapılacaktır. Taşıyıcı elemanların durumu, görsel incelemenin yanında **6.2.4**'te tanımlanan bilgi düzeyi sınıfına göre tahribatsız/yarı tahribatlı testlerle birlikte belirlenecektir. Bu amaçla **6.2.4**'te tanımlanan bilgi düzeyi sınıfına göre;

(a1) Rezistografik delgi ölçümü, laminasyonda yapışma-hattı testi (lamine ahşap eleman varsa),

(a2) Ultrasonik veya darbe dalga hızı testleri, penetrasyon testleri, vida çekme testi, öz delme testi, mikro-örnekte çekme testi, yüzey sertliği testleri;

(b1) Endoskopik kamera ile görsel inceleme,

(b2) GPR görüntüleme, kızılötesi termal görüntüleme, dijital radyografik görüntüleme testleri uygulanabilir.

6.2.2.3 – İnceleme ve testler, üniversitelerin ilgili birimlerinde/laboratuvarlarında veya bakanlık onaylı malzeme laboratuvarlarında, ahşap malzeme konusunda uzman bir inşaat mühendisinin kendisi tarafından veya gözetimi ve kontrolünde olmak üzere yapısal ahşap ile ilgili diğeri uzmanlık alanlarında yetkinliğe sahip görevlilerce gerçekleştirilecektir.

6.2.2.4 – Testler, elemanların uzunluğuna bağlı olarak, tekil noktadan veya yayılı olarak yapılacaktır. Kusur/hasar bulunan noktalar, mühendislik yargısıyla veya ön analizle belirlenecek kritik tüm bölümler, eleman derinliğince incelenmeli ve elde edilen en kötü/düşük sonuç, elemanın tümü için geçerli kabul edilmelidir.

6.2.2.5 – Taşıyıcı elemanların bulunduğu ortamın nemi ve sıcaklığı kayıt altına alınacak, bu değerlerin günlük ve haftalık bazda değişimi de elde edilecektir. Suyu doğrudan veya dolaylı temas oluşumu araştırılacak ve belirlenecektir.

6.2.2.6 – Ahşap taşıyıcı elemanın türe bağlı dayanım sınıflandırması, görsel sınıflandırma kuralları da göz önüne alınacak şekilde yapılan testler baz alınarak ve **6.2.3**'te tanımlanan bilgi düzeyi sınıfına uygun biçimde, ABTHYE Yönetmeliği kapsamında tespit edilecektir.

6.2.2.7 – Birleşimlerde kullanılmış olan metal bağlantı araçlarının durumu ve niteliği, korozyon etkileri de göz önüne alınarak tespit edilecektir.

6.2.2.8 – Yapılan çalışmalar görsel olarak da kayıt altına alınacak ve görselleri de içerecek şekilde detaylı malzeme raporu oluşturulacaktır.

6.2.2.9 – Güçlendirme için kullanılacak ahşap malzemeler, binada kullanılmış olan türler ile uyumlu veya benzer olarak, ABTHYE Yönetmeliği'nde belirtilen ilgili maddelere göre seçilecektir.

6.2.2.10 – Binada bulunan ahşap malzemeli taşıyıcı elemanların dışında taşıyıcı elemanların bulunması durumunda, diğer tip taşıyıcı eleman malzemelerinin niteliği ve durumu, bu yönetmelikteki ve TBDY'deki ilgili bölüm ve maddelere uygun olarak belirlenecek ve seçilecektir.

6.2.3. Taşıyıcı Yapısal Ahşap Elemanlar, Birleşimler ve Diğer Bileşenler

6.2.3.1 – Binada rölöve çalışması yapılarak taşıyıcı sistem yerleşimi, geometrik özellikleri ve eleman boyutları belirlenecektir. Bunun için incelenen taşıyıcı ahşap duvarlarda varsa kaplama, taşıyıcı sistem yerleşiminin net olarak anlaşılmasına olanak verecek şekilde, en az bir yüzde olmak üzere, kaplamanın tümü veya yeterli görülecek oranda bölümleri kaldırılarak veya endoskopik kamera ile görüntüleme yöntemleri kullanılarak inceleme yapılacaktır. İncelenen ahşap binada yatay yük taşıyıcı sistem, ABTHYE Yönetmeliği'nde tanımlanan ahşap kaplamalı hafif çerçeve duvarlardan oluşuyorsa, bu işlem sonrası taşıyıcı kaplamanın uygun biçimde takviyesi yapılacak veya kaplama yenilenecektir.

6.2.3.2 – Rölöve çalışmasında ve görsel incelemede, bunlarla sınırlı kalmayacak şekilde, taşıyıcı eleman kesit boyutları (üzerlerinde girinti ve oyuk varsa bunlara ilişkin detaylar), uzunlukları; ve yerleşimleri varsa kalıcı sehim ve şekil değiştirme değerleri, yarıklar ve çatlaklar; eleman süreklilikleri, birleşim noktalarındaki boyutlar ve özellikleri (geçmeli birleşimlerde boyutlar, bağlantı elemanı niteliği, çapları, boyutları, yerleşim detayları, oynaklık durumu); geçmeli birleşimlerde birleşimin yük aktarımını sağlayabilir niteliğini koruyup korumadığı; yatay yük taşıyan duvarlar ve çerçevelerin boyutları; çekme ve kesme ankrajlarının niteliği, sayısı, çap ve eleman bağlantı durumu; döşemelerin boyut ve nitelikleri (diyafram kabulüyle ilgili detayları ve yatay yük sistemiyle birleşim detayları) belirlenecektir.

6.2.3.3 – Temel veya yığma/betonarme alt kat üzerindeki katta olmak üzere, ahşap taşıyıcı elemanların (dikme, çapraz, panel) alt uçlarının ve alt başlık (yastık) kirişlerinin durumu, geometrik özellikleri, nitelikleriyle birlikte özel olarak belirlenecektir.

6.2.3.4 – Binada kat içerisindeki duvarlardaki ve katlar arasındaki birleşim ve bağlantı türleri, nitelikleri ve durumları, görsel olarak veya gerekmesi halinde ileri inceleme teknikleriyle belirlenecektir. Birleşimlerde yük aktarımının geçerliliği, her bir birleşim türü için ABTHYE Yönetmeliği'nde verilen kurallara göre değerlendirilecektir (birleşim aracı niteliği, sayısı, korozyon durumu, yerleşim mesafeleri, birleşimde oynaklık/boşluk). Ayrıca birleşimin durumu, birleşim noktasındaki elemanların biyolojik durumu ve çatlaklar/yarıklar gibi hasarlara göre de değerlendirilerek, yük aktarımına katılıp katılmadıkları belirlenecektir. Belirlenen duruma göre, birleşimin hesap modeline dahil edilip edilmeyeceğine karar verilecektir. Örnek olarak birleşimde tek çivi kullanılması, iki çivi olup birinin ucunun boşta olması, köşe birleşim noktasında birleşen elemanın çivi ile birleştirildiği noktada yoğun çürüme ve dağılma olması gibi durumlar dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonrasında, olumsuz karar verilmesi halinde hesap modelinde, birleşime bağlanan söz konusu eleman sadece basınca çalışacak nitelikte tanımlanacak veya yok hükmünde değerlendirmeye alınacaktır.

6.2.3.5 – Temelin ve varsa diğer taşıyıcı sistemler ile inşa edilmiş zemin/alt katların durumu, niteliği belirlenecektir. Ahşap taşıyıcı sisteme geçiş hattı boyunca, temas durumu, koruyucu ayırıcı malzeme varlığı ve niteliği, yük aktarım ve birleşim detayları incelenecek ve ankraj/bağlantı türü, niteliği tespit edilecektir. Binada varsa daha önce gerçekleştirilmiş onarım ve güçlendirme uygulamaları belirlenecek, detayları, malzeme özellikleri, bağlantı detayları tespit edilecektir. Belirlenen detaylar, uygun biçimde hesap modeline ve değerlendirmeye dahil edilecektir.

6.2.4. Bilgi Düzeyleri

6.2.4.1 – Bilgi düzeyi sınıflandırması ((a) *sınırlı bilgi düzeyi*, (b) *kapsamlı bilgi düzeyi*), binadaki malzeme ve elemanların durumu ve durum tespitinin gerçekleştirilme yaygınlığına göre yapılacaktır. Seçilen bilgi düzeyi sınıfına göre elemanların durumunu belirlemek için yapılacak malzeme testlerinin sayısı ve niteliği seçilen bilgi düzeyi sınıfına göre belirlenecektir.

6.2.4.2 – Bu yönetmelik kapsamında değerlendirilecek ve gerek duyulması halinde güçlendirilecek olan tüm ahşap binalarda, bilgi düzeyi sınıfına bakılmaksızın, **6.2.2** ve **6.2.3**'te açıklandığı şekliyle, taşıyıcı sistemde detaylı görsel inceleme, rölöve çalışması, malzemede tür belirleme çalışması ile birlikte nem ölçümü yapılacaktır.

(a) Sınırlı Bilgi Düzeyi: Binada tüm katlardaki her bir bölünmüş alanın (salon, oda, hol vd.) en az 1/3'ünde, ahşap elemanların ve malzemenin durumu, görsel değerlendirmenin yanında bu maddenin devamında tanımlanan sınırlı sayıda ilave malzeme testleri yapılarak gerçekleştirilecektir. Aşağıda belirtilen sayıda ve tiplerde testlerin yapılması durumunda, binanın *sınırlı bilgi düzeyinde* olduğu kabul edilir. Bu sınıfta, ilgili bölünmüş alanda en az bir taşıyıcı duvarda ve katta toplam en az 2 taşıyıcı duvarda olmak üzere; en az bir adet alt veya üst başlık kirişinde ve çapraz elemanda (kat yüksekliğinin en az yarısına kadar teşkil edilmiş olan), dikmelerin (parçalı olsa da kat yüksekliğince aynı hizada veya merkezleri arası mesafe 100 mm'yi geçmeyen düşey elemanlar, tek eleman sayılacaktır) %5'inde ve ikincil yatay elemanların en az birinde, **6.2.2**'de tanımlanan (a1) ve (a2) grubu testlerden, ilgili elemandaki malzeme için ihtiyaç görülmesi halinde en az bir testin yapılması ve raporlanması gerekmektedir. Testlerin, varsa farklı ahşap türlerinin hepsini değerlendirecek biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ilgili alanda döşeme kirişleri ve kaplamalarında da belirtilen şekilde, en az birer test gerçekleştirilecektir. Her katta yapılan test sayısı döşeme elemanları dahil en az 10 adet ve çatı arasında en az 3 adet olacaktır. Test yapılmayan elemanların değerlendirmesinde ilgili elemanın durumuna, kendi görünümüne uygun olan civarında test yapılmış diğer elemanların sonuçları da dikkate alınarak karar verilecektir.

(b) Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Binada tüm katlardaki her bir bölünmüş alanın (salon, oda, hol vd.) en az 1/2'sinde, ahşap elemanların ve malzemenin durumu, görsel değerlendirmenin yanında bu maddenin devamında tanımlanan uygun sayıda ilave malzeme testleri yapılarak gerçekleştirilecektir. Aşağıda belirtilen sayıda ve tiplerde testlerin yapılması durumunda, binanın *sınırlı bilgi düzeyinde* olduğu kabul edilir. Bu sınıfta, ilgili bölünmüş alanda en az bir taşıyıcı duvarda ve katta toplam en az 4 taşıyıcı duvarda olmak üzere; en az bir adet alt veya üst başlık kirişinde ve çapraz elemanda (kat yüksekliğinin en az yarısına kadar teşkil edilmiş olan) olmak üzere, dikmelerin (parçalı olsa da kat yüksekliğince aynı hizada veya merkezleri arası mesafe 100 mm'yi geçmeyen düşey elemanlar, tek eleman sayılacaktır) %10'unda ve ikincil yatay elemanlardan en az birinde, 6.2.2'de tanımlanan (a1), (a2) ve (b2) grubu testlerden, ilgili elemandaki malzeme için ihtiyaç görülmesi halinde en az bir testin yapılması ve raporlanması gerekmektedir. Bu bilgi düzeyi sınıfında, ilgili alanlardaki inceleme yapılan duvarlarda, detaylı olarak ulaşılamayan noktalarında ve birleşimlerin açılmayan kısımlarında, (b1) grubunda yer alan endoskopik kamera ile görüntüleme yöntemlerinin kullanımı ve ihtiyaç görülen elemanlarda (a1) grubu testlerin uygulanması zorunludur. Testler, varsa farklı ahşap türlerinin hepsini değerlendirecek biçimde gerçekleştirilecektir. Ayrıca ilgili alanda döşeme kirişleri ve kaplamalarında da belirtilen şekilde, en az birer test gerçekleştirilecektir. Her katta yapılan test sayısı en az 15 adet ve çatı arasında en az 5 adet olacaktır. Test yapılmayan elemanların değerlendirmesinde ilgili elemanın durumuna, kendi görünümüne uygun olan civarında test yapılmış diğer elemanların sonuçları da dikkate alınarak karar verilecektir.

6.2.4.3 – Binada betonarme veya yığma alt katlar bulunması durumunda bu katlara ait eleman ve malzeme durumları, kendileriyle ilgili bölümlere ve mevzuatta yer alan ilgili kurallara göre yapılacaktır.

6.2.5. Bilgi Düzeylerinin Değerlendirmede Kullanımı

6.2.5.1 – Binanın incelenmesinde, malzeme durumunun belirlenmesi amacıyla hiçbir ilave testin yapılmaması durumunda veya sınırlı ve kapsamlı bilgi düzeylerinde öngörülen sayıdan daha az test yapılması durumunda bina bilgi düzeyi, sınıflandırma dışı olarak nitelendirilecektir. 6.2.2 ve 6.2.3'te belirtilen diğer kurallara uyularak inceleme yapılmış olması koşuluyla, sınıflandırma dışı inceleme yoluyla da burada verilen diğer kurallara uyularak yapısal değerlendirme gerçekleştirilebilir.

6.2.5.2 – Her iki sınıfta da elde edilen test sonuçları, ilgili elemanların detaylı görsel incelemesinde elde edilen bulgularla bağlantılı olarak değerlendirilecektir. Türe göre belirlenen malzeme dayanımları, bu değerlendirmeye göre atanacak bilgi düzeyi katsayısıyla çarpılarak hesaplarda kullanılacaktır. Bilgi düzeyi katsayısı, her bilgi düzeyi sınıfı için tek bir katsayı olarak seçilmeyecektir. Katsayı, her bir elemanın kendi durumu ve binanın bilgi düzeyi sınıfı, birlikte değerlendirilerek, 6.2.5.3 ve 6.2.5.4'te verilen kurallar uyarınca belirlenecektir.

6.2.5.3 – Elemanların durumları, inceleme sonuçlarına göre aşağıda (a), (b) ve (c)'de belirtilen üç kategoride sınıflandırılacaktır.

(a) Böceklenme hasarının bulunmaması; suya maruz kalma izi/hasarının olmaması; elemanda çatlakların/yarılmaların sınırlı olması; elemanda kalıcı sehim/deformasyon/dönme olmaması veya önemsiz seviyede olması; bağlantı elemanlarında pasın olmaması veya çok az olması; bağlantı elemanları yerine sıkı biçimde yerleşik durumda olması; bağlantı elemanı etrafında ahşapta aşınma olmaması; birleşimde oynaklık olmaması. Bu ifadeler, değerlendirilen eleman için geçerli ise bu durumdaki eleman, *iyi seviyede* olarak nitelendirilecektir.

(b) Böceklenme hasarının olmaması veya çok sınırlı ve pasif durumda olması; suya maruz kalma izi/hasarının olmaması veya çok az bulunması (bozulma ilerlemesi durmuş halde); elemanda çatlakların/yarılmaların belirgin ancak derin olmaması; elemanda kalıcı sehim/deformasyon/dönme olması durumunda bunun etkisinin, davranış üzerinde ihmal edilebilir nitelikte veya oldukça sınırlı seviyede olması; bağlantı elemanlarında az miktarda pas bulunmakla birlikte, yerinde oynama durumunun olmaması veya yok sayılacak düzeyde olması; bağlantı elemanları yerine sıkıya yakın biçimde yerleşik durumda olması; bağlantı elemanı etrafında ahşapta aşınma miktarının sınırlı olması; birleşimde önemli bir oynaklık olmaması. Bu ifadelerden en az biri, değerlendirilen eleman için geçerli ise bu durumdaki eleman, *orta seviyede* olarak nitelendirilecektir.

(c) Böceklenme hasarı yaygın; suya maruz kalma izi/hasarı olması; elemanda çatlakların/yarılmaların belirgin ve derin olması; elemanda kalıcı sehim/deformasyon/dönme miktarının davranış üzerindeki etkisinin, ihmal edilemeyecek nitelikte olması; bağlantı elemanlarında önemli miktarda pas olması; bağlantı elemanları yerinde kısmen/tamamen gevşek biçimde duruyor olması; bağlantı elemanı etrafında ahşapta aşınmanın belirgin olması; birleşimdeki oynaklığın kolayca fark ediliyor olması, sallanma olması. Bu ifadelerden en az biri, değerlendirilen eleman için geçerli ise bu durumdaki eleman, *kötü seviyede* olarak nitelendirilecektir. Bu durumdaki elemanların üzerindeki hasar, çürüme aşırı derecede yayılmış ve birleşim noktalarıyla ilgili sorunlar, yük taşıma kabiliyetini büyük oranda ortadan kaldırmış durumdaysa, eleman yok hükmünde değerlendirilerek hesap modeline/analize dahil edilmeyecek veya ön şart olarak yenileneceği/onarılacağı kabul edilerek analiz ve değerlendirmeye alınacaktır. İlgili eleman tekil müdahale koşuluyla hesap modeline/analize dahil edilmişse, bina değerlendirme sonucundan ve güçlendirme yapılıp yapılmamasından bağımsız olarak, bu elemanda ön şart kabulünce onarım veya yenileme mutlaka gerçekleştirilecektir. Bu elemanın durumu ve bilgi düzeyi katsayısı, ön şart kabulünde uygun biçimde onarılacaksa orta seviye, yenilenecekse iyi seviye olarak revize edilecektir.

6.2.5.4 – 6.2.4.2’de belirtilen bina bilgi düzeyleri ve 6.2.5.3’te belirtilen eleman durumlarına göre kullanılacak bilgi düzeyi katsayıları (a), (b) ve (c)’de tanımlanmıştır.

(a) Binadan *Kapsamlı Bilgi Düzeyi* sınıfında bilgi toplanmış ise bilgi düzeyi katsayıları; iyi seviyedeki elemanlar için 1,00; orta seviyedeki elemanlar için 0,75; kötü seviyedeki elemanlar için 0,30 olarak seçilecektir. Kötü seviyedeki elemanların rijitlikleri analizde de uygun biçimde azaltılabilir.

(b) Binadan *Sınırlı Bilgi Düzeyi* sınıfında bilgi toplanmış ise bilgi düzeyi katsayıları, iyi seviyedeki elemanlar için 0,75; orta seviyedeki elemanlar için 0,50; kötü seviyedeki elemanlar için 0,30 olarak seçilecektir. Kötü seviyedeki elemanların rijitlikleri analizde de uygun biçimde azaltılabilir.

(c) Binadan **6.2.5.1’de** açıklandığı şekliye sınıflandırma dışı nitelikte bilgi toplanmış durumdaysa, bilgi düzeyi katsayıları tüm elemanlar için inceleme durumlarından bağımsız olarak 0,30 olarak seçilecektir. İncelemede eleman durumu kötü olarak sınıflandırılmışsa, yük aktarımını önemli ölçüde kaybetmiş durumdaysa, **6.2.5.3(c)’deki** kurallar geçerlidir ve buna göre eleman yok sayılabilir veya ön şart olarak onarım/yenileme koşuluyla hesap modeline/analize dahil edilebilir. Bu durumda ön şart olarak onarılacak veya yenilenecek elemanın bilgi düzeyi katsayısı, **6.2.5.3(c)’de** tanımlandığı şekilde bu duruma uygun olarak seçilecektir. Kötü seviyedeki elemanların rijitlikleri analizde de uygun biçimde azaltılacaktır.

6.3. YAPISAL DEĞERLENDİRME

6.3.1. Modelleme ve Analiz

6.3.1.1 – Hesap modelinde ve analizde, TBDY ve ABTHYE Yönetmeliği Bölüm 3’te verilen kurallara uyulacaktır.

6.3.1.2 – Bina taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak modellenecektir.

6.3.1.3 – Ahşap dikmeler, çaprazlar, başlık ve döşeme kirişleri, ara kuşak elemanları, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak ve incelemede ölçülen gerçek boyutlarıyla modellenecektir. Özel olarak, literatürdeki çalışmalara veya deneysel sonuçlara dayanarak ispatlanan moment aktaran birleşim detayı uygulanmamışsa, çubuk elemanların uçları moment aktarmayacak biçimde modellenir. Gerekli durumlarda birleşimlerdeki arayüz kayma rijitliği, ABTHYE Yönetmeliği’nde tanımlandığı şekliyle ve mevcut duruma uygun çıkarımla modellenebilir.

6.3.1.4 – Kesitlerde bulunan oyuk, boşluk gibi boyut azaltmaları, modeldeki elemanlara uygulanacaktır. Elemanlarda, bağlantı elemanları için önceden delik açılmadan uygulanan ve 6 mm’den küçük çapta olan boşluklar, ihmal edilebilir. Birbirine yakın bağlantı elemanlarının durumu için ABTHYE Yönetmeliği 4.1.1’de verilen kurallara uyulacaktır.

6.3.1.5 – 6.2.5’te tarif edildiği şekliyle kötü durumda olan veya yok hükmünde sayılabilecek seviyede olan elemanların durumu, analizde göz önüne alınarak modelleme yapılacaktır. Varsa elemanlardaki kalıcı deformasyonlar, modelde göz önüne alınacaktır.

6.3.2. Döşemeler

Döşemeler, 6.2’ye göre yapılan incelemeler sonrasında elde edilen sonuçlara göre değerlendirilecektir. İnceleme sonrasında döşeme–duvar bağlantılarının, döşeme içi elemanların, kaplama elemanlarının ve döşeme kirişleri bağlantılarının, yeterli düzeyde kuvvet aktarımı yapabilecek nitelikte ve durumda olduğu belirlenmiş durumdaysa ve 6.2.5’e göre büyük oranda orta seviye ile sınıflandırılan gruba dahil olduğu görüldüyse ve alanın %10’undan daha büyük boşluk yoksa (duvar kenarlarına yakın olmamak koşuluyla), bu durumda aşağıda (a) ve (b)’de verilen durumlardan birine uyması halinde döşeme için rijit diyafram kabulü yapılabilir.

(a) ABTHYE Yönetmeliği Bölüm 3.1’e göre değerlendirme sonucu, esnek döşeme sınırı aşılmıyorsa

(b) Döşeme kirişleri arasındaki net açıklık 30 cm’yi geçmiyorsa ve aralarında sistematik, birbirini takip edecek biçimde bir takoz örgüsü kullanılmış ve kaplama levhaları (OSB, kontrplak), döşeme kirişlerine ve takozlara kenarlarında 10 cm’den, orta kısımlarında 15cm’den daha az aralıkla bağlantı elemanları ile bağlanmışsa

6.3.3. Değerlendirme

Ahşap binaların değerlendirilmesinde, kuvvet/dayanım veya şekildeğiştirme esaslı olan ve sırasıyla 6.3.3.1’de ve 6.3.3.2’de açıklanan iki yaklaşımdan biri izlenecektir.

6.3.3.1 – Kontrollü hasar performans düzeyi gözetilerek dayanıma göre tasarım yaklaşımı dahilinde, ön tanımlı kurallar çerçevesinde, kuvvet/dayanım esaslı değerlendirme ve güçlendirme yaklaşımı.

6.3.3.1.1 – Bu yaklaşım, binanın mevcut halinin TBDY 2, 4.4, 4.6, 4.7 ve 4.8 bölümleri uyarınca doğrusal analizi sonrasında, **6.2.1**'de verilen görelî kat öteleme sınırını aşmayan ahşap binalar için kullanılabilir. Modelleme ve analiz için genel kurallar **6.3.1**'de ve ABTHYE Yönetmeliği'nde verilmiştir. Deprem etkisi, TBDY Bölüm 2.2'de tanımlandığı şekliyle DD-2 deprem seviyesine göre belirlenecektir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R , 2 olarak seçilecektir. Bu yaklaşımla belirlenen performans sonucunun olumsuz çıkması, bina performansının mutlak olarak göçme durumunda olduğunu göstermemektedir ve yapısal güvenliğin sağlanması adına yönetmeliğin konservatif yaklaşımını yansıtabileceği bilinmelidir.

6.3.3.1.2 – Bina görelî kat öteleme oranlarının sınır değerleri altında olması durumunda, elemanlara ve birleşimlere ait değerlendirmeler, TBDY'de ve ABTHYE Yönetmeliği'nde verilen dayanıma göre tasarım kurallarına göre yapılacaktır ve bina performansına elde edilen sonuçlara göre karar verilecektir. Dayanıma göre kontrollerde malzeme dayanımları, **6.2**'de açıklandığı şekliyle belirlenecek ve kullanılacaktır.

6.3.3.1.3 – Analizinde görelî kat öteleme oranı sınırının aşıldığı ahşap binalarda, **(a) – (d)**'de verilen adımlar uygulanarak buradaki yaklaşım kullanılacaktır. Burada verilen yaklaşımın kullanılması durumunda, görelî kat öteleme oranlarını sınırlamak amacıyla belirlenen ve hesap modeline dahil edilen ön şart müdahalesi, başka güçlendirme ihtiyacı/gereksinimi olmasa dahi, binada mutlak surette uygulanacaktır. Aksi durumda bina göçme durumunda kabul edilecektir.

(a) Ön şart olarak, yapısal değerlendirme öncesinde, görelî kat öteleme oranlarının ilgili sınırın altına indirilmesi amacına yönelik, müdahale stratejisi değerlendirilir.

(b) Bunun için detayları **6.4.2** veya **6.4.3**'te verilen sistem güçlendirmesi müdahale yöntemlerinden (diyagonal eleman ekleme, ahşap panel ekleme vb.) uygun olan bir yöntem belirlenerek, en az ilave yapılacak biçimde ve planda burulma oluşturmayacak şekilde yerleşim seçilir.

(c) Belirlenen ön şart müdahale uygulaması modele tanımlanıp analiz yapılarak, görelî kat öteleme oranları kontrol edilir. Gerekmesi durumunda güncelleme yapılarak, görelî kat öteleme oranlarının sınırın altında kalmasını sağlayacak asgari müdahale uygulaması belirlenir.

(d) Ön şart müdahalesinin uygulanması neticesindeki hesap modeli, yapısal değerlendirme ve güçlendirme çalışması için kullanılır. Değerlendirmedeki dayanıma göre kontroller, ön şart elemanları ve bağlantıları da dahil olacak biçimde gerçekleştirilir.

6.3.3.2 – Kontrollü hasar performans düzeyi gözetilerek şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı dahilinde değerlendirme ve güçlendirme

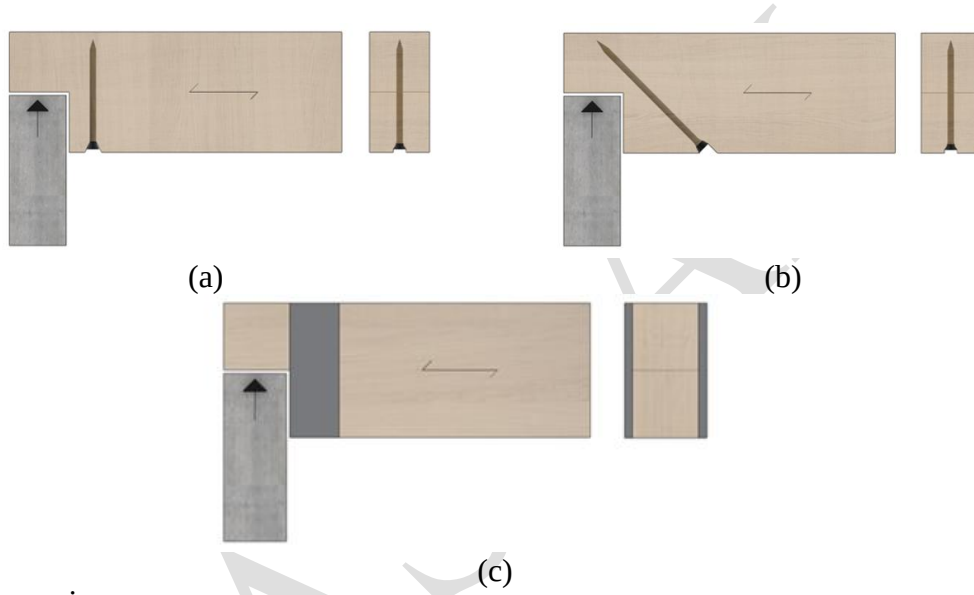
Bu yaklaşım, binada bulunan yatay yük taşıyan birimlerin (ahşap panel kaplamalı duvar, çapraz bulunan panel vd.), iç kuvvet – şekildeğiştirme ilişkisinin belirlenerek, modele aktarılmasını ve doğrusal olmayan analiz ile değerlendirme yapılmasını kapsamaktadır. Mevcut binalardaki yatay yük taşıyan birimlerin nitelik ve tür olarak büyük değişkenlik göstermesi nedeniyle, söz konusu iç kuvvet-şekildeğiştirme ilişkisinin, mevcut yapıdaki ile özdeş olacak model üzerinde deneysel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu yöntemin kullanılması durumunda, burada belirtilen davranışın deneysel olarak belirlenmesi, modele aktarılıp analiz edilmesi, ayrıca kabul kriterleri, TS EN 12512 ve ilgili uluslararası kabul gören standartlar ve yönetmelikler kullanılarak gerçekleştirilecektir.

6.4. GÜÇLENDİRME

6.4.1. Genel Kurallar

6.4.1.1 – İncelenen ahşap binada taşıyıcı ahşap elemanların durumu, değerlendirme sonucunda yetersiz ise ve inceleme sonucunda **6.2.5.3(c)**'ye göre kötü seviyede duruma sahipse, yenilenecektir. Özellikle devam eden biyolojik hasar olan elemanlar, kısmen veya tamamen yenilenecektir.

