

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRME  
YÖNTEMLERİNİN VE BİR KONUT YAPISININ GÜÇLENDİRME  
PROJESİNİN HAZIRLANARAK GÜÇLENDİRME SONRASI DİNAMİK  
KARAKTERİSTİKLERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Murat Öztürk ÇEVİK**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Programı: Yapı Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Prof.Dr.Zeki HASGÜR**

**MAYIS 2003**

## ÖNSÖZ

Günümüzde meydana gelen depremler, insanlar üzerinde maddi ve manevi olarak derin izler bırakması sonucu gücünün ihmal edilme olasılığının bir an bile düşünülmemesi gerekliliğini çok açık olarak ortaya koymaktadır

Ancak, hal böyle iken dahi yapıların mühendislik hizmeti almadan inşa edilmesi, hatalı projelendirilmesi, uygulamaların proje ve şartnamelere uygun yapılmaması, yönetmelik ve şartnamelerin zamanla değişmesi, meydana gelen depremler sonucu hasar gören yapıların taşıma kapasitelerinde azalma olması gibi nedenlerden dolayı onarım ve güçlendirme metodlarına başvurulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu ise deprem etkisi altında yapıların davranışının incelenmesinin önemine işaret etmektedir. Bu sebeple mevcut yapılarla ilgili değerlendirmelerin sağlıklı yapılabilmesi için mühendislerin yapı davranış bilgisine sahip olması gerekmektedir.

Sunulan bu çalışmanın esas amacı onarım ve betonarme yapıların güçlendirme yöntemlerinin incelenerek mevcut bir yapının güçlendirme projesinin hazırlanmasında izlenecek yol, değerlendirme ve güçlendirme ihtiyacına yönelik uygulanacak yöntemin belirlenmesinde dikkat edilecek kriterlerin ortaya konulmasıdır.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak betonarme yapıların onarım ve güçlendirme yöntemleri incelenmiş, ikinci kısımda mevcut bir konut yapısının güçlendirme projesinin hazırlanarak, güçlendirme sonrası yapının dinamik karakteristiklerinde meydana gelen değişiklikler irdelenmiş, son kısımda ise onarım ve güçlendirmenin maliyeti üzerine bir araştırma yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada yardım ve desteğini hiç esirgemeyen sayın Prof.Dr. Zeki HASGÜR'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu tezin hazırlanması esnasında bana karşı son derece anlayışlı olan değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

05/05/2003

Murat Öztürk ÇEVİK

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖNSÖZ</b>	<b>i</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>x</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>xvi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xix</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xxi</b>
<b>BÖLÜM 1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER</b>	<b>6</b>
2.1 Betonarme Yapılarda Deprem Sonrası Oluşan Hasarın Nedenleri	7
2.2 Onarım ve Güçlendirme	11
2.2.1 Onarım (Tamirat)	11
2.2.2 Güçlendirme (Takviye)	12
<b>BÖLÜM 3 ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ</b>	<b>20</b>
<b>BÖLÜM 4 HASAR BELİRLEME ÇALIŞMALARI</b>	<b>27</b>
4.1 Hasar Belirleme Formu	29
4.2 Hasar Derecesinin (Hasar Sınıfının) Belirlenmesi	29
4.3 Hasar Derecesinin Belirlenmesi İçin Japon Yöntemi	30
4.4 Toplanan Bilgilerin Değerlendirilmesi	33
<b>BÖLÜM 5 GÜÇLENDİRME PROJESİ</b>	<b>35</b>
5.1 Yapı Hasar Raporunun Hazırlanması	35
5.2 Güçlendirme Projesinin İlkelerinin Belirlenmesi	37

<b>BÖLÜM</b>	<b>6</b>	<b>ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ</b>	<b>42</b>
	6.1	Epoksi Reçineleri	42
	6.2	Çimento Şerbeti ve Enjeksiyonu	43
	6.3	Mekanik Bağlayıcılar	44
	6.4	Püskürtme Beton	45
	6.5	Karbon Lamalar	47
	6.6	Cam ve Karbon Lifli Dokumalar	48
<b>BÖLÜM</b>	<b>7</b>	<b>BETONARME KİRİŞLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ</b>	<b>50</b>
	7.1	Moment Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme	50
	7.2	Kesme Kuvveti Taşıma Kapasitesini Arttıran Güçlendirme	52
<b>BÖLÜM</b>	<b>8</b>	<b>BETONARME KOLONLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ</b>	<b>57</b>
	8.1	Betonarme Manto	57
	8.2	Çelik Manto	62
	8.3	Cam ve Karbon Lifli Dokumalar	63
<b>BÖLÜM</b>	<b>9</b>	<b>BETONARME TEMELLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ</b>	<b>72</b>
<b>BÖLÜM</b>	<b>10</b>	<b>BETONARME DÖŞEMELERİN GÜÇLENDİRİLMESİ</b>	<b>78</b>
<b>BÖLÜM</b>	<b>11</b>	<b>TAŞIYICI SİSTEMİN İYİLEŞTİRİLMESİ</b>	<b>82</b>
	11.1	Yığma Duvarlarla Güçlendirme	83
	11.2	Yerinde Dökme Perde Duvarlarla Güçlendirme	83
	11.3	Prefabrik Panolarla Güçlendirme	86
	11.4	Çelik Diyagonal Elemanlarla Güçlendirme	86
	11.5	Dolgulu Çerçeveler İçin İlkeler ve Öneriler	87
<b>BÖLÜM</b>	<b>12</b>	<b>MEVCUT YAPININ ANALİZİ</b>	<b>94</b>
	12.1	Sabit Yükler	103
	12.2	Hareketli Yükler	105
	12.3	Kirişlere Gelen Yüklerin Belirlenmesi	106

	12.3.1	Mevcut Yapının Özellikleri	106
	12.3.2	Kirişlerde Yük Analizi	106
<b>BÖLÜM</b>	<b>13</b>	<b>DEPREM HESABI</b>	<b>113</b>
	13.1	Güçlendirme Öncesi Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi	113
	13.1.1	Güçlendirme Öncesi Burulma Kütleleri Hesabı	115
	13.2	Mevcut Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Deprem Hesabı	124
	13.2.1	Güçlendirme Öncesi Modal Katılım Oranları	127
	13.2.2	Güçlendirme Öncesi Görelî Kat Ötelemeleri ve Burulma Düzensizliği Kontrolü	128
	13.2.3	Güçlendirme Öncesi Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü	135
	13.2.4	Güçlendirme Öncesi Kolonların Düşey Yük Kapasite Kontrolü	137
	13.2.5	Güçlendirme Öncesi Kolonların Moment Kapasite Kontrolü	141
	13.2.6	Güçlendirme Öncesi Kolonların Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü	144
	13.3	Güçlendirme Sonrası Kat Ağırlıklarının Belirlenmesi	152
	13.3.1	Güçlendirme Sonrası Burulma Kütleleri Hesabı	153
	13.4	Güçlendirme Sonrası Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Deprem Hesabı	153
	13.4.1	Güçlendirme Sonrası Modal Katılım Oranları	159
	13.4.2	Güçlendirme Sonrası Görelî Kat Ötelemeleri ve Burulma Düzensizliği Kontrolü	160
	13.4.3	Güçlendirme Sonrası Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü	165
	13.4.4	Güçlendirme Sonrası Kolonların Düşey Yük Kapasite	

	Kontrolü	167
13.5	Betonarme Hesap	169
13.6	Temeller	197
13.6.1	Düşey Yük Durumunda Zemin Gerilmesi Kontrolü	197
13.6.2	Depremlı Durumda Zemin Gerilmesi Kontrolü	198
13.6.3	SB10 Kolonunun Zımbalama Tahkiki	199
13.6.4	Temellerin Boyutlandırılması	200
<b>BÖLÜM</b>	<b>14 GÜÇLENDİRME SONRASI YAPININ DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ</b>	<b>208</b>
14.1	Taşıyıcı Sistem Karşılaştırılması	208
14.1.1	Moment Diyagramlarının Karşılaştırılması	208
14.1.2	Normal Kuvvet Diyagramlarının Karşılaştırılması	212
14.1.3	Periyot ve Yerdeğıştirmelerin Karşılaştırılması	213
14.2	Sisteme Eklenen Kirişlerin Yapıya Etkisinin İncelenmesi	223
14.2.1	Periyotların Karşılaştırılması	223
<b>BÖLÜM</b>	<b>15 MALİYET</b>	<b>225</b>
15.1	Onarım ve Güçlendirme Maliyeti Üzerine Bir Araştırma	225
	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>238</b>
	<b>KAYNAKLAR</b>	<b>240</b>
	<b>EKLER</b>	<b>241</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>275</b>

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 12.1 Zemin Kat Tavanı Kiriş Yükleri	109
Tablo 12.2 Normal Kat Tavanı Kiriş Yükleri	111
Tablo 13.1 Güçlendirme Öncesi Kat Ağırlıkları	114
Tablo 13.2 Güçlendirme Öncesi Burulma Kütleleri	115
Tablo 13.3 y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	125
Tablo 13.4 x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	126
Tablo 13.5 Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri	126
Tablo 13.6 Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri	127
Tablo 13.7 Güçlendirme Öncesi Modal Katılım Oranları	127
Tablo 13.8 C=11 Düşey Yük+F <sub>x</sub> +M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	129
Tablo 13.9 C=12 Düşey Yük+F <sub>x</sub> -M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	130
Tablo 13.10 C=13 Düşey Yük+F <sub>y</sub> +M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	131
Tablo 13.11 C=14 Düşey Yük+F <sub>y</sub> -M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	132
Tablo 13.12 C=21 Dinamik Hesap (x-x yönü) Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	133
Tablo 13.13 C=21 Dinamik Hesap (y-y yönü) Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri	134
Tablo 13.14 Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü	135

Tablo 13.15	Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	137
Tablo 13.16	1. Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	138
Tablo 13.17	2. Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	138
Tablo 13.18	3. Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	139
Tablo 13.19	4. Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	139
Tablo 13.20	5. Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü	140
Tablo 13.21	Zemin Kat Kolonlarının Moment Kapasite Kontrolü (Kuvvetli Eksen)	142
Tablo 13.22	Zemin Kat Kolonlarının Moment Kapasite Kontrolü (Zayıf Eksen)	143
Tablo 13.23	Zemin Kat Kolonlarının Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü (Kuvvetli Eksen)	144
Tablo 13.24	Zemin Kat Kolonlarının Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü (Zayıf Eksen)	145
Tablo 13.25	Güçlendirme Sonrası Kat Ağırlıklarının	152
Tablo 13.26	Güçlendirme Sonrası Burulma Kütleleri	153
Tablo 13.27	y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	155
Tablo 13.28	x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	155
Tablo 13.29	Bina Tabanında Oluşan Devrilme Momentleri	156
Tablo 13.30	y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	157
Tablo 13.31	x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri	157
Tablo 13.32	Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri	158
Tablo 13.33	Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri	158
Tablo 13.34	Güçlendirme Sonrası Modal Katılım Oranları	159
Tablo 13.35	C=11 Düşey Yük+F <sub>x</sub> +M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	160
Tablo 13.36	C=12 Düşey Yük+F <sub>x</sub> -M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik	

	Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	161
Tablo 13.37	C=13 Düşey Yük+F <sub>y</sub> +M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	162
Tablo 13.38	C=14 Düşey Yük+F <sub>y</sub> -M <sub>z</sub> Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	163
Tablo 13.39	C=21 Dinamik Hesap (x-x yönü) Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	164
Tablo 13.40	C=21 Dinamik Hesap (y-y yönü) Yüklemesinden Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)	165
Tablo 13.41	Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü (Güçlendirme Sonrası)	166
Tablo 13.42	Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kapasite Kontrolü (Güçlendirme Sonrası)	168
Tablo 13.43	Temelde Kolon/Perde Tabanında Oluşan Kesit Tesirleri (C=9 Düşey Yük+x-x Yönünde Deprem)	201
Tablo 13.44	A-A Aksı Kolon Şeridi Betonarme Hesap	204
Tablo 13.45	B-B Aksı Kolon Şeridi Betonarme Hesap	204
Tablo 13.46	1-1 Aksı Kolon Şeridi Betonarme Hesap	204
Tablo 13.47	9-9 Aksı Kolon Şeridi Betonarme Hesap	204
Tablo 14.1	Güçlendirilmemiş Yapı, Güçlendirilmiş Kiriş İlaveli Yapı ve Güçlendirilmiş Kiriş İlavesiz Yapı Periyotları	223
Tablo 15.1	Onarım ve Güçlendirme Ortalama Birim Maliyet Hesap Tablosu	237

## ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Kiriş Altında Donatı Yoğunluğundan Kaynaklanan Betonun Yerleşmemesi	14
Şekil 2.2	Kiriş Altında Rutubetten Kaynaklanan Korozyon Hasarı	14
Şekil 2.3	Tesisat Borularının Geçirilmesi İçin Kırılan Kolon	15
Şekil 2.4	Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Birleşimi	15
Şekil 2.5	Kolonda Yetersiz Etriye Aralığı	16
Şekil 2.6	Kırılan Kiriş Mesnet Bölgesi	16
Şekil 2.7	Kolonda Soğuk Derz Oluşumu	17
Şekil 2.8	Kolonda Dışmerkez Birleşim	17
Şekil 2.9	Kolonda Aşırı Paspayı	18
Şekil 2.10	Kolon Mesnet Bölgesinde Yerleşmeyen Beton	18
Şekil 2.11	Kolonda kötü Beton Kalitesi	19
Şekil 2.12	Temele Mesnetlenmeyen Kolon	19
Şekil 6.1	Hasar Görmüş Bir Kirişin Mekanik Ankrajla Onarımı	45
Şekil 6.2	Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Onarımı	46
Şekil 6.3	Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Köşe)	48
Şekil 7.1	Hasar Görmüş Bir Kirişin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi	51
Şekil 7.2	Hasar Görmüş Kirişlerin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi	52
Şekil 7.3	Kirişlerin Çelik Lama İle Güçlendirilmesi	53

Şekil	7.4	Kirişlerin 4 Taraftan Kesitin Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi	54
Şekil	7.5	Kirişlerin Çelik Plaka ve Karbon Lifli Dokumalarla Güçlendirilmesi	54
Şekil	7.6	Kiriş Altına Yapıştırılacak Karbon Lama Yerinin Hazırlanması	55
Şekil	7.7	Kiriş Altına Karbon Lifli Dokumanın Yapıştırılması	55
Şekil	7.8	Karbon Lifli Dokumanın Epoksiyi Emene Kadar Sıkıştırılması	56
Şekil	7.9	Kiriş Altına Yapıştırıcı Malzemenin Sürülerek Üzerine Silis Kumu Serpilmesi ve Üzerine Sıva Yapılması	56
Şekil	8.1	Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları	60
Şekil	8.2	Mantolanan Kolonlarda Ankraj Detayları	60
Şekil	8.3	Eski ve Yeni Betonun V Demiri İle Kaynaştırılması	61
Şekil	8.4	Bodrum Katta Mantolanan Köşe Kolon	61
Şekil	8.5	Kiriş Altında Kalan Manto	62
Şekil	8.6	Çelik Manto İle Güçlendirilmiş Kolon	63
Şekil	8.7	Kolonda Epoksi İle Ankraj Uygulaması	65
Şekil	8.8	Kolonda Kaynak İle Ankraj Uygulaması	65
Şekil	8.9	Bodrum Katta Mantolanan Kolonda Ankrajlar	66
Şekil	8.10	Bodrum Katta Mantolanan Kolon	66
Şekil	8.11	Bodrum Katta Kiriş Altında Kalan Manto	67
Şekil	8.12	Z Demiri İle Oluşturulan Kaynaklı Ankraj	67
Şekil	8.13	Zemin Katta Mantolanan Kolonda Ankrajlar	68
Şekil	8.14	Zemin Katta Mantolanan Kolon	68

Şekil	8.15	Epoksili Ankrajlara Uygulanan Çekme Deneyi	69
Şekil	8.16	Mantolanan Kolonda Katlar Arasında Devam Eden Donatı	69
Şekil	8.17	Mantolanan Kolonda Donatı Detayı	70
Şekil	8.18	Zemin Katta Mantolanan Kolonlar	70
Şekil	8.19	Mantolanan Kolonda Epoksili Ankrajlar	71
Şekil	8.20	Mantolanacak Kolonda Temel Filizleri	71
Şekil	9.1	Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi ve Ankraj Detayları	73
Şekil	9.2	Tekil Temelin Güçlendirilmesi	74
Şekil	9.3	Sürekli Temelin Güçlendirilmesi ve Ankraj Detayları	74
Şekil	9.4	Radye Temel İlavesi İçin Mevcut Temele Çakılan Ankrajlar	75
Şekil	9.5	Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi	75
Şekil	9.6	Sürekli Temeller Arasında Oluşturulan Radye Temel	76
Şekil	9.7	Bina Dışına Taşan Radye Temel Uygulaması	76
Şekil	9.8	Sürekli Temellerin Güçlendirilmesi	77
Şekil	9.9	Tekil Temel Güçlendirilmesi	77
Şekil	10.1	Döşeme Kalınlığının Üstten Artırılması	79
Şekil	10.2	Döşeme Kalınlığının Alttan Artırılması	80
Şekil	10.3	Normal Kat Döşemesinin Kırılarak Yeniden İnşa Edilmesi	81
Şekil	10.4	Zemin Kat Döşemesinin Kırılarak Yeniden İnşa Edilmesi	81
Şekil	11.1	Bir Taraftan Mantolanan Kolonda Oluşturulmuş Başlık Bölgesi	84
Şekil	11.2	Yerinde Dökme Perde Duvarlarla Güçlendirilmiş Yapı (üst Kat)	85
Şekil	11.3	Çelik Diyagonallerle Çerçevenin Güçlendirilmesi	86
Şekil	11.4	Perde İlavesi İçin Kiriş Altına Ekilen Ankrajlar	89

Şekil	11.5	Bodrum Kata Perde İlavesi İçin Perdeye Ekilen Ankrajlar	89
Şekil	11.6	Bodrum Kata İki Kolon Arasına İlave Edilen Perde	90
Şekil	11.7	Bodrum Kata İki Kolon Arasına İlave Edilen Perde	90
Şekil	11.8	Zemin Kata İlave Edilen Perde	91
Şekil	11.9	Bodrum Katta Mevcut Perdeye Uygulanan Ankrajlar	91
Şekil	11.10	Döşemede Perdeye Beton Dökümü İçin Açılan Delikler	92
Şekil	11.11	Beton Dökümü Sonrası Kırılacak Betonlar	92
Şekil	11.12	Kiriş Kırılarak Devam Ettirilen Perde Gövde Donatıları	93
Şekil	11.13	Kolonda Oluşturulan Perde Başlık Bölgesi	93
Şekil	12.1	Güçlendirme Öncesi Temel Kalıp Planı	96
Şekil	12.2	Güçlendirme Öncesi Bodrum Kat Tavanı Kalıp Planı	97
Şekil	12.3	Güçlendirme Öncesi Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı	98
Şekil	12.4	Güçlendirme Öncesi Ara Kat Tavanı Kalıp Planı	99
Şekil	12.5	Güçlendirme Öncesi 1,2.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	100
Şekil	12.6	Güçlendirme Öncesi 3,4,5.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	101
Şekil	12.7	Güçlendirme Öncesi 6,7,8.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	102
Şekil	13.1	Z=0,00 Kotu Düğüm Noktaları	116
Şekil	13.2	Z=3,30 Kotu Düğüm Noktaları	117
Şekil	13.3	Z=4,55 Kotu Düğüm Noktaları	118
Şekil	13.4	Z=7,40 Kotu Düğüm Noktaları	119
Şekil	13.5	Z=10,25 Kotu Düğüm Noktaları	120
Şekil	13.6	Z=13,10 Kotu Düğüm Noktaları	121
Şekil	13.7	Z=27,35 Kotu Düğüm Noktaları	122

Şekil	13.8	Sistemin 3 Boyutlu Görünüşü	123
Şekil	13.9	Güçlendirme Sonrası Bodrum Kat Tavanı Kalıp Planı	146
Şekil	13.10	Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı	147
Şekil	13.11	Güçlendirme Sonrası Ara Kat Tavanı Kalıp Planı	148
Şekil	13.12	Güçlendirme Sonrası 1,2.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	149
Şekil	13.13	Güçlendirme Sonrası 3,4,5.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	150
Şekil	13.14	Güçlendirme Sonrası 6,7,8.Normal Kat Tavanı Kalıp Planı	151
Şekil	13.15	Güçlendirme Sonrası Temel Kalıp Planı	205
Şekil	13.16	Temelde Elverişsiz Yüklemeden Oluşan $M_{11}$ Moment Değişimi	206
Şekil	13.17	Temelde Elverişsiz Yüklemeden Oluşan $M_{22}$ Moment Değişimi	207
Şekil	14.1	Güçlendirme Öncesi ve Sonrası 1 Aksı Moment Diyagramları	209
Şekil	14.2	Güçlendirme Öncesi A Aksı Moment Diyagramı	210
Şekil	14.3	Güçlendirme Sonrası A Aksı Moment Diyagramı	211
Şekil	14.4	Güçlendirme Öncesi ve Sonrası 1 Aksı Normal Kuvvet Diyagramı	212
Şekil	14.5	Güçlendirme Öncesi 1.Mod Şekli (9.Normal Kat)	214
Şekil	14.6	Güçlendirme Sonrası 1.Mod Şekli (9.Normal Kat)	215
Şekil	14.7	Güçlendirme Öncesi 2.Mod Şekli (9.Normal Kat)	216
Şekil	14.8	Güçlendirme Sonrası 2.Mod Şekli (9.Normal Kat)	217
Şekil	14.9	Güçlendirme Öncesi 1.Mod Şekli (A Aksı)	218
Şekil	14.10	Güçlendirme Sonrası 1.Mod Şekli (A Aksı)	219
Şekil	14.11	Güçlendirme Öncesi 2.Mod Şekli (1 Aksı)	220
Şekil	14.12	Güçlendirme Sonrası 2.Mod Şekli (1 Aksı)	221
Şekil	14.13	Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yerdeğiştirmeler	222

Şekil	14.14	Kirişli Güçlendirilmiş Yapı ve Kirişsiz Güçlendirilmiş Yapı Yerdeğiştirmeleri	224
Şekil	15.1	Güçlendirme Temel Kalıp Planı (Kartal İtfaiye Binası)	227
Şekil	15.2	Güçlendirme Sonrası Bodrum Kat Tavanı Kalıp Planı (Kartal İtfaiye Binası)	228
Şekil	15.3	Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı (Kartal İtfaiye Binası)	229
Şekil	15.4	Güçlendirme Sonrası Asma Kat Tavanı Kalıp Planı (Kartal İtfaiye Binası)	230
Şekil	15.5	Güçlendirme Sonrası Normal Kat Tavanı Kalıp Planı (Kartal İtfaiye Binası)	231
Şekil	15.6	Güçlendirme Sonrası Bodrum Kat Planı (Kartal İtfaiye Binası)	232
Şekil	15.7	Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Planı (Kartal İtfaiye Binası)	233
Şekil	15.8	Güçlendirme Sonrası Asma Kat Planı (Kartal İtfaiye Binası)	234
Şekil	15.9	Güçlendirme Sonrası Normal Kat Planı (Kartal İtfaiye Binası)	235
Şekil	15.10	Güçlendirme Sonrası I-I Kesiti (Kartal İtfaiye Binası)	236

## SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: Temel Alanı
<b>A(T)</b>	: Spektral İvme Katsayısı
<b>A<sub>o</sub></b>	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
<b>b</b>	: Kolon Genişliği
<b>b<sub>w</sub></b>	: Perdenin Gövde Kalınlığı
<b>f<sub>cd</sub></b>	: Betonun Tasarım Basınç Dayanımı
<b>f<sub>ck</sub></b>	: Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı
<b>f<sub>ctd</sub></b>	: Betonun Tasarım Çekme Dayanımı
<b>F<sub>i</sub></b>	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre i.Kata Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü
<b>f<sub>yd</sub></b>	: Boyuna Donatının Tasarım Akma Dayanımı
<b>f<sub>yk</sub></b>	: Boyuna Donatının Karakteristik Akma Dayanımı
<b>f<sub>ywd</sub></b>	: Enine Donatının Tasarım Akma Dayanımı
<b>f<sub>ywk</sub></b>	: Enine Donatının Karakteristik Akma Dayanımı
<b>G</b>	: Bina Toplam Sabit Yükü
<b>h</b>	: Kolonun Gz nne Alınan Deprem Doğrultusundaki Enkesit Boyutu
<b>h<sub>i</sub></b>	: Binanın i.Katının Yüksekliği
<b>h<sub>max</sub></b>	: En Büyük Kat Yüksekliği
<b>H<sub>cr</sub></b>	: Kritik Perde Yüksekliği
<b>I</b>	: Bina nem Katsayısı
<b>I<sub>x</sub>, I<sub>y</sub></b>	: x ve y Doğrultularındaki Atalet Momentleri

$l_w$	: Perdenin Plandaki Uzunluğu
$M$	: Moment
$M_b$	: Burulma Momenti
$M_d$	: Hesaplanan Moment
$m_i$	: Binanın i.Katının Kütlesi
$M_r$	: Taşıma Gücü Momenti
$n$	: Hareketli Yük Azaltma Katsayısı
$N$	: Normal Kuvvet
$N_d$	: Kolonun Taşıyabileceği En Büyük Eksenel Normal Kuvvet
$N_{dmax}$	: Kolona Gelen En Büyük Normal Kuvvet
$Q$	: Bina Toplam Hareketli Yükü
$q_i$	: Binanın i.Katındaki Toplam Hareketli Yük
$R$	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
$s$	: Enine Donatı Aralığı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
$T$	: Binanın Doğal Titreşim Periyodu
$T_1$	: Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu
$T_A, T_B$	: Spektrum Karakteristik Periyotları
$V_d$	: Kolonun Taşıyabileceği En Büyük Kesme Kuvveti
$V_{dmax}$	: Kolona Gelen En Büyük Kesme Kuvveti
$V_{pd}$	: Tasarım Zımbalama Kesme Kuvveti
$V_{pr}$	: Zımbalama Kesme Kuvveti Kapasitesi
$V_t$	: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Hesaplanan Taban Kesme Kuvveti
$W$	: Binanın Hareketli Yük Azaltma Katsayısı Kullanılarak Bulunan Toplam Ağırlığı

$W_i$	: Binanın Hareketli Yük Azaltma Katsayısı Kullanılarak Bulunan i.Katının Toplam Ağırlığı
$\emptyset$	: Donatı Çapı
$\emptyset_h$	: Enine Donatı Çapı
$\gamma$	: Malzeme Birim Hacim Ağırlığı
$\alpha$	: Süneklik Düzeyi Yüksek Perdelerin Tabanında Elde Edilen Eğilme Momentleri Toplamının , Tabanda Meydana Gelen Toplam Devrilme Momentine Oranı
$\sigma_{z,em}$	: Zemin Emniyet Gerilmesi
$\Delta_i$	: i.Kat Görelî Kat Ötelemesi
$\eta_{bi}$	: Binanın i.Katındaki Burulma Düzensizliğı Katsayısı
$\eta_{ki}$	: Binanın i.Katındaki Rijitlik Düzensizliğı Katsayısı

## ÖZET

Bu çalışmanın konusu onarım ve güçlendirme yöntemlerinin araştırılması ve bir konut yapısının güçlendirme projesinin hazırlanarak güçlendirme sonrası yapının dinamik karakteristiklerindeki değişimlerin incelenmesidir. Yapılan bu çalışma esas olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda yapılarda deprem sonrası oluşan hasarların nedenleri, onarım/güçlendirme projesinin ilkeleri ve onarım/güçlendirme yöntemleri araştırılmıştır. İkinci kısımda mevcut konut yapısının yönetmelik koşullarını sağlayıp-sağlamadığı , yönetmelik koşullarını sağlamadığı tespit edilen yapının güçlendirme çalışmaları yapılarak, güçlendirme sonrası yapının dinamik karakteristiklerinde meydana gelen değişiklikler açıklanmıştır. Üçüncü kısımda ise onarım ve güçlendirme maliyeti üzerine bir araştırma yapılarak, yapılan güçlendirme çalışmalarının fizibilitesi tartışılmıştır.

İlk bölümde, ülkemizde hafif şiddetteki depremlerde bile ağır hasarlara uğrayarak kimi zaman göçen, can ve mal kayıplarına neden olan, betonarme yapılardaki hasar nedenleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra onarım ve güçlendirme projesinin ilkelerinden bahsedilerek betonarme kirişlerin, kolonların, döşemelerin, temellerin ve taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi yöntemleri resimlerle ve şekillerle anlatılmıştır.

İkinci bölümde bina ve binanın oturduğu zemin ile ilgili bilgiler verilerek binanın yapısal analizine esas modelleme ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında binanın ağırlığı ve kat kütleleri hesaplanarak “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” gereği bina taşıyıcı sistemi, yapıdaki düzensizlikler, spektral ivme katsayısı, deprem yükü azaltma katsayısı belirlenmiş, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre deprem hesabı yapılarak yapının depreme karşı güvenliği tespit edilmiştir.

Yapının deprem kuvvetlerine karşı güvenliğini artırılması için binanın güçlendirilmesine karar verilmiştir. Güçlendirme yöntemi olarak kolonların mantolanması ve taşıyıcı sisteme ilave betonarme kiriş ve perdeler eklenmesi yöntemleri uygulanmıştır. İlave olarak taşıyıcı sisteme yerleştirilecek perdelerin ve kirişlerin yeri ve miktarının belirlenmesinde izlenen yollar bu kapsamda gösterilmiştir. Bu anlamda devrilme momenti tahkiklerinin önemi açıkça ortaya koyulmuştur. Deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmının ilave perdelerle karşılanması amaç edinilerek, sadece normal kuvvet taşıma kapasitesini aşan kolonlar mantolanmıştır.

Yukarıda özetlenen yöntemle oluşturulan pek çok taşıyıcı sistem seçeneği irdelenmiş ve sonuçta binanın kullanımını en az etkileyecek ve tüm tahkikleri sağlayan sistem güçlendirme projesi olarak projelendirilmiştir. Ayrıca kesitlerin artması ve taşıyıcı sisteme eklenen yeni elemanlar nedeniyle artan yapı ağırlığını taşıyacak ve sisteme eklenen perde tabanlarında oluşan devrilme momentlerine karşı koyacak temel tipi ve boyutları belirlenerek temel sisteminde de güçlendirme yapılmıştır.

Bu bölümde ayrıca güçlendirme sonrası bahse konu yapıya ait dinamik karakteristiklerdeki değişiklikler ortaya konmuştur. Mevcut yapı ile güçlendirilmiş yapıya ait taşıyıcı sistemlerin moment, normal kuvvet, periyot ve deplasman değerlerindeki değişiklikler şekiller ve tablolar yardımıyla karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır. Taşıyıcı sisteme çerçeve oluşturacak şekilde eklenen kirişlerin gerekliliği yapılan karşılaştırmalar sonucu doğrulanmıştır. Böylece depreme karşı yapı tasarımında uygulanması gereken koşullar açıkça vurgulanmıştır.

Üçüncü ve son bölümde onarım ve güçlendirmenin maliyetleri araştırılmıştır. Ülkemizde yapılan onarım ve güçlendirme çalışmaları maliyetlerinin kimi zaman binanın yeniden yapılma maliyetini aştığı gözlemlenmiştir.

## **SUMMARY**

### **Studying The Methods of Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures and The Changes In Dynamic Characteristics of a Residence Upon Strengthening**

The subject of this study is to investigate the methods of repair and strengthening, and to the study changes in dynamic characteristics of a residence upon strengthening by preparing its strengthening project. This study consists of three main sections. In the first section, causes of the damages in the structures occurring after earthquakes, the principles of repair/strengthening project, and the methods of repair/strengthening are studied. In the second section, whether the present residence structure meets the specifications or not, and the changes in the dynamic characteristics of the structure, which is determined not to meet the specifications, upon strengthening are explained. In the third section, by studying the cost of repair and strengthening, the feasibility of strengthening works done is discussed.

In the first section, causes of the damages in concrete structures, which sometimes collapses, results in casualties and property losses due to heavy damages taken even in earthquakes with low magnitudes in our country, are studied. Then, following the mentioning of the principles of repair and strengthening project, methods of strengthening of concrete beams, columns, floors, foundations and carrying systems are explained with pictures and diagrams.

In the second section, information regarding the building and its ground are given, and studies about modeling, which is the basis for the structural analysis of the building, are made. Within the scope of these studies, building carrying system, irregularities in the structure, coefficient of spectral acceleration, and coefficient of earthquake load reduction are determined in accordance with "Specification For The Structures In

Disaster Areas” by calculating the weight and floor masses of the building. Making earthquake calculation according to the Equivalent Earthquake Load Method, safety of the structure against earthquake is determined as well.

It is decided to strengthen the building in order to increase its safety against earthquake forces. Methods of casing of the columns and adding concrete beams and shear walls to the carrying system are used as the strengthening method. In addition, methods that are used to determine the location and the number of concrete beams and shear walls to be located in the carrying system are shown within this scope. In this manner, the importance of the overturning moment investigations are explicitly revealed. With the purpose of meeting most of the earthquake forces through additional shear walls, only the columns that exceed the normal force carrying capacity are cased.

Lots of carrying system options, which are formed through the method summarized above, are studied and as a result, the system that will leastly affect the use of the building and that meets all of the investigations is designed as the strengthening project. Moreover, by determining the type and dimensions of the foundation, which will meet the increased structure weight due to the increased sections and the new elements added to the carrying system, and which will resist overturning moments at the bases of shear walls added to the system, the foundation system is strengthened as well.

Furthermore, changes in the dynamic characteristics of the structure in question upon strengthening are shown in this section. Changes in the moment, normal force, period and displacement values of the carrying systems of the present structure as well as the strengthened structure are explained comparatively with figures and tables. As a result of the comparisons done, the necessity of the beams added in a way to form frame to the carrying system is proved. Thus, conditions that should be followed when designing structures against earthquake are explicitly emphasized.

In the third and the last section, the cost of the repair and strengthening is studied. It is observed that the costs of repair and strengthening works done in our country sometimes exceed the cost of reconstruction of the building.

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Bu tezin amacı, ülkemizin deprem bölgelerinde mevcut yapı stokunun depreme karşı dayanımı bakımından değerlendirilmesinin önemini belirtmek ve değerlendirmenin ilkelerini ortaya koymaktır. Son on yılda yaşanan depremler mevcut yapılarımızın yeterli deprem dayanımına sahip olmadıklarını açık ve dramatik bir biçimde ortaya koymuştur. Gelecekte oluşması kaçınılmaz depremlere karşı mevcut yapılarımızı yeniden inceleyerek, yeterli olmayanları bilinçli bir biçimde ve hızla güçlendirmek zorunda olduğumuz ortadadır.

1992 Erzincan depremi, ülkemiz için büyük önem taşıyan, yapıların onarımı ve güçlendirilmesi konusunu gündeme getirmiştir. Ardından Dinar ve Adana depremleri konuyu güncel tutmuş ve inşaat mühendisliği camiasının ilgisini bu noktaya çekmiştir. Son olarak 1999 yılında yaşadığımız Marmara ve Düzce depremleri yerleşimin yoğun olduğu çok geniş bir alanı etkileyerek mühendislik hizmeti gören çok sayıda yapıyı hasara uğratmıştır. Ayrıca yaşanan son depremlerle mevcut yapı stokunun yeniden sorgulanması, yeterli deprem güvenliğine sahip olmayanların acilen güçlendirilmesi gerektiği olgusu tüm kamuoyunda gelişmiştir.

Onarım/Güçlendirme uygulamaları depremin sıkça yaşandığı ülkelerde çok yaygın bir uygulamadır. Ancak konu ile ilgili, güvenilir ve deneysel araştırma sonuçlarının yanı sıra yapı ve elemanların onarımından sonraki davranışları ile ilgili bilgi birikimi de çok yeterli değildir. Bu nedenle onarım/güçlendirme uygulamaları mühendislik önsezisine ve monolitik yapı davranışı beklentisine dayandırılmaktadır. Deprem nedeniyle hasara uğramış yapıların onarımlarının yanı sıra, ileride oluşacak depremlere karşı yeterli güvenliğe sahip olmadığı belirlenen

yapılarında mutlaka güçlendirilmesi gereklidir. Ayrıca güçlendirme ve onarım; mühendislik kusurları, kötü işçilik, yapım hataları ve yapı kullanım amacının değişikliği gibi nedenlerle de gerekli olabilmektedir.

Onarım, hasarlı bir yapı yada yapı elemanlarının hasar öncesi dayanım düzeyine ulaştırılması için yapılan işlemler, güçlendirme ise bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak, taşıyıcı niteliğini artırmak için yapılan işlemler olarak tanımlanabilir. Hasar görmüş yapılarda onarımın yanı sıra güçlendirme işlemleri de yapılabilir.

Onarım/Güçlendirme işlemleri yapının özelliklerine ve sorunlarına yapı içerisindeki dağılımlarına bağlı olarak büyük çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle tüm yapılar için kullanılabilir genel bir yöntem önerilmesi temel ilkeler hariç mümkün bulunmamaktadır. Sorunlu yapıların her biri kendine özgü problemler taşımakta, dolayısıyla çözümlerinin de özgün olması gerekmektedir. Dolayısıyla yapıda sorunun belirlenmesi, nedenlerinin anlaşılabilmesi ve sağlıklı çözümler üretilebilmesi sağlam bir davranış bilgisi gerektirir.

Depremde hasar görmüş bir yapıya mühendisin yaklaşımı hasta bir insana doktorun yaklaşımı gibi olmalıdır. İlk önce hastalık teşhis edilmeli daha sonra tedavi yöntemleri gözden geçirilerek tedavi çeşidine karar verilmeli ve en son olarak ta doktor denetiminde tedavi sürdürülmelidir. Hasar görmüş bir yapıda da onarım/güçlendirme yapılmadan önce hasar nedeni ile ilgili gerçekçi bir teşhis yapılmalıdır. Doğru bir teşhis yapılmadan gerçekleştirilen onarımın yararlı olacağı kuşkuludur. Deprem sonrasında yapılan incelemeler sırasında kusurlu onarım görmüş yapıların büyük hasarlar aldıkları ve göçtükleri gözlenmiştir.

Onarım/Güçlendirme çalışmaları üç temel aşamada gerçekleştirilebilir.

## **A) DEĞERLENDİRME**

Bu aşamada yapı, mevcut durumu ve gelecek için yapıdan beklentiler göz önüne bulundurularak değerlendirilir. Bu aşama sonunda yapının geleceği

belirlenerek onarılmasına/güçlendirilmesine ya da yıkılmasına karar verilir. Değerlendirme aşamasında yapılabilecek işlemler ;

### *1- Taşıyıcı Sistemin Belirlenmesi*

- Taşıyıcı sistem türü
- Geometrik özellikler (boyutlar, donatılar, detaylar)
- Malzeme özellikleri (beton, donatı)

### *2- Sorunlu Elemanları Belirlenmesi (Hasar Rölevesi)*

- Çatlaklar (türü, yeri, yönü, genişlik vb.)
- Ezilme
- Deformasyon
- Zorlanma sırasındaki iç kuvvetler

### *3- Teşhis*

- Sezgi düzeyinde teşhis; sorun mekanizmasının belirlenmesi ve gözlemlerle karşılaştırma
- Analiz düzeyinde teşhis
  - Mevcut yapı için analiz (gerçek boyutlar, malzeme özellikleri)
  - Sorun mekanizmasının kanıtlanması
- Yapı güvenliğinin değerlendirilmesi
- Sonuç
  - Yapı yeterli (güvenlikte)
  - Yapı yetersiz (önlemler alınmalı)
  - Yapı yetersiz (güçlendirilmesi gerekir)
  - Yapı yetersiz (yıkım)

## **B) ONARIM/GÜÇLENDİRME TASARISI**

Yapının değerlendirme aşamasında onarım/güçlendirmesine karar verilmiş ise, yapının zafiyetlerine göre güçlendirme ilkeleri belirlenerek tasarım yapılır. Onarım/Güçlendirme tasarım aşamasında yapılacak işler ;

### *1- Değerlendirme Sonucuna Göre*

- Yapı yeterli güvenlikte
- Sorunlar önlemlerle çözümlenebilir
  - Kullanım biçiminin değiştirilmesi
  - Yük sınırlamaları
  - Kat sayısı azaltılması
- Yapının sorunları önemli, onarım/güçlendirme gerekli

### *2- Onarım/Güçlendirme Tasarımı*

- İlke düzeyinde seçenek geliştirilmesi  
Güvenlik, kullanım, ekonomi, uygulanabilirlik

### *3- Yapısal Analiz*

- Seçilen onarım/güçlendirme yönteminin hedeflenen yapısal güvenlik düzeyini sağladığının belirlenmesi

### *4- Onarım/Güçlendirme Projesinin Hazırlanması*

## **C ) YAPIM**

Onarım/Güçlendirme işlemleri, yeni yapımdan oldukça farklı, özen gerektiren çok sakıncalı hatta tehlikeli olabilecek durumları içeren bir uygulama türüdür. Bu nedenle sürekli yetkili mühendisin danışmanlığında ve denetiminde yürütülmelidir.

Sonuç olarak deprem bölgelerinde bulunan yapıların büyük bir çoğunluğunun yeni Deprem Yönetmeliği'ne göre (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) güçlendirilmesi gerektiği son yaşanan deprem felaketleriyle kendini göstermektedir. Mevcut binaların güçlendirilmesini mal sahiplerinden beklemek, içinde bulunduğumuz ekonomik koşullardan dolayı, gerçekçi olmamaktadır. Bu denklemlerle devletin vatandaşlara mevcut binalarını güçlendirmesi için uzun vadeli ve düşük faizli kredi vermesi gerekmektedir. İlk aşamada bu kredilerin devletin sırtına büyük bir yük getireceği açıktır. Fakat gerçekleşecek kaçınılmaz bir depremin vereceği hasar ve neden olacağı can kaybını düşününce bu uygulamanın uzun vadede devletin menfaatine olduğu açık bir gerçektir. Ayrıca yapılan imalatların denetlenmesini sağlamakta devletin görevlerindedir. Denetlemenin esas alınacağı yönetmeliğin ve onarım/güçlendirme hesap esaslarının standartlara halen eklenmemiş olması büyük bir eksikliklerdir.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

Yapılar ve taşıyıcı elemanlar ömürleri boyunca kendi öz ağırlıkları, ilave yükler, hareketli yükler, deprem ve rüzgar yükleri, sıcaklık değişmesinden kaynaklanan yükler, mesnet çökmeleri, yangın, yorulma vb. yüklerin etkisine maruz kalabilirler. Bu yükler altında yapıların taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarında bazı kusur ve kayıplar olabilir. Bu kusur ve kayıplar müsaade edilebilir sınırlar içinde olabileceği gibi müsaade edilebilen sınırlar dışına da çıkabilir. Bu kusurların müsaade edilebilir sınırların dışına çıkması halinde, yapıda hasardan bahsedilir.

Bir çok yapı, bulunduğu bölgede beklenen şiddette bir depreme maruz kalmadan ekonomik ömrünü tamamlar. Bu durumda her yapının beklenen şiddetteki depremi hasarsız ve elastik sınırlar içerisinde kalarak karşılamasını amaçlamak ekonomik olmaz. Bu nedenle yapıların tasarım aşamasında bazı durumlarda hasar görmelerine müsaade edilebilir. Aksi halde çok rijit bir yapı projelendirmek gerekir ki, bu da gelir seviyesi düşük ülkelerde ekonomik koşulları zorlar ve de mühendislik kavramına ters düşer. Yapılardaki hasarların büyük bir çoğunluğunun deprem yükleri altında olduğu düşünülürse depreme göre yapıların projelendirilmesi aşağıda belirtilen ilkelere göre yapılır:

1-Yapılar, sık ve küçük şiddetteki depremlerde, elastik sınırlar içinde kalarak, hiç hasar (taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda) görmemelidir.

2-Yapıların, orta şiddetteki depremlerde, elastik sınırların ötesinde davranış gösterebilir ve taşıyıcı olmayan elemanları hasar görebilir, fakat taşıyıcı olan elemanlarında hasar oluşmamalıdır.

3-Yapının ekonomik ömrü boyunca bir veya iki kez maruz kalacağı çok seyrek şiddetli depremlerde yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarında (önemli) hasarlar olabilir. Fakat yapılar kesinlikle göçmemeli ve can kaybı oluşmamalıdır.

Bu anlayışla boyutlandırılan yapılarda; deprem ivmesi, şiddetli bir depremde yapıya etki edebilecek değerin oldukça altında ( $1/2 \sim 1/10$  gibi) bir değer olarak alınır.

Görüldüğü gibi depreme göre yapıların tasarımındaki temel ilke yapıların kısmen de olsa, taşıyıcı elemanlarında bile, hasar görmelerine müsaade edilmesidir. Fakat kesinlikle yapı mekanizma durumuna geçmemeli ve can kaybı meydana gelmemelidir. Bunun nedeni ise çok rijit on yapı yapmak yerine kısmen hasar görebilen onbeş yapı yapmak ve insanların konutlarda sağlıklı bir biçimde yaşamasını sağlamak ve dışarıda hava koşullarından dolayı hastalanarak ölmesini engellemektir.

## **2.1 BETONARME YAPILARDA DEPREM SONRASI OLUŞAN HASARIN NEDENLERİ**

Ülkemizde son yıllarda deprem sonrası betonarme yapılarda oluşan yapısal hasarların büyük bir çoğunluğunun aşağıdaki nedenlerden kaynaklandığı söylenebilir;

- 1- Depreme uygun olmayan mimari tasarım ve depreme uygun olmayan veya zayıflıklar içeren taşıyıcı sistemler
- 2- Beton kalitesinin düşük olması
- 3- Donatıların ve donatı detaylarının yetersiz olması
- 4- Yapım hataları
- 5- Kullanıcı hataları

Son Marmara Depreminde bu üç nedene bir önemli neden daha eklenmiştir: Zeminden kaynaklanan sorunlar. Bilindiği gibi özellikle Adapazarı'nda zemindeki sıvılaşma nedeniyle bazı binalarda önemli oturmalar, dönmeler ve göçmeler olmuştur.

Yukarıda sıralanan nedenler ülkemizde son otuz yılda gözlenen deprem hasarlarında büyük rol oynamıştır.

*1- Binanın Geometrisi ve Taşıyıcı Sistem* : Bir binanın depreme dayanımı mimari tasarım aşamasında başlar. Örneğin, planda simetrisi olmayan, kat alanları yükseklik boyunca büyüyen binalar deprem dayanımı açısından olumsuzluk içermektedir. Taşıyıcı sistemde mimari nedenlerle çerçevelerin süreksiz olması yapının depremin oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini güvenle taşımasını olumsuz olarak etkilemektedir.

Yapıda simetrisinin olmaması burulma momentlerinin oluşmasına neden olur. Burulma momentleri, özellikle dış eksenlerde bulunan kolonlarda ek kesme kuvvetleri oluşturur. Yapıda simetrisinin bozulması taşıyıcı sistemden kaynaklanabileceği gibi, hesaplarda dikkate alınmayan dolgu duvarlardan da kaynaklanabilir. Ayrıca planda aynı aks üzerinde bulunmayan kolonlar ve özellikle mimari gereksinimler gereği kolonları birbirine bağlamayan kirişler yatay yüklerin taşınmasında zorluklar çıkarabilir.

Ülkemizde rastlanan en yaygın hasar, yumuşak veya zayıf kattan kaynaklanmaktadır. Deprem yönetmeliğine göre bir kattaki etkili kesme alanının bir üsttekine oranı 0,80 den azsa, zayıf kat oluşur. Burada etkili kesme alanına dolgu duvarların katkısı % 15 oranında alınmaktadır. Yumuşak kat ise yapıda bir katın (özellikle zemin kat) diğerlerine göre daha az rijit olmasından kaynaklanır. Yumuşak kat oluşumu taşıyıcı sistem veya dolgu duvarlar nedeniyle oluşabilir.

Diğer bir taşıyıcı sistem zayıflığı da kısa kolondur. Kısa kolon, taşıyıcı elemanlar nedeniyle oluşabileceği gibi, duvardan duvara oluşan bant pencereler nedeniyle de oluşabilir. Hesaplarda dolgu duvarlar ihmal edildiğinden, bu ikinci tür kolayca gözden kaçabilir. Burada kolonun etkili boyunu kısaltan dolgu duvarlardır.

Herhangi bir kolon deprem etkileri altında her iki ucunda da taşıma gücüne erişebilir. Bu durumda kolon uçlarındaki moment taşıma kapasiteleri  $M_{pi}$  ve  $M_{pj}$  olursa, kolonu zorlayan kesme kuvveti aşağıdaki ifade edilebilir:

$$V_e = (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (2.1)$$

Kolonun kesit ve boyutları sabit tutulursa,  $M_{pi}$  ve  $M_{pj}$  sabit kalır. Bu kolonun boyu üçte birine düşürülürse, denklemden elde edilen kesme kuvveti üç katına çıkar. Kısa kolonun sorunu, boy kısalmayla ortaya çıkan aşırı kesme kuvvetidir. Çok kısa kolonlarda, sık etriye yerleştirilse bile oluşan kesme kuvvetini karşılamak mümkün değildir.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan asmolen türü döşemelerde, eğer döşeme derinliğinde, basık geniş yastık kirişler kullanılıyorsa, kat düzeyindeki eğilme rijitliği düşük olacağından kolon uçlarında büyük dönmeler olacaktır. Kolon uçlarının dönmesi yanal ötelenmeyi dolayısı ile ikinci mertebe momentlerini artıracaktır. Kirişsiz döşemeler için de aynı durum söz konusudur. Tehlikeli büyüklüklere erişen ikinci mertebe etkilerin yol açacağı tehlikeler göz önünde bulundurularak, 1997 Deprem Yönetmeliğinde bu tür sistemlerde tüm deprem yüklerinin perdelerce karşılanması öngörülmektedir.

*2-Beton Kalitesinin Düşük Olması* : Beton kalitesi düşük olması hasarın en önemli sebebi olarak görülebilir. Betonun elastisite modülünün düşük olması büyük yatay şekil değiştirmeye sebep olduğu için bölme duvarlarda büyük hasar meydana gelir. Bunun yanında düşük kaliteli beton, kesitlerin de mukavemetinin düşmesine sebep olur.

*3-Donatı Yetersizliği* : Son yedi yılda ülkemizde oluşan deprem sonrasında hasara veya göçmeye neden olan donatı detayları ile ilgili kusurlar aşağıda sıralanmıştır.

Donatı kenetlenme boyunun yetersiz olması. Genelde, mesnette altta bulunan kiriş donatısının kenetlenme boyu yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni, proje

mühendisinin depremdeki tersinme dolayısı ile bu donatının da çekmeye çalışabileceğini göz ardı etmesidir.

Kiriş ve kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmadığından, bu bölgelerde sargı etkisi oluşturulamamaktadır. Bu durumda, depremde plastik mafsal oluşma olasılığı olan bölgeler sarılmadığından, yeterli süneklığe sahip olmayan bu kesitler enerji tüketememekte ve kırılarak göçmeye neden olmaktadır. Bu tür kırılma, katların iskambil kağıdı gibi göçmesine neden olduğundan insanların binadan sağ çıkma olasılığı azalmaktadır.

Unutulmaması gereken nokta, şiddetli depremlerde binanın ayakta kalabilmesinin yeterli enerji tüketimine bağlı olduğudur. Enerji tüketimi süneklığe, süneklilikte eleman uçlarındaki sargı donatısına bağlıdır. Kolonun depremde sağlıklı davranması, uçlarının sarılması yanında, kesit boyutlarının büyük seçilmesine de bağlıdır.

Sargı donatısı olarak yerleştirilen etriyelerin uçları,  $135^0$  bükülerek çekirdeğe kenetlenmelidir. Ülkemizde bu yapılmamaktadır. Etriye uçlarının  $135^0$  kıvrılmaması halinde kancalar kabuk betonu içinde kalmakta, kabuk dökülünce etriyeler açılmakta ve sargı etkisi yok olmaktadır.

Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler olabildiğince kat yüksekliği ortasında yapılmalıdır. Kat düzeyinde oluşturulan bindirme ekleri , momentin en büyük olduğu yere rastlamaktadır. Bu ise bu bölgede donatı yoğunluğundan dolayı betonun iyi yerleşmemesine neden olmaktadır. Ülkemizde genelde bindirme boyu da yönetmeliğin öngördüğünden kısa olmaktadır. Bu son derece yanlış ve tehlikelidir.

Kolon kiriş birleşim bölgelerinde genelde yönetmeliğin öngördüğü sargı donatısı konmamaktadır. Bu da düğüm noktasında kırılmalara neden olmaktadır.

4- *Yapım Hataları* : Ülkemizde ne yazık ki etkin bir yapı denetimi yapılamamaktadır. Bu nedenle yapım esnasında oluşan hataları iki kısımda toplayabiliriz.

a) Betonun elle hazırlanması ve beton dökümü esnasında yeterli özenin gösterilmemesi nedeniyle dayanım düşük çıkmakta ve betonun aderans özelliği kaybolmaktadır.

b) Donatı detayları projeye uygun yapılmamakta ve ( 3 )'te irdelenen ve donatıdan kaynaklanan kusurlar genelde yapım aşamasında oluşmaktadır.

5- *Kullanıcı Hataları* : Yapıyı kullananların tesisat borularını geçirmek için kolon ve kirişleri kırmaları veya genellikle zemin katta daha büyük kullanım alanı kazanmak için kolonları tamamen kaldırmaları nedeniyle yapılarda deprem sonrası hasarlar oluşmaktadır.

## **2.2 ONARIM VE GÜÇLENDİRME**

Yapı hasarının giderilmesinde temel olarak iki düzey vardır. Yapı veya yapı elemanlarının dayanımı hasar öncesi duruma getirilir ya da yapının veya yapı elemanlarının hasar öncesinden daha yüksek bir dayanımı olması sağlanır. Buna göre hasar öncesi dayanıma kavuşturmak onarım, hasar öncesinden daha yüksek bir dayanıma getirmek ise güçlendirme olarak tanımlanmaktadır.

### **2.2.1 ONARIM (TAMİRAT)**

Depremde hasar görmüş ve taşıma güçleri azalmış yapıların veya yapı elemanlarının deprem öncesi dayanımlarına yeniden kavuşturulmasıdır.

Depremin oluşturduğu geçici yüklerin yarattığı kalıcı şekil değiştirmeler ve hasarlar yapının veya yapı elemanının düşey yükler altındaki güvenliğini azaltmıştır. Yapının hasar öncesi dayanımına ulaştırılmasıyla yetinen bir onarımla yapının normal işlevini yürütmesinde bir güvenlik sorunu kalmamıştır. Bu düzeydeki onarımın mantığı şudur: Yapıda hasarı meydana getiren deprem, yapının ekonomik ömrü içinde olabilecek en büyük depremlerden biridir ve hasar onarılabilecek düzeyde kalmıştır. Bu nedenle yapının hasar öncesinden daha yüksek bir dayanıma getirilmesinin maliyeti çok yüksek ve gereksizdir. Örneğin ekonomik ömrü 50 yıl olan bir yapı, yapılışından 40 yıl sonra yapının ekonomik ömrü içerisinde

oluşabilecek en büyük bir depremde hasar görmüş ise yapı on yıl sonra yıkılacağından yapının hasar öncesinden daha yüksek bir dayanıma ulaştırılması ekonomik değildir.

Şiddetli bir depremden sonra orta düzeyde hasar görmüş bir yapının deprem öncesi dayanıma getirilmesi yeterlidir. Çünkü yapı ekonomik ömrü içinde olabilecek en büyük bir depremde kendini kanıtlamış ve hasar onarılabilecek düzeyde kalmıştır. Bu nedenle yapı deprem öncesi dayanımına kavuşturulursa yapının ekonomik ömrü içinde olabilecek aynı büyüklükteki ikinci bir depremde oluşacak hasar yine aynı düzeyde kalacak ve can kaybı meydana gelmeyecektir.

### **2.2.2 GÜÇLENDİRME (TAKVİYE)**

Yapının, ekonomik ömrü içinde olması beklenen büyük bir depremin altındaki bir depremde taşıyıcı elemanlarında hasar oluşmuştur. İleride yapının maruz kalabileceği daha büyük depremlerde yapının göçmesi ve can kaybı olması muhtemeldir ve bu nedenle yapının güçlendirilmesi yani hasar öncesinden daha yüksek bir dayanıma kavuşturulması gereklidir.

Yük altında aşırı sehim, aşırı deformasyon yapmış ve çatlamış bir yapı elemanının bu yükü taşımakta zorlandığı anlaşılır. Bu nedenle ya yapı elemanına gelen yüklerin azaltılması ve hasarı oluşturan etkilerin ortadan kaldırılması ya da yapı elemanının bu yüklere karşı koyacak şekilde dayanımının yükseltilmesi gerekir. Bu işleme güçlendirme (takviye) denir.

Onarımın hasar görmüş bir yapı veya yapı elemanında yapılmasına karşın güçlendirme için yapının hasar görmüş olması gerekmez. Hasar görmemiş bir yapının veya yapı elemanının güçlendirilmesi söz konusu olabilir. Örneğin

- Malzeme dayanımının, yapının projesinde öngörülen değerlerden düşük olduğu saptanmışsa,

- Betonarme binalarda donatıların detaylandırılmasında bazı kurallar vardır. Yapının yeterli oranda enerji tüketebilmesi ve deformasyon kabiliyetinin artması açısından büyük önem taşıyan bu kurallara uyulmamış olduğu belirlenmişse,

- Binanın kullanım amacı değişmişse,

- Halen yürürlükte olan yönetmeliklerden önceki yönetmelikler kullanılarak projelendirilmişse,

- Binaının yanal rijitliğinin yetersiz olduğu belirlenmişse,

- Binaya yeni bir kat çıkılması gerekiyorsa,

yapının güçlendirilmesi gerekir.

Onarım ve güçlendirmenin planlanması teknik, ekonomik, sosyal kültürel ve politik yönleri olan bir iştir.

Teknik yönü, teknik bakımdan yapılabiliğini içerir.

Ekonomi yönüne gelince bazen bir yapının yıkılıp yeniden yapılması onarım ve güçlendirilmesine göre daha ekonomik olabilir. Örneğin güçlendirme maliyetinin çok yüksek olması veya arsanın değerinin artması ve imar durumunun iyileşmesiyle yapının yıkılarak yeniden yapılması daha ekonomik olur ve bu duruma sıkça rastlanır.

Bazen de üst katların yıkılarak yapıya gelen yüklerin azaltılması veya yapı kullanım amacının değiştirilmesiyle gelen yüklerin azaltılarak yapılan bir güçlendirme daha ekonomik olabilir.