6.4.1.2 – Aşağıda **(a)** ila **(d)**'de belirtilen durumlarda kesit yan yüzlerinden çelik plaka veya kontrplak uygulama; kesit derinliğince vidalama; kesit sargılama yöntemlerinden biri ile güçlendirme yapılacaktır. İlgili durumlarda uygulanabilecek güçlendirme tekniklerinden bazılarına ait görüntüler, örnek olarak inceltilmiş uç bulunan kiriş üzerinde **Şekil 6.1**'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 İnceltilmiş uç bulunan elemanda, liflere dik çekme etkisinde yarılmaya karşı uygulanabilecek güçlendirme uygulamaları a) lif doğrultusuna dik vidalama, b) lif doğrultusuna açılı vidalama, c) lifli polimer ile sargılama

(a) Liflere dik çekme oluşan ve etki/kapasite oranı 1'in üzerinde olan elemanlarda

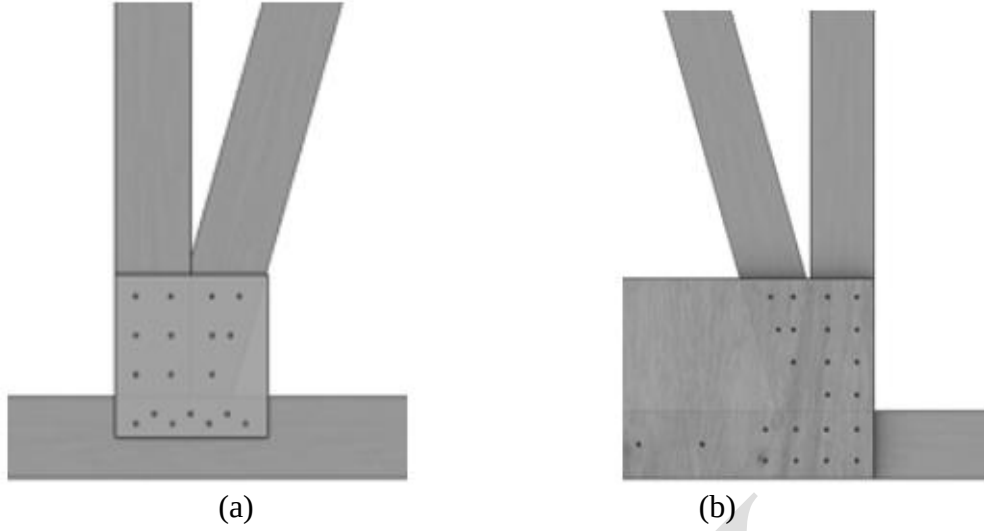
(b) Uç kısımlarında 1/4'den fazla inceltme yapılmış kirişlerde

(c) Orta kısmında, kesit derinliğinin 1/3'ünden daha fazla delik bulunan kirişler

(d) Orta kısmın dışında, kenarlara yakın veya kenarlarda delik bulunan kirişler

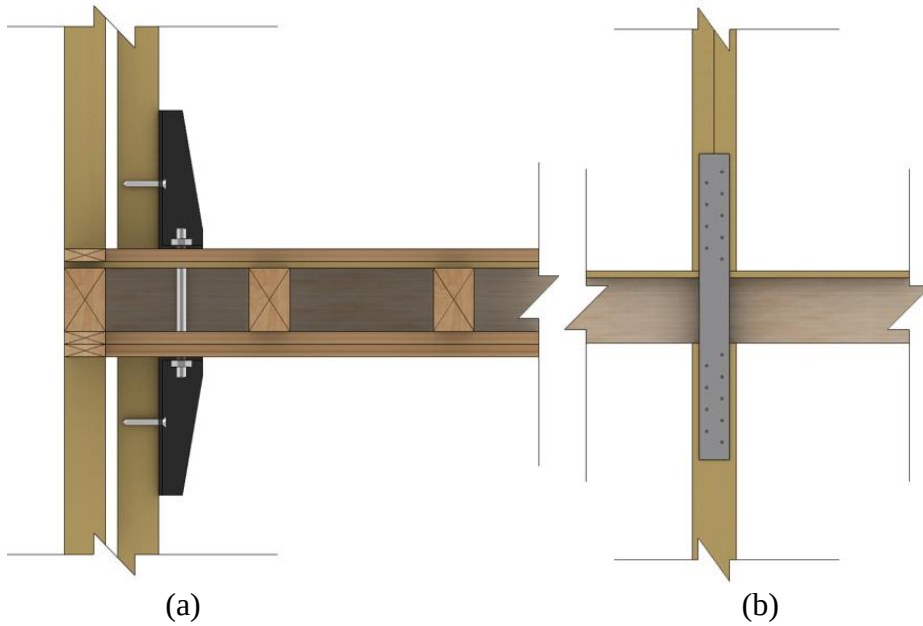
6.4.1.3 – Basınç elemanlarının temas ettiği elemanlarda, değerlendirme sonuçlarına göre ezilme ve ayrılma kontrolü yapılacaktır. Mevcutta ezilme bulunan elemanlar onarılacak veya değiştirilecektir.

6.4.1.4 – Dikme-başlık kirişi, dikme-başlık kirişi-çapraz birleşim noktaları, değerlendirme sonuçlarına göre gerek duyulması halinde iki yüzden çelik plakalarla veya kontrplakla güçlendirilecektir. Örnek uygulama gösterimleri **Şekil 6.2**'de yer almaktadır.



Şekil 6.2. Kontrplak ve çelik plaka ile birleşim noktaları güçlendirme örnekleri a)çelik plaka uygulaması, b) kontrplak uygulaması

6.4.1.5 – Mevcut ankrajlarının kat kesme kuvvetini taşıyıp taşımadığı, TBDY’de ve ABTHYE Yönetmeliği’nde verilen kurallara göre kontrol edilecek ve katlarda hesap sonucu gereken miktarda ankraj uygulaması gerçekleştirilecektir. Ankrajların, mümkünse döşemeyi geçerek alt kat duvar üst başlık kirişini, üst kat alt başlık kirişine bağlayacak şekilde teşkil edilecektir. Temele veya rijit alt taşıyıcı sisteme oturan başlık kirişler, yerleştirildiği temele veya duvara ankrajlanacaktır. Alt başlık kirişine çapraz eleman bağlanan birleşim noktalarındaki dikmeler, pencere/kapı boşluğunun yanında kalan dikmeler, bina köşesindeki dikmeler ana dikme olarak detaylandırılarak kesitleri en az nominal olarak 100 x 100 mm olması sağlanacak ve mutlaka ankrajlar ile temel veya katlar arası bağlantısı yapılacaktır. Ankrajlar arası mesafe en fazla 1.20 m olacaktır. Ankraj uygulamalarına ilişkin örnek gösterimler, **Şekil 6.3**’te yer almaktadır.



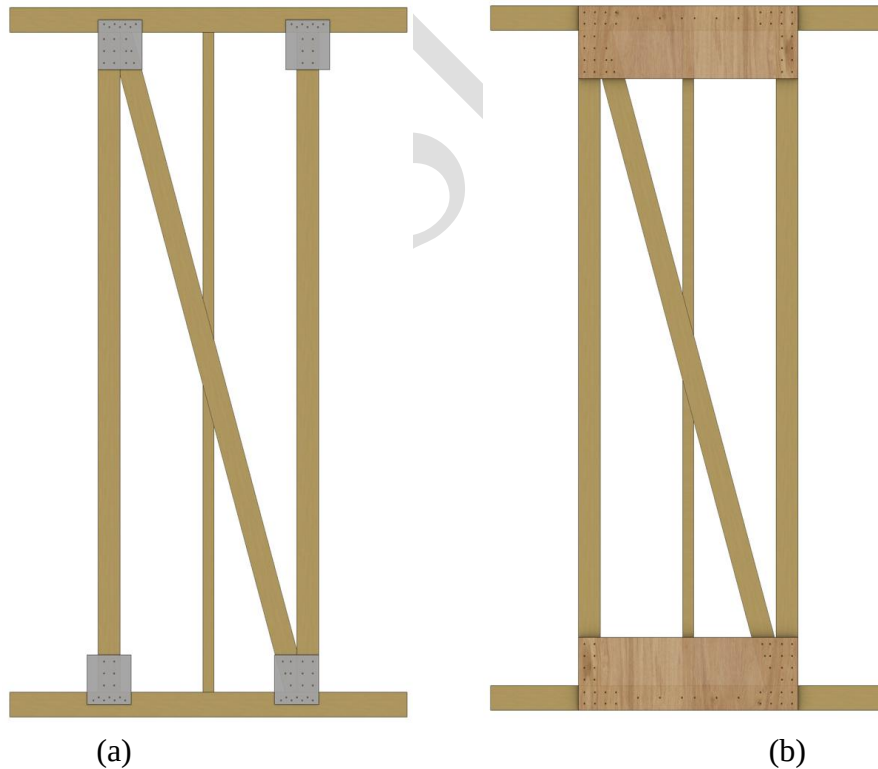
Şekil 6.3 Ankraj uygulamalarına ilişkin örnekler a) gijon uygulaması, b) çelik plaka uygulaması

6.4.1.6 – Değerlendirme sonucunda, ABTHYE Yönetmeliğindeki dayanım hesaplarına göre yetersiz elemanlar, ilave ahşap eleman ekleme, çelik lama/şerit/plaka ekleme, lifli polimer uygulama yöntemleri ile ABTHYE, ÇYTHYE yönetmelikleri ve bu Yönetmelikteki kurallar ve hesaplar kullanılarak, dayanımları arttırılmak amacıyla güçlendirilecektir. Ahşap elemanlarda lifli polimerler ile güçlendirme için ilgili konuda uluslararası geçerliliği olan yönetmelikler kullanılacaktır.

6.4.1.7 – Ahşap taşıyıcı sistemin altında yer alan betonarme veya yığma taşıyıcı sistem ve temeller TBDY, TS 500 ve bu yönetmelik kuralları ve hesapları çerçevesinde değerlendirilecek ve gerek görülmesi halinde güçlendirilecektir.

6.4.2. Çapraz Eleman Eklenmesi

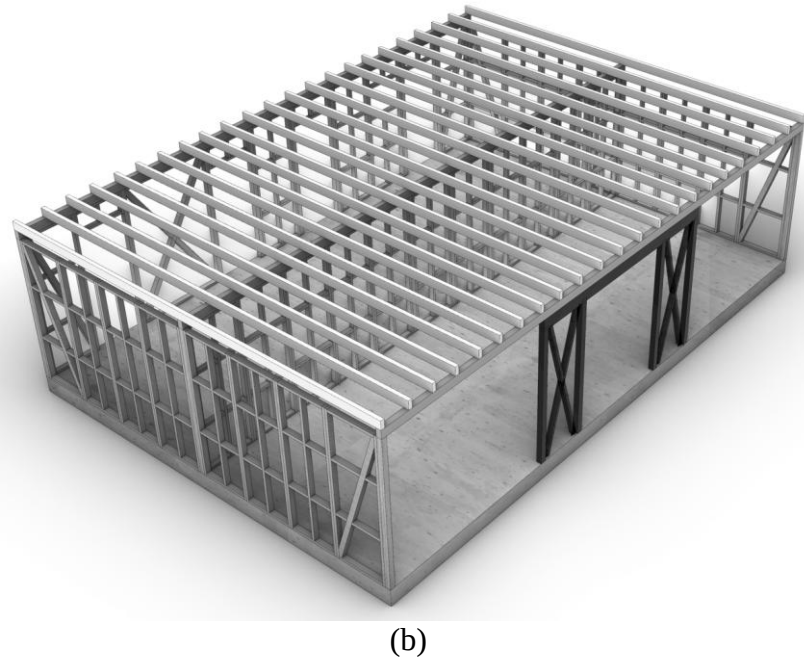
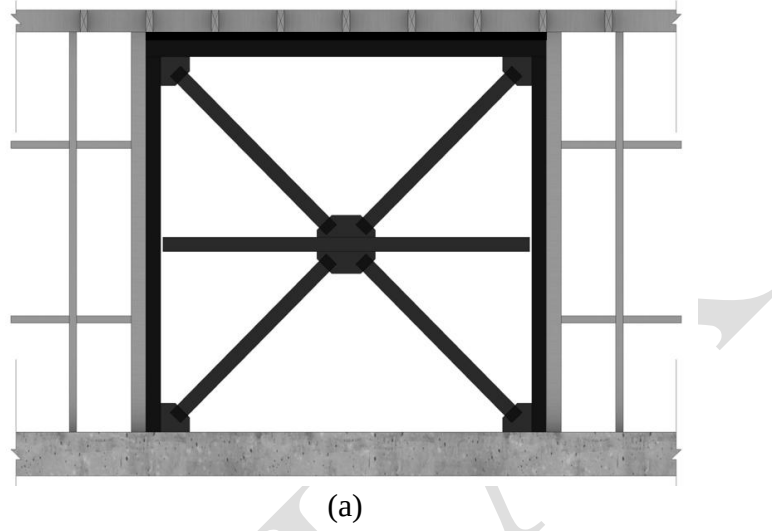
Yatay yük taşıma kapasitesinin arttırılması ve görelî kat ötelemelerinin azaltılması amacıyla, analiz sonuçlarına göre mevcut çapraz elemanlar yenilenebilir veya seçilen duvarlara yeni çapraz elemanlar yerleştirilebilir. Yeni eklenen veya yenilenen çapraz elemanlarda, birleşim noktalarında iç kuvvet aktarımının sağlaması için metal plaka/T-şerit, kontrplak vb. detaylar kullanılacaktır. Bu müdahale, iç kuvvet aktarımının ve sürekliliğın yeterli olmadığı mevcut çapraz birleşim noktalarında da uygulanabilir (**Şekil 6.4**). Kullanılacak detayların tasarımı, seçilen uygulamaya göre ABTHYE ve ÇYTHYE yönetmeliklerinde ilgili bölümlerde ve **Bölüm 5**'te verilen hesap kurallarına uygun olarak yapılacaktır veya deneysel olarak gösterilecektir.



Şekil 6.4 Çapraz elemanlar ile güçlendirme örnekleri ve iç kuvvet aktarımı/süreklilik için uygulanabilecek yöntemler a) çelik plaka uygulaması, b) kontrplak uygulaması

6.4.3. Çelik Taşıyıcı Sistem İlavesiyle Güçlendirme

6.4.3.1 – Ahşap binada değerlendirme sonucunda, görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması ve kat kesme kuvvetlerinin taşınabilmesi için duvarların içerisine ilave edilecek ahşap çaprazların, eklenecek ankrajların sayılarının, uygulanabilir bir durumun ötesinde çıkması halinde, döşemelerin durumuna da bağılı olarak, çelik taşıyıcı sistemlerin ilavesi ile güçlendirme yapılabilir. Bu durumda TBDY, ABTHYE ve ÇYTHYE yönetmeliklerinde verilen hesap kuralları ile birlikte **Bölüm 5**'te verilen kurallara ve ilgili hesap adımlarına uyulacaktır.



Şekil 6.5 Ahşap binalarda çelik çaprazlı çerçeve ve moment aktaran çelik çerçeve ile güçlendirme örnek gösterimleri a) 2 boyutlu gösterim, b) 3 boyutlu gösterim

6.4.3.2 – Düşeyde sürekli olacak biçimde binadaki bazı duvarların içerisine, çelik çaprazlı çelik çerçeve duvarlar eklenerek rijitlik artışıyla görelî kat ötelemeleri azaltılabilir ve binanın yatay yük dayanımı artırılabilir. Kat yüksekliği içerisinde tek veya iki kademede çaprazlı çelik kafesler eklenebilir. Oluşturulacak çelik çaprazlı çerçevelerin düzlem dışı davranışı da göz önüne alınarak söz konusu uygulama, birbirine dik duvarlarda ve birbirlerine bağlı olarak, çelik çerçevelerin ilgili duvarların içerisinde, kısmen veya tamamen oluşturulması yoluyla yapılacaktır (**Şekil 6.5a**).

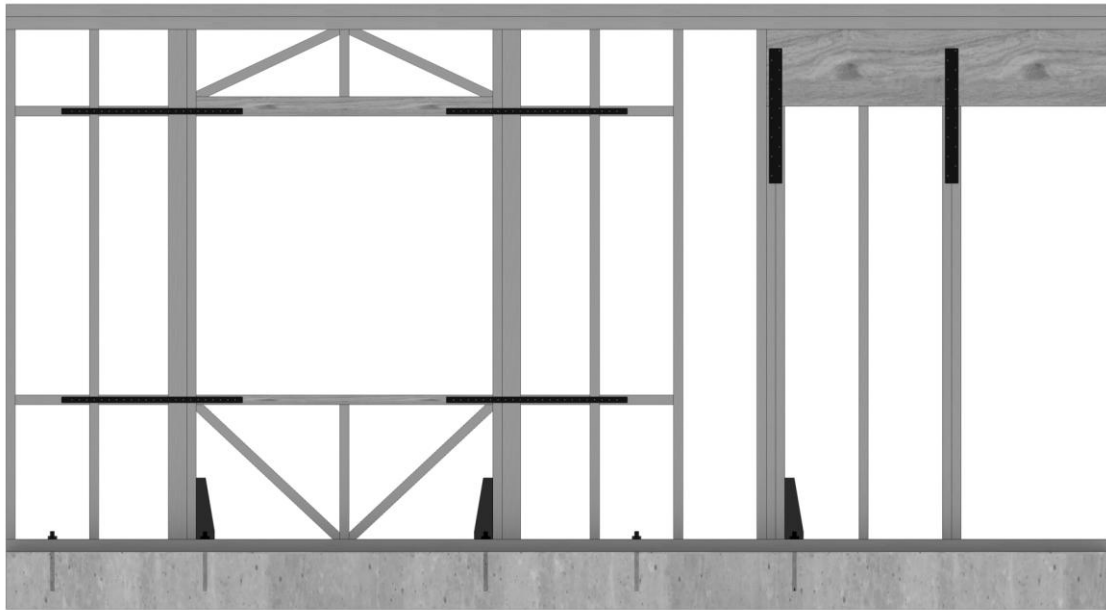
6.4.3.3 – İlave çelik sistemler ile güçlendirmede, eklenen elemanların yerleşiminde planda simetri sağlanacaktır ve burulma etkisi oluşumu engellenecektir veya sınırlı seviyede tutulacaktır. Döşemenin rijit diyafram olarak çalışması için ilave önlemler alınacaktır ve eklenen çelik elemanlar ile döşeme bağlantılarının yeterliliği hesapla gösterilecektir.

6.4.3.4 – Duvarların sınırlı olduğu (kapı ve pencere boşluklarının fazla olduğu) cephelerde, cephede simetri sağlanacak biçimde, moment aktaran çelik çerçeveler eklenerek kat ötelemeleri azaltılabilir ve binanın yatay yük dayanımı artırılabilir (**Şekil 6.5b**). Diğer cephelerdeki duvarların içerisinde, çaprazlı çelik çerçeve veya duvarlara bitişik çaprazlı çelik kafes uygulamaları ile plan simetrisi sağlanacaktır.

6.4.3.5 – İlave çelik çerçeveler için temel/alt sistem bağlantı durumu ve kapasite ayrıca değerlendirilecektir. Gerekli durumlarda, **Bölüm 10**, TBDY ve ilgili sistem türüne ait tasarım yönetmelikleri uyarınca temel/alt sistem güçlendirmesi yapılacaktır.

6.4.4. Yatay ve Düşey Elemanlarda Sürekliliğin Sağlanması

Duvar içerisinde ve duvarlar arasında, birincil olarak parçalı dikmelerin, çaprazların, başlık kirişlerinin, ikincil olarak kapı üstü ve pencere altı-üstü yatay elemanların yük akışında bulunan süreksizlikler giderilecek ve bütünlük sağlanacaktır. Bu amaçla çelik şeritler, plakalar veya kontrplak kullanılabilir (**Şekil 6.6**).



Şekil 6.6 Ahşap binalarda duvar içerisinde, elemanlarda yük akışının sağlanabilmesi için yapılabilecek müdahalelere ilişkin örnek gösterimler

6.4.5. Döşemelerin Güçlendirilmesi

6.4.5.1 – Varsa döşemedeki boşluklar, yük akışını ve düzlem içi rijitliği sağlayacak nitelikte ilave ahşap elemanlar, çelik köşebentler ve/veya çelik şeritler ile güçlendirilecektir.

6.4.5.2 – Döşeme kirişleri aralarına, kendi akslarına dik yönde olmak üzere, TBDY ve ABTHYE Yönetmeliğindeki kurallar çerçevesinde kuşak kirişleri (takoz) eklenecektir.

6.4.5.3 – Döşeme kirişlerinin bağlandığı başlık kirişlerine birleşimleri, analiz sonucu oluşan iç kuvvetleri aktaracak nitelikte bağlantı elemanları ile güçlendirilecektir.

6.4.5.4 – Döşeme düzlem içi rijitliğini artırmak amacıyla, kaplama katmanı ekleme, çelik şeritler/plakalar uygulama, kaplama tahtalarının dişli plakalarla birbirine bağlama yöntemlerinden biri kullanılabilir.

6.4.5.5 – Döşemde bulunan kaplama levhalarının kenarları alttan döşeme kirişleri veya takozlar ile desteklenmiş durumda olacaktır. Boşta kalan kenarlar var ise kaplamalar sökülerek kenarlar boşta kalmayacak şekilde yenilenecek veya boşta kalan kenarlar, alttan en yakın elemanlara bağlantı sağlanacak yeni ilave elemanlara bağlanacaktır.

6.4.5.6 – Döşeme, duvarların olduğu hizada iki başlık kirişi arasına yerleştirilmiş döşeme kirişlerinden oluşuyorsa, duvar hattı boyunca duvara dik döşeme kirişlerinin arası dolu olacaktır. Binada bu kısımlar boş olarak bırakılmış ise başlık kirişleri genişliğinde bloklar ile tam temas sağlanacak biçimde ve uygun birleşim elemanları yardımıyla bu boşluklar doldurulacaktır. Duvar hatları boyunca, üst katta bulunan dikmelerin olduğu noktalarda, döşeme seviyesinde tam olarak doldurulmuş olması sağlanacaktır.

BÖLÜM 7 – YÜKSEK BİNALAR

7.0. SİMGELER

BYS	= Bina Yükseklik Sınıfı
D	= Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DTS	= Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	= 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	= 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	= 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	= 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
GÖ	= Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi
KH	= Kontrollü Hasar performans düzeyi
KK	= Kesintisiz Kullanım performans düzeyi
OH	= Onarılabilir Hasar performans düzeyi
$R_d(T)$	= Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	= Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_c^{(OH)}$	= Onarılabilir Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_c^{(SH)}$	= Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	= Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
$\varepsilon_s^{(OH)}$	= Onarılabilir Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	= Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\theta_p^{(OH)}$	= Onarılabilir Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

7.1. KAPSAM VE TANIM

7.1.1 – Yönetmeliğin bu bölümü, deprem etkisi altında betonarme ve çelik yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin güçlendirilmesine ilişkin özel kuralları kapsamaktadır.

7.1.2 – Deprem etkisi altında çelik yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin güçlendirilmesine yönelik olarak, bu bölümde herhangi bir özel kural verilmediği durumda, **Bölüm 5**'te verilen kurallar göz önüne alınacaktır.

7.1.3 – TBDY 13.1.2'deki *yüksek bina* tanımı bu bölüm için de geçerlidir.

7.2. GENEL KURALLAR

Yüksek binaların güçlendirmesi ve güçlendirilmiş yüksek binaların deprem etkisi altında performans değerlendirmesi kapsamında uygulanacak hesap yöntemleri, performans değerlendirme aşamaları ve performans hedefleri bu bölümde tanımlanmaktadır.

7.2.1. Taşıyıcı Elemanlar ve Taşıyıcı Sistem için Hesap Yöntemleri

7.2.1.1 – Güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sistemindeki mevcut (güçlendirilmemiş) taşıyıcı elemanların rijitlik özelliklerinin, iç kuvvet kapasitelerinin, doğrusal olmayan davranış özelliklerinin ve farklı hasar bölgelerine karşı gelen şekil değiştirme sınırlarının tanımlanmasında, TBDY Bölüm 5 ve Bölüm 15’te verilen kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.1.2 – Yüksek bina taşıyıcı sistemindeki güçlendirilmiş taşıyıcı elemanların veya mevcut taşıyıcı sisteme eklenecek yeni taşıyıcı elemanların rijitlik özelliklerinin, iç kuvvet kapasitelerinin, doğrusal olmayan davranış özelliklerinin ve farklı hasar bölgelerine karşı gelen şekil değiştirme sınırlarının tanımlanmasında, **Bölüm 4** veya **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural veya hesap yöntemi verilmediği durumda, TBDY Bölüm 5 ve Bölüm 15’te verilen kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.1.3 – Güçlendirme kapsamında mevcut taşıyıcı sisteme eklenecek sönümleyici birimlerin tasarım kriterlerinin, davranış özelliklerinin ve performans hedeflerinin tanımlanmasında, **Bölüm 8**’de verilen kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.1.4 – Güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin performans değerlendirmesi kapsamında uygulanacak taşıyıcı sistem hesap yöntemleri ve hesap kuralları için, bu bölümde herhangi bir özel kural verilmediği durumda, TBDY Bölüm 5, Bölüm 13 ve Bölüm 15’te verilen yöntemler ve kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.1.5 – Güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin tüm taşıyıcı sistem hesaplarında, dayanım hesaplarında ve kesit analizlerinde mevcut taşıyıcı sistem elemanları için TBDY 15.2.3’te tanımlanan *mevcut malzeme dayanımları*, taşıyıcı sisteme eklenecek yeni taşıyıcı sistem elemanları ve güçlendirme kapsamında kullanılacak yeni malzemeler için *karakteristik malzeme dayanımları* kullanılacaktır.

7.2.2. Performans Hedefleri ve Değerlendirme Aşamaları

7.2.2.1 – Deprem etkisi altında *bina performans hedefleri*, TBDY 2.2’de tanımlanan *deprem yer hareketi düzeyleri* altında hedeflenen ve TBDY 3.4’e göre tanımlanan *bina performans düzeyleri*’ni ifade eder.

7.2.2.2 – TBDY 2.2’de tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyi için güçlendirilmiş yüksek binalara uygulanmak üzere, *Deprem Tasarım Sınıfı* (DTS) = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan *Normal Performans Hedefleri* ile *Deprem Tasarım Sınıfı* (DTS) = 1a, 2a için tanımlanan *İleri Performans Hedefleri* **Tablo 7.1**’de verilmiştir. Yapı sahibinin isteğine bağlı olarak **Tablo 7.1**’deki deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen daha ileri performans hedefleri seçilebilir.

7.2.2.3 – Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin güçlendirme tasarımı, **7.2.3**, **7.2.4**, **7.2.5**’te verilen üç aşamada yapılacaktır. Aşamaların sırası değiştirilebilir. Bu aşamaların herhangi birinde güçlendirilmiş bina taşıyıcı sisteminin ve taşıyıcı elemanların ilgili performans düzeyi için gerekli koşulları sağlamaması durumunda güçlendirme tasarımında gerekli değişiklikler yapılarak aşamalar tekrarlanacaktır.

Tablo 7.1. Güçlendirilmiş Yüksek Binalar (BYS=1) İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT ⁽¹⁾	OH (SH-KH)	ŞGDT ⁽¹⁾
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinde döşemelerdeki düzlem içi etkiler, kirişlerdeki eksenel etkiler ve döşemelerdeki zımbalama etkilerinin ön hesabı için DD-2 yer hareketi etkisi altında DGT yaklaşımı kullanılacaktır. Bkz. 7.2.3.10, 7.2.3.11, 7.2.3.12.

7.2.3. Değerlendirme Aşaması I: DD-2 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Kontrollü Hasar veya Onarılabilir Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme

7.2.3.1 – I. Aşama’da, güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin, *tasarım depremi* olarak nitelenen ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında **Tablo 7.1’e** göre *Normal Performans Hedefi* olarak *Kontrollü Hasar* (KH) performans düzeyini veya *İleri Performans Hedefi* olarak *Onarılabilir Hasar* (OH) performans düzeyini sağladığı gösterilecektir.

7.2.3.2 – **7.2.3.1**’de tanımlanan performans hedefinin kontrolü için, güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin I. Aşama deprem hesabı, DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY 5.7’de açıklanan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile yapılacaktır. Deprem hesabında TBDY 13.6.3.2 ve 13.6.3.3’de verilmiş olan özel kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.3.3 – Değerlendirmeye esas iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri, TBDY 13.6.4’e göre elde edilecektir.

7.2.3.4 – Şekil değiştirme talepleri, güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar için **Bölüm 4** veya **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural veya hesap yöntemi verilmediği durumda, *Kontrollü Hasar* performans düzeyi için TBDY 5.8.1.3’te ve Ek 5C’de verilen kurallara göre hesaplanan, *Onarılabilir Hasar* performans düzeyi için ise **7.2.3.7** ve **7.2.3.8**’de tanımlandığı şekilde hesaplanan şekil değiştirme sınırları ile karşılaştırılacaktır.

7.2.3.5 – Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin *Normal Performans Hedefini* sağlaması için TBDY 15.8.4’te verilen *Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi* koşullarını sağlayacaktır.

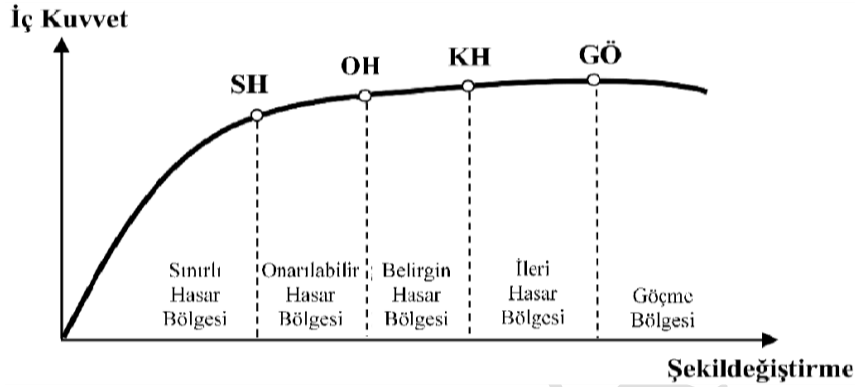
7.2.3.6 – Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin *İleri Performans Hedefi* kapsamında sağlaması gereken *Onarılabilir Hasar Performans Düzeyi*, TBDY 15.8.4’te verilen koşullarda Belirgin Hasar Sınırı yerine *Onarılabilir Hasar Sınırı*, Belirgin Hasar Bölgesi yerine *Onarılabilir Hasar Bölgesi*, *İleri Hasar Bölgesi* yerine de Belirgin Hasar Bölgesi ifadeleri kullanılarak kontrol edilecektir.

7.2.3.7 – Mevcut veya güçlendirilmiş betonarme taşıyıcı elemanlar için *Onarılabilir Hasar* sınırına karşı gelen beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırları $\varepsilon_c^{(OH)}$ ve $\varepsilon_s^{(OH)}$ ile plastik dönme sınırı $\theta_p^{(OH)}$, güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar için **Bölüm 4**’te herhangi bir özel kural veya hesap yöntemi verilmediği durumda, Göçmenin Önlenmesi hasar sınırı için TBDY

5.8.1.1 ve 5.8.1.2’de tanımlanan değerlere bağlı olarak, **Denk.(7.1)**’de tanımlandığı şekilde alınacaktır (**Şekil 7.1**):

$$\varepsilon_c^{(OH)} = 0.50\varepsilon_c^{(GÖ)} \geq \varepsilon_c^{(SH)} \quad \varepsilon_s^{(OH)} = 0.50\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (7.1a)$$

$$\theta_p^{(OH)} = 0.50 \theta_p^{(GÖ)} \quad (7.1b)$$



Şekil 7.1

7.2.3.8 – Çelik yüksek bina taşıyıcı sistem elemanları ve yüksek binaların güçlendirilmesi kapsamında taşıyıcı sisteme eklenecek çelik taşıyıcı elemanlar için *Onarılabilir Hasar* (OH) sınırına karşı gelen şekil değiştirme sınırları, **Bölüm 4** veya **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural verilmediği durumda, TBDY Ek 5C’de *Göçmenin Önlenmesi* (GÖ) hasar sınırı için verilen şekil değiştirme sınırlarının %50’si olarak alınacaktır.

7.2.3.9 – Betonarme taşıyıcı elemanlar için değerlendirmeye esas şekil değiştirme taleplerinin ve şekil değiştirme sınırlarının belirlenmesinde TBDY 15.7.1.2, 15.7.1.3 ve 15.7.1.4’te verilen özel kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.3.10 – I. Aşama kapsamında, döşemelerde güçlendirmeye esas düzlem içi kuvvetler (diyafram etkileri) ve kirişlerde güçlendirmeye esas eksenel kuvvetlerin ön hesabında, DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY Bölüm 4’te ve Bölüm 7’de verilen *Dayanıma Göre Tasarım* (DGT) esasları kullanılacaktır. Bu kapsamda taşıyıcı sistem deprem hesabında *Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınacaktır. Bu şekilde ön hesabı yapılan güçlendirmeye esas iç kuvvetler, ilgili döşeme ve kirişlerin üzerindeki katta oluşan ve **7.2.5**’te verilen III. Aşama kapsamında DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabının ortalaması olarak hesaplanan toplam kat kesme kuvvetinin DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında *Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınarak TBDY Bölüm 4’te verilen *Dayanıma Göre Tasarım* (DGT) için hesap esasları kullanılarak hesaplanmış olan toplam kat kesme kuvvetine oranı ile çarpılarak büyütülecek veya küçültülecektir.

7.2.3.11 – **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural verilmediği durumlarda, I. Aşama kapsamında, çelik yüksek bina taşıyıcı sistemlerindeki diyaframların güçlendirilmesine esas iç kuvvetlerin ön hesabında, DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY Bölüm 4’te ve Bölüm 9’da verilen

Dayanuma Göre Tasarım (DGT) esasları kullanılacaktır. Bu kapsamda taşıyıcı sistem deprem hesabında *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınacaktır. Bu şekilde ön hesabı yapılan güçlendirmeye esas iç kuvvetler, ilgili diyaframın üzerindeki katta oluşan ve 7.2.5'te verilen III. Aşama kapsamında DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabının ortalaması olarak hesaplanan toplam kat kesme kuvvetinin DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınarak TBDY Bölüm 4'te verilen *Dayanuma Göre Tasarım* (DGT) için hesap esasları kullanılarak hesaplanmış olan toplam kat kesme kuvvetine oranı ile çarpılarak büyütülecek veya küçültülecektir.

7.2.3.12 – I. Aşama kapsamında, betonarme kirişsiz plak döşemelerde zımbalama etkileri için güçlendirmeye esas iç kuvvetlerin ön hesabında, DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY Bölüm 4'te ve Bölüm 7'de verilen *Dayanuma Göre Tasarım* (DGT) esasları kullanılacaktır. Bu kapsamda taşıyıcı sistem deprem hesabında *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınacak, zımbalama etkileri 1.5 katsayısıyla büyütülmeyecektir. Bu şekilde ön hesabı yapılan güçlendirmeye esas iç kuvvetler, ilgili döşemenin üzerindeki katta oluşan ve 7.2.5'te verilen III. Aşama kapsamında DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabının ortalaması olarak hesaplanan toplam kat kesme kuvvetinin DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T) = 1.0$ alınarak TBDY Bölüm 4'te verilen *Dayanuma Göre Tasarım* (DGT) için hesap esasları kullanılarak hesaplanmış olan toplam kat kesme kuvvetine oranı ile çarpılarak küçültülebilir, ancak oranın 1.0'den büyük olduğu durumda zımbalama etkilerinin büyütülmesine gerek yoktur.

7.2.3.13 – Betonarme döşemelerin 7.2.5'te verilen III. Aşama kapsamında oluşturulacak taşıyıcı sistem hesap modeline dahil edildiği ve *rijit diyafram* olarak modellenmediği durumlarda, döşemelerin düzlem içi etkiler ve zımbalama etkileri için güçlendirilmesine esas iç kuvvetler ve kirişlerin eksenel etkiler için güçlendirilmesine esas iç kuvvetlerin hesabında, 7.2.3.10 ve 7.2.3.12'ye alternatif olarak, yalnızca III. Aşama taşıyıcı sistem hesap sonuçları kullanılabilir.

7.2.3.14 – I. Aşama kapsamında, DD-2 deprem yer hareketi etkisi altında güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin her bir katında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabından elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi oranı, TBDY 4.9.1.3'te tanımlı görelî kat ötelemesi sınır koşulunu sağlayacaktır.

7.2.4. Değerlendirme Aşaması II: DD-4 veya DD-3 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Kesintisiz Kullanım veya Sınırlı Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme

7.2.4.1 – II. Aşama'da güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin, **Tablo 7.1'e** göre *Normal Performans Hedefi* için DD-4 deprem yer hareketi etkisi altında *Kesintisiz Kullanım* (KK) performans düzeyini, *İleri Performans Hedefi* için ise DD-3 deprem yer hareketi etkisi altında *Sınırlı Hasar* (SH) performans düzeyini sağlayacak şekilde doğrusal veya doğrusal davranışa çok yakın durumda olduğu gösterilecektir.

7.2.4.2 – Normal Performans Hedefi doğrultusunda *Kesintisiz Kullanım* (KK) performans düzeyi için değerlendirme, TBDY Bölüm 4'e göre doğrusal hesaba dayalı DGT yaklaşımı kullanılarak, TBDY 4.8'de verilen modal hesap yöntemleri ile yapılacaktır. *İleri Performans Hedefi* doğrultusunda *Sınırlı Hasar* (SH) performans hedefi için değerlendirme ise, TBDY Bölüm 5'e göre doğrusal olmayan hesaba dayalı ŞGDT yaklaşımı kullanılarak, TBDY 5.7'de verilen Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile yapılacaktır.

7.2.4.3 – II. Aşama kapsamında güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin deprem hesaplarında TBDY 13.5.2’de verilen taşıyıcı sistem modelleme kuralları ve TBDY 13.5.3’te verilen deprem hesabına ilişkin özel kurallar uygulanacaktır.

7.2.4.4 – Değerlendirmeye esas iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri, TBDY 13.5.4’e göre elde edilecektir.

7.2.4.5 – *Normal Performans Hedefi* doğrultusunda değerlendirme kapsamında, taşıyıcı elemanlardaki iç kuvvet talepleri için hesaplanan Etki(Talep)/Kapasite (E/K) oranları, TBDY 13.5.5.2’de tanımlanan sınır değerleri aşmayacaktır.

7.2.4.6 – *İleri Performans Hedefi* doğrultusunda değerlendirme kapsamında, taşıyıcı elemanlardaki şekil değiştirme talepleri, güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar için **Bölüm 4** veya **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural veya hesap yöntemi verilmediği durumda, *Sınırlı Hasar* performans düzeyi için TBDY 5.8.1.4’te ve Ek 5C’de verilen şekil değiştirme sınırları ile karşılaştırılacaktır. Betonarme taşıyıcı elemanlar için değerlendirmeye esas şekil değiştirme taleplerinin ve şekil değiştirme sınırlarının belirlenmesinde TBDY 15.7.1.2 ve 15.7.1.4’te verilen özel kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.4.7 – Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin *İleri Performans Hedefini* sağlaması için TBDY 15.8.3’te verilen *Mevcut Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi* koşulları sağlanacaktır.

7.2.4.8 – II. Aşama kapsamında, güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin *İleri Performans Hedefi*’ni sağlaması için DD-3 deprem yer hareketi etkisi altında taşıyıcı sistemin her bir katında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabından elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi oranı 0.008’i, *Normal Performans Hedefi*’ni sağlaması için ise DD-4 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY 4.8’de verilen modal hesap yöntemleri ile elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi oranı 0.005’i aşmayacaktır.

7.2.5. Değerlendirme Aşaması III: DD-1 Deprem Yer Hareketi Etkisi Altında Göçmenin Önlenmesi veya Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için Değerlendirme

7.2.5.1 – III. Aşama’da, güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin, göz önüne alınan *en büyük deprem* olarak nitelenen ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında **Tablo 7.1**’e göre *Normal Performans Hedefi* olarak *Göçmenin Önlenmesi* (GÖ) performans düzeyini veya *İleri Performans Hedefi* olarak *Kontrollü Hasar* (KH) performans düzeyini sağladığı gösterilecektir.

7.2.5.2 – **7.2.5.1**’de tanımlanan performans hedefinin kontrolü için, güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin III. Aşama deprem hesabı, DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında TBDY 5.7’de açıklanan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile yapılacaktır. Deprem hesabında TBDY 13.6.3.2 ve 13.6.3.3’te verilmiş olan özel kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.5.3 – Değerlendirmeye esas iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri, TBDY 13.6.4’e göre elde edilecektir.

7.2.5.4 – Şekil değiştirme talepleri, güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar için **Bölüm 4** veya **Bölüm 5**’te herhangi bir özel kural veya hesap yöntemi verilmediği durumda, *Göçmenin Önlenmesi* performans düzeyi için TBDY 5.8.1.1, 5.8.1.2 ve Ek 5C, *Kontrollü Hasar* performans düzeyi için ise TBDY 5.8.1.3 ve Ek 5C’de verilen kurallara göre hesaplanan şekil değiştirme sınırları ile karşılaştırılacaktır.

7.2.5.5 – Güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin *Normal Performans Hedefini* sağlaması için TBDY 15.8.5'te verilen *Mevcut Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi* koşullarını, *İleri Performans Hedefi* için ise TBDY 15.8.4'te verilen *Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi* koşullarını sağlayacaktır.

7.2.5.6 – Betonarme taşıyıcı elemanlar için değerlendirmeye esas şekil değiştirme taleplerinin ve şekil değiştirme sınırlarının belirlenmesinde TBDY 15.7.1.2, 15.7.1.3 ve 15.7.1.4'te verilen özel kurallar göz önüne alınacaktır.

7.2.5.7 – III. Aşama kapsamında, DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında güçlendirilmiş yüksek bina taşıyıcı sisteminin her bir katında $2 \times 11 = 22$ deprem hesabından elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi oranı 0.03'ü, tek bir depremden elde edilen en büyük görelî kat ötelemesi oranı 0.045'i, ortalama kalıcı görelî kat ötelemesi oranı 0.01'i, tek bir depremden elde edilen en büyük kalıcı görelî kat ötelemesi oranı ise 0.015'i aşmayacaktır.

7.3. TAŞIYICI ELEMANLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Bu bölümde özellikle yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin bileşeni olan taşıyıcı elemanların göstermesi beklenen çeşitli davranış unsurları ve olası taşıyıcı eleman yetersizliklerinin giderilmesine dair uygulanabilecek güçlendirme yöntemleri verilmiştir.

7.3.1. Betonarme Perdelerin Güçlendirilmesi

7.3.1.1 – Perde elemanlarının yetersiz eğilme sünekliğine sahip olmaları durumunda, perde uç bölgelerinde basınç birim şekil değiştirme sünekliğini artırmak amacıyla, **4.3.4** ve **4.3.7.3**'te verilen hesap esasları ve uygulama detayları uyarınca lifli polimer malzemelerle perde uç bölgelerinin sargılanması veya **4.1**'de verilen betonarme kolonların mantolanmasına benzer şekilde perde uç bölgelerinde sargılı kolon oluşturma yöntemlerine başvurulacaktır.

7.3.1.2 – Perde uç bölgelerinin **4.3.7.3**'te verilen lifli polimer malzemelerle sargılanması uygulamalarında uç bölgenin yalnızca üç yüzeyinden sargılanabilmesi nedeniyle, dördüncü sargı yüzeyinde (uç bölgesinin perde içinde kalan sınırında) sargı etkisi lifli polimer veya çelik ankrajlar kullanılarak sağlanacak, ayrıca perde yüzünde sona eren lifli polimer uç bölgelerinin yeterli sıyrılma dayanımına sahip oldukları kontrol edilecek, gereken durumlarda bu bölgelerin sıyrılma dayanımı lifli polimer ankrajlarla artırılacaktır.

7.3.1.3 – Perde uç bölgesinin uzunluk/kalınlık oranının 2.0'den büyük olduğu durumlarda, sargılamanın etkinliği, perde uç bölgesi kalınlığı doğrultusunda kullanılacak lifli polimer veya çelik ankrajlarla artırılacaktır.

7.3.1.4 – Perde uç bölgelerinin betonarme mantolama uygulamasıyla sargılanması durumunda, mevcut uç bölgesinin kabuk betonu sıyrılarak pürüzlü yüzey oluşturulacak, yüzey temizlenecek, betonarme manto mevcut uç bölgesine ekilen uçları 135 derece kancalı donatı filizleri ile bağlanacak, manto ile perde kesitinin beraber çalışması için eski ve yeni beton yüzeyleri arasında gerekli yük (kayma gerilmesi) transferinin sağlandığı TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

7.3.1.5 – Perdenin eğilme dayanımının veya eğilme sünekliğinin iyileştirilmesi amacıyla perde uçlarında yeni betonarme kolonlar oluşturulması durumunda, bu uç bölgesi kolonlarındaki düşey donatıların dairesel bir biçimde düzenlenmesi ve enine donatı olarak dairesel etriyeler kullanılması, sargı etkisinin etkinliği açısından tercih edilebilir. Perde uçlarında oluşturulacak kolonlarla mevcut perde arasındaki yük transferi, perdeye ekilecek donatı filizleri veya

ankrajlar yoluyla sağlanacak, mevcut perde kesitinin eklenecek uç bölgesi kolonlarıyla beraber çalışması için gerekli yük (kayma gerilmesi) transferinin sağlandığı TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

7.3.1.6 – Perde uç bölgelerinde betonarme mantolama ile perdenin eğilme dayanımı da artırılabilir. Dayanım artırımı için betonarme mantodaki boyuna donatıların katlar arasındaki sürekliliği sağlanacaktır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilecektir.

7.3.1.7 – Betonarme perdelerin kesme dayanımlarının yetersiz olduğu durumlarda, **4.3.7.2**'ye göre lifli polimer şeritler ile perdelerin kesme dayanımlarının artırılması veya **4.1**'e göre betonarme mantolama ile perde gövdelerinin kalınlaştırılması yöntemleri kullanılabilir.

7.3.1.8 – Betonarme perdelerin kesme dayanımlarının artırılması amacıyla tercih edilecek lifli polimer uygulamalarında, **4.3.7.4.1**'e göre lifli polimer şeritler yatay doğrultulu olarak uygulanacaktır. Lifli polimer şeritlerin perde uç bölgeleri etrafında dönecek şekilde uygulanması tercih edilmelidir. Lifli polimer şeritlerin perde yüzünde sona eren uç bölgelerinde yeterli sıyrılma dayanımına sahip oldukları kontrol edilecek, gereken durumlarda bu bölgelerin sıyrılma dayanımı **4.3.9** lifli polimer ankrajlar ile artırılacaktır.

7.3.1.9 – Kesme dayanımı yetersiz mevcut perde elemanlarının lifli polimer şeritler ile güçlendirilmesi uygulamalarında lifli polimer şeritlerin perdenin her iki yüzüne uygulandığı durum tercih edilmelidir.

7.3.1.10 – Perde uç bölgelerinin TBDY 7.6.1'de tanımlı minimum perde kalınlığı koşullarını sağlamaması durumu, dolayısıyla bu bölgelerde düzlem dışı doğrultuda burkulma riski, **4.1.1.3**'te tanımlandığı şekliyle perdelerin betonarme mantolama yöntemiyle kalınlaştırılması veya perde uç bölgelerinde betonarme kolon oluşturulması yaklaşımlarıyla giderilebilir.

7.3.2. Bağ Kirişlerin Güçlendirilmesi

7.3.2.1 – Betonarme bağ kirişleri, eğilme/kesme dayanımı ve/veya süneklik artırımı amacıyla, **4.1**'de açıklanan betonarme mantolama, **4.2**'de açıklanan çelik plakalarla güçlendirme, veya **4.3.3** ve **4.3.4**'de açıklanan lifli polimerlerle kesme güçlendirmesi ve sargılama yöntemleri kullanılarak güçlendirilebilir.

7.3.2.2 – Bağ kirişi kesitlerinin **4.1**'e göre betonarme mantolama ile büyütülmesi uygulamalarında, yeni bağ kirişi kesiti mevcut bağ kirişine tek yüzünden bağlanacak şekilde oluşturulabilir. Yeni oluşturulacak bağ kirişi öncesi mevcut bağ kirişi üzerindeki kabuk betonu sıyrılacak, pürüzlü yüzey elde edilecek ve oluşturulan yeni bağ kirişi ankrajlar veya donatı filizleriyle mevcut bağ kirişine bağlanarak iki kesitin birlikte çalışması sağlanacaktır. Ayrıca yeni oluşturulacak bağ kirişi kesiti, her iki ucunda perde yüzü üzerinde yeterli bir mesafe boyunca devam ettirilecek, mevcut perde ile yeni bağ kirişi kesiti arasında gerekli yük transferinin bu bölgede perde yüzüne uygulanacak pürüzlendirme ile beraber perdeye uygulanacak ankrajlar veya perdeye ekilecek donatı filizleri ile sağlandığı TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

7.3.2.3 – Yetersiz kesme dayanımına sahip boyuna donatılı (çapraz donatı içermeyen) bağ kirişler, **4.3.3**'te açıklandığı üzere enine doğrultulu lifli polimer şeritleri veya **4.2**'de açıklandığı üzere çelik plakalar ve ankrajlar kullanılarak kesme etkilerine karşı güçlendirilebilir. Lifli polimer şeritler ile güçlendirilen bağ kirişlerinde, lifli polimer şeritlerin uç bölgelerinde, **4.3.9**'da tanımlanan lifli polimer ankrajlar kullanılarak yeterli sıyrılma dayanımı sağlanacaktır.

7.3.2.4 – Deprem etkisi altında ileri derece hasar alması beklenen betonarme bağ kirişlerinin sökülüp yerlerine çelik/kompozit bağ kirişlerinin yerleştirilmesi, yetersiz süneklik veya dayanıma sahip bağ kirişleri için tercih edilebilir. Mevcut bağ kirişlerinin çelik veya kompozit bağ kirişler ile yenilenmesi durumunda, yeni bağ kirişleri ile mevcut perde arasında oluşturulacak bağlantıların (ör: ankrajların) ve perde ucundaki bağlantı bölgelerinin, bağ kirişinden perdeye yük transferini sağlıklı bir şekilde sağlamak ve perde ucunda herhangi bir lokal göçme modunun oluşmasını önlemek için yeterli dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecek, gereken durumlarda perde ucundaki bağlantı bölgesi güçlendirilecektir.

7.3.2.5 – Bağ kirişlerinde metalik veya sürtünme bazlı sönümleyici birimlerin kullanımı, boşluklu perde sistemlerinin sönüm özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılabilir. Yer değiştirme bağımlı bu sönümleyici birimlerinin boşluklu perde sistemlerinde bağ kirişlerin yerine kullanılması durumunda, sönümleyici birimlerin iç kuvvet – yer değiştirme davranış özellikleri, **Bölüm 8**'de tanımlandığı şekilde doğrusal olmayan hesaplarda gözetilecektir. Sönümleyici birimlerle bağlanacakları betonarme perde uç bölgeleri veya bağ kirişi çıkmaları arasındaki bağlantıların (ör: ankrajların) ve mevcut bağlantı bölgelerinin, deprem etkisi altında aktarılabilecek kuvvetleri karşılamak ve herhangi bir lokal göçme modunun oluşmasını önlemek için yeterli dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecek, gereken durumlarda bu bağlantı bölgeleri güçlendirilecektir.

7.3.3. Kolon ve Kirişlerin Güçlendirilmesi

Deprem etkisi altında taşıyıcı sistemi betonarme perdeler ile birlikte çalışan betonarme çerçevelerden oluşan yüksek binalarda, kolon ve kirişlerde karşılaşılabilecek olası kesme dayanımı, aksenal dayanım, eğilme dayanımı ve eğilme sünekliği yetersizliği durumları, doğrusal olmayan hesap sonuçlarından tespit edilecek, gereken durumlarda **4.1, 4.2, 4.3.3** ve **4.3.4**'te açıklanan güçlendirme yaklaşımları kullanılarak, bu taşıyıcı elemanlar güçlendirilecektir.

7.4. TAŞIYICI SİSTEMLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

7.3'te verilen taşıyıcı eleman seviyesinde güçlendirme yöntemlerine ek veya alternatif olarak, mevcut yüksek bina taşıyıcı sistemlerinde deprem etkileri altında oluşacak yer değiştirme ve şekil değiştirme taleplerinin (görelî kat ötelemesi, plastik dönme, eksen dönmesi, birim şekil değiştirme vb.) azaltılması amacıyla taşıyıcı sistem genelinde uygulanabilecek olan güçlendirme yöntemleri, bu bölümde verilmiştir.

7.4.1. Sönümleyici Birimler ile Güçlendirme

7.4.1.1 – Yüksek binaların yer değiştirme/şekil değiştirme taleplerinin azaltılması hedefi doğrultusunda taşıyıcı sisteme eklenecek sönümleyici birimler, **Bölüm 8**'de tanımlandığı üzere, yer değiştirme bağımlı metal-histeretik veya sürtünmeli sönümleyiciler ile hız bağımlı viskoz veya viskoelastik sönümleyicilerdir.

7.4.1.2 – Güçlendirme tasarımı kapsamında yapılacak olan doğrusal olmayan taşıyıcı sistem hesaplarında sönümleyici birimlerinin davranışı taşıyıcı sistem hesap modellerinde detaylı bir şekilde göz önüne alınacak, yer değiştirme bağımlı birimler için çevrimsel yük–yer değiştirme bağlantıları, hız bağımlı birimler için ise hız üsleri ve sönüm katsayıları, üretici firma tarafından sağlanan ve ayrıca prototip numuneler üzerinde gerçekleştirilecek olan laboratuvar deneyleri ile doğrulanmış davranış özellikleri uyarınca tanımlanacaktır.

7.4.1.3 – Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin sönümleyici birimler kullanılarak güçlendirilmesi kapsamında, bu bölümde tanımlanmış olan performans değerlendirme aşamalarının öncesinde, doğrusal taşıyıcı sistem hesabına dayalı ön tasarım/değerlendirme yaklaşımları kullanılabilir.

7.4.1.4 – Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin sönümleyici birimler kullanılarak güçlendirildiği uygulamalarda, I. ve II. Aşama performans değerlendirmeleri kapsamında yapılacak doğrusal taşıyıcı sistem hesaplarında, sönümleyici birimlerin basitleştirilmiş doğrusal davranışa dayalı eşdeğer rijitlikleri taşıyıcı sistem hesap modeline dahil edilebilir. Ayrıca sönümleyici birimlerin kullanıldığı taşıyıcı sistem için uygun bir etkin sönüm oranı hesaplarda göz önüne alınabilir.

7.4.1.5 – Taşıyıcı sistemin elverişli olduğu durumlarda mevcut yüksek binadaki yer değiştirme taleplerini azaltmak amacıyla yüksek kütle oranlı ayarlı kütle sönümleyicileri kullanılabilir.

7.4.1.6 – Sönümleyici birimler ile mevcut veya güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar arasındaki bağlantıların (ör: ankrajların) doğrusal olmayan hesap sonuçlarından elde edilecek yük aktarımı taleplerini karşılayacak dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecektir.

7.4.1.7 – Sönümleyici birimlerin mevcut taşıyıcı elemanlarla bağlantı bölgelerinde, taşıyıcı elemanların (betonarme kolonlar, kirişler, kolon-kiriş birleşim bölgeleri, döşemeler ve perde uç bölgeleri) bu bölgelerde oluşacak lokal etkiler altında yeterli dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecek, gereken durumlarda taşıyıcı elemanların bağlantı bölgeleri, olası lokal göçme modlarına karşı güçlendirilecektir.

7.4.2. Çelik Çaprazlar/Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar ile Güçlendirme

7.4.2.1 – Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin yatay rijitliğini artırmak ve deprem etkisi altındaki yer değiştirme taleplerini azaltmak amacıyla, taşıyıcı sistemde bulunan mevcut betonarme veya çelik çerçeveler, çelik çaprazlar veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazlar* kullanılarak, **4.2** veya **Bölüm 5**'te açıklandığı üzere güçlendirilebilir.

7.4.2.2 – Çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* güçlendirme uygulamalarında kullanılması durumunda, güçlendirme tasarımı kapsamında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda bu elemanların çevrimsel davranış özellikleri, taşıyıcı sistem hesap modellerinde detaylı olarak göz önüne alınacaktır. *Burkulması önlenmiş çelik çaprazların* çevrimsel davranış özellikleri, **8.12**'deki esaslara göre doğrulanmış üretici verileri kullanılarak belirlenecektir.

7.4.2.3 – Aşırı burulma düzensizliği bulunan yüksek bina taşıyıcı sistemlerinde, çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* yapının en dış akslarına yerleştirilmesi yoluyla, yanal rijitliğe ek olarak binanın burulma rijitliği de iyileştirilebilir.

7.4.2.4 – Çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* kullanıldığı güçlendirme uygulamalarında, bu elemanların bağlandığı mevcut çerçeve elemanları ve birleşim bölgelerinde oluşacak ilave iç kuvvetler doğrusal olmayan hesap sonuçlarından elde edilecek, gereken durumlarda mevcut çerçeve elemanları ve birleşim bölgeleri güçlendirilecektir.

7.4.2.5 – Çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* perde aksları boyunca perdelerle dış akslardaki kolonlar arasında kullanılması ile yüksek bina taşıyıcı sisteminde bir *dıştan destek* sistemi oluşturularak, taşıyıcı sistemin yanal rijitliğinde ek bir iyileştirme sağlanabilir.

7.4.2.6 – Taşıyıcı sistemde *dıştan destek* sistemi oluşturulması durumunda, *dıştan destek* çaprazların mesnetlendikleri çekirdek perdelerine, destek kolonlarına, kirişlere ve döşemelere aktaracakları eksenel kuvvetlerin öngörülen düzeyleri aşmaması için bu çaprazların dayanım fazlalıklarının sınırlandırılmasına yönelik önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda *dıştan destek* sistemlerinin, akma düzeyleri kontrol edilebilen *burkulması önlenmiş çelik çaprazlar*'ın kullanıldığı kafes sistemler olarak düzenlenmesi tercih edilebilir.

7.4.2.7 – Yüksek bina taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi kapsamında *dıştan destek* sistemi oluşturulduğu uygulamalarda, çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* bağlandıkları dış akslardaki kolonlarda neden olacakları ek çekme ve basınç kuvveti talepleri (ve olası kesme kuvveti talepleri) hesap sonuçlarından elde edilecek, gereken durumlarda bu kolonlar güçlendirilecektir. Aynı durum, oluşturulacak *dıştan destek* sisteminin çekirdek perdelerde, kirişlerde, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve döşemelerde yaratacağı ek iç kuvvet talepleri için de geçerlidir.

7.4.2.8 – Doğrusal olmayan hesaplarda çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* yerleştirildiği katlarda, kirişlerde veya döşemede oluşması muhtemel düzlem içi iç kuvvetlerin hesaplarda tespit edilebilmesi amacıyla taşıyıcı sistem hesap modelinde kat döşemesi için *rijit diyafram* kabulü kullanılmayacak, döşeme elemanları doğrusal davranış varsayımı ile hesap modeline dahil edilecek, taşıyıcı sisteme eklenen çaprazların döşemede neden olacağı düzlem içi gerilmeler ve kirişlerde neden olacağı eksenel kuvvetler doğrusal olmayan hesap sonuçlarından elde edilecek, gereken durumlarda bu taşıyıcı elemanlar güçlendirilecektir.

7.4.2.9 – Çelik çaprazlar veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazlar* ile mevcut veya güçlendirilmiş taşıyıcı elemanlar arasındaki bağlantıların (ör: ankrajların) doğrusal olmayan hesap sonuçlarından elde edilecek yük aktarımı taleplerini karşılayacak dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecektir.

7.4.2.10 – Çelik çaprazların veya *burkulması önlenmiş çelik çaprazların* mevcut taşıyıcı elemanlarla bağlantı bölgelerinde, taşıyıcı elemanların (betonarme kolonlar, kirişler, kolon-kiriş birleşim bölgeleri, döşemeler ve perde uç bölgeleri) bu bölgelerde oluşacak lokal etkiler altında yeterli dayanıma sahip oldukları hesapla gösterilecek, gereken durumlarda taşıyıcı elemanların bağlantı bölgeleri, olası lokal göçme modlarına karşı güçlendirilecektir.

7.4.3. Taşıyıcı Sisteme Betonarme Perdelerin Eklenmesi

7.4.3.1 – Yüksek binaların taşıyıcı sistem güçlendirilmesi kapsamında, **4.1**'de açıklandığı üzere, taşıyıcı sisteme yeni betonarme perde elemanları eklenebilir.

7.4.3.2 – Taşıyıcı sisteme eklenecek betonarme perdelerin çerçeve eksenlerinin içinde düzenlendiği durumlarda, mevcut kolonlar perde uç bölgeleri olarak düzenlenecek ve bu kolonlara betonarme sargılama (mantolama) uygulanacak, bu şekilde oluşturulacak perde uç bölgelerindeki düşey donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanacaktır. Perde uç bölgelerine eklenecek yeni düşey donatılar, döşemelerde açılacak deliklerden geçirilecektir. Perdeler, içinde bulundukları çerçeve elemanlarına (kolonlara ve kirişlere) uygulanacak ankrajlar veya ekilecek donatı filizleri ile bağlanacak, oluşturulacak yeni perdenin mevcut kolonlar ve kirişlerle birlikte tek bir perde olarak çalışması sağlanacaktır. Ankrajlar veya donatı çubukları, sargılanacak (mantolanacak) kolonlar ve mevcut kirişler ile taşıyıcı sisteme eklenecek yeni perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem etkisi altında oluşan kayma

gerilmelerini karşılamak için TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre yeterli dayanıma sahip oldukları gösterilecektir.

7.4.3.3 – Taşıyıcı sisteme eklenecek perdenin uçlarında mevcut kolon bulunmaması durumunda TBDY 7.6.5'e göre perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Bu durumda perde düşey donatılarının perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanacak, düşey donatılar döşemelerde açılacak deliklerden geçirilecektir.