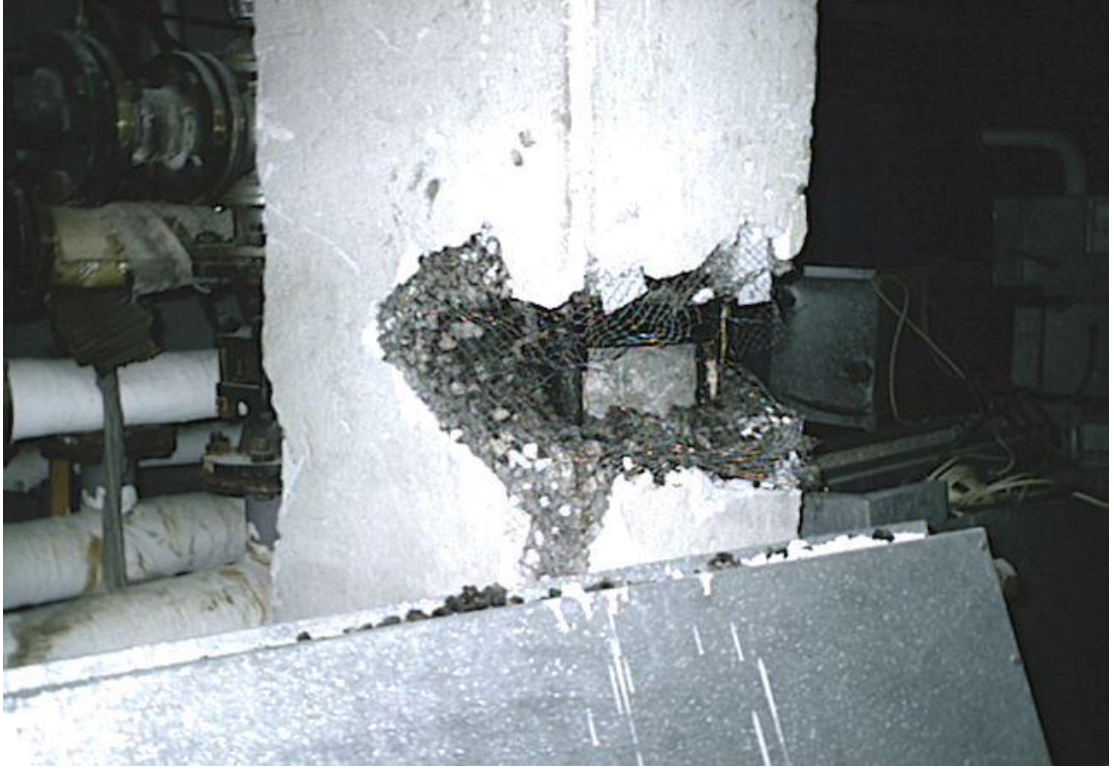
Bunlara karşı bazı sosyal, kültürel ve politik etkenler ve sebepler ortaya çıkabilir ve ekonomik etkenlerin önüne geçebilir. Örneğin prestij, tarihi ve kültürel değerlerle ilgili etkenlerin birinin veya birkaçının söz konusu olması hali.



Şekil 2.1 Kiriş Altında Donatı Yoğunluğundan Kaynaklanan Betonun Yerleşmemesi



Şekil 2.2 Kiriş Altında Rutubetten Kaynaklanan Korozyon Hasarı



Şekil 2.3 Tesisat Borularının Geçirilmesi İçin Kırılan Kolon



Şekil 2.4 Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Birleşimi ve Narin Kolonlar



Şekil 2.5 Kolonda Yetersiz Etriye Aralığı



Şekil 2.6 Kırılan Kiriş Mesnet Bölgesi



Şekil 2.7 Kolonda İş Derzi Oluşumu



Şekil 2.8 Kolonda Dışmerkez Birleşim



Şekil 2.9 Kolonda Aşırı Paspayı



Şekil 2.10 Kolon Mesnet Bölgesinde Yerleşmeyen Beton



Şekil 2.11 Kolonda Kötü Beton Kalitesi



Şekil 2.12 Temele Mesnetlenmeyen Kolon



## BÖLÜM 3

### ONARIM VE GÜÇLENDİRME İLKELERİ

Onarım ve güçlendirme ilkeleri hasarın nedeni ile doğrudan bağlantılıdır. Amaç hasarın nedenlerini giderecek önlemlerin belirlenmesi ve hasarın ortaya çıkardığı mukavemet kaybının giderilmesi ya da hasarın bir daha olmaması için gerekli güçlendirme yöntemlerinin belirlenmesidir. Farklı hasar nedenleri değişik onarım ve güçlendirme yöntemlerinin uygulanmasını gerektirmekle birlikte hemen her durumda uygulanabilecek ortak önlemler vardır. Bu önlemler depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı ile de yakından bağlantılıdır. Yapıların veya yapı elemanlarının onarım ve güçlendirilmesinde uygulanabilecek ortak yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

*1-Yapının Öz Ağırlığının Azaltılması* : Herhangi bir yapı elemanı yükünü taşıırken çatlamış ise yükü taşıyabileceğinden fazla demektir. Bu durumda elemana gelen yük azaltılırsa çatlama duracağından hasar etkisi ortadan kalkacaktır. Depremde yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğrudan orantılı olduğundan yapı ağırlığındaki bir azaltma yapıya gelen deprem kuvvetinin de azalmasını sağlayacaktır.

Yapını ağırlığını azaltmak için;

- Tuğla bölmeler yerine daha hafif malzemeden (gaz beton, alçı panel vb.) yapılan bölmeler kullanılabilir.

- Yapının üst katlarından bir veya birkaçı yıkılabilir.

- Yapıya çatı yalıtımı için konulmuş ağır malzemeler daha hafifleri ile değiştirilebilirler.

- Yapıdaki kalın sıvalar inceltilebilir veya ağır cephe kaplama malzemeleri (granit gibi) kaldırılabilir.

- Merdivenlerden taşıyıcı sisteme gelen yükleri azaltmak için bu yükleri doğrudan zemine ileten düzenekler yapılabilir.

Yapıyı hafifletme yöntemleri her zaman olmayabilir. Ancak bu olanaktan yararlanma yolları aranmalıdır.

2- *Yapının Sünekliğinin Arttırılması* : Taşıyıcı sistemin veya elemanların sünekliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altındaki projelendirmede değil, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır.

Süneklik bir yapının veya yapı elemanının elastik ötesi şekil değiştirebilme ölçüsüdür. Sünek bir yapıda veya elemanda dayanım hemen hemen sabit kalırken önemli şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirme sayesinde deprem enerjisi tüketilir.

Sünekliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekir. Örneğin tek başına duran kule ve bacalarda taşıyıcı sistem statikçe belli olduğundan, önemli sünek şekil değiştirmeye müsaade edilmez.

Seyrek meydana gelecek şiddetli deprem etkisini, yapıların elastik sınır ötesinde şekil değiştirerek karşılaması istenir. Yapıların, elastik sınırı aşp sünek bir davranış göstererek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan, şekil değiştirerek depremin dinamik etkisini geri dönüşümlü olmayan enerjiye dönüştürerek yutması istenir. Betonarme yapılar rijit kolon kiriş birleşim yerlerinin çatlayıp hasar görerek mafsallı birleşim yerine dönüşmesiyle depremin enerjisini tüketirler. Mafsallı birleşim yerlerinde önemli taşıma gücü kaybı olmamalıdır.

Yapıların deprem sonrası onarım veya güçlendirilmesinde çoğunlukla kolonların veya kirişlerin mantolanması ve çerçeve arası boşlukların perde duvarlarla doldurulması yöntemi kullanılır. Rijitliği yüksek elemanların sünekliği az olduğundan bu yöntemler yapının rijitliğini arttırmakta fakat sünekliğini azaltmaktadır.

Yapılarda onarım/güçlendirme ile sünekliklerinin ne yönde değiştiğinin belirlenmesi kolay değildir. Genellikle onarım ve güçlendirme ile yapının sünekliği azalmaktadır. Sünekliği sağlayan etriye sıklaştırılmasının ve boyuna donatılarda yeterli ankraj boylarının bitmiş bir yapıda sağlanması olanaksızdır. Bu nedenle sünekliğin artırılması hiçte kolay olmayan bir amaçtır.

*3- Yapının Taşıma Gücünün Artırılması :* Yapıda veya yapı elemanlarında oluşan hasarlar gelen kuvvetlere karşı dayanımın az olmasından kaynaklanır. Gelen kuvvetlere karşı dayanımın artırılması ile hasar durdurulacak ya da bir daha olmayacaktır.

Depremlerde oluşan hasarlara karşı yapının yatay yük taşıma gücü artırılmalıdır. Çünkü depremden önce yapının maruz kaldığı yükler (özellikle düşey yükler) altında herhangi bir hasar oluşmamış, hasar depremden sonra yani yatay yükler altında oluşmuştur. Depremden sonra yapının düşey yükleri değişmemiş, fakat depremde oluşan hasarlar yapının düşey yük taşıma gücünü de azaltmıştır. Özellikle kalıcı yatay ötelenmelerden dolayı oluşan ikinci mertebe momentler ve çatlayıp zayıflamış kolon kiriş enkesitleri yapı güvenliği azaltmaktadır.

Yapı onarımının ilk aşaması zayıflamış düşey yük taşıma kapasitesinin artırılması (yapının askıya alınması ile), ikinci aşamada ise yatay yüklere (deprem yüklerine) karşı dayanımın artırılması gerekir. Taşıma gücünün artırılması yapıya yatay ve düşey yükleri karşılayacak yeni elemanlar eklenmesi, mevcut eleman enkesitlerinin genişletilmesi ile yapılır. Genellikle yapılan onarım ve güçlendirme ile yapıların daha büyük deprem kuvvetlerine karşı elastik bölgede kalarak, hasar olmadan karşı koyması sağlanmaktadır.

Yapıya yatay yükleri karşılamak amacıyla eklenen perde duvar gibi elemanlar yapının yatay yer değiştirmesini kısıtlayacaktır. Bu yapının hafif ve orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarı azaltacak, çok şiddetli depremlerde ise yıkılmasını engelleyecektir.

4- *Yapının Dinamik Özelliklerinin İyileştirilmesi* : Yapıda oluşan hasar, yapı titreşim periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirine çok yakın olmasından dolayı oluşan rezonans ile ilgili ise, yapının dinamik özelliklerinin değiştirilip yapı periyodu ile zemin hakim periyodunun birbirinden uzaklaştırılması sağlanabilir. Bunun için zeminin dinamik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Daha sonra yapı periyodunun büyütülmesi veya küçültülmesi ile, yapının daha esnek veya daha rijit bir konuma sokulması ile, yapı periyodu zemin hakim periyodundan uzaklaştırılabilir. Zemin hakim periyodu  $T_0$  aşağıdaki tabloda çeşitli zemin türleri için verilmiştir.

<u>Zemin Cinsi</u>	<u>Tanımlama</u>	
<u><math>T_0(s)</math></u>		
<i>I</i>	<i>Ayrışmamış sağlam kayalar, çok sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, sert killer, siltli killer(ve sismik özelliklerinin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)</i>	<i>0.40</i>
<i>II</i>	<i>Ayrışmış ve çatlaklı kayalar, sıkı çakıl, kum ve kum-çakıl karışımları, çok katı siltli killer(ve sismik özelliklerin bunlara benzediği geçerli hesap yöntemleri ile gösterilmiş zemin tabakaları)</i>	<i>0.60</i>
<i>III</i>	<i>Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış ve gevşek çimentolu kayalar, orta sıklıktaki kum ve çakıllar, katı kil, silt ve siltli killer</i>	<i>0.80</i>

IV	<i>Yumuşak ve kalın (30m den fazla) a- lüvyon tabakaları, bataklık veya çamur dipli deniz doldurulması ile oluşmuş kalınlığı 3m den çok tabakalar ve 30 yıldan genç kontrolsüz dolgu tabaka- ları, gevşek ve çok gevşek kumlar, yu- muşak killer</i>	1.00
----	--	------

Hakim periyot hiçbir durumda  $0.15s_n < T_0 < 1.20s_n$  aralığı dışında seçilemez. Yukarıdaki tabloda verilen değerler taban kayası veya eşdeğer özelliklerdeki taban formasyonu üzerinde bulunan zemin tabakalarının 50m mertebesinde bir kalınlıkta bulunması durumunda geçerlidir. Zemin tabakalarını farklı kalınlıkta bulunması durumunda zemin hakim periyodu

$$T_0 = 4 H / V_s \quad (3.1)$$

olarak hesaplanabilir. Burada H tabaka kalınlığı ve  $V_s$  kayma dalgasının hızıdır.

Yapının kütlesi arttırılırsa yapı periyodu uzar, ancak yapıya gelen yükler yapı kütlesi ile doğru orantılı olduğundan yapıya etkiyen deprem yükü de artacaktır. Dolayısı ile yapının taşıma gücünün de arttırılması gerekir.

Yapının rijitliği arttırılırsa yapı periyodu kısalmır. Yapıya yeni elemanlar eklenmesi ve kesitlerin genişletilmesi ile yapının hem rijitliği hem de taşıma gücü artacaktır.

Yapı sönüm oranının arttırılması ve yapıdaki katlar arasında rijitlik değişimlerinin uyumlu olmasının sağlanması da yapının dinamik özelliklerini iyileştiren yöntemlerdir.

5- *Yapıda Burulma Etkilerinin Azaltılması* : Deprem etkisi altında bir çok yapıda oluşan hasarın nedeni yapıdaki ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden uzak olması nedeniyle oluşan burulma etkisinin yarattığı ek momentler

ve kesme kuvvetleridir. Örneğin perde duvarların yapının bir yanında toplanmış olması burulma etkisi oluşturacağı gibi, taşıyıcı olmayan bölme duvarların katlarda dengeli bir biçimde yerleştirilmemiş olması da, yapının ağırlık ve rijitlik merkezleri arasında fark oluşturarak, yapıda burulma etkisi yaratacaktır. Bu nedenle onarım ve güçlendirme esnasında yapıda mevcut burulma etkilerini düzeltecek şekilde perde duvarlar eklenmeli ve eklenecek perde duvarlarında ek bir burulma momenti oluşturulmamasına dikkat edilmelidir.

*6- Yapıda Sürekliliğin Sağlanması :* Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi önemlidir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bu nedenle taşıyıcı sisteme güçlendirme esnasında ilave edilen kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve dışmerkez mesnetlenmelerden kaçınılmalıdır. Yapıda düşey sürekliliğin sağlanması yanında elemanların rijitliklerinin de ani değişimi engellenmelidir.

Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik de elden geldiği kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece özellikle betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi arttırılmış olur. Ayrıca bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur. Bunun tersine birleşimler yeterli olmayan prefabrike yapılarda sistemdeki fazla bağların sayısının az olması nedeniyle elastik davranışın sona ermesinden kısa bir süre sonra göçme yüküne erişilir. Bu durum hazır elemanlı yapıların kuvvetli deprem hareketi altındaki zayıf bir noktasını oluşturur.

*7- Yükleri Taşıyacak Yeni Elemanlar Eklenmesi :* Yapıda depremin oluşturduğu yatay yükleri taşıyacak elemanlar yetersiz ise yapıya ya yeni elemanlar eklenir ya da mevcut elemanların kesitleri büyütülür.

*8- Yapının Göçme Modunun Düzenlenmesi :* Yapılar deprem etkilerini karşılayacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcı elemanların

dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak kalması istenir. Genel olarak birleşim bölgelerinde, kirişlerin kolonlardan önce plastik mafsal oluşturarak güç tükenmesinin ortaya çıkması istenir. Fakat üst katlara doğru çıkıldıkça, kolon kesitlerinin küçülmesi ve kiriş kesitlerinin aynı kalması nedeniyle, bu durumun her zaman sağlanması mümkün olmayabilir.

Yapıların onarım ve güçlendirilmesine karar verilirken göz önünde tutulması gereken bir başka nokta yapının bulunduğu yerdeki olanaklardır. Nitelikli işçiliğin ve malzemenin bulunmaması ile istenilen dayanımda yapılmamış bir yapının güçlendirilmesi için gerekli daha yüksek nitelikli malzeme ve işçiliği bu kez sağlanabileceği ve güçlendirmenin istenilen düzeyde olabileceğini beklemek gerçekçi görünmemektedir.

## BÖLÜM 4

### HASAR BELİRLEME ÇALIŞMALARI

Deprem bölgelerinde hasar belirleme çalışmaları ve hasarların belirlenmesi için kilit noktasını teşkil eder. Bu çalışmaların ve belirlemenin rasgele değil, hazırlıklı ve belli normlara göre yapılması, tekrar tekrar olay yerine gitmeye gerek kalmaması, elde edilen bilgilerin sınıflandırılmasının ve değerlendirilmesinin kolay olması, ayrıca bu değerlendirmenin objektif duruma getirilmesi gerekir. Bu suretle hem doğru değerlendirme ve çözümlere varılır hem de bu işler daha az zaman ve emek kaybıyla gerçekleştirilir. Bu nedenle her türlü incelemeler için önceden hazırlıklı olmak gerekir.

Depremden sonraki hasar belirleme çalışmaları beklemeye ve gecikmeye tahammülü olmayan çalışmalardır. Çünkü bir an evvel durumun bilinmesi gerekir. Bu yalnız ekonomik bakımdan değil, sosyal, psikolojik, siyasal, insani, kültürel ve prestij gibi pek çok bakımdan gereklidir.

Hasar belirlenmesi ve değerlendirilmesinin gayeleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Deprem sonucu göçmeye yaklaşan veya göçen binalar belirlenip; buralarda oturanları başka yerlere taşıyarak can kaybı önlenir. Genellikle yıkıcı ana depremi, birkaç ay bile geciken daha az şiddetli depremler izler ve dayanımı zayıflayan binaları göçme durumuna getirilebilir.

- Toplanan bilgilerin değerlendirilmesi ile depremin şiddeti, çeşitli derecelerde hasar görmüş ve kullanılabilir binaların sayısı belirlenebilir. Bunun sonucu olarak insanların esas faaliyetleri düzenlenebilir.

- Elde edilen bilgilerin sistematik sınıflandırılmasıyla; yardım, onarım ve güçlendirme işleri organize edilebilir.

- Deprem tehlikesi olan bölgeler gerçekçi anlamda belirlenebilir. Görülen eksiklerin belirlenmesiyle gelecekte bu tür faaliyetlerin daha az eksikli olması sağlanabilir.

- Hasarların belirlenmesi ve sınıflandırılmasıyla, bunun sonucu olarak yapılacak onarım ve güçlendirme sistematik bir şekilde gerçekleştirilebilir.

- Hasar gören binaların ve bunların elemanlarının özellikle belirlenerek, yeni yapılacak binaların plan ve projelendirilmesinde bu bilgilerin kullanılmasıyla deprem hasarının azaltılması sağlanabilir.

- Mevcut deprem, projelendirme ve inşaat yönetmelikleri geliştirebilir.

İşte bu nedenlerden,

- Hem düzenli ve aksaksız

- Hem tasnifi kolay ve erişilebilir

- Hem de çabuk

olması gereken bu çalışmaların belirtilen hedeflere çabuk ulaşmak üzere tablolar halinde düzenlenmesi uygun olur.

Veri toplamada en zor iş, deprem sonrası şartlar içinde çalışma güçlüğüdür. İşe başlamadan her gruba bir günlük kısa bilgi vermek ve onlarla ilk değerlendirmeyi yapmak önemlidir. Veri toplamanın başarılı olması, genellikle bu hazırlığa önemli ölçüde bağlıdır. Böyle bir işlemin genellikle depremden sonraki bir veya iki ay içinde yapılması uygundur. Genellikle bir belirleme ve veri toplama grubu iki inşaat mühendisi ve elemandan oluşur. İnşaat mühendislerinden biri mimar da olabilir. Yanlarına; belirleme formu ve bölgenin haritasını, fotoğraf makinesi, şerit metre çekiç ve not defteri almaları uygundur.

#### **4.1 HASAR BELİRLEME FORMU**

Bir depremde bir çok bina çeşitli şekillerde hasar görür. Hasarın tipinin ve derecesinin iyi belirlenmesi, ne yapılacağına ve nelerin muhtemel olduğuna karar verilirken önem arz eder.

Bu inceleme, belirleme ve değerlendirmenin sonuçları;

- Taşıyıcı sistem tipi
- Yatay yük taşıyıcı sistem
- Yapının yaşı ve inşaatın kalitesi
- Farklı oturmalar
- Deprem şiddeti ve süresi
- Zeminin sıvılaşması ve arazi kaymaları

gibi etkenlere bağlıdır.

Diğer taraftan depremlerden sonra artçı depremlerin olma olasılığı büyüktür. Bunlar yapının mukavemetinin daha da azalmasına neden olabilir. Bu bakımdan incelemelerin bir an evvel yapılması ve hasarlı binaların olabilecek artçı depremlere karşı dayanma kapasitelerinin belirlenmesi gerekir. Deprem hasarı ve inceleme formuna ait bir İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'nce hazırlanan inceleme ve değerlendirme formu, EK-A'da verilmiştir.

#### **4.2 HASAR DERESESİNİN (HASAR SINIFININ) BELİRLENMESİ**

*1.Yok* : Taşıyıcı elemanlarda gözle görülür hasar yoktur. Duvar ve tavan sıvalarında ve duvar kiriş birleşim yerlerinde ince çatlaklar. Zorlukla fark edilen taşıyıcı olmayan ve olan eleman hasarı.

2. *Hafif* : Duvarlar ve tavan sıvasında çatlaklar. Duvar ve tavan yüzeyinden büyük sıva parçalarının düşmesi. Duvar veya bacalar, atika ve çatı duvarlarının kısmen yıkılması. Çatı örtüsünün bozulması, kısmen kayması, kayması ve yere düşmesi. Taşıyıcı elemanlarda deprem dayanımını etkilemeyen küçük çatlaklar.

3. *Orta* : Taşıyıcı duvarlarda, pencereler arasındaki duvarlarda ve benzeri taşıyıcı elemanlarda diyagonal (eğik) çatlaklar. Betonarme taşıyıcı elemanlarda (kolon, kiriş ve perdelerde) büyük çatlaklar. Bacaların, atika ve çatı duvarlarının kısmen veya tamamen yıkılması. Çatı örtüsünün bozulması, kayması ve yere düşmesi.

4. *Ağır* : Duvarların ezilmesiyle duvarlardan ayrılmalar olarak veya olmadan oluşan büyük çatlaklar. Pencereler arası duvarlarda ve taşıyıcı duvarların benzer elemanlarında büyük çatlaklar. Betonarme taşıyıcı elemanlarda (kolon, kiriş ve perdelerde) yerinden oynamalar ve bozulmalarla büyük çatlaklar.

5. *Çok Ağır* : Taşıyıcı elemanlarda ve birleşim bölgelerinde büyük hasarlar, bozulma ve yerinden oynamalar. Tüm binada hayli bozulma, yerinden oynama ve ayrılmalar, çatının oturması. Kısmen veya tamamen göçme.

### 4.3 HASAR DERESESİNİN BELİRLENMESİ İÇİN JAPON YÖNTEMİ

Hasar sınıflandırılması ve onun sonunda değerlendirilmesi aşağıda sıralanan üç esas üzerinden yapılır :

1- *Yapının Ortaya Çıkan Oturmaları Bakımından Hasar Derecesinin Belirlenmesi* : Maksimum oturma (S) metre cinsinden

[ Az ]	S	<	0.20	(m)		
[ Orta ]	0.20	<	S	<	1.00	(m)
[ Ağır ]	1.00	<	S			(m)

anlamına gelmektedir. Ağır tehlikeli derecede ağır anlamına gelmektedir.

2- Yapının Ortaya Çıkan Eğilmesi Bakımından Hasar Derecesinin Belirlenmesi : Maksimum eğilme açısı  $\theta$  radyan cinsinden

[ Az ]	$\theta < 1/100$	(radyan)
[ Orta ]	$1/100 < \theta < 3/100$	(radyan)
[ Ağır ]	$3/100 < \theta < 6/100$	(radyan)
[ Devrilmiş ]	$6/100 < \theta$	(radyan)

anlamına gelir.

Devrilmiş terimi bu durumdaki yapının devrilmiş gibi kabul edileceğini gösterir.

Birbirine dik iki doğrultuda eğilmiş bir yapı halinde maksimum eğim bu iki doğrultunun arasındaki bir doğrultudur ve değeri :

$$\theta = (\theta_x^2 + \theta_y^2)^{1/2} \quad (4.1)$$

formülünden hesap edilir.

Toplam kolon sayısı içindeki her bir kademedeki kolon sayıları ve hasar derecelerinin genel değerlendirmeye etkinlik dereceleri göz önüne alınarak yapısal sistem bakımından hasar derecesi belirtilir.

3-Taşıyıcı Elemanlarda Oluşan Hasar Bakımından Hasar Derecesinin Belirlenmesi: Bir yapının hasar derecesinin belirlenmesi için, yapı elemanlarının hasar derecelerinin, hangi derecelerden hasarlı elemanlardan kaçar tane bulunduğu, çeşitli hasar derecesi gruplarındaki kolonlarla ilgili ağırlıklı hasar oranlarının ve oranlar toplamının hesap edilmesi gerekir.

Bu bakımdan önce taşıyıcı elemanların hasar dereceleri belirlenmelidir. Bunun için bu elemanlarla ilgili 5 hasar derecesi düşünülür. Bu dereceler ve tanımları aşağıda verilmiştir.

- *1.Derecede Hasar* : Beton yüzünde gözle görülebilen fakat ince çatlaklar (çatlak genişliği 0,20mm den az)

- *2.Derecede Hasar* : Beton yüzünde gözle görülebilen belirgin çatlaklar (çatlak genişliği yaklaşık 0,20mm ile 1,00mm arasında)

- *3.Derecede Hasar* : Beton kabuğunda yerel ezilme. Önemli derecede büyük çatlaklar (çatlak genişliği yaklaşık 1,00mm ile 2,00mm arasında)

- *4.Derecede Hasar* : Betonda donatı çubukları görünecek derecede önemli ezilme. Beton kabuk tabakası patlamış.

- *5.Derecede Hasar* : Donatı çubukları eğilmiş. Betonun çekirdek bölgesi ezilmiş. Kolonda/duvarda gözle görülen düşey deformasyon. Döşemede gözle fark edilen oturma ve/veya eğim oluşması.

Önce kolonların hasar dereceleri yukarıda verilen kriterlere göre belirtilir. Belirli bir katta (1)'den (5)'e kadar ki hasar derecelerinden (i)'yinciye giren kolonların sayısı ( $B_i$ ) olsun. Bu ( $B_i$ ) değerleri bütün ( $i=1,2,3,4,5$ ) hasar dereceleri için belirtilir. Gene aynı kattaki kolonların toplam sayısı A olsun. Bunlar belirtildikten sonra

Yapının  $D_i$  Hasar Oranlarının ve Toplamının Hesabı:

Hasar Derecesi : I  $D_1 = 10B_1/A =$  ( En Çok 5 )

Hasar Derecesi : II  $D_2 = 26B_2/A =$  ( En Çok 13 )

Hasar Derecesi : III  $D_3 = 60B_3/A =$  ( En Çok 30 )

Hasar Derecesi : IV  $D_4 = 100B_4/A =$  ( En Çok 50 )

Hasar Derecesi : V  $D_5 = 1000B_5/A =$  ( En Çok 50 )

$D_i$  lerin toplamı  $D = \Sigma D_i$

$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5$  hesap edilir ve yapının o kattaki hasar derecesi için

	$D < 5$	ise	[	Önemsiz	]
5	$< D < 10$	ise	[	Hafif	]
10	$< D < 50$	ise	[	Orta	]
50	$< D$	ise	[	Ağır	]
	$D = 50$	ise	[	Yıkılmış	]

sonucuna varılır.

Eğer bir çerçevede kirişlerin hasarı kolonlarınkinden fazla ise kolonların hasar dereceleri yerine kendilerine birleşen kirişlerin hasar dereceleri hesaba katılır.

D değerlerinin hesabı ve ona göre yapının hasar durumuna hükmedilmesi en fazla hasar görmüş kat için yapılır.

#### 4.4 TOPLANAN BİLGİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasar belirleme formunun bilgisayarla değerlendirilebilecek şekilde hazırlanması önemlidir. Böylece kısa zamanda sonuç alınabilir ve hasar sınıflarına bağlı olarak binanın kullanılabilme durumuna ve yerleşim bölgelerine göre bilgiler değerlendirilip grafikler şeklinde sonuçlar bulunabilir. Ayrıca, depremde en önemli husus olan can kaybı ile binalardaki hasar derecesi, taşıyıcı sistem türü arasındaki ilişkiler elde edilebilir.

Depremden sonra yapılan hasar belirleme çalışmalarında ikinci bir husus mevcut binaların hemen kullanılıp kullanılmayacağıdır. Çünkü depremde büyük bir

korku atlatan halk, artçı depremlerle birlikte bu korkuları tekrar yaşamakta ve evlerine girmekte tereddüt etmektedirler. Bu nedenle hasar belirleme çalışmalarının ivedilikle sonuçlandırılması ve vatandaşların bilgilendirilmesi, panik ve korku ortamının ortadan kaldırılması gerekir. [4]

## **BÖLÜM 5**

### **GÜÇLENDİRME PROJESİ**

Depremden sonra yapılan inceleme sonucu binalar hafif, orta ve ağır hasarlı olarak üç bölüme ayrılır. Hafif hasarlı binalar hemen veya bazı mimari onarımlar yapıldıktan sonra kullanılabilir. Ağır hasarlı yapılar ise, ekonomik olarak güçlendirmesi mümkün olmayan binalar olup, tehlikeli durumu ortadan kaldırmak için hemen yıkılır. Buna karşılık orta hasarlı binalar daha ayrıntılı incelenerek güçlendirme projeleri hazırlanır.

Orta hasarlı betonarme bir binanın güçlendirme projesinin hazırlanmasında ilk adım, binadaki hasarın incelenmesinin yapılarak hasarı oluşturan nedenlerin tespit edilmesi yani, bina için bir yapı hasar raporunun hazırlanmasıdır. Daha sonra güçlendirme sistemine ve ilkesine karar vermek gerekir. En son adım da güçlendirme projesinin buna uygun olarak hazırlanması olacaktır.

#### **5.1 YAPI HASAR RAPORUNUN HAZIRLANMASI**

Bu raporda, binanın yerleşim durumu ve kat adedi yanında, yapılan geoteknik ve malzeme incelemelerinin sonuçları özet olarak verilir. Geoteknik inceleme çevredeki genel zemin durumu belirtildikten sonra yapısal hasar ve muhtemel güçlendirme sistemi ile doğrudan ilgili geoteknik parametreler verilmelidir. Bunlar zeminin tabii birim hacim ağırlığı, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı olarak sayılabilir. Bölgedeki deprem durumu göz önüne alınarak zemin karakteristik periyotları ve etkin yer ivmesi katsayısı da belirtilmelidir. Yer altı su seviyesi hakkında bilgi, binadaki temel durumu ve temel derinliği de geoteknik inceleme sırasında tespit edilir. Binanın mevcut taşıyıcı sistemindeki beton kalitelerini

belirlemek için uygun sayıda numune alınmalı ve daha çok sayıda darbeli çekiç deneyi uygulaması ile betonda ses hızı ölçüm deneyleri yapılmalıdır. Ölçülen bu tahribatsız değerler ile beton numunesi sonuçları arasında korelasyon kurularak, beton kalitesi konusunda oldukça gerçekçi sonuç elde etmek mümkündür. Açılan kiriş ve kolon gibi elemanlardan alınacak donatı numuneleri üzerinde yapılacak çekme deneyi ile donatının kalitesi de belirlenebilir.

Taşıyıcı sistemin tanıtılması raporun en önemli bölümünü teşkil eder. Binanın projesi mevcut ise, bu projenin ne derecede yerindeki durumla uyduğunun tespit edilmesi ve farklılıkların bildirilmesi önemlidir. Genellikle eski binalar için proje bulmak mümkün olmaz. Bu durumda binanın mimari rölevesi ile taşıyıcı sistem rölevesinin hazırlanması gerekir. Her kat için hazırlanacak mimari rölevede binadaki kapı ve pencere yerleri yanında, hacimlerin kullanım biçimlerinin de işaret edilmesi uygundur. Taşıyıcı sistem rölevesinde ise, döşeme türü, kolon ve varsa perdelerin yerleşim durumu ile kirişlerin plandaki düzeni belirtilmelidir. Bu elemanlarının yerlerinin ve geometrik boyutlarının belirlenebilmesi için bazı duvarların kırılması gerekebilir. Özellikle kirişlerin bölme duvarları içinde kalması ve asmolen döşemelerde geniş kirişlerin döşeme içinde bulunması taşıyıcı sistemin belirlenmesinde büyük zorluk çıkarır. Yer yer bu elemanlarda donatı açılarak, eğer proje varsa donatının yerleştirilme durumu hakkında ve eğer proje yoksa mevcut donatı düzeni hakkında bilgi toplanır. Bütün bu bilgilerin elde edilmesinde daima belirsizliklerle karşı karşıya bulunacağını gözden kaçırılmamalıdır. İncelemeyi yapanın mevcut projeyi veya hazırlanan taşıyıcı sistem rölevesini esas alarak bilgiler toplaması güçlendirme projesinin hazırlanması durumunda önemli hususların gözden kaçmasını önleyecektir.

Hazırlanan kat kalıp planları esas alınarak binadaki hasarın incelenmesi ve bunların bu planlara işlenmesi raporun diğer önemli bir bölümünü oluşturur. Taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasarın belirtilmesi yanında bölme duvarlarındaki x çatlakların ve hasarın derecesi de binanın depremden etkilenme derecesini göstermesi bakımından önemlidir. Taşıyıcı sistem elemanlarında hasar kiriş ve kolonlarda çatlak olarak ortaya çıkar. En önemli hasar kolon kiriş birleşim bölgelerinin depremde zorlanmasında oluşan çatlaklar, beton dökülmeleri veya donatı burkulmalarıdır. Depremden sonra kolonlarda bölgesel betonun boşalması ve

donatının burkulması gibi önemli hasarların da meydana geldiği gözlenmiştir. Binanın merdiven bölgesi, taşıyıcı sistemin düzenli olmadığı bir bölümdür. Bu sebeple burada özellikle duvar hasarları daha çok kendini gösterir. Bunun gibi, merdiven kolu plağında ve bunun sahanlık plağı ile birleşim yerinde hatalı donatı uygulamasına yaygın olarak rastlanır. Bu durum deprem hasarlarının buralarda yoğunlaşmasına sebep olur. Genellikle hasar zemin katta yoğunlaşmış olarak ortaya çıkar ve üst katlara çıkıldıkça hasar azalır. Yurdumuzda kalıp işçiliğinin kaliteli olmadığı yerlerde, meydana gelen kusurları örtmek gayesiyle kalın sıva kullanılır. Bu ise büyük sıva çatlakların oluşmasına sebep olur. Bazı durumlarda bu çatlaklar taşıyıcı elamanlarda devam etmeden yüzeyde kalabilir.

Binada hasar tespiti yapanın ilk tespitlere dayanarak bir güçlendirme sistemi önermesi projelendirmenin çok daha kolay olmasını ve gözden önemli bir şeyin kaçmamasını sağlar. Yapılacak öneride hasar görüp düşey yük taşıyıcılığı şüpheli olan kolonların mantolanması bulunmalıdır. Sistem toplam deprem güvenliği kolonların mantolanması ile oluşturulabildiği gibi güçlendirme perdelerinin öngörülmesi ile de sağlanabilir. Bunun için mantolanması uygun görülen kolonların bildirilmesi veya muhtemel perde yerlerinin işaretlenmesi binanın kullanımı açısından önemlidir. Bunlar yerleri daha sonra hazırlanacak proje çözümlerinde alınacak sonuçlara göre kontrol edilmelidir. Yerinde yapılacak incelemede önerilen kolon mantolanmasının veya perde yerlerinin mimari bakımdan bir sakınca doğurup doğurmadığına bakılmalıdır.

## **5.2 GÜÇLENDİRME PROJESİNİN İLKELERİNİN BELİRLENMESİ**

Güçlendirme işlemi değişik sistemler kabul edilerek yapılabileceği gibi, belirli bir sistemin projelendirilmesinde de değişik boyutlandırma ilkeleri kullanılır. Güçlendirme projesinin hazırlanmasından aşağıdaki hususların incelenmesi, tartışılması gerekecektir. Bunların büyük bir kısmı inşaat mühendisliği kararı gerektirdiği halde, binanın mevcut durumu, mimarisi, katlanılabilecek mali yük bu kararlarda etkili olur.

a. Güçlendirme işleminde kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi yanında yapıya gelen yatay yükleri taşımak ve yer değiştirmeleri sınırlamak için perde ilavesine ihtiyaç duyulabilir.

b. Taşıyıcı sistemin çözümlenmesinde zemin yatak katsayısı kullanılarak bir mesnetlenmenin kabul edilmesi uygun düşebilir. Bu suretle taşıyıcı sistem elemanları arasında yük paylaşımı daha gerçekçi olarak belirlenebilir.

c. Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için binanın depremden hasar görmemiş durumu esas alınarak taşıyıcı sisteminin geçerli düşey yük ve deprem etkisi göz önüne alınarak  $1.4G+1.6Q$  ve  $G+Q+E$  yükleri altında çözümlenmesi ve hasar tespit edilen kesitlerin kontrol edilerek hasar sebepleri hakkında yorum yapılması uygundur.

d. Kesit kontrolünde eğer binanın projesi yoksa, sınırlı sayıda yapılan donatı belirlemeleri göz önüne alınabileceği gibi, minimum donatı şartlarından hareket edilmesi gerekebilir.

e. Binanın güçlendirilmiş taşıyıcı sisteminin boyutlamasında, esas olarak deprem yönetmeliğinin öngördüğü ilkelerin kullanılması ve deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem bölge katsayısının, bina önem katsayısının ve deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesi gerekecektir.

f. Güçlendirmiş taşıyıcı sisteminde yapılacak kontroller kapsamı projenin yaklaşımı bakımından önemlidir. Mesela hasar durumuna göre mevcut taşıyıcı sistem TS500'ün öngördüğü  $1.4G+1.6Q$  yüklerini taşıyacak şekilde yerel güçlendirilirken, ilave güçlendirme perdelerinin deprem etkisinden oluşan taban kesme kuvvetinin en az belirli (% 60-80 gibi) bir bölümünü karşılaması kabul edilebilir.

g. Mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet iletişimi türüne karar verilmesi ve bunun gerçekleştiğinin hesapla gösterilmesi önemlidir. Özellikle dışmerkez perde durumunda yatay yükün taşıyıcı sisteme iletilmesinin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

h. Güçlendirme perdelerinin her iki doğrultuda en az ikişer tane olması ve bina yüksekliğince devam etmesi tercih edilmelidir. Kapı ve pencere boşluklarının bırakılması için boşluksuz perdeye de karar verilebilirse de, boşluksuz perdenin donatı ve kalıp detayının daha çok özen istediği unutulmamalıdır. Binanın kat adedinin ve plandaki alanının küçük olması durumunda perde sayısı üçe de indirilebilir.

1. Kolon ve kiriş gibi mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kontrolünde, güçlendirilme gereklilik şartının kesin matematiksel kabul edilmesi mevcut olan pek çok belirsizlikten dolayı uygun olmayabilir. Bu sebeple taşıyıcı sistemdeki ilave kapasiteler düşünülerek güçlendirme gerekliliği şartı biraz yumuşatılabilir. Örneğin,  $A_c$  eleman kesit alanı,  $A_s$  ise kolonlarda toplam donatı alanı ve kirişlerde açıklık ve mesnet çekme donatılarının toplamı olmak üzere, aşağıda verilen iki şarttan birinin de sağlanmaması durumunda kolon ve kirişlerin güçlendirilmesi gerekeceği kabul edilebilir.

$$A_s (\text{gerekli}) < (1,20\sim 1,33) \times A_s (\text{mevcut}) \text{ (kolon-donatı biliniyorsa)}$$

$$A_s (\text{gerekli}) < (0,012\sim 0,015) \times A_c (\text{mevcut}) \text{ (kolon-donatı bilinmiyorsa)}$$

$$A_s (\text{gerekli}) < (1,00\sim 1,25) \times A_s (\text{mevcut}) \text{ (kiriş-donatı biliniyorsa)}$$

$$A_s (\text{gerekli}) < (0,015\sim 0,020) \times A_c (\text{mevcut}) \text{ (kiriş-donatı bilinmiyorsa)}$$

i. Mevcut donatı alanı olarak binada açılan elemanlardaki donatılar esas alınarak bir donatı gerçekleştirme oranı hesaplanarak, açılmayan elemanlardaki donatı tahmin edilebilir. Perde ile taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi sırasında ilave edilecek perdelerin kolondan kolona yerleştirilmesi uygundur. Kolon mantolanmasının dört kenardan olması tercih edilmesine karşılık, mimari sebeplerle veya binanın konumu gereği üç veya iki kenardan kolonun sarılması şeklinde de mantolama yapılabilir. Güçlendirme perdeleri kiriş-kolon eksenleri arasında dışmerkezlik olmaksızın yerleştirilebildiği gibi, kolon ve kiriş eksenlerine göre dışmerkez olarak da yerleştirilebilir. Bunun gibi, güçlendirme perdeleri planda

binanın iç eksenlerine yerleştirilebileceği gibi, binanın dış eksenlerinde bulunacak şekilde de projelendirilebilir.

k. Perdelerine gelen etkilerin temele kadar iletilmesi önemlidir. Yeterli temeli olmayan perdelerin, temellerde dönmeye neden olacağı ve negatif gerilmeler oluşturacağından, öngörülen yatay etkiyi karşılaması mümkün değildir.

l. Deprem yüklerinin güçlendirme perdeleri ile taşındığı durumda, kolonlar için yapılan betonarme kesit hesabında  $N_d / (b \times h \times 0,5f_{ck})$  gibi minimum bir şart esas alınarak, güçlendirilmeye karar verilebilir.

m. Perde ve kolon mantolarının kattan kata geçirilmesinde farklı uygulamalara gidilebilir. Kirişli plak döşemelerde perde başlık kısmı ve kolon mantosu döşeme delinerek yukarı çıkılabildiği halde, asmolen döşemede geniş kirişlerin bulunması durumunda büyük bir zorluk ortaya çıkabilir ve geniş kirişin mesnet kesitlerinin kırılması gerekebilir. Bu tür imalatın yapılması sırasında komşu döşemelerin askıya alınmasının gerektiği unutulmamalıdır.

n. Perde uç donatıları sürekli olarak devam ederken, perde gövde donatısının sürekliliği kirişi geçen veya delen tek sıra minimum bir donatı ile sağlanması ( $\text{Ø}16/400\text{mm}$  gibi) gerekecektir. Kirişteki bağ donatılarının hesabında kiriş seviyesi üzerindeki kat kesme kuvvetinin alt kata iletilmesi esas alınacaktır. Bu kuvvetin, bağ donatıları yanında, mevcut kolonun beton kesiti, donatı kesiti ve perde uç donatısı ile de iletilmesi kabul edilebilir. Kolonla perdenin kat yüksekliği boyunca bütünleşmesi için tek sıra minimum bir donatının yerleştirilmesi ( $\text{Ø}16/300\text{mm}$  gibi) gerekecektir. Perde-kolon bağ donatılarının belirlenmesinde, kolona bir üst döşemeden iletilen kuvvet veya perde momentinin gerektirdiği uç kuvvetinden ( $M/h$ ) küçüğü göz önüne alınmış olabilir. Kolonun tamamen dört kenardan mantolanması durumunda bağ donatıya ihtiyaç olmayabilir. Bağ kenetlenme çubukları minimum boyları (kolon ve kiriş içinde en az  $\text{max}(10\text{Ø}; 150\text{ mm})$ ) ve perde içinde  $20\text{Ø}$  gibi) belirlenmelidir.

o. Perdede her iki yüzde ve her iki doğrultuda minimum belirli bir minimum gövde donatısı bulunması ( $\text{Ø}10/200\text{mm}$  gibi) söz konusu olacaktır.

p. Güçlendirme perdesi minimum kalınlığının belirlenmesi  $h_{\min} = \max(200\text{mm}; \text{kat yüksekliği} / 15)$ . İlk katta perde uç bölgesi perde boyunun 0.2 katı ve diğer katlarda 0.1 katı alınması. Perde uç bölgesinde, en az deprem yönetmeliğinin öngördüğü minimum donatı konulacak ve bu donatı perde yüksekliğince devam ettirilmesi. Perde uç bölgesi katta minimum bir etriyenin yerleştirilmesi (ilk kat  $\emptyset 10/100$  mm ve diğer katlarda  $\emptyset 10/200$  mm gibi). Perde uç donatısının hesabında, birleştiği kolonun normal kuvveti ve donatısının göz önüne alınması. Boşluklu perde düzenlenmesi durumunda pencere altlarında veya kapı üstlerinde bağ kirişlerinin düzenlenmesi.

r. Binada projersiz olarak depremden sonra yapılan kolon mantolanması gibi güçlendirme müdahalelerinin hangi durumlarda ne şekilde kabul edileceği yapılan projede göz önüne alınacağı.

s. Temelin düzenlenmesi, mevcut temel durumunun ne şekilde göz önüne alınacağı. Mevcut ve yeni temelin bütünleşmesi için nasıl bir donatı düzeni gerektiği (hatıl temel durumunda  $\emptyset 16/400$  mm ve tekil temel durumunda  $12\emptyset 16$  bağ donatısının kullanılması gibi.)

t. Gerekli olmadığı durumlarda perde uçlarındaki kolonların mantolanmaması, mevcut kolon ile güçlendirme perdesinin bütünleşmesi kolona bağlanan bağ çubukları ile sağlanması. Benzer şekilde, gerekli olmayan hallerde, mantolar tüm yapı yüksekliği boyunca devam ettirilmemesi. Perde uç kolonlarında manto kalınlığı minimum boyutu (100 mm, 150 mm gibi)

u. Perdenin uçlarında bulunan kolonların dışında, perde temelinde oturan ve eksenel kuvveti temel hesaplarında gözönüne alınan kolonların bulunması halinde, bu kolonların çerçevesinde oluşan kayma gerilmesinin sınırlandırılması ( $300-40\text{t/m}^2$  gibi). Bu sınır gerilme esas alınarak manto gerekip gerekmediğine karar verilmesi.

## BÖLÜM 6

### ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

#### 6.1 EPOKSİ REÇİNELERİ

Epoksi reçineleri yapıştırma özellikleri çok iyi olan sentetik reçinelerdir. Suya aside ve alkaliye dirençleri çok iyi olmalarına karşın yüksek ısıya karşı dayanımları düşüktür (genel olarak 100°C 'nin üzerinde dayanımlarını kaybederler. Bu nedenle kullanımları sınırlı kalabilir veya yangına karşı korunmaları gerekebilir. Epoksi reçinelerinin ve betonun mekanik özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

<i>Özellik</i>	<i>Beton</i>	<i>Epoksi Reçinesi</i>
<i>Basınç Dayanımı (Mpa)</i>	<i>20 - 70</i>	<i>250' e kadar</i>
<i>Çekme Dayanımı (Mpa)</i>	<i>2 - 5</i>	<i>3,5 - 35</i>
<i>En Büyük Boy Değişimi</i>	<i>0,01</i>	<i>0,2 - 50</i>

Epoksi ve benzeri reçineler betonu veya donatısı hasar görmemiş betonarme elemanlardaki hafif beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanların betona yapıştırılmasında kullanılır. Reçinenin betona, yığma duvara ve çeliğe yapışma özelliği çok iyidir ve bu bağda nemle bir azalma görülmez. Genel olarak reçinenin kullanımı esnasında sıvı döneminin uzun olması ve kaptta sertleşmeye geçmemesi istenir. Epoksi enjeksiyonu minimum 5°C sıcaklıkta ve maksimum 4mm genişliğindeki çatlaklara uygulanabilmektedir.

Epoksi reçineleri; betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemle çatlak ve boşluklar epoksi malzemesi ile doldurulmaktadır. Uygulamaya önce çatlağın basınçlı hava ile temizlenmesiyle başlanır. Daha sonra çatlak V şeklinde genişletir ve içine epoksi doldurulur. Daha derindeki çatlakları doldurmak için düşük viskoziteli epoksi düşük basınç altında uygulanmaktadır. Bunun için çatlak boyunca 15~100cm aralıklarla borular çatlak üzerine yerleştirilir ve çatlak ve boruların çevresi sıvanır. Uygulamaya en düşük seviyedeki noktadan başlanır ve bir sonraki noktadan epoksi çıkana kadar uygulamaya devam edilir. Daha sonra ilk nokta kapatılarak bir sonraki noktaya geçilir ve uygulama bu şekilde devam eder. Çatlağa epoksi enjeksiyonu ile çatlağın tamir edilmesi yanında epoksinin beton ile donatının arasına girmesiyle betonla donatının aderansı da arttırılmış olur.

Epoksi doldurulmuş çatlak ara yüzeyde oldukça yüksek bir çekme dayanımı sağlamaktadır. Ancak onarılmış elemanın tekrar yüklenmesi ile, eski çatlakların hemen yanında ya da onarılmış iki çatlak arasında bir yerde yeniden çatlak olduğunu ve elemanın hasar öncesi dayanım düzeyinde kaldığı gözlenmektedir. Bu nedenle epoksi uygulamaları güçlendirme amaçlı değil onarım amaçlı olarak kullanılmalıdır. Epoksi kullanımında yerel çatlak onarımı yapıldığı unutulmamalıdır. Bir elemanı veya bir bölgeyi güçlendirmek için genellikle tek başına kullanılmaz. Diğer güçlendirme yöntemleri ile beraber kullanılması tercih edilir. Örneğin mantolanan kolonlarda mevcut betonla yeni betonun kaynaşması için kullanılabilir.

## **6.2 ÇİMENTO ŞERBETİ VE ENJEKSİYONU**

Çimento tanecikleri 0,074 mm den küçük olduğu için çimento şerbetinin 0,1mm den daha küçük çatlaklara girebilme olanağı azdır. Bu nedenle kılcal çatlaklara ancak basınç altında enjekte edilebilir.

Çimento şerbeti yapımında ilk dayanımı yüksek çimento ve genişlen çimento kullanımı, onarımın hızlı yapılmasını ve çatlağın içine giren çimento şerbetinin genişleyerek tüm boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento portland çimentosuna ince öğütülmüş alüminyum tozu katılması ile elde edilir.

Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlara düşük basınç altında uygulanır. Bunun için duvara 30~40 cm aralıklarla borular yerleştirilir ve duvar sıvanır. Daha sonra en alt deliklerden başlayarak çimento şerbeti enjekte edilmeye başlanır. Bir sonraki delikten çimento şerbeti gelinceye kadar enjeksiyona devam edilir. Daha sonra enjeksiyon yapılan delik kapatılır ve bir sonraki delikten uygulamaya devam edilir. Bu işlem duvar boyunca devam ettirilir.

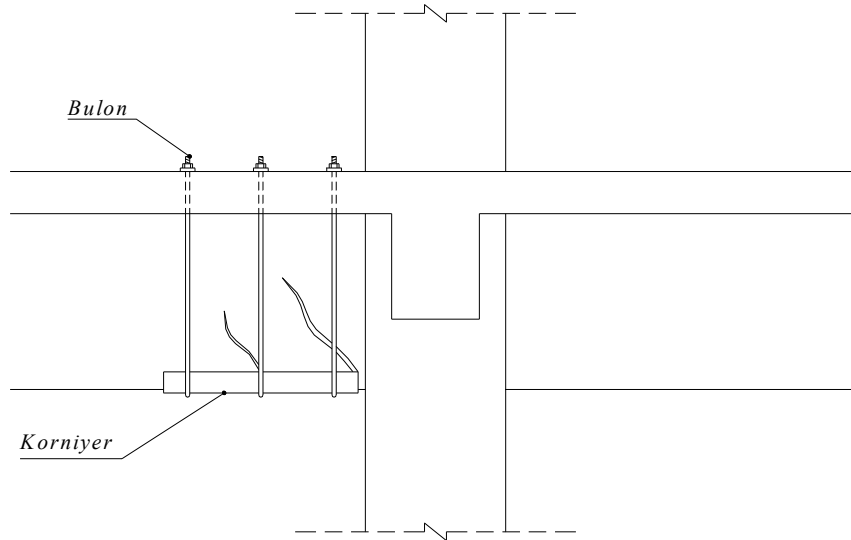
Bu yöntem tarihi ve kültürel değeri olan moloz taştan yapılmış binaların onarım ve güçlendirilmesinde kullanılabilir.

Betonarme taşıyıcı sistemlerde genellikle binaların bodrum katlarında korozyon nedeniyle oluşan dikey (kolonlarda), yatay (kirişlerde) çatlak ve kırıklar betonla donatı arasındaki aderansı yok ettiğinden dolayı taşıma gücünde azalmalara neden olmaktadır. Bu çatlak ve kırıkların tamiratlarında korozyon önleyici ve aderans artırıcı epoksi astar, üzerine de çimento esaslı özel elyaf lif takviyeli polimer modifiye tamir harçları kullanılmaktadır. Uygulaması şu şekilde yapılır : korozyon belirtisi gözlemlenen; çatlak ve kırıkların yer aldığı yüzeyler donatıya ulaşılan dek temizlenip donatı üzerindeki pas mekanik olarak temizlenmekte ve çimento yada epoksi esaslı korozyon engelleyici ve aderans artırıcı şerbetlerle kaplanmaktadır. Tamir harcı olarak elyaf donatılı polimer modifiye tamir harcı uygulanmaktadır. Düzeltme ve bitirme harcı olarak da su geçirimsizliği yüksek çimento esaslı özel harç kullanılmaktadır.

### **6.3 MEKANİK BAĞLAYICILAR**

Çatlakların epoksi reçinesi, çimento şerbeti ya da harçla onarımı genellikle genişlemesi durmuş çatlakların onarılması amacı ile yapılmaktadır. Çatlakta genişleme duruyorsa çatlağın mekanik bağlayıcılarla dikilmesi gerekir. Bu dikişler çatlağı kesen çubuklar ve çubuk uçlarının uygun bir şekilde bağlanması ile oluşur. Bu tür mekanik bağlayıcılar süreksiz olduklarından gerilme birikimi yapabilir. Uçlarındaki sıkıştırılmış somunlar dayandıkları yerlerde yerel ezilmelere yol açabilir. Mekanik bağlayıcılar ile çatlak yüzeylerine dik yönde bir kuvvet uygulandığı zaman, diğer bir deyişle vidalar sıkıştırıldığı zaman etkili olarak çalışmaya başlarlar (Şekil 6.1).

Çatlakların dikilmesinde diğer bir yöntem ise kolon kiriş birleşim bölgelerinde meydana gelen hasarın onarımı için yapılır. Bu yöntemde birleşim bölgesindeki parçalanmış ve ezilmiş beton temizlenmekte ve epoksi harcı ile eksilmiş beton hacmi doldurulmaktadır. Daha sonra epoksi harcı ile doldurulmuş bölge üzerine, metal şeritler altlarına epoksi reçinesi sürülmek ve epoksi sertleşinceye kadar basınç uygulanmak suretiyle yapıştırılmaktadır. Bu onarım yöntemi 1992 Erzincan Depremi sonrası perde duvarlarla güçlendirilen binaların düğüm noktası hasarlarının onarımında kullanılmıştır (Şekil 6.2-6.3).

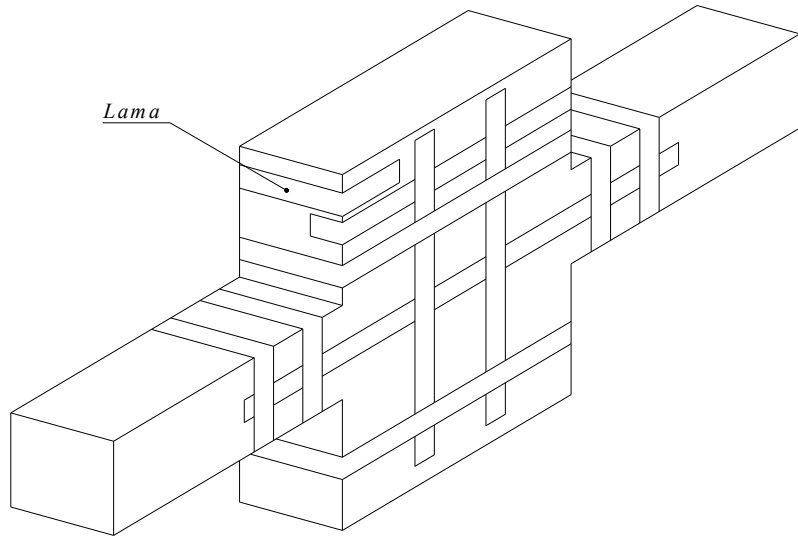


Şekil 6.1 Hasar Görmüş Bir Kirişin Mekanik Ankrajla Onarımı

#### 6.4 PÜSKÜRTME BETON

Bu yöntem, kesiti genişletilmek suretiyle güçlendirilecek elemanlarda, beton kalınlığının az olması nedeniyle betona kalıp yapılmasının ve betonun yerleştirilmesinin zor olduğu durumlarda uygulanır.

Püskürtme beton, basınçlı hava ile kullanılan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur. Kuru karışım olarak bilinen ilk yöntemde, karışım odasında çimento ve agrega uygun oranlarda bir araya getirildikten sonra bu kuru karışım basınçlı hava ile hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava yardımıyla yüzeye püskürtülür. Tabancadan katılan suya istenildiği takdirde beton katkı maddeleri ilave edilebilir. Diğer metot ise ıslak karışım yöntemidir. Bu yöntemde betonu oluşturan maddeler (çimento, agrega, su, katkı maddeleri vb.) beraber karıştırılarak püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme beton yeni inşa edilen yapıların yanında mevcut kagir, tuğla, çelik ve betonarme yapıların yüzlerinin betonla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır.



Şekil 6.2 Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Orta Aks)

Başarılı bir püskürtme beton için donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesi gerekir. Küçük çaptaki onarım işlerinde donatıya gerek kalmayabilir. İşin şekline göre hasır donarı kullanılabilir. Donatı, püskürtme esnasında yerini koruyacak ve yaylanmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Uygulamada küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Donatının

arka yüzeye veya kalıba olan mesafesi, donatı ve agrega çapına bağlı olmakla beraber püskürtme harç ve ince çaplı donatı kullanıldığında en az 1~2 cm, püskürtme beton ve kalın çaplı donatı kullanıldığında ise 4~5 cm olması gerekir. Gerekirse donatıyı belirli bir mesafede tutmak için ayaklar kullanılabilir. Donatının dış tesirlerden korunması için pas payı kurallarına uyulur.

## **6.5 KARBON LAMALAR**

Karbon lamalarla onarım ve güçlendirme oldukça yeni bir uygulama olup, bunlar kirişin alt ve yan yüzlerine, kolonların düşey yüzlerine ve kolon-kiriş birleşim bölgesine epoksi reçinesi ile yapıştırılırlar. Paslanmaz çelikten oluşan bu şeritlerin kalınlığı 1,0-1,5mm'dir.

Karbon lamalar oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Betonda, betonarme elemanlarda, öngermeli betonda, taş binalarda, çelik yapılarda, yığma ve ahşap yapılarda kullanılabilirler.