7.4.3.4 – Taşıyıcı sisteme eklenecek yeni perdenin altındaki bölgelerde mevcut temelin yeterli dayanıma sahip olduğu Bölüm 10'a göre yapılacak hesapla gösterilecektir. Gerektiği durumlarda, mevcut temel güçlendirilecektir. Temele uygulanacak güçlendirmenin mevcut temel ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

7.4.3.5 – Betonarme sisteme eklenecek perdelerin dış çerçeve ekseninin dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlendiği durumlarda, perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile sisteme eklenen dışmerkezli perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem etkileri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır.

7.4.3.6 – Taşıyıcı sistemin betonarme perde ekleme ile güçlendirildiği uygulamalarda, 7.5.2'de açıklanan döşemelerden perdeler kuvvet aktarımındaki yetersizliklere yönelik güçlendirme yaklaşımları kullanılarak döşeme sisteminden yeni eklenen perde elemanına sağlıklı deprem yükü aktarımı sağlanacaktır.

7.4.4. Kütle Azaltılması

Yüksek binalarda mümkün olduğu durumlarda, yapının toplam kütlelerinin azaltılması yoluyla taşıyıcı sistemin deprem performansının iyileştirilmesine yönelik olarak ağır dış cephe sistemlerinin daha hafif sistemler ile değiştirilmesi, bölme duvarların kaldırılması veya daha hafif malzemelerle değiştirilmesi ve yapının kat sayısının azaltılması gibi yöntemlerden uygun olanı kullanılabilir.

7.5. DÖŞEMELERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Mevcut yüksek binaların döşeme sistemlerinde güçlendirme gereksinimlerine neden olabilecek davranış unsurları ve olası güçlendirme çözümleri için bu bölümde verilen kurallar göz önüne alınacaktır.

7.5.1. Düzlem İçi Kuvvetler (Diyafram Etkileri)

Yüksek binaların zemin üstü katlarından rijit bodrum katlarına (bodrum perdelerine) deprem yükü aktarımının gerçekleştiği geçiş katı döşemelerinde, deprem derzleriyle ayrılmamış ortak bir baza veya bodrum yapısı üzerinde birden fazla yüksek binanın (kulenin) yükseldiği durumlarda kuleler arasında kalan döşeme bölgelerinde, veya TBDY 4.5.6 ve 4.5.7'de tanımlandığı üzere döşemelerin iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenmesi gereken tüm durumlarda, döşemelerde oluşan düzlem içi eksenel ve kesme kuvveti etkileri 7.2.3.10 veya 7.2.3.13'e göre hesaplanacak, yetersiz düzlem içi dayanıma sahip olan döşemeler 4.2'de açıklanan yöntemle benzer şekilde çelik plakalar veya çelik lamalar kullanılarak güçlendirilecektir.

7.5.2. Döşemeden Perdelere Yük Aktarımı

7.5.2.1 – Döşemelerden perdelere yük aktarımını sağlayacak olan aktarma ve bağlantı donatılarının hesabında III. Aşama’da DD-1 deprem yer hareketi altında doğrusal olmayan hesap sonuçları kullanılacaktır. Kattaki perde parçasına aktarılması gereken toplam kuvvet, perdede kat döşemesinin üst ve alt yüzeyinde elde edilen kesme kuvveti taleplerinin farkından elde edilecektir.

7.5.2.2 – Mevcut yüksek binaların döşemelerinde yeterli aktarma ve bağlantı donatılarının bulunmadığı, deprem etkileri altında döşemelerden perdelere yük aktarımında yetersizliklerin tespit edildiği durumlarda **4.1**’de açıklandığı üzere döşemelerde perde aksları boyunca devam eden aktarma elemanları (döşeme altında kollektörler) oluşturulacak ve bu elemanlar ile perdelerin birleşimlerinde perdelerde bağlantı donatısı olarak çalışacak donatı filizleri ekilecek veya ankraj uygulaması yapılacaktır. Bu donatılar veya ankrajlar perde yüzüne dik doğrultuda aktarma elemanının genişliği boyunca devam edecek hem perde içinde hem de aktarma elemanı içinde kenetlenme koşullarını sağlayacaktır.

7.5.2.3 – Oluşturulacak aktarma elemanlarında, aktarma donatısı perdeye saplanmayacak, aktarma elemanı içerisinde perdenin her iki yüzüne paralel doğrultuda devam edecektir. Oluşturulacak aktarma elemanının genişliği, perde yüzünden itibaren perdenin plandaki uzunluğunun 1/2’sini ve komşu bir perde ile arasındaki yatay mesafenin yarısını aşmayacaktır.

7.5.2.4 – Oluşturulacak aktarma elemanlarının bağlanacağı perde ve döşeme yüzeyleri pürüzlendirilecektir.

7.5.2.5 – Oluşturulacak aktarma elemanı ile döşemenin beraber çalışmasını sağlayacak şekilde döşemeden aktarma elemanına gerekli yük (kayma gerilmesi) aktarımının sağlanabilmesi için döşemeye donatı filizleri ekilecek veya ankraj uygulaması yapılacaktır.

7.5.2.6 – Oluşturulacak aktarma elemanı ile perde yüzleri arasındaki toplam kesme sürtünmesi dayanımının (ve ankrajlar kullanıldığı durumda toplam ankraj kesme dayanımının) döşemeden perdeye aktarılacak deprem yükünü karşılayacak seviyede olduğu ve ankrajlar kullanıldığı durumda aktarma elemanında veya perdede herhangi bir lokal göçme modunun oluşmayacağı TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

7.5.2.7 – Oluşturulacak aktarma elemanı ile mevcut döşeme arasındaki toplam kesme sürtünmesi dayanımının (ve ankrajlar kullanıldığı durumda toplam ankraj kesme dayanımının) döşemeden perdeye aktarılacak deprem yükünü karşılayacak seviyede olduğu ve ankrajlar kullanıldığı durumda aktarma elemanında veya döşemede herhangi bir lokal göçme modunun oluşmayacağı TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

7.5.2.8 – Döşemelerin perdelerle veya bodrum perdeleriyle birleşimlerinde, döşemenin perde yüzündeki kesme sürtünmesi dayanımının yetersiz olduğu durumlarda, birleşim bölgesi döşeme ve perdeye uygulanacak çelik ankrajlarla bağlanan çelik köşebentler kullanılarak güçlendirilebilir. Kesme sürtünmesi etkisine karşı bu yöntemle güçlendirilen birleşimde gerekli yük (kayma gerilmesi) aktarımının sağlandığı ve birleşim bölgesini oluşturan elemanlarda (köşebentlerde, ankrajlarda, döşemede ve perdede) herhangi bir lokal göçme modunun oluşmayacağı hesapla gösterilecektir.

7.5.3. Döşemelerde Zımbalama Etkileri

7.5.3.1 – Betonarme kirişsiz plak döşeme sistemlerinde güçlendirmeye esas zımbalama gerilmeleri, 7.2.3.12 veya 7.2.3.13'e göre hesaplanacaktır.

7.5.3.2 – Döşeme plak kalınlığının yetersiz olduğu veya kritik bölgelerde zımbalama donatısının (çiroz, sehpa, kayma kaması, kapalı etriye şeritleri vb.) bulunmadığı veya yetersiz kaldığı durumlarda, döşemenin zımbalama dayanımı, zımbalama donatısı olarak çalışacak çelik kayma kamaları veya çelik başlık uygulamasıyla artırılabilir. Ayrıca, mevcut döşemenin zımbalama çevresini arttıracak şekilde kolonlarda döşeme altında betonarme başlık oluşturulabilir veya kolonlarda betonarme mantolama uygulamasıyla döşemenin zımbalama çevresi büyütülebilir.

7.6. TEMEL GÜÇLENDİRMESİ

7.6.1 – 7.3'te açıklanan taşıyıcı eleman veya 7.4'te açıklanan taşıyıcı sistem güçlendirme tasarımları neticesinde yüksek bina taşıyıcı sisteminde oluşması beklenen dayanım ve rijitlik farklılıklarının yapının temel sistemine etkileri göz önünde bulundurulacak, yapının mevcut temelinde ortaya çıkabilecek olası güçlendirme gereksinimleri güçlendirilmiş taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan hesap sonuçları uyarınca tespit edilecektir.

7.6.2 – Güçlendirilecek yüksek binaların temelleri için güçlendirmeye esas iç kuvvet talepleri, III. Aşama'da DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında hesap sonuçlarından elde edilecek, güçlendirme tasarımında TBDY 13.7.2'de verilen esaslar kullanılacak, hesaplarda mevcut temel elemanları için TBDY 15.2.3'te tanımlanan *mevcut malzeme dayanımları*, temel sistemine eklenecek yeni temel elemanları ve kullanılacak yeni malzemeler için *karakteristik malzeme dayanımları* kullanılacaktır.

7.6.3 – Yüksek bina temellerinin güçlendirilmesi için 4.1 ve Bölüm 10'da verilen yöntemler ve esaslar uygulanacaktır.

BÖLÜM 8 – SÖNÜMLEME SİSTEMİ EKLEME

8.0. SİMGELER

C_0	= Sönümlleme biriminin sönüm katsayısı
D	= Sönümlleme biriminin uçları arasındaki görelî yerdeğıştirme
$\dot{D}$	= Sönümlleme biriminin uçları arasındaki görelî hız
DKTS	= Deprem Kuvveti Taşıyan Sistem
$E_{\text{çevrim}}$	= Bir tam yükleme çevriminde sönümleyici tarafından yutulan enerji (bir tam kuvvet-yerdeğıştirme çevrimi alanı)
F^+, Δ^+	= Deney çevrimlerinde elde edilen maksimum kuvvet ve yerdeğıştirme
F^-, Δ^-	= Deney çevrimlerinde elde edilen minimum kuvvet ve yerdeğıştirme
K_e	= Sönümlleme biriminin etkin rijitliğı
SS	= Sönümlleme Sistemi
T_1	= Birinci (hakim) moda ait titreşim periyodu
V_t	= Deprem etkisi altında hesaplanan taban kesme kuvveti
ZTADOH	= Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap
f_1	= Birinci (hakim) moda ait titreşim frekansı
$k(D)$	= Yerdeğıştirmeye bağırlı rijitlik
$\text{sgn}(\dot{D})$	= Signum fonksiyonu (görelî hızın işaretini belirleyen işaret fonksiyonu)
Δ_{ort}	= Deney çevrimlerinde elde edilen ortalama yerdeğıştirme ($ \Delta^+ $ ve $ \Delta^- $ değıerlerinin ortalaması)
α	= Sönümlleme biriminin hız üssü
λ_{ae}	= Yaşlanma ve çevresel etkiler nedeniyle oluşan lambda katsayısı
λ_{deney}	= Deneylerden elde edilen lambda katsayısı
λ_{spek}	= Üretim deneyi değıerlerinin ortalama nominal tasarım değıerinden sapması ile ilgili lambda katsayısı
ζ_e	= Eşdeğıer viskoz sönüm oranı

8.1. KAPSAM

Bu bölüm enerji sönümlleme birimlerinden ve bağlantı elemanlarından oluşan sönümlleme sisteminin yapıya eklenmesi vasıtası ile uygulanan deprem güçlendirmelerinin tasarım esaslarını kapsamaktadır.

8.2. AMAÇ

8.2.1 – Enerji sönümlleme sistemi kullanımı ile yapılan güçlendirme çalışmaları aşağıdaki performans artışlarını sağlar: görelî ötelemelerde azalma, yapısal elemanlardaki plastikleşme gereksiniminin azaltılması ve gerekli durumlarda deprem sonrası kullanım sürekliliğinin sağlanabilmesi.

8.2.2 – Enerji sönümlleme sistemi ile yapılan güçlendirme uygulamaları; deprem performansı düşük olan mevcut binaların, gerekli yapısal şartların sağlanabildiğı durumlarda, minimum müdahale ile önemli düzeyde iyileştirilmesini sağlamaktadır.

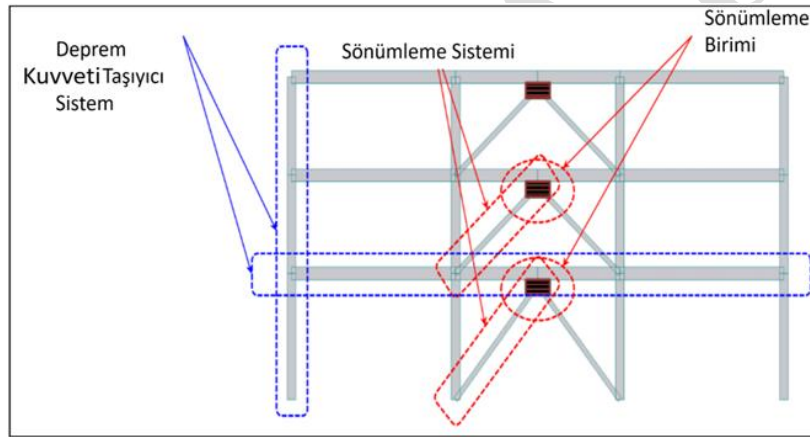
8.2.3 – Enerji sönümleme sistemi eklenmesi ile güçlendirilmiş binalarda, şiddetli bir deprem altında ana yapıda meydana gelen hasar minimize edilecek ve enerji yutumu esas olarak sönümleme birimleri üzerinde yoğunlaşacaktır. Bu açıdan, bu yöntem, özellikle mimari bütünlüğün korunmasının önemli olduğu projelerde, kısa sürede tamamlanması gereken güçlendirme uygulamalarında ve kullanımda olan binalarda tahliye gerektirmeden yapılacak işlemlerde, verim ve esneklik sağlama potansiyeline sahiptir.

8.3. SÖNÜMLEME SİSTEMİ EKLENMİŞ BİNA BİLEŞENLERİ

8.3.1 – Sönümleme sistemi eklenerek güçlendirilmiş binalarda yer alan Sönümleme Sistemi (SS), Deprem Kuvveti Taşıyan Sistem (DKTS)’den ayrı olarak tanımlanır (**Şekil 8.1**).

8.3.2 – Sönümleme Sistemi (SS): Sönümleme birimlerinden yapıya kuvvet aktarımını sağlayan tüm elemanlar veya çaprazlar ile sönümleme birimlerini ve bu birimlerden DKTS’ye kuvvet aktarımını sağlayan elemanların tamamını içeren sistemdir.

8.3.3 – Deprem Kuvveti Taşıyan Sistem (DKTS): Binaya, deprem kuvvetlerine karşı durması için gerekli olan temel dayanımı ve rijitliği sağlayan ana yapı elemanlarının oluşturduğu sistemdir.



Şekil 8.1. Deprem Kuvveti Taşıyan Sistem (DKTS) ve Sönümleme Sistemi (SS)

8.4. GENEL TASARIM İLKELERİ

8.4.1 – Tasarımda **8.7**'de belirtilen iki farklı düzeyde deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.

8.4.2 – Sönümleme birimlerinin modellemelerinde bu birimlerin özellik sınırlarının tespiti için **8.12**'de tanımlanmış, kapsamlı prototip ve üretim kontrol deneyleri yapılması gereklidir.

8.4.3 – Güçlendirme tasarımı için şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi, **8.13**'te tanımlandığı şekilde kullanılacaktır.

8.4.4 – Analizlerde, enerji sönümleme birimlerinin nominal özelliklerindeki sapmaları dikkate alabilmek için, üst ve alt özellik düzeltme katsayıları göz önüne alınacaktır.

8.4.5 – SS ile DKTS arasında bağlantı sağlayan elemanlar, bu iki sistemin yüklerinin birleşimi göz önünde bulundurularak tasarlanacaktır.

8.4.6 – DKTS, deprem kuvvetlerine karşı dayanacak yeterli dayanımı ve SS ile birlikte öteleme gerekliliklerini karşılamalıdır.

8.4.7 – Sönümleme sistemi eklenerek güçlendirilmiş binalara yönelik, **8.15**'te tanımlanan ilave gereklilikler uygulanacaktır.

8.4.8 – Enerji sönümleme sistemlerinin eklenmesini içeren tüm güçlendirme tasarımları için **8.16**'da tanımlandığı kapsamda bağımsız tasarım gözetimi gereklidir.

8.5. DEPREM KUVVETİ TAŞIYAN SİSTEM (DKTS) GEREKLİLİKLERİ

8.5.1 – SS eklenerek güçlendirilecek mevcut yapı (DKTS), eşdeğer doğrusal yöntemle hesaplanan taban kesme kuvveti isteminin en az %75'ini karşılamalı veya bu gereği karşılayacak şekilde güçlendirilmiş olmalıdır.

8.5.2 – Her iki asal doğrultuda, DKTS deprem taban kesme kuvveti, V_t , **Denk.(8.1)** ile tanımlanmış $V_{t,min}$ 'den daha az olmayacaktır.

$$V_{t,min} = 0.75V_t \quad (8.1)$$

8.5.3 – V_t , TBDY Denk.(4.19) ile tanımlanmış Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü hesabına benzer bir şekilde hesaplanmalıdır.

8.5.4 – SS'nin DKTS'ye güvenilir bir şekilde bağlanabilmesi için betonarme elemanlardaki **Bölüm 3**'e göre belirlenecek beton basınç dayanımı en az 16 MPa olacaktır.

8.6. PERFORMANS HEDEFLERİ

8.6.1 – SS eklenerek güçlendirilecek yapıların deprem güvenirliliği **Tablo 8.1**'de verilmiş olan performans hedefleri ile uyumlu olacaktır.

Tablo 8.1. Sönümleme Sistemleri Eklenerek Güçlendirilecek Mevcut Yapılar İçin Deprem Performans Hedefleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Performans Hedefi			
	Normal		Yükseltilmiş	
	DKTS	SS	DKTS	SS
DD-2	KH	–	SH	–
DD-1	GÖ	KK	KH	KK

8.6.2 – Yükseltilmiş Performans Hedefi, TBDY'e göre tanımlanmış Bina Kullanım Sınıfı (BKS) = 1 olan binalar için gereklidir.

8.6.3 – Bu hedefler (KH-Kontrollü Hasar, GÖ-Göçmenin Önlenmesi, SH-Sınırlı Hasar ve KK-Kesintisiz Kullanım) TBDY'de tanımlandığı şekilde değerlendirilecektir.

8.6.4 – SS tasarımı sonrasında, DKTS deprem kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı ve SS ile birlikte görelî ötelenme gerekliliklerini karşılayarak seçili performans hedeflerini sağlayacaktır.

8.7. DEPREM YER HAREKETİ

8.7.1 – Deprem tehlikesi, hesap ve tasarımda kullanılacak DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyleri, bu bölümde yer alan özel kurallar dışında, **Bölüm 2** kapsamında belirlenmeli ve

Tablo 8.1'de yer alan performans hedefleri, bu bölümde tanımlanan deprem yer hareketi düzeylerine dayalı olmalıdır.

8.7.2 – Sönümleme birimleri esasen tek doğrultuda çalıştıkları için, yatay tasarım spektrumlarının tanımlanmasında “geometrik ortalama” yerine “maksimum doğrultu” kullanılacaktır. Bu amaçla, maksimum doğrultu tanımının sağlanması için, standart deprem yer hareketi yatay spektral genlikleri: 0.2 s ve daha kısa periyotlarda 1.2; 1 s periyodunda 1.3 ve 10 s ve daha uzun periyotlarda 1.5 katsayıları ile çarpılacaktır. 0.2 s ile 1 s periyotları ve 1 s ile 10 s periyotları arasında doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

8.7.3. Deprem Yer Hareketi İvme Kayıtları

8.7.3.1 – 8.13'e göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin kullanılabilmesi için gerekli deprem yer hareketlerinin tanımlanması için kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmesi veya spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi için uygulanması gerekli kurallar, bu bölümde yer alan özel kurallar dışında, TBDY 2.5 kapsamında belirlenecektir.

8.7.3.2 – Her bir yatay tasarım spektrum için en az 11 adet deprem yer hareketi kaydından oluşan bir takım seçilmelidir.

8.7.3.3 – Basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirmede aşağıda (a), (b) ve (c)'de belirtilen kurallar geçerlidir.

(a) Tüm seçili yer hareketlerinden elde edilen maksimum doğrultu spektrumlarının ortalaması, 8.7.3.5'te tanımlanmış periyot aralığı boyunca yatay tasarım spektrumuna genel olarak eşit veya daha büyük olacaktır.

(b) Hiçbir periyotta, bu ortalama spektrum, yatay tasarım spektrumunun %90'ının altına düşmeyecektir.

(c) Her bir seçili yer hareketinin düşey bileşeni, düşey tasarım spektrumunu kapsayan (zarfı olan) bir ortalama spektruma ulaşacak şekilde ölçeklenecektir.

8.7.3.4 – Spektral uyum ile dönüştürmede aşağıda (a) ve (b)'de verilen kurallar geçerlidir.

(a) Seçili deprem kayıtlarının spektral uyum sağlanacak şekilde dönüştürülmesi ile elde edilen deprem yer hareketleri maksimum doğrultu spektrumlarının ortalamaları, 8.7.3.5'te tanımlanmış periyot aralığı boyunca, yatay tasarım spektrumun en az %110'una eşit veya daha büyük olacaktır.

(b) Her bir seçili yer hareketinin düşey bileşeni, düşey tasarım spektruma uygun hale gelecek şekilde spektral uyum sağlanmalı ve bu spektrumların ortalaması, ölçekleme periyot aralığı içinde hedef spektrumun altına düşmeyecektir.

8.7.3.5 – Spektral uyum için periyot aralığı aşağıda (a), (b) ve (c)'de belirtilen kurallara göre belirlenecektir.

(a) Periyot aralığının üst sınırı, iki asal doğrultudaki en büyük birinci (hâkim) moda ait doğal titreşim periyodunun en az iki katı olacaktır.

(b) Periyot aralığının alt sınırı belirlenirken, her iki asal doğrultuda %90 modal kütle katılım oranına ulaşmak için yeterli sayıda titreşim modu dikkate alınacaktır. Ayrıca, bu alt sınır

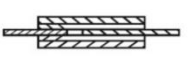
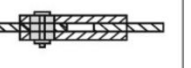
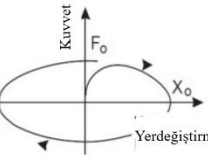
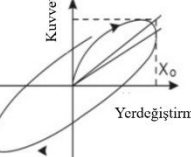
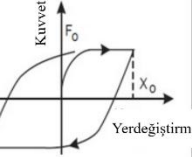
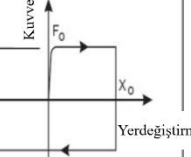
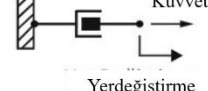
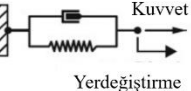
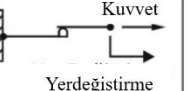
periyodu, yapının iki ana doğrultudaki en küçük birinci (hâkim) doğal titreşim periyodunun %20'sinden daha az olmayacaktır.

(c) Periyot aralığının belirlenmesi için, sönümleme birimlerinin, göz önüne alınan deprem yer hareketi seviyesindeki nominal özellikleri kullanılacaktır.

8.8. SÖNÜMLEME BİRİMİ TİPLERİ

8.8.1 – Enerji sönümleme birimleri, sönümleme sisteminin her iki ucu arasındaki görelî hareket nedeniyle enerji sönümleyen bir elemanıdır. Enerji sönümleme birimleri, yapıya genellikle sönümleme ve bazı durumlarda rijitlik ekler.

8.8.2 – Enerji sönümleme birimleri, çeşitli fiziksel prensiplere göre çalışabilir; kısa ve uzun vadeli performanslarını etkileyen malzemelerden üretilebilir. Genelde sönümleme cihazları; hız bağımlı (viskoz sönümleme birimi, viskoelastik sönümleme birimi) ve yerdeğiştirme bağımlı (metalik sönümleme birimi, sürtünmeli sönümleme birimi) olarak sınıflandırılır. **Şekil 8.2** kapsamında sönümleme birimlerinin şematik yapıları, idealize histeresiz çevrimleri ve idealize fiziki modelleri sunulmuştur. Sönümleme birimlerinin teknik gereklilikleri için TS EN 15129 standardı esas alınacaktır.

Sönümleme Birimi				
	Akışkan Viskoz	Katı Viskoelastik	Metalik	Sürtünmeli
Şematik Yapı				
İdealize Histeresiz Çevrimi				
İdealize Fiziki Modeli			Özel Modelleme	

Şekil 8.2. Sönümleme birimleri ile ilgili şematik yapı, idealleştirilmiş histeresiz çevrimleri ve fiziki modelleri

8.8.3. Hız Bağımlı Enerji Sönümleme Birimleri

Hız bağımlı enerji sönümleme birimleri (akışkan viskoz ve viskoelastik) sönümlenen enerjinin esas olarak birimin her iki ucu arasındaki görelî hıza bağılı olduğu sönümleme birimleridir. Hız bağımlı bir sönümleme biriminin davranışı uçları arasındaki görelî yerdeğiştirmeye kısmen bağılı olabilir. Bu birimlerin histeretik davranışı (uçları arasındaki kuvvet-hız ilişkisi) genellikle eliptiktir.

8.8.3.1. Viskoz (Sıvı) Sönümlleme Birimleri

Bu birimler, viskoz bir sıvının bir delikten zorla geçirilmesi prensibiyle çalışır. Bu sönümleyiciler, görelî hıza bağılı geri kuvvet sağlarlar ve yapıya ekledikleri rijitlik genellikle ihmal edilebilir düzeydedir. Bu birimlerin parametre ve özellikleri dar bir tolerans aralığında kontrol altında tutulur.

8.8.3.2. Viskoelastik (Sıvı veya Katı) Sönümlleme Birimleri

Bu birimler, yüksek viskoziteli akışkanların veya viskoelastik katıların kayma şekildeğiştirmesi ile enerji yutar. Birim parametre ve özellikleri, frekans ve sıcaklık gibi etkenlere oldukça duyarlı olabilir.

8.8.4. Yerdeğiştirme Bağımlı Sönümlleme Birimleri

Yerdeğiştirme bağımlı sönümlleme birimleri (sürtünmeli ve metalik akmalı) sönümlenen enerjinin esas olarak birimin her iki ucu arasındaki görelî yerdeğiştirmeye bağılı olduğu sönümlleme birimleridir. Bu tür bir birimin davranışı, birim uçları arasındaki görelî hıza ve/veya uyarım frekansına büyük ölçüde bağılı değildir.

8.8.4.1. Metalik Sönümlleme Birimleri

Bu birimler, çelik elemanların akma davranışları yoluyla enerji yutar. Bu sebeple, akma özellikleri kontrol edilmiş çelik malzemeler kullanılarak imal edilirler. Çift doğrusal (bilinear) veya üç doğrusal (trilinear) histeretik davranış gösterebilirler. Deprem sonrasında kalıcı yerdeğiştirmeler olabilir ve bu birimlerin yenilenmesi gerekebilir.

8.8.4.2. Sürtünmeli Sönümlleme Birimleri

8.8.4.2.1 – Bu birimler, ön yüklenmiş kayma yüzeyleri aracılığıyla sürtünme ile enerji yutarak çalışır. Rijit-plastik özellikte bir histeretik davranış gösterir. Birimlerin özellikleri, kullanılan malzemelere bağılıdır ve sıcaklık, çevresel koşullar ile kullanım süresi gibi faktörlere duyarlı olabilir. Deprem sonrasında kalıcı yerdeğiştirmeler olabilir.

8.8.4.2.2 – Sürtünme arayüzlerinde soğuk kaynak oluşma riski bulunan sürtünmeli sönümlleme birimleri kullanılmayacaktır.

8.8.5. Sönümlleme Birim Gereklilikleri

8.8.5.1 – Sönümlleme birimleri, çevresel koşullar (rüzgar, yaşlanma etkileri, sünme, yorulma, ortam sıcaklığı, çalışma sıcaklığı ve nem veya zararlı maddelere maruz kalma) dikkate alınarak seçilmeli ve bu kapsamda aşağıda (a), (b) ve (c)'de belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır.

(a) Deprem yüklerinden kaynaklanan düşük çevrimli ve büyük yerdeğiştirmelerle meydana gelebilecek bozulmalar. Bu kapsamda sönümlleme birimlerinin, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altında kapasiteleri içinde kalması gerekmektedir.

(b) Rüzgar, sıcaklık veya diğere çevrimsel yükler nedeniyle oluşabilecek yüksek çevrimli, küçük yerdeğiştirmelerle meydana gelebilecek bozulmalar.

(c) Sıcaklık, nem, nemlilik, radyasyon (örneğin ultraviyole ışık) ve reaktif veya aşındırıcı maddelere (örneğin tuzlu su) maruz kalma gibi, ancak bunlarla sınırlı olmayan, çevresel koşullara maruz kalma durumu.

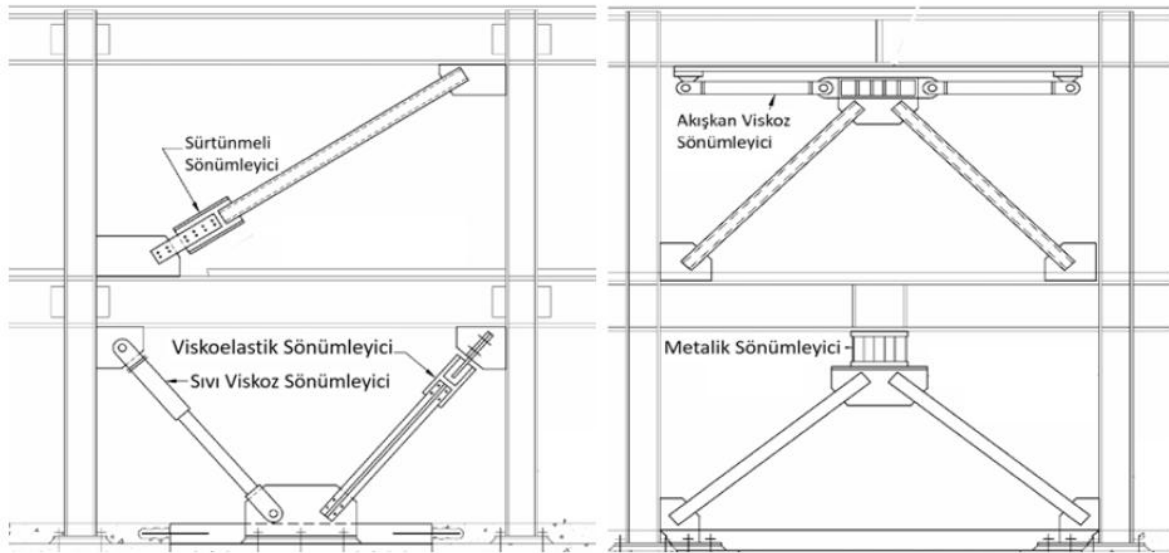
8.8.5.2 – Sönümlleme birimlerinin bağlantı noktaları, birimin eş zamanlı olarak boyuna, enine ve düşey yerdeğiştirmelerini karşılayacak şekilde hareket imkânı sağlayacaktır.

8.8.5.3 – Sönümlleme birimlerinin denetim, bakım ve test esasları **1.2.11** uyarınca oluşturulacak; periyodik denetim ve gerektiğinde sökülebilmeleri için tüm sönümlleme birimlerine erişim sağlanacaktır.

8.9. ENERJİ SÖNÜMLEME BİRİMLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

8.9.1 – Enerji sönümlleme birimlerinin yapıya (DKTS'e) yerleştirilmesi, güçlendirme uygulamasının amacına, sönümlleme biriminin türüne, şartname gerekliliklerine ve mimari sınırlamalara bağıdır. Moment çerçeve sistemi içeren yapılarda yaygın olarak kullanılan yerleşim örnekleri **Şekil 8.3**'te gösterilmiştir.

8.9.2 – Sönümlleme birimlerinin verimliliğı, ilgili katlar arası görelî öteleme için birimin uçları arasındaki yerdeğiştirmeyi veya hızı artıracak geometrik düzenlemeler ile yükseltilebilir.



Şekil 8.3. Yapının güçlendirilmesi için kullanılan sönümlleme sistemi ve sönümlleme birimi yerleşimi örnekleri

8.10. SÖNÜMLEME BİRİMLERİNİN ÜST VE ALT ÖZELLİKLERİ

Sönümlleme birimlerinin nominal özelliklerindeki sapmaları dikkate alabilmek için, analizlerde üst (maksimum) ve alt (minimum) özellik değerleri kullanılır.

8.10.1. Nominal Özellikler

8.10.1.1 – Sönümlleme birimlerinin nominal tasarım özellikleri, proje özelinde yapılmış prototip deney verilerinden veya benzer boyut ve yapıya sahip bir birim üzerinde daha önce yapılmış prototip deneylerinden elde edilir.

8.10.1.2 – Proje müellifi ve tasarım gözetmeni onayı ile, henüz deney verisi bulunmayan durumlarda, üretici kaynaklı verilere dayanan nominal tasarım özellikleri kullanılabilir. Ancak tasarımda esas alınan bu değerler, prototip deneyleri ile doğrulanmalıdır.

8.10.2. Üst ve Alt Özellikler

8.10.2.1 – Sönümlleme birimlerinin nominal tasarım parametreleri; üretim toleransları, deney sırasında açıkça hesaba katılmamış birim özellikleri, çevresel etkiler ve yaşlanma hususlarını karşılayacak şekilde *özellik değişim katsayıları* (λ) ile düzeltilmeli ve bu düzeltmeler, SS eklenerek güçlendirilecek yapıların analiz ve tasarımında kullanılacak üst ve alt sınır özelliklerini (katsayılarını) oluşturmak için uygulanmalıdır.

8.10.2.2 – Her bir sönümlleme birimi için hesap ve tasarımda alt ve üst değişim sınır katsayıları (λ), **Denk.(8.2)** kullanılarak, proje müellifi tarafından belirlenecek ve gerek hesap gerekse tasarımda, nominal özelliklerden (parametrelerden) sapmaların dikkate alınması amacıyla kullanılacaktır. Değerlendirilmekte olan her bir deprem yer hareketi düzeyi için, yük ve yerdeğiştirmelere karşılık gelen ayrı maksimum ve minimum özellikler tanımlanmalıdır. **Denk.(8.2)**'de yer alan sistem özellik düzeltme katsayısı (0.67), tüm parametrelerin aynı anda ve tam olarak artmasının olası olmadığı hususunu yansıtmaktadır.

$$\lambda_{üst} = \lambda_{deney-üst} \lambda_{spek-üst} (1 + 0.67(\lambda_{ae-üst} - 1)) \geq 1.2 \quad (8.2a)$$

$$\lambda_{alt} = \lambda_{deney-alt} \lambda_{spek-alt} (1 - 0.67(1 - \lambda_{ae-alt} - 1)) \leq 0.85 \quad (8.2b)$$

8.10.2.3 – λ_{spek} , λ_{ae} ve λ_{deney} faktörleri, her sönümlleme birimi türü ve boyutu için sönümlleme sisteminin matematiksel modelinde kullanılmak üzere maksimum ($\lambda_{üst}$) ve minimum (λ_{alt}) sönümleyici özelliklerin belirlenmesinde kullanılır.

8.10.2.4 – $\lambda_{üst}$ katsayısı minimum 1.2 ve λ_{alt} katsayısı maksimum 0.85 olarak belirlenmiştir. Ancak, deney verileri, proje müellifi tarafından incelenip, tasarım gözetmeni tarafından kabul edildiği takdirde, $\lambda_{üst}$ değerinin 1.2'den küçük ve λ_{alt} değerinin ise 0.85'ten büyük olmasına izin verilebilir.

8.10.2.5 – Her bir sönümlleme birimi için maksimum ve minimum hesap ve tasarım özellikleri, **Denk.(8.3)** kullanılarak belirlenecektir.

$$\text{Maksimum Tasarım Parametresi} = \text{Nominal Tasarım Parametresi} \times \lambda_{üst} \quad (8.3a)$$

$$\text{Minimum Tasarım Parametresi} = \text{Nominal Tasarım Parametresi} \times \lambda_{alt} \quad (8.3b)$$

8.10.2.6 – Akışkan viskoz birimler için bu faktörler hız üssü yerine, sönümlleme sabitine uygulanır.

8.11. SÖNÜMLEME SİSTEMİNİN YEDEKLİLİK DURUMU

8.11.1 – Binanın herhangi bir katında düşük yedekliliğe (hiperstatikliğe) sahip sönümlleme sistemlerinin kullanımını sınırlamak amacıyla **8.11.2**, **8.11.3** ve **8.11.4**'teki gerekliliklere uyulacaktır.

8.11.2 – Eğer yapının (DKTS'nin) herhangi bir katında, bir ana doğrultuda dört veya daha fazla sönümlleme birimi yerleştirilmiş ise ve bu birimlerin en az iki adedi, ilgili doğrultuda o katın rijitlik merkezinin her iki tarafında yer alıyorsa aşağıda **(a)** ve **(b)**'de verilen kurallar geçerlidir.

(a) Tüm sönümlleme birimleri, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinin etkisi altında birimde hesaplanan maksimum yerdeğiştirmenin %130'una eşit yerdeğiştirmeleri karşılayabilecek kapasitede olacaktır.

(b) Hız bağımlı sönümlleme birimleri, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinin etkisi altında birimde hesaplanan maksimum hızın %130'una karşılık gelen kuvvet ve yerdeğiştirmeyi karşılayacaktır.

8.11.3 – Eğer yapının (DKTS'nin) herhangi bir katında, bir ana doğrultuda dörtten az sönümlleme birimi varsa veya ilgili doğrultuda o katın rijitlik merkezinin her iki tarafında ikiden az birim bulunuyorsa aşağıda **(a)** ve **(b)**'de verilen kurallar geçerlidir.

(a) Tüm sönümleyici birimleri DD-1 deprem yer hareketi düzeyinin etkisi altında birimde hesaplanan maksimum yerdeğiştirmenin %200'ünü karşılayabilecek kapasitede olacaktır.

(b) Hız bağımlı birimler, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinin etkisi altında birimde hesaplanan maksimum hızın %200'üne karşılık gelen kuvvet ve yerdeğiştirmeyi karşılayacaktır.

8.11.4 – Sönümlleme birimlerinin bileşen ve bağlantıları, **8.11.2** veya **8.11.3** kapsamında belirtilen kuvvetler altında doğrusal elastik davranacak (kapasite sınırları içinde kalınacak) şekilde tasarlanacaktır.

8.12. SÖNÜMLEME BİRİMİ DENEYLERİ

Sönümlleme birimlerinin kuvvet-hız-yerdeğiştirme özelliklerinin ve diğer parametrelerinin belirlenmesi veya hesaplarda alınan parametrelerin kontrolü için **8.12.1**'e göre prototip deneyleri, üretimdeki değişimin önceden belirlenen sınırlar içinde kaldığının teyidi için ise **8.12.2**'ye göre üretim kontrol deneyleri yapılmalıdır.

8.12.1. Prototip Deneyleri

8.12.1.1. Genel Kurallar

8.12.1.1.1 – Prototip deneyleri üreticiden bağımsız, TS EN ISO/IEC 17025'e göre akredite laboratuvarlarda yapılacaktır.

8.12.1.1.2 – Tüm prototip ve üretim birimlerinde kullanılan imalat ve kalite kontrol yöntemleri aynı olmalı ve proje müellifi tarafından onaylanacaktır.

8.12.1.1.3 – Prototip deneyleri, tasarımda kullanılan her bir tür ve boyuttaki sönümlleme birimlerinin tam boyutlu iki örneği üzerinde, ayrı ayrı gerçekleştirilmeli ve her bir deney çevriminin kuvvet-hız-yerdeğiştirme ilişkisi, elektronik ortamda kayıt altına alınacaktır.

8.12.1.1.4 – Her bir sönümlleme birimi için yapılacak tüm deneylerin uygulanmasında, yerinde kurulum koşullarını temsil edecek şekilde zati ağırlık etkileri ve termal çevre koşulları sağlanacaktır.

8.12.1.1.5 – Deneyler sırasında kalıcı deformasyon veya hasar oluşmaması kaydıyla; prototip deneyi uygulanmış birimlerin yapıda kullanımına, prototip ve üretim deneyi gerekliliklerini karşılaması ve yapının tasarımından sorumlu proje müellifi ve tasarım gözetmeni tarafından onaylanmış olması koşulu ile izin verilecektir.

8.12.1.1.6 – Daha önce prototip deneyine tabi tutulmuş bir sönümlleme birimi **(a)** – **(e)**'de verilen tüm koşulları sağlıyorsa, denenmesi planlanmış olan birim üzerinde prototip deneylerinin gerçekleştirilmesine gerek yoktur.

(a) Daha önce denenmiş birimin boyutsal özellikleri, iç yapısı ve varsa statik ve dinamik iç basınçları, denenmesi planlanmış sönümleme birimine benzer olacaktır.

(b) Daha önce denenmiş birim, denenmesi planlanmış sönümleme birimi ile aynı türde ve aynı malzemelerden yapılmış olacaktır.

(c) Daha önce denenmiş birim, denenmesi planlanmış sönümleme biriminin tabi olduğu belgelendirilmiş imalat ve kalite kontrol yöntemleri ile aynı yöntemler kullanılarak üretilmiş olacaktır.

(d) Daha önce denenmiş birim, denenmesi planlanan birimden beklenen maksimum deplasman ve kuvvetler altında ve benzer koşullarda denenmiş olacaktır.

(e) Daha önce uygulanmış deney programına ait tüm ilgili deney verileri, proje müellifi ve tasarım gözetmeni tarafından onaylanacaktır.

8.12.1.2. Deney Sıralaması ve Çevrimleri

8.12.1.2.1 – Prototip deneyleri bu bölümde tanımlanmış ve **Tablo 8.2** kapsamına özetlenmiştir.

8.12.1.2.2 – Prototip deneylerine başlamadan önce, üretim deneyinin gerçekleştirileceği deney düzeneği ve deney şartlarında bir üretim deneyi gerçekleştirilmeli ve bu deneyden elde edilen veriler, daha sonra yapılacak sönümleyici birim üretim deneyleri ile karşılaştırmada referans olarak kullanılacaktır.

8.12.1.2.3 – Her birim, tasarım rüzgâr fırtınasında beklenen çevrim sayısı kadar yüklemeye tabi tutulacaktır. Bu sayı, en az 2.000 adet (yerdeğiştirme bağımlı ve viskoelastik birimler için) kuvvet kontrollü tam çevrim veya (viskoz birimler için) yerdeğiştirme kontrollü tam çevrim olacaktır. Bu yüklemeler, tasarım rüzgâr fırtınasında beklenen genliklerde ve binanın birinci (hâkim) titreşim modu periyodunda (T_1) uygulanacaktır.

8.12.1.2.4 – Toplam rüzgâr yerdeğiştirmesini, beklenen statik ve dinamik bileşenlere bölen alternatif yükleme içeren deney protokolleri de, tasarım gözetmeni onayı ile kabul edilecektir. Rüzgâr kaynaklı kuvvetlere veya yerdeğiştirmelere maruz kalmayan birimler için, bu deneylerin uygulanması gerekli değildir.

8.12.1.2.5 – Her sönümleme birimi, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinin etkileri altında yapılan deneylerde, yapının (DKTS+SS) yumuşadığı (ortalama süneklik=2) kabul edilerek, $1.5T_1$ periyodunda, aşağıda (a), (b) ve (c)'de verilen deney sıralamasına tabi tutulmalıdır.

(a) Birime, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altındaki yerdeğiştirmesinin 0.33 katına karşılık gelen yerdeğiştirme ile 10 adet tam çevrim uygulanacaktır.

(b) Birime, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altındaki yerdeğiştirmesinin 0.67 katına karşılık gelen yerdeğiştirme ile 5 adet tam çevrim uygulanacaktır.

(c) Birime, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altındaki yerdeğiştirmesine eşit (1.0 katına karşılık gelen) yerdeğiştirme ile 3 adet tam çevrim uygulanacaktır.

8.12.1.2.6 – Eğer sönümleme birimi özellikleri, çalışma sıcaklığına bağlı olarak değişiyorsa, 8.12.1.2.5 kapsamında belirtilen deneyler, tasarım sıcaklık aralığını kapsayacak şekilde en az iki ek sıcaklıkta (minimum ve maksimum) ve en az bir birim üzerinde uygulanacaktır.

8.12.1.2.7 – Sönümleyici biriminin kuvvet-şekildeğiştirme özellikleri, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altındaki yerdeğiştirmesine eşit veya daha küçük herhangi bir

yerdeğiştirme değerinde, deney periyodunun $1.5T_1$ değerinden $2.5T_1$ değerine değişmesi durumunda %15'ten fazla değişiyorsa, **8.12.1.2.5** kapsamındaki deneyler ayrıca T_1 ve $2.5T_1$ periyotlarında en az bir birim üzerinde uygulanacaktır.

Tablo 8.2. Enerji Sönümleme Birimi Prototip Deney Protokolü

Deney No. (2 Birim İçin)	Yerdeğiştirme veya Kuvvet Düzeyi	Çevrim Sayısı	Periyot	Sıcaklık
1 (Gerekliyorsa)	Rüzgâr yükü veya Yerdeğiştirmesi	2000	T_1	Ortam Sıcaklığı
2a	$0.33 \times DD-1$ Yerdeğiştirmesi	10	$1.5T_1$	Ortam Sıcaklığı
2b	$0.67 \times DD-1$ Yerdeğiştirmesi	5	$1.5T_1$	Ortam Sıcaklığı
2c	$1.00 \times DD-1$ Yerdeğiştirmesi	3	$1.5T_1$	Ortam Sıcaklığı
3 (Gerekliyorsa)	2. Deney Tekrarı Minimum ve Maksimum Sıcaklıkta	10, 5 ve 3	$1.5T_1$	Minimum ve Maksimum Sıcaklık
4 (Gerekliyorsa)	2. Deney Tekrarı İki Frekansta	10, 5 ve 3	T_1 ve $2.5T_1$	Ortam Sıcaklığı

8.12.1.2.8 – Eğer tam ölçekli dinamik deneyler deney sistemi sınırlamaları nedeniyle mümkün değilse, hız bağımlı sönümleme birimlerinin oran bağımlı özelliklerini değerlendirmek amacıyla, ölçeklendirilmiş prototiplerin kullanılması mümkündür. Ancak, bu durumda, tasarım gözetmeni tarafından onaylanacak ölçekleme prensipleri ve benzeşim kuralları, hem ölçekli birim tasarımında hem de deney protokolünde uygulanacaktır.

8.12.1.3. Kuvvet–Hız–Yerdeğiştirme Özelliklerinin Belirlenmesi

8.12.1.3.1 – Enerji sönümleme birimlerinin kuvvet–hız–yerdeğiştirme özellikleri, çevrimsel yük ve yerdeğiştirme deneylerine ve aşağıda **8.12.1.3.2**, **8.12.1.3.3** ve **8.12.1.3.4**'te verilen koşullara dayalı olarak belirlenecektir.

8.12.1.3.2 – Sıfır yerdeğiştirmede oluşan maksimum kuvvet ve minimum kuvvet, maksimum birim yerdeğiştirmesinde oluşan maksimum kuvvet ve minimum kuvvet ve histerezis çevrim alanı ($E_{\text{çevrim}}$) her şekildeğiştirme çevrimi için aşağıda **(a)** ve **(b)**'de verilen ifadelere göre hesaplanmalıdır.

(a) Rijitlik içeren enerji sönümleme birimi için etkin rijitlik (K_e), **8.12.1**'e göre belirlenecek deney yerdeğiştirmeleri kapsamında her bir çevrim için **Denk.(8.4)** uyarınca hesaplanacaktır.

$$K_e = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} \quad (8.4)$$

(b) Rijitlik içeren enerji sönümleme birimlerinde eşdeğer viskoz sönüm oranı (ξ_e), her bir çevrim için **Denk.(8.5)** uyarınca hesaplanacaktır.

$$\xi_e = \frac{1}{2\pi} \frac{E_{\text{çevrim}}}{K_e \Delta_{\text{ort}}^2} \quad (8.5)$$

8.12.1.3.3 – Hesap ve tasarım için kullanılacak nominal deney parametreleri, belirli bir yerdeğiştirme seviyesindeki ilk üç çevrimin ortalama değeri esas alınarak belirlenecektir. Her deneyin her çevrimi için, çevrimsel etkilere karşılık gelen λ_{deney} katsayıları nominal ve çevrim başına belirlenmiş parametrelerin karşılaştırılması yoluyla belirlenecektir.

8.12.1.3.4 – Hız ve sıcaklık için λ_{deney} katsayıları, tam ölçekli prototip deney verilerinin mevcut olduğu durumda, çevrimsel etkiler için olanlarla eş zamanlı olarak belirlenecektir. Bu veya benzer etkiler farklı deneylerden elde ediliyorsa, λ_{deney} katsayıları prototip deney koşulları altında belirlenen parametrelerle ilgili özellik değişkenine ait deney koşulları aralığında belirlenenlere karşılık gelen özelliklerin karşılaştırılması yoluyla belirlenecektir.

8.12.1.4. Birim Yeterliliği ve Kabul Koşulları

8.12.1.4.1. Genel Gereklilikler

Prototip sönmleme birimlerinin performansı, aşağıda **(a)** – **(e)**'de verilen tüm koşulların ve ayrıca yerdeğiştirme bağımlı birimler için **8.12.1.4.2** ve hız bağımlı birimler için **8.12.1.4.3**'te verilen koşulların sağlanması durumunda kabul edilecektir.

(a) Deney 1 sırasında, birimde sızıntı, akma veya kırılma gibi hasar belirtisi bulunmayacaktır.

(b) Deney 2, 3 ve 4 sırasında, belirli bir frekans ve sıcaklık altında, herhangi bir çevrime ait sıfır yerdeğiştirmede elde edilen maksimum ve minimum kuvvet, o deneydeki tüm çevrimlerden elde edilen ortalama sıfır yerdeğiştirme kuvvetlerinden %15'ten fazla sapmayacaktır.

(c) Deney 2, 3 ve 4 sırasında, belirli bir frekans ve sıcaklık altında, herhangi bir çevrimde elde edilen histerezis döngü alanı ($E_{\text{çevrim}}$), o deneydeki tüm çevrimlerden elde edilen ortalama histerezis döngü alanından %15'ten fazla sapmayacaktır.

(d) **8.12.1**'e göre belirlenen sönmleme birimi deney değerleri, **8.10** kapsamında proje müellifi tarafından belirlenmiş değerleri aşmayacaktır.

(e) Yukarıdaki **(b)** ve **(c)** şıklarında ve ayrıca, **8.12.1.4.2** ve **8.12.1.4.3** kapsamında yer alan “%15” sınırları, proje müellifi tarafından tasarım gözetmeni onayı ile artırılabilir. Ancak bu artırılmış sınırın, yapının deprem davranışı üzerinde olumsuz bir etki yaratmadığı hesap yoluyla gösterilecektir.

8.12.1.4.2. Yerdeğiştirme Bağımlı Sönmleme Birimleri

Yerdeğiştirme bağımlı sönmleme birimlerin prototip deney performansı, **8.12.1.4.1**'deki genel gerekliliklere ek olarak, aşağıda **(a)**, **(b)** ve **(c)**'de verilen koşulların tamamını, **8.12.1**'de tanımlanan deneyler temelinde sağlaması durumunda yeterli kabul edilir.

(a) Deney 2, 3 ve 4 sırasında, herhangi bir çevrimde, maksimum birim yerdeğiştirmeye ait maksimum ve minimum kuvvet, aynı deneyde belirli bir frekans ve sıcaklık altında elde edilen ortalama maksimum ve minimum kuvvetlerden %15'ten fazla sapmayacaktır.

(b) Deney 2, 3 ve 4 sırasındaki her bir deney için, sıfır yerdeğiştirmedeki ve maksimum yerdeğiştirmedeki ortalama maksimum ve minimum kuvvetler ile ortalama histerezis döngüsü alanı ($E_{\text{çevrim}}$), proje müellifi tarafından belirlenen hedef değerlerden %15'ten fazla sapmayacaktır.

(c) **8.12.1.2.5(c)** kapsamında belirlenmiş sıfır ve maksimum yerdeğiştirmedeki ortalama maksimum ve minimum kuvvetler ile ortalama histerezis döngüsü alanı ($E_{\text{çevrim}}$), **8.10.2**'de tanımlanmış nominal özellikler ve proje müellifi tarafından belirlenmiş lambda katsayıları ($\lambda_{\text{spek-üst}}$ ve $\lambda_{\text{spek-alt}}$) ile tanımlanan sınırlar içinde kalacaktır.

8.12.1.4.3. Hız Bağımlı Sönümlleme Birimleri

Hız bağımlı sönümlleme birimleri prototip deney performansı; **8.12.1.4.1**'deki genel gerekliliklere ek olarak, aşağıda **(a)** ve **(b)**'de verilen koşulların tamamını, **8.12.1**'de tanımlanan deneyler temelinde sağlaması durumunda yeterli kabul edilir.

(a) Rijitlik içeren hız bağımlı sönümleyici birimler için; deney 2, 3 ve 4'ün herhangi bir çevriminde ölçülen etkin rijitlik, aynı deneyde, sabit frekans ve sıcaklık altında gerçekleştirilen tüm çevrimlerin ortalama etkin rijitliğinden %15'ten daha fazla sapmayacaktır.

(b) **8.12.1.2.5(c)** kapsamında belirlenmiş sıfır yerdeğiştirmedeki ortalama maksimum ve minimum kuvvetler, sadece rijitlik içeren birimler için hesaplanmış etkin rijitlik (K_e) ve ortalama histerezis çevrim alanı ($E_{\text{çevrim}}$), **8.10.2**'de tanımlanmış nominal özellikler ve proje müellifi tarafından belirlenmiş lambda katsayıları ($\lambda_{\text{spek-üst}}$ ve $\lambda_{\text{spek-alt}}$) ile tanımlanan sınırlar içinde kalacaktır.

8.12.2. Üretim Kontrol Deneyleri

8.12.2.1. Genel Kurallar

8.12.2.1.1 – Sönümlleme birimi üretim kontrol deneyleri, metalik akma tipi sönümlleme birimleri dışında, yapıda kullanılacak her bir sönümlleme birimi için uygulanacaktır. Deneylerde kullanılacak olan yerdeğiştirme, hız ve periyot değerleri birimin nominal parametreleri kullanılarak belirlenecektir. Metalik akma tipi sönümlleme birimleri için: üretim kalite kontrol sisteminin, prototip numunesi ile aynı nitelikte üretim sağladığı doğrulanmalıdır.

8.12.2.1.2 – Sönümlleme birimleri yapıya yerleştirilmeden önce, bu bölümdeki gerekler doğrultusunda deneye tabi tutulacaktır.

8.12.2.2. Deney Sıralaması ve Çevrimleri

Üretim kontrol deneyleri nominal parametrelerin geçerliliğini; tüm birimlerin hepsini, $1.5T_1$ periyodunda, DD-1 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altındaki yerdeğiştirmenin 0.67 katına karşılık gelen yerdeğiştirme ile 3 tam çevrimlik deney uygulanarak doğrulanacaktır. Enerji sönümlleme birimi üretim deney protokolü **Tablo 8.3**'te verilmiştir.

Tablo 8.3. Enerji Sönümlleme Birimi Üretim Deney Protokolü

Test No. (Tüm Birimler)	Yerdeğiştirme (Stroke)	Çevrim Sayısı	Periyot	Sıcaklık
1	$0.67 \times \text{DD-1}$ Yerdeğiştirmesi	3	$1.5T_1$	Ortam Sıcaklığı

8.12.2.3. Birim Yeterliliği ve Kabul Koşulları

8.12.2.3.1 – Ölçülen nominal özellik değerleri, proje şartnamelerinde belirtilen sınırlar içinde kalmalıdır. Bu sınırlar, **8.10**'da tanımlanmış nominal tasarım parametreleri için belirlenen şartname toleranslarıyla uyumlu olacaktır.

8.12.2.3.2 – Üretim kontrol deneyleri sırasında elastik olmayan davranış gösteren veya herhangi bir şekilde hasar gören birimler yapıda kullanılamaz.

8.13. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ

Sönümlleme Sistemi (SS) eklenerek güçlendirilecek yapıların analiz ve şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarımları Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap (ZTADOH) yöntemi kullanılarak yapılacaktır. Seçilecek sönümlleme sistemi yerleşim düzeninde herhangi bir kısıtlama yoktur ve farklı katlarda farklı tip sönümlleme birimlerinin kullanılması mümkündür.

8.13.1. Genel Gereklilikler

8.13.1.1 – Bu yönetmelikte yer alan özel kurallar dışında, TBDY Bölüm 5 kuralları geçerli kabul edilecektir. Yapı taşıyıcı sisteminin (DKTS) tüm elemanları, TBDY Bölüm 5’e uygun olarak modellenenecek ve değerlendirilecektir.

8.13.1.2 – Hesaplar DD-2 ve DD-1 deprem yer hareketi düzeylerinde yapılmalıdır. DD-1 deprem yer hareketi etkisi altında yapılacak analizden elde edilen sonuçlar, sönümlleme sisteminin (SS) tasarımında kullanılacaktır.

8.13.1.3 – DKTS doğal sönüm oranı, kritik sönümün %5’inden daha büyük alınamaz.

8.13.1.4 – ZTADOH yöntemi kapsamında, SS’de yer alan sönümlleme birimleri doğrusal olmayan elemanlar olarak modellenenecektir. Modellemelerde kullanılan sönümlleme birimlerinin rijitlik ve sönümlleme özellikleri, birim deneyleriyle doğrulanacaktır.

8.13.1.5 – Eğer sönümlleme birimlerinin özellikleri zamanla ve/veya sıcaklıkla değişiyorsa, bu davranışlar modellenmeli veya sınırlandırma yöntemiyle temsil edilecektir.

8.13.1.6 – Sönümlleme birimlerinin doğrusal olmayan kuvvet–hız–yerdeğiştirme karakteristikleri, birimin deprem yükleme frekansı, genliği ve süresine olan bağımlılığını açıkça hesaba katacak şekilde modellenenecektir.

8.13.1.7 – Sönümlleme birimlerinin kuvvet–şekildeğiştirme davranışlarındaki olası değişimlerin hesaba katılması için, güçlendirilmiş yapının, bu birimlerin sınır davranış parametreleri ile birden çok hesabının yapılması gerekmektedir. SS içeren güçlendirilmiş yapı tasarımı, bu hesaplardan elde edilen maksimum tesirlere dayandırılacaktır.

8.13.1.8 – Modellemelerde kullanılan sönümlleme birimlerinin rijitlik ve sönümlleme özellikleri birim deneyleri ile doğrulanacak veya bu deneylere dayandırılacaktır.

8.13.2. Sönümlleme Birimlerinin Modellemesi

Sönümlleme birimleri, **8.13.2.1**, **8.13.2.2** ve **8.13.2.3**’te tanımlandığı şekilde modellenenecektir.

8.13.2.1. Hız Bağımlı Birimler

Hız bağımlı sönümlleme birimlerinin modellenmesi, deney verileriyle uyumlu bir hız katsayısını içermelidir. ZTADOH yönteminde, sönümlleme birimlerindeki etkilerin eşdeğer sönümlleme oranı ile göz önüne alınmasına izin verilemez.

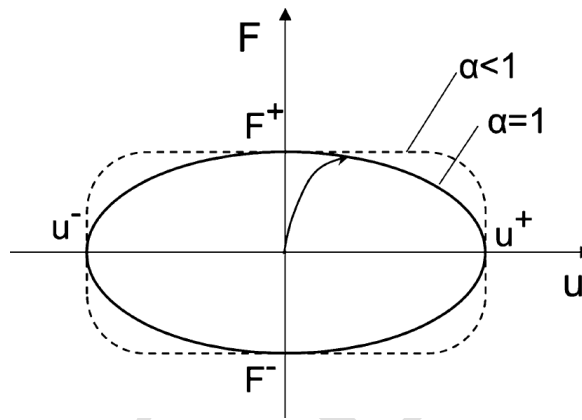
8.13.2.1.1. Sıvı Viskoz Sönümlleme Birimleri

8.13.2.1.1.1 – Sıvı viskoz sönümlleme birimlerinin çevrimsel (histeretik) davranışı; hareketin frekansına, genliğine ve çalışma sıcaklığına (uyarım nedeniyle oluşan sıcaklık artışı dahil) bağlıdır.

8.13.2.1.1.2 – Sıvı viskoz sönümlleme biriminde oluşan kuvvet (F), **Denk.(8.6)** ile hesaplanır.

$$F = C_0 |\dot{D}|^\alpha \text{sgn}(\dot{D}) \quad (8.6)$$

8.13.2.1.1.3 – Sıvı viskoz sönümlleme birimi için, kuvvet (F) ile yerdeğiştirme (u) arasındaki histeretik ilişki **Şekil 8.4**'te gösterilmiştir. Burada hız üssü $\alpha=1$ olduğunda birim doğrusal, $\alpha<1$ olduğunda ise doğrusal olmayan viskoz enerji sönümlleme birimi olarak tanımlanır.



Şekil 8.4. Sıvı viskoz sönümlleme birimi için kuvvet (F) – yerdeğiştirme (u) ilişkisi: $\alpha = 1$ için doğrusal viskoz sönümlleme birimi, $\alpha < 1$ için doğrusal olmayan viskoz sönümlleme birimi

8.13.2.1.2. Sıvı Viskoelastik Sönümlleme Birimleri

8.13.2.1.2.1 – Sıvı viskoelastik birimler, birimin davranış ilişkisini temsil etmek amacıyla, seri ve paralel bağlı yaylar ile sönümleyicilerin bir birleşimi kullanılarak modellenmelidir.

8.13.2.1.2.2 – Seçilen yay ve sönümleyici sabitleri, birimin frekans ve sıcaklık bağımlılığını, yapının birinci (hâkim) moduna ait titreşim frekansı (f_1) ve birimin çalışma sıcaklık aralığı ile uyumlu bir şekilde belirlemelidir.