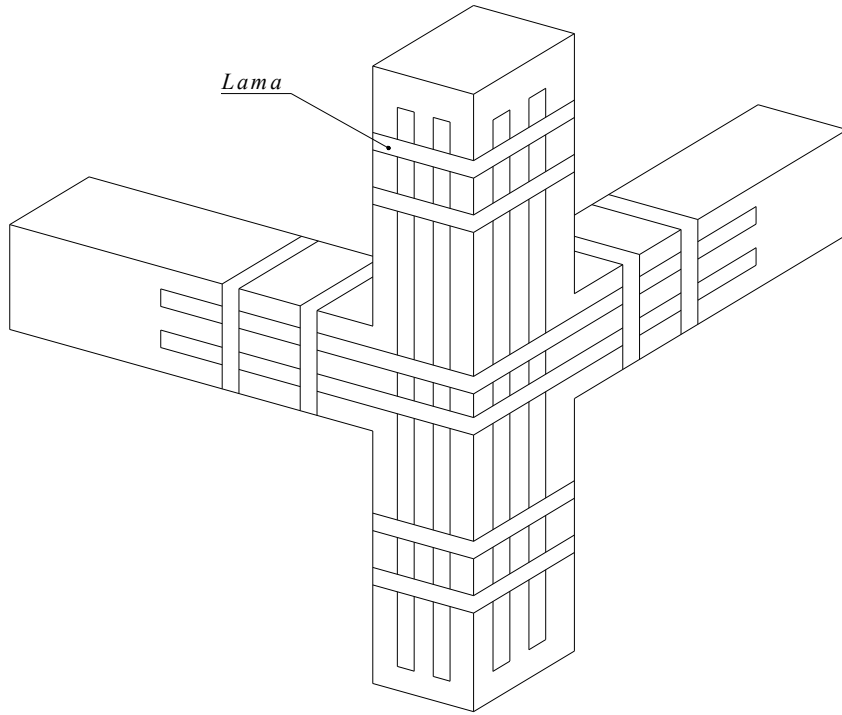
Karbon lamaların sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

- Yüksek mukavemete sahiptirler.
- Paslanmazlar.
- Hafiftirler. Bu nedenle taşıma maliyetleri düşüktür. Diğer güçlendirme elemanlarına göre fazla yer kaplamadığından, sınırlı alanlarda rahatlıkla kullanılabilirler.
- Yapışma süresince iskeleye ihtiyaç gerektirmezler.
- Uygulamalar estetik görünümü bozmadan rahatlıkla kapatılabilirler.
- Ekonomik sonuçlar verirler. (Güçlendirmenin tüm maliyeti göz önüne alındığında)

Karbon lamaların sağladığı sıralanan avantajların yanında bazı dezavantajları da vardır. Bunlar;

- Karbon liflerin kendi maliyetlerinin yüksek olması.
- 50°C'nin üzerindeki çevre sıcaklıklarında sorun çıkarmaları.

Uygulama yapılmadan önce beton yüzey iyice zımparalanır ve pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Yüzey iyice temizlendikten sonra yüksek viskoziteli epoksi reçinesi beton ve çeliğin yapışma yüzeyine sürülür. Basınç uygulayarak yapışma sağlanır. Çelik lamalar tel ağ ve çimento harcı veya püskürtme beton ile kaplanır.



Şekil 6.3 Hasar Görmüş Bir Birleşim Bölgesinin Dikilmesi (Köşe)

## 6.6 CAM VE KARBON LİFLİ DOKUMALAR

Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan epoksi emdirilmiş lifli dokumalar, betonarme kolon, perde, kiriş ve düğüm noktaları gibi taşıyıcı elemanların aksenel

normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için çelik levha ile güçlendirme yerine kullanılmaktadır.

Betonarme elemanlarda çelik levha ile güçlendirmenin iki ana sorunu vardır. Bunlardan ilki zamanla çelik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır çelik levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi emdirilerek elemana yapıştırılması nedeniyle betonarme elemanlara kolayca sarılabilmekte ve paslanma sorunu da olmamaktadır.

Lifler cam, karbon, grafit denilen malzemedir yapılıdır. Bu liflerin en önemli özellikleri kopuncaya kadar doğrusal elastik davranmalarıdır. Epoksi emdirilmiş lifli dokumaların yük deformasyon özellikleri yüklemenin liflerle olan açısına bağlıdır. Dokumaların liflere paralel çekme dayanımı çok yüksektir. Bu nedenle verimli kullanılabilmesi için liflerin çekme kuvvetine paralel şekilde yerleştirilmesi gerekir.

Dokuma liflerin çevresindeki ortamı oluşturan reçine, yeterli rijitlikte olmalı, beton ile dokuma arasında kuvvet aktarabilmeli ve beton ile dokuma arasındaki aderansın gevrek bir biçimde sona ermesini engellemelidir. Cam yada karbon lifleri bir arada tutan reçinelerin yüksek ısıdan etkilendikleri bilinmektedir. Aşağıda en çok kullanılan cam ve karbon lifler hakkında bilgi verilecektir.

*1- Cam Lifler :* Kopma gerilmeleri  $2100 \text{ kg/cm}^2$ , elastisite modülü  $700000 \text{ kg/cm}^2$  dir. Ancak uygulamada, liflerin giderek kopması nedeniyle, bu gerilmelere ulaşılması çok zordur.

*2- Karbon Lifler :* Karbon liflerin cam liflere göre elastisite modülleri 10 kat fazladır. Ancak maliyetleri de cam liflere nazaran çok fazladır. Karbon lifleri tümü karbon atomlarından oluşur.

Lifli dokumalar arasında herhangi bir yapışma olmadığı için polimer ya da sentetik reçineden oluşan bir ortam içine alınmakta veya dokuma yüzeye sarıldıktan sonra bu sentetik reçine ya da polimer kat kat fırça ile sürülmektedir. Bu yolla dokumanın lifleri epoksi ortamı yolu ile birbirine kuvvet aktarabilmektedir.

## **BÖLÜM 7**

### **BETONARME KIRIŞLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ**

Kirişlerin güçlendirilmesi esnasında iki önemli nokta göz önünde tutulmalıdır. Aksi halde güçlendirme fayda yerine zarar verecektir. Bunlar;

- Bu işlem esnasında komşu kolonları da göz önüne alarak kuvvetli kiriş-zayıf kolon türünden bir birleşim bölgesinin meydana getirilmemesi,

- Kirişin oluşacak yeni donatı yüzdesinin, kirişte gevrek kırılmayı önlemek için, dengeli kırılma yüzdesini aşmamasıdır.

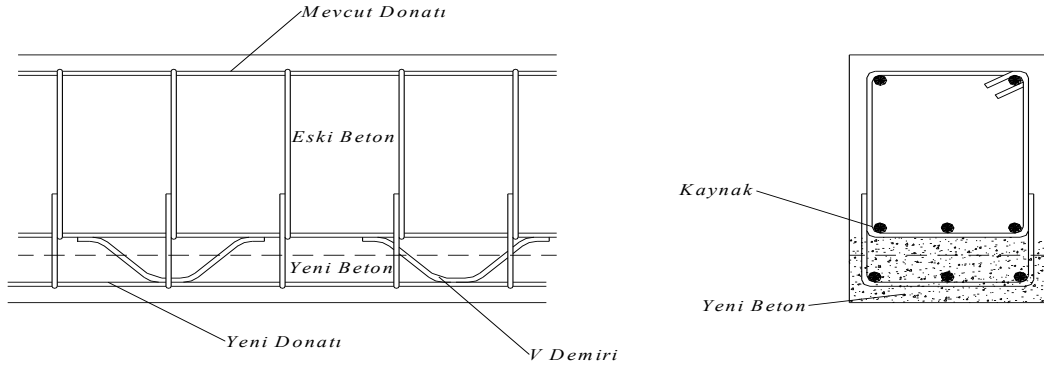
Güçlendirme türü hasarın seviyesine (çatlama, beton ezilmesi, donatı sıyrılması ve kopması) bağlı olarak değişir. Hafif çatlaklı kirişler, epoksi veya çimento şerbeti enjeksiyonu ile onarılabilir. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi hasarın ağır olduğu durumlarda, kirişin geçici olarak askıya alınması uygun olur.

Kirişlerde çatlak onarımında epoksi enjeksiyonu da kullanılabilir. Bu işlemin başarılı olması için betonun yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Düşük dayanımlı beton durumunda yerel bir onarım olan epoksi enjeksiyonu tavsiye edilmez.

#### **7.1 MOMENT TAŞIMA KAPASİTESİNİ ARTTIRAN GÜÇLENDİRME**

Bir elemanın moment taşıma gücünün arttırılması, kesitin büyütülmesi (yani manivela kolunun arttırılması) veya çekme donatısının arttırılması ile mümkündür. Bunun için kesite yeni beton alanları eklenmeli ve ek donatılar konulmalıdır. Burada

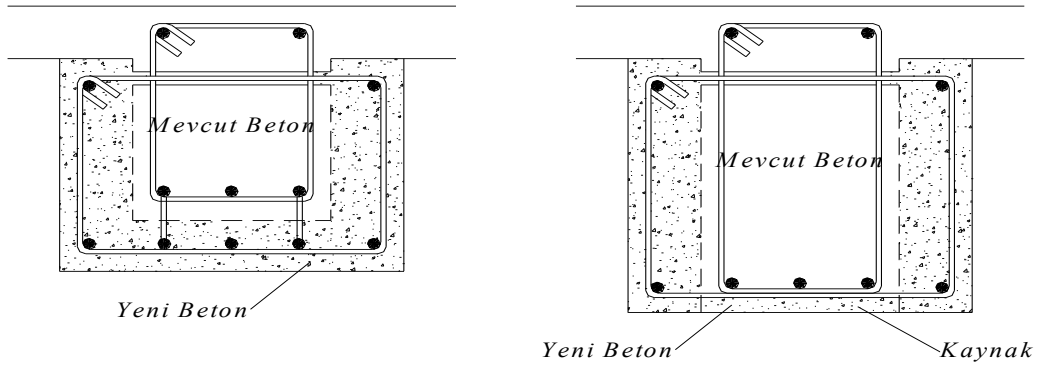
karşılaşılan sorunlar yeni çekme donatılarının betona ankrajı ve eski ve yeni betonun kaynaşmasıdır. Yeni konulan çekme donatısının eski donatı ile bağlantısı V yada Z bağlantısı denilen donatının eski ve yeni betona kaynaklanması ile yapılmaktadır. Kiriş kesitinin büyütülmesi gerektiği durumlarda mevcut betonla bütünleşmeyi sağlamak için mevcut betondaki beton örtü tabakası kaldırılmalı ve yüzeyin temizlenerek pürüzlendirilmesi gerekir (Şekil 7.1-7.2).



Şekil 7.1 Hasar Görmüş Bir Kirişin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi

Kirişlerin güçlendirilmesinde uygulanan bir yöntem de lif katkılı plastik kumaş uygulamalarıdır. Bu uygulamada amaç sehimin azaltılması, çatlakların genişlemesinin engellenmesi, yük taşıma gücünün ve kırılma yükünün artırılmasıdır. Bu uygulamalarda epoksili dokuma lifler kirişin alt veya yan yüzlerine yapıştırılır. Yapılan deneylerde göçme, kesme kırılması ve dokuma katmanlarının betondan sıyırılması gibi gevrek kırılma şeklinde oluşmuştur. Lif katkılı polimerin uzun süreli yük altında sünme nedeni ile kırılma ve kopma tehlikesi vardır. Bu nedenle malzemeye gelen gerilmelerin sınırlandırılması gerekir. Karbon liflerdeki gerilme kopma gerilmesinin %80'ini, cam liflerde ise %30'unu aşmaması istenir.

Çelik levha ile kirişin eğilme momentini dayanımını arttırmak için çelik levhalar kirişin alt yüzüne epoksi vb. yapıştırıcılar yardımı ile yapıştırılır. Yapıştırılan levhanın en kesit alanı güçlendirme için gereken eğilmeden çekme ya da kesme donatısı alanına eşdeğer miktarda alınmaktadır. Çelik levhalar aynen betonarme donatı gibi gereksinme duyulmayan noktadan itibaren kiriş derinliği kadar uzatıldıktan sonra kesilmelidir. Bu yöntemde çelik levhaların korozyona karşı korunmaları gerekir.



Şekil 7.2 Hasar Görmüş Kirişlerin Kesit Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi

## 7.2 KESME KUVVETİ TAŞIMA KAPASİTESİNİ ARTTIRAN GÜÇLENDİRME

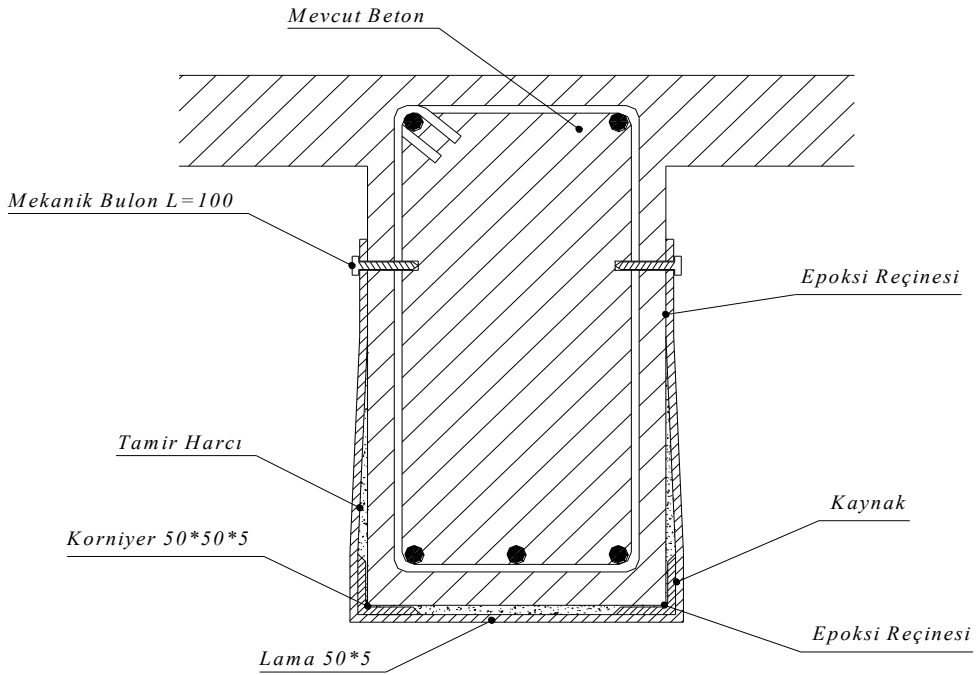
Kirişlerde kesme kuvvetini arttıran güçlendirme kesitin büyütülmesi ve ek enine donatılar yerleştirilmesi ile yani kirişte kısmi veya tam manto ile gerçekleştirilebilir. Kiriş mantolamanın en büyük avantajı, mantoya hem boyuna donatı hem de etriye yerleştirme olanağı olduğundan, kirişin eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir.

Kirişlerde kesme çatlakları mesnete yakın ve eğik şekilde oluşur. Yerleştirilen ek etriyelerde, etriye uçları döşemelerin delinmesi suretiyle kiriş üst tarafında

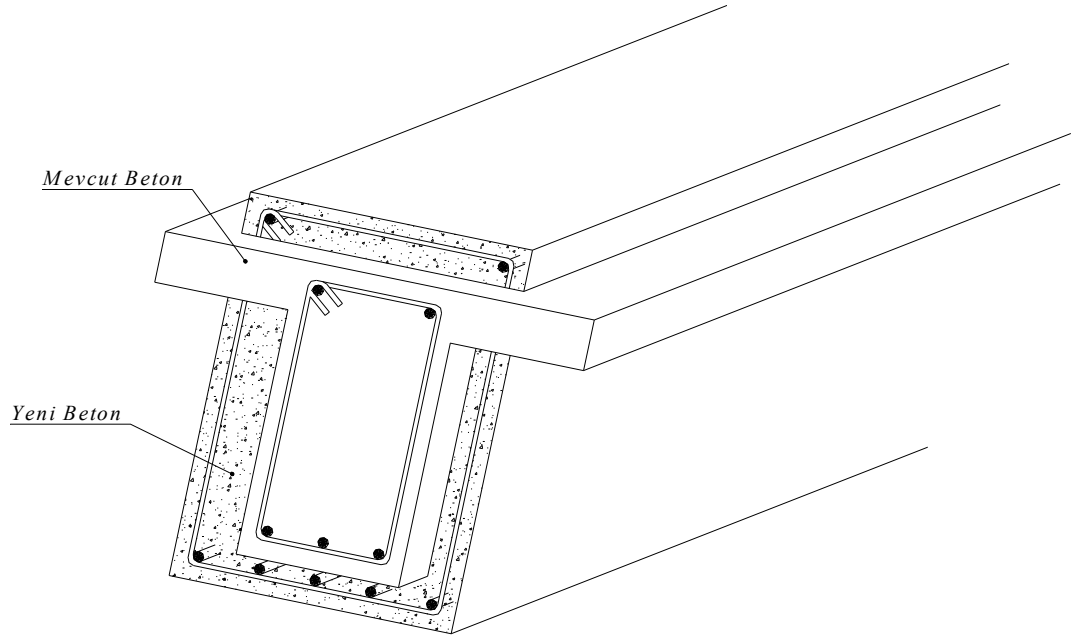
bulonlar vasıtasıyla sıkıştırılarak bağlantı sağlanır. Diğer bir yöntemde etriyeler kirişi saracak şekilde yerleştirilir ve kiriş üst tarafı da betonlanır. Bu yöntem, döşeme kalınlığı artacağı için mimari açıdan pek uygun değildir (Şekil 7.4).

Çelik levhaların kirişin yan yüzeylerine yapıştırılması suretiyle de kirişlerin kesme kuvveti kapasitesi artırılabilir. Aynı kirişin alt ve yan yüzeyleri çelik levhalar ile güçlendirilmiş ise bu levhalar birbirlerine kaynakla bağlanmalıdır (Şekil 7.3).

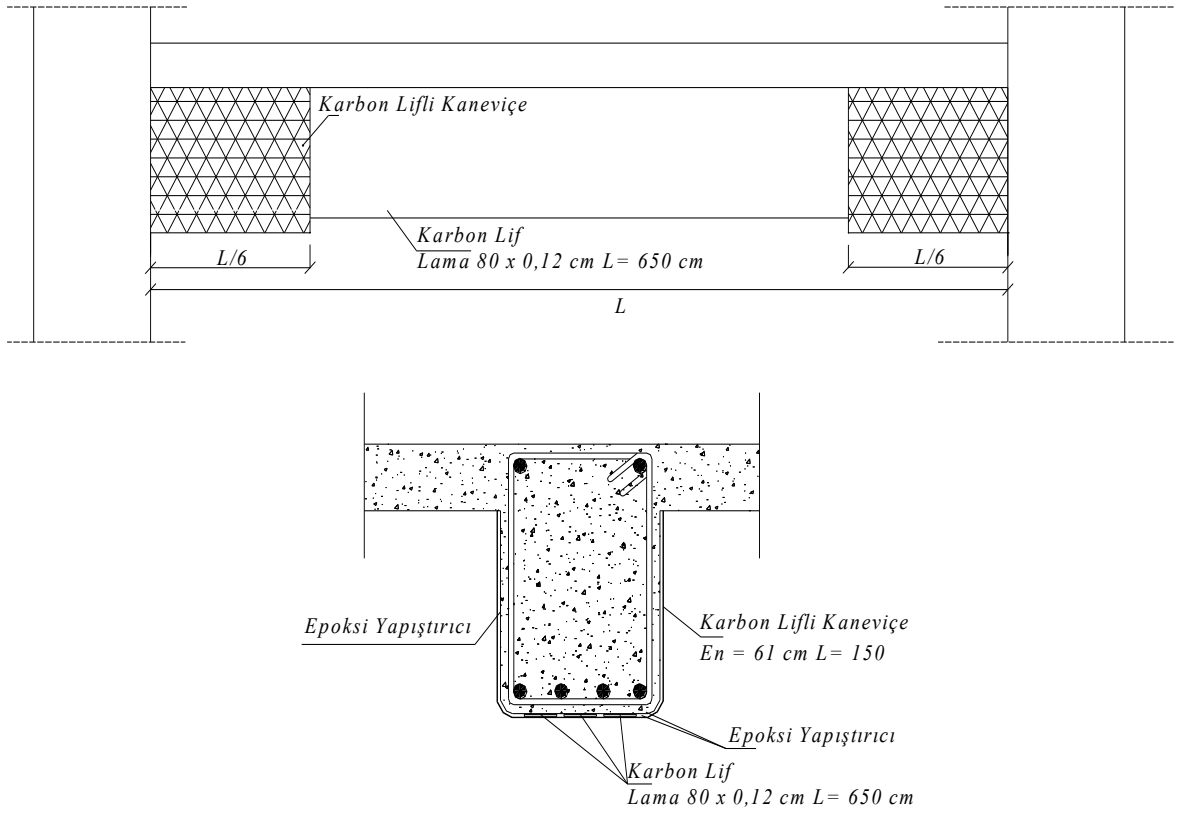
Kirişlerin kesme dayanımını arttırmak için uygulanan diğer bir yöntem de lifli dokumalardır. Bu yöntemde kiriş alt ve yan yüzeyleri epoksili dokumalarla sarılır. Kirişin yalnızca yan yüzeyinin sarılması dokumanın yetersiz bir biçimde ankrajına neden olacağı için başarılı olamamaktadır. Kirişin yan ve alt yüzlerinin sarılması kiriş orta bölgelerinde etkili olmakta fakat mesnet bölgelerinde etkisiz kalmaktadır (Şekil 7.5).



Şekil 7.3 Kirişlerin Çelik Lama İle Güçlendirilmesi



Şekil 7.4 Kirişlerin 4 Taraftan Kesitin Büyütülmesi İle Güçlendirilmesi



Şekil 7.5 Kirişlerin Çelik Plaka ve Karbon Lifli Dokumalarla Güçlendirilmesi



Şekil 7.6 Kiriş Altına Yapıştırılacak Karbon Lama Yerinin Hazırlanması



Şekil 7.7 Kiriş Altına Karbon Lifli Dokumanın Yapıştırılması



Şekil 7.8 Karbon Lifli Dokumanın Epoksiyi Emene Kadar Sıkıştırılması



Şekil 7.9 Kiriş Altına Yapıştırıcı Malzemenin Sürülerek Üzerine Silis Kumu Serpilmesi ve Üzerine Sıva Yapılması

## **BÖLÜM 8**

### **BETONARME KOLONLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ**

Betonarme kolonların güçlendirilmesinde amaç kolonların aksenal yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçlerinin artırılmasıdır. Bu işlem genellikle beton kesitinin büyütülmesi yani mantolama (gömlek geçirme) yada kolonun çelik bir kafes içine alınarak betona yandan destek verilerek taşıma gücünün artırılmasıdır.

Kolonun eğilme dayanımı kesit alanının büyütülmesiyle ve yeni boyuna donatıların ilavesi ile sağlanır. Buna karşılık kesme dayanımı ve sünekliği ise, enine donatının sıklaştırılması ile gerçekleştirilir. Kolonlarda hasar durumuna göre çeşitli onarım ve güçlendirme yöntemleri söz konusu olabilir. Kirişlerde olduğu gibi 0,1-5mm genişliğindeki çatlaklar epoksi reçinesi ile onarılabilir. Daha büyük çatlaklarda çimento şerbeti enjeksiyonu uygun olur. Eğer kolonda yerel bir ezilme varsa, mevcut kolon askıya alınarak, bu bölge temizlenerek pürüzlendirilir ve duruma göre yeni enine ve boyuna donatılar ilave edilir.

#### **8.1 BETONARME MANTO**

Betonarme kolonların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem kolonların mantolanmasıdır. Mantolamada mevcut kolona yeni beton alanı ve yeni enine ve boyuna donatılar eklenir. Manto kalınlığının betonlama sırasında boşluk kalmaması için 10 cm den az olmaması önerilir. Kolonların mantolanmasında en önemli husus eski ve yeni betonun kaynaşması, eski ve yeni beton arasında yük aktarımının sağlanabilmesidir. Bu amaçla mevcut kolondaki sıva tabakası kaldırıldıktan sonra yüzey pürüzlendirilmelidir. Kolonların dört taraftan mantolanması durumunda yeni beton zamanla rötre nedeniyle büzüleceğinden

mevcut betonla tam bir kaynaşma yapacaktır. Bu nedenle büyük etkiler söz konusu olmadığı durumlarda ankraj gerekli değildir. Bir, iki ve üç taraftan mantolamalarda ise mevcut betonla kaynaşmayı sağlamak için ankraj gereklidir.

Ankrajlarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemde, donatı çapından yaklaşık 5mm geniş açılacak delikler (donatı çapının 15 katından fazla) basınçlı hava ile temizlendikten sonra demir çubukların L şeklinde kırılarak epoksi reçinesi ile mevcut kolona çakılması şeklinde uygulanır. Bu yöntem hem basit hem de kısa zamanda uygulanabilir olduğundan tercih edilmektedir. Ankrajlar daha sonra çekme deneyine tabi tutularak ankrajın çekme dayanımı test edilir. Genellikle epoksiden kaynaklanan sıyrılmadan çok, eski betonun dayanımının düşük olmasından dolayı mevcut betonla beraber kopma gerçekleşir (Şekil 8.2).

Eski ve yeni betonun kaynaştırılmasında diğer bir yöntemde mevcut kolon donatılarının açığa çıkarılarak temizlenir ve V veya Z şeklindeki demir çubuklar eski ve yeni donatılara kaynak edilerek bütünlük sağlanır (Şekil 8.3).

Kolonun normal ve kesme kuvveti kapasitelerinin artırılmasında donatıların döşemeyi delerek kolon-kiriş birleşim bölgesini geçmesine ihtiyaç olmayabilir. Ancak bu durumda kolonun moment taşıma kapasitesi artırılmadığı gibi kolon-kiriş birleşim bölgeleri de güçlendirilmiş olmaz. Yatay yüklerin perdelerle taşınması öngörülen sistemlerde bu tür mantolama kabul edilebilir. Aksi halde kolon boyuna donatıları döşemede açılacak delikler vasıtası ile katlar arasında devam ettirilmelidir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde devam ettirilen mantolarda, geçiş bölgesinde eski ve yeni betonun kaynaşması için kirişlere mutlak suretle ankraj yapılmalıdır (Şekil 8.1).

Mantolamada dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

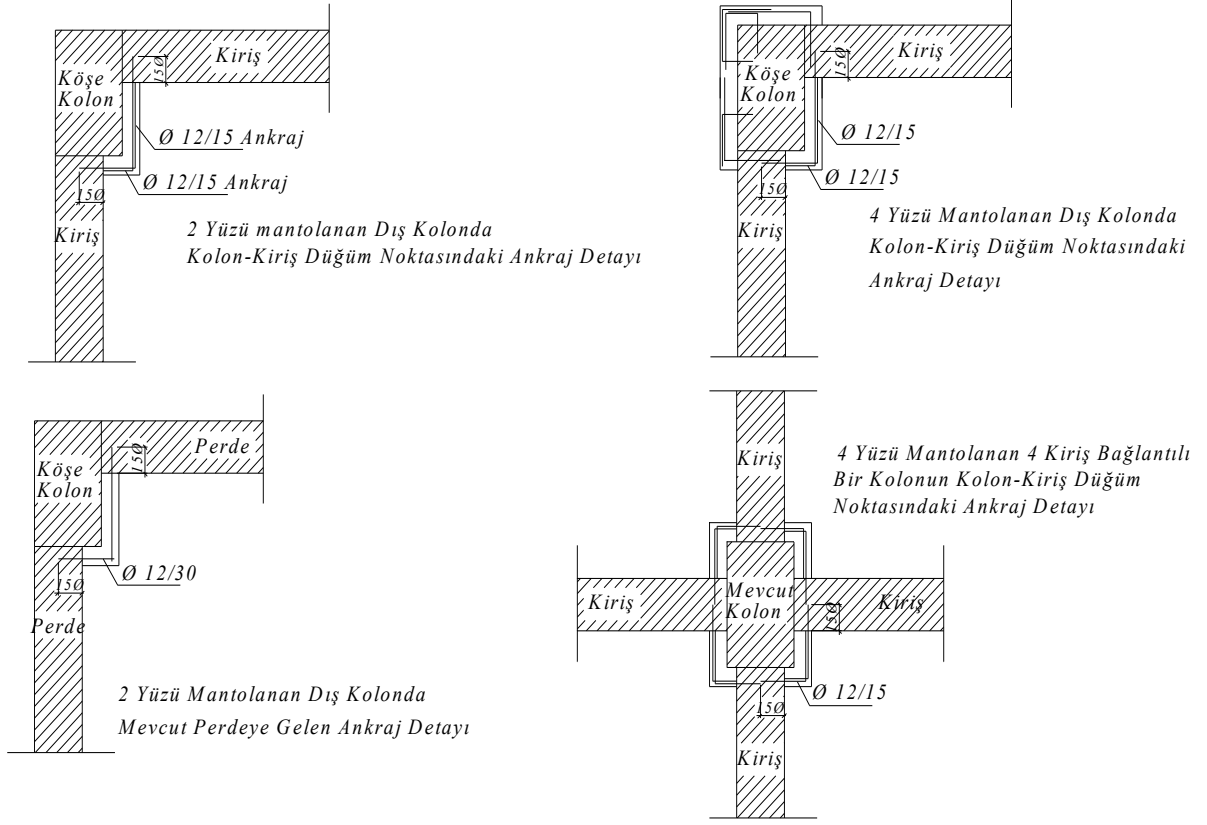
- Mantolamada kolon boyuna donatı yüzdesi % 1'den az olamayacağı gibi % 1'in de çok üzerine çıkılmamalıdır. Çünkü donatı yüzdesi % 1 olan kolonların sünek davranan ve en ekonomik donatı yüzdeli kolonlar olduğu deneysel olarak saptanmıştır.

- Kolonların mantolanması esnasında kullanılacak betonun agrega boyuları hem eklenen kesitin et kalınlığına hem de donatılar arasındaki mesafeye bağlıdır. En büyük agrega çapının, betonun en iyi yerleşecek şekilde seçilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca betonda akışkanlaştırıcı kullanılması betonun iyi bir şekilde yerleşmesini dolayısı ile eski ve yeni beton arasındaki aderansı sağlayacağından uygun olur.

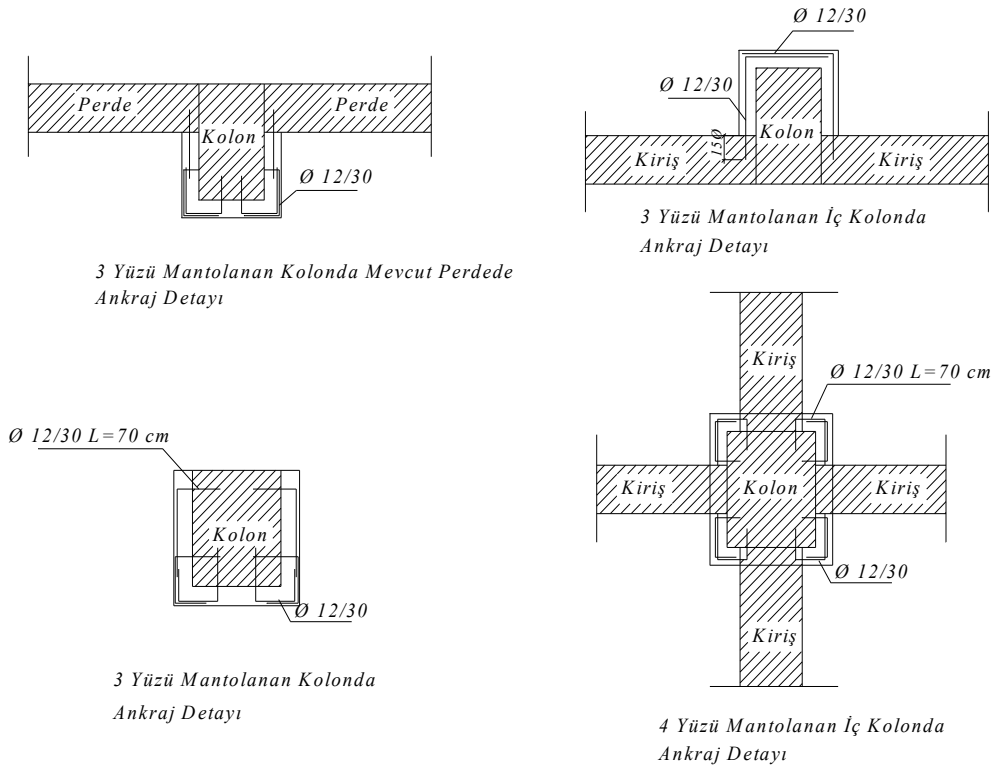
- Yapılan deneyler hasarlı kolonlarda askıya alınmadan yapılacak mantolamada etkinliğin ancak % 50 seviyesinde olduğunu göstermiştir. Bu nedenle özellikle hasarlı kolonlarda güçlendirmenin kesinlikle kolonun askıya alındıktan sonra yapılması gerekmektedir.

- Betonarme çerçevede taşıyıcı olmayan duvarların yerine yeni perde duvar eklenerek yapılacak güçlendirmede önemli bir sorun perde uc elemanı gibi davranacak olan kolonların düşük dayanımlı olmasıdır. Bu nedenle bu tür güçlendirmede kolonlarda mantolanmalı perde ve kolon manto betonu birlikte dökülmelidir.

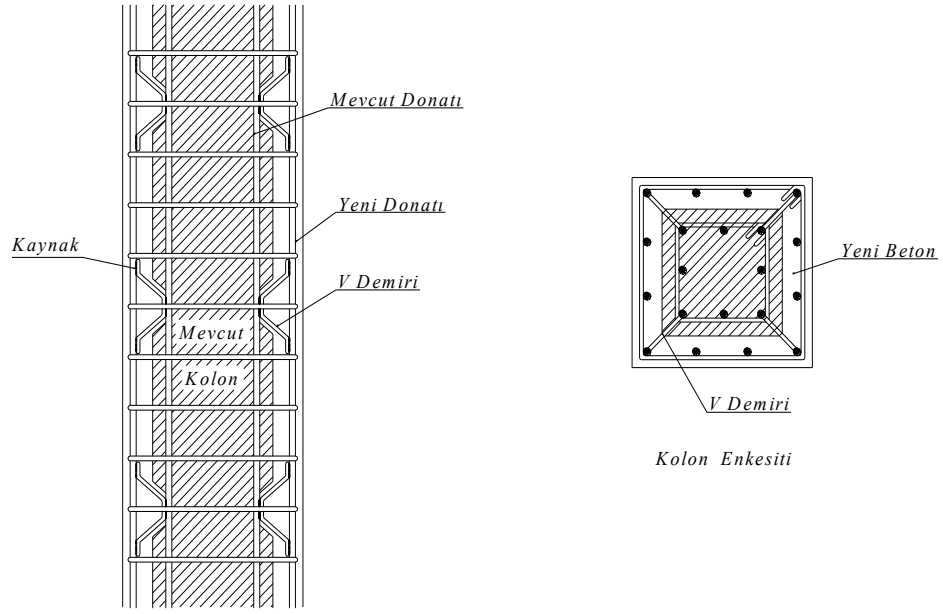
- Eğer mantolama yapılmadan önce krikolarla kolonun aksenal yükü kaldırılmamış ise, mantolu kolonun aksenal kapasitesi hesaplanırken içerideki mevcut kolonun beton ve donatı alanı dikkate alınmamalıdır.



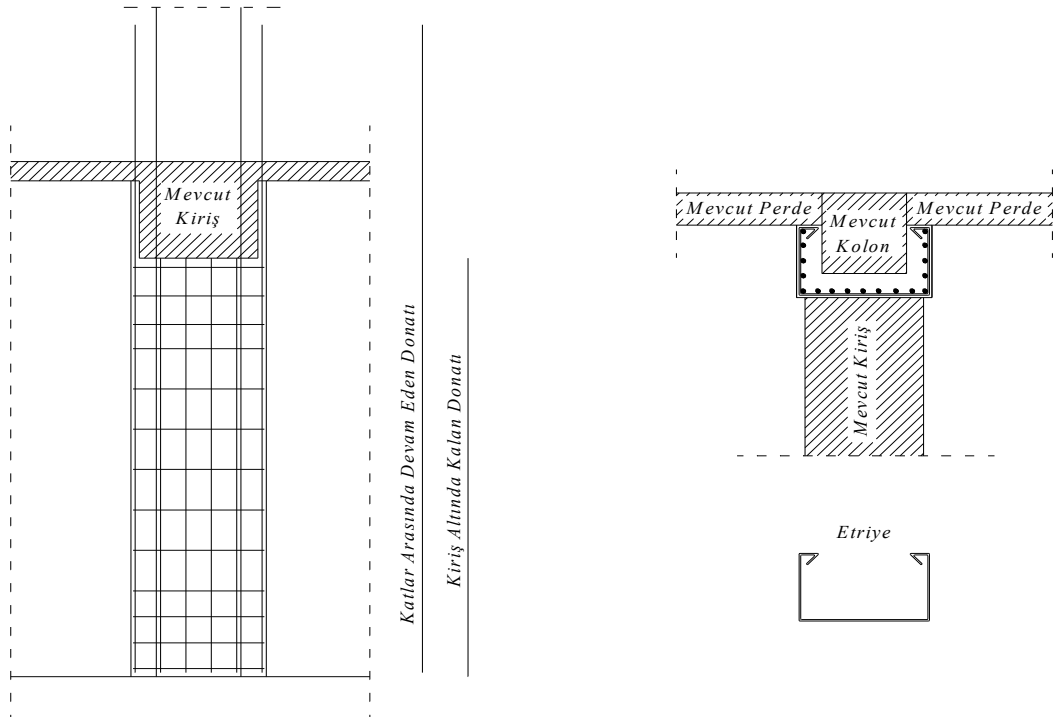
Şekil 8.1 Mantolanan Kolonlarda Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesindeki Ankraj Detayları



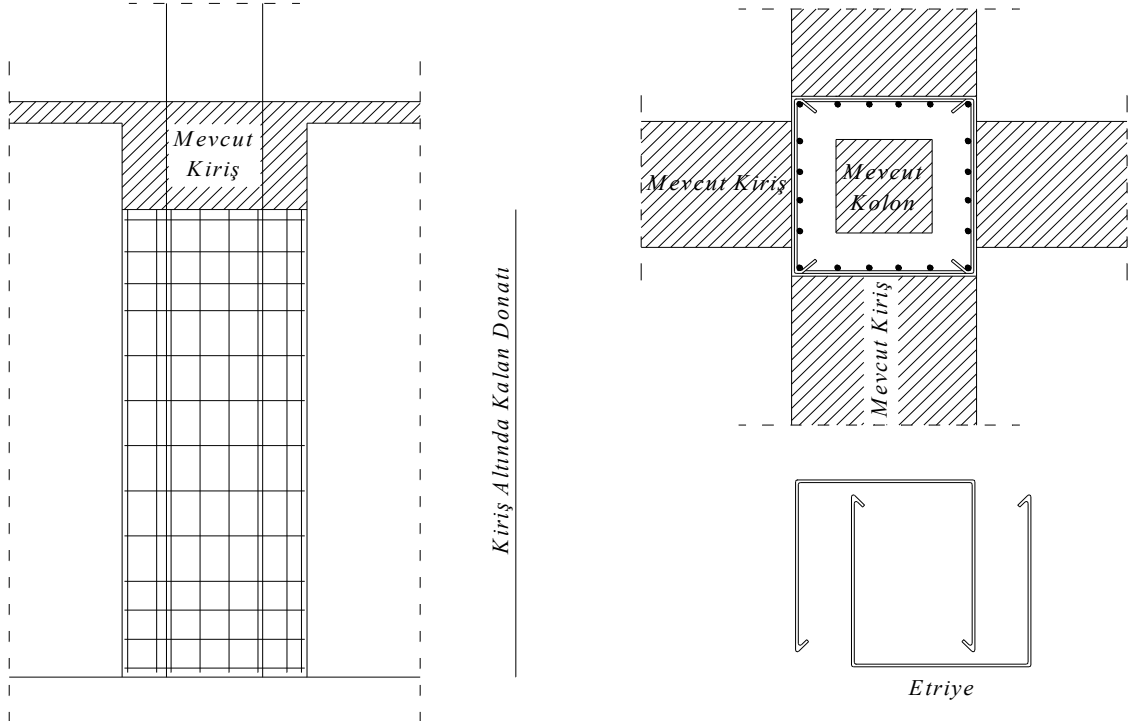
Şekil 8.2 Mantolanan Kolonlarda Ankraj Detayları



Şekil 8.3 Eski ve Yeni Betonun V Demiri İle Kaynaştırılması



Şekil 8.4 Bodrum Katta Mantolanan Köşe Kolon



Şekil 8.5 Kiriş Altında Kalan Manto

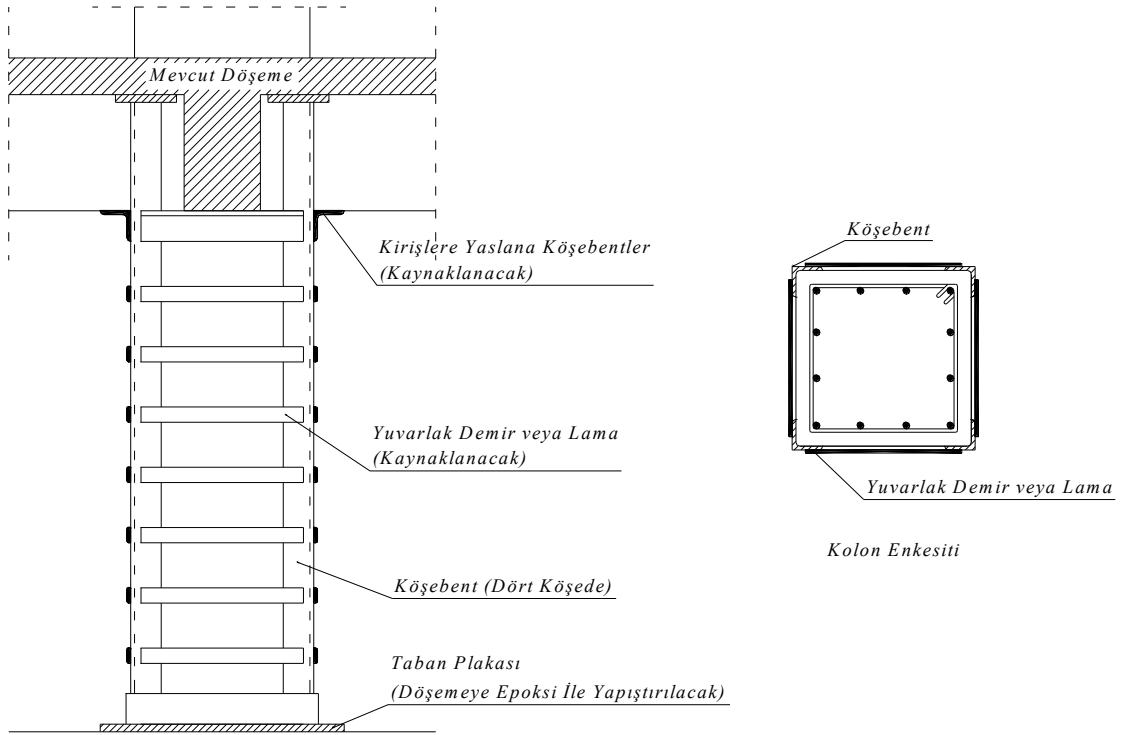
## 8.2 ÇELİK MANTO

Betonarme kolonların güçlendirilmesi kolonu profil demirlerle bir kafese alma yöntemi ile de yapılabilir. Bu yöntem ile kolonun moment ve eksenel yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış olmamakta ve katlar arasında moment aktarımı sağlanamamaktadır. Ancak çabuk yapılabilen ve hasarlı kolonun artçı depremlerde daha çok hasar görmesini engelleyen ve kolonun dağılmasını önleyen ve kolona yanıl destek vererek dayanımını artıran bir onarım-askıya alma yöntemi olarak uygulanabilir.

Çelik manto, mevcut kolonun köşelerine yerleştirilen çelik korniyer ve bunları kaynakla birleştiren yatay lamalardan oluşur. Korniyerler eksenel yük taşıma kapasitesine katkıda bulunurken, yatay lamalar, etriye vazifesi görerek, dıştan sargı etkisi oluşturur (Şekil 8.6).

Korniyerler her iki uçtan çelik lamalara yaslanmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma korniyerler yerleştirilmeden önce üstteki kirişin kriko ile kaldırılmasıyla sağlanır. Bu yöntemle kolona gelen aksenal yük kaldırılacağından, mantonun daha etkili bir biçimde çalışması sağlanmış olur. Kriko ile kaldırma yapılamıyorsa, alttaki plakanın altına çakılacak kamalarla sıkıştırma yapılabilir.

Yatay lamalar kaynaklanmadan önce, işkence türü bir düzenle korniyerlerin kolona iyice yapışması sağlanmalıdır.



Şekil 8.6 Çelik Manto İle Güçlendirilmiş Kolon

### 8.3 CAM KARBON LİFLİ DOKUMALAR

Lifli dokumalar kolonların aksenal normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerini arttırmak için kullanılmaktadır. Bu suretle kolonun rijitliğinde önemli bir değişiklik olmadığı için, taşıyıcı sistemde bir iç kuvvet değişimi ortaya çıkmaz. Ayrıca sisteme ilave bir yük gelmemesi nedeniyle yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinde de bir artış olmaz.

Lifli dokumaların elik levhalar ile gulendirmeye karşı 2 avantajı vardır. Bunlarda ilki zamanla elik levhada oluşan paslanma, diğeri ise ağır elik levha elemana yapışana kadar geçen süre içindeki desteklenme sorunudur. Sentetik dokumaların yüksek dayanımlı liflerin oluşturduğu ince bir bez olması ve epoksi emdirilerek elemana yapıştırılması nedeniyle betonarme elemanlara kolayca sarılabilmekte ve paslanma sorunu olmamaktadır.

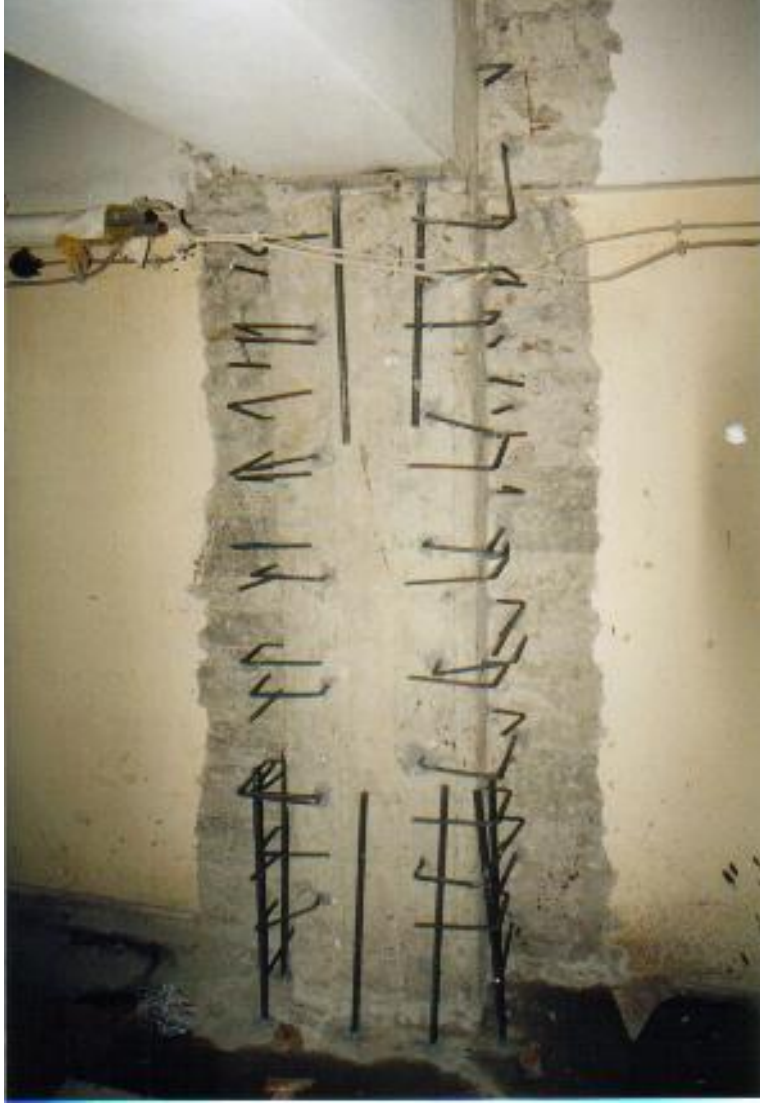
Karbon lamalarla karbon lifli dokumaların beraber kullanılması mümkündür. Karbon lamalar kolon veya kirişe epoksi ile yapıştırıldıktan sonra üzerine karbon lifli dokumalar sarılır ve tüm yüzeye daha önce uygulanan epoksiyi emene kadar üzerine basınç uygulanır.



Şekil 8.7 Kolonda Epoksi İle Ankraj Uygulaması



Şekil 8.8 Kolonda Kaynak İle Ankraj Uygulaması



Şekil 8.9 Bodrum Katta Mantolanan Kolonda Ankrajlar



Şekil 8.10 Bodrum Katta Mantolanan Kolon



Şekil 8.11 Bodrum Katta Kiriş Altında Kalan Manto



Şekil 8.12 Z Demiri İle Oluşturulan Kaynaklı Ankraj



Şekil 8.13 Zemin Katta Mantolanan Kolonda Ankrajlar



Şekil 8.14 Zemin Katta Mantolanan Kolon



Şekil 8.15 Epoksili Ankrajlara Uygulanan Çekme Deneyi



Şekil 8.16 Mantolanan Kolonda Katlar Arasında Devam Eden Donatı



Şekil 8.17 Mantolanan Kolonda Donatı Detayı



Şekil 8.18 Zemin Katta Mantolanan Kolonlar



Şekil 8.19 Mantolanan Kolonda Epoksili Ankrajlar



Şekil 8.20 Mantolanacak Kolonda Temel Filizleri



## BÖLÜM 9

### BETONARME TEMELLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Zor ve maliyeti yüksek olan temellerin güçlendirilmesi gerekliliği aşağıdaki hallerde ortaya çıkmaktadır;

- Temel boyutlarının sistemden gelen yükleri taşımada yetersiz olması,
- Temelerde meydana gelen farklı oturmalar,
- Kat ilavesiyle veya yapının kullanma amacının değişmesinden dolayı hareketli yüklerin artması,
- Sisteme eklenen yeni elemanlar (perde gibi) için temel boyutlarının büyütülmesi gerektiğinde

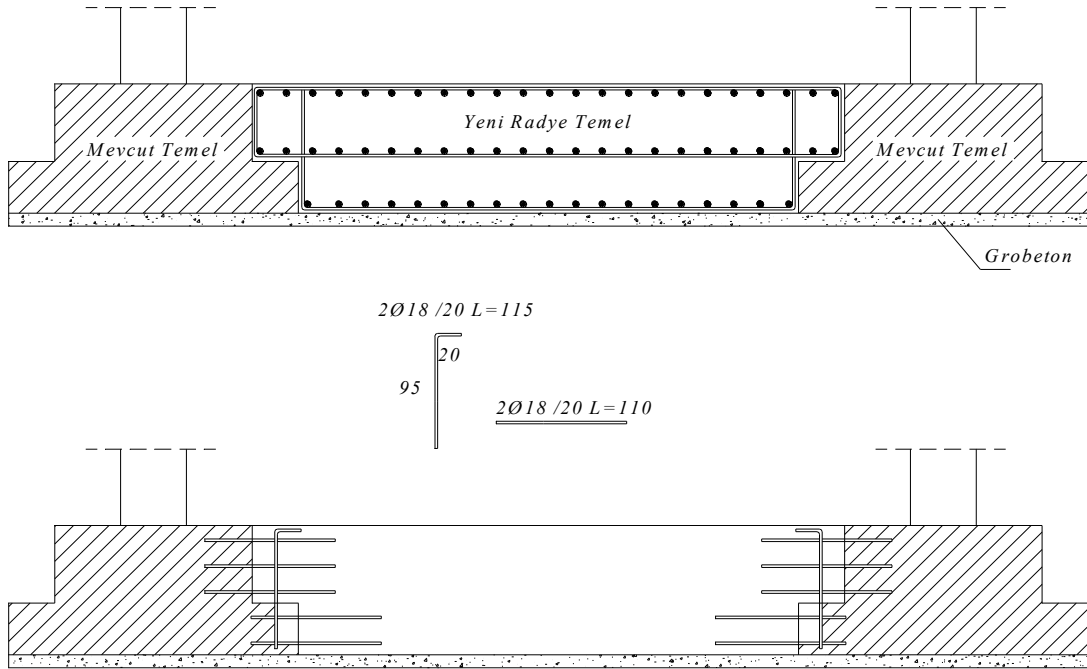
yapının temelleri büyütülebilir veya güçlendirilebilir. Temellerin güçlendirilmesinde eski ve yeni temellerin beraber çalışması, yani eski elemandan yeni elemana yük aktarımının sağlanması gerekir. Bütünlüğün sağlanmasında demir çubuklarının epoksi ile mevcut betona çakılması şeklindeki ankraj sistemi uygulanabilir.

Şekil 9.1 de perdeyle güçlendirilmiş bir yapıya eklenen radye temel gösterilmektedir. Eklenen perdeye gelen eğilme momentinin temelde yaratacağı dönmeye karşı kolonlardan gelen düşey yük karşı koyacaktır.

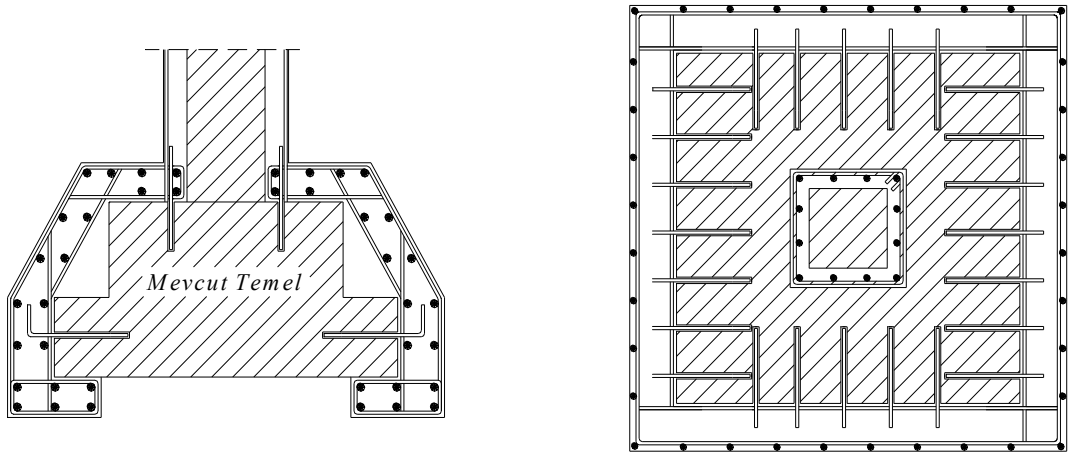
Şekil 9.2 de mantolanmış bir kolonun tekil temel takviyesi görülmektedir. Mantolarak genişletilen kolonun yeni donatıları mevcut temele ankrajla bağlanabilir

yada tekil temel biraz daha genişletilerek yeni eklenen donatılar yeni beton içinde kıvrılarak ankrajlanabilir.

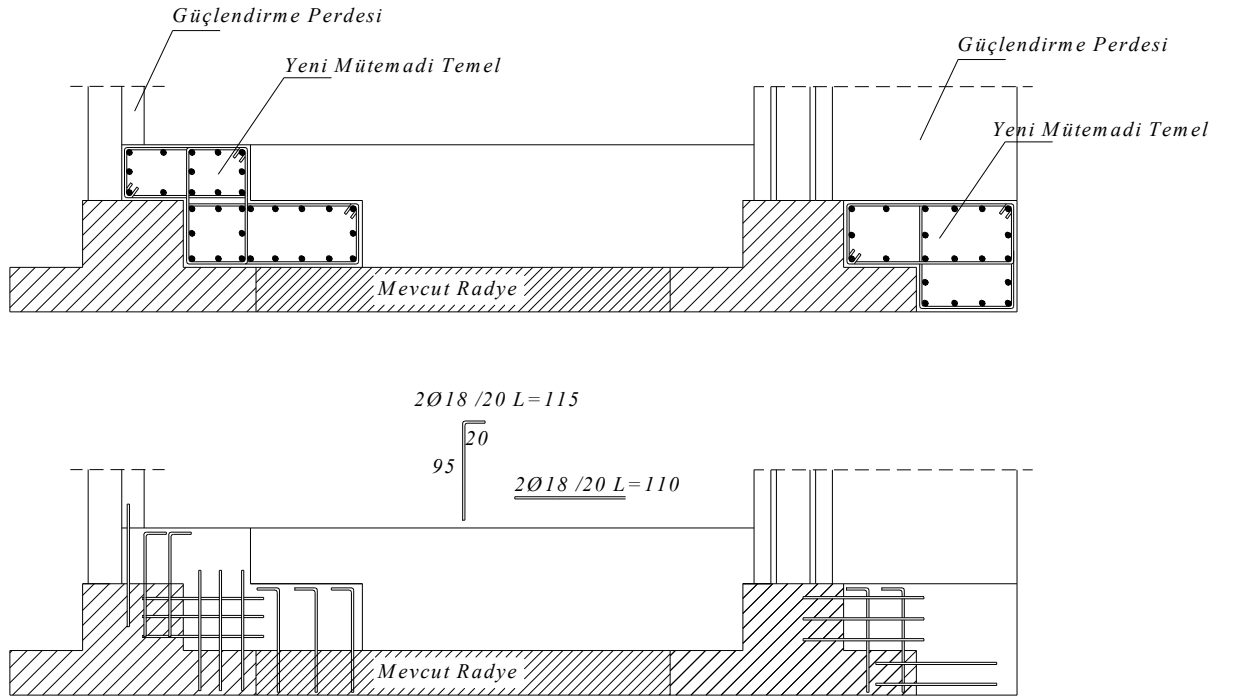
Şekil 9.3 te sisteme ilave edilen perdeler dolayısıyla yetersiz kalan bir sürekli (mütemadi) temelin güçlendirilmesi ve mevcut temele yapılan ankraj detayları gösterilmektedir.