8.13.2.1.2.3 – Eğer sıvı viskoelastik bir sönümlleme biriminin çevrimsel davranışı, sabit yay ve sönümleyici katsayılarının tekil tahminleri ile temsil edilemiyorsa, birden çok hesap, yay ve sönümleyici sabitlerinin üst ve alt sınır değerleri kullanılarak yapılmalıdır.

8.13.2.1.3. Katı Viskoelastik Sönümlleme Birimleri

8.13.2.1.3.1 – Katı viskoelastik sönümlleme biriminin histeretik davranışı genellikle hareketin frekansına, genliğine ve çalışma sıcaklığına (uyarım nedeniyle oluşan sıcaklık artışı dahil) bağlıdır.

8.13.2.1.3.2 – Katı viskoelastik sönümlleme biriminde oluşan kuvvet (F), **Denk.(8.7)** ile belirlenir.

$$F = k(D)D + C_0\dot{D} \quad (8.7)$$

8.13.2.1.3.3 – Katı viskoelastik sönümlleme birimlerinin modellenmesi için, paralel bağlı bir yay ve sönümleyici kullanılır (Kelvin modeli). Seçilen yay ve sönümleyici sabitleri birimin frekans ve sıcaklık bağımlılığını, yapının birinci (hâkim) moduna ait titreşim frekansı (f_1) ve birimin çalışma sıcaklık aralığına uygun şekilde temsil etmelidir.

8.13.2.2. Yerdeğiştirme Bağımlı Sönümlleme Birimleri

8.13.2.2.1 – Yerdeğiştirme bağımlı cihazlar, kuvvet–yerdeğiştirme davranışlarını ve varsa eksenel–kesme–eğilme etkileşimi ya da iki yönlü şekildeğiştirme davranışlarını temsil edecek şekilde modellenmelidir.

8.13.2.2.2 – Yerdeğiştirme bağımlı sönümlleme birimlerinin histeretik davranışı (uçları arasındaki kuvvet–yerdeğiştirme ilişkisi) rijit-plastik, ikili doğrusal veya üçlü doğrusal olabilir. Bu davranış genellikle uyarılma frekansına ve hıza bağımlı değildir.

8.13.2.2.3 – Yerdeğiştirme bağımlı bir enerji sönümlleme biriminde oluşan kuvvet (F), **Denk.(8.8)** ile hesaplanır.

$$F = k(D)D \quad (8.8)$$

8.13.2.2.4 – Yerdeğiştirme bağımlı sönümlleme birimlerinin analitik modelleri, deney verileriyle uyumlu bir şekilde birimlerin histeretik davranışını içermeli; pekleşme etkileri ile dayanım ve rijitlik azalmalarını hesaba katmalıdır.

8.13.2.3. Diğer Sönümlleme Birimi Türleri

8.13.2.3.1 – Yerdeğiştirme veya hız bağımlı olarak sınıflandırılmayan, geri merkezleme özelliğine sahip sönümlleme birimleri gibi diğer enerji sönümlleme birimleri, idare tarafından onaylanan yöntemler kullanılarak modellenmelidir.

8.13.2.3.2 – Geri merkezleme özelliğine sahip histeretik cihazlar gibi diğer enerji sönümlleme cihazları, **8.13.2.1** ve **8.13.2.2**'den farklı modelleme teknikleri gerektirir. Bu tür modeller, cihazın kuvvet–hız–yerdeğiştirme tepkisini, tüm yüklemeler (zati ağırlık, deprem, çevresel ve termal etkiler) altında doğru olarak temsil etmelidir.

8.14. EK DIŞMERKEZLİK ETKİSİ

8.14.1 – Kütle ve rijitlikteki simetri eksikliğinden kaynaklanan doğal dışmerkezlik hesaplarda dikkate alınmalıdır. Buna ek olarak, her döşeme seviyesinde iki dik doğrultunun her birinde ayrı ayrı olmak üzere, kütle merkezinin hesaplanan konumundan, döşeme boyutunun %5'i kadar yerdeğiştirmesiyle oluşan ek dışmerkezlik de hesaplarda göz önüne alınmalıdır.

8.14.2 – Ek dışmerkezlik durumu için, maksimum ve minimum sönümleyici özellikleriyle (üst ve alt sınır değerleri ile), hesaplar yapılmalı ve sonuçlar değerlendirilmelidir.

8.14.3 – Alternatif olarak, kütle dışmerkezliği etkilerini karşılamak üzere kuvvetler, ötelemeler ve şekildeğiştirmeler üzerindeki büyütme katsayıları belirlenecek ve bu katsayılar, ek dışmerkezlik etkilerini dahil etmek amacıyla kütle merkezi esas alınarak yapılan hesap sonuçlarına uygulanacaktır.

8.15. DİĞER GEREKLİLİKLER

8.15.1. Genel

8.15.1.1 – SS ve DKTS, bu bölümde belirtilen diğer sistem gerekliliklerine uygun olmalıdır.

8.15.1.2 – Birim özelliklerindeki değişkenliği yansıtmak amacıyla, **8.10**'da tanımlandığı şekilde, üst ve alt sınır hesapları gerçekleştirilecektir.

8.15.2. Rüzgâr Kuvvetleri

8.15.2.1 – Düşük çevrimli yorulma nedeniyle arızalanma riski taşıyan birimler, rüzgâr kuvvetlerini doğrusal elastik olarak karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

8.15.2.2 – Enerji sönümleme birimlerinin ve/veya bu birimlerin bileşenlerinin yorulma ömrü incelenecek ve birimlerin yapı ömrü boyunca yeterli olduğu gösterilecektir.

8.15.3. Denetim ve Değiştirme

Enerji sönümleme birimlerine denetim ve değiştirilme için erişim imkânı sağlanmalıdır.

8.15.4. Bakım

8.15.4.1 – Enerji sönümleme birimlerinin yapı ömrü boyunca güvenilir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla, bakım ve deney esasları **1.2.11** uyarınca belirlenecektir.

8.15.4.2 – Bakım ve deneyin kapsamı, birimlerin mevcut kullanım geçmişini yansıtacak şekilde belirlenmelidir.

8.16. TASARIM GÖZETİMİ VE KONTROLÜ

8.16.1 – Mevcut bir yapının SS eklenerek güçlendirme hesabı, tasarımı ve ilgili deney programları bu konularda deneyimli, bağımsız bir mühendis (veya mühendisler) tarafından denetlenecektir.

8.16.2 – Bu hizmetin yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar idare tarafından belirlenir.

8.16.3 – Tasarım gözetimi ve kontrolü, bunlarla sınırlı kalmamak kaydı ile, aşağıda **(a)** – **(g)**'de verilen hususları içermelidir.

(a) Konuma özel spektrum ve yer hareketi kayıtları dâhil olmak üzere deprem tasarım kriterleri.

(b) Sönümleme birimlerinin seçimi ve tasarım parametreleri.

(c) Yapının yerdeğiştirmeleri ile birimlerin yerdeğiştirme, hız ve kuvvet taleplerinin belirlenmesi dâhil olmak üzere, güçlendirme ön tasarımı.

(d) Prototip deney programının gözden geçirilmesi veya benzer birimlerden elde edilmiş verilerin kullanılması hususunda yapılan değerlendirme.

- (e)** Üretici deney verileri kapsamında seçilen özellik düzeltme katsayıları.
- (f)** Sönümlleme birimlerinin modellemesi de dâhil olmak üzere, tüm taşıyıcı sistemin nihai tasarımı, destekleyici hesaplar ve gerekli ise zaman tanım alanı hesapları.
- (g)** Sönümlleme birimlerine ilişkin prototip ve üretim deney programı.

TASLAK

BÖLÜM 9 – DEPREM YALITIMI

9.0. SİMGELER

D	= Dayanım Fazlalığı Katsayısı
KK	= Kesintisiz Kullanım Performans Seviyesi
R_a	= Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
SH	= Sınırlı Hasar Performans Seviyesi
h_i	= i'nci kat ile (i-1)'nci kat arasındaki mesafe (kat yüksekliği)

9.1. TANIMLAR

Yalıtım Sistemi: Binaya, yalıtım ara yüzünde düşey rijitlik, yatay esneklik ve enerji tüketimi sağlayan bileşenlerin toplamıdır.

Yalıtım Arayüzü: Yalıtım sisteminin yerleştirildiği arayüzdür.

Altyapı: Binanın yalıtım arayüzünün, temel sistemi de dahil olmak üzere, altında kalan kısımdır.

Üstyapı: Binanın yalıtım arayüzünün üstünde kalan yapısal kısımdır.

Yalıtım Birimi: Yalıtım sistemini meydana getiren elemanların her biri yalıtım birimi olarak adlandırılır. Yalıtım birimi, deprem yükleri altında yalıtım sisteminin yatayda esnek, düşeyde ise rijit olarak davranmasını ve büyük yatay yerdeğiştirmeler yapmasını sağlayan bir mesnet görevi yapar. Yalıtım birimleri enerji tüketme özelliğine sahip olmalıdır.

Tasarım Deprem Yer Hareketi: 2.1.2'de tanımlanan DD-2 deprem yer hareketi düzeyidir.

Tasarım Yerdeğiştirmesi: Tasarım deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım sisteminin arayüzündeki etkin rijitlik merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda oluşan, maksimum görelî yerdeğiştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğiştirme).

Toplam Tasarım Yerdeğiştirmesi: Tasarım deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım ara yüzündeki yalıtım birimlerinin her birinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın burulma davranışı da dikkate alınarak elde edilen en büyük görelî yerdeğiştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğiştirme).

En Büyük Deprem Yer Hareketi: 2.1.2'de tanımlanan DD-1 deprem yer hareketi düzeyidir.

En Büyük Yerdeğiştirme: En büyük deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım sisteminin ara yüzündeki etkin rijitlik merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda oluşan maksimum görelî yerdeğiştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğiştirme).

Toplam En Büyük Yerdeğiştirme: En büyük deprem yer hareketi etkisi altında, yalıtım ara yüzündeki yalıtım birimlerinin her birinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın burulma davranışı da dikkate alınarak elde edilen maksimum görelî yerdeğiştirmedir (üstyapının altı ve altyapının üstü arasındaki görelî yerdeğiştirme).

Etkin Sönüm Oranı: Yalıtım sisteminin, belirli genlikteki yerdeğiştirmeler altında göstereceği etkin sönüm oranıdır (tasarım yerdeğiştirmesi ve en büyük yerdeğiştirme için ayrı ayrı belirlenir).

Etkin Rijitlik: Yalıtım sisteminde oluşan toplam kesme kuvvetinin, yalıtım sistemi rijitlik merkezindeki görelı yerdeğiştirme değerine bölünmesi ile elde edilen rijitlik değeridir (tasarım yerdeğiştirmesi ve en büyük yerdeğiştirme için ayrı ayrı belirlenir).

Etkin Rijitlik Merkezi: Yalıtım sistemindeki birimlerin tasarım deprem yer hareketi altındaki yerdeğiştirmeye karşı gelen etkin yatay rijitliklerine bağlı olarak hesaplanan rijitlik merkezidir.

Etkin Yalıtım Periyodu: Kütlesi üstyapı kütlesine eşit ve rijitliği yalıtım sisteminin etkin yatay rijitliğine eşit olan tek serbestlik dereceli bir sistemin doğal titreşim periyodudur (tasarım yerdeğiştirmesi ve en büyük yerdeğiştirme için ayrı ayrı belirlenir).

9.2. KAPSAM

9.2.1 – Bu Bölüm, deprem yalıtımı uygulanarak güçlendirilecek olan mevcut binaların deprem tasarımı esaslarını kapsamaktadır.

9.2.2 – Mevcut binaların güçlendirilmesinde, deprem talebini azaltmak amacıyla elastomer deprem yalıtım birimlerinin kullanılmasına, ancak aşağıda **(a)** – **(e)** arasında verilen koşulların tamamının sağlanması durumunda izin verilir:

- (a)** Ahşap taşıyıcı sisteme sahip olmayan binalar,
- (b)** Yalıtımsız (ankastre tabanlı) durumdaki birinci (hâkim) doğal titreşim periyodu, her iki asal eksen doğrultusunda 1.0 saniyeden küçük olan binalar,
- (c)** Bina yükseklik sınıfı ≥ 2 olan binalar,
- (d)** Yerel zemin sınıfı ZE veya ZF olmayan alanda inşa edilmiş binalar,
- (e)** Düşey taşıyıcı elemanlarının hiçbirinde hasar bulunmayan binalar.

9.2.3 – Deprem talebi azaltılarak performans seviyesi yeterli hale getirilecek mevcut binaların güçlendirilmesinde TBDY Bölüm 14 esasları bu bölümde tanımlanan özel şartların yerine getirilmesi koşuluyla kullanılacaktır.

9.3. ÖZEL ŞARTLAR

9.3.1 – Mevcut binaların güçlendirilmesinde, kuvvete duyarlı sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimlerinin kullanılmasına izin verilmez.

9.3.2 – Deprem yalıtımı uygulanarak güçlendirilecek binaların tasarımında DD-2 deprem yer hareketi altında hedeflenen performans düzeylerine ulaşmak için deprem yükü azaltma katsayısı R_a ve dayanım fazlalığı katsayısı D **Tablo 9.1**'e göre belirlenecektir.

Tablo 9.1. Deprem Yüğü Azaltma ve Dayanım Fazlalığı Katsayıları

Performans Hedefi	R_a	D
KK	1.0	1.0
SH	1.2	1.2

9.3.3 – Deprem yalıtımı uygulanarak güçlendirilecek binaların tasarımında zaman tanım aralığında doğrusal olmayan hesap yöntemi uygulanacaktır.

9.3.4 – Üstyapıdaki görelî kat ötelemeleri, *Kesintisiz Kullanım* (KK) performans seviyesi için $0.005h_i$, *Sınırlı Hasar* (SH) performans seviyesi için ise $0.01h_i$ değerini aşmayacaktır.

9.3.5 – Yalıtım birimi prototip deneyleri tamamlanmadan uygulama aşamasına geçilmeyecektir.

9.3.6 – Yalıtım birimlerinin %100'üne üretim deneyleri uygulanacaktır.

TASLAK

BÖLÜM 10 – TEMELLER

10.1. KAPSAM

10.1.1 – Bu bölüm, tekil, sürekli (şerit) ve radye (plak) temel gibi yüzeysel temel sistemlerinin depreme karşı güçlendirilmesine yönelik esasları içerir.

10.1.2 – Bu bölüm, yerinde dökme ve çakma kazık benzeri derin temel sistemlerinin depreme karşı güçlendirilmesine yönelik esasları kapsamaz.

10.2. GENEL ESASLAR

10.2.1 – Bu bölümde, mevcut betonarme temel sistemlerinin depreme karşı güçlendirilmesine yönelik genel esaslar verilmiştir.

10.2.2 – Temel sistemi güçlendirmesi, binanın geneli için hedeflenen performans seviyesi ile uyumlu olacaktır. Hedeflenen performans seviyeleri, **Bölüm 2** uyarınca belirlenecektir.

10.2.3 – Güçlendirme projesine başlamadan önce, mevcut temellerin geometrisi, donatı düzeni, malzeme özellikleri ve zemin koşullarının durumu **Bölüm 3**'e uygun olarak toplanan bilgilerle tespit edilecektir.

10.2.4 – Binaların depreme karşı güçlendirilmesinde, üst yapı rijitliğini, kütlelerini veya yük aktarım mekanizmasını değiştiren uygulamalar yapılması durumunda, temel sisteminin de bu yeni duruma göre tahkik edilmesi ve gerekiyorsa güçlendirilmesi sağlanacaktır. Özellikle perde eklenmesi veya mevcut kolonların mantolanması durumlarında, temele aktarılan iç kuvvetlerdeki artış nedeniyle temel sisteminin güçlendirilmesi zorunludur.

10.2.5 – Güçlendirilmiş üst yapıdan gelecek olan artmış taleplerin (eksenel yük, kesme kuvveti, eğilme momenti, devrilme momenti) temel sisteminde güvenle karşılandığı hesaplamalar ile gösterilecektir. Temelden zemine aktarılan yüklerdeki artışlar, hem zemin taşıma gücü hem de oturmalar açısından kontrol edilecektir.

10.2.6 – Temel sistemindeki tasarım yüklerini belirleyebilmek amacıyla, güçlendirilecek binanın yapısal analizi **Bölüm 3**'e göre yapılacaktır. Temellere aktarılabacak tasarıma esas iç kuvvetler, bu analize göre belirlenecektir.

10.2.7 – Yapısal analiz modelinde temel sistemi, üst yapı ile birlikte veya üst yapıdan bağımsız olarak modellenebilir. Özellikle farklı temel tiplerinin bir arada kullanıldığı veya zemin koşullarının değişken olduğu durumlarda, yapı-zemin etkileşimini de dikkate alan birleşik modelleme (üst yapı + temel + zemin) yapılması öncelikli olarak değerlendirilecektir.

10.2.8 – Güçlendirilecek bir temel sisteminde, yeni ve mevcut temel elemanlarının göreceli rijitliği, her bir eleman üzerindeki iç kuvvet taleplerini belirler. Bu durum, yeni elemanların tasarım yüklerini belirlerken ve mevcut temellerin güçlendirilmiş durumda yeterli kapasiteye sahip olup olmadığını değerlendirirken dikkate alınacaktır.

10.2.9 – Güçlendirilmiş temel sisteminin tasarımında ve kapasite kontrollerinde aşağıda **(a)** ve **(b)**'de verilen hususlar esas alınacaktır:

(a) Güçlendirme amacıyla eklenen yeni temel elemanları veya mevcut temellere yapılan güçlendirme müdahaleleri, yeni yapıların tasarımına ilişkin kurallara göre, TBDY Bölüm 7 ve

TBDY Bölüm 16 esas alınarak tasarlanacaktır. Yeni ve mevcut temel elemanları arasındaki yük aktarımının tam olarak sağlanması için gerekli olan bağlantı detayları TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre hesapla gösterilecektir.

(b) TBDY 16.7.2 uyarınca, güçlendirilmiş temel sisteminin toplam tasarım dayanımı, tasarıma esas etkileri karşılayacaktır. Tasarım dayanımının hesabında, TBDY Tablo 16.2'de verilen dayanım katsayıları uygulanacak ve tüm olası göçme mekanizmaları kontrol edilecektir.

10.2.10 – Tüm temel güçlendirme projeleri için, TBDY 16.2.2'de tanımlanan içeriğe sahip bir Geoteknik Değerlendirme Raporu hazırlanacaktır. Bu raporda, zemin sıvılaşması gibi deprem kaynaklı zemin problemleri de değerlendirilecek ve güçlendirme projesinde kullanılacak zemin parametreleri net olarak belirtilecektir. Mevcut yapı altında zemin araştırması yapılamıyorsa, en uzak sondaj noktaları 15 m içinde olacak ve zemin profilinin benzerliği jeolojik ve jeofizik değerlendirme ile desteklenecektir.

10.2.11 – Temel güçlendirme uygulamaları, projesine tam uyumlu olarak yapılacak ve işin her aşaması (kazı, kalıp, donatı, beton dökümü, ankraj uygulaması vb.) kontrol edilecektir. Özellikle yeni ve mevcut betonun birleşim yüzeyleri, yük aktarımını tam olarak sağlayacak şekilde hazırlanacak ve imalatlar **Bölüm 12**'te verilen kalite kontrol prosedürlerine uygun olarak belgelendirilecektir.

10.2.12 – Temel sisteminin güçlendirilmesi sonrasında dahi zemin taşıma gücünün yetersiz kaldığı, aşırı oturmaların beklediği veya TBDY 16.6 uyarınca zemin sıvılaşma riski tespit edilen durumlarda, temel güçlendirmesine ek olarak veya alternatif olarak zemin iyileştirme ve/veya güçlendirme yöntemlerine başvurulabilir. Zemin iyileştirme yöntemlerinin seçimi, uygulanması ve kontrolüne ilişkin genel ilkeler TBDY EK 16D'de verilmiştir. Zemin iyileştirmesi uygulanması durumunda, **10.2.10** uyarınca hazırlanacak Geoteknik Değerlendirme Raporu'nda seçilen iyileştirme yöntemi, hedeflenen zemin özellikleri, iyileştirilmiş zemin için taşıma gücü ve oturma değerleri açıkça belirtilecek, uygulama sonrası kontrol sonuçları raporlanacaktır.

10.3. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

10.3.1. Yöntem Seçimi

10.3.1.1 – Temel sisteminin güçlendirilmesinde uygulanacak müdahale yönteminin seçimi, proje müellifi inşaat mühendisinin yetki ve sorumluluğundadır. Yöntem seçimi yapılırken mevcut temel sisteminde ve zemin koşullarında saptanan yetersizliklerin türü (taşıma gücü, oturma, yanılma, devrilme vb.), üst yapı için seçilen güçlendirme yönteminin temel sistemine etkileri (özellikle perde duvar eklenmesi, kolon mantolaması gibi durumlarda temel iç kuvvetlerindeki artış), **10.2.10** uyarınca hazırlanan geoteknik değerlendirme raporundaki bulgular, mevcut binanın mimari, yapım ve işletme koşulları ile müdahalenin uygulanabilirliği hususlar dikkate alınacaktır.

10.3.2. Uygulanabilecek Yöntemler

10.3.2.1 – Bu yönetmelik kapsamında uygulanabilecek güçlendirme yöntemleri, aşağıda **(a)** ile **(b)**'de belirtilenlerle sınırlı olmamakla birlikte, temel ilkeleri ve uygulama alanları ilgili bölümlerde sunulmuştur:

(a) Mevcut temel elemanlarının güçlendirilmesine yönelik yöntemler için **10.4**,

(b) Yeni temel elemanlarının eklenmesine yönelik yöntemler için **10.5**,

10.3.2.2 – 10.3.2.1 kapsamına girmeyen ancak mühendislik prensiplerine uygun olan farklı güçlendirme yöntemleri aşağıdaki koşulların sağlanması durumunda kullanılabilir:

(a) Yöntemin **10.2**'de tanımlanan genel esasları sağladığı detaylı analiz ve hesaplarla kanıtlanmalıdır.

(b) Yöntemin uygulanabilirliği, uluslararası kabul görmüş standartlar, bilimsel yayınlar veya deneysel çalışmalarla desteklenmelidir.

10.4. MEVCUT TEMEL ELEMANLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ

10.4.1. Genel İlkeler

10.4.1.1 – Bu bölümde detaylandırılan tüm güçlendirme müdahalelerinde aşağıda (a) ila (e)'de verilen genel ilkelere uyulacaktır:

(a) Mevcut temele eklenen ilave beton kesitleri, donatılar ve bağlantı detayları **10.2.9(a)** uyarınca tasarlanacaktır.

(b) Mevcut temel ile ilave edilen beton kesiti arasındaki arayüze, **10.2** uyarınca yapılan analizlerden elde edilen kesme ve normal gerilmelerin güvenle aktarımını sağlayan bağlantı elemanları tasarlanarak yerleştirilecektir.

(c) Mevcut temele eklenen beton veya özel harç (grout), mevcut temel betonunun dayanımından az olmayacak ve hiçbir durumda karakteristik beton dayanımı (f_{ck}) 25 MPa'dan düşük olmayacaktır. Rötne azaltıcı beton veya harç katkıları kullanılacaktır.

(d) Yeni betonun mevcut betona monolitik bir şekilde yapışmasını sağlamak amacıyla, mevcut beton yüzeylerindeki zayıf katmanlar, sıva, boyalar ve yağlar temizlenecek ve yüzey mekanik yöntemlerle (yontma, kumlama veya yüksek basınçlı su) yüzey genelinde tepe ve çukurlar arası ortalama 5 mm derinliğe sahip olacak şekilde pürüzlendirilecektir.

(e) Güçlendirme imalatı sırasında, mevcut yapının geçici durumdaki stabilitesi ve taşıma gücü yeterliliği hesapla kontrol edilecek ve gerekli geçici destekleme sistemleri uygulanacaktır.

10.4.2. Temel Kalınlığının Artırılması

10.4.2.1 – Temel kalınlığının artırılması, mevcut temelin üst ve/veya alt yüzeyine betonarme tabakalar eklenmesi ile gerçekleştirilir. Bu yöntem, özellikle temelin eğilme ve zımbalama dayanımını artırmak için kullanılır.

10.4.2.2 –Yeni beton kalınlığı, eğilme ve zımbalama hesapları ile belirlenmekle birlikte, 250 mm'den az olmayacaktır. İlave beton kesitlerinin tasarımı ve donatılandırılması **10.2.9(a)** uyarınca ve TS500'e göre gerçekleştirilecektir.

10.4.2.3 – Yeni ve mevcut temel kesitleri arasındaki arayüzde oluşan gerilmeleri karşılamak üzere **10.2.9(a)** uyarınca tasarlanan bağlantı elemanlarının (donatı filizleri veya ankraj çubukları) çapı minimum 12 mm ve mevcut betona gömülme derinliği bağlantı elemanı çapının

en az 10 katı olacaktır. Bağlantı elemanları arasındaki maksimum mesafe 300 mm'yi aşmayacaktır.

10.4.2.4 – Temel kalınlığının alt yüzeyden artırılmasının zorunlu olduğu durumunda mevcut temel altında yeterli çalışma boşluğu oluşturulacak ve geçici destekleme sistemi kurulacaktır. Temel altına beton yerleştirmede, akışkan kıvamlı ve rötre yapmayan beton karışımları kullanılacaktır. Yeni beton ile zemin arasında boşluk kalmaması için, kontrollü basınçlı enjeksiyon veya özel yerleştirme teknikleri kullanılacaktır.

10.4.3. Tekil Temellerin Sürekli Temele Dönüştürülmesi

10.4.3.1 – Tekil temellerin sürekli temele dönüştürülmesi, mevcut tekil temeller arasına betonarme bağ kirişleri veya temel plağı eklenmesi ile gerçekleştirilir. Bu yöntem, taşıma kapasitesinin artırılması ve farklı oturmaların sınırlandırılması amacıyla kullanılır.

10.4.3.2 – Tekil temeller üzerine eklenecek kesitler ve temelleri birbirine bağlayan yeni elemanlar, taşıması gereken kuvvetler altında **10.2.9(a)** uyarınca boyutlandırılacak ve donatılacaktır. Temelleri birbirine bağlayan betonarme elemanların yüksekliği, en az 300 mm olacaktır.

10.4.3.3 – Sürekli temele dönüştürülen sistem, deprem etkisi altında oluşan devrilme momentleri ve temel altı zemin gerilmeleri açısından kontrol edilecektir. Farklı temeller arası oturma farkları dikkate alınacaktır.

10.4.4. Mevcut Temellerin Radye Temele Dönüştürülmesi

10.4.4.1 – Mevcut münferit temellerin (tekil, sürekli veya karma) radye temele dönüştürülmesi, mevcut temeller arasındaki zeminin temizlenmesi, temel yüzeylerinin hazırlanması, bağlantı elemanlarının yerleştirilmesi ve yeni radye temel donatısının yerleştirilerek beton dökülmesi ile gerçekleştirilir.

10.4.4.2 – Mevcut temel üst yüzeyleri ile yeni radye plak alt yüzeyi arasında tam temas sağlamak için, gerekirse mevcut temellerin üst yüzeyleri düzeltilecek ve **10.4.1.1(d)**'ye göre hazırlanacaktır.

10.4.4.3 – Radye temel kalınlığı, eğilme ve zımbalama dayanımlarını sağlayacak şekilde belirlenecek ve hiçbir durumda 250 mm'den az olmayacaktır.

10.4.4.4 – Radye temel sistemi, zemin taşıma gücü ve oturma analizleri açısından kontrol edilecektir.

10.5. YENİ TEMEL ELEMANLARININ EKLENMESİ

10.5.1. Genel İlkeler

10.5.1.1 – Bu bölümde detaylandırılan tüm güçlendirme müdahalelerinde aşağıda **(a)** ile **(d)**'de verilen genel ilkelere uyulacaktır:

(a) Mevcut temel sistemi ile eklenecek yeni temel elemanlarının birleşik davranışı, elemanların göreceli rijitlikleri ve gerekli durumlarda yapı-zemin etkileşimi dikkate alınarak **10.2**'ye göre analiz edilecektir.

(b) Yeni ve mevcut temel elemanları arasındaki yük aktarımının (eğilme momenti, kesme ve eksenel kuvvetler) güvenle sağlandığı, **10.2** uyarınca hesaplanan kuvvetlere göre doğrulanacaktır.

(c) Güçlendirme amacıyla eklenen tüm yeni temel elemanları, TBDY Bölüm 7 ve TBDY Bölüm 16'da yeni yapılar için belirtilen kurallara göre tasarlanacaktır.

(d) Güçlendirme imalatı sırasında yapılacak kazı, söküm gibi işlemler esnasında yapının geçici durumdaki stabilitesinin ve taşıma gücünün yeterli olduğu hesapla kontrol edilecektir.

10.5.2. Kolon veya Perde İçin Yeni Temellerin Eklenmesi

10.5.2.1 – Üst yapıya eklenen yeni kolon veya perdeler için yapılacak temeller, taşıyıcı sisteme uygun olarak tasarlanacak ve mevcut temel sistemine betonarme bağ kirişleri veya plak elemanları ile bağlanacaktır.

10.5.2.2 – Mevcut ve yeni temel elemanları arasındaki bağlantı, her iki elemana da bağlantı elemanları ile sağlanacaktır. Bağlantı elemanları, iki eleman arasındaki kuvvet aktarımını güvenle sağlayacak şekilde **10.2.9(a)**'ya göre tasarlanacaktır.

10.5.2.3 – Yeni eklenen temel elemanları, zemin taşıma gücü ve oturma kriteri açısından kontrol edilecektir. Yeni temel ile mevcut temel arasında oluşabilecek farklı oturmaların yapı davranışına etkileri değerlendirilecek ve gerekli önlemler alınacaktır.

BÖLÜM 11 – YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR

11.0. SİMGELER

A_{ie}	= TBDY uyarınca binanın ilgili deprem yer hareketi etkisi altında i'nci kattaki yapısal olmayan elemanın döşemeye bağlandığı bölgeye etkiyen en büyük toplam ivme
A_{ien}	= Hesaba katılan titreşim modu için, binanın i'nci katında yapısal olmayan elemanın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak modal kat ivmesi
A_{SCM}	= Birim genişlikteki hasır kumaş ya da çelik donatı alanı
A_{SLP}	= Birim genişlikteki lifli polimer alanı
B_e	= Yapısal olmayan elemana uygulanan büyütme katsayısı
c_u	= Donatılı kesitin tarafsız eksen derinliği
E_{fCM}	= Güçlendirme sıvası uygulamasının çatlamış elastisite modülü
E_{fLP}	= Lifli polimer elastisite modülü
f_m	= Harcın ortalama basınç dayanımı (28 günlük)
f_k	= Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı
f_{xk1}	= Bölme duvarın yatay derzlere paralel doğrultudaki moment etkisi altındaki karakteristik eğilme dayanımı
f_{xk2}	= Bölme duvarın yatay derzlere dik doğrultudaki moment etkisi altındaki karakteristik eğilme dayanımı
f_{feCM}	= Güçlendirme sıvası donatısının çekme dayanımı
f_{fuLP}^*	= Lifli polimer çekme dayanımı
f_{fdLP}	= Lifli polimer tasarım çekme dayanımı
F_{ie}	= Eleman veya donanımın ağırlık merkezine yatay olarak etkiyen ve eleman veya donanımın üzerinde kendi kütlesi ile orantılı olarak dağıtılabilen eşdeğer deprem yükü
h	= Bölme duvar yüksekliği
I_p	= Yapısal olmayan elemanlar için performans hedefi katsayısı
l	= Bölme duvar uzunluğu
m_e	= Yapısal olmayan elemanın kütlesi
n	= Lifli polimer kat sayısı
M_{E1}	= Bölme duvarın yatay derzlere paralel doğrultudaki eğilme momenti
M_{E2}	= Bölme duvarın yatay derzlere dik doğrultudaki eğilme momenti
M_{CMd}	= Güçlendirme sıvası uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{CMd1}	= Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere paralel doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{CMd2}	= Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere dik doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{CMR}	= Güçlendirme sıvası uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki azaltılmamış eğilme momenti kapasitesi

M_{LPR}	= Lifli polimer uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki azaltılmamış eğilme momenti kapasitesi
M_{LPd}	= Lifli polimer uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{LPd1}	= Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere paralel doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{LPd2}	= Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere dik doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi
M_{UR}	= Bölme duvarın mevcut durumda birim genişlikteki karakteristik eğilme momenti kapasitesi
R	= Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_e	= Yapısal olmayan eleman için tanımlanan davranış katsayısı
T_n	= Binanın n'nci doğal titreşim periyodu
T_p	= Binanın ilgili deprem doğrultusunda hakim doğal titreşim periyodu
t	= Bölme duvar kalınlığı
t_{LP}	= Bir kat lifli polimerin nominal kalınlığı
u_i	= Binanın i'nci katında dikkate alınan deprem doğrultusunda azaltılmamış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme
u_{in}	= Binanın i'nci katında dikkate alınan deprem doğrultusunda azaltılmamış deprem yüklerine göre hesaplanan n'nci moda ait yatay yerdeğiştirme
β	= Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere tarafsız eksen derinliğine uygulanan azaltma katsayısı
ε_{feCM}	= Güçlendirme sıvası donatısı çekme şekildeğiştirmesi
ε_{fuLP}^*	= Lifli polimer kopma uzaması
ε_{fdLP}	= Lifli polimer tasarım kopma uzaması
ε_{fuCM}	= Güçlendirme sıvası kopma şekildeğiştirmesi
γ_c	= Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere yığma malzemesinin basınç dayanımına uygulanan azaltma katsayısı
γ_R	= Duvar yüzeyine uygulanacak güçlendirme uygulaması için tanımlanan dayanım azaltma katsayısı
γ_m	= Yığma malzeme dayanım azaltma katsayısı
μ	= Bölme duvarların birbirine dik doğrultudaki eğilme dayanımları oranı (f_{xk1}/f_{xk2})
μ_{CM}	= Güçlendirme sonrasında birbirine dik doğrultulu eğilme dayanımı oranı
μ_{LP}	= Güçlendirme sonrasında birbirine dik doğrultulu eğilme dayanımı oranı
w_E	= Bölme duvar yüzeyine uygulanan düzgün yayılı deprem yükü

11.1. KAPSAM

11.1.1 – Yapıların esas taşıyıcı sistemine dahil olmayan, deprem etkileri altında hasar görebilecek, can ve mal kaybına sebebiyet verebilecek ya da binanın işlevselliğini olumsuz etkileyebilecek tüm mimari, elektrik ve mekanik elemanlar yapısal olmayan eleman olarak sınıflandırılacaktır. Yapısal olmayan elemanlar bu bölümde verilen kurallara göre değerlendirilecek ve yetersiz elemanlar güçlendirilecektir.

11.1.2 – TBDY Bölüm 3.2’ye göre *Deprem Tasarım Sınıfı* (DTS)=4 olan binalardaki yapısal olmayan elemanlar, binada geçici olarak bulunan ve binaya bağlı olmayan donanımlar için bu bölüm kapsamında değerlendirme ve güçlendirme yapmak zorunlu değildir.

11.1.3 – Yapısal olmayan elemanlar ve bağlantıları bu bölümde hesaplanacak deprem yüklerini karşılayacak kapasitede olmalıdır. Bağlantı elemanları yapısal olmayan elemandan yük aktarımını kesintisiz olarak sağlayacak dayanıma sahip olmalıdır.

11.2. GENEL KURALLAR

11.2.1 – Deprem etkileri altında yapısal olmayan elemanların hasar düzeylerini tanımlamak üzere **(a)**, **(b)** ve **(c)**’de verilen hasar sınırları belirlenmiştir.

(a) Sınırlı Hasar (SH): Yapısal olmayan eleman sınırlı miktarda elastik ötesi davranış sergilemiştir. Meydana gelen hasar kolay onarılabilir ve bina işlevini olumsuz etkilemeyecek düzeydedir.

(b) Kontrollü Hasar (KH): Yapısal olmayan eleman güvenli olarak karşılayabileceği miktarda elastik ötesi davranış sergilemiştir. Meydana gelen hasar bina işlevini kısıtlayacak düzeydedir ancak can güvenliği açısından bir tehdit oluşturmaz.

(c) Göçme Öncesi (GÖ): Yapısal olmayan eleman ileri düzeyde elastik ötesi davranış sergilemiş olup can güvenliği açısından risk oluşturabilecek düzeyde hasar görmüştür.

11.2.2 – Binalarda yapısal olmayan elemanlar için aşağıda **(a)**, **(b)** ve **(c)**’de verilen performans düzeyleri tanımlanmıştır.

(a) Sınırlı Hasar Performans Düzeyi: Tüm yapısal olmayan elemanların *Sınırlı Hasar* sınırının altında kaldığı düzeydir.

(b) Kontrollü Hasar Performans Düzeyi: Tüm yapısal olmayan elemanların *Kontrollü Hasar* sınırının altında kaldığı düzeydir.

(c) Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi: Tüm yapısal olmayan elemanların *Göçme Öncesi* sınırının altında kaldığı düzeydir.

11.3. MEVCUT DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

11.3.1. Hesapta Dikkate Alınacak Kuvvetlerin Belirlenmesi

11.3.1.1 – Yapısal olmayan elemanların deprem etkileri altında hasar durumlarının (SH, KH, GÖ) değerlendirilmesinde esas alınacak, eleman veya donanımın ağırlık merkezine yatay olarak etkileyen ve eleman veya donanımın üzerinde kendi kütlesi ile orantılı olarak dağıtılabilen eşdeğer deprem yükü (F_{ie}) **Denk.(11.1)** ile hesaplanacaktır.

$$F_{ie} = \frac{m_e A_{ie} B_e}{R_e} I_p \quad (11.1)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

m_e = Yapısal olmayan elemanın kütlesi

A_{ie} = **Tablo 2.1** uyarınca binanın ilgili deprem yer hareketi etkisi altında i ’nci kattaki yapısal olmayan elemanın döşemeye bağlandığı bölgeye etkileyen en büyük toplam ivme

- B_e = TBDY Bölüm 6.2’de yapısal olmayan elemanlar için tanımlanan büyütme katsayısı
 R_e = TBDY Bölüm 6.2’de belirtilen yapısal olmayan elemanlar için tanımlanan davranış katsayısı
 I_p = **Tablo 11.1**’de tanımlanan performans hedefi katsayısı

Tablo 11.1. Yapısal Olmayan Elemanlar için Performans Hedefi Katsayısı

I_p		
SH	KH	GÖ
1.5	1.0	0.67

11.3.1.2 – Bina taşıyıcı sistemi için TBDY Bölüm 4.7’ye göre yapılacak doğrusal deprem hesabı sonucunda, herhangi bir i’nci katta eleman veya donanımın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak ivme değeri A_{ie} **Denk.(11.2)** ile belirlenecektir.

$$A_{ie} = \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2 u_i \quad (11.2)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

- T_p = Binanın ilgili deprem doğrultusunda hâkim doğal titreşim periyodu
 u_i = Binanın i’nci katında dikkate alınan deprem doğrultusunda azaltılmamış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme

11.3.1.3 – Bina taşıyıcı sistemi için TBDY Bölüm 4.8’e göre yapılacak hesap sonucunda A_{ie} , hesapta dikkate alınan titreşim modlarının her biri için binanın i’nci katında, yapısal olmayan elemanın bulunduğu konumda, ilgili doğrultuda hesaplanan mutlak modal kat ivmesi A_{ien} ’lerin karelerinin toplamının karekökü alınarak belirlenecektir. A_{ien} **Denk.(11.3)** ile hesaplanacaktır.

$$A_{ien} = \left(\frac{2\pi}{T_n} \right)^2 u_{in} \quad (11.3)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

- T_n = Binanın n’nci doğal titreşim periyodu
 u_{in} = Binanın i’nci katında dikkate alınan deprem doğrultusunda azaltılmamış deprem yüklerine göre hesaplanan n’nci moda ait yatay yerdeğiştirme

11.3.1.4 – Hesapta dikkate alınacak eşdeğer deprem yükü (F_{ie}) TBDY Bölüm 6’da belirtilen minimum sınırdan daha küçük alınmayacaktır.

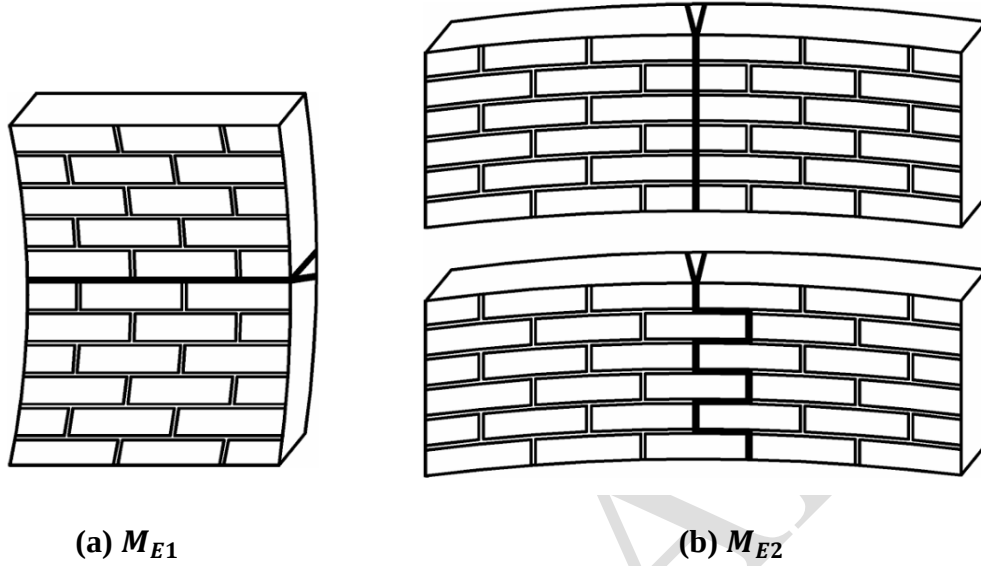
11.3.1.5 – Bina için TBDY’de tanımlanan diğer yöntemler ile hesap yapılması durumunda A_{ie} TBDY Bölüm 6’da tanımlanan kurallara göre hesaplanacaktır.

11.3.1.6 – Yapısal olmayan elemanların ve bağlantılarının ilgili performans hedefi için **Denk.(11.1)** uyarınca belirlenen kuvveti karşılayabileceği hesap ile gösterilecektir. Yapısal olmayan elemanın ya da bağlantılarının yetersiz olması durumunda güçlendirme tasarımı **11.4**’te belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

11.3.2. Bölme Duvarların Düzlem Dışı Doğrultuda Tahkiki

11.3.2.1 – Bölme duvarların düzlemlerine dik doğrultudaki deprem yükleri altındaki tahkikleri TS EN 1996-1-1’de verilen kurallara göre yapılacaktır.

11.3.2.2 – Bölme duvarlar yatay derzlere paralel (Şekil 11.1a) ve yatay derzlere dik doğrultudaki eğilme momenti (Şekil 11.1b) etkileri altında kontrol edilecektir.



Şekil 11.1

11.3.2.3 – Bölme duvarların yatay derzlere paralel doğrultudaki eğilme momenti altındaki karakteristik eğilme dayanımları (f_{xk1}) ve yatay derzlere dik doğrultulu eğilme momenti etkisi altındaki karakteristik eğilme dayanımları (f_{xk2}) TS EN 1052-2 standardına bağlı olarak yapılacak deneyler ile veya **Tablo 11.2** ve **Tablo 11.3**’e göre belirlenecektir.

Tablo 11.2. Bölme Duvarlar için f_{xk1} Değerleri

Kagir Birim	f_{xk1} (MPa)		
	Genel Amaçlı Harç		İnce Tabaka Harç*
	$f_m < 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa
Tuğla	0.10	0.15	0.20
Hafif Agregalı Beton	0.05	0.10	0.20
Gazbeton	0.05	0.10	0.15
Doğal veya Yapay Taş	0.05	0.10	0.15

*Derz kalınlığı 0.5 mm ile 3 mm arasında

Tablo 11.3. Bölme Duvarlar için f_{xk2} Değerleri

Kagir Birim		f_{xk2} (MPa)		
		Genel Amaçlı Harç		İnce Tabaka Harç*
		$f_m < 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa	$f_m \geq 5$ MPa
Tuğla		0.20	0.40	0.20
Hafif Agregalı Beton		0.20	0.40	0.30
Gazbeton	$\rho_d < 400 \text{ kg/m}^3$	0.20	0.20	0.20
	$\rho_d > 400 \text{ kg/m}^3$	0.20	0.40	0.30
Doğal veya Yapay Taş		0.20	0.40	0.20

*Derz kalınlığı 0.5 mm ile 3 mm arasında

11.3.2.4 – Düzlem dışı doğrultudaki deprem kuvvetinin bölme duvarda meydana getireceği M_{E1} ve M_{E2} momentleri Denk.(11.4) ve Denk.(11.5) ile hesaplanacaktır. α_1 ve α_2 katsayıları bölme duvarın mesnetlenme koşulu, duvarda birbirine dik doğrultudaki eğilme dayanımı oranı ($\mu = f_{xk1}/f_{xk2}$) ve duvarın yüksekliği ile uzunluğunun oranına (h/l) bağlı olarak TS EN 1996-1-1 uyarınca belirlenecektir. w_E duvar yüzeyine uygulanan düzgün yayılı deprem yükü olup hesaba esas eşdeğer deprem yükü, F_{ie} 'nin duvar yüzey alanına bölünmesiyle elde edilecektir Denk.(11.6).

$$M_{E1} = \alpha_1 w_E l^2 \quad (11.4)$$

$$M_{E2} = \alpha_2 w_E l^2 \quad (11.5)$$

$$w_E = F_{ie}/(h \times l) \quad (11.6)$$

11.3.2.5 – Bölme duvarların taşıyıcı sistem elemanları ile bağlantılarında, eğer özel olarak moment aktarabilen birleşim detayları mevcut değilse, bağlantıların moment aktarmadığı ve duvar kenarlarının basit mesnetli olduğu kabul edilecektir.

11.3.2.6 – Bölme duvarlar ile kirişler arasında boşluk bırakılması veya boşluğun yumuşak dolgu malzemeleri ile kapatılması halinde kiriş ile duvar arasında bağlantı olmadığı kabulüyle duvarların üç kenarından taşıyıcı sisteme mesnetlendiği kabul edilecektir.

11.3.2.7 – Bölme duvarların Tablo 11.2 ve Tablo 11.3'te belirtilen f_{xk1} ve f_{xk2} değerleri kullanılarak hesapta dikkate alınan deprem etkileri altında belirlenecek M_{E1} ve M_{E2} momentlerini karşılayabileceği hesaplara tahkik edilecektir. Bunun için bölme duvarın mevcut durumda ilgili doğrultuda birim genişlikteki karakteristik eğilme momenti kapasitesi, M_{UR} Denk.(11.7) ile hesaplanacaktır.

$$M_{UR} = f_{xki} t^2 / 6 \quad (11.7)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

f_{xki} = İlgili doğrultudaki duvar malzemesinin eğilme dayanımı

t = Duvar kalınlığı

11.3.2.8 – Bölme duvarın düzlem dışı doğrultusunda hesapta dikkate alınan eşdeğer deprem yükü, F_{ie} altında kesme etkileri altındaki yeterliliği TBDY Bölüm 11'e göre kontrol edilecektir.

11.3.3. Asma Tavan Sistemlerinin Tahkiki

11.3.3.1 – Asma tavan sistemleri ASTM E580/E580M-24a standardında belirtilen minimum geometrik koşulları ve yatay stabilite elemanı kriterlerini sağlayacak şekilde imal edilmiş olmalıdır.

11.3.3.2 – Asma tavan sisteminde kullanılan tüm elemanların ve bağlantıların asma tavan sisteminin kendi ağırlığı ve yatay doğrultuda hesapta dikkate alınan eşdeğer deprem yükü, F_{ie} altında yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilecektir.

11.3.3.3 – Çelik sistem elemanlarının yeterliliği karakteristik malzeme dayanımları kullanılarak ÇYTHYE'de belirtilen kurallara göre belirlenecektir.

11.3.3.4 – Asma tavan sistemlerinin betonarme taşıyıcı sistem elemanlara bağlantılarında kullanılan ankrajların yeterliliği karakteristik malzeme dayanımları kullanılarak TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre yapılacaktır.

11.3.3.5 – Asma tavan sisteminin **11.3.3.1**'de belirtilen geometrik şartları sağlamaması, yatay stabilite elemanları içermemesi veya **11.3.3.2**, **11.3.3.3** ve **11.3.3.4**'te yapılacak kontrollerde elemanların ya da bağlantıların yetersiz bulunması durumunda sistemin hedef performans düzeyini sağlamadığı kabul edilecektir.

11.3.4. Elektrik ve Mekanik Sistemlerin Tahkiki

11.3.4.1 – Elektrik ve mekanik yapısal olmayan sistemlerde kullanılan tüm elemanlar ve bağlantıların, sistemlerin kendi ağırlığı ve yatay doğrultuda hesapta dikkate alınan eşdeğer deprem yükü F_{ie} altında yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilecektir.

11.3.4.2 – Elektrik ve mekanik sistemlerdeki çelik elemanların ve bağlantıların yeterliliği, karakteristik malzeme dayanımları kullanılarak ÇYTHYE'de belirtilen kurallara göre belirlenecektir.

11.3.4.3 – Elektrik ve mekanik sistemlerin betonarme taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarında kullanılan ankrajların yeterliliği karakteristik malzeme dayanımları kullanılarak TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre değerlendirilecektir.

11.3.4.4 – Elektrik ve mekanik sistemler için **11.3.4.1**, **11.3.4.2** ve **11.3.4.3**'te yapılacak kontrollerde elemanların ya da bağlantıların yeterli olmaması durumunda, sistemin hesapta dikkate alınan hedef performans düzeyini sağlamadığı kabul edilecektir.

11.3.4.5 – Yangın sistemleri **11.3.4.1**, **11.3.4.2** ve **11.3.4.3**'e ilave olarak TS EN 12845-3:2024 standardında belirtilen geometrik ve bağlantı detay şartlarını sağlaması gerekmektedir.

11.4. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

11.4.1. Bölme Duvarların Düzlem Dışı Eğilme Etkilerine Karşı Güçlendirilmesi

11.4.1.1. Hasır Kumaş / Çelik Donatılı Güçlendirme Sıvası Uygulamaları

11.4.1.1.1 – Duvar yüzeylerine uygulanacak güçlendirme sıvasında kullanılacak donatılar; karbon, bazalt, cam, aramid hasır kumaşlardan veya çelik donatıdan oluşabilecektir. Donatıların sadece çekme kuvvetlerini karşıladığı ve basınç kuvveti taşımadığı kabul edilecektir.

11.4.1.1.2 – Bölme duvarların eğilme etkilerine karşı güçlendirilmesinde kullanılacak hasır kumaş içeren güçlendirme sıvası uygulamasının çekme etkileri altındaki mekanik özellikleri AC434:2016 ya da RILEM TC232-TDT'deki yöntemler ile belirlenecektir.

11.4.1.1.3 – Duvar yüzeyinde hasır kumaş veya çelik donatılı güçlendirme sıvası ile eğilme etkilerine karşı güçlendirme tasarımında duvarların **Tablo 11.2** ve **Tablo 11.3**'teki karakteristik eğilme dayanımları ile birlikte TBDY Bölüm 11'deki karakteristik malzeme dayanımları, azaltma katsayıları ve şekildeğiştirme sınırları dikkate alınacaktır.

11.4.1.1.4 – Güçlendirme sıvası içinde kalacak donatının çekme şekildeğiştirmesi, ϵ_{feCM} **Denk.(11.8)** ile hesaplanacaktır. Denklemden ϵ_{fuCM} malzemenin kopma şekildeğiştirmesini belirtmektedir.

$$\epsilon_{feCM} = \min(\epsilon_{fuCM}, 0.012) \quad (11.8)$$

11.4.1.1.5 – Güçlendirme donatısının çekme dayanımı f_{feCM} **Denk.(11.9)** ile hesaplanacaktır. Denklemden E_{fCM} , **11.4.1.1.2**'deki yöntemler ile belirlenen, donatılı güçlendirme sıvasının çatlamış kesit elastisite modülüdür.

$$f_{feCM} = E_{fCM} \epsilon_{feCM} \quad (11.9)$$

11.4.1.1.6 – Bölme duvarlarda güçlendirme sıvası uygulanması sonrasındaki eğilme dayanımının hesabında **Denk.(11.10)** ile belirlenen tarafsız eksen derinliği, c_u kullanılacaktır.

$$c_u = \frac{A_{SCM} f_{feCM}}{\gamma_c f_k \beta} \quad (11.10)$$

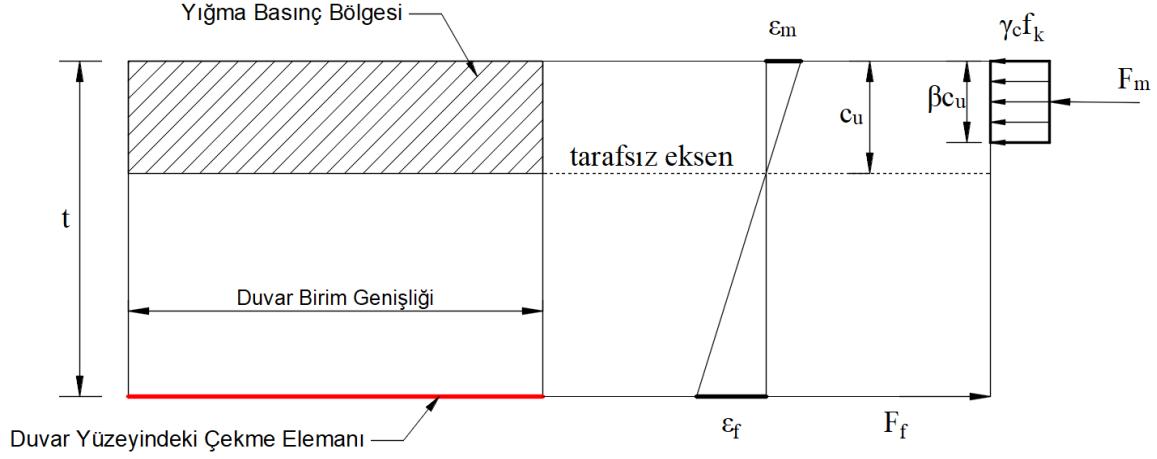
Denklemden terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_{SCM} = İlgili doğrultuda birim genişlikteki hasır kumaş ya da çelik donatı alanı

γ_c = Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere yığma malzemesinin basınç dayanımına uygulanan azaltma katsayısı

β = Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere tarafsız eksen derinliğine uygulanan azaltma katsayısı

Hesaplarda γ_c katsayısı ve β katsayısı 0.7 olarak dikkate alınacaktır. Düzlem dışı eğilme etkileri altındaki kesit davranışı **Şekil 11.2**'de gösterilmiştir.



Şekil 11.2.

11.4.1.1.7 – Güçlendirme sıvası uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki azaltılmamış eğilme momenti kapasitesi, M_{CMR} belirlenmesinde **Denk.(11.11)** kullanılacaktır. Denklemden t bölme duvar kalınlığını belirtmektedir.

$$M_{CMR} = A_{sCM} f_{feCM} (t - 0.5\beta c_u) \quad (11.11)$$

11.4.1.1.8 – Güçlendirme sıvası uygulanmış bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki tasarım eğilme momenti kapasitesi M_{CMd} , **Denk.(11.12)** ile hesaplanacaktır.

$$M_{CMd} = M_{UR} + \gamma_R (M_{CMR} - M_{UR}) \quad (11.12)$$

Denklemden terimler aşağıda açıklanmıştır.

M_{UR} = **Denk.(11.7)** ile ilgili doğrultu için hesaplanan mevcut eğilme momenti kapasitesi

γ_R = Duvar yüzeyine uygulanacak güçlendirme uygulaması için tanımlanan dayanım azaltma katsayısı

Hesaplarda γ_R katsayısı 0.5 olarak kabul edilecektir.

11.4.1.1.9 – Güçlendirilmiş duvarın herhangi bir doğrultusunda birim genişlik için hesaplanan tasarım eğilme momenti kapasitesi **Denk.(11.13)**'te belirtilen sınırı aşmayacaktır.

$$M_{CMd} \leq 0.3 \frac{f_k t^2}{\gamma_m} \quad (11.13)$$

Denklemden terimler aşağıda açıklanmıştır.

f_k = Yığma karakteristik basınç dayanımı

γ_m = Yığma malzeme dayanım azaltma katsayısı

f_k ve γ_m değerleri TBDY Bölüm 11'den alınacaktır.

11.4.1.1.10 – Güçlendirme sonrasında birbirine dik doğrultulu eğilme dayanımı oranı, μ_{CM} **Denk.(11.14)** ile hesaplanacaktır.

$$\mu_{CM} = M_{CMd1}/M_{CMd2} \quad (11.14)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

M_{CMd1} = Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere paralel doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi

M_{CMd2} = Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere dik doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi

11.4.1.1.11 – **Denk.(11.14)** ile hesaplanacak μ_{CM} dikkate alınarak **Denk.(11.4)** ve **Denk.(11.5)**'teki hesaplar tekrarlanacak ve güçlendirilmiş duvarların her iki doğrultudaki eğilme momenti kapasitelerinin (M_{CMd1}, M_{CMd2}) yeniden hesaplanacak eğilme momenti taleplerinden (M_{E1}, M_{E2}) büyük olduğu gösterilecektir.

11.4.1.2. Lifli Polimer Uygulamaları

11.4.1.2.1 – Güçlendirme uygulamasında kullanılacak lifli polimerin çekme etkisi altındaki dayanımı f_{fULP}^* ve kopma uzaması ε_{fULP}^* üretici tarafından raporlanacak veya **Bölüm 12**'de belirtilen kurallara göre belirlenecektir.

11.4.1.2.2 – Lifli polimerin tasarım çekme şekildeğiştirilmesi ε_{fDLP} , **Denk.(11.15)**'e göre belirlenecektir. Lifli polimerin tasarım çekme dayanımı f_{fDLP} , **Denk.(11.16)** kullanılarak hesaplanacaktır. E_{fLP} , lifli polimerin elastisite modülünü **Denk.(11.17)**'ye göre hesaplanacaktır.

$$\varepsilon_{fDLP} = 0.45\varepsilon_{fULP}^* \quad (11.15)$$

$$f_{fDLP} = E_{fLP}\varepsilon_{fDLP} \quad (11.16)$$

$$E_{fLP} = f_{fULP}^*/\varepsilon_{fULP}^* \quad (11.17)$$

11.4.1.2.3 – Duvar yüzeyinde yapılacak lifli polimer uygulamaları ile eğilme etkilerine karşı güçlendirme tasarımında duvarların **Tablo 11.2** ve **Tablo 11.3**'teki karakteristik eğilme dayanımları ile birlikte TBDY Bölüm 11'deki karakteristik malzeme dayanımları, azaltma katsayıları ve şekildeğiştirme sınırları dikkate alınacaktır.

11.4.1.2.4 – Lifli polimerin birim genişlikte taşıyacağı kuvvet **Denk.(11.18)**'de belirtilen değeri aşmayacaktır.

$$nt_{LP}f_{fDLP} < 385 \text{ N/mm} \quad (11.18)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

n = Lifli polimer katsayısı

t_{LP} = Bir kat lifli polimerin nominal kalınlığı

11.4.1.2.5 – Bölme duvarlarda lifli polimer uygulanması sonrasındaki eğilme dayanımının hesabında **Denk.(11.19)** ile bulunacak tarafsız eksen derinliği c_u kullanılacaktır.

$$c_u = \frac{A_{sLP} f_{fdLP}}{\gamma_c f_k \beta} \quad (11.19)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_{sLP} = Birim genişlikteki lifli polimer alanı

γ_c = Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere yığma malzemesinin basınç dayanımına uygulanan azaltma katsayısı

β = Dikdörtgen gerilme bloğunda kullanılmak üzere tarafsız eksen derinliğine uygulanan azaltma katsayısı

Hesapta γ_c ve β katsayıları 0.7 olarak dikkate alınacaktır.

11.4.1.2.6 – Lifli polimer ile güçlendirilmiş bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki azaltılmamış eğilme momenti kapasitesi, M_{LPR} 'nin belirlenmesinde **Denk.(11.20)** kullanılacaktır.

$$M_{LPR} = A_{sLP} f_{fdLP} (t - 0.5\beta c_u) \quad (11.20)$$

11.4.1.2.7 – Lifli polimer ile güçlendirilmiş bölme duvarın ilgili doğrultuda birim genişlikteki tasarım eğilme momenti kapasitesi M_{LPd} , **Denk.(11.21)** ile hesaplanacaktır.

$$M_{LPd} = M_{UR} + \gamma_R (M_{LPR} - M_{UR}) \quad (11.21)$$

11.4.1.2.8 – Güçlendirilmiş duvarın herhangi bir doğrultusunda birim genişlik için hesaplanan tasarım eğilme momenti kapasitesi **Denk.(11.22)**'te belirtilen sınırı aşmayacaktır.

$$M_{LPd} \leq 0.3 \frac{f_k t^2}{\gamma_m} \quad (11.22)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

f_k = Yığma karakteristik basınç dayanımı

γ_m = Yığma malzeme dayanım azaltma katsayısı

f_k ve γ_m değerleri TBDY Bölüm 11'den alınacaktır.