Şekil 9.1 Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi ve Ankraj Detayları



Şekil 9.2 Tekil Temelin Güçlendirilmesi



Şekil 9.3 Sürekli Temelin Güçlendirilmesi ve Ankraj Detayları



Şekil 9.4 Radye Temel İlavesi İçin Mevcut Temele Çakılan Ankrajlar



Şekil 9.5 Mevcut Temellere Radye Temel İlavesi



Şekil 9.6 Sürekli Temeller Arasında Oluşturulan Radye Temel



Şekil 9.7 Bina Dışına Taşan Radye Temel Uygulaması



Şekil 9.8 Sürekli Temellerin Güçlendirilmesi



Şekil 9.9 Tekil Temel Güçlendirilmesi



## BÖLÜM 10

### BETONARME DÖŞEMELERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

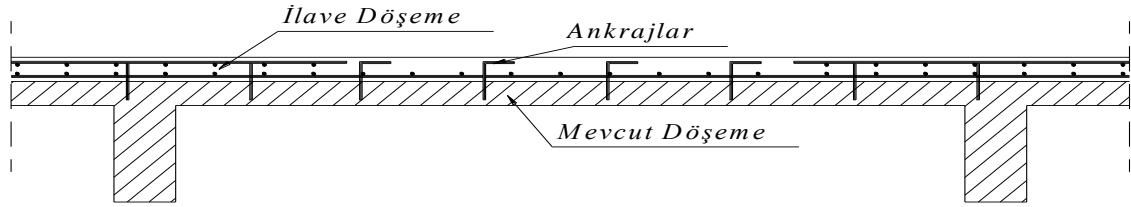
Döşemeler esas itibariyle düşey yükleri taşımak için projelendirilirler. Fakat yatay yükler altında kat hizasında diyafram etkisi göstermeleri ve yatay yükleri taşıyıcı sistemin bütün yatay yük taşıyıcı elemanlarına iletecek dayanım ve rijitlikte olmaları gerekir. Döşemelerde hasar genellikle döşemenin doğrudan perdeye mesnetlendiği yerlerde, yatay kuvvetlerin yoğunlaştığı yerlerde, döşeme boşlukları etrafında ve merdiven sahanlıklarında oluşur. Hasarın onarılması yanında yeterli olmayan döşeme kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perdelerle olan yük aktarımının sağlanması gerekir.

Yerel onarımlar çatlaklara epoksi enjeksiyonu, tamir harçları, çimento şerbeti, püskürtme beton ile yapılır. Döşemelerde, parçalanmış beton, kırılmış veya burkulmuş donatı hallerinde hasarlı kısmın çıkarılıp yerine yenisinin konması gerekir. Bozulmuş kısım çıkarıldıktan sonra yeni donatı yerleştirilir ve mevcut donatı ile kaynaklanır ve beton dökülür.

Mukavemet ve rijitliğin yeterli olmadığı hallerde döşeme kalınlığı üstten veya alttan artırılabilir. Döşeme kalınlığının üstten artırılması halinde kiriş mesnetlerinde ilave mesnet donatısı eklenmesi imkanı doğar (Şekil 10.1). Döşeme kalınlığının alttan artırılması durumunda püskürtme beton kullanılması gerekir. Bu durumda, diyafram etkisi bakımından gerekli olan daha büyük bir döşeme rijitliği elde edilir (Şekil 10.2). Kirişlerinde döşemeyle beraber güçlendirilmesi halinde süreklilik elde edilir ve sistemin davranışı iyileşir.

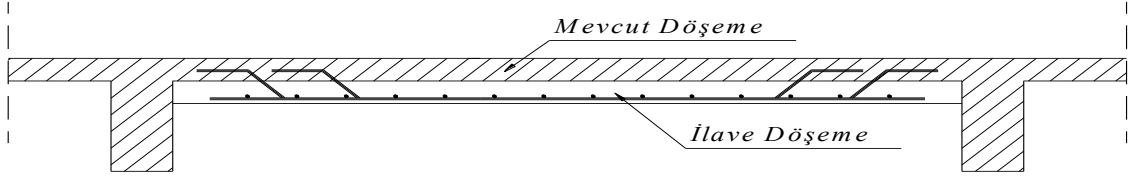
Döşemelerde uygulanan diğ er bir güçlendirme yöntemi ise ç elik levhalarla güçlendirilmedir. Ç elik levhalar yalnızca döşemenin eğ ilme momenti dayanımını artırmak için döşemenin alt yüzüne epoksi vb. yapış tırıcılar yardımı ile uygulanır.

Mevcut döşeme ile ilave edilen kısım arasındaki aderansın ve yük aktarımının sağ lanması çok önemlidir. Aderans, ç elik ç ubukların mevcut döşemeye epoksi ile ekilmesi, profil parçalarının ç elik dubellerle mevcut döşemeye sabitlenmesi, mevcut döşemenin pürüzlendirilmesi veya mevcut aç ılan boşluklar yardımı ile sağ lanır.



Şekil 10.1 Döşeme Kalınlığının Üstten Artırılması

Döşemeyi güçlendirmenin yanında döşemenin kırılarak yeniden inşa edilmesi diğ er onarım ve güçlendirme yöntemleri yanında pratik olmamasına rağmen daha ekonomiktir. Ayrıca kat yüksekliğinde bir azalma meydana gelmediğ inden kullanmada bir değışiklik gerektirmediğ i için daha uygun bir yöntemdir. Mevcut döşeme kiriş mesnetleri ile beraber kırıldıktan sonra mevcut donatılardan da istifade edilerek ek donatılar ilave edilir ve istenilen kalınlıkta döşeme beton dökülür.



Şekil 10.2 Döşeme Kalınlığının Alttan Artırılması



Şekil 10.3 Normal Kat Döşemesinin Kırılarak Yeninde İnşaa Edilmesi



Şekil 10.4 Zemin Kat Döşemesinin Kırılarak Yeninde İnşaa Edilmesi

# BÖLÜM 11

## TAŞIYICI SİSTEMİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Yapının yanal rijitliği yetersizse ve kolon ve kirişlerin uc bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa elaman bazında onarım/güçlendirme pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kirişte onarım ve güçlendirme uygulaması yapılması yerine, tüm deprem yüklerini alabilecek yeni elemanlar oluşturularak taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

Yapıya yatay yükleri alacak yeni elemanlar eklenmesiyle kolonların alacağı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri önemli miktarda azalacaktır. Deprem kuvvetleri yeni elemanlarla karşılandığından çerçevelerin sadece düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde onarım/güçlendirme gerekmemektedir. Ancak depremde hasar görmüş elemanlar varsa bunlar onarılmalıdır.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik diyagonallerle veya dolgu duvarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrike betonarme panolardan, yerinde dökme betonarme perdeden veya yığma duvardan oluşabilir. Bu işlem sonunda yapının rijitliği artacağı için sistemin maruz kalacağı deprem yükleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımla ortaya çıkar. Yeni elemanların sistem içerisinde düzgün dağıtılmasıyla etkilerin belirli bölgelerde yığılması ve istenmeyen düzensizliklerin oluşması engellenir.

Perde yerlerinin seçiminde yatay yükler altında burulma düzensizliği meydana getirmemesine, kütle ve rijitlik merkezlerinin birbirlerine yakın olmasına

dikkat edilmelidir. İlave edilen perdelerin iki kolon arasında bulunması uygun olacaktır. Hiçbir kolona bağlanmayan döşemeyi delip geçen perdeler, döşemede çok büyük gerime yığılmalarında neden olacağı için tercih edilmemelidirler.

Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen hemen tüm kolon ve kirişlerin yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır.

### **11.1 YIĞMA DUVARLARLA GÜÇLENDİRME**

Bu yöntemde çerçeve boşluğuna örülen tuğla, beton briket vb. malzemeden yapılmış duvarlar donatılı ve donatısız uygulanabilir. Bu yöntemin uygulanabilmesi çerçevenin doldurulmasından sonra elde edilecek perdede yatay etkiler altında oluşacak devirme momentlerinden dolayı mevcut kolonlarda meydana gelecek kuvvetlere karşı bu kolonların yeterli mukavemette olması gerekir. Donatısız yığma duvarlarla çok sınırlı bir taşıma gücü artışı sağlanırken, düktilite artışı sağlanamaz. Bu nedenle donatılı yığma duvar yöntemine hazırlık safhası olarak nitelenir.

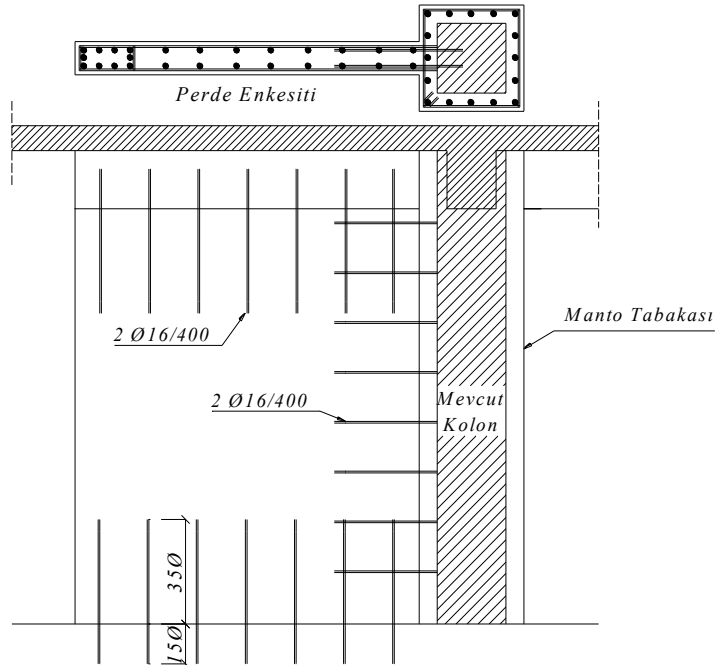
Donatılı yığma duvarla güçlendirmede, duvarın her iki yüzünde yatay ve düşeyde donatılar eklenir. Duvarın mevcut sistemle bütünlüğü mevcut elemanlara epoksi yardımıyla ankre edilecek çelik çubuklarla sağlanır. Donatılar yardımı ile hem moment taşıma gücü hem de kesme kuvveti taşıma gücü artacaktır. Bu yöntem çerçevede mevcut tuğla duvar üzerine çelik hasır yerleştirilerek püskürtme beton ile uygulanabilir. Çelik hasırlar birbirlerine çirozlarla bağlanması gerekir. Donatılı duvarın perde olarak davranması için donatıların yapı yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır.

### **11.2 YERİNDE DÖKME PERDE DUVARLARLA GÜÇLENDİRME**

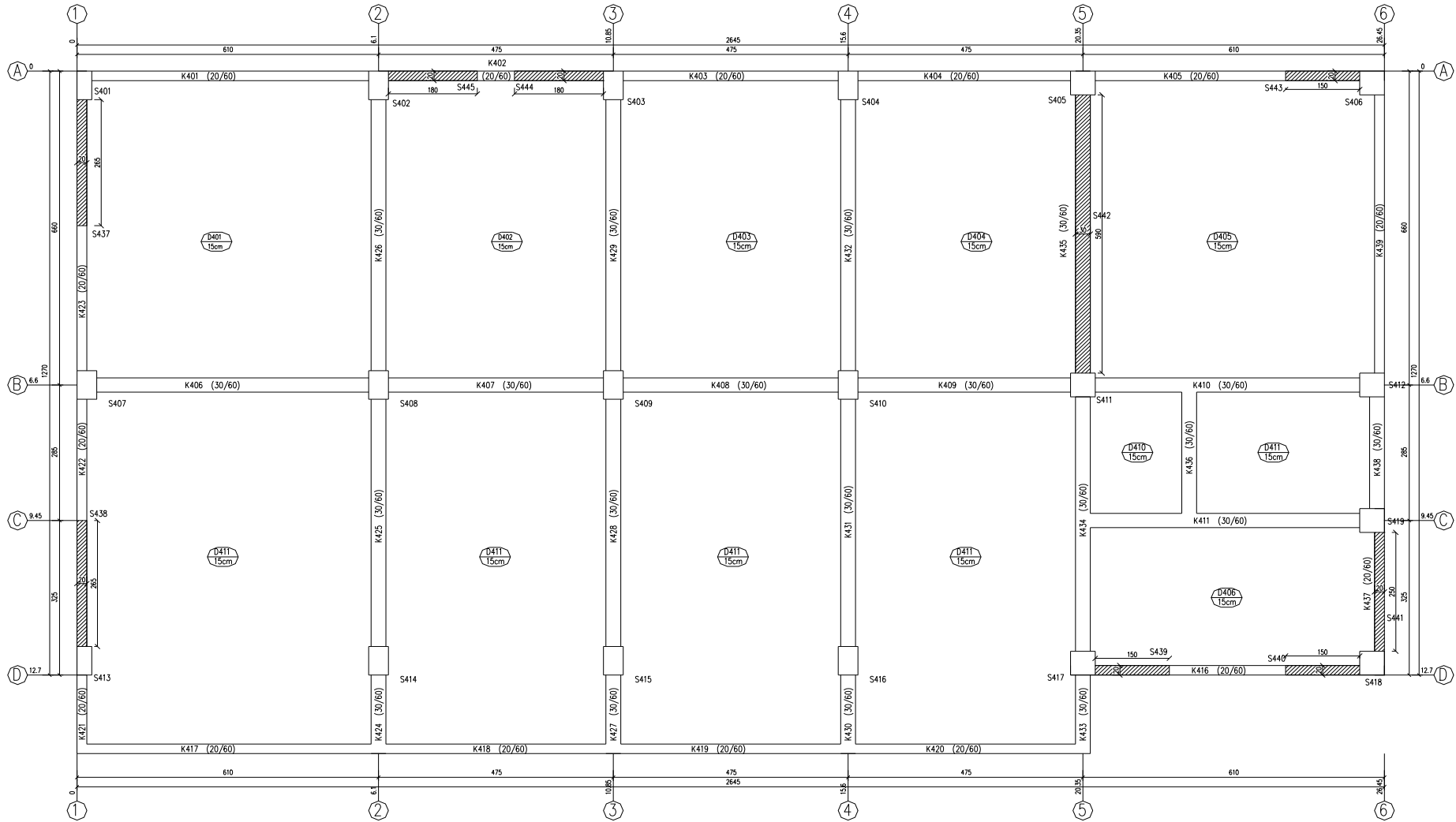
Betonun basınç ve kesmeye karşı dayanımı tuğla ve beton briket duvara göre çok yüksek olduğundan en çok önerilen yöntemdir (Şekil 11.2). Yerinde dökülen betonarme perde duvarın yatay donatıları kolona epoksi yardımıyla ankre edilen filizlere bağlanırken düşey donatıları da kirişlerde açılan deliklerden veya kiriş

yanından devam ettirilerek katlar arasında süreklilik sağlanır. Perdelerin herhangi bir katta kesilmesi ani rijitlik değişimine ve gerilme birikimine neden olacağından perde duvarlar, temelden en üst kata kadar devam ettirilmelidir. Perde duvar uçlarındaki kolonlarda, çerçeveye perde duvar ilavesinden sonra büyük basınç ve çekme kuvvetleri oluşacağından bu kolonların mantolanarak güçlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 11.1). Bu durum, perdenin mevcut sistemle bütünlüğünü ve yük aktarımını sağlayacağından ve perde temelini düzenlenmesinde kolonun basınç kuvvetinin olumlu katkısının da hesaba katılmış olacağından uygun olur. Bu halde perde başlık bölgesini oluşturan mantolanmış kolonlardaki donatılar döşemeyi delip geçerek başlık donatılarının sürekliliği de sağlanmış olur.

Yerinde dökme perde duvarlarla güçlendirmede en önemli sorun betonun yerleştirilmesidir. Özellikle kiriş altının doldurulması güçtür. Perdenin alt kısmından betonun basınçla doldurulması veya döşemede açılan delikler yardımıyla kiriş yanından betonun dökülmesi, özellikle kiriş altındaki bölgede genleşen çimentolu harç kullanılması uygun olacaktır.



Şekil 11.1 Bir Taraftan Mantolanan Kolonda Oluşturulmuş Başlık Bölgesi



Şekil 11.2 Yerinde Dökme Perde Duvarlarla Güçlendirilmiş Yapı (Üst Kat)

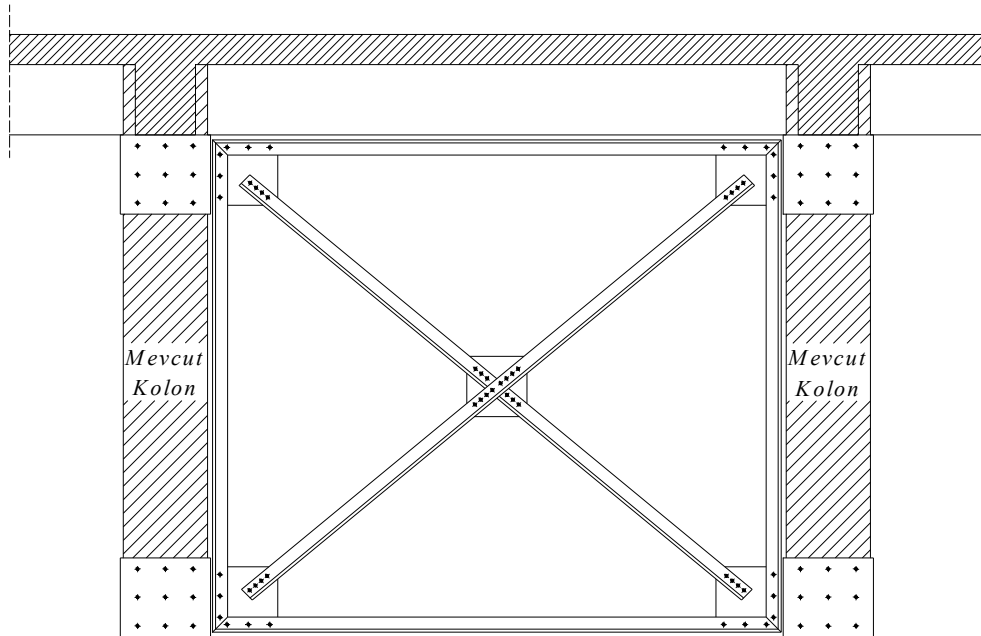
### 11.3 PREFABRİKE PANOLARLA GÜÇLENDİRME

Yapıda onarılması gereken çok sayıda aynı boyutta çerçeve açıklığı varsa, okul, hastane ve büro tipi yapılar, hazır elemanlarla çerçevelerin doldurulması uygun olacaktır. Prefabrike panolarla güçlendirme, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirmeye göre daha az yatay yük taşıma gücü sağlar. Ancak hazır panolarla yapılan güçlendirmenin daha sünek olduğu bilinmektedir.

Hazır panoların kolon ve kirişe bağlantısı, mevcut elemanlarda açılacak yuvalarda kiriş ve kolon donatısına hazır elemandan gelen donatıları kaynaklamak biçiminde olabilir. Açılan yuvalar epoksi harcı veya yüksek dayanımlı ve genişlen çimento ile doldurulmalıdır.

### 11.4 ÇELİK DİYAGONAL ELEMANLARLA GÜÇLENDİRME

Betonarme perde duvarlarla güçlendirmede yapının ağırlığı, dolayısı ile yapıya gelen deprem yüklerini artıracaktır. Bu durumdan kaçınmak yada yapı ağırlığını artırmadan yanal rijitliği artırmak, ya da daha önemlisi sünekliği artırmak için çerçeve boşluklarına çelik çerçeveler veya çelik diyagonal elemanlar yerleştirilerek güçlendirme yapılır. Bu tür güçlendirme diğer yöntemlere göre daha



Şekil 11.3 Çelik Diyagonal Elemanlarla Çerçevenin Güçlendirilmesi

kısa bir sürede gerçekleşir. Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirmenin diğer bir üstünlüğü, diyagonallerin kapı ve pencere boşluklarını kapatmadan yerleştirilebilmesidir.

Eksenel yerleştirilecek çelik diyagonallerin yanında dışmerkez yerleştirilecek çelik elemanlarda kullanılabilir. Ancak bu durumda dışmerkezlik nedeniyle kuvvetlerin alınması yeni güçlükler doğurabilir.

Çelik çerçeve ile güçlendirmede önemli bir sorun çelik ve betonarme çerçeve arasında kuvvet aktarımıdır. Kolona ve kirişe bitişik çelik elemanlarla kuvvetin olabildiğince düzgün iletilmesi sağlanır. Ancak diyagonal elemanlar nedeniyle köşelerde büyük çekme ve basınç kuvvetlerinin betonarme ve çelik taşıyıcı sistem arasında iletilmesi gerekir. Özellikle beton kalitesinin düşük olması durumunda büyük köşe levhalarına ihtiyaç duyulur.

## 11.5 DOLGULU ÇERÇEVELER İÇİN İLKELER VE ÖNERİLER

- Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçevelerin en kesit alanlarının toplamı (o doğrultuda yalnız kuvvetli perdeler), bina katlarının toplam alanına oranı 0,0025'ten az olmamalıdır. Ayrıca hiçbir zaman o doğrultuda perde kesit alanlarının toplamı, binanın tabandaki kesit alanının 0,01'inden az olmamalıdır.

$$\begin{aligned}\Sigma A_w &> 0,0025 \Sigma A_{pi} \\ &> 0,01 A_{pt}\end{aligned}$$

Taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa (yumuşak veya zayıf kat, kısa kolon gibi)

$$\Sigma A_w > 0,003 \Sigma A_{pi}$$

alınmalıdır. Burada;

$\Sigma A_w$  : Alınan doğrultudaki kuvvetli yönde olan perde duvarların en kesit alanı toplamı

$\Sigma A_{pi}$  : Tüm katların plan alanlarının toplamı

$A_{pt}$  : Binanın tabandaki plan alanı toplamı

- Dolgulu çerçeveler (perde duvar) olabildiğince her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak ve burulma düzensizliği oluşturmayacak biçimde yerleştirilmelidir.

- Oluşturulacak perdelerde yatay ve düşeyde iki sıra donatı bulunmalı ve donatı oranı deprem yönetmeliğinde sünek perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.

- Oluşturulacak perdeler, mevcut çerçeve elemanlarına açılacak deliklere epoksi ile ankre edilen filizlerle bağlanmalıdır. Filizlerin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 10Ø, tercihen 15Ø olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5mm büyük açılmalıdır. Filizler nervürlü donatıdan oluşmalıdır. Filizler perde içinde en az 35Ø kadar uzatılmalıdır. Kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin en kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde Ø16/400 filiz yerleştirilmektedir.

- Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli bir temel varsa bunlara açılan deliklere epoksi ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temele açılacak delik derinliği en az 20Ø olmalıdır. Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel ankrajlarla mevcut temel sistemine bağlanmalıdır. Perdeyi temele bağlayan ankrajların en kesit alanı, perdenin düşey donatı alanı toplamının en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içinde 35Ø kadar uzatılmalıdır. Genelde Ø20/200 filiz yerleştirilmektedir.

- Perdeye (dolgulu çerçeveye) gelen zorlamalar nedeniyle, kesme gerilmesi hiçbir zaman 1,5MPa (15kgf/cm<sup>2</sup>)'ı geçmemelidir.

Yukarıda sıralanan koşullara uygun çerçeve oluşturulursa, hasarlı kolonların salt düşey yük taşıma kapasiteleri kontrol edilecek, gerekirse bu kolonlar güçlendirilecektir.



Şekil 11.4 Perde İlavesi İçin Kiriş Altına Ekilen Ankrajlar



Şekil 11.5 Bodrum Kata Perde İlavesi İçin Perdeye Ekilen Ankrajlar



Şekil 11.6 Bodrum Katta İki Kolon Arasına İlave Edilen Perde



Şekil 11.7 Bodrum Katta İki Kolon Arasına İlave Edilen Perde



Şekil 11.8 Zemin Kata İlave Edilen Perde



Şekil 11.9 Bodrum Katta Mevcut Perdeye Uygulanan Ankrajlar



Şekil 11.10 Döşemede Perdeye Beton Dökümü İçin Açılan Delikler



Şekil 11.11 Beton Dökümü Sonrası Kırılacak Betonlar



Şekil 11.12 Kiriş Kırılarak Devam Ettirilen Perde Gövde Donatıları



Şekil 11.13 Kolonda Oluşturulan Perde Başlık Bölgesi



## BÖLÜM 12

### MEVCUT YAPININ ANALİZİ

Yapısal çözümlene, sonlu elemanlar metoduna göre çözüm yapan SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak yapılacaktır. SAP2000, frame (çubuk), shell (kabuk), asolid ve solid (blok)'tan oluşan dört tip eleman kullanmaktadır. Statik düşey yükleme, düğüm noktalarına yerçekimi yüklemesi, çubuklarda açıklıklara düzgün yayılı ve trapez yükleme noktasal açıklık yükleme şeklinde, dinamik yükleme ise zemin ivmesi spektrumu, zamana bağlı yükler ve zemin ivmesi şeklinde olabilir. SAP2000 programı yapıyı birden fazla yükleme durumu için analiz edebilmektedir.

Taşıyıcı sistem çözümlenmesinde aşağıda sıralanan yükleme kombinasyonları kullanılmıştır;

- $1,4G+1,6Q$  (düşey yük)
- $G+Q+E_x$  (düşey yük+x-x yönünde deprem)
- $G+Q+E_y$  (düşey yük+y-y yönünde deprem)
- $G+Q-E_x$  (düşey yük+(-)x-x yönünde deprem)
- $G+Q-E_y$  (düşey yük+(-)y-y yönünde deprem)
- $G+Q+E_x +M_z$  (düşey yük+x-x yönünde +%5 dışmerkez deprem)
- $G+Q+E_x -M_z$  (düşey yük+x-x yönünde -%5 dışmerkez deprem)
- $G+Q+E_y +M_z$  (düşey yük+y-y yönünde +%5 dışmerkez deprem)
- $G+Q+E_y -M_z$  (düşey yük+y-y yönünde -%5 dışmerkez deprem)

- $0,9G+E_x$  (azaltılmış düşey yük+x-x yönünde deprem)
- $0,9G+E_y$  (azaltılmış düşey yük+y-y yönünde deprem)
- $0,9G+E_x+M_z$  (azaltılmış düşey yük+x-x yönünde +%5 dışmerkez deprem)
- $0,9G+E_y+M_z$  (azaltılmış düşey yük+y-y yönünde +%5 dışmerkez deprem)

Yapısal çözümlenmelerden sonra sonra elemanların her iki ana doğrultuda normal kuvvet, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri açısından tahkikleri yapılmıştır. Katlar arası görelî kat ötelemelerinin yönetmelikçe belirtilen sınırları aşp-aşmadığı, burulma düzensizliği, yumuşak ve zayıf kat kontrolleri yapılmıştır. Yapılan moment ve kesme kuvveti kapasite hesaplarında, herhangi bir eleman için belirlenen kapasitenin, söz konusu elemanda oluşan iç kuvvetlerden büyük olması durumunda kesitin yeterli, aksi durumda yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Tahkiklerde beton ve donatı çeliği için TS500'ün öngördüğü şekilde malzeme dayanım azaltma katsayıları göz önüne alınmıştır. Tahkiklerde karakteristik beton basınç dayanımı  $f_{ck} = 14$  MPa, donatı çeliği karakteristik akma dayanımı  $f_{yk} = 220$  MPa alınmıştır. Kesme kuvveti için sadece betonun kesme kuvveti kapasitesine katkısı hesaplarda dikkate alınmıştır. Bu hesaplar sırasında beton hesap çekme dayanımı  $f_{ctd} = 0,85$  MPa, enine donatı hesap akma dayanımı  $f_{ywd} = 191$  MPa olarak hesaba katılmıştır.

x ve y doğrultularında elde edilen en elverişsiz iç kuvvet bileşenlerine göre, gerekli tüm düşey taşıyıcı elemanlarda yapılan tahkikler tablolar halinde özetlenmiştir.

Deprem hesabında bodrum kat, dört tarafı betonarme perdelerle çevrili olduğu için göz önüne alınmamıştır. Ancak güçlendirme projelerinde bodrum katın güvenliği de dikkate alınmıştır.

Mevcut yapının deprem güvenliği 1997 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü deprem güvenlik düzeyi esas alınarak incelenmiştir. 1997 Deprem Yönetmeliğine göre, yapının deprem kuvvetlerine göre analizinde hesaplarda kullanılacak etkin yer ivmesi katsayısı 0,40 alınmıştır. Yapının konut amaçlı kullanılması nedeniyle bina önem katsayısı  $I=1$  ve statik hesaplarda hareketli yük azaltma katsayısı 0,3 alınmıştır. Yapının gerçekteki yatay ririt döşeme diyafram etkisi SAP2000'de aynı kattaki tüm düğüm noktalarının yatay diyafram olarak tanımlanması şeklinde modellenmiş, böylece bir kattaki tüm noktaların birbirine relatif yerdeğiştirmesi engellenmiştir. Deprem yükleri %5 dışmerkezlikten doğan düşey doğrultudaki burulma momentleri ve zemin ivmeleri her katın yatay düzlemde merkezine teşkil edilen kat diyaframına dahil edilmiş olan düğüm noktalarına yüklenmiştir.

Yapılan incelemelerde yerel zemin sınıfı Z2 olarak tespit edilmiştir. Bu zemin durumunda spektrum karakteristik periyotları,  $T_A= 0,15$  ve  $T_B=0,40$  olarak belirlenmiştir. Zemin incelemesine göre zemin emniyet gerilmesi  $1,60\text{kg/cm}^2$  olarak hesaplarda dikkate alınmıştır.

## 12.1 SABİT YÜKLER

TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) 'e göre hesaplarda kullanılacak sabit yükler aşağıda sıralanmıştır.

Teçhizatlı Beton (BS14' ten yukarısı)	25,00 kN/m <sup>3</sup>
Sıva (kireç ve çimento harcı)	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Şap	22,00 kN/m <sup>3</sup>
Karo Mozayik	22,00 kN/m <sup>3</sup>
Ahşap Parke	8,00 kN/m <sup>3</sup>
Dolgu Malzemesi (asmolen)	14,00 kN/m <sup>3</sup>
Ahşap Çatı	0,75 kN/m <sup>2</sup>

### A) Duvarlarda

#### - Dış Duvarlarda

Tuğla (13,5luk)	$0,135\text{m} \times 12\text{kN/m}^3 =$	1,620 kN/m <sup>2</sup>
Sıva (3cm)	$0,03\text{m} \times 2 \times 20\text{kN/m}^3 =$	1,200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Toplam =</b>		<b>2,820 kN/m<sup>2</sup></b>

#### - İç Duvarlarda

Tuğla (8,5luk)	$0,085\text{m} \times 12\text{kN/m}^3 =$	1,020 kN/m <sup>2</sup>
Sıva (3cm)	$0,03\text{m} \times 2 \times 20\text{kN/m}^3 =$	1,200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Toplam =</b>		<b>2,220 kN/m<sup>2</sup></b>

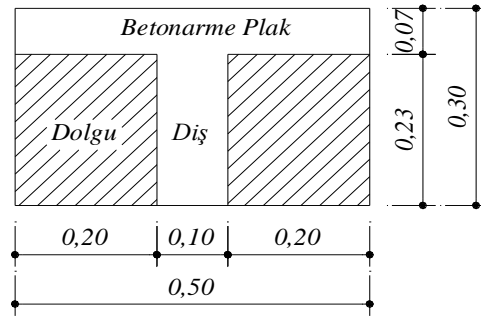
### B) Döşemelerde

#### - Normal Döşemelerde

B.A Döşeme (15cı)	$0,15\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 =$	3,750 kN/m <sup>2</sup>
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 1 \times 20\text{kN/m}^3 =$	0,400 kN/m <sup>2</sup>
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3 =$	0,660 kN/m <sup>2</sup>
Ahşap Parke	$0,025 \times 8\text{kN/m}^3 =$	0,200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Toplam =</b>		<b>5,010 kN/m<sup>2</sup></b>

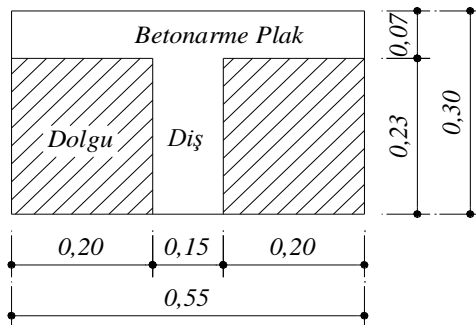
B.A Döşeme (12cı)	$0,12\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$	=	$3,000 \text{ kN/m}^2$
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 1 \times 20\text{kN/m}^3$	=	$0,400 \text{ kN/m}^2$
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3$	=	$0,660 \text{ kN/m}^2$
Ahşap Parke	$0,025 \times 8\text{kN/m}^3$	=	$0,200 \text{ kN/m}^2$
<b>Toplam</b>			<b>= <math>4,260 \text{ kN/m}^2</math></b>
B.A Döşeme (10cı)	$0,10\text{m} \times 25\text{kN/m}^3$	=	$2,500 \text{ kN/m}^2$
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 1 \times 20\text{kN/m}^3$	=	$0,400 \text{ kN/m}^2$
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3$	=	$0,660 \text{ kN/m}^2$
Ahşap Parke	$0,025 \times 8\text{kN/m}^3$	=	$0,200 \text{ kN/m}^2$
<b>Toplam</b>			<b>= <math>3,760 \text{ kN/m}^2</math></b>

- Dişli Döşemelerde



0,50 m için hesap yapılırsa;

Ahşap Parke	$0,025\text{m} \times 8\text{kN/m}^3/2$	=	$0,100 \text{ kN}$
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3/2$	=	$0,330 \text{ kN}$
Betonarme Plak	$0,07 \times 25\text{kN/m}^3/2$	=	$0,875 \text{ kN}$
Betonarme Diş	$0,10 \times 0,23 \times 25\text{kN/m}^3$	=	$0,575 \text{ kN}$
Dolgu	$0,40 \times 0,23 \times 14\text{kN/m}^3$	=	$1,288 \text{ kN}$
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 20\text{kN/m}^3/2$	=	$0,200 \text{ kN}$
<b>Toplam</b>			<b>= <math>3,368 \text{ kN/m}^2</math></b>



0,55 m için hesap yapılırsa;

Ahşap Parke	$0,025\text{m} \times 8\text{kN/m}^3 \times 0,55 =$	0,110 kN
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3 \times 0,55 =$	0,363 kN
Betonarme Plak	$0,07 \times 25\text{kN/m}^3 \times 0,55 =$	0,963 kN
Betonarme Diş	$0,15 \times 0,23 \times 25\text{kN/m}^3 =$	0,863 kN
Dolgu	$0,40 \times 0,23 \times 14\text{kN/m}^3 =$	1,288 kN
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 20\text{kN/m}^3 \times 0,55 =$	0,220 kN
<b>Toplam</b>	<b>=</b>	<b>3,806 kN/m<sup>2</sup></b>

B) Balkonlarda ve Merdiven Sahanlığında

- Normal Döşemelerde

B.A Döşeme (15cı)	$0,15\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 =$	3,750 kN/m <sup>2</sup>
Sıva (2cm)	$0,02\text{m} \times 1 \times 20\text{kN/m}^3 =$	0,400 kN/m <sup>2</sup>
Şap	$0,03 \times 22\text{kN/m}^3 =$	0,660 kN/m <sup>2</sup>
Karo Mozayik	$0,025 \times 22\text{kN/m}^3 =$	0,550 kN/m <sup>2</sup>
<b>Toplam</b>	<b>=</b>	<b>5,360 kN/m<sup>2</sup></b>

## 12.2 HAREKETLİ YÜKLER

TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) 'e göre hesaplarda kullanılacak hareketli yükler aşağıda sıralanmıştır.

Çatı Katında	1,50 kN/m <sup>2</sup>
Normal Katlarda (konut)	2,00 kN/m <sup>2</sup>
Balkonlarda ve Merdiven Sahanlığında	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Saçaklar (kar yükü)	0,75 kN/m <sup>2</sup>
Kar Yükü	0,75 kN/m <sup>2</sup>

Yukarıda yapılan hesaplara göre kirişlere gelen yüklerin hesaplanmasında kullanılacak sabit ve hareketli yükler;

Normal Döşemeler (d=15cm)

$$g_1 = 5,010 \text{ kN/m}^2 \quad q_1 = 2,000 \text{ kN/m}^2$$

Normal Döşemeler (d=12cm)	
$g_2=$	$4,260 \text{ kN/m}^2$ $q_2=$ $2,000 \text{ kN/m}^2$
Normal Döşemeler (d=10cm)	
$g_3=$	$3,760 \text{ kN/m}^2$ $q_3=$ $2,000 \text{ kN/m}^2$
Dişli Döşemelerde (diş genişliği 0,10m)	
$g_4=$	$6,736 \text{ kN/m}^2$ $q_4=$ $2,000 \text{ kN/m}^2$
Dişli Döşemelerde (diş genişliği 0,15m)	
$g_5=$	$6,920 \text{ kN/m}^2$ $q_5=$ $2,000 \text{ kN/m}^2$
Balkonlarda ve Merdiven Sahanlıklarında	
$g_6=$	$5,360 \text{ kN/m}^2$ $q_6=$ $5,000 \text{ kN/m}^2$
Ahşap Çatı	
$g_7=$	$0,750 \text{ kN/m}^2$ $q_7=$ $0,750 \text{ kN/m}^2$

## 12.3 KİRİŞLERE GELEN YÜKLERİN BELİRLENMESİ

### 12.3.1 MEVCUT YAPININ ÖZELLİKLERİ

Malzeme	BS16 / BÇİ
Kat Adedi	ZK + AK + 9 NK
Kat Yükseklikleri	Ara Kat 3,30m, 1.Kat 1,25m, Diğer Katlar 2,85m
Dış Duvarlar	13,5 luk Tuğla Duvar
İç Duvarlar	8,5 luk Tuğla Duvar
Çatı	Ahşap Oturtma Çatı
Zemin Emniyet Gerilme:	$1,60 \text{ kg/cm}^2$
Deprem Bölgesi	I. Derece

### 12.3.2 KİRİŞLERDE YÜK ANALİZİ

- *Dişli Döşemelerde Kirişlere Gelen Yüklerin Hesabı*

Dişli döşemelerde kirişlere yük dişler doğrultusunda aktarıldığı kabul edilmiştir. Dişlere paralel kirişlere ise yük aktarılmadığı varsayılmıştır. Örnek olarak K215 kirişine gelen yükler şu şekilde hesaplanmıştır.

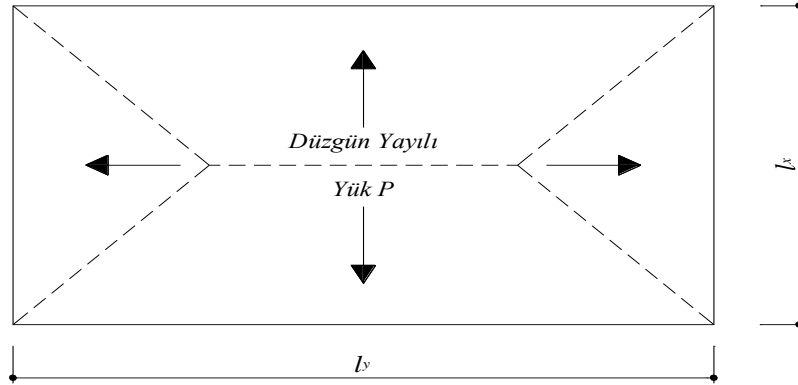
### Sabit Yükler

Kiriş Yükü	$0,90\text{m} \times 0,30\text{m} \times 25\text{kN/m}^2$	=	6,750 kN/m
N202 Döşeme Yükü	$2,70\text{m} \times 6,92\text{kN/m}^2 / 2$	=	9,342 kN/m
N210 Döşeme Yükü	$2,70\text{m} \times 6,736\text{kN/m}^2 / 2$	=	9,094 kN/m
Duvar (iç) Yükü	$2,22 \text{ kN/m}^2 \times 2,25 \text{ m} \times 1,00\text{m}$	=	4,995 kN/m
<b>Toplam</b>		=	<b>30,18 kN/m</b>

### Hareketli Yükler

N202 Döşeme Yükü	$2,70\text{m} \times 2,00\text{kN/m}^2 / 2$	=	2,700 kN/m
N210 Döşeme Yükü	$2,70\text{m} \times 2,00\text{kN/m}^2 / 2$	=	2,700 kN/m
<b>Toplam</b>		=	<b>5,40 kN/m</b>

### - Normal Döşemelerde Kirişlere Gelen Yüklerin Hesabı



Dikdörtgen plaklara yük aktarımı, köşelerin aı ortayları ile uzun kenara paralel plak orta çizgisinin ayırdığı alanlar esas alınarak yapılabilir. Eğer döşemede uzun kenarın kısa kenara oranı 2 den büyükse, yükün yalnızca uzun kenardaki kirişlere aktarıldığı kabul edilir. Daha ileri bir basitleştirme ile aşağıdaki düzgün yk yayılışı kabul edilebilir.

Kısa açıklık için  $p l_x / 3$

Uzun açıklık için  $p l_x ( 0,5 - 1 / ( 6 m^2 ) )$

Burada  $m = I_y / I_x > 1$  döşeme açıklıkları oranıdır. Örnek olarak KS2 kirişine gelen yükler şu şekilde hesaplanmıştır.

Sabit Yükler

Kiriş Yükü  $0,20\text{m} \times 0,60\text{m} \times 25\text{kN/m}^2 = 3,000 \text{ kN/m}$

M.Döşeme Yükü  $5,36 \times 2,90 / 3 = 5,181 \text{ kN/m}$

Duvar (dış) Yükü  $2,82 \text{ kN/m}^2 \times 2,25 \text{ m} \times 1,00\text{m} = 6,345 \text{ kN/m}$

**Toplam = 14,53 kN/m**

Hareketli Yükler

M.Döşeme Yükü  $5,00 \times 2,90 / 3 = 4,833 \text{ kN/m}$

**Toplam = 4,83 kN/m**

Benzer şekilde diğer kirişlere gelen yükler Tablo 12.1 ve 12.2'de hesaplanmıştır.

Tablo 12.1 Zemin Kat Tavanı Kiriş Yükleri

Kiriş NO	KESİT b/h		Döşeme1 boyu(m)		Döşeme1 Yükü G		Döşeme1 Yükü Q		Döşeme2 boyu(m)		Döşeme2 Yükü G		Döşeme2 Yükü Q		Duvar İç/Dış	Duvar Boy (m)	Kiriş Ağ. (kN)	Döşeme1 Gelen G	Döşeme1 Gelen Q	Döşeme2 Gelen G	Döşeme2 Gelen Q	Duvar Yükü (kN)	G (kN/m)	Q (kN/m)
	AK1	0,15	0,30	1,10	6,736	2,00									D	1,00	1,13	3,70	1,10	0,00	0,00	6,345	11,17	1,10
AK2	0,15	0,30	1,10	6,736	2,00									D	1,00	1,13	3,70	1,10	0,00	0,00	6,345	11,17	1,10	
AK3	0,15	0,30	1,45	6,920	2,00									D	1,00	1,13	5,02	1,45	0,00	0,00	6,345	12,49	1,45	
K201	0,55	0,30	1,45	6,736	2,00											4,13	4,88	1,45	0,00	0,00	0,000	9,01	1,45	
K202	0,80	0,30	1,45	6,736	2,00	1,10	6,736	2,00								6,00	4,88	1,45	3,70	1,10	0,000	14,59	2,55	
K203	0,80	0,30	1,40	6,736	2,00	1,10	1,40	3,760	2,00	İ	1,00	6,00	4,72	1,40	1,64	0,87	4,995	17,35	2,27					
K204	0,80	0,30	3,22	6,736	2,00	1,25	6,920	2,00	İ	1,00	6,00	10,84	3,22	4,33	1,25	4,995	26,16	4,47						
K205	0,80	0,30	1,68	6,736	2,00	1,45	6,736	2,00	D	1,00	6,00	5,66	1,68	4,88	1,45	6,345	22,89	3,13						
K206	0,80	0,30	1,44	6,736	2,00	1,45	6,736	2,00	İ	1,00	6,00	4,85	1,44	4,88	1,45	4,995	20,73	2,89						
K207	1,10	0,30	2,17	6,736	2,00	1,68	6,736	2,00	İ	1,00	8,25	7,31	2,17	5,66	1,68	4,995	26,21	3,85						
K208/1	1,10	0,30	2,41	6,736	2,00	1,44	6,736	2,00	İ	1,00	8,25	8,12	2,41	4,85	1,44	4,995	26,21	3,85						
K208/2	1,10	0,30	1,40	6,736	2,00	1,45	1,85	3,760	2,00	İ	1,00	8,25	4,72	1,40	2,17	1,15	4,995	20,13	2,55					
K209	1,10	0,30	3,22	6,736	2,00	1,50	1,78	5,010	2,00	İ	1,00	8,25	10,84	3,22	2,87	1,14	4,995	26,96	4,36					
K210/1	0,20	0,60	2,90	3,20	5,360	5,00	1,50	1,78	3,740	2,00	D	1,00	3,00	5,18	4,83	1,87	1,00	6,345	16,40	5,83				
K210/2	0,20	0,60	2,90	3,20	5,360	5,00	1,50	1,78	5,010	2,00	D	1,00	3,00	5,18	4,83	2,51	1,00	6,345	17,03	5,83				
K211	0,90	0,30	2,70	6,736	2,00	2,17	6,736	2,00	İ	1,00	6,75	9,09	2,70	7,31	2,17	4,995	28,15	4,87						
K212/1	0,90	0,30	2,70	6,736	2,00	2,41	6,736	2,00	İ	1,00	6,75	9,09	2,70	8,12	2,41	4,995	28,96	5,11						
K212/2	0,90	0,30	2,70	6,736	2,00	2,41	3,760	2,00	İ	1,00	6,75	9,09	2,70	4,53	2,41	4,995	25,37	5,11						
K213/1	0,20	0,60	2,90	3,20	5,360	5,00				D	1,00	3,00	5,18	4,83	0,00	0,00	6,345	14,53	4,83					
K213/2	0,20	0,60	2,90	3,20	5,360	5,00				D	1,00	3,00	5,18	4,83	0,00	0,00	6,345	14,53	4,83					
K214	0,90	0,30	1,25	6,736	5,00	2,70	6,736	2,00	D	1,00	6,75	4,21	3,13	9,09	2,70	6,345	26,40	5,83						
K215	0,90	0,30	2,70	6,920	2,00	2,70	6,736	2,00	İ	1,00	6,75	9,34	2,70	9,09	2,70	4,995	30,18	5,40						
K216	0,60	0,30	2,70	6,920	2,00					D	1,00	4,50	9,34	2,70	0,00	0,00	6,345	20,19	2,70					
K217	1,20	0,30	1,45	6,920	2,00	2,70	6,920	2,00			9,00	5,02	1,45	9,34	2,70	0,000	23,36	4,15						
K218	1,20	0,30	1,30	6,920	5,00	2,70	6,920	2,00	D	1,00	9,00	4,50	3,25	9,34	2,70	6,345	29,19	5,95						
K219	0,60	0,30								D	1,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	6,345	10,85	0,00					

Tablo 12.2 Normal Kat Tavanı Kiriş Yükleri

KİRİŞ NO	KESİT		Döşeme1		Açıklık1 Kısa/Uzun	Döşeme1 Yükü G	Döşeme1 Yükü Q	Döşeme2		Açıklık2 Kısa/Uzun	Döşeme2 Yükü G	Döşeme2 Yükü Q	Duvar İç/Dış	Duvar Boyu(m)	Kiriş Ağ. (kN)	Döşeme1 Gelen G	Döşeme1 Gelen Q	Döşeme2 Gelen G	Döşeme2 Gelen Q	Duvar Yükü (kN)	G (kN/m)	Q (kN/m)
	b/h	lx/ly	lx/ly	lx/ly																		
K301	0,20	0,60	3,35	3,85	K	3,76	2,00						D	1,00	3,00	4,20	2,23	0,00	0,00	6,345	13,54	2,23
K302	0,20	0,60	1,50	1,90	U	3,76	2,00						D	1,00	3,00	2,23	1,19	0,00	0,00	6,345	11,58	1,19
K303	0,20	0,60	1,50	1,90	U	3,76	2,00	3,95	4,45	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	2,23	1,19	5,48	2,91	6,345	17,05	4,10
K304	0,20	0,60	1,75	2,30	U	5,36	5,00	3,95	4,45	K	3,76	2,00	D	1,00	3,00	3,78	3,53	5,48	2,91	6,345	18,61	6,44
K305	0,20	0,60	1,55	2,40	K	5,36	5,00	2,60	3,15	U	3,76	2,00	D	1,00	3,00	2,77	2,58	3,78	2,01	6,345	15,89	4,59
K306/1	0,20	0,60	3,35	3,85	K	3,76	2,00	2,60	3,15	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	4,20	2,23	3,26	1,73	4,995	15,45	3,97
K306/2	0,20	0,60	1,45	5,80	K	3,76	2,00	3,35	3,85	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	1,82	0,97	4,20	2,23	4,995	14,01	3,20
K307	0,20	0,60	3,95	4,45	U	4,26	2,00	2,20	3,95	U	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,20	2,91	3,71	1,97	4,995	17,91	4,89
K308	0,20	0,60	3,95	4,45	U	4,26	2,00	2,20	3,95	U	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,20	2,91	3,71	1,97	4,995	17,91	4,89
K309	0,20	0,60	2,60	3,15	U	3,76	2,00	3,15	3,20	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	3,78	2,01	3,95	2,10	4,995	15,72	4,11
K310	0,20	0,60	2,60	3,15	U	3,76	2,00	3,15	3,20	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	3,78	2,01	3,95	2,10	4,995	15,72	4,11
K311	0,20	0,60	1,05	1,50	K	3,76	2,00	2,20	3,95	U	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	1,32	0,70	3,71	1,97	4,995	13,02	2,67
K312	0,20	0,60	2,90	3,20	K	5,36	5,00	2,20	3,95	U	3,76	2,00	D	1,00	3,00	5,18	4,83	3,71	1,97	6,345	18,23	6,81
K313	0,20	0,60	3,50	5,90	U	4,26	2,00	3,15	3,20	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,58	3,09	3,95	2,10	4,995	18,52	5,19
K314/1	0,20	0,60	3,50	5,90	U	4,26	2,00	3,15	3,20	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,58	3,09	3,95	2,10	4,995	18,52	5,19
K314/2	0,20	0,60	3,50	5,90	U	4,26	2,00	1,45	5,80	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,58	3,09	1,82	0,97	4,995	16,39	4,06
K314/3	0,20	0,60	3,50	5,90	U	4,26	2,00	1,05	1,50	K	3,76	2,00	İ	1,00	3,00	6,58	3,09	1,32	0,70	4,995	15,89	3,79
K315/1	0,20	0,60	2,90	3,20	K	5,36	5,00						D	1,00	3,00	5,18	4,83	0,00	0,00	6,345	14,53	4,83
K315/2	0,20	0,60	2,90	3,20	K	5,36	5,00						D	1,00	3,00	5,18	4,83	0,00	0,00	6,345	14,53	4,83
K316	0,20	0,60	1,55	1,80	K	5,36	5,00	3,50	5,90	U	4,26	2,00	D	1,00	3,00	2,77	2,58	6,58	3,09	6,345	18,69	5,67
K317	0,20	0,60	5,55	7,30	U	5,01	2,00	3,50	5,90	U	4,26	2,00	İ	1,00	3,00	11,22	4,48	6,58	3,09	4,995	25,80	7,57
K318	0,20	0,60	5,55	7,30	U	5,01	2,00						D	1,00	3,00	11,22	4,48	0,00	0,00	6,345	20,57	4,48
K319	0,20	0,60	4,05	7,30	U	5,01	2,00	1,75	2,30	U	5,36	5,00	D	1,00	3,00	9,10	3,63	3,78	3,53	6,345	22,23	7,17
K320	0,20	0,60	5,55	7,30	U	5,01	2,00	0,35	3,50	U	5,36	5,00	D	1,00	3,00	11,22	4,48	0,93	0,87	6,345	21,50	5,35
K321	0,20	0,60	3,50	5,90	K	4,26	2,00						D	1,00	3,00	4,97	2,33	0,00	0,00	6,345	14,32	2,33
K322	0,20	0,60	3,15	3,20	U	3,76	2,00						D	1,00	3,00	4,01	2,13	0,00	0,00	6,345	13,35	2,13

## BÖLÜM 13

### DEPREM HESABI

#### 13.1 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ KAT AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ

Kat ağırlıkları hesaplanırken bir üst ve bir alt katların ortasından geçen yatay düzlemler arasında kalan elemanların ağırlıkları kullanılmıştır.

- *Ara Katta*

$$\text{Duvar Ağırlıkları} = 148,896 \times (3,30/2 - 0,50) + 148,896 \times 1,25/2 = 264,290 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Ağırlıkları} = 97,938 \times (3,30/2 + 1,25/2) = 222,809 \text{ kN}$$

- *1. Katta*

$$\text{Duvar Ağırlıkları} = 148,896 \times (1,25/2 - 0,30) + 535,067/2,25 \times 2,85/2 = 387,267 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Ağırlıkları} = 97,938 \times (1,25/2) + 240,828/2 = 181,625 \text{ kN}$$

- *2. Katta*

$$\text{Duvar Ağırlıkları} = 535,067 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Ağırlıkları} = 240,828 \text{ kN}$$

- *9. Katta*

$$\text{Duvar Ağırlıkları} = 535,067/2,25 \times (2,85/2 - 0,60) = 196,191 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Ağırlıkları} = 198,075/2 = 99,038 \text{ kN}$$

Buna göre kat ağırlıkları;

$$W_i = G_i + n Q_i \quad (13.1)$$

$$W = \sum W_i$$

$W_i$  : i. katın ağırlığı

$G_i$  : i. katın sabit yükü

$Q_i$  : i. katın hareketli yükü

$n$  : hareketli yük azaltma katsayısı (konut için 0,30)

$W$  : yapı toplam ağırlığı

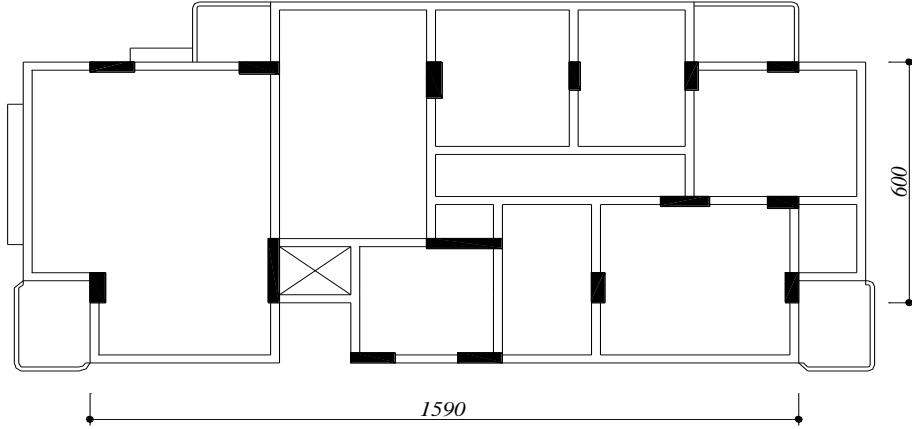
Tablo 13.1 Güçlendirme Öncesi Kat Ağırlıkları

Kat	$H_i$ (m)	$h_i$ (m)	Sabit Yükler (kN)						$G_i$ (kN)
			Döşeme	Kaplama	Sıva	Duvar	Kolon	Çatı	
ARA	3,30	3,30	125,25	-	0,00	264,29	222,81	-	612,35
1	4,55	1,25	963,03	127,43	65,31	388,53	181,63	-	1.725,93
2	7,40	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	240,83	-	1.743,79
3	10,25	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	228,54	-	1.731,50
4	13,10	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	216,25	-	1.719,20
5	15,95	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	216,25	-	1.719,20
6	18,80	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	207,16	-	1.710,12
7	21,65	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	198,08	-	1.701,03
8	24,50	2,85	775,15	127,43	65,31	535,07	198,08	-	1.701,03
9	27,35	2,85	775,15	-	65,31	196,19	99,04	122,46	1.258,15

Kat	$H_i$ (m)	$h_i$ (m)	$G_i$ (kN)	$Q_i$ (kN)	$W_i = G_i + 0,3Q_i$
ARA	3,30	3,30	612,35	28,35	620,854
1	4,55	1,25	1.725,93	326,56	1.823,896
2	7,40	2,85	1.743,79	326,56	1.841,752
3	10,25	2,85	1.731,50	326,56	1.829,462
4	13,10	2,85	1.719,20	326,56	1.817,171
5	15,95	2,85	1.719,20	326,56	1.817,171
6	18,80	2,85	1.710,12	326,56	1.808,085
7	21,65	2,85	1.701,03	326,56	1.798,999
8	24,50	2,85	1.701,03	326,56	1.798,999
9	27,35	2,85	1.258,15	122,46	1.294,889

$\Sigma$  16.451,276

### 13.1.1 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ BURULMA KÜTLELERİNİN HESABI



$$m_{bi} = m_i(a^2 + b^2)/12 \quad (13.2)$$

$m_{bi}$  : i. katın burulma kütlesi

$m_i$  : i. katın kütlesi

$a, b$  : katın iki boyutu

Buna göre burulma kütleleri;

Tablo 13.2 Güçlendirme Öncesi Kat Burulma Kütleleri

Kat	$H_i$ (m)	$h_i$ (m)	$a$ (m)	$b$ (m)	$m_i = W_i / g$ (kN s <sup>2</sup> /m)	$m_b = m_i(a^2 + b^2)/12$ (kN s <sup>2</sup> /m)
ARA	3,30	3,30	15,90	6,00	63,29	1.523
1	4,55	1,25	15,90	6,00	185,92	4.475
2	7,40	2,85	15,90	6,00	187,74	4.518
3	10,25	2,85	15,90	6,00	186,49	4.488
4	13,10	2,85	15,90	6,00	185,24	4.458
5	15,95	2,85	15,90	6,00	185,24	4.458
6	18,80	2,85	15,90	6,00	184,31	4.436
7	21,65	2,85	15,90	6,00	183,38	4.414
8	24,50	2,85	15,90	6,00	183,38	4.414
9	27,35	2,85	15,90	6,00	132,00	3.177

## 13.2 MEVCUT YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE DEPREM HESABI

Yapılan hesapta deprem kuvvetlerinin yapıya x, y ve z eksenleri yönünde ayrı ayrı etkidiği kabul edildi. Yapının doğal periyodu x ve y yönleri için ayrı ayrı bulunarak her iki yönde yapıya etkiyen eşdeğer deprem yükleri bulunarak hesapta bu değerler kullanılmıştır.

Bodrum kat çevresi rijit betonarme perdelerle çevrildiği için üst katlara etkiyen eşdeğer statik deprem kuvveti hesabında bodrum kattaki rijit çerçeve perdeleri göz önüne alınmayarak sadece üst katların ağırlıkları hesaba katılmıştır.

Yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) :

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) > 0,10 A_0 I W \quad (13.3)$$

$T_1$  : Yapının doğal titreşim periyodu

$W$  : Yapının toplam ağırlığı

$A(T_1)$  : Spektral ivme katsayısı

$$A(T_1) = A_0 I S(T) \quad (13.4)$$

$A_0$  : Etkin yer ivmesi katsayısı

$I$  : Bina önem katsayısı

$S(T)$  : Spektrum katsayısı

$$S(T) = 2,5 (T_B / T)^{0,8} \quad (T > T_B) \quad (13.5)$$

$T_A, T_B$  : Köşe periyotlar

formülüyle hesaplanır. Güçlendirme öncesi mevcut yapı için bu değerler ;

$T_{1y}$  : 1,16 sn                       $T_{1x}$  : 0,93 sn

$W$  : 16451,276 kN

$A_0$  : 0,40

$I$  : 1 (konut)

$T_A$  : 0,15 sn                       $T_B$  : 0,40 sn                      (yerel zemin sınıfı Z2)

$$S(T_{1y}) : 2,5 \times (0,40 / 1,16)^{0,8} = 1,0667$$

$$S(T_{1x}) : 2,5 \times (0,40 / 0,93)^{0,8} = 1,2729$$

$$A(T_{1y}) : 0,40 \times 1,00 \times 1,0667 = 0,42668$$

$$A(T_{1x}) : 0,40 \times 1,00 \times 1,2729 = 0,50916$$

$R_a(T_1) : 4$  (süneklik düzeyi normal betonarme çerçevesel sistemler)

$$V_{ty} = 16451,276 \times 0,42668 / 4 = 1755 \text{ kN} > 0,10 A_0 I W$$

$$V_{tx} = 16451,276 \times 0,50916 / 4 = 2094 \text{ kN} > 0,10 A_0 I W$$

yapı yüksekliği  $H_N = 27,35 > 25$  m olduğundan yapının en üst katına ek eşdeğer deprem yükü ;

$$\Delta F_N = 0,07 T_1 V_t < 0,2 V_t \quad (13.6)$$

$$\Delta F_{Ny} = 0,07 \times 1,16 \times 1755 = 143 \text{ kN} < 0,2 \times 1755 = 351 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Nx} = 0,07 \times 0,93 \times 2094 = 136 \text{ kN} < 0,2 \times 2094 = 419 \text{ kN}$$

toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında geri kalan kısmı, N ci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıdaki formül ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum w_i H_j} \quad (13.7)$$

y yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.3 y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

Kat	$H_i$ (m)	$w_i$ (kN)	$m_i$ (kN s <sup>2</sup> /m)	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{iy}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)
Ara	3,30	621	63	2049	0,0082631	13	13
1	4,55	1824	186	8299	0,0334696	54	54
2	7,40	1842	188	13629	0,0549670	89	89
3	10,25	1829	186	18752	0,0756286	122	122
4	13,10	1817	185	23805	0,0960077	155	155
5	15,95	1817	185	28984	0,1168948	188	188
6	18,80	1808	184	33992	0,1370931	221	221
7	21,65	1799	183	38948	0,1570824	253	253
8	24,50	1799	183	44075	0,1777607	287	287
9	27,35	1295	132	35415	0,1428330	230	373
$\Sigma$		16451		247948			1755

x yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.4 x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

Kat	$H_i$ (m)	$w_i$ (kN)	$m_i$ (kN s <sup>2</sup> /m)	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{ix}$ (kN)	$F_{ix}$ (kN)
Ara	3,30	621	63	2049	0,0082631	16	16
1	4,55	1824	186	8299	0,0334696	66	66
2	7,40	1842	188	13629	0,0549670	108	108
3	10,25	1829	186	18752	0,0756286	148	148
4	13,10	1817	185	23805	0,0960077	188	188
5	15,95	1817	185	28984	0,1168948	229	229
6	18,80	1808	184	33992	0,1370931	268	268
7	21,65	1799	183	38948	0,1570824	308	308
8	24,50	1799	183	44075	0,1777607	348	348
9	27,35	1295	132	35415	0,1428330	280	416
$\Sigma$		16451	1677	247948			2094

deprem y yönünde % 5 dışmerkezlik altında etkirken z yönünde oluşan burulma momentleri;

Tablo 13.5 Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri

Kat	$H_i$ (m)	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	$0,05 \times l_x$ (m)	$F_{iy}$ (kN)	$m_{by} = F_{iy} \times 0,05 l_x$ (kN m)
Ara	3,30	15,90	6,00	0,80	13	11
1	4,55	19,30	9,00	0,97	54	52
2	7,40	19,30	9,00	0,97	89	86
3	10,25	19,30	9,00	0,97	122	118
4	13,10	19,30	9,00	0,97	155	149
5	15,95	19,30	9,00	0,97	188	182
6	18,80	19,30	9,00	0,97	221	213
7	21,65	19,30	9,00	0,97	253	244
8	24,50	19,30	9,00	0,97	287	277
9	27,35	19,30	9,00	0,97	373	360

deprem x yönünde % 5 dışmerkezlilik altında etkirken z yönünde oluşan burulma momentleri;

Tablo 13.6 Yapıda %5 Dışmerkezlilik Altında Oluşan Burulma Momentleri

<i>Kat</i>	$H_i$ ( <i>m</i> )	$l_x$ ( <i>m</i> )	$l_y$ ( <i>m</i> )	$0,05*l_y$ ( <i>m</i> )	$F_{ix}$ ( <i>kN</i> )	$m_{bx} = F_{ix} * 0,05 l_y$ ( <i>kN m</i> )
<i>Ara</i>	3,30	15,90	6,00	0,30	16	5
<i>1</i>	4,55	19,30	9,00	0,45	66	29
<i>2</i>	7,40	19,30	9,00	0,45	108	48
<i>3</i>	10,25	19,30	9,00	0,45	148	67
<i>4</i>	13,10	19,30	9,00	0,45	188	85
<i>5</i>	15,95	19,30	9,00	0,45	229	103
<i>6</i>	18,80	19,30	9,00	0,45	268	121
<i>7</i>	21,65	19,30	9,00	0,45	308	138
<i>8</i>	24,50	19,30	9,00	0,45	348	157
<i>9</i>	27,35	19,30	9,00	0,45	416	187

### 13.2.1 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ MODAL KATILIM ORANLARI

Tablo 13.7 Güçlendirme Öncesi Modal Katılım Oranları

<i>MOD</i>	<i>Periyot</i> ( <i>sn</i> )	<i>x-x</i> <i>Yönü (%)</i>	<i>y-y</i> <i>Yönü (%)</i>	<i>x-x Yönü</i> <i>Toplam (%)</i>	<i>y-y Yönü</i> <i>Toplam (%)</i>
<i>1</i>	1,159	1,35	65,32	1,35	65,32
<i>2</i>	0,931	38,79	11,07	40,14	76,39
<i>3</i>	0,807	36,18	3,33	76,33	79,72
<i>4</i>	0,358	0,23	11,17	76,56	90,89
<i>5</i>	0,290	6,65	1,14	83,20	92,02
<i>6</i>	0,251	8,85	0,26	92,06	92,29
<i>7</i>	0,184	0,00	4,03	92,06	96,31
<i>8</i>	0,138	5,12	0,01	97,17	96,32
<i>9</i>	0,114	0,00	2,67	97,17	99,00

Deprem yönetmeliğine göre hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan her iki doğrultuda, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin % 90' ından az olmaması gerekir.

Buna göre güçlendirme öncesi mevcut sistemin hesabında x-x doğrultusu için 6 mod, y-y doğrultusu için ise 4 modun katkısının alınması yeterli olacaktır.

### 13.2.2 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ

Birbirine dik her iki deprem doğrultusunun herhangi biri için ( %5 dışmerkezlilik atında ) birbirine komşu iki katın yatay yerdeğıştirmelerinin farkı olan relatif kat yerdeğıştirmesi;

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (13.8)$$

Taşıyıcı sistemin yatay öteleme rijitliğinin;

$$\Delta_i / h_i < \min ( 0,0035 ; 0,02/R ) = (0,0035 ; 0,02/4 = 0,005) \quad (13.9)$$

$\Delta_i$  : Binanın i. katındaki relatif kat ötelemesi

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$h_i$  : i. katın yüksekliği

koşulunu sağlaması gerekir. Ayrıca binada burulma düzensizliğinin olmaması için o katta aynı doğrultudaki ötelemenin ortalama relatif ötelemeye oranının 1,2 den küçük olması gerekir. Yani;

$$\eta_{bi} = \Delta_{imax} / \Delta_{iort} < 1,2 \quad (13.10)$$

$$\Delta_{iort} = 1/2 ( \Delta_{imax} + \Delta_{imin} ) \quad (13.11)$$

$\eta_{bi}$  : i. kattaki burulma düzensizliği katsayısı

$\Delta_{imax}$  : Binanın i. katındaki maksimum relatif kat ötelemesi

$\Delta_{imin}$  : Binanın i. katındaki minimum relatif kat ötelemesi

$\Delta_{iort}$  : Binanın i. katındaki ortalama relatif kat ötelemesi

Tablo 13.8 C=11 Düşey Yük+F<sub>x</sub>+M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	x (m)	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,04614	0,00418	0,00147	0,00418	0,00350	0,00384	1,09
903	8	0,04211	0,00350	0,00123				
801	7	0,04196	0,00475	0,00167	0,00475	0,00402	0,004385	1,08
803	7	0,03861	0,00402	0,00141				
701	6	0,03721	0,00526	0,00185	0,00526	0,00457	0,004915	1,07
703	6	0,03459	0,00457	0,00160				
601	5	0,03195	0,00562	0,00197	0,00562	0,00497	0,005295	1,06
603	5	0,03002	0,00497	0,00174				
501	4	0,02633	0,00580	0,00204	0,00580	0,00527	0,005535	1,05
503	4	0,02505	0,00527	0,00185				
401	3	0,02053	0,00574	0,00201	0,00574	0,00534	0,00554	1,04
403	3	0,01978	0,00534	0,00187				
301	2	0,01479	0,00530	0,00186	0,00530	0,00512	0,00521	1,02
303	2	0,01444	0,00512	0,00180				
201	1	0,00949	0,00470	0,00165	0,00470	0,00462	0,00466	1,01
203	1	0,00932	0,00462	0,00162				
101	Ara	0,00479	0,00148	0,00118	0,00150	0,00148	0,00149	1,01
103	Ara	0,00470	0,00150	0,00120				
51	Z	0,00331	0,00331	0,00100	0,00331	0,00320	0,003255	1,02
53	Z	0,00320	0,00320	0,00097				

max 0,00204 < 0,0035 1,20 > 1,09

Tablo 13.9 C=12 Düşey Yük+F<sub>x</sub>-M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	x (m)	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,05296	0,00481	0,00169	0,00481	0,00331	0,00406	1,18
903	8	0,03891	0,00331	0,00116				
801	7	0,04815	0,00548	0,00192	0,00548	0,00378	0,00463	1,18
803	7	0,03560	0,00378	0,00133				
701	6	0,04267	0,00606	0,00213	0,00606	0,00426	0,00516	1,17
703	6	0,03182	0,00426	0,00149				
601	5	0,03661	0,00645	0,00226	0,00645	0,00461	0,00553	1,17
603	5	0,02756	0,00461	0,00162				
501	4	0,03016	0,00666	0,00234	0,00666	0,00486	0,00576	1,16
503	4	0,02295	0,00486	0,00171				
401	3	0,02350	0,00659	0,00231	0,00659	0,00491	0,00575	1,15
403	3	0,01809	0,00491	0,00172				
301	2	0,01691	0,00608	0,00213	0,00608	0,00466	0,00537	1,13
303	2	0,01318	0,00466	0,00164				
201	1	0,01083	0,00538	0,00189	0,00538	0,00421	0,004795	1,12
203	1	0,00852	0,00421	0,00148				
101	Ara	0,00545	0,00168	0,00134	0,00168	0,00137	0,001525	1,10
103	Ara	0,00431	0,00137	0,00110				
51	Z	0,00377	0,00377	0,00114	0,00377	0,00294	0,003355	1,12
53	Z	0,00294	0,00294	0,00089				

max 0,00234 < 0,0035 1,20 > 1,18

Tablo 13.10 C=13 Düşey Yük+F<sub>y</sub>+M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iymax}$	$\Delta_{iymin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,05503	0,00393	0,00138	0,00447	0,00393	0,0042	1,06
922	8	0,06001	0,00447	0,00157				
801	7	0,05110	0,00477	0,00167	0,00536	0,00477	0,005065	1,06
822	7	0,05554	0,00536	0,00188				
701	6	0,04633	0,00562	0,00197	0,00618	0,00562	0,0059	1,05
722	6	0,05018	0,00618	0,00217				
601	5	0,04071	0,00595	0,00209	0,00683	0,00595	0,00639	1,07
622	5	0,04400	0,00683	0,00240				
501	4	0,03476	0,00642	0,00225	0,00737	0,00642	0,006895	1,07
522	4	0,03717	0,00737	0,00259				
401	3	0,02834	0,00672	0,00236	0,00770	0,00672	0,00721	1,07
422	3	0,02980	0,00770	0,00270				
301	2	0,02162	0,00661	0,00232	0,00774	0,00661	0,007175	1,08
322	2	0,02210	0,00774	0,00272				
201	1	0,01501	0,00684	0,00240	0,00740	0,00684	0,00712	1,04
222	1	0,01436	0,00740	0,00260				
101	Ara	0,00817	0,00254	0,00203	0,00264	0,00254	0,00259	1,02
122	Ara	0,00696	0,00264	0,00211				
51	Z	0,00563	0,00563	0,00171	0,00563	0,00432	0,004975	1,13
72	Z	0,00432	0,00432	0,00131				

max 0,00272 < 0,0035 1,20 > 1,13

Tablo 13.11 C=14 Düşey Yük+F<sub>y</sub>-M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iymax}$	$\Delta_{iymin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,03392	0,00219	0,00077	0,00702	0,00219	0,004605	1,52
922	8	0,08977	0,00702	0,00246				
801	7	0,03173	0,00275	0,00096	0,00829	0,00275	0,00552	1,50
822	7	0,08275	0,00829	0,00291				
701	6	0,02898	0,00329	0,00115	0,00948	0,00329	0,006385	1,48
722	6	0,07446	0,00948	0,00333				
601	5	0,02569	0,00348	0,00122	0,01042	0,00348	0,00695	1,50
622	5	0,06498	0,01042	0,00366				
501	4	0,02221	0,00379	0,00133	0,01116	0,00379	0,007475	1,49
522	4	0,05456	0,01116	0,00392				
401	3	0,01842	0,00405	0,00142	0,01155	0,00405	0,0078	1,48
422	3	0,04340	0,01155	0,00405				
301	2	0,01437	0,00406	0,00142	0,01142	0,00406	0,00774	1,48
322	2	0,03185	0,01142	0,00401				
201	1	0,01031	0,00455	0,00160	0,01059	0,00455	0,00757	1,40
222	1	0,02043	0,01059	0,00372				
101	Ara	0,00576	0,00183	0,00146	0,00361	0,00183	0,00272	1,33
122	Ara	0,00984	0,00361	0,00289				
51	Z	0,00393	0,00393	0,00119	0,00623	0,00393	0,00508	1,23
72	Z	0,00623	0,00623	0,00189				

max 0,00405 > 0,0035 1,20 < 1,52

Tablo 13.12 C=21 Dinamik Hesap (x-x yönü) Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

<i>Düğüm Noktası</i>	<i>Kat Tavanı</i>	<i>x (m)</i>	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	<i>n<sub>bi</sub></i>
901	8	0,03276	0,00297	0,00104	0,00297	0,00194	0,002455	1,21
903	8	0,02499	0,00194	0,00068				
801	7	0,02979	0,00336	0,00118	0,00336	0,00226	0,00281	1,20
803	7	0,02305	0,00226	0,00079				
701	6	0,02643	0,00371	0,00130	0,00371	0,00260	0,003155	1,18
703	6	0,02079	0,00260	0,00091				
601	5	0,02272	0,00393	0,00138	0,00393	0,00287	0,0034	1,16
603	5	0,01819	0,00287	0,00101				
501	4	0,01879	0,00406	0,00142	0,00406	0,00307	0,003565	1,14
503	4	0,01532	0,00307	0,00108				
401	3	0,01473	0,00404	0,00142	0,00404	0,00319	0,003615	1,12
403	3	0,01225	0,00319	0,00112				
301	2	0,01069	0,00377	0,00132	0,00377	0,00314	0,003455	1,09
303	2	0,00906	0,00314	0,00110				
201	1	0,00692	0,00340	0,00119	0,00340	0,00292	0,00316	1,08
203	1	0,00592	0,00292	0,00102				
101	Ara	0,00352	0,00106	0,00085	0,00106	0,00096	0,00101	1,05
103	Ara	0,00300	0,00096	0,00077				
51	Z	0,00246	0,00246	0,00075	0,00246	0,00204	0,00225	1,09
53	Z	0,00204	0,00204	0,00062				

max 0,00142 < 0,0035 1,20 < 1,21

Tablo 13.13 C=21 Dinamik Hesap (y-y yönü) Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iy\max}$	$\Delta_{iy\min}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,03817	0,00263	0,00092	0,00476	0,00263	0,003695	1,29
922	8	0,06119	0,00476	0,00167				
801	7	0,03554	0,00323	0,00113	0,00555	0,00323	0,00439	1,26
822	7	0,05643	0,00555	0,00195				
701	6	0,03231	0,00383	0,00134	0,00635	0,00383	0,00509	1,25
722	6	0,05088	0,00635	0,00223				
601	5	0,02848	0,00412	0,00145	0,00696	0,00412	0,00554	1,26
622	5	0,04453	0,00696	0,00244				
501	4	0,02436	0,00446	0,00156	0,00750	0,00446	0,00598	1,25
522	4	0,03757	0,00750	0,00263				
401	3	0,01990	0,00472	0,00166	0,00787	0,00472	0,006295	1,25
422	3	0,03007	0,00787	0,00276				
301	2	0,01518	0,00471	0,00165	0,00789	0,00471	0,0063	1,25
322	2	0,02220	0,00789	0,00277				
201	1	0,01047	0,00479	0,00168	0,00735	0,00479	0,00607	1,21
222	1	0,01431	0,00735	0,00258				
101	Ara	0,00568	0,00172	0,00138	0,00247	0,00172	0,002095	1,18
122	Ara	0,00696	0,00247	0,00198				
21	Z	0,00396	0,00396	0,00120	0,00449	0,00396	0,004225	1,06
72	Z	0,00449	0,00449	0,00136				

max 0,00277 < 0,0035 1,20 < 1,29

Tablo 13.8-13'ten görüleceği üzere C=14 nolu Düşey Yük+Fy-Mz ve C=21 nolu Dinamik Hesap yüklemelerinde A1 türü burulma düzensizliği mevcut olduğundan, deprem hesabı eşdeğer statik hesap yöntemi ile değil, mod birleştirme yöntemi ile yapılmalıdır. Ayrıca görel kat ötelemeleri, yine C=14 nolu Düşey Yük+Fy-Mz yüklemesinde sınır değerleri aştığından sistemin taşıyıcı sistem rijitliğinin artırılması yani güçlendirilmesi gerekmektedir.

### 13.2.3 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ (YUMUŞAK KAT) KONTROLÜ

Birbirine dik her iki deprem doğrultusunun herhangi biri için ( %5 dışmerkezlilik atında ) herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısının  $\eta_{ki}$ 'nin 1,50 den küçük olması durumu. Yani;

$$\eta_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort} < 1,50 \quad (13.12)$$

$$\Delta_{iort} = 1/2 ( \Delta_{imax} + \Delta_{imin} ) \quad (13.13)$$

- $\eta_{ki}$  : i. katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı  
 $\Delta_{iort}$  : Binanın i. katındaki ortalama relatif kat ötelemesi  
 $\Delta_{i+1ort}$  : Binanın (i+1). katındaki ortalama relatif kat ötelemesi  
 $\Delta_{imax}$  : Binanın i. katındaki maksimum relatif kat ötelemesi  
 $\Delta_{imin}$  : Binanın i. katındaki minimum relatif kat ötelemesi

Tablo 13.14 Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$	Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
C=11 Düşey Yük+Fx+Mz	8	0,00384	-	C=12 Düşey Yük+Fx-Mz	8	0,00406	-
	7	0,00439	1,14		7	0,00463	1,14
	6	0,00492	1,12		6	0,00516	1,11
	5	0,00530	1,08		5	0,00553	1,07
	4	0,00554	1,05		4	0,00576	1,04
	3	0,00554	1,00		3	0,00575	1,00
	2	0,00521	0,94		2	0,00537	0,93
	1	0,00466	0,89		1	0,00480	0,89
	Ara	0,00149	0,32		Ara	0,00153	0,32
Z	0,00326	2,18	Z	0,00336	2,20		

Tablo 13.14 Devamı

<i>Yükleme</i>	<i>Kat</i>	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$	<i>Yükleme</i>	<i>Kat</i>	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
<i>C=13 Düşey Yük+Fy+Mz</i>	8	0,00420	-	<i>C=14 Düşey Yük+Fy-Mz</i>	8	0,00461	-
	7	0,00507	1,21		7	0,00552	1,20
	6	0,00590	1,16		6	0,00639	1,16
	5	0,00639	1,08		5	0,00695	1,09
	4	0,00690	1,08		4	0,00748	1,08
	3	0,00721	1,05		3	0,00780	1,04
	2	0,00718	1,00		2	0,00774	0,99
	1	0,00712	0,99		1	0,00757	0,98
	Ara	0,00259	0,36		Ara	0,00272	0,36
Z	0,00498	1,92	Z	0,00508	1,87		

<i>Yükleme</i>	<i>Kat</i>	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$	<i>Yükleme</i>	<i>Kat</i>	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
<i>C=21 Dinamik Hesap</i>	8	0,00246	-	<i>C=21 Dinamik Hesap</i>	8	0,00370	-
	7	0,00281	1,14		7	0,00439	1,19
	6	0,00316	1,12		6	0,00509	1,16
	5	0,00340	1,08		5	0,00554	1,09
	4	0,00357	1,05		4	0,00598	1,08
	3	0,00362	1,01		3	0,00630	1,05
	2	0,00346	0,96		2	0,00630	1,00
	1	0,00316	0,91		1	0,00607	0,96
	Ara	0,00101	0,32		Ara	0,00210	0,35
Z	0,00225	2,23	Z	0,00423	2,02		

Tablo 13.14'ten görüleceği üzere zemin ve ara katlar arasında B2 türü Rijitlik Düzensizliği bulunduğundan, deprem hesabı eşdeğer statik hesap yöntemi ile değil, mod birleştirme yöntemi ile yapılmalıdır.

### 13.2.4 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ KOLONLARIN DÜŞEY YÜK KAPASİTE KONTROLÜ

Yapıda, en elverişsiz yüklemeler altında kolonlara etkiyen düşey yükler ile kolonların kapasiteleri (kolonların taşıyabileceği düşey yükler) tablolar halinde karşılaştırılmıştır. Burada;

- b,h : Kolon boyutları  
Ac : Beton kesit alanı ( b x h )  
N<sub>dmax</sub> : Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım aksenal yükü  
f<sub>ck</sub> : Beton karakteristik dayanımı  
N<sub>d</sub> : Kolonun taşıyabileceği aksenal yük

Tablo 13.15 Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	b ( m )	h ( m )	Ac ( m <sup>2</sup> )	N <sub>dmax</sub> (kN)	f <sub>ck</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	N <sub>d</sub> (0,5 <sub>fck</sub> A <sub>c</sub> )	N <sub>dmax</sub> /N <sub>d</sub>
22	PS14	0,25	1,00	0,25000	2228	14000	1750	1,27
18	S12	0,35	0,90	0,31500	3237	14000	2205	1,47
14	S10	0,90	0,35	0,31500	2659	14000	2205	1,21
7	S7	0,70	0,30	0,21000	1753	14000	1470	1,19
4	S4	0,70	0,30	0,21000	1980	14000	1470	1,35
1	S1	0,25	0,70	0,17500	1788	14000	1225	1,46
5	PS5	0,25	1,10	0,27500	1773	14000	1925	0,92
2	S2	0,30	0,70	0,21000	2187	14000	1470	1,49
9	PS8	0,25	1,70	0,42500	2637	14000	2975	0,89
23	S15	0,75	0,35	0,26250	2797	14000	1838	1,52
20	PS13	1,60	0,25	0,40000	2690	14000	2800	0,96
6	S6	0,75	0,30	0,22500	1476	14000	1575	0,94
3	S3	0,75	0,30	0,22500	2258	14000	1575	1,43
16	PS11	0,25	1,00	0,25000	1558	14000	1750	0,89
12	PS9	0,25	1,00	0,25000	1806	14000	1750	1,03

Tablo 13.16 1.Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	$b$ ( m )	$h$ ( m )	$A_c$ ( $m^2$ )	$N_{dmax}$ (kN)	$f_{ck}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$N_d$ (0,5 $f_{ck} A_c$ )	$N_{dmax}/N_d$
122	PS14	0,20	1,00	0,20000	2014	14000	1400	1,44
118	S12	0,30	0,85	0,25500	2966	14000	1785	1,66
114	S10	0,90	0,30	0,27000	2389	14000	1890	1,26
107	S7	0,70	0,25	0,17500	1560	14000	1225	1,27
104	S4	0,70	0,30	0,21000	1730	14000	1470	1,18
101	S1	0,25	0,60	0,15000	1425	14000	1050	1,36
105	PS5	0,20	1,10	0,22000	1616	14000	1540	1,05
102	S2	0,25	0,70	0,17500	1867	14000	1225	1,52
109	PS8	0,20	1,70	0,34000	2413	14000	2380	1,01
123	S15	0,70	0,35	0,24500	2478	14000	1715	1,44
120	PS13	1,60	0,20	0,32000	2435	14000	2240	1,09
106	S6	0,70	0,30	0,21000	1242	14000	1470	0,84
103	S3	0,70	0,30	0,21000	1954	14000	1470	1,33
116	PS11	0,20	1,00	0,20000	1006	14000	1400	0,72
112	PS9	0,20	1,00	0,20000	1253	14000	1400	0,90

Tablo 13.17 2.Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	$b$ ( m )	$h$ ( m )	$A_c$ ( $m^2$ )	$N_{dmax}$ (kN)	$f_{ck}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$N_d$ (0,5 $f_{ck} A_c$ )	$N_{dmax}/N_d$
222	PS14	0,20	1,00	0,20000	1759	14000	1400	1,26
218	S12	0,30	0,85	0,25500	2448	14000	1785	1,37
214	S10	0,90	0,30	0,27000	2039	14000	1890	1,08
207	S7	0,70	0,25	0,17500	1333	14000	1225	1,09
204	S4	0,70	0,30	0,21000	1432	14000	1470	0,97
201	S1	0,25	0,60	0,15000	1113	14000	1050	1,06
205	PS5	0,20	1,10	0,22000	1426	14000	1540	0,93
202	S2	0,25	0,70	0,17500	1429	14000	1225	1,17
209	PS8	0,20	1,70	0,34000	2122	14000	2380	0,89
223	S15	0,70	0,35	0,24500	2168	14000	1715	1,26
220	PS13	1,60	0,20	0,32000	2125	14000	2240	0,95

Tablo 13.17 Devamı

206	S6	0,70	0,30	0,21000	1080	14000	1470	0,73
203	S3	0,70	0,30	0,21000	1694	14000	1470	1,15
216	PS11	0,20	1,00	0,20000	794	14000	1400	0,57
212	PS9	0,20	1,00	0,20000	930	14000	1400	0,66

Tablo 13.18 3.Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	$b$ ( m )	$h$ ( m )	$A_c$ ( $m^2$ )	$N_{dmax}$ ( kN )	$f_{ck}$ ( $kN/m^2$ )	$N_d$ ( $0,5 f_{ck} A_c$ )	$N_{dmax}/N_d$
322	PS14	0,20	1,00	0,20000	1514	14000	1400	1,08
318	S12	0,30	0,70	0,21000	1941	14000	1470	1,32
314	S10	0,70	0,30	0,21000	1689	14000	1470	1,15
307	S7	0,60	0,25	0,15000	1124	14000	1050	1,07
304	S4	0,60	0,25	0,15000	1147	14000	1050	1,09
301	S1	0,25	0,50	0,12500	879	14000	875	1,00
305	PS5	0,20	1,10	0,22000	1241	14000	1540	0,81
302	S2	0,25	0,60	0,15000	1073	14000	1050	1,02
309	PS8	0,20	1,70	0,34000	1816	14000	2380	0,76
323	S15	0,70	0,30	0,21000	1858	14000	1470	1,26
320	PS13	1,60	0,20	0,32000	1814	14000	2240	0,81
306	S6	0,70	0,25	0,17500	915	14000	1225	0,75
303	S3	0,70	0,25	0,17500	1417	14000	1225	1,16
316	PS11	0,20	1,00	0,20000	686	14000	1400	0,49
312	PS9	0,20	1,00	0,20000	722	14000	1400	0,52

Tablo 13.19 4.Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	$b$ ( m )	$h$ ( m )	$A_c$ ( $m^2$ )	$N_{dmax}$ ( kN )	$f_{ck}$ ( $kN/m^2$ )	$N_d$ ( $0,5 f_{ck} A_c$ )	$N_{dmax}/N_d$
422	PS14	0,20	1,00	0,20000	1267	14000	1400	0,91
418	S12	0,30	0,70	0,21000	1487	14000	1470	1,01
414	S10	0,70	0,30	0,21000	1355	14000	1470	0,92
407	S7	0,60	0,25	0,15000	935	14000	1050	0,89

Tablo 13.19 Devamı

404	S4	0,60	0,25	0,15000	889	14000	1050	0,85
401	S1	0,25	0,50	0,12500	724	14000	875	0,83
405	PS5	0,20	1,10	0,22000	1047	14000	1540	0,68
402	S2	0,25	0,60	0,15000	783	14000	1050	0,75
409	PS8	0,20	1,70	0,34000	1519	14000	2380	0,64
423	S15	0,70	0,30	0,21000	1548	14000	1470	1,05
420	PS13	1,60	0,20	0,32000	1507	14000	2240	0,67
406	S6	0,70	0,25	0,17500	753	14000	1225	0,61
403	S3	0,70	0,25	0,17500	1142	14000	1225	0,93
416	PS11	0,20	1,00	0,20000	573	14000	1400	0,41
412	PS9	0,20	1,00	0,20000	608	14000	1400	0,43

Tablo 13.20 5.Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü

Eleman No	Kolon	$b (m)$	$h (m)$	$A_c (m^2)$	$N_{dmax} (kN)$	$f_{ck} (kN/m^2)$	$N_d (0,5 f_{ck} A_c)$	$N_{dmax}/N_d$
522	PS14	0,20	1,00	0,20000	1022	14000	1400	0,73
518	S12	0,30	0,70	0,21000	1075	14000	1470	0,73
514	S10	0,70	0,30	0,21000	1079	14000	1470	0,73
507	S7	0,60	0,25	0,15000	748	14000	1050	0,71
504	S4	0,60	0,25	0,15000	671	14000	1050	0,64
501	S1	0,25	0,50	0,12500	568	14000	875	0,65
505	PS5	0,20	1,10	0,22000	836	14000	1540	0,54
502	S2	0,25	0,60	0,15000	626	14000	1050	0,60
509	PS8	0,20	1,70	0,34000	1221	14000	2380	0,51
523	S15	0,70	0,30	0,21000	1239	14000	1470	0,84
520	PS13	1,60	0,20	0,32000	1201	14000	2240	0,54
506	S6	0,70	0,25	0,17500	595	14000	1225	0,49
503	S3	0,70	0,25	0,17500	877	14000	1225	0,72
516	PS11	0,20	1,00	0,20000	456	14000	1400	0,33
512	PS9	0,20	1,00	0,20000	493	14000	1400	0,35

$$\frac{N_{dmax}}{N_d} > 1 \text{ olması durumunda kolon düşey yük taşıma kapasitesi yetersizdir}$$

Tablo 13.15-13.20'den elde edilen sonuçlarda 5.kata kadar yapı kolonlarında düşey yük kapasite problemi vardır. Sonuç olarak kolon kesitlerinin büyütülmesi gerekmektedir.

### 13.2.5 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ KOLONLARIN MOMENT KAPASİTE KONTROLÜ

Yapıda, en elverişsiz yüklemeler altında kolonlara her iki yönde etkiyen eğilme momentleri ile kolonların moment taşıma kapasiteleri (mevcut donatıları ile taşıyabileceği momentler) tablolar halinde karşılaştırılmıştır. Burada;

- b,h : Kolon boyutları
- $M_{d3-3max}$  : Tüm yük kombinasyonları altında kolon kuvvetli doğrultusunda elde edilen en yüksek tasarım eğilme momenti
- $M_{d2-2max}$  : Tüm yük kombinasyonları altında kolon zayıf doğrultusunda elde edilen en yüksek tasarım eğilme momenti
- $f_{cd}$  : Beton hesap dayanımı
- $f_{yd}$  : Donatı hesap dayanımı
- $M_{d3-3}$  : Kolonun kuvvetli doğrultusunda taşıyabileceği eğilme momenti
- $M_{d2-2}$  : Kolonun zayıf doğrultusunda taşıyabileceği eğilme momenti
- $N_d$  : En elverişsiz yüklemelerde oluşan eğilme momentine karşı gelen normal kuvvet

$$\frac{M_{dmax}}{M_d} > 1 \text{ olması durumunda kolonun eğilme momenti taşıma kapasitesi yetersizdir.}$$

Tablo 13.21 ve 13.22'den elde edilen sonuçlara göre zemin kattaki tüm kolonlarda eğilme momenti kapasite problemi vardır. Sonuç olarak yetersiz kolon kesitlerinin büyütülmesi ve donatı yüzdelерinin artırılması gerekmektedir. Hesaplarda en elverişsiz momente karşı gelen yüklemdeki normal kuvvet değerleri kullanılmıştır.

Tablo 13.21 Zemin Kat Kolonlarının Moment Kapasite Kontrolü (Kuvvetli Eksen)

Eleman No	Kolon	$b(m)$	$h(m)$	Mevcut Donatı	$As_1 = As_2$ ( $m^2$ )	$\omega = A_{s1} f_{yd} /$ $bh f_{cd}$	$N_d$ (kN)	$n = N_d / bh f_{cd}$	$m$	$M_{dx} =$ $mbh^2 f_{cd}$	$M_{dxmax}$ (kNm)	$M_{dxmax} / M_{dx}$
22	PS14	0,25	1,00	5Ø16+2Ø14	0,0013	0,11	1861	0,80	0,10	222	719	3,24
18	S12	0,35	0,90	5Ø16	0,0010	0,07	2346	0,80	0,06	159	667	4,20
14	S10	0,35	0,90	5Ø16	0,0010	0,07	962	0,33	0,16	423	868	2,05
7	S7	0,30	0,70	2Ø16	0,0004	0,04	644	0,33	0,13	178	321	1,80
4	S4	0,30	0,70	4Ø16	0,0008	0,08	1258	0,64	0,14	192	430	2,24
1	S1	0,25	0,70	3Ø16	0,0006	0,07	1173	0,72	0,11	126	274	2,18
5	PS5	0,25	1,10	5Ø16+2Ø14	0,0013	0,10	456	0,18	0,14	395	584	1,48
2	S2	0,30	0,70	4Ø16	0,0008	0,08	1227	0,63	0,14	192	236	1,23
9	PS8	0,25	1,70	6Ø16+2Ø14	0,0015	0,07	275	0,07	0,07	472	2197	4,65
23	S15	0,35	0,75	5Ø16	0,0010	0,08	400	0,16	0,13	239	700	2,93
20	PS13	0,25	1,60	6Ø16+2Ø14	0,0015	0,08	1565	0,42	0,17	1015	3273	3,22
6	S6	0,30	0,75	2Ø16	0,0004	0,04	567	0,27	0,12	189	479	2,53
3	S3	0,30	0,75	4Ø16	0,0008	0,07	1862	0,89	0,05	79	645	8,19
16	PS11	0,25	1,00	5Ø16	0,0010	0,08	1158	0,50	0,17	397	664	1,67
12	PS9	0,25	1,00	5Ø16	0,0010	0,08	1763	0,76	0,10	233	653	2,80

Tablo 13.22 Zemin Kat Kolonlarının Moment Kapasite Kontrolü (Zayıf Eksen)

Eleman No	Kolon	$b(m)$	$h(m)$	Mevcut Donatı	$As_1 = As_2$ ( $m^2$ )	$\omega = A_{s1} f_{yd} /$ $bh f_{cd}$	$N_d$ (kN)	$n = N_d / bh f_{cd}$	$m$	$M_{dy} =$ $mbh^2 f_{cd}$	$M_{dymax}$ (kNm)	$M_{dymax} / M_{dy}$
22	PS14	1,00	0,25	4Ø16+3Ø14	0,0013	0,10	1861	0,80	0,10	58	80	1,37
18	S12	0,90	0,35	6Ø16	0,0012	0,08	2346	0,80	0,09	93	88	0,95
14	S10	0,90	0,35	7Ø16	0,0014	0,09	962	0,33	0,18	185	141	0,76
7	S7	0,70	0,30	4Ø16	0,0008	0,08	644	0,33	0,16	94	49	0,52
4	S4	0,70	0,30	6Ø16	0,0012	0,12	1258	0,64	0,17	100	80	0,80
1	S1	0,70	0,25	4Ø16	0,0008	0,09	1173	0,72	0,13	53	66	1,24
5	PS5	1,10	0,25	4Ø16+3Ø14	0,0013	0,09	456	0,18	0,12	77	87	1,13
2	S2	0,70	0,30	4Ø16	0,0008	0,08	1227	0,63	0,15	88	129	1,46
9	PS8	1,70	0,25	4Ø16+6Ø14	0,0017	0,08	275	0,07	0,10	99	109	1,10
23	S15	0,75	0,35	6Ø16	0,0012	0,09	400	0,16	0,13	111	86	0,77
20	PS13	1,60	0,25	2Ø16+5Ø14	0,0012	0,06	1565	0,42	0,14	131	87	0,67
6	S6	0,75	0,30	4Ø16	0,0008	0,07	567	0,27	0,15	95	62	0,66
3	S3	0,75	0,30	4Ø16	0,0008	0,07	1862	0,89	0,04	25	56	2,22
16	PS11	1,00	0,25	4Ø16+3Ø14	0,0008	0,07	1158	0,50	0,17	99	76	0,77
12	PS9	1,00	0,25	4Ø16+3Ø14	0,0008	0,07	1763	0,76	0,10	58	70	1,20

### 13.2.6 GÜÇLENDİRME ÖNCESİ KOLONLARIN KESME KUVVETİ KAPASİTE KONTROLÜ

Yapıda, en elverişsiz yüklemeler altında kolonlara her iki yönde etkiyen kesme kuvvetleri ile kolonların kesme kuvveti taşıma kapasiteleri (mevcut kesit ile taşıyabileceği kesme kuvveti) tablolar halinde karşılaştırılmıştır. Mevcut kolonlarda etriye aralıkları çok fazla ve etriye enkesit alanları korozyondan dolayı zamanla azaldığından etriyerin kesme kuvveti kapasitesine katkısı hesapta dikkate alınmamıştır. Burada;

$V_{d3-3max}$  : Tüm yük kombinasyonları altında her kolon zayıf doğrultusunda elde edilen en yüksek tasarım kesme kuvveti

$V_{d2-2max}$  : Tüm yük kombinasyonları altında her kolon kuvvetli doğrultusunda elde edilen en yüksek tasarım kesme kuvveti

$V_{d3-3}$  : Kolonun zayıf doğrultuda taşıyabileceği kesme kuvveti

$V_{d2-2}$  : Kolonun kuvvetli doğrultuda taşıyabileceği kesme kuvveti

$$\frac{V_{dmax}}{V_d} > 1 \text{ olması durumunda kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesi yetersizdir.}$$

Tablo 13.23 Zemin Kat Kolonlarının Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü (Kuvvetli Eksen)

Eleman No	Kolon	$b_w (m)$	$h (m)$	$d (m)$	$V_{d2-2max} (kN)$	$f_{ctd} (kN/m^2)$	$V_{d2-2} = 0,80 (0,65f_{ctd} b_w d)$	$V_{d2-2max}/V_{d2-2}$
22	PS14	0,25	1,00	0,95	420	850	111	3,80
18	S12	0,35	0,90	0,85	234	850	139	1,68
14	S10	0,35	0,90	0,85	105	850	139	0,75
7	S7	0,30	0,70	0,65	58	850	93	0,62
4	S4	0,30	0,70	0,65	87	850	93	0,94
1	S1	0,25	0,70	0,65	123	850	77	1,59
5	PS5	0,25	1,10	1,05	194	850	122	1,60
2	S2	0,30	0,70	0,65	101	850	93	1,09
9	PS8	0,25	1,70	1,65	415	850	188	2,21
23	S15	0,35	0,75	0,70	151	850	116	1,30

Tablo 13.23 Devamı

20	PS13	0,25	1,60	1,55	820	850	177	4,64
6	S6	0,30	0,75	0,70	77	850	99	0,77
3	S3	0,30	0,75	0,70	106	850	99	1,07
16	PS11	0,25	1,00	0,95	346	850	111	3,13
12	PS9	0,25	1,00	0,95	416	850	111	3,76

Tablo 13.24 Zemin Kat Kolonlarının Kesme Kuvveti Kapasite Kontrolü (Zayıf Eksen)

Eleman No	Kolon	$b_w (m)$	$h (m)$	$d (m)$	$V_{d3-3max} (kN)$	$f_{ctd} (kN/m^2)$	$V_{d3-3} = 0,80 (0,65f_{ctd} b_w d)$	$V_{d3-3max}/V_{d3-3}$
22	PS14	1,00	0,25	0,20	202	850	111	1,83
18	S12	0,90	0,35	0,30	61	850	139	0,44
14	S10	0,90	0,35	0,30	308	850	139	2,21
7	S7	0,70	0,30	0,25	224	850	93	2,41
4	S4	0,70	0,30	0,25	221	850	93	2,38
1	S1	0,70	0,25	0,20	149	850	77	1,93
5	PS5	1,10	0,25	0,20	34	850	122	0,28
2	S2	0,70	0,30	0,25	320	850	93	3,45
9	PS8	1,70	0,25	0,20	392	850	188	2,09
23	S15	0,75	0,35	0,30	125	850	116	1,08
20	PS13	1,60	0,25	0,20	452	850	177	2,56
6	S6	0,75	0,30	0,25	235	850	99	2,36
3	S3	0,75	0,30	0,25	86	850	99	0,86
16	PS11	1,00	0,25	0,20	215	850	111	1,95
12	PS9	1,00	0,25	0,20	217	850	111	1,96

Tablo 13.23 ve 13.24'ten elde edilen sonuçlara göre zemin kattaki kolonlarda kesme kuvveti kapasite problemi vardır. Sonuç olarak yetersiz kolon kesitlerinin büyütülmesi ve enine donatı yüzdelerinin artırılması gerekmektedir.

### 13.3 GÜÇLENDİRME SONRASI KAT AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ

Güçlendirme sonrası sisteme eklenen yeni elemanlar (perde, kiriş) ve mantolanan kolonlar nedeniyle kat ağırlıkları yeniden hesaplanmıştır.

Tablo 13.25 Güçlendirme Sonrası Kat Ağırlıkları

Kat	$H_i$ (m)	$h_i$ (m)	Sabit Yükler (kN)						$G_i$ (kN)
			Döşeme	Kaplama	Sıva	Duvar	Kolon	Çatı	
ARA	3,30	3,30	125,25	-	0,00	220,24	524,91	-	870,40
1	4,55	1,25	963,03	127,43	65,31	362,49	483,88	-	2.002,14
2	7,40	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	726,73	-	2.192,85
3	10,25	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	698,24	-	2.164,36
4	13,10	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	668,75	-	2.134,86
5	15,95	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	668,75	-	2.134,86
6	18,80	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	664,96	-	2.131,08
7	21,65	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	659,08	-	2.125,19
8	24,50	2,85	775,15	127,43	65,31	498,23	659,08	-	2.125,19
9	27,35	2,85	775,15	-	65,31	178,19	329,54	122,46	1.470,65

Kat	$H_i$ (m)	$h_i$ (m)	$G_i$ (kN)	$Q_i$ (kN)	$W_i = G_i + 0,3Q_i$
ARA	3,30	3,30	870,40	28,35	878,904
1	4,55	1,25	2.002,14	326,56	2.100,106
2	7,40	2,85	2.192,85	326,56	2.290,812
3	10,25	2,85	2.164,36	326,56	2.262,322
4	13,10	2,85	2.134,86	326,56	2.232,831
5	15,95	2,85	2.134,86	326,56	2.232,831
6	18,80	2,85	2.131,08	326,56	2.229,045
7	21,65	2,85	2.125,19	326,56	2.223,159
8	24,50	2,85	2.125,19	326,56	2.223,159
9	27,35	2,85	1.470,65	122,46	1.507,389

Σ 20.180,556

### 13.3.1 GÜÇLENDİRME SONRASI BURULMA KÜTLELERİNİN HESABI

$$m_{bi}=m_i(a^2+b^2)/12 \quad (13.14)$$

Buna göre burulma kütleleri;

Tablo 13.26 Güçlendirme Sonrası Kat Burulma Kütleleri

Kat	$H_i$ ( m )	$h_i$ ( m )	$a$ ( m )	$b$ ( m )	$m_i = W_i / g$ ( kN s <sup>2</sup> /m )	$m_b = m_i (a^2 + b^2) / 12$ ( kN s <sup>2</sup> /m )
ARA	3,30	3,30	15,90	6,00	89,59	2.156
1	4,55	1,25	15,90	6,00	214,08	5.152
2	7,40	2,85	15,90	6,00	233,52	5.620
3	10,25	2,85	15,90	6,00	230,61	5.550
4	13,10	2,85	15,90	6,00	227,61	5.478
5	15,95	2,85	15,90	6,00	227,61	5.478
6	18,80	2,85	15,90	6,00	227,22	5.469
7	21,65	2,85	15,90	6,00	226,62	5.454
8	24,50	2,85	15,90	6,00	226,62	5.454
9	27,35	2,85	15,90	6,00	153,66	3.698

### 13.4 GÜÇLENDİRME SONRASI YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİN GÖRE DEPREM HESABI

Güçlendirme sonrası kat kütlelerinin artmasından dolayı yapıya etkileyen deprem kuvvetleri de artmıştır. Ayrıca mantolanan kolonların elastisite modülü, eski ve yeni beton alanların oranından yeniden hesaplanarak sisteme yeniden girilmiştir.

Yapıya etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) :

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) > 0,10 A_0 I W \quad (13.15)$$

$$T_{1y} : 0,70 \text{ sn} \quad T_{1x} : 0,57 \text{ sn}$$

$$W : 20180,556 \text{ kN}$$

$$A_0 : 0,40$$

$$I : 1 \text{ (konut)}$$

$$T_A : 0,15 \text{ sn} \quad T_B : 0,40 \text{ sn} \quad (\text{yerel zemin sınıfı Z2})$$

$$S(T_{1y}) : 2,5 \times (0,40 / 0,70)^{0,8} = 1,5978$$

$$S(T_{1x}) : 2,5 \times (0,40 / 0,57)^{0,8} = 1,8832$$

$$A(T_{1y}) : 0,40 \times 1,00 \times 1,5978 = 0,63912$$

$$A(T_{1x}) : 0,40 \times 1,00 \times 1,8832 = 0,75328$$

$R_a(T_1)$  : Deprem yükü azaltma katsayısı

$$5,2 < R_a(T_1) = 4 + 3 \alpha_m < 6 \quad \alpha_m > 0,40 \quad (13.16)$$

$$\alpha_m = \Sigma M_p / M_d \quad (\text{karma sistemler}) \quad (13.17)$$

$M_p$  : Perde tabanında meydana gelen eğilme momentleri toplamı

$M_d$  : Bina tabanında meydana gelen devrilme momenti

Süneklik düzeyi normal çerçeve ve süneklik düzeyi yüksek perdeli sistemde deprem yükü azaltma katsayısı hesabı için ilk denemede  $R_a(T_1) = 6$  alınacak daha sonra  $\alpha_m$  katsayısı yeniden hesaplanacaktır.

$$V_{ty} = 20180,556 \times 0,63912 / 6 = 2150 \text{ kN} > 0,10 A_0 I W$$

$$V_{tx} = 20180,556 \times 0,75328 / 6 = 2534 \text{ kN} > 0,10 A_0 I W$$

yapı yüksekliği  $H_N = 27,35 > 25$  m olduğundan yapının en üst katına ek eşdeğer deprem yükü ;

$$\Delta F_N = 0,07 T_1 V_t < 0,2 V_t \quad (13.18)$$

$$\Delta F_{Ny} = 0,07 \times 0,70 \times 2150 = 105 \text{ kN} < 0,2 \times 2150 = 430 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Nx} = 0,07 \times 0,57 \times 2534 = 101 \text{ kN} < 0,2 \times 2534 = 507 \text{ kN}$$

toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında geri kalan kısmı, N ci kat dahil olmak üzere, bina katlarına aşağıdaki formül ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\Sigma w_i H_j} \quad (13.19)$$

y yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.27 y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

<i>Kat</i>	$H_i$ ( <i>m</i> )	$w_i$ ( <i>kN</i> )	$m_i$ ( <i>kN s<sup>2</sup>/m</i> )	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{iy}$ ( <i>kN</i> )	$F_{iy}$ ( <i>kN</i> )
<i>Ara</i>	3,30	879	90	2900	0,0095662	20	20
<i>1</i>	4,55	2100	214	9555	0,0315162	64	64
<i>2</i>	7,40	2291	234	16952	0,0559117	114	114
<i>3</i>	10,25	2262	231	23189	0,0764821	156	156
<i>4</i>	13,10	2233	228	29250	0,0964737	197	197
<i>5</i>	15,95	2233	228	35614	0,1174623	240	240
<i>6</i>	18,80	2229	227	41906	0,1382160	283	283
<i>7</i>	21,65	2223	227	48131	0,1587487	325	325
<i>8</i>	24,50	2223	227	54467	0,1796464	367	367
<i>9</i>	27,35	1507	154	41227	0,1359767	278	383
$\Sigma$		20181		303192			2150

x yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.28 x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

<i>Kat</i>	$H_i$ ( <i>m</i> )	$w_i$ ( <i>kN</i> )	$m_i$ ( <i>kN s<sup>2</sup>/m</i> )	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{ix}$ ( <i>kN</i> )	$F_{ix}$ ( <i>kN</i> )
<i>Ara</i>	3,30	879	90	2900	0,0095662	23	23
<i>1</i>	4,55	2100	214	9555	0,0315162	77	77
<i>2</i>	7,40	2291	234	16952	0,0559117	136	136
<i>3</i>	10,25	2262	231	23189	0,0764821	186	186
<i>4</i>	13,10	2233	228	29250	0,0964737	235	235
<i>5</i>	15,95	2233	228	35614	0,1174623	286	286
<i>6</i>	18,80	2229	227	41906	0,1382160	336	336
<i>7</i>	21,65	2223	227	48131	0,1587487	386	386
<i>8</i>	24,50	2223	227	54467	0,1796464	437	437
<i>9</i>	27,35	1507	154	41227	0,1359767	331	432
$\Sigma$		20181		303192			2534

$\alpha_m$  katsayısının 6 alınarak hesaplanan yatay yükler her iki yönde yapıya etkittirilerek her iki doğrultu için tabanda oluşan devrilme momentleri hesaplanmıştır.

Tablo 13.29 Bina Tabanında Oluşan Devrilme Momentleri

Kat	$H_i$ (m)	$F_{iy}$ (kN)	$F_{iy} \times H_i$	$F_{ix}$ (kN)	$F_{ix} \times H_i$
Ara	3,30	20	65	23	77
1	4,55	64	293	77	349
2	7,40	114	846	136	1007
3	10,25	156	1603	186	1907
4	13,10	197	2584	235	3075
5	15,95	240	3831	286	4558
6	18,80	283	5314	336	6322
7	21,65	325	7028	386	8362
8	24,50	367	9001	437	10708
9	27,35	383	10477	432	11811
$\Sigma$			41043		48176

y-y doğrultusu için perdelerin aldığı momentlerin bina taban devrilme momentine oranı;

$$\alpha_{m(y-y)} = 20931 / 41043 = 0,51$$

$$5,2 < R_a(T_{1y}) = 4+3 \times 0,51 = 5,53 < 6 \quad \alpha_m > 0,40$$

x-x doğrultusu için perdelerin aldığı momentlerin bina taban devrilme momentine oranı;

$$\alpha_{m(x-x)} = 23124 / 48176 = 0,48$$

$$5,2 < R_a(T_{1x}) = 4+3 \times 0,48 = 5,44 < 6 \quad \alpha_m > 0,40$$

$$V_{ty} = 20180,556 \times 0,63912 / 5,5 = 2345 \text{ kN} > 0,10 A_0 \text{ I W}$$

$$V_{tx} = 20180,556 \times 0,75328 / 5,4 = 2815 \text{ kN} > 0,10 A_0 \text{ I W}$$

yapı yüksekliği  $H_N = 27,35 > 25$  m olduğundan yapının en üst katına ek eşdeğer deprem yükü ;

$$\Delta F_{Ny} = 0,07 \times 0,70 \times 2345 = 115 \text{ kN} < 0,2 \times 2345 = 469 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Nx} = 0,07 \times 0,57 \times 2815 = 112 \text{ kN} < 0,2 \times 2815 = 563 \text{ kN}$$

y yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.30 y-y Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

Kat	$H_i$ (m)	$w_i$ (kN)	$m_i$ (kN s <sup>2</sup> /m)	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{iy}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)
Ara	3,30	879	90	2900	0,0095662	21	21
1	4,55	2100	214	9555	0,0315162	70	70
2	7,40	2291	234	16952	0,0559117	125	125
3	10,25	2262	231	23189	0,0764821	171	171
4	13,10	2233	228	29250	0,0964737	215	215
5	15,95	2233	228	35614	0,1174623	262	262
6	18,80	2229	227	41906	0,1382160	308	308
7	21,65	2223	227	48131	0,1587487	354	354
8	24,50	2223	227	54467	0,1796464	401	401
9	27,35	1507	154	41227	0,1359767	303	418
$\Sigma$		20181		303192			2345

x yönünde yapıya etkiyen yükler katlara dağıtıldığında;

Tablo 13.31 x-x Doğrultusunda Katlara Etkiyen Deprem Yükleri

Kat	$H_i$ (m)	$w_i$ (kN)	$m_i$ (kN s <sup>2</sup> /m)	$w_i \times H_i$	$w_i \times H_i / \sum w_j \times H_j$	$F_{ix}$ (kN)	$F_{ix}$ (kN)
Ara	3,30	879	90	2900	0,0095662	26	26
1	4,55	2100	214	9555	0,0315162	85	85
2	7,40	2291	234	16952	0,0559117	151	151
3	10,25	2262	231	23189	0,0764821	207	207
4	13,10	2233	228	29250	0,0964737	261	261
5	15,95	2233	228	35614	0,1174623	318	318
6	18,80	2229	227	41906	0,1382160	374	374
7	21,65	2223	227	48131	0,1587487	429	429

Tablo 13.31 Devamı

8	24,50	2223	227	54467	0,1796464	486	486
9	27,35	1507	154	41227	0,1359767	368	480
$\Sigma$		20181		303192			2815

deprem y yönünde % 5 dışmerkezlik altında etkinken z yönünde oluşan burulma momentleri;

Tablo 13.32 Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri

<i>Kat</i>	$H_i$ (m)	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	$0,05 * l_x$ (m)	$F_{iy}$ (kN)	$m_{by} = F_{iy} * 0,05 l_x$ (kN m)
<i>Ara</i>	3,30	15,90	6,00	0,80	21	17
1	4,55	19,30	9,00	0,97	70	68
2	7,40	19,30	9,00	0,97	125	120
3	10,25	19,30	9,00	0,97	171	165
4	13,10	19,30	9,00	0,97	215	208
5	15,95	19,30	9,00	0,97	262	253
6	18,80	19,30	9,00	0,97	308	297
7	21,65	19,30	9,00	0,97	354	342
8	24,50	19,30	9,00	0,97	401	387
9	27,35	19,30	9,00	0,97	418	404

deprem x yönünde % 5 dışmerkezlik altında etkinken z yönünde oluşan burulma momentleri;

Tablo 13.33 Yapıda %5 Dışmerkezlik Altında Oluşan Burulma Momentleri

<i>Kat</i>	$H_i$ (m)	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	$0,05 * l_y$ (m)	$F_{ix}$ (kN)	$m_{bx} = F_{ix} * 0,05 l_y$ (kN m)
<i>Ara</i>	3,30	15,90	6,00	0,30	26	8
1	4,55	19,30	9,00	0,45	85	38
2	7,40	19,30	9,00	0,45	151	68
3	10,25	19,30	9,00	0,45	207	93

Tablo 13.33 Devamı

4	13,10	19,30	9,00	0,45	261	117
5	15,95	19,30	9,00	0,45	318	143
6	18,80	19,30	9,00	0,45	374	168
7	21,65	19,30	9,00	0,45	429	193
8	24,50	19,30	9,00	0,45	486	219
9	27,35	19,30	9,00	0,45	480	216

### 13.4.1 GÜÇLENDİRME SONRASI MODAL KATILIM ORANLARI

Tablo 13.34 Güçlendirme Sonrası Modal Katılım Oranları

<i>MOD</i>	<i>Periyot (sn)</i>	<i>x-x Yönü (%)</i>	<i>y-y Yönü (%)</i>	<i>x-x Yönü Toplam (%)</i>	<i>y-y Yönü Toplam (%)</i>
1	0,702	1,16	77,70	1,16	77,70
2	0,566	72,02	1,33	73,18	79,03
3	0,418	0,14	0,00	73,32	79,03
4	0,207	0,12	12,44	73,44	91,47
5	0,150	16,96	0,06	90,40	91,53
6	0,119	0,70	0,01	91,10	91,54
7	0,103	0,02	4,31	91,12	95,85
8	0,700	6,14	0,03	97,26	95,88
9	0,610	0,07	2,96	97,33	98,84

Deprem yönetmeliğine göre hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan her iki doğrultuda, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin % 90' ından az olmaması gerekir.

Buna göre güçlendirme öncesi mevcut sistemin hesabında x doğrultusu için 5 mod, y-y doğrultusu için ise 4 modun katkısının alınması yeterli olacaktır.

### 13.4.2 GÜÇLENDİRME SONRASI GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ VE BURULMA DÜZENSİZLİĞİ KONTROLÜ

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (13.20)$$

$$\Delta_i/h_i < \min ( 0,0035 ; 0,02/R ) = (0,0035 ; 0,02/5,4 = 0,0037) \quad (13.21)$$

$$\eta_{bi} = \Delta_{imax} / \Delta_{iort} < 1,2 \quad (13.22)$$

$$\Delta_{iort} = 1/2 ( \Delta_{imax} + \Delta_{imin} ) \quad (13.23)$$

Tablo 13.35 C=11 Düşey Yük+F<sub>x</sub>+M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	x (m)	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,02046	0,00220	0,00077	0,00224	0,00220	0,00222	1,01
903	8	0,02211	0,00224	0,00079				
801	7	0,01826	0,00233	0,00082	0,00239	0,00233	0,00236	1,01
803	7	0,01987	0,00239	0,00084				
701	6	0,01593	0,00246	0,00086	0,00257	0,00246	0,002515	1,02
703	6	0,01748	0,00257	0,00090				
601	5	0,01347	0,00255	0,00089	0,00271	0,00255	0,00263	1,03
603	5	0,01491	0,00271	0,00095				
501	4	0,01092	0,00257	0,00090	0,00276	0,00257	0,002665	1,04
503	4	0,01220	0,00276	0,00097				
401	3	0,00835	0,00249	0,00087	0,00272	0,00249	0,002605	1,04
403	3	0,00944	0,00272	0,00095				
301	2	0,00586	0,00228	0,00080	0,00254	0,00228	0,00241	1,05
303	2	0,00672	0,00254	0,00089				
201	1	0,00358	0,00189	0,00066	0,00218	0,00189	0,002035	1,07
203	1	0,00418	0,00218	0,00076				
101	Ara	0,00169	0,00058	0,00046	0,00071	0,00058	0,000645	1,10
103	Ara	0,00200	0,00071	0,00057				
51	Z	0,00111	0,00111	0,00034	0,00129	0,00111	0,0012	1,08
53	Z	0,00129	0,00129	0,00039				

max 0,00097 < 0,0035 1,20 > 1,10

Tablo 13.36 C=12 Düşey Yük+F<sub>x</sub>-M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	x (m)	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,02158	0,00230	0,00081	0,00230	0,00217	0,002235	1,03
903	8	0,02100	0,00217	0,00076				
801	7	0,01928	0,00245	0,00086	0,00245	0,00232	0,002385	1,03
803	7	0,01883	0,00232	0,00081				
701	6	0,01683	0,00258	0,00091	0,00258	0,00247	0,002525	1,02
703	6	0,01651	0,00247	0,00087				
601	5	0,01425	0,00269	0,00094	0,00269	0,00258	0,002635	1,02
603	5	0,01404	0,00258	0,00091				
501	4	0,01156	0,00271	0,00095	0,00271	0,00263	0,00267	1,01
503	4	0,01146	0,00263	0,00092				
401	3	0,00885	0,00263	0,00092	0,00263	0,00257	0,0026	1,01
403	3	0,00883	0,00257	0,00090				
301	2	0,00622	0,00241	0,00085	0,00241	0,00238	0,002395	1,01
303	2	0,00626	0,00238	0,00084				
201	1	0,00381	0,00201	0,00071	0,00203	0,00201	0,00202	1,00
203	1	0,00388	0,00203	0,00071				
101	Ara	0,00180	0,00062	0,00050	0,00065	0,00062	0,000635	1,02
103	Ara	0,00185	0,00065	0,00052				
51	Z	0,00118	0,00118	0,00036	0,00120	0,00118	0,00119	1,01
53	Z	0,00120	0,00120	0,00036				

max 0,00095 < 0,0035 1,20 > 1,03

Tablo 13.37 C=13 Düşey Yük+F<sub>y</sub>+M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iymax}$	$\Delta_{iymin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,02761	0,00193	0,00068	0,00193	0,00150	0,001715	1,13
922	8	0,02175	0,00150	0,00053				
801	7	0,02568	0,00227	0,00080	0,00227	0,00180	0,002035	1,12
822	7	0,02025	0,00180	0,00063				
701	6	0,02341	0,00268	0,00094	0,00268	0,00214	0,00241	1,11
722	6	0,01845	0,00214	0,00075				
601	5	0,02073	0,00305	0,00107	0,00305	0,00245	0,00275	1,11
622	5	0,01631	0,00245	0,00086				
501	4	0,01768	0,00336	0,00118	0,00336	0,00270	0,00303	1,11
522	4	0,01386	0,00270	0,00095				
401	3	0,01432	0,00355	0,00125	0,00355	0,00286	0,003205	1,11
422	3	0,01116	0,00286	0,00100				
301	2	0,01077	0,00361	0,00127	0,00361	0,00287	0,00324	1,11
322	2	0,00830	0,00287	0,00101				
201	1	0,00716	0,00355	0,00125	0,00355	0,00275	0,00315	1,13
222	1	0,00543	0,00275	0,00096				
101	Ara	0,00361	0,00135	0,00108	0,00135	0,00101	0,00118	1,14
122	Ara	0,00268	0,00101	0,00081				
51	Z	0,00226	0,00226	0,00068	0,00226	0,00167	0,001965	1,15
72	Z	0,00167	0,00167	0,00051				

max 0,00127 < 0,0035 1,20 > 1,15

Tablo 13.38 C=14 Düşey Yük+F<sub>y</sub>-M<sub>z</sub> Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iymax}$	$\Delta_{iymin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,02213	0,00152	0,00053	0,00194	0,00152	0,00173	1,12
922	8	0,02746	0,00194	0,00068				
801	7	0,02061	0,00181	0,00064	0,00231	0,00181	0,00206	1,12
822	7	0,02552	0,00231	0,00081				
701	6	0,01880	0,00214	0,00075	0,00274	0,00214	0,00244	1,12
722	6	0,02321	0,00274	0,00096				
601	5	0,01666	0,00244	0,00086	0,00312	0,00244	0,00278	1,12
622	5	0,02047	0,00312	0,00109				
501	4	0,01422	0,00268	0,00094	0,00341	0,00268	0,003045	1,12
522	4	0,01735	0,00341	0,00120				
401	3	0,01154	0,00285	0,00100	0,00360	0,00285	0,003225	1,12
422	3	0,01394	0,00360	0,00126				
301	2	0,00869	0,00290	0,00102	0,00361	0,00290	0,003255	1,11
322	2	0,01034	0,00361	0,00127				
201	1	0,00579	0,00287	0,00101	0,00341	0,00287	0,00314	1,09
222	1	0,00673	0,00341	0,00120				
101	Ara	0,00292	0,00111	0,00089	0,00123	0,00111	0,00117	1,05
122	Ara	0,00332	0,00123	0,00098				
51	Z	0,00181	0,00181	0,00055	0,00209	0,00181	0,00195	1,07
72	Z	0,00209	0,00209	0,00063				

max 0,00127 < 0,0035 1,20 > 1,12

Tablo 13.39 C=21 Dinamik Hesap (x-x yönü) Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	$x$ (m)	$\Delta_{ix}$	$\Delta_{ix}/h_i$	$\Delta_{ixmax}$	$\Delta_{ixmin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,01334	0,00145	0,00051	0,00145	0,00141	0,00143	1,01
903	8	0,01390	0,00141	0,00049				
801	7	0,01189	0,00152	0,00053	0,00152	0,00151	0,001515	1,00
803	7	0,01249	0,00151	0,00053				
701	6	0,01037	0,00161	0,00056	0,00161	0,00161	0,00161	1,00
703	6	0,01098	0,00161	0,00056				
601	5	0,00876	0,00166	0,00058	0,00170	0,00166	0,00168	1,01
603	5	0,00937	0,00170	0,00060				
501	4	0,00710	0,00168	0,00059	0,00173	0,00168	0,001705	1,01
503	4	0,00767	0,00173	0,00061				
401	3	0,00542	0,00161	0,00056	0,00171	0,00161	0,00166	1,03
403	3	0,00594	0,00171	0,00060				
301	2	0,00381	0,00148	0,00052	0,00159	0,00148	0,001535	1,04
303	2	0,00423	0,00159	0,00056				
201	1	0,00233	0,00123	0,00043	0,00138	0,00123	0,001305	1,06
203	1	0,00264	0,00138	0,00048				
101	Ara	0,00110	0,00038	0,00030	0,00044	0,00038	0,000407	1,08
103	Ara	0,00126	0,00044	0,00035				
51	Z	0,00073	0,00073	0,00022	0,00082	0,00073	0,000773	1,06
53	Z	0,00082	0,00082	0,00025				

max 0,00061 < 0,0035 1,20 > 1,08

Tablo 13.40 C=21 Dinamik Hesap (y-y yönü) Yüklemesinde Oluşan Düzensizlik Kontrolleri (Güçlendirme Sonrası)

Düğüm Noktası	Kat Tavanı	y (m)	$\Delta_{iy}$	$\Delta_{iy}/h_i$	$\Delta_{iymax}$	$\Delta_{iymin}$	$\Delta_{iort}$	$n_{bi}$
901	8	0,01642	0,00105	0,00037	0,00114	0,00105	0,001095	1,04
922	8	0,01667	0,00114	0,00040				
801	7	0,01537	0,00127	0,00045	0,00136	0,00127	0,001315	1,03
822	7	0,01553	0,00136	0,00048				
701	6	0,01410	0,00153	0,00054	0,00163	0,00153	0,00158	1,03
722	6	0,01417	0,00163	0,00057				
601	5	0,01257	0,00177	0,00062	0,00187	0,00177	0,00182	1,03
622	5	0,01254	0,00187	0,00066				
501	4	0,01080	0,00198	0,00069	0,00206	0,00198	0,00202	1,02
522	4	0,01067	0,00206	0,00072				
401	3	0,00882	0,00214	0,00075	0,00219	0,00214	0,002165	1,01
422	3	0,00861	0,00219	0,00077				
301	2	0,00668	0,00222	0,00078	0,00223	0,00222	0,002225	1,00
322	2	0,00642	0,00223	0,00078				
201	1	0,00446	0,00220	0,00077	0,00220	0,00212	0,00216	1,02
222	1	0,00419	0,00212	0,00074				
101	Ara	0,00226	0,00085	0,00068	0,00085	0,00077	0,00081	1,05
122	Ara	0,00207	0,00077	0,00062				
21	Z	0,00141	0,00141	0,00043	0,00141	0,00130	0,001355	1,04
72	Z	0,00130	0,00130	0,00039				

max 0,00078 < 0,0035 1,20 > 1,05

Tablo 13.35-13.40'tan görüleceği üzere elverişsiz yüklemelerde A1 türü burulma düzensizliği bulunmadığından, deprem hesabı eşdeğer statik hesap yöntemine göre yapılabilir. Ayrıca görelî kat ötelemeleride yönetmelikte verilen sınır koşulları sağlamaktadır.

### 13.4.3 GÜÇLENDİRME SONRASI KOMŞU KATLAR ARASI RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ (YUMUŞAK KAT) KONTROLÜ

$$\eta_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort} < 1,50 \quad (13.24)$$

$$\Delta_{iort} = 1/2 (\Delta_{imax} + \Delta_{imin}) \quad (13.25)$$

Tablo 13.41 Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) Kontrolü (Güçlendirme Sonrası)

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
C=11 Düşey Yük+Fx+Mz	8	0,00222	-
	7	0,00236	1,06
	6	0,00252	1,07
	5	0,00263	1,05
	4	0,00267	1,01
	3	0,00261	0,98
	2	0,00241	0,93
	1	0,00204	0,84
	Ara	0,00065	0,32
	Z	0,00120	1,86

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
C=12 Düşey Yük+Fx-Mz	8	0,00224	-
	7	0,00239	1,07
	6	0,00253	1,06
	5	0,00264	1,04
	4	0,00267	1,01
	3	0,00260	0,97
	2	0,00240	0,92
	1	0,00202	0,84
	Ara	0,00064	0,31
	Z	0,00119	1,87

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
C=13 Düşey Yük+Fy+Mz	8	0,00172	-
	7	0,00204	1,19
	6	0,00241	1,18
	5	0,00275	1,14
	4	0,00303	1,10
	3	0,00321	1,06
	2	0,00324	1,01
	1	0,00315	0,97
	Ara	0,00118	0,37
	Z	0,00197	1,67

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
C=14 Düşey Yük+Fy-Mz	8	0,00173	-
	7	0,00206	1,19
	6	0,00244	1,18
	5	0,00278	1,14
	4	0,00305	1,10
	3	0,00323	1,06
	2	0,00326	1,01
	1	0,00314	0,96
	Ara	0,00117	0,37
	Z	0,00195	1,67

Tablo 13.41 Devamı

Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$	Yükleme	Kat	$\Delta_{iort}$	$n_{ki} = \Delta_{iort} / \Delta_{i+1ort}$
<i>C=21 Dinamik Hesap</i>	8	0,00143	-	<i>C=21 Dinamik Hesap</i>	8	0,00110	-
	7	0,00152	1,06		7	0,00132	1,20
	6	0,00161	1,06		6	0,00158	1,20
	5	0,00168	1,04		5	0,00182	1,15
	4	0,00171	1,01		4	0,00202	1,11
	3	0,00166	0,97		3	0,00217	1,07
	2	0,00154	0,92		2	0,00223	1,03
	1	0,00131	0,85		1	0,00216	0,97
	Ara	0,00041	0,31		Ara	0,00081	0,38
Z	0,00077	1,90	Z	0,00136	1,67		

Tablo 13.41'den görüleceği üzere zemin ve ara katlar arasında B2 türü Rijitlik Düzensizliği bulunduğundan, deprem hesabı eşdeğer statik hesap yöntemi ile değil, mod birleştirme yöntemi ile yapılmalıdır.

#### 13.4.4 GÜÇLENDİRME SONRASI KOLONLARIN DÜŞEY YÜK KAPASİTE KONTROLÜ

Yapıda, en elverişsiz yüklemeler altında kolonlara etkiyen düşey yükler ile kolonların kapasiteleri (kolonların taşıyabileceği düşey yükler) tablolar halinde karşılaştırılmıştır.

$$\frac{N_{dmax}}{N_d} > 1 \text{ olması durumunda kolon düşey yük taşıma kapasitesi yetersizdir}$$

$N_{dmax}$  : Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım eksenel yükü

$N_d$  : Kolonun taşıyabileceği eksenel yük

Tablo 13.42 Zemin Kat Kolonlarının Düşey Yük Kontrolü (Güçlendirme Sonrası)

Eleman No	Kolon	$b$ (m)	$h$ (m)	$A_c$ ( $m^2$ )	$N_{dmax}$ (kN)	$f_{ck}$ ( $kN/m^2$ )	$N_d$ ( $0,5 f_{ck} A_c$ )	$N_{dmax}/N_d$
22	PS14	0,50	1,25	0,62500	2624	20600	6438	0,41
18	S12	0,60	1,15	0,69000	4371	19978	6893	0,63
14	S10	1,15	0,60	0,69000	2422	19978	6893	0,35
7	S7	0,95	0,55	0,52250	1814	20579	5376	0,34
4	S4	0,95	0,55	0,52250	1962	20579	5376	0,36
1	S1	0,50	0,95	0,47500	2201	20947	4975	0,44
5	PS5	0,25	1,10	0,27500	806	14000	1925	0,42
2	S2	0,55	0,95	0,52250	2051	20579	5376	0,38
9	PS8	0,25	1,70	0,42500	1879	14000	2975	0,63
23	S15	1,00	0,60	0,60000	1666	20188	6056	0,28
20	PS13	1,60	0,25	0,40000	1675	14000	2800	0,60
6	S6	1,00	0,55	0,55000	1454	20500	5638	0,26
3	S3	1,00	0,55	0,55000	1600	20500	5638	0,28
16	PS11	0,50	1,25	0,62500	2236	20600	6438	0,35
12	PS9	0,50	1,25	0,62500	2942	20600	6438	0,46
9004	P4	0,30	1,30	0,39000	990	25000	4875	0,20
9006	P5	0,20	1,38	0,27500	1289	25000	3438	0,37
9001	P1	2,10	0,20	0,42000	1380	25000	5250	0,26
9002	P2	1,30	0,20	0,26000	904	25000	3250	0,28
9003	P3	1,15	0,30	0,34500	451	25000	4313	0,10
9007	P6	1,38	0,30	0,41250	1886	25000	5156	0,37

Tablo 13.42'den elde edilen sonuçlara göre mantolanan kolonlar ve manto kalınlığı yeterlidir. Eşdeğer karakteristik beton dayanımı, alanların ağırlıklı ortalamasından hesaplanmıştır.

### 13.5 BETONARME HESAP

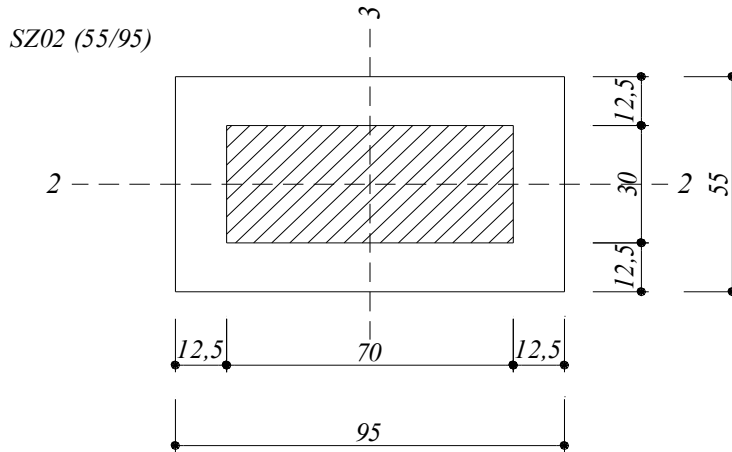
Mantolanan kolonların ve sisteme ilave edilen perdelerin eğilme ve kayma hesabında, eşdeğer statik hesap ve modların birleştirilmesi yönteminden elde edilen en elverişsiz kesit zorları kullanılmıştır. Hesaplarda mevcut kesitler dikkate alınmadan statikçe eşdeğer kesitler hesaplanmış ve betonarme hesaplar bu kesit üzerinde yapılmıştır. Eğilme hesabında en elverişsiz momentin elde edildiği yüklemdeki normal kuvvet ve diğer eksendeki eğilme momenti donatı hesabında dikkate alınmıştır. Kayma hesabında ise her iki doğrultuda elde edilen maksimum kesme kuvveti kayma donatısı hesabında kullanılmıştır.

Sisteme ilave edilen kirişlerin eğilme hesabında; açıklık kesitinde düşey yüklerden, mesnetlerde ise deprem kuvvetlerinden oluşan elverişsiz eğilme momentleri kullanılmıştır. Kayma hesabında ise kiriş mesnet yüzünden kiriş yüksekliği kadar uzaklıkta oluşan elverişsiz kesme kuvvetleri dikkate alınmıştır.

- Zemin Kat SZ02 Kolonunun Eğilme ve Kayma Hesabı:

$$\begin{array}{ll} \text{Malzeme BS25/BÇIII} & d' = 0,025\text{m} \\ M_{3-3} = 350 \text{ kNm} & V_d = 107 \text{ kN} \\ M_{2-2} = 20 \text{ kNm} & N_d = 1798 \text{ kN} \end{array}$$

a ) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$I_{3-3} = 0,55 \times 0,95^3 / 12 - 0,30 \times 0,70^3 / 12 = 3,07 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 0,95 \times 0,55^3 / 12 - 0,70 \times 0,30^3 / 12 = 1,16 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{bh^3}{12} = 3,07 \times 10^{-2} \quad \Rightarrow \quad \frac{h^2}{b^2} = 2,65 \quad \Rightarrow \quad h = 1,63b$$

$$\frac{hb^3}{12} = 1,16 \times 10^{-2}$$

$$b(1,63b)^3 / 12 = 3,07 \times 10^{-2} \quad \Rightarrow \quad b^4 = 0,085 \quad b = 0,54m, h = 0,88m$$

Statikçe eşdeğer kesit 54/88

b) Eğilme Hesabı

$$m_{3-3} = \frac{M_{3-3}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{350}{0,54 \times 0,88^2 \times 17 \times 10^3} = 0,05$$

$$\min e = 0,10h ; 2,5cm \quad M_{2-2} = N_d \times e_{2-2} = 0,1 \times 0,55 \times 1798 = 99 \text{ kNm}$$

$$m_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{h b^2 f_{cd}} = \frac{99}{0,88 \times 0,54^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1798}{0,88 \times 0,54 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

$\omega$  okunmuyor

$$A_s = A_{smin} = 0,01bh = 0,01 \times 0,55 \times 0,95 = 53 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \quad 22\text{Ø}18$$

c) Kayma Hesabı

$$V_c = 0,80 V_{cr} (1 + 0,07 N_d / A_c) \quad (N_d / A_c \text{ N/mm}^2)$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 540 \times (880 - 50) = 335 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 335 \times (1 + 0,07 \times 1798 \times 10^3 / (880 \times 540)) = 339 \text{ kN}$$

$$V_d = 107 \text{ kN} < V_c = 339 \text{ kN} \text{ hesaba gerek yok}$$

Seçilen Ø12/10 sarılma bölgesinde, Ø12/20 orta bölgede

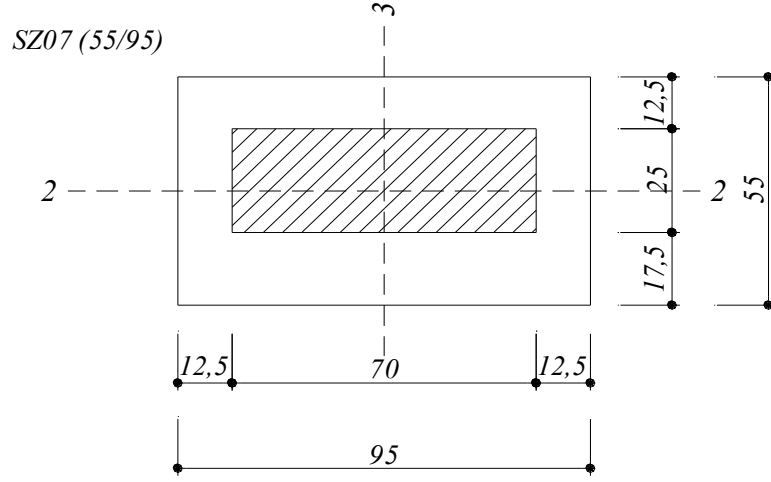
$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 12^2 / 4}{200 \times 880} = 1,28 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- Zemin Kat SZ07 Kolonunun Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$   
 $M_{3-3} = 552 \text{ kNm}$   $V_d = 135 \text{ kN}$   
 $M_{2-2} = 15 \text{ kNm}$   $N_d = 1294 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$I_{3-3} = 0,55 \times 0,95^3 / 12 - 0,25 \times 0,70^3 / 12 = 3,22 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 0,95 \times 0,55^3 / 12 - 0,70 \times 0,25^3 / 12 - 0,70 \times 0,25 \times 0,025^2 = 1,22 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{hb^3}{12}} = \frac{3,22 \times 10^{-2}}{1,22 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 2,64 \Rightarrow h = 1,62b$$

$$b(1,62b)^3 / 12 = 3,22 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,091 \quad b = 0,55\text{m}, h = 0,89\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 55/89

b) Eğilme Hesabı

$$m_{3-3} = \frac{M_{3-3}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{552}{0,55 \times 0,89^2 \times 17 \times 10^3} = 0,07$$

$$\min e = 0,10h ; 2,5\text{cm} \quad M_{2-2} = N_d \times e_{2-2} = 0,1 \times 0,55 \times 1294 = 72 \text{ kNm}$$

$$m_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{h b^2 f_{cd}} = \frac{72}{0,89 \times 0,55^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1294}{0,89 \times 0,55 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

$\omega$  okunmuyor

$$A_s = A_{smin} = 0,01bh = 0,01 \times 0,55 \times 0,95 = 53 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 22\text{Ø}18$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_c = 0,80 V_{cr} (1 + 0,07 N_d/A_c) \quad (N_d/A_c \text{ N/mm}^2)$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 550 \times (890 - 50) = 345 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 345 \times (1 + 0,07 \times 1294 \times 10^3 / (550 \times 890)) = 327 \text{ kN}$$

$V_d = 135 \text{ kN} < V_c = 327 \text{ kN}$  hesaba gerek yok

Seçilen Ø12/10 sarılma bölgesinde, Ø12/20 orta bölgede

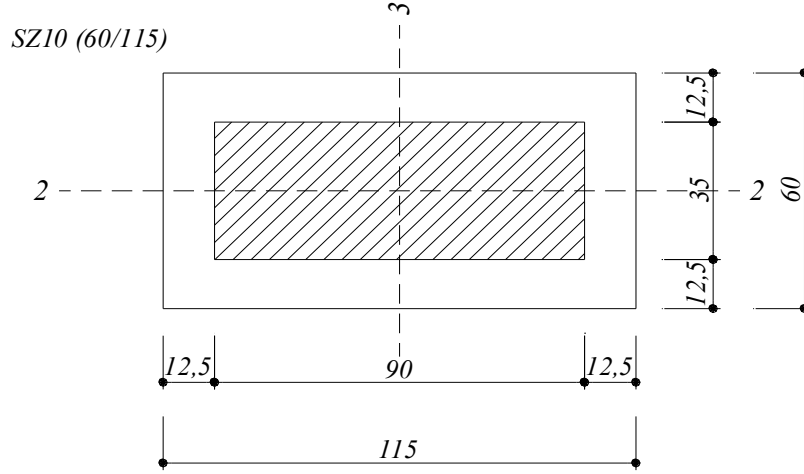
$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 12^2 / 4}{200 \times 890} = 1,27 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- Zemin Kat SZ10 Kolonunun Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII	$d' = 0,025\text{m}$
$M_{3-3} = 971 \text{ kNm}$	$V_d = 226 \text{ kN}$
$M_{2-2} = 11 \text{ kNm}$	$N_d = 2116 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$I_{3-3} = 0,60 \times 1,15^3 / 12 - 0,35 \times 0,90^3 / 12 = 5,48 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,15 \times 0,60^3 / 12 - 0,90 \times 0,35^3 / 12 = 1,75 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{hb^3}{12}} = \frac{5,48 \times 10^{-2}}{1,75 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 3,13 \Rightarrow h = 1,77b$$

$$b(1,77b)^3 / 12 = 5,48 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,119 \quad b = 0,59\text{m}, h = 1,04\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 59/1,04

b) Eğilme Hesabı

$$m_{3-3} = \frac{M_{3-3}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{971}{0,59 \times 1,04^2 \times 17 \times 10^3} = 0,09$$

$$\min e = 0,10h ; 2,5\text{cm} \quad M_{2-2} = N_d \times e_{2-2} = 0,1 \times 0,60 \times 2116 = 127 \text{ kNm}$$

$$m_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{h b^2 f_{cd}} = \frac{127}{1,04 \times 0,59^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{2116}{0,59 \times 1,04 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

$\omega$  okunmuyor

$$A_s = A_{smin} = 0,01bh = 0,01 \times 0,60 \times 1,15 = 69 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 28\text{Ø}18$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_c = 0,80 V_{cr} (1 + 0,07 N_d/A_c) \quad (N_d/A_c \text{ N/mm}^2)$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 590 \times (1040 - 50) = 437 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 437 \times (1 + 0,07 \times 2116 \times 10^3 / (590 \times 1040)) = 434 \text{ kN}$$

$V_d = 226 \text{ kN} < V_c = 434 \text{ kN}$  hesaba gerek yok

Seçilen Ø12/10 sarılma bölgesinde, Ø12/20 orta bölgede

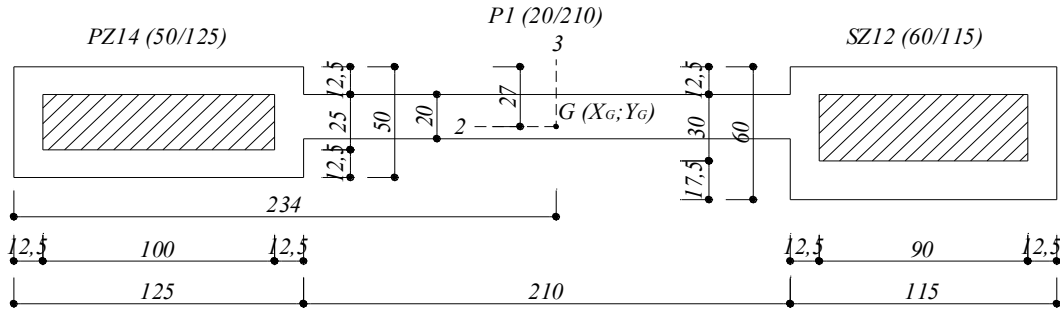
$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 12^2 / 4}{200 \times 990} = 1,14 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- Zemin Kat P1 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025m$   
 $M_d = 2671 \text{ kNm}$   $V_d = 1069 \text{ kN}$   
 $N_d = 3222 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = \frac{0,50 \times 1,25 \times 0,625 + 0,20 \times 2,10 \times 2,30 + 0,60 \times 1,15 \times 3,925 - 0,25 \times 1,0 \times 0,625 - 0,30 \times 0,90 \times 3,925}{0,50 \times 1,25 + 0,20 \times 2,10 + 0,60 \times 1,15 - 0,25 \times 1,0 - 0,30 \times 0,90} = 2,34m$$

$$Y_G = \frac{0,50 \times 1,25 \times 0,25 + 0,20 \times 2,10 \times 0,225 + 0,60 \times 1,15 \times 0,30 - 0,25 \times 1,0 \times 0,25 - 0,30 \times 0,90 \times 0,275}{0,50 \times 1,25 + 0,20 \times 2,10 + 0,60 \times 1,15 - 0,25 \times 1,0 - 0,30 \times 0,90} = 0,27m$$

$$I_{3-3} = 0,50 \times 1,25^3 / 12 + 0,50 \times 1,25 \times (2,34 - 0,625)^2 - 0,25 \times 1,0^3 / 12 - 0,25 \times 1,0 \times \dots \times (2,34 - 0,625)^2 + 0,20 \times 2,10^3 / 12 + 0,20 \times 2,10 \times 0,06^2 + 0,60 \times 1,15^3 / 12 + \dots + 0,60 \times 1,15 \times (3,925 - 2,34)^2 - 0,30 \times 0,90^3 / 12 - 0,30 \times 0,90 \times (3,925 - 2,34)^2 = \dots = 2,43 \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,25 \times 0,50^3 / 12 + 0,50 \times 1,25 \times 0,02^2 - 1,00 \times 0,25^3 / 12 - 0,25 \times 1,0 \times 0,02^2 + \dots + 2,10 \times 0,20^3 / 12 + 0,20 \times 2,10 \times 0,02^2 + 1,15 \times 0,60^3 / 12 + 1,15 \times 0,60 \times 0,03^2 - \dots - 0,90 \times 0,30^3 / 12 - 0,90 \times 0,30 \times 0,005^2 = 3,27 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{bh^3}{12} = 243 \times 10^{-2} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 74,31 \Rightarrow h = 8,62b$$

$$\frac{hb^3}{12} = 3,27 \times 10^{-2}$$

$$b(8,62b)^3 / 12 = 243 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,0455 \quad b = 0,46m, h = 3,97m$$

Statikçe eşdeğer kesit 46/397

#### b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{2671}{0,46 \times 3,97^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{3222}{0,46 \times 3,97 \times 17 \times 10^3} = 0,10$$

$\omega$  okunmuyor

$$H_{cr} = H_w / 6 = 27,35 / 6 = 4,55 \text{ m} > l_w \text{ (1.kat seviyesine kadar)}$$

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002 b_w l_w = 0,002 \times 0,46 \times 3,97 = 37 \text{ cm}^2 \Rightarrow 19\text{Ø}16$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025 b_w l_w = 0,0025 \times 0,46 \times 1,00 = 11,5 \text{ cm}^2/m \Rightarrow \text{Ø}12/20$$

#### c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$1069 < 0,22 \times 460 \times 3970 \times 17 = 6830 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/6

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 60 \times (1250 - 50) \times (25 / 420)$$

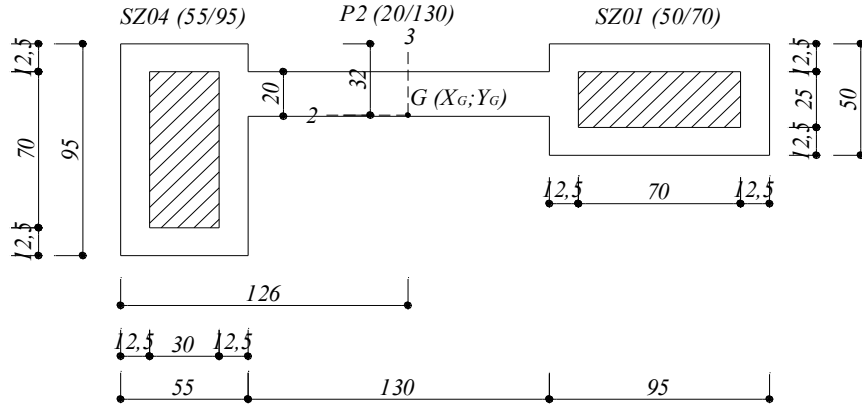
$$226 > 214$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- Zemin Kat P2 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025m$   
 $M_d = 1277 \text{ kNm}$   $V_d = 422 \text{ kN}$   
 $N_d = 1346 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = \frac{0,55 \times 0,95 \times 0,275 + 0,20 \times 1,30 \times 1,20 + 0,95 \times 0,50 \times 2,325 - 0,30 \times 0,70 \times 0,275 - 0,70 \times 0,25 \times 2,325}{0,55 \times 0,95 + 0,20 \times 1,30 + 0,95 \times 0,50 - 0,30 \times 0,70 - 0,70 \times 0,25} = 1,26m$$

$$Y_G = \frac{0,55 \times 0,95 \times 0,475 + 0,20 \times 1,30 \times 0,225 + 0,95 \times 0,50 \times 0,25 - 0,30 \times 0,70 \times 0,475 - 0,70 \times 0,25 \times 0,25}{0,55 \times 0,95 + 0,20 \times 1,30 + 0,95 \times 0,50 - 0,30 \times 0,70 - 0,70 \times 0,25} = 0,32m$$

$$I_{3-3} = 0,95 \times 0,55^3 / 12 + 0,95 \times 0,55 \times (1,26 - 0,275)^2 - 0,70 \times 0,30^3 / 12 - 0,70 \times 0,30 \times (1,26 - 0,275)^2 + 0,20 \times 1,30^3 / 12 + 0,20 \times 1,30 \times 0,06^2 + 0,50 \times 0,95^3 / 12 + \dots$$

$$\dots + 0,50 \times 0,95 \times (2,325 - 1,26)^2 - 0,25 \times 0,70^3 / 12 - 0,25 \times 0,70 \times (2,325 - 1,26)^2 = \dots$$

$$\dots = 72,11 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 0,55 \times 0,95^3 / 12 + 0,55 \times 0,95 \times (0,475 - 0,32)^2 - 0,30 \times 0,70^3 / 12 - 0,30 \times 0,70 \times (0,475 - 0,32)^2 + 1,30 \times 0,20^3 / 12 + 0,20 \times 1,30 \times (0,225 - 0,32)^2 + 0,95 \times 0,50^3 / 12 + \dots$$

$$\dots + 0,95 \times 0,50 \times (0,25 - 0,32)^2 - 0,70 \times 0,25^2 / 12 - 0,70 \times 0,25 \times (0,25 - 0,32)^2 = 5,19 \times 10^{-2}$$

$$\frac{bh^3}{12} = 72,11 \times 10^{-2} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 13,89 \Rightarrow h = 3,72b$$

$$\frac{hb^3}{12} = 5,19 \times 10^{-2}$$

$$b(3,72b)^3 / 12 = 72,14 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,168 \quad b = 0,64m, h = 2,40m$$

Statikçe eşdeğer kesit 64/240

b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{1277}{0,64 \times 2,40^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1346}{0,64 \times 2,40 \times 17 \times 10^3} = 0,05$$

ω okunmuyor

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002b_w l_w = 0,002 \times 0,64 \times 2,40 = 31 \text{ cm}^2 \Rightarrow 16\text{Ø}16$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025b_w l_w = 0,0025 \times 0,64 \times 1,00 = 16 \text{ cm}^2/m \Rightarrow \text{Ø}14/20$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$422 < 0,22 \times 640 \times 2400 \times 17 = 5745 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/8

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 80 \times (950 - 50) \times (25 / 420)$$

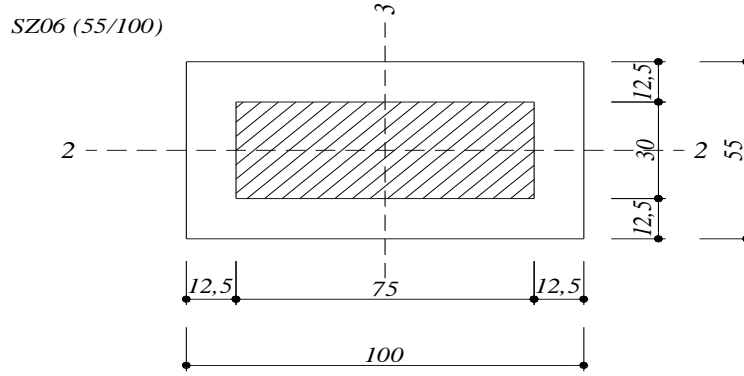
$$226 > 214$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- Zemin Kat SZ06 Kolonunun Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII	$d' = 0,025\text{m}$
$M_{3-3} = 646 \text{ kNm}$	$V_d = 157 \text{ kN}$
$M_{2-2} = 8 \text{ kNm}$	$N_d = 1454 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$I_{3-3} = 0,55 \times 1,00^3 / 12 - 0,30 \times 0,75^3 / 12 = 3,53 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,00 \times 0,55^3 / 12 - 0,75 \times 0,30^3 / 12 = 1,22 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{hb^3}{12}} = \frac{3,53 \times 10^{-2}}{1,22 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 2,89 \Rightarrow h = 1,70b$$

$$b(1,70b)^3 / 12 = 3,53 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,086 \quad b = 0,54\text{m}, h = 0,92\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 54/92

b) Eğilme Hesabı

$$m_{3-3} = \frac{M_{3-3}}{b h^2 f_{cd}} = \frac{646}{0,54 \times 0,92^2 \times 17 \times 10^3} = 0,08$$

$$\min e = 0,10h ; 2,5\text{cm} \quad M_{2-2} = N_d \times e_{2-2} = 0,1 \times 0,55 \times 1454 = 80 \text{ kNm}$$

$$m_{2-2} = \frac{M_{2-2}}{h b^2 f_{cd}} = \frac{80}{0,92 \times 0,54^2 \times 17 \times 10^3} = 0,02$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{1454}{0,54 \times 0,92 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

$\omega$  okunmuyor

$$A_s = A_{smin} = 0,01bh = 0,01 \times 0,55 \times 1,00 = 55 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 22\text{Ø}18$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_c = 0,80 V_{cr} (1 + 0,07 N_d/A_c) \quad (N_d/A_c \text{ N/mm}^2)$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 540 \times (920 - 50) = 351 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 351 \times (1 + 0,07 \times 1454 \times 10^3 / (540 \times 920)) = 338 \text{ kN}$$

$V_d = 157 \text{ kN} < V_c = 338 \text{ kN}$  hesaba gerek yok

Seçilen Ø12/10 sarılma bölgesinde, Ø12/20 orta bölgede

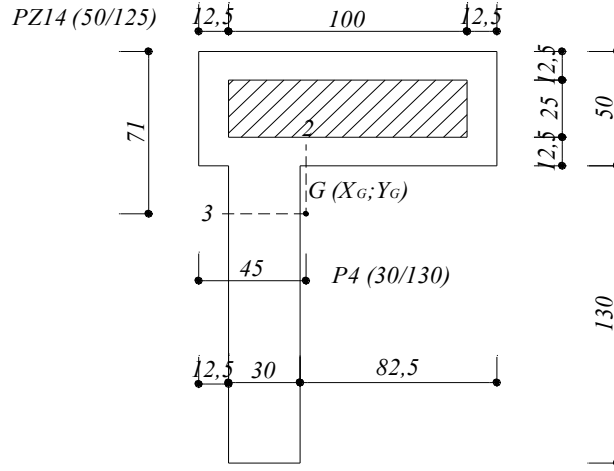
$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 12^2 / 4}{200 \times 870} = 1,30 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- Zemin Kat P4 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$   
 $M_d = 1298 \text{ kNm}$   $V_d = 502 \text{ kN}$   
 $N_d = 3608 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = \frac{0,50 \times 1,25 \times 0,625 + 1,30 \times 0,30 \times 0,275 - 1,00 \times 0,25 \times 0,625}{0,50 \times 1,25 + 1,30 \times 0,30 - 1,00 \times 0,25} = 0,45\text{m}$$

$$Y_G = \frac{0,50 \times 1,25 \times 0,25 + 1,30 \times 0,30 \times 1,15 - 1,00 \times 0,25 \times 0,25}{0,50 \times 1,25 + 1,30 \times 0,30 - 1,00 \times 0,25} = 0,71\text{m}$$

$$I_{3-3} = 0,30 \times 1,30^3 / 12 + 0,30 \times 1,30 \times (1,15 - 0,71)^2 + 1,25 \times 0,50^3 / 12 + 1,25 \times 0,50 \times \dots \times (0,25 - 0,71)^2 - 1,00 \times 0,25^3 / 12 - 1,00 \times 0,25 \times 0,46^2 = 22,15 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,30 \times 0,30^3 / 12 + 0,30 \times 1,30 \times (0,275 - 0,45)^2 + 0,50 \times 1,25^3 / 12 + 1,25 \times 0,50 \times \dots \times (0,625 - 0,45)^2 - 0,25 \times 1,00^3 / 12 - 1,00 \times 0,25 \times 0,175^2 = 8,69 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12} = 22,15 \times 10^{-2}}{\frac{hb^3}{12} = 8,69 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 2,55 \Rightarrow h = 1,60b$$

$$b(1,60b)^3 / 12 = 22,15 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,649 \quad b = 0,90\text{m}, h = 1,44\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 90/144

b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{1298}{0,90 \times 1,44^2 \times 17 \times 10^3} = 0,04$$
$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{3608}{0,90 \times 1,44 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

ω okunmuyor

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002 b_w l_w = 0,002 \times 0,90 \times 1,44 = 26 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow 19\text{Ø}16$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025 b_w l_w = 0,0025 \times 0,90 \times 1,00 = 23 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \text{Ø}16/15$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$502 < 0,22 \times 900 \times 1440 \times 17 = 4847 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/6

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 60 \times (1250 - 50) \times (25 / 420)$$

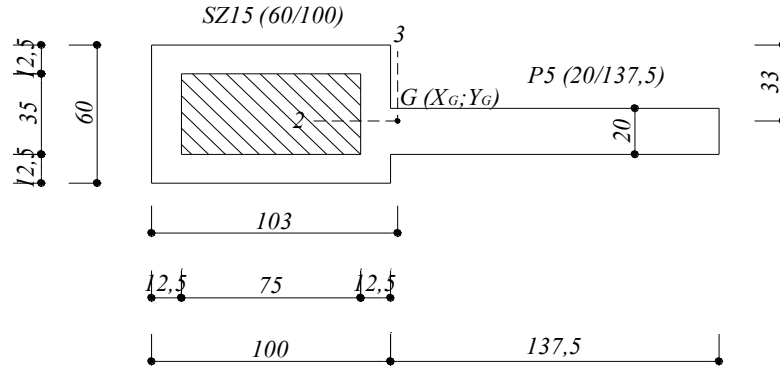
$$226 > 214$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- Zemin Kat P5 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$   
 $M_d = 1366 \text{ kNm}$   $V_d = 401 \text{ kN}$   
 $N_d = 2691 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = \frac{0,60 \times 1,0 \times 0,30 + 1,375 \times 0,20 \times 0,225 - 0,35 \times 0,75 \times 0,30}{0,60 \times 1,0 + 1,375 \times 0,20 - 0,35 \times 0,75} = 0,27\text{m}$$

$$Y_G = \frac{0,60 \times 1,0 \times 0,50 + 1,375 \times 0,20 \times 1,6875 - 0,35 \times 0,75 \times 0,50}{0,60 \times 1,0 + 1,375 \times 0,20 - 0,35 \times 0,75} = 1,03\text{m}$$

$$I_{3-3} = 0,20 \times 1,375^3 / 12 + 0,20 \times 1,375 \times (1,6875 - 1,03)^2 + 0,60 \times 1,0^3 / 12 + 0,60 \times 1,0 \times \dots \times (0,50 - 1,03)^2 - 0,35 \times 0,75^3 / 12 - 0,35 \times 0,75 \times 0,53^2 = 29,47 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,375 \times 0,20^3 / 12 + 1,375 \times 0,20 \times (0,225 - 0,27)^2 + 1,0 \times 0,60^3 / 12 + 1,0 \times 0,60 \times \dots \times (0,30 - 0,27)^2 - 0,75 \times 0,35^3 / 12 - 0,75 \times 0,35 \times 0,03^2 = 1,71 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12} = 29,47 \times 10^{-2}}{\frac{hb^3}{12} = 1,71 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 17,23 \Rightarrow h = 4,15b$$

$$b(4,15b)^3 / 12 = 29,47 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,049 \quad b = 0,47\text{m}, h = 1,95\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 47/195

b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{1366}{0,47 \times 1,95^2 \times 17 \times 10^3} = 0,05$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{2691}{0,47 \times 1,95 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

ω okunmuyor

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002 b_w l_w = 0,002 \times 0,47 \times 1,95 = 19 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow 18\text{Ø}14$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025 b_w l_w = 0,0025 \times 0,47 \times 1,00 = 12 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \text{Ø}12/20$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$401 < 0,22 \times 470 \times 1950 \times 17 = 3428 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/8

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 80 \times (1000 - 50) \times (25 / 420)$$

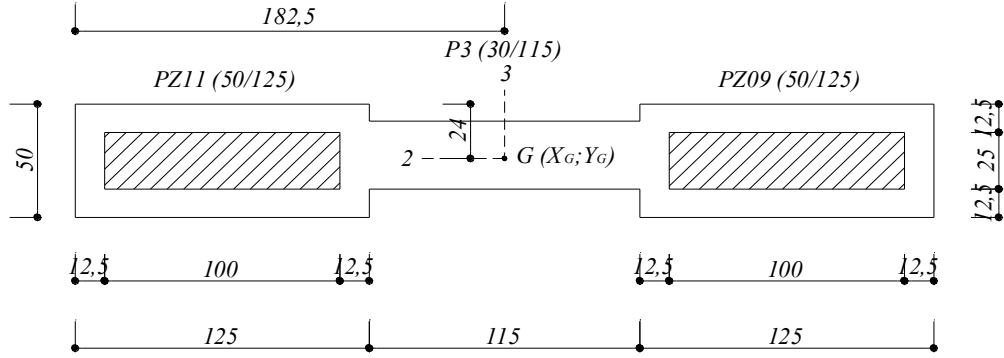
$$226 = 226$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- Zemin Kat P3 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$   
 $M_d = 2106 \text{ kNm}$   $V_d = 802 \text{ kN}$   
 $N_d = 5049 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = 1,825\text{m}$$

$$Y_G = \frac{2 \times (0,50 \times 1,25 \times 0,25 - 0,25 \times 1,0 \times 0,25) + 1,15 \times 0,3 \times 0,225}{2 \times (0,50 \times 1,25 - 0,25 \times 1,0) + 1,15 \times 0,30} = 0,24\text{m}$$

$$I_{3-3} = 2 \times (0,50 \times 1,25^3 / 12 + 0,50 \times 1,25 \times (0,625 - 1,825)^2) - 0,25 \times 1,0^3 / 12 - 0,25 \times 1,0 \times \dots \times (0,625 - 1,825)^2) + 0,30 \times 1,15^3 / 12 = 123,91 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 2 \times (1,25 \times 0,50^3 / 12 + 0,50 \times 1,25 \times (0,25 - 0,24)^2) - 1,00 \times 0,25^3 / 12 - 0,25 \times 1,0 \times \dots \times (0,25 - 0,24)^2) + 1,15 \times 0,30^3 / 12 + 1,15 \times 0,30 \times (0,225 - 0,24)^2 = 2,62 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{bh^3}{12} = 123,91 \times 10^{-2} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 47,29 \Rightarrow h = 6,88b$$

$$\frac{hb^3}{12} = 2,62 \times 10^{-2}$$

$$b(6,88b)^3 / 12 = 123,91 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,046 \quad b = 0,46\text{m}, h = 3,17\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 46/317

b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{2106}{0,46 \times 3,17^2 \times 17 \times 10^3} = 0,03$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{5049}{0,46 \times 3,17 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

ω okunmuyor

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002 b_w l_w = 0,002 \times 0,46 \times 3,17 = 29 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow 16\text{Ø}16$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025 b_w l_w = 0,0025 \times 0,46 \times 1,00 = 12 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \text{Ø}12/20$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$802 < 0,22 \times 460 \times 3170 \times 17 = 5454 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/8

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 60 \times (1250 - 50) \times (25 / 420)$$

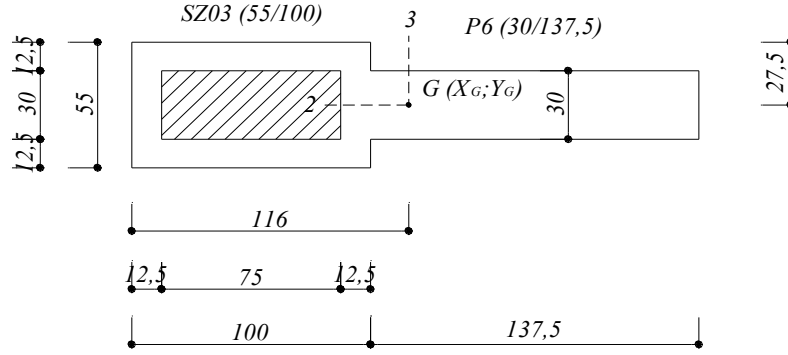
$$226 > 215$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- Zemin Kat P6 Perdesinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$   
 $M_d = 1767 \text{ kNm}$   $V_d = 535 \text{ kN}$   
 $N_d = 3037 \text{ kN}$

a) Statikçe Eşdeğer Kesit Hesabı



$$X_G = \frac{1,0 \times 0,55 \times 0,275 + 1,375 \times 0,30 \times 0,275 - 0,30 \times 0,75 \times 0,275}{1,00 \times 0,55 + 1,375 \times 0,30 - 0,30 \times 0,75} = 0,275\text{m}$$

$$Y_G = \frac{1,0 \times 0,55 \times 0,50 + 1,375 \times 0,30 \times 1,6875 - 0,30 \times 0,75 \times 0,50}{1,00 \times 0,55 + 1,375 \times 0,30 - 0,30 \times 0,75} = 1,16\text{m}$$

$$I_{3-3} = 0,30 \times 1,375^3 / 12 + 0,30 \times 1,375 \times (1,6875 - 1,16)^2 + 0,55 \times 1,0^3 / 12 + 0,55 \times 1,0 \times \dots \times (0,50 - 1,16)^2 - 0,30 \times 0,75^3 / 12 - 0,30 \times 0,75 \times (0,50 - 1,16)^2 = 35,66 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$I_{2-2} = 1,00 \times 0,55^3 / 12 + 1,375 \times 0,30^3 / 12 - 0,75 \times 0,30^3 / 12 = 1,53 \times 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$\frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{hb^3}{12}} = \frac{35,66 \times 10^{-2}}{1,53 \times 10^{-2}} \Rightarrow \frac{h^2}{b^2} = 23,31 \Rightarrow h = 4,83b$$

$$b(4,83b)^3 / 12 = 35,66 \times 10^{-2} \Rightarrow b^4 = 0,038 \quad b = 0,44\text{m}, h = 2,13\text{m}$$

Statikçe eşdeğer kesit 44/213

b ) Eğilme Hesabı

$$m = \frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{1767}{0,44 \times 2,13^2 \times 17 \times 10^3} = 0,05$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{3037}{0,44 \times 2,13 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

ω okunmuyor

Kritik perde yüksekliği boyunca başlık bölgesinde;

$$A_s = A_{smin} = 0,002 b_w l_w = 0,002 \times 0,44 \times 2,13 = 19 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow 18\text{Ø}14$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede her iki yüzde;

$$A_s = A_{smin} = 0,0025 b_w l_w = 0,0025 \times 0,44 \times 1,00 = 11 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow \text{Ø}12/20$$

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

$$535 < 0,22 \times 440 \times 2130 \times 17 = 3505 \text{ kN}$$

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Başlık bölgesinde Ø12/8

$$A_{sh} > 0,05 s b_k ( f_{ck} / f_{ywk} )$$

$$2 \times 3,14 \times 12^2 / 4 > 0,05 \times 80 \times (1000 - 50) \times (25 / 420)$$

$$226 = 226$$

Kritik perde yüksekliği boyunca gövdede 10adet/m<sup>2</sup> deprem çirozu kullanılacaktır

- 1.Kat Tavanı K1 Kirişinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$

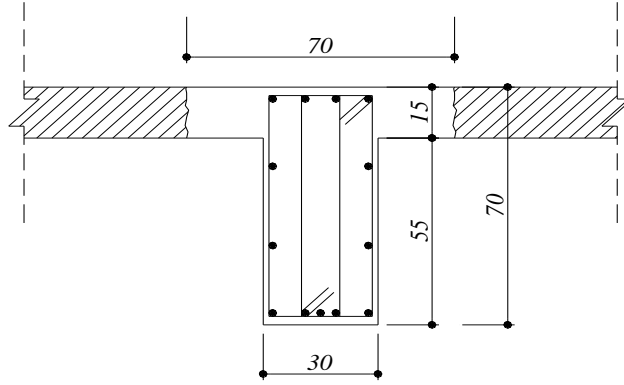
$$M_{d \text{ açıklık}} = 37 \text{ kNm}$$

$$V_d = 254 \text{ kN}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = -600 \text{ kNm}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = 627 \text{ kNm}$$

K1 (30/70)



a) Açıklık Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min}} = 1,2/f_{yd} b_w d = 1,2/365 \times 30 \times 70 = 6,91 \text{ cm}^2$$

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 37 = 369 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,80, k_x = 0,065$$

$$X = k_x d = 0,065 \times 0,675 = 0,029\text{m} < h_f = 0,15\text{m}$$

$$A_s = k_s M_d / d = 2,80 \times 37 / 0,675 = 1,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ açıklık}} = A_{s \text{ min}} = 6,91 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 5\text{Ø}14$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0,08 A_{s \text{ açıklık}} = 0,08 \times 6,91 = 0,53 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 2\text{Ø}12$$

b) Mesnet Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min üst}} = f_{ctd}/f_{yd} b_w d = 1,15/365 \times 30 \times 70 = 6,62 \text{ cm}^2$$

Etkili tabla genişliği, sonradan dökülen beton eni olan 0,70m alınmıştır.

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,70 \times (0,70 - 0,025)^2 / 600 = 53 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,97, k_x = 0,20$$

$$X = k_x d = 0,20 \times 0,675 = 0,135 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ üst}} = k_s M_d / d = 2,97 \times 600 / 0,675 = 26,4 \text{ cm}^2$$

Mevcut 4Ø12 Montaj, Gerekli 6Ø22

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 627 = 22 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 3,48, k_x = 0,529$$

$$X = k_x d = 0,529 \times 0,675 = 0,36 \text{ m} > h_f = 0,15 \text{ m}$$

Tarafsız eksen tabla içinde kalmadığından;

$$m = \frac{M}{b d^2 f_{cd}} = \frac{627}{0,30 \times 0,675^2 \times 17 \times 10^3} = 0,27$$

$$\omega = 0,317$$

$$A_{s \text{ alt}} = \omega b d / (f_{yd} / f_{cd}) = 0,317 \times 0,30 \times 0,675 / (365 / 17 \times 10^3) = 29,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min alt}} = A_{s \text{ üst}} / 2 = 26,4 / 2 = 13,2 \text{ cm}^2$$

Mevcut 5Ø14, Gerekli 6Ø22

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 b_w d f_{cd} = 0,22 \times 0,30 \times 0,675 \times 17 \times 10^3 = 757 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws}$$

$$V_c = 0,80 V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 300 \times (700 - 50) = 146 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 146 = 117 \text{ kN}$$

$$V_d = 254 \text{ kN} > V_c = 117 \text{ kN} \text{ hesap gerekli}$$

Seçilen Etriye Çift Kollu Ø14/10

$$A_{sw} = n A_o$$

$$V_{ws} = A_{sw} d f_{ywd} / s = 4 \times 15,4 \times 675 \times 365 / 100 = 151 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws} = 117 + 151 = 268 > 254$$

$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{4 \times 3,14 \times 14^2 / 4}{100 \times 300} = 20,5 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- 1.Kat Tavanı K2 Kirişinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$

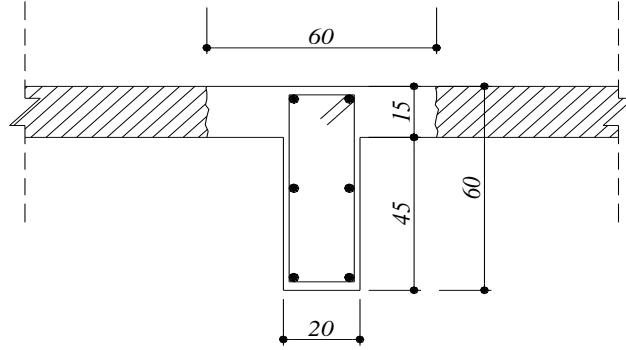
$$M_{d \text{ açıklık}} = 28 \text{ kNm}$$

$$V_d = 79 \text{ kN}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = -201 \text{ kNm}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = 77 \text{ kNm}$$

K2 (20/60)



a) Açıklık Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min}} = 1,2/f_{yd} b_w d = 1,2/365 \times 20 \times 60 = 3,95 \text{ cm}^2$$

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,20 \times (0,60 - 0,025)^2 / 28 = 236 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,82, k_x = 0,083$$

$$X = k_x d = 0,083 \times 0,575 = 0,048 \text{ m} < h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$A_s = k_s M_d / d = 2,82 \times 28 / 0,575 = 1,37 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ açıklık}} = A_{s \text{ min}} = 3,95 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 2\text{Ø}14 \text{ Düz} + 1\text{Ø}14 \text{ Pilye}$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0,08 A_{s \text{ açıklık}} = 0,08 \times 3,95 = 0,316 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 1\text{Ø}12$$

b) Mesnet Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min üst}} = f_{ctd}/f_{yd} b_w d = 1,15/365 \times 20 \times 60 = 3,78 \text{ cm}^2$$

Etkili tabla genişliği, sonradan dökülen beton eni olan 0,60m alınmıştır.

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,60 \times (0,60 - 0,025)^2 / 201 = 99 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,87, k_x = 0,13$$

$$X = k_x d = 0,13 \times 0,575 = 0,07 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ üst}} = k_s M_d / d = 2,87 \times 201 / 0,575 = 10,0 \text{ cm}^2$$

Mevcut 2Ø12 Montaj + 1Ø14 Pilye, Gerekli 3Ø16

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,20 \times (0,60 - 0,025)^2 / 77 = 86 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,89, k_x = 0,145$$

$$X = k_x d = 0,145 \times 0,575 = 0,08 \text{ m} < h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ alt}} = k_s M_d / d = 2,89 \times 77 / 0,575 = 3,87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min alt}} = A_{s \text{ üst}} / 2 = 10,0 / 2 = 5,0 \text{ cm}^2$$

Mevcut 2Ø14, Gerekli 2Ø14

### c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 b_w d f_{cd} = 0,22 \times 0,20 \times 0,575 \times 17 \times 10^3 = 430 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws}$$

$$V_c = 0,80 V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 200 \times (600 - 50) = 82 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 82 = 66 \text{ kN}$$

$$V_d = 79 \text{ kN} > V_c = 66 \text{ kN} \text{ hesap gerekli}$$

Seçilen Etriye Tek Kollu Ø10/20

$$A_{sw} = n A_o$$

$$V_{ws} = A_{sw} d f_{ywd} / s = 2 \times 7,9 \times 575 \times 365 / 100 = 33 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws} = 66 + 33 = 99 > 79$$

$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 10^2 / 4}{100 \times 300} = 5,23 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- 1.Kat Tavanı K3 Kirişinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

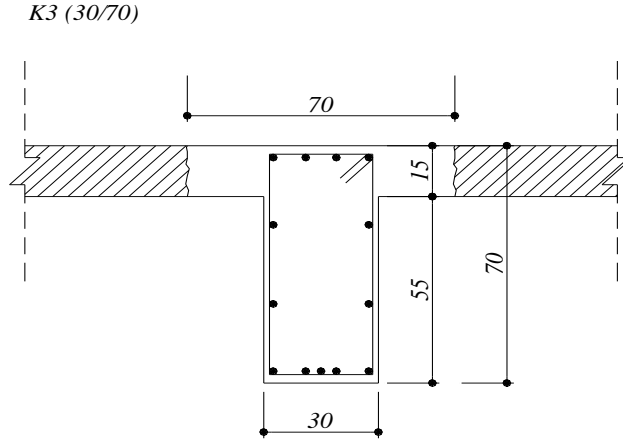
Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$

$$M_{d \text{ açıklık}} = 34 \text{ kNm}$$

$$V_d = 149 \text{ kN}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = -295 \text{ kNm}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = 149 \text{ kNm}$$



a) Açıklık Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min}} = 1,2/f_{yd} b_w d = 1,2/365 \times 30 \times 70 = 6,91 \text{ cm}^2$$

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 34 = 402 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,80, k_x = 0,065$$

$$X = k_x d = 0,065 \times 0,675 = 0,029\text{m} < h_f = 0,15\text{m}$$

$$A_s = k_s M_d / d = 2,80 \times 34 / 0,675 = 1,41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ açıklık}} = A_{s \text{ min}} = 6,91 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 5\text{Ø}14$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0,08 A_{s \text{ açıklık}} = 0,08 \times 6,91 = 0,53 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 2\text{Ø}12$$

b) Mesnet Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min üst}} = f_{ctd}/f_{yd} b_w d = 1,15/365 \times 30 \times 70 = 6,62 \text{ cm}^2$$

Etkili tabla genişliği, sonradan dökülen beton eni olan 0,70m alınmıştır.