11.4.1.2.9 – Güçlendirme sonrasında birbirine dik doğrultudaki eğilme dayanımı oranı, μ_{LP} **Denk.(11.23)** ile hesaplanacaktır.

$$\mu_{LP} = M_{LPd1} / M_{LPd2} \quad (11.23)$$

Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

M_{LPd1} = Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere paralel doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi

M_{LPd2} = Güçlendirilmiş bölme duvarın birim genişlikteki yatay derzlere dik doğrultudaki tasarım eğilme momenti kapasitesi

11.4.1.2.10 – Denk.(11.23) ile hesaplanacak μ_{LP} dikkate alınarak **Denk.(11.4)** ve **Denk.(11.5)**'teki hesaplar tekrarlanacak; bu şekilde elde edilen güçlendirilmiş duvarların her iki doğrultudaki eğilme momenti kapasitelerinin (M_{LPd1} , M_{LPd2}) yeniden hesaplanacak eğilme momenti taleplerinden (M_{E1} , M_{E2}) büyük olduğu gösterilecektir.

11.4.2. Asma Tavanların Güçlendirilmesi

11.4.2.1 – Asma tavan sistemleri ASTM E580/E580M-24a standardında belirtilen minimum geometrik koşulları ve yatay stabilite elemanı kriterlerini sağlayacak şekilde projelendirilecek, yetersiz elemanlar değiştirilecek ve gerekli görülmesi halinde sisteme yeni elemanlar eklenecektir.

11.4.2.2 – Asma tavan sistemine eklenen ve mevcutta bulunan tüm elemanların ve bağlantıların asma tavan sisteminin kendi ağırlığı ve yatay doğrultuda hesapta dikkate alınan eşdeğer deprem yükü, F_{ie} altındaki yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilecektir.

11.4.2.3 – Mevcut ya da yeni eklenen çelik elemanların yeterliliği; mevcut elemanlar için karakteristik, yeni elemanlar için tasarım malzeme dayanımları dikkate alınarak ÇYTHYE kapsamında değerlendirilecektir.

11.4.2.4 – Mevcut ya da yeni eklenen betonarme ankrajların yeterliliği; mevcut elemanlar için karakteristik, yeni elemanlar için tasarım malzeme dayanımları dikkate alınarak TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre değerlendirilecektir.

11.4.3. Elektrik ve Mekanik Sistem Bağlantılarının Güçlendirilmesi

11.4.3.1 – Elektrik ve mekanik sistemlerde kullanılan tüm elemanlar ve bağlantı ankrajları, sistemin kendi ağırlığı ve yatay doğrultuda hesapta dikkate alınan eşdeğer deprem yükü, F_{ie} altında yeterli dayanıma sahip olacak şekilde güçlendirilecektir.

11.4.3.2 – Elektrik ve mekanik sistemlerde mevcut ya da yeni eklenecek çelik elemanların ve bağlantıların yeterliliği mevcut elemanlar için karakteristik, yeni eklenecek elemanlar için tasarım malzeme dayanımları kullanılarak ÇYTHYE'de belirtilen kurallara göre değerlendirilecektir.

11.4.3.3 – Elektrik ve mekanik sistemlerde mevcut bulunan ve yeni eklenecek ankrajların yeterliliği mevcut elemanlar için karakteristik, yeni eklenecek elemanlar için tasarım malzeme dayanımları kullanılarak TS EN 1992-4 ve ilgili EOTA teknik dokümanlarına göre yapılacaktır.

11.4.3.4 – Yangın sistemlerinin **11.4.3.1**, **11.4.3.2** ve **11.4.3.3**'e ek olarak TS EN 12845-3 standardında belirtilen geometrik ve bağlantı detaylarına uygunluk açısından ayrıca değerlendirilecektir.

BÖLÜM 12 – DENETİM VE KALİTE KONTROL

12.1. KAPSAM VE TANIM

12.1.1 – Yönetmeliğin bu bölümü, güçlendirme projelerinin tasarımı, uygulanması ve denetimi aşamalarında yapılacak kalite kontrol ve denetim faaliyetleri ile kullanılacak tüm malzemelerin kontrol ve belgelendirmesine ilişkin kuralları kapsamaktadır.

12.1.2 – Bu bölüm kapsamında kullanılacak malzemelerin denetimi, deney yöntemleri ve kalite kontrol prosedürleri, bu Yönetmeliğin ilgili bölümleri ile 1.5’te belirtilen atıf yapılan dokümanlar uyarınca gerçekleştirilecektir.

12.2. GENEL ESASLAR

12.2.1 – Her güçlendirme projesi için, projesinin türü, kullanılan malzeme ve uygulama yöntemleri dikkate alınarak, projeye özgü ve tüm imalat aşamalarını kapsayan bütüncül bir Kalite Kontrol Planı hazırlanmalıdır. Bu plan, projenin bir parçası olarak, uygulama başlamadan önce proje müellifi tarafından hazırlanacaktır.

12.2.2 – *Kalite Kontrol Planı*, malzemelerde denetim ve kalite kontrol ile imatlarda denetim ve kalite kontrol olmak üzere iki aşamayı da kapsayacaktır. Proje müellifinin sorumluluğu; güçlendirme uygulamalarında kullanılacak tüm malzemelerin ve/veya uygulamaların sahip olması gereken performans kriterlerinin, minimum teknik özelliklerin ve kabul şartlarının projede açıkça tanımlanmasıdır. Malzemelerin ve/veya imatların deney süreçleri ise uygulama mühendisleri ile kalite kontrol / yapı denetim mühendisleri tarafından yürütülecektir. Yapılan deneylerin sonuçları, projede tanımlanmış tasarım değerleri, kabul kriterleri ve ilgili standartlarla karşılaştırılarak malzemenin projeye uygunluğu doğrulanacaktır.

12.2.3 – Uygulama aşamasında yapılan tüm imatların projeye uygunluğu, yerinde yapılan kontrol ve deneylerle sürekli olarak izlenecektir. Tespit edilen uygunsuzluklar giderilmeden sonraki aşamalara geçilmesine izin verilmeyecektir. Tüm deney ve kontrol sonuçları belgelendirilerek kayıt altına alınacaktır.

12.3. MALZEMELERİN DENETİMİ VE KALİTE KONTROLÜ

12.3.1. Genel

Kullanılacak tüm malzemelerin, yürürlükteki güncel standart ve yönetmeliklere uygun olması ve üretici teknik dokümanlarında belirtilen performans özelliklerini sağlaması esastır. Malzemelerin, projede öngörülen teknik özellikleri karşıladığı; uygulama öncesinde ve/veya uygulama sırasında yapılacak deneylerle doğrulanacaktır. Uygunluğu doğrulanmayan hiçbir malzemenin uygulamada kullanılmasına izin verilmeyecektir.

12.3.2. Beton

Beton, TS EN 206 ve TS 13515 standartlarına uygun olacaktır. Beton dökümü sırasında küp veya silindir şekilli numuneler alınarak basınç dayanımları TS EN 12390-3 standardına göre belirlenecektir. Püskürtme beton uygulamaları için ise TS EN 14488-1 standardı esas alınacaktır.

12.3.3. Çelik Donatı ve Profil Çelikler

12.3.3.1 – Çelik donatılar TS 708, çelik profiller ise TS EN 10025 standardına uygun olacaktır. Çelik donatı ve/veya çelik profillerin işlenmesine başlamadan önce, numuneler alınarak dayanımları ve süneklik özelliklerinin ilgili standartlara uygunluğu deneylerle belirlenecektir.

12.3.3.2 – Donatı veya profillere kaynak işlemi uygulanacaksa, malzemenin kaynaklanmaya uygun olduğu üretici beyanı ve/veya kimyasal analiz ile teyit edilecektir.

12.3.4. Çimento Esaslı Harçlar

Çimento esaslı harçların özellikleri TS EN 1504-3 ve ilgili malzeme standartlarına uygun olarak belirlenecektir. Malzemelerin projede tanımlanan performans gerekliliklerini karşıladığı ve kullanım koşullarına uygun olduğu, uygulama öncesinde yapılacak deneylerle veya uygulama esnasında alınacak numuneler üzerinde gerçekleştirilecek standart deneylerle teyit edilecektir.

12.3.5. Polimer Esaslı Harçlar, Epoksiler ve Enjeksiyon Malzemeleri

12.3.5.1 – Polimer esaslı harçlar, epoksi sistemleri ve enjeksiyon malzemelerinin özellikleri; malzeme türü ve uygulama biçimine uygun olarak TS EN 1504-3, TS EN 1504-4, TS EN 1504-5, TS EN 1504-6 ve ilgili diğer malzeme standartlarına göre belirlenecektir.

12.3.5.2 – Bu malzemelerin, projede öngörülen performans gerekliliklerini karşıladığı ve kullanım koşullarına uygun olduğu, uygulama öncesinde yapılacak deneylerle doğrulanacaktır.

12.3.6. Lifli Kompozitler

12.3.6.1 – Lifli kompozit malzemelerin (kumaş ve/veya plaka) özellikleri, malzeme türü ve özelliğine bağlı olarak TS EN 1504-4, TS EN 1504-1, ACI 440.8M ve/veya ilgili diğer malzeme standartlarına göre belirlenecektir.

12.3.6.2 – Bu malzemelerin, projede öngörülen performans gerekliliklerini karşıladığı ve kullanım koşullarına uygun olduğu, uygulama öncesinde yapılacak deneylerle doğrulanacaktır. Özelliklerin belirlenmesinde, güçlendirme uygulamasında kullanılacak aynı reçine malzemesi kullanılması sağlanacaktır.

12.3.6.3 – Lifli polimer sistemlerinin aşağıda (a) – (d)’de belirtilen belgelerden en az birine sahip olması sağlanacaktır. Belgesi olmayan malzemenin uygulamada kullanılmasına izin verilmez.

(a) CE İşareti ve Performans Beyanı (uyumlaştırılmış Avrupa standardı),

(b) Avrupa Teknik Değerlendirmesi (ETA),

(c) Ulusal Teknik Onay (UTO) belgesi,

(d) Uluslararası akreditasyona sahip bağımsız laboratuvar test raporu ve teknik değerlendirmesi.

12.3.6.4 – Malzeme belgelerinde lifli polimer çekme dayanımı (karakteristik değer), elastisite modülü, kopma birim uzaması; reçinenin çekme dayanımı, çekme modülü, eğilme dayanımı, eğilme modülü ve camsı geçiş sıcaklığı (minimum 65°C); kumaş alan ağırlığı, fiber hacim oranı, tabaka kalınlığı; karışım oranları, kullanım süresi ve kürlenme süreleri; uygulama

sıcaklığı aralığı, maksimum bağıl nem ve çiğlenme şartı; çevresel dayanıklılık test sonuçları; raf ömrü ve depolama koşulları; güvenlik bilgileri belirtilecektir.

12.3.6.5 – Lifli polimer malzemelerin mekanik özellikleri, ASTM D7565/D7565M-10 standardına uygun olarak en az 4 adet panel üzerinden elde edilen toplam 20 numune test edilerek belirlenecektir. Lifli polimer çekme dayanımı ortalama değer eksi üç standart sapma olarak hesaplanacaktır. Elastisite modülü test sonuçlarının ortalama değeri olarak belirlenecektir. Tüm mekanik özelliklerin tek tabaka bazında rapor edilmesi ve tabaka kalınlığının, lifleri ve reçineyi içeren toplam kompozit kalınlığı olarak belirtilmesi sağlanacaktır.

12.3.6.6 – Fiziksel özellikleri (kumaş alan ağırlığı, fiber hacim oranı, tabaka kalınlığı) belirlemeye yönelik testler, en az 5 adet numune üzerinden gerçekleştirilecektir. Kumaşın alan ağırlığı ASTM D3776/D3776M standardına göre belirlenecektir. Reçinenin camsı geçiş sıcaklığının en az 65°C olması ve ASTM E1640-13 standardına göre ölçülmesi sağlanacaktır.

12.3.6.7 – LP sistemlerinin çevresel dayanıklılık testleri, ACI 440.8 standardında belirtilen gereksinimlere uygun olarak gerçekleştirilerek farklı ortam koşullarına göre performansları beyan edilecektir.

12.3.7. Bağlantı Elemanları

12.3.7.1 – Güçlendirme uygulamalarında kullanılacak bulon, tij, ankraj, dübel, manşon gibi bağlantı elemanlarının çekme, kesme ve benzeri mekanik özelliklerinin, projede öngörülen değerlere uygunluğu ilgili standartlara göre yapılan deneylerle doğrulanacaktır.

12.3.7.2 – Bu tür malzemelerde deney yapılabilmesi için ilave aparatların gerekmesi durumunda, bağlantı elemanlarının yerindeki gerçek çalışma koşullarını temsil eden uygun aparatlar kullanılması sağlanacaktır.

12.4. İMALATLARDA DENETİM VE KALİTE KONTROL

12.4.1. Genel

Kalite Kontrol Planı kapsamında, güçlendirme projesinin yerinde uygulanmasının tüm aşamalarının sistemli bir şekilde denetlenmesi ve projede öngörülen değerlerin sahada da sağlandığı, yerindeki imalatlarda yapılan deney ve incelemelerle doğrulanması sağlanacaktır. Uygulama süresince tüm imalat aşamaları (ankraj delik çap ve derinlikleri, betonun sıkıştırılması, kür şekli ve süresi gibi) sürekli olarak kontrol edilecektir.

12.4.2. Performans Doğrulama Testi

12.4.2.1 – Gerekli görülmesi durumunda, belirli deneylerin gerçekleştirilebilmesi veya uygulama yöntemlerinin doğrulanması amacıyla asıl uygulama öncesinde performans doğrulama deneylerinin yapılması sağlanacaktır.

12.4.2.2 – Güçlendirme çalışmalarından sorumlu tasarımcı ve/veya uygulamacı mühendislerin gerekli görmesi durumunda, yüksek performans gerektiren veya büyük yük aktarımı sağlayan özel birleşim ve uygulamalarda da performans doğrulama deneylerinin yapılması sağlanacaktır.

12.4.2.3 – Performans doğrulama deneyinin yapılması halinde, proje uygulamasıyla birebir aynı biçimde, aynı malzeme, yöntem ve koşullarda gerçekleştirilmesi sağlanacaktır.

Performans doğrulama deneyinde yapılan denemeler sonucunda, projede öngörülen performans kriterlerinin karşılandığı gösterilecektir.

12.4.3. Beton Yüzey Hazırlanması ve Uygunluk Kontrolü

12.4.3.1 – Güçlendirme uygulamalarında mevcut beton yüzeyinin hazırlanma durumu, uygulama öncesinde sistemli biçimde kontrol edilecektir.

12.4.3.2 – Yüzeydeki tüm toz, kir, gevşek parçalar, yağ, boya, kaplama kalıntıları ve organik maddeler tamamen giderilmesi sağlanacaktır (temizlik kontrolü). Temizlik durumu öncelikle görsel inceleme ile, gerekirse de yüzeye beyaz ve lif bırakmayan bir bez sürülerek değerlendirilecektir. Temizlik kontrolü, hem yüzey hazırlığının tamamlanmasından hemen sonra hem de onarım veya kaplama uygulaması öncesinde tekrarlanacaktır.

12.4.3.3 – Kaplama, yapıştırma veya epoksi gibi uygulamalarda, yüzeyde kaplamanın üniform kalınlıkta uygulanmasını engelleyebilecek düzensizliklerin bulunmasına izin verilemeyecektir (yüzey düzgünlüğü kontrolü). Yüzeydeki seviye farklılıkları, metal bir master yardımıyla belirlenecek, gerekli görüldüğünde yüzey düzeltme işlemleri yapılacaktır.

12.4.3.4 – Yüzey pürüzlülüğünün, projede öngörülen pürüzlülük değerlerine uygunluğu belirlenecektir. İlk aşamada görsel inceleme yapılacak, ardından gerekirse ölçüm cihazlarıyla veya düz metal master kullanılarak değerlendirme yapılması sağlanacaktır.

12.4.3.5 – Master yöntemi kullanıldığında, master yüzeye temas ettirilerek, master ile yüzey arasındaki girinti derinlikleri belirli aralıklarla kumpas veya derinlik ölçer ile ölçülerek ortalama bir pürüzlülük değeri elde edilecektir.

12.4.3.6 – Lifli polimer uygulamaları için yüzey profili kumtaşı dokusuna benzer, 1-2 mm derinliğinde pürüzlülüğe sahip olacaktır. Yüzeydeki yerel düzensizliklerin ve kalıp çizgilerinin derinliği 1 mm'yi geçmeyecektir. Beton yüzey neminin ağırlıkça %4'ü geçmesine izin verilmez. Yüzey hazırlığı tamamlandıktan sonra lifli polimer uygulaması ideal olarak 24 saat içinde yapılacaktır; bu süre 48 saati geçerse yüzeyin temizliği yeniden kontrol edilecektir.

12.4.4. Yerindeki Beton Dayanımlarının Belirlenmesi

12.4.4.1 – Beton dökümü sırasında alınan küp veya silindir numunelerin basınç dayanımlarının yetersiz çıkması veya dökülen betonlarda yeterli sıkıştırma ve kür işlemlerinin uygulanıp uygulanmadığının doğrulanması amacıyla, yerindeki beton dayanımı TS EN 13791 standardına uygun olarak belirlenecektir.

12.4.4.2 – Bu değerlendirmeye ek olarak, tahribatsız deney yöntemlerinin (örneğin geri tepme çekici veya ultrasonik geçiş hızı gibi yöntemler) de kullanılmasına izin verilir.

12.4.4.3 – Kalınlıklarının yeterli olması halinde, çimento esaslı harçların yerindeki dayanımları da daha küçük çaplı karot numuneleri alınarak, benzer yöntemlerle belirlenecektir.

12.4.4.4 – Karot numunesi alma işlemlerinin ardından, karot alınan bölgelerde oluşan hasarların onarımı yüksek dayanımlı tamir harçları ile yapılacaktır.

12.4.5. Yerinde Yapılacak Çekip Çıkarma Deneyleri

12.4.5.1 – Güçlendirme uygulamalarında kullanılan yapısal bağlantı elemanlarının (örneğin kimyasal veya mekanik ankrajlar, donatı filizleri, dübeller vb.) projede öngörülen yükleri karşılayıp karşılamadığı, TS EN 1881 standardı esaslarına uygun olarak yerinde gerçekleştirilecek çekip çıkarma deneyleri ile kontrol edilecektir.

12.4.5.2 – Çekip çıkarma deneyleri, güçlendirilecek yapı üzerinde uygulanmış bağlantı elemanları arasından rastgele seçilen örnekler üzerinde ve her uygulama türü (örneğin farklı çap, kimyasal ankraj türü veya yükleme şekli gibi durumlar) için farklı noktalarda olacak şekilde, elemanların en az %5'i üzerinde gerçekleştirilecektir.

12.4.5.3 – Kritik elemanlarda, yüksek dayanım gerektiren bölgelerde veya uygulamanın yeterliliğinden şüphe duyulan durumlarda, deney oranı en az %10 olacaktır.

12.4.5.4 – Çekip çıkarma deneyi tahribatlı bir yöntem olduğundan, deney yapılan noktalarda deney sonrasında uygun malzemelerle gerekli onarımların yapılması sağlanacaktır.

12.4.6. Yerinde Yapılacak Çekip Koparma Deneyleri

12.4.6.1 – Yüzeye yapıştırma biçiminde uygulanan güçlendirme yöntemlerinde (örneğin lifli kompozitler, çimento esaslı veya epoksi esaslı kaplamalar gibi), öncelikle yeni malzemenin mevcut yüzeye yapışmasının gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilecektir.

12.4.6.2 – Yapışmanın sağlandığı bölgelerde, yapışma dayanımını belirlemek amacıyla çekip koparma deneyleri yapılacaktır. Elde edilen deney sonuçlarının, projede esas alınan dayanım değerlerini karşıladığı doğrulanacaktır.

12.4.6.3 – Çekip koparma deneyleri TS EN 1542 standardı esaslarına uygun olarak yapılacaktır. Deneyler, güçlendirme uygulaması yapılan yüzeylerden rastgele seçilen noktalar üzerinde ve her uygulama türü (örneğin farklı kaplama malzemesi, reçine türü veya uygulama şekli gibi durumlar) için, elemanların en az %5'inde gerçekleştirilecektir.

12.4.6.4 – Kritik elemanlarda, yüksek dayanım gerektiren bölgelerde veya uygulamadan şüphe duyulan durumlarda bu oran en az %10 olacaktır.

12.4.6.5 – Deney sonunda oluşan kopma şekli ve deney sonucunun geçerli olup olmadığı TS EN 1542 standardı esaslarına göre değerlendirilecektir.

12.4.6.6 – Lifli polimer uygulamaları için çekip koparma deneyi sonucunda elde edilen yapışma dayanımı minimum 1.5 MPa (ortalama) olmalı, hiçbir test sonucu 1.0 MPa'dan düşük olmamalıdır. Kopma şekli (kohezif, aderans veya arayüz) kontrol edilmelidir.

12.4.6.7 – Çekip koparma deneyi yapılan bölgelerde uygun onarım malzemeleriyle gerekli tamir işlemlerinin yapılması sağlanacak ve gerekli dayanım koşullarının sağlandığı teyit edilecektir.

12.4.7. Uygulama Kontrolleri

12.4.7.1 – Çelik profil veya donatı kullanılarak yapılan güçlendirmelerde kaynaklı birleşimler; yüzey kontrolü (görsel inceleme, boya ile kontrol) ve gerekirse ultrasesle (UT) veya radyografi

(RT) ile denetlenecektir. Kaynak işlemleri sırasında ortam sıcaklığının -5°C 'nin üzerinde olması, yüksek nem koşullarında ön ısıtma yapılması sağlanacaktır.

12.4.7.2 – Bulonlu birleşimlerde cıvatalara uygulanan sıkma torkunun kontrol edilmesi sağlanacaktır. Uygulanan sıkma torku belirtilen değere (cıvata çeşidine ve çapına göre) uygun olacaktır. Ön gerilmeli cıvatalarda tasarım ön gerilme değerinin doğrulanması sağlanacaktır.

12.4.7.3 – Çelik yüzeyler pas, aşınma ve korozyon etkilerine karşı gerekli önlemler alınarak korunacaktır.

12.4.7.4 – Beton/harç uygulanacak yüzeyler temiz, ıslak (suya doymuş) ve düzgün olmalı, gevşek parçacıklar giderilmelidir. Beton/harç dökümü sırasında numuneler alınmalı ve öngörülen yaşlarda basınç dayanımı testleri yapılmalıdır (TS EN 12390-3). Betonarme güçlendirme uygulamalarında donatıların yerleşimi tasarımda verilen detaylara uygun olmalıdır.

12.4.7.5 – Beton dökümü veya harç uygulaması gerçekleştirilen güçlendirmelerde kür süresi, sıcaklık ve nem koşulları tasarımda belirtildiği biçimde sağlanmalı, belgelenmeli ve günlük olarak gözlemlenerek kaydedilmelidir.

12.4.7.6 – Lifli polimer (LP) güçlendirme uygulamalarında, yapışma kritik uygulamalar için 4.3.3.1.3'te belirtilen dayanım sınırlarının sağlandığı doğrulanmalıdır. Ortam sıcaklığı 10°C ile 35°C arasında ve bağıl nem %85'in altında olmalıdır. Uygulama sıcaklığı çığırma noktasının en az 3°C üzerinde tutulmalıdır.

12.4.7.7 – Reçine bileşenlerinin karışım oranları, kullanım süresi ve m^2 başına uygulama miktarı üreticinin teknik dokümanlarına uygun olmalıdır. Lif yönelimi tasarım dokümanlarında belirtilen açılara uygun olmalı (tolerans $\pm 5^{\circ}$), liflerin tamamen reçine ile doyurulduğu ve hava kabarcığı kalmadığı kontrol edilmelidir. Tabaka sayısı, bindirme uzunlukları ve şerit aralıkları tasarıma uygun olarak sağlanmalıdır.

12.4.7.8 – LP uygulamalarında kürlenme süresi, sıcaklık ve nem koşulları üreticinin teknik dokümanlarında belirtildiği şekilde sağlanmalı ve günlük olarak kaydedilmelidir. Uygulama sonrası LP yüzeyinde kabarcık, kırışıklık, katlanma veya ayrılma olmamalı, yapışma kalitesi yüzeye hafif çekiç ile vurularak ses kontrolü ile değerlendirilmelidir.

12.4.8. Yetersiz ve Hatalı Uygulamaların Düzeltilmesi

12.4.8.1 – Güçlendirme uygulamalarında tespit edilen yetersizlikler ve hatalar, sonraki aşamalara geçilmeden önce mutlaka giderilecektir. Düzeltme işlemleri, proje müellifi tarafından onaylanan yöntemlerle yapılacak ve düzeltme sonrası kontroller tekrarlanarak uygunluğu doğrulanacaktır.

12.4.8.2 – Kaynaklama tekniği, işçilik, görünüm ve kaynak kalitesi ile uygun olmayan işlerin düzeltilmesinde kullanılacak yöntemler, ÇYTHYE Yönetmeliği 13.2'deki değişiklikler haricinde, TS EN 1090 – 2 Bölüm 7 ile uyumlu olacaktır. Boru ve kutu enkesitli elemanların birleşimlerinin kaynakları TS EN 1090-2 Ek E'ye göre uygulanacaktır.

12.4.8.3 – Üretim ve montaj aşamalarında çelik elemanların birleşimlerinde kullanılacak bulonlara ait uygulama koşulları ve kalite kabul kriterleri TS EN 1090 – 2 Bölüm 8'de belirtilen koşullar ile uyumlu olacaktır.

12.4.8.4 – Beton veya harç uygulamalarında, numune dayanımlarının projede öngörülen değerlerin %85'inden düşük çıkması durumunda, yerindeki beton dayanımı **12.4.4**'e göre belirlenecektir. Yerinde belirlenen dayanımın da yetersiz olması halinde, proje müellifi tarafından belirlenecek ilave güçlendirme önlemleri alınacaktır. Beton/harç yüzeylerinde ayrışma veya bağlayıcı eksikliği gibi önemli kusurlar tespit edildiğinde, kusurlu bölgelerin kaldırılması ve uygun onarım malzemeleri ile tamir edilmesi sağlanacaktır.

12.4.8.5 – Donatı yerleşiminin zorunlu yapısal koşullar nedeniyle tasarımdan farklı uygulanması durumunda, proje müellifi tarafından uygunluğu belgelendirilerek onaylanacaktır.

12.4.8.6 – LP uygulamalarında, yapışma testlerinde ortalama değerin 1.5 MPa'dan düşük olması veya herhangi bir test sonucunun 1.0 MPa'ın altında çıkması durumunda, etkilenen bölge belirlenerek uygulamanın tamamen sökülmesi sağlanacaktır. Yüzey hazırlığı **12.4.3**'e göre tekrarlanarak uygulama yenilenecektir.

12.4.8.7 – LP uygulamalarında 25 cm²'den büyük hava kabarcıkları veya ayrılmalar tespit edildiğinde, etkilenen bölgenin kesilip çıkarılması ve yeni LP tabakaları ile onarılması sağlanacaktır. 25 cm²'den küçük kusurlar için reçine enjeksiyonu ile onarım yapılmasına izin verilir. Lif yöneliminin tasarımdan 5 dereceden fazla sapması durumunda, uygulama kaldırılarak yenilenecektir.

12.4.8.8 – Ankraj sistemlerinde, çekip çıkarma deneylerinde projede öngörülen dayanımın karşılanmadığı tespit edildiğinde, yetersiz ankrajlar çıkarılacak ve delik çapı büyütülerek daha yüksek kapasiteli ankrajların uygulanması veya ilave ankrajların eklenmesi sağlanacaktır.

12.4.8.9 – Tüm düzeltme işlemleri, kontrol ve test sonuçları belgelenerek güçlendirme projesi dosyasına eklenecektir. Düzeltme yapılan bölgelerde, ilgili kontroller ve testler tekrarlanarak, sonuçların projede öngörülen değerleri karşıladığı doğrulanacaktır.

12.5. DOKÜMANTASYON VE RAPORLAMA

12.5.1 – Güçlendirme projelerinin tüm aşamalarında yapılan kalite kontrol ve denetim faaliyetleri kapsamlı bir şekilde belgelendirilerek güçlendirme projesi dosyasında saklanacaktır. Belgelendirme, uygulama öncesi, uygulama sırasında ve uygulama sonrası aşamalarını kapsayacak şekilde düzenlenecektir.

12.5.2 – Malzeme belgelendirmesi kapsamında aşağıda **(a)** – **(e)**'de belirtilen belgelerin hazırlanması veya temin edilmesi sağlanacaktır:

(a) Kullanılan tüm malzemelere ait üretici sertifikaları, performans beyanları ve teknik bilgi formları,

(b) CE işareti, Avrupa Teknik Değerlendirmesi (ETA), Ulusal Teknik Onay (UTO) belgesi veya uluslararası akreditasyona sahip bağımsız laboratuvar test raporları,

(c) Malzemelerin teslimat tarihleri, parti numaraları, üretim tarihleri ve son kullanma tarihleri,

(d) Şantiye giriş kontrol kayıtları ve kabul belgesi,

(e) Uygulama öncesinde yapılan malzeme uygunluk testlerinin sonuçları.

12.5.3 – Uygulama sırasında yerinde yapılan testlerin sonuçları, kontrol formları, tespit edilen uygunsuzluklar ve düzeltme işlemlerinin kayıtları, günlük ortam koşulları kayıtları ile her aşamayı gösteren tarihli uygulama fotoğrafları belgelendirilecektir.

12.5.4 – Derlenen tüm dokümantasyon, yürürlükteki yapı denetimi mevzuatı kapsamında sorumlu proje müellifi ve yapı denetim firması tarafından onaylanacak, güçlendirme projesi dosyasında saklanacak ve yetkili kurumlarca istendiğinde ibraz edilecektir.

TASLAK

TÜRKİYE BİNA GÜÇLENDİRME YÖNETMELİK TASLAĞI

Amaç

MADDE 1- (1) Bu Yönetmeliğin amacı; deprem etkileri altında, mevcut resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin güçlendirme tasarımı ve yapımı ile güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2- (1) Bu Yönetmelik; deprem etkisi altında yerinde dökme betonarme, çelik ve ahşap malzemeden yapılmış deprem hasarı bulunmayan mevcut binalar ile deprem hasarı bulunmayan mevcut yüksek binaların güçlendirilmesi ve güçlendirilmiş binaların performans değerlendirmesini kapsar.

Dayanak

MADDE 3- (1) Bu Yönetmelik, 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 97 nci ve 107 nci maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

Uygulanacak esaslar

MADDE 4 –(1) Mevcut binaların, deprem etkileri altında güçlendirme tasarımları, uygulama esasları ve güçlendirilmiş binaların değerlendirilmesi için bu Yönetmeliğin ekinde yer alan esaslar uygulanır.

Yürürlük

MADDE 5 – (1) Bu Yönetmelik 01/06/2026 tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 6 – (1) Bu Yönetmelik hükümlerini Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı yürütür.