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,70 \times (0,70 - 0,025)^2 / 295 = 108 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,86, k_x = 0,123$$

$$X = k_x d = 0,123 \times 0,675 = 0,08 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ üst}} = k_s M_d / d = 2,86 \times 295 / 0,675 = 12,5 \text{ cm}^2$$

Mevcut 4Ø12 Montaj, Gerekli 4Ø16

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 149 = 92 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,88, k_x = 0,138$$

$$X = k_x d = 0,138 \times 0,675 = 0,09 \text{ m} < h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ alt}} = k_s M_d / d = 2,88 \times 149 / 0,675 = 6,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min alt}} = A_{s \text{ üst}} / 2 = 12,5 / 2 = 6,3 \text{ cm}^2$$

Mevcut 5Ø14 yeterlidir

### c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 b_w d f_{cd} = 0,22 \times 0,30 \times 0,675 \times 17 \times 10^3 = 757 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws}$$

$$V_c = 0,80 V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 300 \times (700 - 50) = 146 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 146 = 117 \text{ kN}$$

$$V_d = 149 \text{ kN} > V_c = 117 \text{ kN} \text{ hesap gerekli}$$

Seçilen Etriye Tek Kollu Ø10/20

$$A_{sw} = n A_o$$

$$V_{ws} = A_{sw} d f_{ywd} / s = 2 \times 7,9 \times 675 \times 365 / 100 = 39 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws} = 117 + 39 = 156 > 149$$

$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{2 \times 3,14 \times 10^2 / 4}{100 \times 300} = 5,23 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

- 1.Kat Tavanı K4 Kirişinin Eğilme ve Kayma Hesabı:

Malzeme BS25/BÇIII  $d' = 0,025\text{m}$

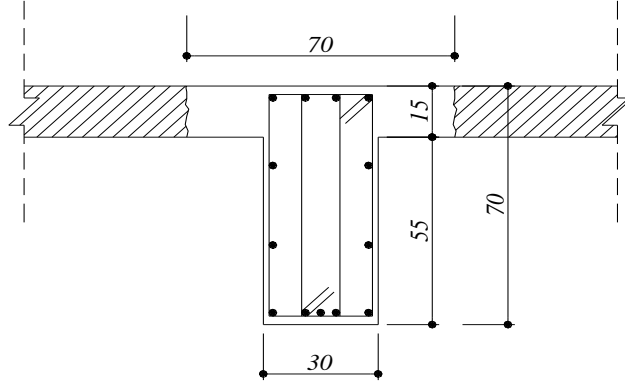
$$M_{d \text{ açıklık}} = 26 \text{ kNm}$$

$$V_d = 238 \text{ kN}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = -491 \text{ kNm}$$

$$M_{d \text{ mesnet}} = 475 \text{ kNm}$$

K4 (30/70)



a ) Açıklık Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min}} = 1,2/f_{yd} b_w d = 1,2/365 \times 30 \times 70 = 6,91 \text{ cm}^2$$

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 26 = 526 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,79, k_x = 0,057$$

$$X = k_x d = 0,057 \times 0,675 = 0,038 \text{ m} < h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$A_s = k_s M_d / d = 2,79 \times 26 / 0,675 = 1,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ açıklık}} = A_{s \text{ min}} = 6,91 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 5\text{Ø}14$$

$$A_{s \text{ gövde}} = 0,08 A_{s \text{ açıklık}} = 0,08 \times 6,91 = 0,53 \text{ cm}^2 \quad \Leftrightarrow 2\text{Ø}12$$

b ) Mesnet Kesitinde Eğilme Hesabı

$$A_{s \text{ min üst}} = f_{ctd}/f_{yd} b_w d = 1,15/365 \times 30 \times 70 = 6,62 \text{ cm}^2$$

Etkili tabla genişliği, sonradan dökülen beton eni olan 0,70m alınmıştır.

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,70 \times (0,70 - 0,025)^2 / 491 = 65 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 2,92, k_x = 0,167$$

$$X = k_x d = 0,167 \times 0,675 = 0,11 \text{ m}$$

$$A_{s \text{ üst}} = k_s M_d / d = 2,86 \times 295 / 0,675 = 21,2 \text{ cm}^2$$

Mevcut 4Ø12 Montaj, Gerekli 5Ø22

Tarafsız eksenin tabla içinde kaldığı kabulü ile;

$$K = b_w d^2 / M_d = 0,30 \times (0,70 - 0,025)^2 / 475 = 29 \times 10^{-5}$$

$$k_s = 3,23, k_x = 0,375$$

$$X = k_x d = 0,375 \times 0,675 = 0,25 \text{ m} > h_f = 0,15 \text{ m}$$

Tarafsız eksen tabla içinde kalmadığından;

$$m = \frac{M}{b d^2 f_{cd}} = \frac{475}{0,30 \times 0,675^2 \times 17 \times 10^3} = 0,20$$

$$\omega = 0,317$$

$$A_{s \text{ alt}} = \omega b d / (f_{yd} / f_{cd}) = 0,317 \times 0,30 \times 0,675 / (365 / 17 \times 10^3) = 29,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min alt}} = A_{s \text{ üst}} / 2 = 21,2 / 2 = 10,6 \text{ cm}^2$$

Mevcut 5Ø14, Gerekli 6Ø22

c ) Kayma Hesabı

$$V_d < 0,22 b_w d f_{cd} = 0,22 \times 0,30 \times 0,675 \times 17 \times 10^3 = 757 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws}$$

$$V_c = 0,80 V_{cr}$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,15 \times 300 \times (700 - 50) = 146 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 \times 146 = 117 \text{ kN}$$

$$V_d = 238 \text{ kN} > V_c = 117 \text{ kN} \text{ hesap gerekli}$$

Seçilen Etriye Çift Kollu Ø14/10

$$A_{sw} = n A_o$$

$$V_{ws} = A_{sw} d f_{ywd} / s = 4 \times 15,4 \times 675 \times 365 / 100 = 151 \text{ kN}$$

$$V_c = V_c + V_{ws} = 117 + 151 = 268 > 238$$

$$\frac{n A_o}{s b_w} > \min \rho_w = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{4 \times 3,14 \times 14^2 / 4}{100 \times 300} = 20,5 \times 10^{-3} > 0,30 \frac{1,15}{365} = 9,45 \times 10^{-4}$$

### 13.6 TEMELLER

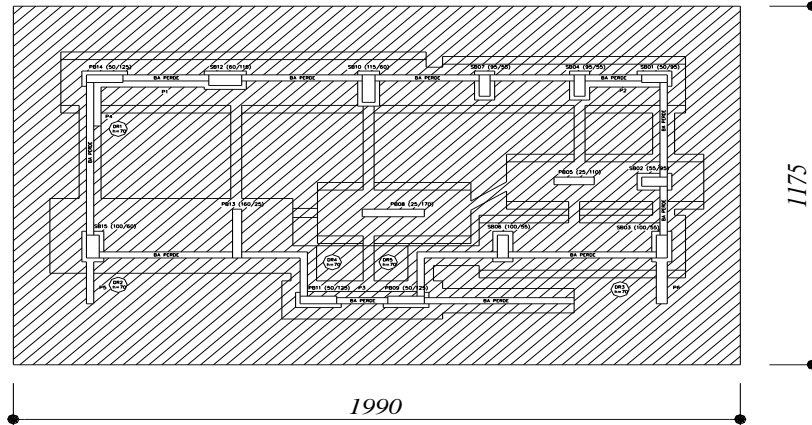
Temeller yapı yüklerini zemine aktaran kısımlardır. Temellerde oturma ve dönmelerin meydana gelmemesi önemlidir. Mevcut yapı temellerinin düzensiz bir yapıya sahip olması, bina alanının az olması nedeniyle güçlendirme projesi kısmi radye yerine komple radye temel olarak düşünülmüştür. Seçilen temel boyutlarının ve temel tipinin kontrolünde iki yükleme durumu esas alınmıştır.

G+Q Yüklemesi : zeminde oluşan  $\sigma < \sigma_{z,em}$

G+Q+E Yüklemesi : zeminde oluşan  $\sigma < 1,50 \sigma_{z,em}$

Temel alanının yeterliliğinin kontrolünde temel alanının ağırlık merkezi ile düşey yüklerin bileşkesi arasındaki dışmerkezlik hesaba katılarak iki doğrultuda değişen zemin gerilmeleri elde edilir. Bu durumda rijit kabule göre kontroller yapılır. Yapılan denemelerde zeminde oluşan gerilmeler zemin emniyet gerilmesini aştığından temeller uzun doğrultuda her iki kenarda 1m, diğer doğrultuda ise 1,50m büyütülmüştür.

#### 13.6.1 DÜŞEY YÜK DURUMDA ZEMİN GERİLMESİ KONTROLÜ



$$b_x = 19,90\text{m}$$

$$b_y = 11,75\text{m}$$

$$A_t = 19,90 \times 11,75 = 233,825\text{m}^2$$

Temelin ağırlık merkezinin koordinatları;

$$X_G = b_x / 2 = 9,95\text{m}$$

$$Y_G = b_y / 2 = 5,875\text{m}$$

Düşey yüklerin bileşke noktası;

$$X_p = 10,19\text{m} \quad Y_p = 6,17\text{m}$$

$$N_G = \Sigma G_i = 19351\text{kN}$$

$$N_Q = \Sigma Q_i = 7263\text{kN}$$

$$N_G + N_Q = 19351 + 7263 = 26614\text{kN}$$

$$A_t = 233,825\text{m}^2 \quad N_t = 233,825 \times 0,70 \times 25 = 4092\text{kN}$$

$$\Sigma N = 26614 + 4092 = 30706\text{kN}$$

$$M_x = e_x \times \Sigma N = (10,19 - 9,95) \times 30706 = 7369\text{kNm}$$

$$M_y = e_y \times \Sigma N = (6,17 - 5,875) \times 30706 = 9058\text{kNm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma N}{A_t} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} < \sigma_{z,em} = 160\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\Sigma N}{A_t} - \frac{M_x}{W_x} - \frac{M_y}{W_y} > 0$$

$$\sigma_{\max} = \frac{30706}{233,825} + \frac{7369 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} + \frac{9058 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 159\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{30706}{233,825} - \frac{7369 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} - \frac{9058 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 103\text{kN/m}^2$$

### 13.6.2 DEPREMLİ DURUMDA ZEMİN GERİLMESİ KONTROLÜ

Deprem x-x doğrultusunda iken;

$$\Sigma N = 27402\text{kN}$$

$$M_{dx} = 7571\text{kNm} \quad M_{dy} = 347\text{kNm}$$

$$M_{ex} = e_x \times \Sigma N = (10,19 - 9,95) \times 27402 = 6577\text{kNm}$$

$$M_{ey} = e_y \times \Sigma N = (6,17 - 5,875) \times 27402 = 8084\text{kNm}$$

$$\Sigma M_x = M_{dx} + M_{ex} = 7571 + 6577 = 14148\text{kNm}$$

$$\Sigma M_y = M_{dy} + M_{ey} = 347 + 8084 = 8431\text{kNm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma N}{A_t} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} < 1,5\sigma_{z,em} = 240\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\Sigma N}{A_t} - \frac{M_x}{W_x} - \frac{M_y}{W_y} > 0$$

$$\sigma_{\max} = \frac{27402}{233,825} + \frac{14148 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} + \frac{8431 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 159\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{27402}{233,825} - \frac{14148 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} - \frac{8431 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 75\text{kN/m}^2$$

Deprem y-y doğrultusunda iken;

$$\Sigma N = 22655\text{kN}$$

$$M_{dx} = 262\text{kNm}$$

$$M_{dy} = 8516\text{kNm}$$

$$M_{ex} = e_x \times \Sigma N = (10,19 - 9,95) \times 22655 = 5437\text{kNm}$$

$$M_{ey} = e_y \times \Sigma N = (6,17 - 5,875) \times 22655 = 6683\text{kNm}$$

$$\Sigma M_x = M_{dx} + M_{ex} = 262 + 5437 = 5699\text{kNm}$$

$$\Sigma M_y = M_{dy} + M_{ey} = 8516 + 6683 = 15199\text{kNm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{22655}{233,825} + \frac{5699 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} + \frac{15199 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 129\text{kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{28603}{233,825} + \frac{6864 \times 6}{19,9 \times 11,75^2} + \frac{39369 \times 6}{11,75 \times 19,9^2} = 65\text{kN/m}^2$$

### 13.6.3 SB10 KOLONUNUN ZIMBALAMA TAHKİKİ

Mevcut temeller 1,20m yüksekliğinde sürekli temel olduğundan ve mevcut temeller üzerinde 25cm ilave radye yapılacağından zımbalama tahkikinde problem çıkmayacağı tahmin edilmekle beraber SB10 kolonunun zımbalama tahkiki yapılacaktır. Burada;

$V_{pd}$  : Hesap zımbalama yükü

$V_{pr}$  : Zımbalama çevresi kayma dayanımı

$U_p$  : Zımbalama çevresi

$$N_{d\max} = 2937\text{kN} \quad h = 1,45\text{m}$$

$$\sigma_{\max} = 132\text{kN/m}^2 \quad d = 1,40\text{m}$$

$$V_{pd} = N_{d\max} - [(b+1,40) \times (h+1,40)] \times \sigma_{\max}$$

$$= 2937 - [(0,60+1,40) \times (1,15+1,40)] \times 132 = 2264\text{kN}$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{1,5(e_x + e_y)}{\sqrt{(b_x b_y)}}}$$

$$e_x = 0,10 \times 0,60 = 0,06\text{m} \quad b_x = 0,60 + 1,40 = 2,00\text{m}$$

$$e_y = 0,10 \times 1,15 = 0,115\text{m} \quad b_y = 1,15 + 1,40 = 2,55\text{m}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 (0,06 + 0,115)} = 0,90$$

$$\sqrt{(2,0 \times 2,55)}$$

$$U_p = 2 (b + h + 2d) = 2 (1,15 + 0,60 + 2 \times 1,40) = 9,10\text{m}$$

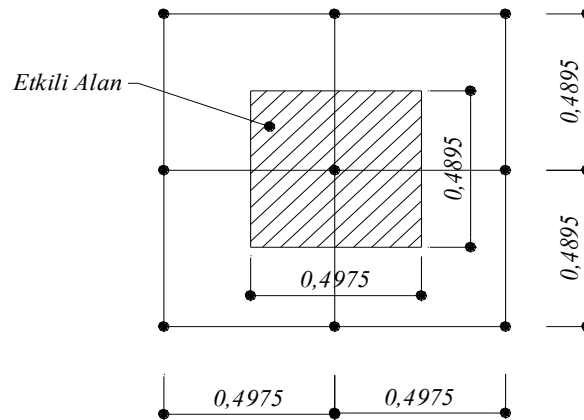
$$V_{pr} = 0,90 \times 1150 \times 9,10 \times 1,40 = 13186\text{kN}$$

$V_{pd} = 2264\text{kN} < V_{pr} = 13186\text{kN}$  olduğundan zımbalamaya karşı güvenlidir.

### 13.6.4 TEMELLERİN BOYUTLANDIRILMASI

Boyutlandırmada  $(1,4G+1,6Q)$ ,  $(G+Q+E_x)$ ,  $(G+Q+E_y)$  yükleme durumları için ayrı ayrı hesap yapılarak, hesapta, en elverişsiz durum göz önüne alınmıştır. Radye temelin statik hesabı elastik zemine oturan plak gibi düşünülerek yapılmıştır.

Temeller x-x doğrultusunda 40, y-y doğrultusunda 24 eşit sonlu elemana ayrılarak düğüm noktalarında yaylar tanımlanmıştır. Yay sabitleri düğüm noktasında etkili alan ile zemin yatak katsayısının çarpılmasıyla bulunmuştur. Etkili alan o düğüm noktasına komşu olan sonlu eleman alanlarının 1/4'lerinin toplamından elde edilir.



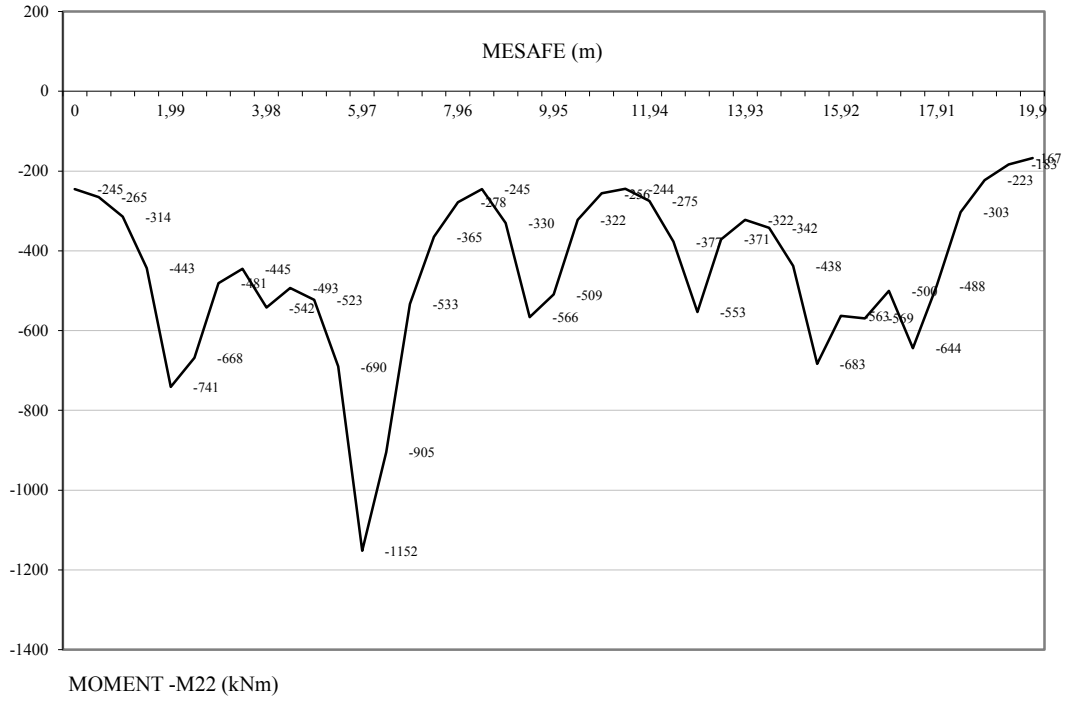
Yatak Katsayısı =  $10.000\text{kN/m}^3$  (yarı sert kil)

Yay Sabiti = Yatak Katsayısı x Etkili Alan =  $10.000 \times 0,4975 \times 0,4895$

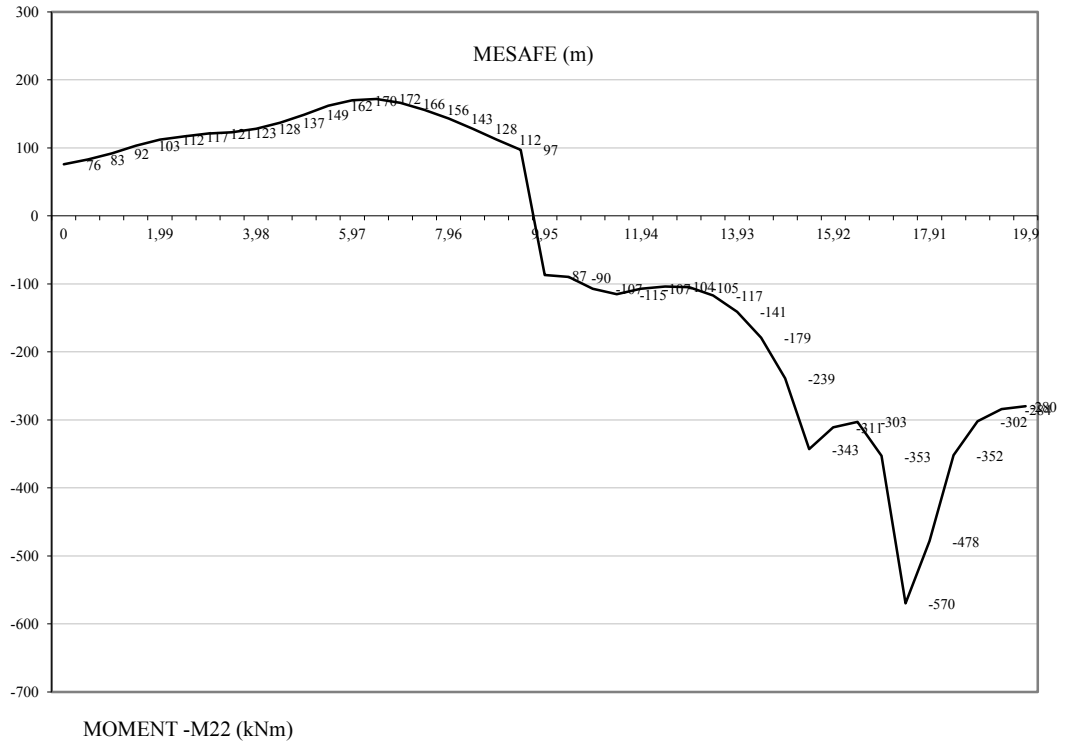
Yay Sabiti =  $2436 \text{ kN/m}$  (orta düğüm noktaları için)

Tablo 13.44 Temelde Kolon/Perde Tabanında Oluşan Kesit Tesirleri (C=9 Düşey Yük+x-x Yönünde Deprem, C=10 Düşey Yük+y-y Yönünde Deprem )

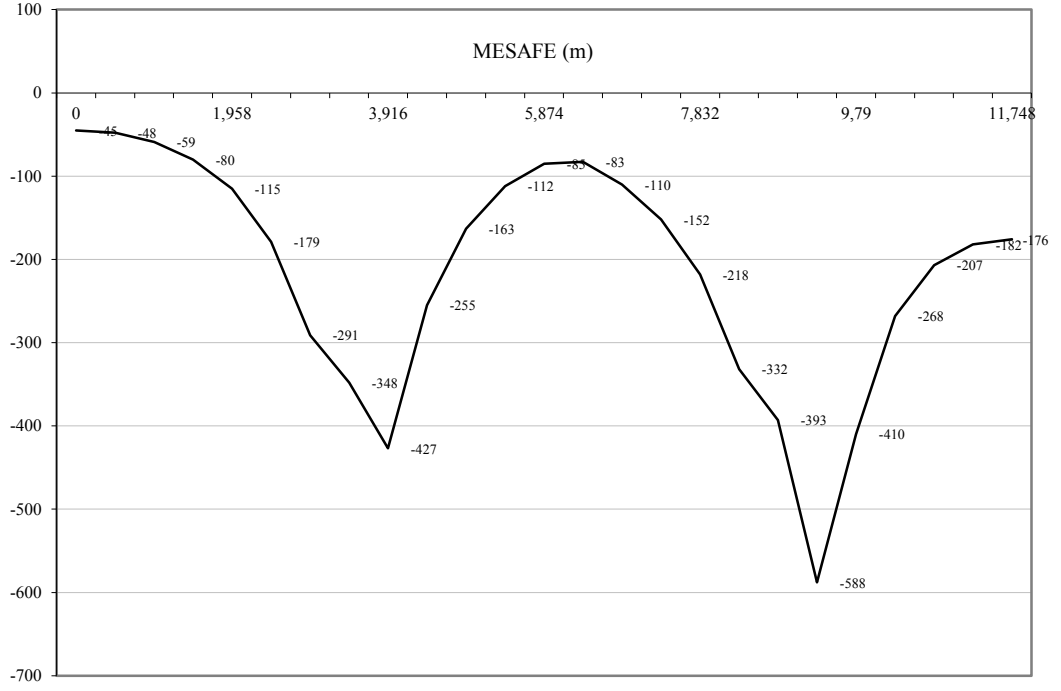
YÜKLEME		C=9 YÜKLEMESİ			C=10 YÜKLEMESİ		
Eleman No	Kolon	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)	N (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
22	PB14	-1876	763	8	-2576	31	211
18	SB12	-4219	740	12	-1618	35	281
14	SB10	-1713	201	22	-2115	12	971
7	SB7	-1031	134	1	-1589	7	526
4	SB4	-680	149	10	-1791	11	533
1	SB1	-2193	355	4	-1459	26	155
5	PB5	-158	208	1	-481	1	29
2	SB2	-2040	347	6	-1053	10	222
9	PB8	-1291	738	1	-1389	15	34
23	SB15	-447	179	54	-898	4	677
20	PB13	-1272	31	51	-687	2	938
6	SB6	-635	146	3	-853	3	611
3	SB3	-1581	142	24	-859	2	688
16	PB11	-1936	780	10	-193	3	192
12	PB9	-2821	799	2	-11	4	192
2004	PB4	-763	32	50	-351	2	734
2006	PB5	-386	10	49	-987	1	546
2001	PB1	-650	1079	2	-1288	68	22
2002	PB2	-430	320	1	-857	23	14
2003	PB3	-187	386	1	-58	1	40
2007	PB6	-1093	32	35	-1542	1	900
Σ		-27402	7571	347	-22655	262	8516



Grafik 13.12 A-A Aksı Moment Değişim Grafiği

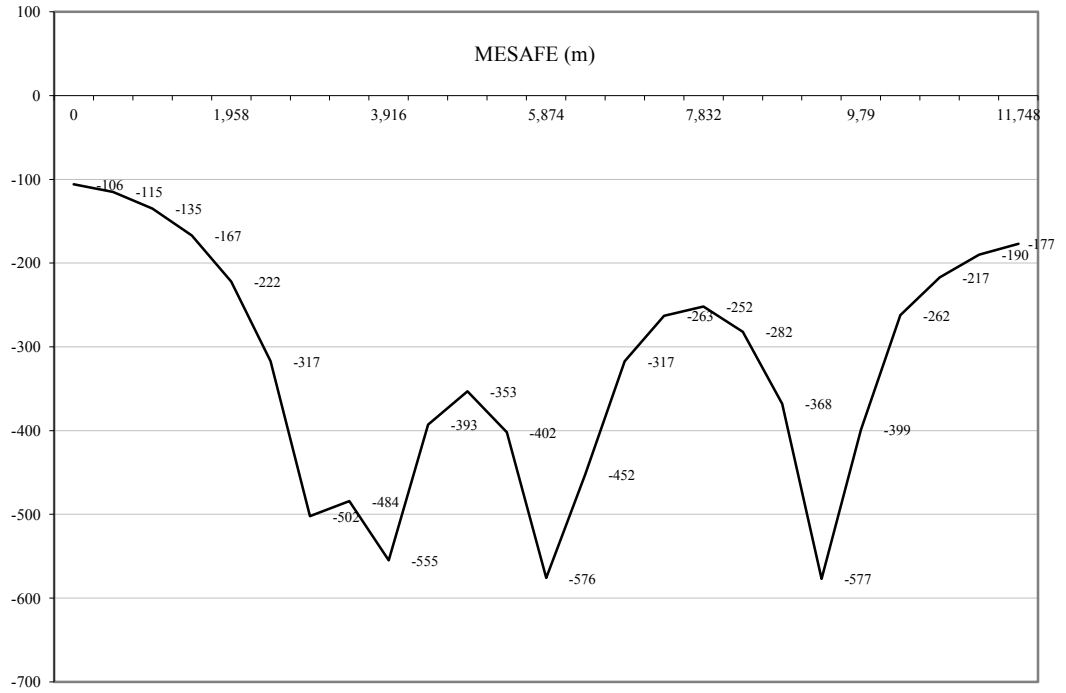


Grafik 13.13 B-B Aksı Moment Değişim Grafiği



MOMENT -M11 (kNm)

Grafik 13.14 1-1 Aksı Moment Değişim Grafiği



MOMENT -M11 (kNm)

Grafik 13.15 9-9 Aksı Moment Değişim Grafiği

Malzeme BS30/BÇIII

$$A_{smin} = 0,00175 \times 100 \times 70 = 13\text{cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \text{Ø18/15 (her iki doğrultuda)}$$

Tablo 13.45 A-A Aksı Kolon Şeridi Betonarme hesap

$Md$ (kNm)	$K (10^{-5})$	$ks$	$As$ ( $\text{cm}^2$ )	Mevcut	Gerekli
741	57	2,92	33	Ø18/15	A Ø20/20
1132	37	3,01	52	Ø18/15	A Ø24/12,5
566	75	2,88	25	Ø18/15	A Ø14/20
683	62	2,91	31	Ø18/15	A Ø20/20
644	66	2,9	29	Ø18/15	A Ø18/20

Tablo 13.46 B-B Aksı Kolon Şeridi Betonarme hesap

$Md$ (kNm)	$K (10^{-5})$	$ks$	$As$ ( $\text{cm}^2$ )	Mevcut	Gerekli
-172	246	2,81	7	Ø18/15	
343	123	2,85	15	Ø18/15	
570	74	2,89	25	Ø18/15	A Ø16/20

Tablo 13.47 1-1 Aksı Kolon Şeridi Betonarme hesap

$Md$ (kNm)	$K (10^{-5})$	$ks$	$As$ ( $\text{cm}^2$ )	Mevcut	Gerekli
291	145	2,84	13	Ø18/15	
427	99	2,86	19	Ø18/15	A Ø14/40
588	72	2,89	26	Ø18/15	A Ø16/20
410	103	2,86	18	Ø18/15	A Ø14/40

Tablo 13.48 9-9 Aksı Kolon Şeridi Betonarme hesap

$Md$ (kNm)	$K (10^{-5})$	$ks$	$As$ ( $\text{cm}^2$ )	Mevcut	Gerekli
291	145	2,84	13	Ø18/15	
427	99	2,86	19	Ø18/15	A Ø14/40
255	166	2,83	11	Ø18/15	
588	72	2,89	26	Ø18/15	A Ø16/20
410	103	2,86	18	Ø18/15	A Ø14/40

## BÖLÜM 14

### GÜÇLENDİRME SONRASI YAPININ DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ

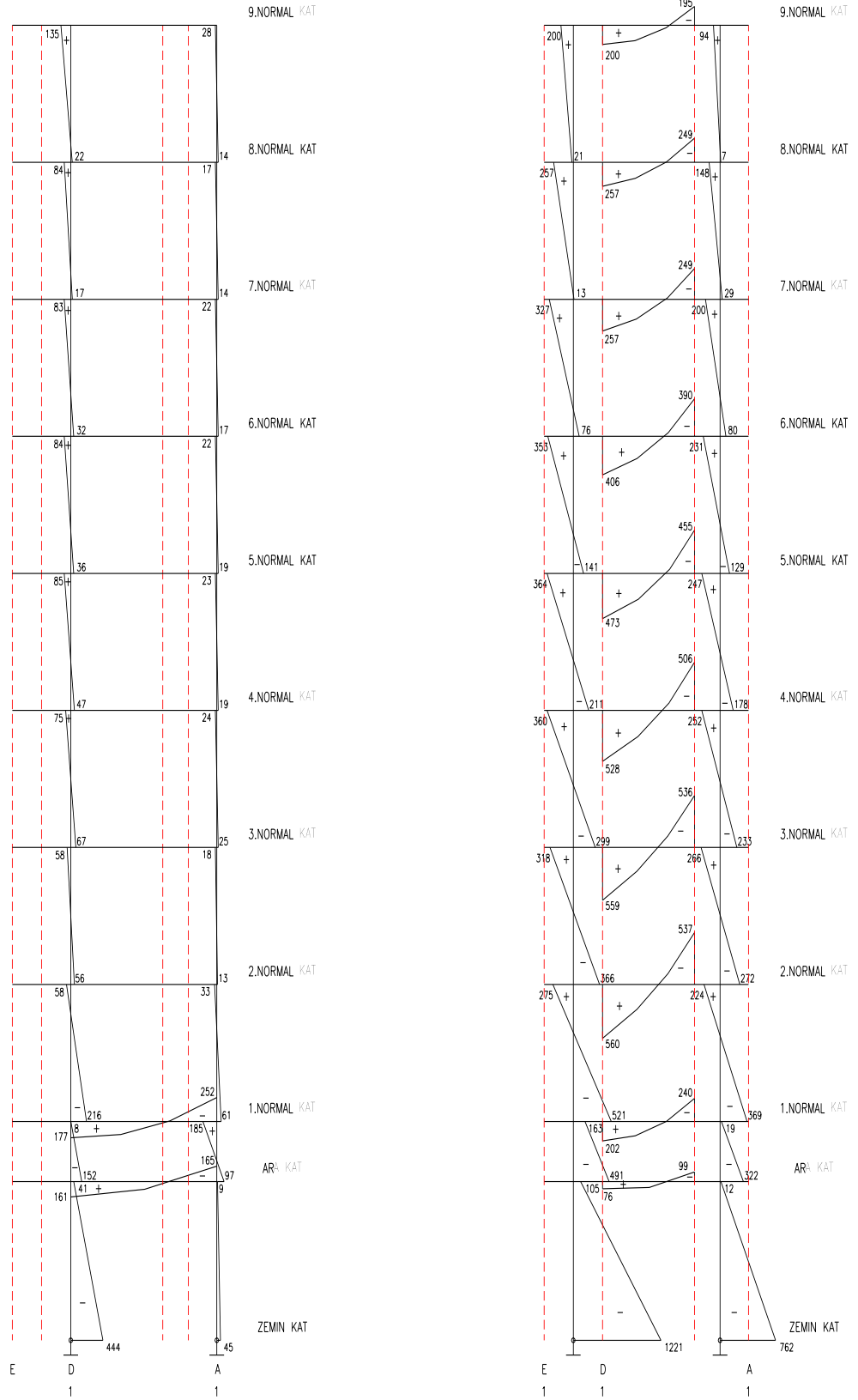
Bu bölümde yapının, güçlendirme sonrası dinamik karakteristiklerinde meydana gelen değişiklikler ve sisteme eklenen kirişlerin ne şekilde yapının yatay yük altındaki davranışını etkilediği incelenecek ve taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması yapılacaktır.

#### 14.1 TAŞIYICI SİSTEM KARŞILAŞTIRILMASI

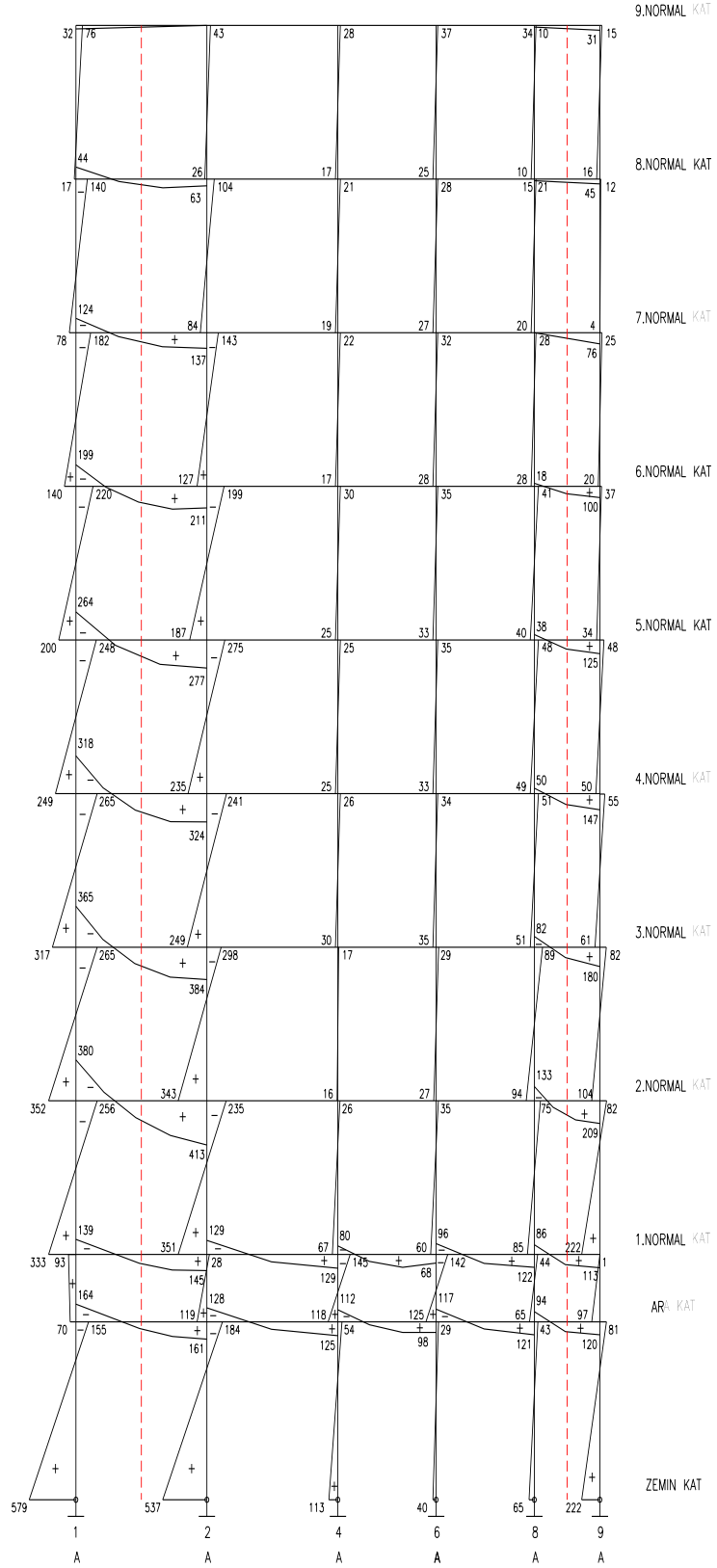
##### 14.1.1 MOMENT DİYAGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Burada, yapıda yapılan güçlendirmenin taşıyıcı elemanlardaki moment dağılımını nasıl değiştirdiğinin görülmesi amacıyla güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası x-x doğrultusunda A-A aksında C=9 (Düşey Yük+x-x Doğrultusunda Deprem) ve y-y doğrultusunda 1-1 aksında C=10 (Düşey Yük+y-y Doğrultusunda Deprem) yüklemeleri için moment diyagramları çizilmiştir.

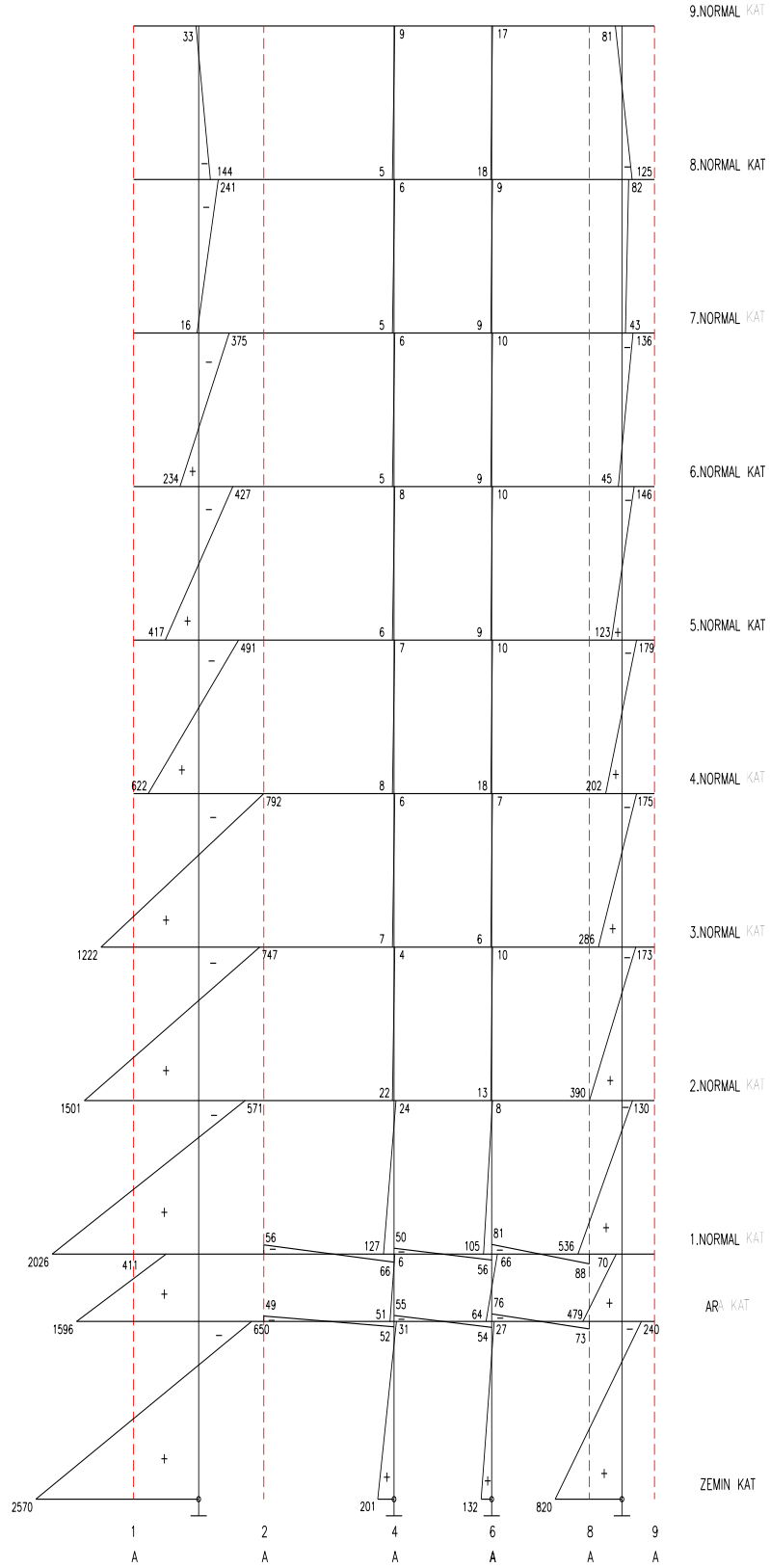
Çizilen moment diyagramlarından yapının güçlendirilmesiyle beraber eğilme momenti dağılımının değiştiği, kolonlardaki eğilme momentlerinin azaldığı ve eğilme momentlerini yapıya ilave edilen perdelerin aldığı görülmüştür (Şekil 14.1, 14.2, 14.3). Dolayısıyla güçlendirme öncesi moment kapasitesi yetersiz olan kolonlar, güçlendirme sonrası kolona gelen momentlerin azalmasıyla, normal kuvvet kapasitesi yeterli ise, güçlendirilmelerine gerek kalmayacaktır.



Şekil 14.1 Güçlendirme Öncesi ve Sonrası 1 Aksı Moment (kNm) Diyagramları (C=10 (Düşey Yük+y-y Doğrultusunda Deprem) Yükleme)



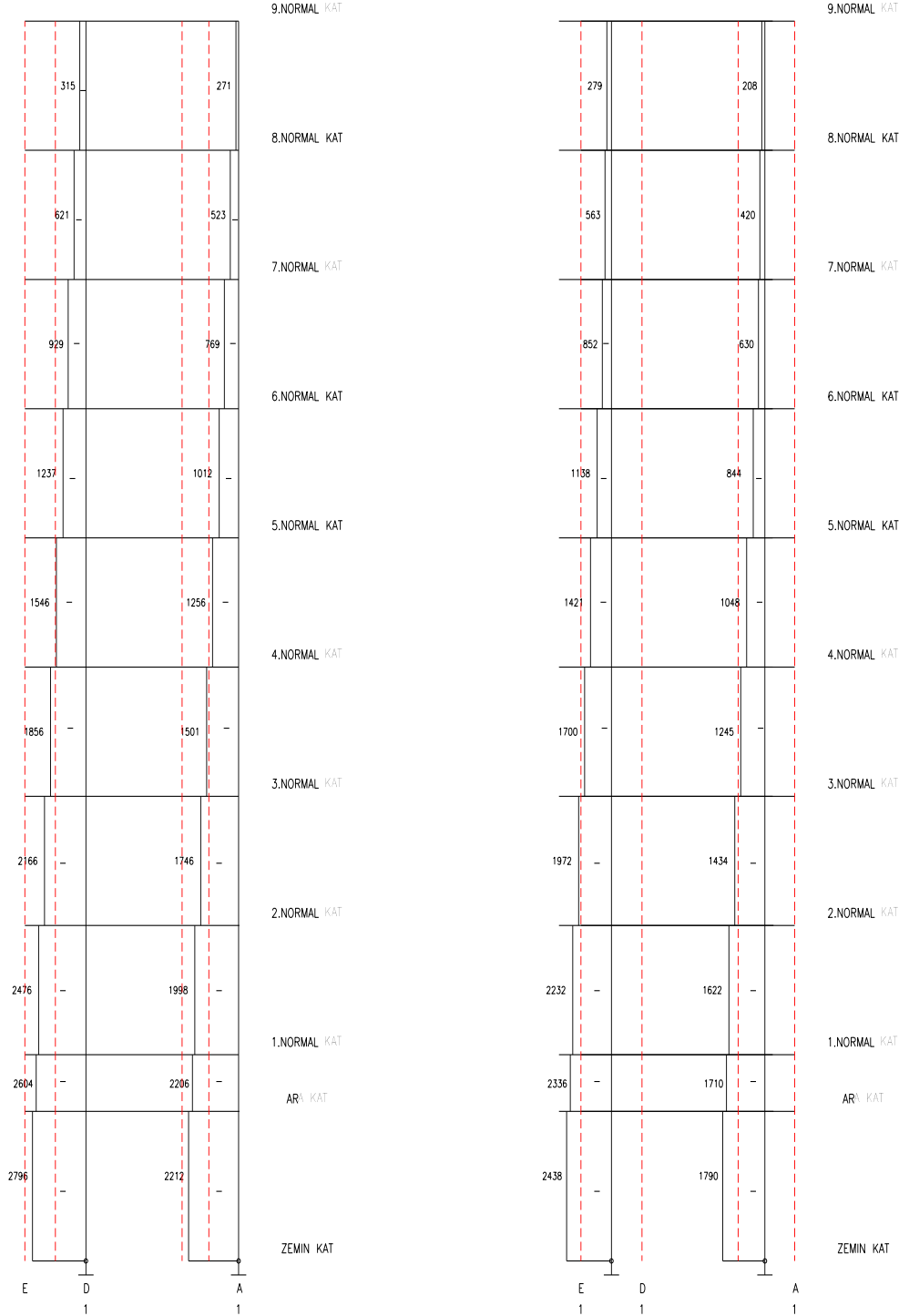
Şekil 14.2 Güçlendirme Öncesi A Aksı Moment (kNm) Diyagramı (C=9 (Düşey Yük+x-x Doğrultusunda Deprem) Yükleme)



Şekil 14.3 Güçlendirme Sonrası A Aksı Moment (kNm) Diyagramı (C=9 (Düşey Yük+x-x Doğrultusunda Deprem) Yüklemesi)

Diyagramlardan görüldüğü gibi güçlendirme öncesi yapıda kolonlarda oluşan eğilme momentleri daha büyüktür.Yapıya ilave edilen perdelerin deprem yüklerini önemli ölçüde aldığı burada açıkça görülmektedir.

#### 14.1.2 NORMAL KUVVET DİYAGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI



Şekil 14.4 Güçlendirme Öncesi ve Sonrası 1 Aksı Normal Kuvvet (kN) Diyagramları (C=3 (1,4G+1,6Q) Yüklemesi)

Bu başlık altında, yapılan güçlendirme sonucu kolonlardaki normal kuvvet dağılımlarının ve kolon kapasitelerinin değişimi incelenmektedir.

Bu amaçla güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası yapıda 1 aksına ait  $C=3$  (1,4G+1,6Q) yüklemesinden oluşan normal kuvvet diyagramları çizilmiş ve normal kuvvet dağılımındaki değişim ile kapasite değişimi gözlenmiştir (Şekil 14.4).

Örnek olarak zemin kattaki S06 kolonunun normal kuvvet taşıma kapasitesi güçlendirme öncesi 1575 kN iken mantolama sonrasında 5638 kN'a çıkmıştır. Görüldüğü üzere mantolama neticesinde kolonların normal kuvvet taşıma kapasitesinde büyük oranda artış meydana gelmektedir.

### **14.1.3 PERİYOT VE YERDEĞİŞTİRMELERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Periyot ve yerdeğıştirmeler, yapıların ve taşıyıcı sistemlerin rijitliğı hakkında bize bilgi veren karakteristiklerdir. Yapıların rijitliklerinin artmasıyla titreşim periyotları ve yer değıştirmeleri azalmaktadır. Burada güçlendirme öncesi ve sonrası taşıyıcı sisteme ait mod şekilleri çizilmiş, yatay yükler altındaki yer değıştirmeler şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 14.5, 14.6, 14.7, 14.8, 14.9, 14.10, 14.11, 14.12).

Mod şekillerinden görüleceğı üzere güçlendirme sonrasında mevcut yapıda bulunan burulma düzensizlikleri, sisteme eklenen perdelerle giderilmiştir. Ayrıca güçlendirme sonrası, yapı rijitliğinin artırıldığından, kat yerdeğıştirmelerinde ciddi azalmalar gözlenmiştir.

Periyot ve yerdeğıştirme şekillerinden de görüldüğü gibi mantolanan kolonlar ve sisteme eklenen perde ve kirişler sonucunda yapının titreşim periyotları ve yerdeğıştirmeleri azalmıştır. Güçlendirme öncesi yapı, kat yer değıştirmelerinde kesme tipi yapı davranışı göstermekle birlikte, taşıyıcı sisteme eklenen perdelerle yapı, güçlendirme sonrasında eğilme tipi yapı özelliğı kazanmıştır.

Şekil 14.5 Güçlendirme Öncesi 1.Mod Şekli (9.Normal Kat)

Şekil 14.6 Güçlendirme Sonrası 1.Mod Şekli (9.Normal Kat)

Şekil 14.7 Güçlendirme Öncesi 2.Mod Şekli (9.Normal Kat)

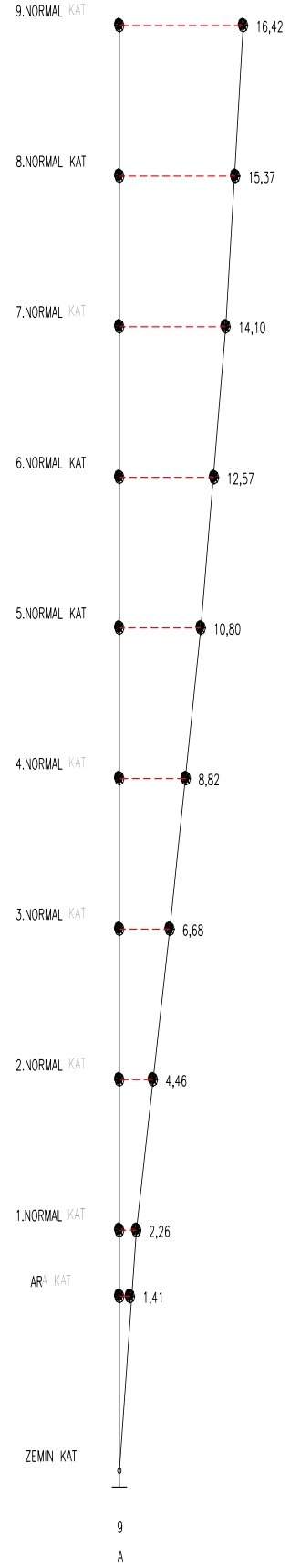
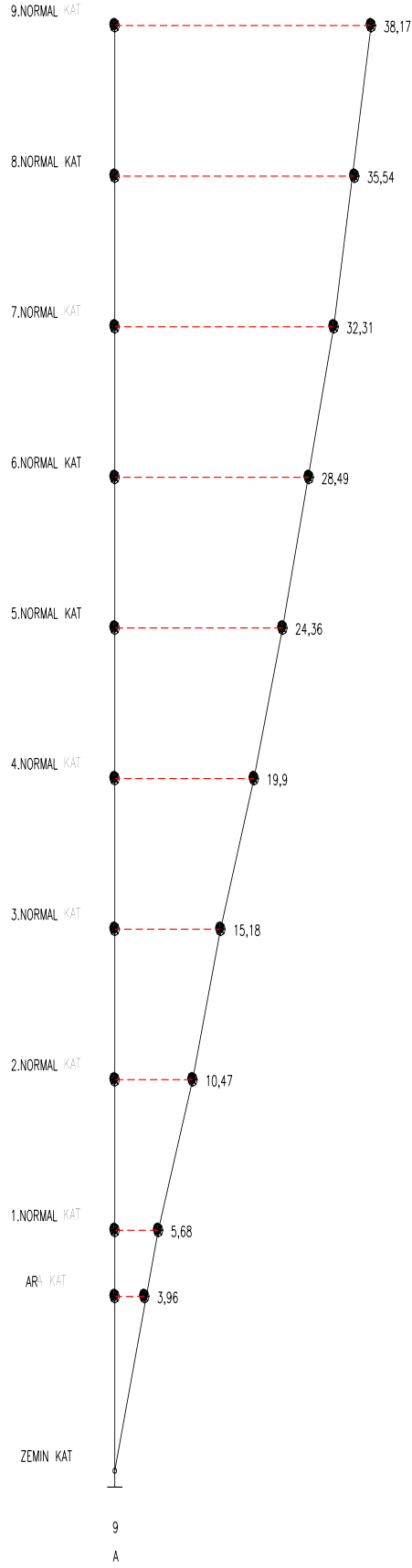
Şekil 14.8 Güçlendirme Sonrası 2.Mod Şekli (9.Normal Kat)

Şekil 14.9 Güçlendirme Öncesi 1.Mod Şekli (A Aksı)

Şekil 14.10 Güçlendirme Sonrası 1.Mod Şekli (A Aksı)

Şekil 14.11 Güçlendirme Öncesi 2.Mod Şekli (1 Aksı)

Şekil 14.12 Güçlendirme Sonrası 2.Mod Şekli (1 Aksı)



Şekil 14.13 Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yerdeğistirmeler (x10<sup>-3</sup>m)  
(Dinamik Hesap Yükleme y-y Doğrultusu)

## 14.2 SİSTEME EKLENEN KİRİŞLERİN YAPIYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Taşıyıcı sisteme çerçeve oluşturacak şekilde eklenen kirişlerin yerdeğiştirmeleri ve periyotları ne şekilde değiştirdiğinin incelenmesi amacıyla kirişli güçlendirilmiş yapı ile kirişsiz güçlendirilmiş yapı karşılaştırılmıştır.

### 14.2.1 PERİYOTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Tablo 14.1 Güçlendirilmemiş Yapı, Güçlendirilmiş Kiriş İlaveli Yapı ve Güçlendirilmiş Kiriş İlavesiz Yapı Periyotları

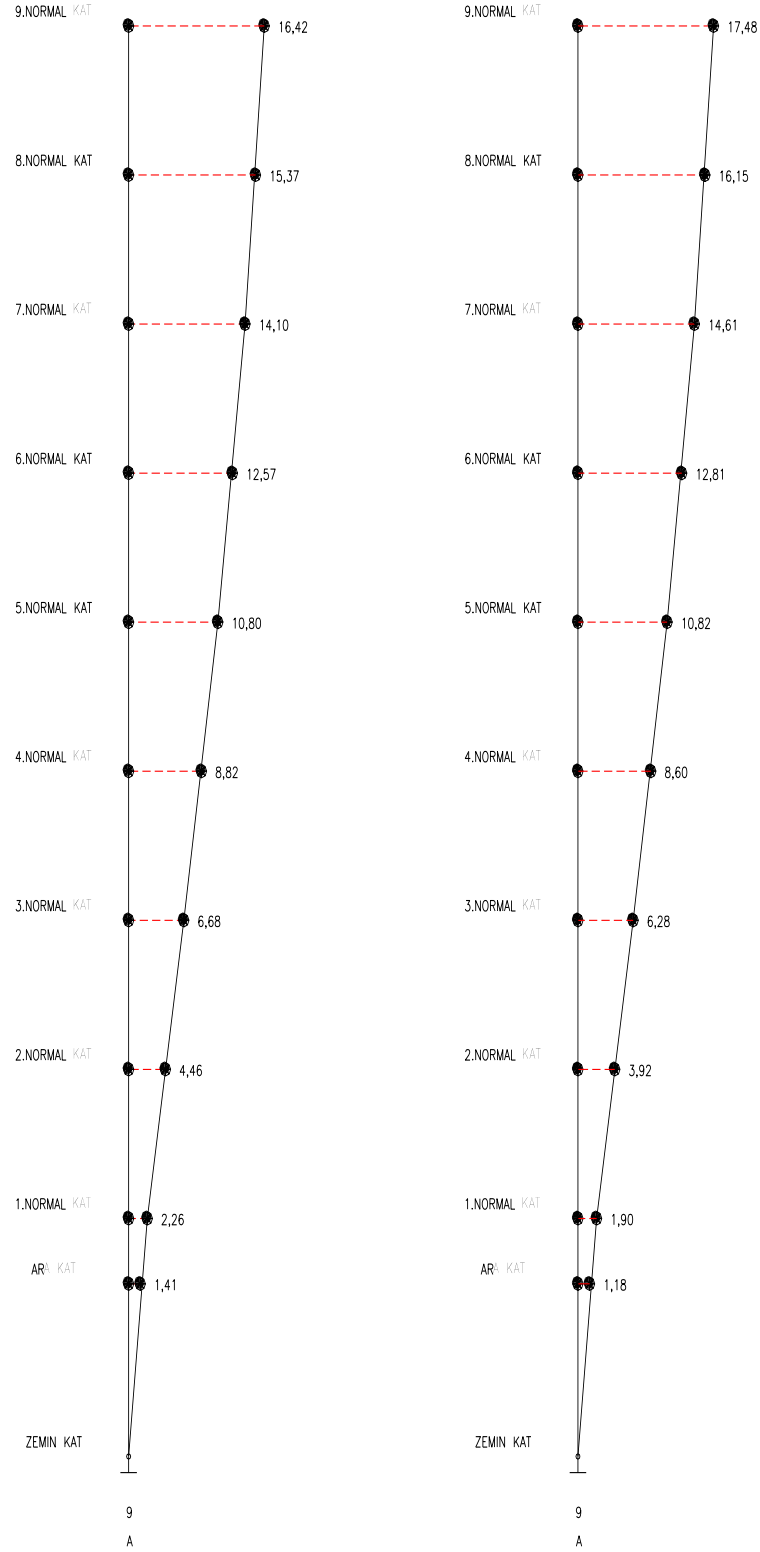
<i>Yapı</i>	<i>T<sub>ly</sub> (sn)</i>	<i>T<sub>lx</sub> (sn)</i>
Güçlendirilmemiş Yapı	1,16	0,93
Güçlendirilmiş Kiriş İlaveli Yapı	0,70	0,57
Güçlendirilmiş Kiriş İlavesiz Yapı	0,88	0,62

Tablo 14.1'den görüleceği gibi sisteme eklenen kirişler yapının yan al rijitliğini artırdığından yapının periyodunu, kirişsiz güçlendirilmiş yapıya göre daha da azaltmıştır. Ayrıca Şekil 14.14'ten anlaşılacağı şekilde sisteme eklenen kirişler yerdeğiştirmeleri de azaltmıştır.

Güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası sistemlerin karşılaştırılmasıyla, yapının şekil değiştirmeleri önemli ölçüde azalmış, periyot ve görel i kat ötelemeleri de önemli ölçüde küçülmüştür. Bu durumda sisteme eklenen taşıyıcı elemanların sünek davranışını sağlamak için bu elemanların donatılandırılmasında, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te belirtilen sünek tasarım ilkelerine uyularak yapılmıştır. Projenin uygulanması durumunda bu elemanların donatı aplikasyonları yapılırken bu hususlara dikkat edilmeli ve aplikasyon projede verilen detaylara uyularak yapılmalıdır.

Kirişlerin ve deprem perdelerinin yapıya ilave edilmesi ve kapasitesi yetersiz kolonların mantolanması ile yapıda yatay yük dağılımı değişmiş ve deprem yüklerinin çoğu perdeler e taşıtırılmıştır. Deprem kuvvetlerinin çoğunu perdelerin

almasıyla kolonlardaki kesme kuvveti, eğilme momenti ve normal kuvvet değerlerinde belirgin azalmalar olmuştur.



Şekil 14.14 Kirişli Güçlendirilmiş Yapı ve Kirişsiz Güçlendirilmiş Yapı Yerdeğiştirmeleri ( $\times 10^{-3}m$ ) (Dinamik Hesap Yüklemesi y-y Doğrultusu)

## BÖLÜM 15

### MALİYET

Bir yapının onarım veya güçlendirilmesine karar verilirken belirleyici etkenlerin başında gelen maliyet, bazı durumlarda hiç göz önüne alınmadan binanın onarım veya güçlendirilmesine karar verilebilir. Bunlar;

- Binanın onarım ve güçlendirilmesi esnasında binada bulunanların faaliyetlerini devam ettirmeleri gerektiğinde (itfaiye, Hızır acil vb. kuruluş binaları)
- Binanın yıkılarak yeniden yapılmasının imkansız olduğu durumlarda (binanın tarihi eser olması hali)
- Binanın kısa zamanda eski faaliyetine kavuşturulmasının istendiği durumlarda (binanın yıkılarak yeniden yapılması, binanın onarım veya güçlendirilmesinden daha uzun süre gerektirdiğinden)

### 15.1 ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALİYETİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından onarım ve güçlendirme çalışmaları tamamlanan Kartal İtfaiye Binası bodrum, zemin, asma, normal kattan oluşan, toplam yapı alanı 3441 m<sup>2</sup> olan bir betonarme yapıdır. Bina 1997 yılında yapılmasına rağmen deprem yönetmeliğinin öngördüğü koşulları sağlamaması ve düşük beton ve işçilik kalitesi nedeniyle güçlendirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca doğal afetlerde insanların yardımına ilk koşacak olan itfaiye teşkilatının barındığı binanın depremde ayakta kalması ve hasar görmemesinin gerekliliği binanın güçlendirilmesi kararının alınmasında etkili bir faktördür.

Hazırlanan güçlendirme projesine göre sisteme yapı yüksekliği boyunca perde ilaveleri, bodrum, zemin ve asma katta tüm kolonların mantolanması ve kısmı radye ilaveleri öngörülmüştür.

Binanın onarım ve güçlendirme maliyeti 2002 yılı birim fiyatları ile 680.775.756.034.-TL dir. Bu fiyata, kaba inşaat kalemlerinin (kalıp, demir, beton, ankraj v.b) yanında binanın güçlendirilmesi esnasında bozulan tesisatlarının yenilenmesi, yıkılan duvarların, kırılan döşemelerin yeniden yapılması ve binanın komple boyanması dahil, proje bedelleri ve KDV hariçtir.

2002 yılı birim fiyatları ile yapının  $1m^2$  sinin güçlendirme maliyeti;  $680.775.756.034.-TL / 3441 m^2 = 197.842.417.-TL / m^2$  dir. Bu maliyet 2002 yılı yapı yaklaşık birim maliyeti (3B grubu yapılar) olan  $260.700.000.-TL / m^2$  ye oranlandığında  $197.842.417.-TL / 260.700.000.-TL = \% 75$  sonucu ortaya çıkmaktadır. Yani binanın onarım ve güçlendirilmesinin maliyeti binanın yeniden yapım maliyetinin  $\% 75$  ne tekabül etmektedir.

Bu maliyete etki eden kalemlere bakıldığında 144.646.030.318.-TL ile kolonlarda her yüzde ikişer adet olmak üzere otuzar santim ara ile kolon yüksekliği boyunca uygulanan “Kolon ve Kirişlere Epoksi İle Filiz Ekimi” imalatı başı çekmektedir. Bu imalatın toplam maliyete etkisi  $144.646.030.318.-TL / 680.775.756.034.-TL = \% 21$  dir. Dört taraftan mantolanan kolonlarda bu kadar fazla sayıda ankrajın gerekliliği tartışılabilir.

Ayrıca tüm kolonların bodrum+iki katlı bir yapıda, normal kat haricindeki tüm katlarda mantolanması maliyeti arttırıcı diğer bir etkindir.

Tablo 15.1 den görüleceği üzere onarım ve güçlendirme çalışmaları tamamlanmış beş ayrı binanın birim maliyetleri, seçilen güçlendirme tipine ve mevcut binanın durumuna göre değişken olmaktadır. Fakat göze çarpan husus Kartal İtfaiye Binası dışındaki dört binanın  $m^2$  maliyeti, yeni bina maliyetinden yüksektir. Yani bu binaların yıkılarak yeniden yapılması mühendislik açısından tercih edilecek husus olmasına rağmen tercih edilmemiştir.

Şekil 15.1 Güçlendirme Temel Kalıp Planı

Şekil 15.2 Güçlendirme Sonrası Bodrum Kat Tavanı Kalıp Planı

Şekil 15.3 Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı

Şekil 15.4 Güçlendirme Sonrası Asma Kat Tavanı Kalıp Planı

Şekil 15.5 Güçlendirme Sonrası Normal Kat Tavanı Kalıp Planı

Şekil 15.6 Güçlendirme Sonrası Bodrum Kat Planı

Şekil 15.7 Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Planı

Şekil 15.8 Güçlendirme Sonrası Asma Kat Planı

Şekil 15.9 Güçlendirme Sonrası Normal Kat Planı

Şekil 15.10 Güçlendirme Sonrası I-I Kesiti



## EK-A

### DEPREM HASARI İNCELEME VE BELİRLEME FORMU

#### 1. GENEL BİLGİLER

Bina No	:	
Bina Adı	:	
Binanın Bulunduğu İl	:	
Adres	:	
Sahibi	:	Tel :
İnşaa Yılı	:	
Proje Tarihi	:	
Deprem Bölgesi	:	
Mülkiyet Durumu	:	
Projeler	:	Mimari E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> Statik E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>
Tarihi Değeri Var mı?	:	E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> Temel Projesi Var mı? E <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>
Bina Koordinatları	:	

#### İNCELEME EKİBİ

Görünüş 1

Görünüş 2

Plan / Kroki

## 2. BİNA BİLGİLERİ

Katlar	Adedi	Kat Yüksekliği (m)	Kat Alanı (m <sup>2</sup> )	Kullanım Amacı
Bodrum				
Zemin				
Asma				
Normal kat				
Çekme kat				

Konum : Bağımsız  Bitişik, kenar bina  Bitişik, orta bina   
Komşu binalarla derz : Var  Yok  Belirlenemedi   
Komşu binalarla kat seviyesi : Aynı  Farklı

Düzensizlik Durumları	Planda	Kesitte
A1 : Burulma düzensizliği	<input type="checkbox"/>	B1 : Dayanım (zayıf kat) düzensizliği <input type="checkbox"/>
A2 : Döşeme süreksizliği	<input type="checkbox"/>	B2 : Rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği <input type="checkbox"/>
A3 : Planda çıkıntılar bulunması	<input type="checkbox"/>	B3 : Düşey eleman süreksizliği <input type="checkbox"/>
A4 : Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 3. ZEMİN ve TEMEL BİLGİLERİ

Temel sistemi	:	Tekil temel <input type="checkbox"/>	Sürekli temel <input type="checkbox"/>	Radye temel <input type="checkbox"/>		
		Kazıklı temel <input type="checkbox"/>	Duvar altı temeli (yığma binalarda) <input type="checkbox"/>			
Bağ kirişi	:	Var <input type="checkbox"/>	Yok <input type="checkbox"/>	Belirlenemedi <input type="checkbox"/>		
Temel Alt Kotu	:					
Zemin Emniyet Gerilmesi	:					
Zemin Türü	:	Z1 <input type="checkbox"/>	Z2 <input type="checkbox"/>	Z3 <input type="checkbox"/>	Z4 <input type="checkbox"/>	Belirlenemedi <input type="checkbox"/>

## 4. TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ

Taşıyıcı Sistem Türü	:	Betonarme çerçeve <input type="checkbox"/>	
	:	Betonarme çerçeve + perde <input type="checkbox"/>	
	:	Tünel kalıp <input type="checkbox"/>	
	:	Yığma (kargir) yapı <input type="checkbox"/>	

Betonarme Yapılarda Dolgu	:	Boşluklu fabrika tuğlası <input type="checkbox"/>	
Duvar Malzemesi	:	Dolu fabrika tuğlası <input type="checkbox"/>	
	:	Beton briket <input type="checkbox"/>	
	:	Harman tuğlası <input type="checkbox"/>	
	:	Gazbeton blok veya panel <input type="checkbox"/>	
	:	Diğer (açıklayınız) <input type="checkbox"/>	

Betonarme veya Kargir Yapılarda : Taş (Kesme veya moloz) kargir

<b>Bodrum Perdesi Malzemesi</b>	:	Betonarme Perde	<input type="checkbox"/>
	:	Harman veya dolu fabrika tuğlası	<input type="checkbox"/>
	:	Beton briket	<input type="checkbox"/>
	:	Diğer (açıklayınız)	<input type="checkbox"/>

<b>Kargir Yapılarda Taşıyıcı Duvar veya Sistem Malzemesi</b>	:	Taş ( kesme veya moloz )	<input type="checkbox"/>
	:	Harman tuğlası	<input type="checkbox"/>
	:	Dolu fabrika tuğlası	<input type="checkbox"/>
	:	Beton briket	<input type="checkbox"/>
	:	Ahşap destekli karma duvar	<input type="checkbox"/>
	:	Gazbeton blok	<input type="checkbox"/>
	:	Diğer (açıklayınız)	<input type="checkbox"/>

<b>Kargir Yapılarda Hatıl Durumu</b>	:	Döşeme hizasında sürekli hatıl	<input type="checkbox"/>
	:	Düşey hatıl	<input type="checkbox"/>
	:	Pencere altı hatıl	<input type="checkbox"/>
	:	Kapı / pencere üstlerinde sürekli hatıl	<input type="checkbox"/>
	:	Kapı / pencere üstünde sadece lento	<input type="checkbox"/>

<b>Kargir Yapılarda Harç Malzemesi</b>	:	Çimento harcı	<input type="checkbox"/>
	:	Kireç veya horosan harcı	<input type="checkbox"/>

<b>Betonarme veya Kargir Yapılarda Döşeme Sistemi</b>	:	Kirişli plak döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Asmolen dolgulu dişli (nervürlü) döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Dolgunsuz dişli (nervürlü) döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Kirişsiz plak döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Dolgulu veya dolgunsuz kaset döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Betonarme mantar döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Ahşap döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Çelik taşıyıcılı döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Prefabrik döşeme	<input type="checkbox"/>
	:	Diğer (açıklayınız)	<input type="checkbox"/>

<b>Katlardaki Tüm Döşemeler Aynı Malzeme İle İmal Edilmiş mi?</b>	:	Evet	<input type="checkbox"/>	Hayır	<input type="checkbox"/>	Belirlenemedi	<input type="checkbox"/>
<b>Değilse Farklı Katları Açıklayınız</b>	:						

## 5. MALZEME BİLGİLERİ



Değerlendirme Konusu		Notlar ve Açıklamalar	Puan
			0=kötü,5=iyi
Binanın Halihazır Kalite Genellemesi			
Malzeme Kalitesi	Beton		
	Çelik		
	Dolgu		
Sistem Zayıflıkları	Kısa Kolon		
	Yumuşak Kat		
	Zayıf Kat		
Kolon/Kiriş Birleşim Bölgelerinde Eksenel Birleşme Sorunu Var mı?			
Her Yönde En Az İki Açıklık Var mı?			
Binanın Yan Binalara Çarpma Olasılığı Nedir?			
Katları Mimarileri Çok Farklı mı? Dolgu Duvar Süreksizliği Var mı?			
Yapıda Korozyon Sorunu Var mı?			
Düşey Taşıyıcılarda Süreksizlik Var mı?			
Yatay Yük Taşıyıcı Sistemi Yeterli mi?			
Diğer Hususlar			

## 7. PROJE VE RÖLEVE SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kontrol Kategorisi	Açıklamalar
Kiriş Donatısı Bindirme Boyları (projeden)	
Kiriş Etriye Aralıkları (röleveden)	
Kolon Donatısı Bindirme Boyları (projeden)	
Kolon Etriye Aralıkları (röleveden)	
Birleşim Bölgesi Donatı Detayı (projeden)	
Dolgu Duvarları Kiriş Altına Kadar Çıkıyor mu?	
Kolon Temel Bağlantıları (projeden)	
Merdiven Bağlantıları (röleveden)	
Kirişlerin Planda Sürekliliği (projeden)	
Yangın Merdiveni Bağlantısı (röleveden)	

## 8. HASARIN DERECESESİ

A- Yapısal (taşıyıcı) Elemanlar

1- Yok	2- Hafif	3- Orta	4- Ağır	5- Ciddi	
		:	Taşıyıcı Duvar		
		:	Kolonlar		
		:	Kirişler		
		:	Kolon-Kiriş Birleşim Yerleri		
		:	Perde Duvarlar		
		:	Merdivenler		
		:	Döşemeler		
		:	Çatı		

B- Yapısal (taşıyıcı) Olmayan Elemanlar					
1- Yok	2- Hafif	3- Orta	4- Ağır	5- Ciddi	
		:	İç Duvarlar		
		:	Bölmeler		
		:	Dış Duvarlar (cephe)		
		:	Elektrik Tesisatı		
		:	Sıhhi Tesisat		

C- Yapının Tümüde Hasar					
1- Yok	2- Hafif	3- Orta	4- Ağır	5- Ciddi	

D- Gözlenen Zemin Stabilitesi					
		:	Yok		
		:	Hafif Oturmalar		
		:	Çok Oturmalar		
		:	Sıvılaşma		
		:	Arazi Kayması		
		:	Kaya Düşmeleri		
		:	Faylanma		
		:	Diğer (açıklayınız)		

E- Acil Önlemler için Öneriler					
		:	Yok		
		:	Yerel Hasar Giderilmeli		
		:	Bina Çökmeye Karşı Boşaltılmalı		
		:	Onarım/Güçlendirme Projeleri Hazırlanmalı		
		:	Yıkılmalı		
		:	Diğer (açıklayınız)		

## 9. CAN VE MAL KAYIPLARI

A- Maddi Hasarlar					

( 1 ) Binanın Tahmin Edilen Şimdiki Değeri

.-TL

( 2 ) Tahmini Değer Kaybı

%

**B- Yaralanmalar ve Can Kayıpları**

: Yok

: Muhtemel

: Var

( 1 ) Ölü Sayısı

( 2 ) Yaralı Sayısı


## EK-B

### GÜÇLENDİRME ÖNCESİ SİSTEM SAP90 INPUT DATASI

C BIRIMLER kN, METRE

YUKSEK LISANS TEZİ (GUÇLENDİRME ÖNCESİ SON HAL)

SYSTEM

Z=9 L=14

JOINTS

C KOLON DN

1	X=17.25	Y=7.575	Z=0	:S1
51	X=17.25	Y=7.575	Z=3.30	:K101 E, K110 E
101	X=17.25	Y=7.575	Z=4.55	
201	X=17.25	Y=7.575	Z=7.40	
901	Z=27.35	G=201, 901, 100		
2	X=17.25	Y=4.20	Z=0	:S2, K303 E
52	X=17.25	Y=4.20	Z=3.30	:K101 S, K102 E
102	X=17.25	Y=4.20	Z=4.55	
202	X=17.25	Y=4.20	Z=7.40	
902	Z=27.35	G=202, 902, 100		
3	X=17.25	Y=2.075	Z=0	:S3, K303 S, K304 E
53	X=17.25	Y=2.075	Z=3.30	:K102 S, K115 E
103	X=17.25	Y=2.075	Z=4.55	
203	X=17.25	Y=2.075	Z=7.40	
903	Z=27.35	G=203, 903, 100		
4	X=15.20	Y=7.575	Z=0	:S4, K305 S, K306 E
54	X=15.20	Y=7.575	Z=3.30	:K109 E, K110 S
104	X=15.20	Y=7.575	Z=4.55	
204	X=15.20	Y=7.575	Z=7.40	
904	Z=27.35	G=204, 904, 100		
5	X=15.20	Y=4.20	Z=0	:PS5, K306 S
105	X=15.20	Y=4.20	Z=4.55	
205	X=15.20	Y=4.20	Z=7.40	
905	Z=27.35	G=205, 905, 100		
6	X=13.10	Y=2.075	Z=0	:S6, K307 S, K308 E
56	X=13.10	Y=2.075	Z=3.30	:K114 E, K115 S
106	X=13.10	Y=2.075	Z=4.55	
206	X=13.10	Y=2.075	Z=7.40	
906	Z=27.35	G=206, 906, 100		
7	X=12.575	Y=7.575	Z=0	:S7, K309 S, K310 E
57	X=12.575	Y=7.575	Z=3.30	:K108 E, K109 S
107	X=12.575	Y=7.575	Z=4.55	
207	X=12.575	Y=7.575	Z=7.40	
907	Z=27.35	G=207, 907, 100		
58	X=9.35	Y=3.175	Z=3.30	:K111 E, PS8 S, K314 S
108	X=9.35	Y=3.175	Z=4.55	
208	X=9.35	Y=3.175	Z=7.40	
908	Z=27.35	G=208, 908, 100		
9	X=10.05	Y=3.175	Z=0	:PS8
59	X=10.05	Y=3.175	Z=3.30	
109	X=10.05	Y=3.175	Z=4.55	
209	X=10.05	Y=3.175	Z=7.40	

909 Z=27.35 G=209,909,100  
 60 X=10.85 Y=3.175 Z=3.30 :K103 E, PS8 E, K311 S, K312 E  
 110 X=10.85 Y=3.175 Z=4.55  
 210 X=10.85 Y=3.175 Z=7.40  
 910 Z=27.35 G=210,910,100  
 61 X=10.05 Y=0.325 Z=3.30 :PS9 S  
 111 X=10.05 Y=0.325 Z=4.55  
 211 X=10.05 Y=0.325 Z=7.40  
 911 Z=27.35 G=211,911,100  
 12 X=10.45 Y=0.325 Z=0 :PS9  
 62 X=10.45 Y=0.325 Z=3.30  
 112 X=10.45 Y=0.325 Z=4.55  
 212 X=10.45 Y=0.325 Z=7.40  
 912 Z=27.35 G=212,912,100  
 63 X=10.85 Y=0.325 Z=3.30 :K103 S, PS9 E, K312 S  
 113 X=10.85 Y=0.325 Z=4.55  
 213 X=10.85 Y=0.325 Z=7.40  
 913 Z=27.35 G=213,913,100  
 14 X=9.35 Y=7.575 Z=0 :S10, K313 S, K314 E  
 64 X=9.35 Y=7.575 Z=3.30 :K107 E, K108 S  
 114 X=9.35 Y=7.575 Z=4.55  
 214 X=9.35 Y=7.575 Z=7.40  
 914 Z=27.35 G=214,914,100  
 65 X=7.65 Y=0.325 Z=3.30 :K104 S, PS11 S, K315 S  
 115 X=7.65 Y=0.325 Z=4.55  
 215 X=7.65 Y=0.325 Z=7.40  
 915 Z=27.35 G=215,915,100  
 16 X=8.05 Y=0.325 Z=0 :PS11  
 66 X=8.05 Y=0.325 Z=3.30  
 116 X=8.05 Y=0.325 Z=4.55  
 216 X=8.05 Y=0.325 Z=7.40  
 916 Z=27.35 G=216,916,100  
 67 X=8.45 Y=0.325 Z=3.30 :PS11 E  
 117 X=8.45 Y=0.325 Z=4.55  
 217 X=8.45 Y=0.325 Z=7.40  
 917 Z=27.35 G=217,917,100  
 18 X=5.825 Y=7.575 Z=0 :S12, K316 S, K317 E  
 68 X=5.825 Y=7.575 Z=3.30 :K106 E, K107 S  
 118 X=5.825 Y=7.575 Z=4.55  
 218 X=5.825 Y=7.575 Z=7.40  
 918 Z=27.35 G=218,918,100  
 69 X=5.825 Y=1.80 Z=3.30 :K112 E, K113 S, PS13 S, K318 E  
 119 X=5.825 Y=1.80 Z=4.55  
 219 X=5.825 Y=1.80 Z=7.40  
 919 Z=27.35 G=219,919,100  
 20 X=5.825 Y=2.075 Z=0 :PS13  
 70 X=5.825 Y=2.075 Z=3.30  
 120 X=5.825 Y=2.075 Z=4.55  
 220 X=5.825 Y=2.075 Z=7.40  
 920 Z=27.35 G=220,920,100  
 71 X=5.825 Y=3.175 Z=3.30 :K111 S, PS13 E, K317 S  
 121 X=5.825 Y=3.175 Z=4.55  
 221 X=5.825 Y=3.175 Z=7.40

921 Z=27.35 G=221, 921, 100  
 22 X=1.875 Y=7.575 Z=0 :PS14  
 72 X=1.875 Y=7.575 Z=3.30 :K105 E, K106 S  
 122 X=1.875 Y=7.575 Z=4.55  
 222 X=1.875 Y=7.575 Z=7.40  
 922 Z=27.35 G=222, 922, 100  
 23 X=1.875 Y=2.075 Z=0 :S15, K319 E  
 73 X=1.875 Y=2.075 Z=3.30 :K105 S, K112 S  
 123 X=1.875 Y=2.075 Z=4.55  
 223 X=1.875 Y=2.075 Z=7.40  
 923 Z=27.35 G=223, 923, 100  
 C ZEMIN VE NORMAL KAT TAVANI KIRIS DN  
 124 X=19.00 Y=4.20 Z=4.55 :AK S  
 224 X=19.00 Y=4.20 Z=7.40 :K301 S, K302 E  
 924 Z=27.35 G=224, 924, 100  
 125 X=19.00 Y=7.575 Z=4.55 :AK E  
 225 X=19.00 Y=7.575 Z=7.40 :K301 E  
 925 Z=27.35 G=225, 925, 100  
 126 X=19.00 Y=2.075 Z=4.55 :AK S  
 226 X=19.00 Y=2.075 Z=7.40 :K302 S  
 926 Z=27.35 G=226, 926, 100  
 127 X=17.25 Y=0.325 Z=4.55 :K204 S  
 227 X=17.25 Y=0.325 Z=7.40 :K304 S  
 927 Z=27.35 G=227, 927, 100  
 128 X=15.20 Y=9.10 Z=4.55 :K205 E  
 228 X=15.20 Y=9.10 Z=7.40 :K305 E  
 928 Z=27.35 G=228, 928, 100  
 229 X=15.20 Y=5.50 Z=7.40 :K306 M  
 929 Z=27.35 G=229, 929, 100  
 130 X=13.10 Y=4.20 Z=4.55  
 230 X=13.10 Y=4.20 Z=7.40 :K307 E  
 930 Z=27.35 G=230, 930, 100  
 131 X=13.10 Y=0.325 Z=4.55  
 231 X=13.10 Y=0.325 Z=7.40 :K308 S  
 931 Z=27.35 G=231, 931, 100  
 132 X=12.575 Y=9.10 Z=4.55  
 232 X=12.575 Y=9.10 Z=7.40 :K309 E  
 932 Z=27.35 G=232, 932, 100  
 233 X=12.575 Y=5.50 Z=7.40 :K310 S  
 933 Z=27.35 G=233, 933, 100  
 234 X=10.85 Y=4.20 Z=7.40 :K311 E  
 934 Z=27.35 G=234, 934, 100  
 135 X=9.35 Y=9.10 Z=4.55  
 235 X=9.35 Y=9.10 Z=7.40 :K313 E  
 935 Z=27.35 G=235, 935, 100  
 136 X=9.35 Y=4.20 Z=4.55  
 236 X=9.35 Y=4.20 Z=7.40 :K314 M1  
 936 Z=27.35 G=236, 936, 100  
 237 X=9.35 Y=5.50 Z=7.40 :K314 M2  
 937 Z=27.35 G=237, 937, 100  
 89 X=7.65 Y=1.80 Z=3.30 :K104 M, K113 E  
 139 X=7.65 Y=1.80 Z=4.55  
 239 X=7.65 Y=1.80 Z=7.40 :K315 M

939 Z=27.35 G=239,939,100  
 90 X=7.65 Y=3.175 Z=3.30 :K104 E, K111 M  
 140 X=7.65 Y=3.175 Z=4.55  
 240 X=7.65 Y=3.175 Z=7.40 :K315 E  
 940 Z=27.35 G=240,940,100  
 141 X=5.825 Y=9.10 Z=4.55  
 241 X=5.825 Y=9.10 Z=7.40 :K316 E  
 941 Z=27.35 G=241,941,100  
 142 X=5.825 Y=0.30 Z=4.55  
 242 X=5.825 Y=0.30 Z=7.40 :K318 S  
 942 Z=27.35 G=242,942,100  
 143 X=1.875 Y=0.30 Z=4.55  
 243 X=1.875 Y=0.30 Z=7.40 :K319 S  
 943 Z=27.35 G=243,943,100  
 144 X=0.30 Y=2.075 Z=4.55  
 244 X=0.30 Y=2.075 Z=7.40 :K320 S  
 944 Z=27.35 G=244,944,100  
 95 X=10.85 Y=2.075 Z=3.30 :K114 S, K103 M  
 145 X=0.30 Y=7.575 Z=4.55  
 195 X=10.85 Y=2.075 Z=4.55  
 196 X=17.25 Y=9.10 Z=4.55  
 245 X=0.30 Y=7.575 Z=7.40 :K320 E  
 945 Z=27.35 G=245,945,100  
 50 X=9.65 Y=4.70 Z=3.30  
 150 X=9.65 Y=4.70 Z=4.55 :MASTER JOINT  
 250 X=9.65 Y=4.70 Z=7.40 :MASTER JOINT  
 950 Z=27.35 G=250,950,100 :MASTER JOINT

RESTRAINTS

1 7 1 R=1,1,1,1,1,1  
 9 R=1,1,1,1,1,1  
 12 R=1,1,1,1,1,1  
 14 R=1,1,1,1,1,1  
 16 R=1,1,1,1,1,1  
 18 R=1,1,1,1,1,1  
 20 R=1,1,1,1,1,1  
 22 23 1 R=1,1,1,1,1,1  
 50 950 100 R=0,0,1,1,1,0  
 51 54 1 R=1,1,0,0,0,1  
 56 73 1 R=1,1,0,0,0,1  
 89 90 1 R=1,1,0,0,0,1  
 95 R=1,1,0,0,0,1  
 101 128 1 R=1,1,0,0,0,1  
 130 132 1 R=1,1,0,0,0,1  
 135 136 1 R=1,1,0,0,0,1  
 139 145 1 R=1,1,0,0,0,1  
 195 196 1 R=1,1,0,0,0,1  
 201 901 100 R=1,1,0,0,0,1  
 202 902 100 R=1,1,0,0,0,1  
 201 901 100 R=1,1,0,0,0,1  
 203 903 100 R=1,1,0,0,0,1  
 204 904 100 R=1,1,0,0,0,1  
 205 905 100 R=1,1,0,0,0,1

206 906 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
207 907 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
208 908 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
209 909 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
210 910 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
211 911 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
212 912 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
213 913 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
214 914 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
215 915 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
216 916 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
217 917 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
218 918 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
219 919 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
220 920 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
221 921 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
222 922 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
223 923 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
224 924 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
225 925 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
226 926 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
227 927 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
228 928 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
229 929 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
230 930 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
231 931 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
232 932 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
231 931 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
232 932 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
231 931 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
232 932 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
233 933 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
234 934 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
235 935 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
236 936 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
237 937 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
239 939 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
240 940 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
241 941 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
242 942 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
243 943 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
244 944 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1  
245 945 100 R=1, 1, 0, 0, 0, 1

FRAME

NM=119 NL=182 Z=-1

C KOLONLAR

C ZEMIN KAT

C MALZEME BS14/BCI

1 SH=R T=0.75, 0.35 E=2.615E7 :S15  
2 SH=R T=0.75, 0.30 :S6, S3  
3 SH=R T=0.70, 0.30 :S2, S4  
4 SH=R T=0.70, 0.25 :S1, S7

5 SH=R T=0. 90, 0. 35 :S10  
 6 SH=R T=0. 90, 0. 30 :S12  
 C 1, 2 NORMAL KATLAR  
 7 SH=R T=0. 70, 0. 35 :S15  
 8 SH=R T=0. 70, 0. 30 :S6, S3, S4  
 9 SH=R T=0. 70, 0. 25 :S2, S7  
 10 SH=R T=0. 60, 0. 25 :S1  
 11 SH=R T=0. 90, 0. 30 :S10  
 12 SH=R T=0. 85, 0. 30 :S12  
 C 3, 4, 5 NORMAL KATLAR  
 13 SH=R T=0. 70, 0. 30 :S15, S10, S12  
 14 SH=R T=0. 70, 0. 25 :S6, S3  
 15 SH=R T=0. 60, 0. 25 :S2, S4, S7  
 16 SH=R T=0. 50, 0. 25 :S1  
 C 6, 7, 8 NORMAL KATLAR  
 17 SH=R T=0. 70, 0. 30 :S15  
 18 SH=R T=0. 70, 0. 25 :S3, S12  
 19 SH=R T=0. 50, 0. 25 :S2, S1, S4, S7, S6  
 20 SH=R T=0. 60, 0. 25 :S10  
 C PERDELER  
 C ZEMIN KATLAR  
 21 SH=R T=1. 60, 0. 25 :PS13  
 22 SH=R T=1. 00, 0. 25 :PS9, PS11, PS14  
 23 SH=R T=1. 70, 0. 25 :PS8  
 24 SH=R T=1. 10, 0. 25 :PS5  
 C NORMAL KATLAR  
 25 SH=R T=1. 60, 0. 20 :PS13  
 26 SH=R T=1. 00, 0. 20 :PS9, PS11, PS14  
 27 SH=R T=1. 70, 0. 20 :PS8  
 28 SH=R T=1. 10, 0. 20 :PS5  
 C KIRISLER  
 C ZEMIN KAT TAVANI  
 29 SH=T T=0. 30, 0. 78, 0. 07, 0. 55 :K201  
 30 SH=T T=0. 30, 1. 20, 0. 07, 0. 80 :K202  
 31 SH=T T=0. 30, 1. 06, 0. 07, 0. 80 :K203  
 32 SH=T T=0. 30, 1. 02, 0. 07, 0. 80 :K204  
 33 SH=T T=0. 30, 1. 03, 0. 07, 0. 80 :K205  
 34 SH=T T=0. 30, 1. 20, 0. 07, 0. 80 :K206  
 35 SH=T T=0. 30, 1. 33, 0. 07, 1. 10 :K207  
 36 SH=T T=0. 30, 1. 74, 0. 07, 1. 10 :K208  
 37 SH=T T=0. 30, 1. 32, 0. 07, 1. 10 :K209  
 38 SH=T T=0. 60, 0. 66, 0. 12, 0. 20 :K210-KS1  
 39 SH=T T=0. 30, 1. 13, 0. 07, 0. 90 :K211  
 40 SH=T T=0. 30, 1. 39, 0. 07, 0. 90 :K212  
 41 SH=T T=0. 60, 0. 66, 0. 12, 0. 20 :K213  
 42 SH=T T=0. 30, 1. 10, 0. 07, 0. 80 :K214  
 43 SH=T T=0. 30, 1. 51, 0. 07, 0. 90 :K215  
 44 SH=T T=0. 30, 0. 97, 0. 07, 0. 60 :K216  
 45 SH=T T=0. 30, 1. 87, 0. 07, 1. 20 :K217  
 46 SH=T T=0. 30, 1. 43, 0. 07, 1. 20 :K218  
 47 SH=T T=0. 30, 1. 10, 0. 07, 0. 60 :K219  
 48 SH=T T=0. 30, 1. 08, 0. 07, 0. 60 :K220  
 49 SH=T T=0. 30, 1. 17, 0. 07, 0. 70 :K221

50 SH=T T=0. 30, 1. 08, 0. 07, 0. 70 :K222  
51 SH=T T=0. 30, 1. 01, 0. 07, 0. 70 :K223  
52 SH=T T=0. 30, 0. 96, 0. 07, 0. 70 :K224  
53 SH=T T=0. 30, 0. 86, 0. 07, 0. 60 :K225  
54 SH=T T=0. 30, 0. 73, 0. 07, 0. 35 :K226  
55 SH=T T=0. 30, 0. 95, 0. 07, 0. 70 :K227  
56 SH=T T=0. 30, 0. 97, 0. 07, 0. 70 :K228  
57 SH=T T=0. 30, 0. 90, 0. 07, 0. 70 :K229  
58 SH=T T=0. 60, 0. 85, 0. 07, 0. 30 :K230  
59 SH=T T=0. 30, 1. 03, 0. 07, 0. 80 :K231  
60 SH=T T=0. 30, 1. 28, 0. 07, 0. 80 :K232  
61 SH=R T=0. 60, 0. 20 :K233  
62 SH=T T=0. 30, 0. 94, 0. 07, 0. 70 :K234  
63 SH=T T=0. 30, 1. 22, 0. 07, 0. 70 :K235  
64 SH=T T=0. 30, 0. 90, 0. 07, 0. 70 :K236  
65 SH=R T=0. 50, 0. 20 :KS2  
66 SH=R T=4. 45, 0. 25 :SONSUZ RIJIT KIRIS  
67 SH=T T=0. 30, 0. 52, 0. 07, 0. 20 :N204A  
68 SH=R T=0. 15, 0. 30 :D205  
69 SH=T T=0. 30, 0. 55, 0. 07, 0. 20 :N216A  
70 SH=T T=0. 30, 0. 40, 0. 07, 0. 20 :N209A  
71 SH=T T=0. 30, 0. 41, 0. 07, 0. 20 :N208A  
72 SH=T T=0. 30, 0. 46, 0. 07, 0. 20 :N207A  
73 SH=T T=0. 30, 0. 46, 0. 07, 0. 20 :N206A  
C NORMAL KAT TAVANI  
74 SH=T T=0. 60, 0. 45, 0. 10, 0. 20 :K301  
75 SH=T T=0. 60, 0. 35, 0. 10, 0. 20 :K302  
76 SH=T T=0. 60, 0. 50, 0. 10, 0. 20 :K303  
77 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 12, 0. 20 :K304  
78 SH=T T=0. 60, 0. 33, 0. 10, 0. 20 :K305  
79 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 10, 0. 20 :K306  
80 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 10, 0. 20 :K307  
81 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 10, 0. 20 :K308  
82 SH=T T=0. 60, 0. 73, 0. 10, 0. 20 :K309  
83 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 10, 0. 20 :K310  
84 SH=T T=0. 60, 0. 28, 0. 10, 0. 20 :K311  
85 SH=T T=0. 60, 0. 45, 0. 10, 0. 20 :K312  
86 SH=T T=0. 60, 0. 33, 0. 10, 0. 20 :K313  
87 SH=T T=0. 60, 0. 73, 0. 10, 0. 20 :K314  
88 SH=T T=0. 60, 0. 43, 0. 12, 0. 20 :K315  
89 SH=T T=0. 60, 0. 35, 0. 10, 0. 20 :K316  
90 SH=T T=0. 60, 0. 82, 0. 12, 0. 20 :K317  
91 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 15, 0. 20 :K318  
92 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 15, 0. 20 :K319  
93 SH=T T=0. 60, 0. 62, 0. 15, 0. 20 :K320  
94 SH=T T=0. 60, 0. 45, 0. 12, 0. 20 :K321  
95 SH=T T=0. 60, 0. 47, 0. 10, 0. 20 :K322  
96 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 10, 0. 20 :K323  
97 SH=T T=0. 60, 0. 34, 0. 15, 0. 20 :K324  
98 SH=T T=0. 60, 0. 71, 0. 15, 0. 20 :K325  
99 SH=T T=0. 60, 0. 51, 0. 10, 0. 20 :K326  
100 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 10, 0. 20 :K327  
101 SH=T T=0. 60, 0. 90, 0. 10, 0. 20 :K328

102 SH=T T=0. 60, 0. 90, 0. 10, 0. 20 :K329  
 103 SH=T T=0. 60, 0. 51, 0. 10, 0. 20 :K330  
 104 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 10, 0. 20 :K331  
 105 SH=T T=0. 60, 0. 48, 0. 12, 0. 20 :K332  
 106 SH=T T=0. 60, 0. 40, 0. 15, 0. 20 :K333  
 107 SH=R T=0. 60, 0. 20 :K334  
 108 SH=T T=0. 60, 0. 41, 0. 10, 0. 20 :K335  
 109 SH=T T=0. 60, 0. 53, 0. 15, 0. 20 :K336  
 110 SH=T T=0. 60, 0. 36, 0. 10, 0. 20 :K337  
 111 SH=T T=0. 60, 0. 57, 0. 10, 0. 20 :K338  
 112 SH=R T=0. 60, 0. 20 :KS2  
 113 SH=R T=0. 15, 0. 45 :DOSEME (H=0. 15)  
 114 SH=R T=0. 12, 0. 36 :DOSEME (H=0. 12)  
 115 SH=R T=0. 20, 0. 30 :DOSEME (H=0. 10)  
 116 SH=R T=2. 75, 0. 20 :SONSUZ RIJIT KIRIS  
 117 SH=R T=3. 20, 0. 25  
 118 SH=R T=1. 15, 0. 25  
 119 SH=R T=0. 30, 0. 15

C NORMAL KAT TAVANI KIRIS YUKLERI

1 WG=0, 0, -13. 54 :K301 G  
 2 WG=0, 0, -2. 23 :K301 Q  
 3 WG=0, 0, -11. 58 :K302 G  
 4 WG=0, 0, -1. 19 :K302 Q  
 5 WG=0, 0, -17. 05 :K303 G  
 6 WG=0, 0, -4. 10 :K303 Q  
 7 WG=0, 0, -18. 61 :K304 G  
 8 WG=0, 0, -6. 44 :K304 Q  
 9 WG=0, 0, -15. 89 :K305 G  
 10 WG=0, 0, -4. 59 :K305 Q  
 11 WG=0, 0, -14. 01 :K306 G 205-229  
 12 WG=0, 0, -3. 20 :K306 Q 205-229  
 13 WG=0, 0, -15. 45 :K306 G 229-204  
 14 WG=0, 0, -3. 97 :K306 Q 229-204  
 15 WG=0, 0, -17. 91 :K307 G  
 16 WG=0, 0, -4. 89 :K307 Q  
 17 WG=0, 0, -17. 91 :K308 G  
 18 WG=0, 0, -4. 89 :K308 Q  
 19 WG=0, 0, -15. 72 :K309 G  
 20 WG=0, 0, -4. 11 :K309 Q  
 21 WG=0, 0, -15. 72 :K310 G  
 22 WG=0, 0, -4. 11 :K310 Q  
 23 WG=0, 0, -13. 02 :K311 G  
 24 WG=0, 0, -2. 67 :K311 Q  
 25 WG=0, 0, -18. 23 :K312 G  
 26 WG=0, 0, -6. 81 :K312 Q  
 27 WG=0, 0, -18. 23 :K312 G  
 28 WG=0, 0, -6. 81 :K312 Q  
 29 WG=0, 0, -18. 52 :K313 G  
 30 WG=0, 0, -5. 19 :K313 Q  
 31 WG=0, 0, -15. 89 :K314 G 208-236  
 32 WG=0, 0, -3. 79 :K314 Q 208-236  
 33 WG=0, 0, -16. 39 :K314 G 236-237  
 34 WG=0, 0, -4. 06 :K314 Q 236-237

35	WG=0, 0, -18. 52	:K314 G	237-214
36	WG=0, 0, -5. 19	:K314 Q	237-214
37	WG=0, 0, -14. 53	:K315 G	215-239
38	WG=0, 0, -4. 83	:K315 Q	215-239
39	WG=0, 0, -14. 53	:K315 G	239-240
40	WG=0, 0, -4. 83	:K315 Q	239-240
41	WG=0, 0, -18. 69	:K316 G	
42	WG=0, 0, -5. 67	:K316 Q	
43	WG=0, 0, -25. 80	:K317 G	
44	WG=0, 0, -7. 57	:K317 Q	
45	WG=0, 0, -20. 57	:K318 G	
46	WG=0, 0, -4. 48	:K318 Q	
47	WG=0, 0, -22. 23	:K319 G	
48	WG=0, 0, -7. 17	:K319 Q	
49	WG=0, 0, -21. 50	:K320 G	
50	WG=0, 0, -5. 35	:K320 Q	
51	WG=0, 0, -14. 32	:K321 G	
52	WG=0, 0, -2. 33	:K321 Q	
53	WG=0, 0, -13. 35	:K322 G	
54	WG=0, 0, -2. 13	:K322 Q	
55	WG=0, 0, -12. 60	:K323 G	
56	WG=0, 0, -1. 73	:K323 Q	
57	WG=0, 0, -18. 61	:K324 G	
58	WG=0, 0, -3. 70	:K324 Q	
59	WG=0, 0, -21. 74	:K325 G	
60	WG=0, 0, -6. 62	:K325 Q	
61	WG=0, 0, -17. 63	:K326 G	
62	WG=0, 0, -5. 84	:K326 Q	
63	WG=0, 0, -14. 05	:K327 G	
64	WG=0, 0, -2. 50	:K327 Q	
65	WG=0, 0, -13. 92	:K328 G	237-233
66	WG=0, 0, -3. 15	:K328 Q	237-233
67	WG=0, 0, -14. 67	:K328 G	233-229
68	WG=0, 0, -3. 55	:K328 Q	233-229
69	WG=0, 0, -16. 87	:K329 G	236-234
70	WG=0, 0, -4. 33	:K329 Q	236-234
71	WG=0, 0, -13. 42	:K329 G	234-230
72	WG=0, 0, -2. 89	:K329 Q	234-230
73	WG=0, 0, -12. 32	:K329 G	230-205
74	WG=0, 0, -2. 30	:K329 Q	230-205
75	WG=0, 0, -18. 91	:K330 G	
76	WG=0, 0, -5. 42	:K330 Q	
77	WG=0, 0, -14. 94	:K331 G	
78	WG=0, 0, -3. 69	:K331 Q	
79	WG=0, 0, -19. 96	:K332 G	221-240
80	WG=0, 0, -7. 60	:K332 Q	221-240
81	WG=0, 0, -14. 32	:K332 G	240-208
82	WG=0, 0, -2. 33	:K332 Q	240-208
83	WG=0, 0, -21. 74	:K333 G	
84	WG=0, 0, -6. 62	:K333 Q	
85	WG=0, 0, -9. 35	:K334 G	
86	WG=0, 0, 0	:K334 Q	
87	WG=0, 0, -14. 32	:K335 G	

88	WG=0, 0, -3. 92	:K335 Q
89	WG=0, 0, -18. 69	:K336 G
90	WG=0, 0, -3. 70	:K336 Q
91	WG=0, 0, -14. 53	:KS2 G
92	WG=0, 0, -4. 83	:KS2 Q
93	WG=0, 0, -12. 10	:K337 G
94	WG=0, 0, -1. 47	:K337 Q
95	WG=0, 0, -15. 55	:K338 G
96	WG=0, 0, -2. 91	:K338 Q

C ZEMİN KAT TAVANI KIRIS YUKLERI

97	WG=0, 0, -9. 01	:K201 G
98	WG=0, 0, -1. 45	:K201 Q
99	WG=0, 0, -14. 59	:K202 G
100	WG=0, 0, -2. 55	:K202 Q
101	WG=0, 0, -17. 35	:K203 G
102	WG=0, 0, -2. 27	:K203 Q
103	WG=0, 0, -26. 16	:K204 G
104	WG=0, 0, -4. 47	:K204 Q
105	WG=0, 0, -22. 89	:K205 G
106	WG=0, 0, -3. 13	:K205 Q
107	WG=0, 0, -20. 73	:K206 G
108	WG=0, 0, -2. 89	:K206 Q
109	WG=0, 0, -26. 21	:K207 G
110	WG=0, 0, -3. 85	:K207 Q
111	WG=0, 0, -26. 21	:K208 G 130-107
112	WG=0, 0, -3. 85	:K208 Q 130-107
113	WG=0, 0, -20. 13	:K208 G 106-130
114	WG=0, 0, -2. 55	:K208 Q 106-130
115	WG=0, 0, -26. 96	:K209 G
116	WG=0, 0, -4. 36	:K209 Q
117	WG=0, 0, -16. 40	:K210 G 195-110
118	WG=0, 0, -5. 83	:K210 Q 195-110
119	WG=0, 0, -17. 03	:K210 G 113-195
120	WG=0, 0, -5. 83	:K210 Q 113-195
121	WG=0, 0, -28. 15	:K211 G
122	WG=0, 0, -4. 87	:K211 Q
123	WG=0, 0, -28. 96	:K212 G 136-114
124	WG=0, 0, -5. 11	:K212 Q 136-114
125	WG=0, 0, -25. 37	:K212 G 108-136
126	WG=0, 0, -5. 11	:K212 Q 108-136
127	WG=0, 0, -14. 53	:K213 G 139-140
128	WG=0, 0, -4. 83	:K213 Q 139-140
129	WG=0, 0, -14. 53	:K213 G 115-139
130	WG=0, 0, -4. 83	:K213 Q 115-139
131	WG=0, 0, -26. 40	:K214 G
132	WG=0, 0, -5. 83	:K214 Q
133	WG=0, 0, -30. 18	:K215 G
134	WG=0, 0, -5. 40	:K215 Q
135	WG=0, 0, -20. 19	:K216 G
136	WG=0, 0, -2. 70	:K216 Q
137	WG=0, 0, -23. 36	:K217 G
138	WG=0, 0, -4. 15	:K217 Q
139	WG=0, 0, -29. 19	:K218 G

140	WG=0, 0, -5. 95	:K218	Q
141	WG=0, 0, -10. 85	:K219	G
142	WG=0, 0, 0	:K219	Q
143	WG=0, 0, -10. 85	:K220	G
144	WG=0, 0, 0	:K220	Q
145	WG=0, 0, -5. 25	:K221-K222-K223	G
146	WG=0, 0, 0	:K221-K222-K223-225-226-227-228-229	Q
147	WG=0, 0, -11. 60	:K224	G
148	WG=0, 0, 0	:K224	Q
149	WG=0, 0, -10. 85	:K225	G
150	WG=0, 0, -7. 62	:K226	G
151	WG=0, 0, -10. 25	:K227	G
152	WG=0, 0, -10. 25	:K228	G
153	WG=0, 0, 0	:K229	Q
154	WG=0, 0, -9. 35	:K230	G 121-140
155	WG=0, 0, 0	:K230	Q 121-140
156	WG=0, 0, -14. 99	:K230	G 140-108
157	WG=0, 0, -5. 27	:K230	Q 140-108
158	WG=0, 0, -12. 35	:K231	G
159	WG=0, 0, -6. 00	:K232	G
160	WG=0, 0, -9. 35	:K233	G
161	WG=0, 0, 0	:K231-232-233	Q
162	WG=0, 0, -9. 87	:K234	G
163	WG=0, 0, -2. 10	:K234	Q
164	WG=0, 0, -5. 25	:K235	G
165	WG=0, 0, 0	:K235	Q
166	WG=0, 0, -13. 35	:K236	G
167	WG=0, 0, -0. 93	:K236	Q
168	WG=0, 0, -14. 53	:KS2	G
169	WG=0, 0, -4. 83	:KS2	Q
170	WG=0, 0, -7. 85	:N204/A	G
171	WG=0, 0, -7. 85	:N206/A	G
172	WG=0, 0, -7. 85	:N207/A	G
173	WG=0, 0, -7. 85	:N208/A	G
174	WG=0, 0, -7. 85	:N216/A	G
175	WG=0, 0, 0	:N204-206-208-209-216/A	Q
176	WG=0, 0, -11. 17	:AK1	G
177	WG=0, 0, -1. 10	:AK1	Q
178	WG=0, 0, -11. 17	:AK2	G
179	WG=0, 0, -1. 10	:AK2	Q
180	WG=0, 0, -12. 49	:AK3	G
181	WG=0, 0, -1. 45	:AK3	Q
182	WG=0, 0, -7. 85	:N209/A	G
C KOLON VE PERDELER			
C DN1 S1 KOLONU			
1	1 51 M=4 LP=2, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25
1001	51 101	MS=50, 150	RE=0. 25, 0. 15
101	101 201 M=10	MS=150, 250	RE=0. 15, 0. 30
201	201 301 M=10	MS=250, 350	RE=0. 30, 0. 30
301	301 401 M=16	MS=350, 450	G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30
601	601 701 M=19	MS=650, 750	G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30
801	801 901	MS=850, 950	RE=0. 30, 0

C DN2 S2 KOLONU

2 2 52 M=3 LP=2, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1002 52 102 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 15  
 102 102 202 M=9 MS=150, 250 RE=0. 15, 0. 30  
 202 202 302 M=9 MS=250, 350 RE=0. 30, 0. 30  
 302 302 402 M=15 MS=350, 450 G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 602 602 702 M=19 MS=650, 750 G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 802 802 902 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN3 S3 KOLONU

3 3 53 M=2 LP=3, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1003 53 103 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 15  
 103 103 203 M=8 MS=150, 250 RE=0. 15, 0. 30  
 203 203 303 M=8 MS=250, 350 RE=0. 30, 0. 30  
 303 303 403 M=14 MS=350, 450 G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 603 603 703 M=18 MS=650, 750 G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 803 803 903 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN4 S4 KOLONU

4 4 54 M=3 LP=3, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1004 54 104 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 15  
 104 104 204 M=8 MS=150, 250 RE=0. 15, 0. 30  
 204 204 304 M=8 MS=250, 350 RE=0. 30, 0. 30  
 304 304 404 M=15 MS=350, 450 G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 604 604 704 M=19 MS=650, 750 G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 804 804 904 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN5 PS5 PERDESI

5 5 105 M=24 LP=2, 0 MS=0, 150 RE=0, 0. 15  
 105 105 205 M=28 MS=150, 250 RE=0. 30, 0. 30  
 205 205 305 MS=250, 350 G=5, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 805 805 905 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN6 S6 KOLONU

6 6 56 M=2 LP=3, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1006 56 106 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 15  
 106 106 206 M=8 MS=150, 250 RE=0. 15, 0. 30  
 206 206 306 M=8 MS=250, 350 RE=0. 30, 0. 30  
 306 306 406 M=14 MS=350, 450 G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 606 606 706 M=19 MS=650, 750 G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 806 806 906 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN7 S7 KOLONU

7 7 57 M=4 LP=3, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1007 57 107 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 15  
 107 107 207 M=9 MS=150, 250 RE=0. 15, 0. 30  
 207 207 307 M=9 MS=250, 350 RE=0. 30, 0. 30  
 307 307 407 M=15 MS=350, 450 G=2, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 607 607 707 M=19 MS=650, 750 G=1, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 807 807 907 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN9 PS8 PERDESI

9 9 59 M=23 LP=2, 0 MS=0, 50 RE=0, 0. 25  
 1009 59 109 MS=50, 150 RE=0. 25, 0. 30  
 109 109 209 M=27 MS=150, 250 RE=0. 30, 0. 30  
 209 209 309 MS=250, 350 G=5, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 30, 0. 30  
 809 809 909 MS=850, 950 RE=0. 30, 0

C DN12 PS9 PERDESI

12	12	62	M=22	LP=2, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25	
1012	62	112			MS=50, 150	RE=0. 25, 0. 30	
112	112	212	M=26		MS=150, 250	RE=0. 30, 0. 30	
212	212	312			MS=250, 350	G=5, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
812	812	912			MS=850, 950	RE=0. 30, 0	
C DN14 S10 KOLONU							
14	14	64	M=5	LP=3, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25	
1014	64	114			MS=50, 150	RE=0. 25, 0. 15	
114	114	214	M=11		MS=150, 250	RE=0. 15, 0. 30	
214	214	314	M=11		MS=250, 350	RE=0. 30, 0. 30	
314	314	414	M=13		MS=350, 450	G=2, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
614	614	714	M=20		MS=650, 750	G=1, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
814	814	914			MS=850, 950	RE=0. 30, 0	
C DN16 PS11 PERDESI							
16	16	66	M=22	LP=2, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25	
1016	66	116	M=22		MS=50, 150	RE=0. 15, 0. 30	
116	116	216	M=26		MS=150, 250	RE=0. 30, 0. 30	
216	216	316			MS=250, 350	G=5, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
816	816	916			MS=850, 950	RE=0. 30, 0	
C DN18 S12 KOLONU							
18	18	68	M=6	LP=2, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25	
1018	68	118			MS=50, 150	RE=0. 25, 0. 15	
118	118	218	M=12		MS=150, 250	RE=0. 15, 0. 30	
218	218	318	M=12		MS=250, 350	RE=0. 30, 0. 30	
318	318	418	M=13		MS=350, 450	G=2, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
618	618	718	M=18		MS=650, 750	G=1, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
818	818	918			MS=850, 950	RE=0. 30, 0	
C DN20 PS13 PERDESI							
20	20	70	M=21	LP=3, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 15	
1020	70	120			MS=50, 150	RE=0. 15, 0. 15	
120	120	220	M=25		MS=150, 250	RE=0. 075, 0. 075	
220	220	320			MS=250, 350	G=5, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 75, 0. 075
820	820	920			MS=850, 950	RE=0. 075, 0	
C DN22 PS14 PERDESI							
22	22	72	M=22	LP=2, 0	MS=0, 50	RE=0, 0. 25	
1022	72	122			MS=50, 150	RE=0. 25, 0. 15	
122	122	222	M=26		MS=150, 250	RE=0. 30, 0. 30	
222	222	322			MS=250, 350	G=5, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
822	822	922			MS=850, 950	RE=0. 30, 0	
C DN23 S15 KOLONU							
23	23	73	M=1	LP=3, 0	MS=0, 50	LP=3, 0	RE=0, 0. 25
1023	73	123	M=1		MS=50, 150		RE=0. 25, 0. 15
123	123	223	M=7		MS=150, 250		RE=0. 15, 0. 30
223	223	323	M=7		MS=250, 350		RE=0. 30, 0. 30
323	323	423	M=13		MS=350, 450	G=2, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
623	623	723	M=17		MS=650, 750	G=1, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 30, 0. 30
823	823	923	M=17		MS=850, 950		RE=0. 30, 0
C KIRISLER							
C ARA KAT TAVANI KIRISLERI							
30	52	51	M=65	LP=3, 0	MS=50, 50	RE=0. 15, 0. 125	:K101
31	53	52			MS=50, 50	RE=0. 375, 0. 15	:K202
32	63	95			MS=50, 50	RE=0. 125, 0	:K103
33	95	60			MS=50, 50	RE=0, 0. 125	:K103

34	65	89	M=112	MS=50, 50	RE=0. 125, 0	:K104
35	89	90		MS=50, 50	RE=0, 0. 125	:K104
36	69	70	M=117	MS=50, 50	RE=0. 10, 0	:PS13
37	70	71		MS=50, 50	RE=0, 0. 125	:PS13
38	73	72	M=65	MS=50, 50	RE=0. 375, 0. 125	:K105
39	72	68	LP=2, 0	MS=50, 50	RE=0. 825, 0. 775	:K106
40	68	64		MS=50, 50	RE=0. 125, 0. 10	:K107
41	64	57		MS=50, 50	RE=0. 25, 0. 125	:K108
42	57	54		MS=50, 50	RE=0. 125, 0. 15	:K109
43	54	51		MS=50, 50	RE=0. 15, 0. 35	:K110
44	71	90	M=112	MS=50, 50	RE=0. 125, 0	:K111
45	90	58		MS=50, 50	RE=0, 0. 10	:K111
46	58	59	M=117	MS=50, 50	RE=0. 10, 0	:PS8
47	59	60		MS=50, 50	RE=0, 0. 10	:PS8
48	73	70	M=65	MS=50, 50	RE=0. 175, 0. 125	:K112
49	69	89	M=112	MS=50, 50	RE=0. 125, 0	:K113
50	95	56	M=65	MS=50, 50	RE=0, 0. 15	:K114
51	56	53		MS=50, 50	RE=0. 15, 0	:K115
52	65	66	M=117	MS=50, 50	RE=0. 10, 0	:PS11
53	66	67		MS=50, 50	RE=0, 0. 10	:PS11
54	67	61	M=112	MS=50, 50	RE=0. 10, 0. 10	:K116
55	61	62	M=117	MS=50, 50	RE=0. 10, 0	:PS9
56	62	63		MS=50, 50	RE=0, 0. 10	:PS9

C ZEMIN KAT TAVANI KIRISLERI

130	124	125	M=119	LP=3, 0	MS=150, 150	RE=0. 475, 0. 30	NSL=176, 177, 0, 0, 0, 0, 0	:AK1
131	126	124			MS=150, 150	RE=0. 40, 0. 325	NSL=178, 0, 179, 0, 0, 0, 0	:AK2
132	101	196	M=29		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=97, 98, 0, 0, 0, 0, 0	:K201
133	102	101	M=30		MS=150, 150	RE=0. 15, 0. 125	NSL=99, 0, 100, 0, 0, 0, 0	:K202
134	103	102	M=31		MS=150, 150	RE=0, 0. 15	NSL=101, 0, 0, 102, 0, 0, 0	:K203
135	127	103	M=32		MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=103, 0, 0, 0, 104, 0, 0	:K204
136	104	128	M=33		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=105, 106, 0, 0, 0, 0, 0	:K205
137	105	104	M=34		MS=150, 150	RE=0. 15, 0. 575	NSL=107, 0, 108, 0, 0, 0, 0	:K206
138	107	132	M=35		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=109, 110, 0, 0, 0, 0, 0	:K207
139	130	107	M=36		MS=150, 150	RE=0. 375, 0	NSL=111, 0, 112, 0, 0, 0, 0	:K208
140	106	130			MS=150, 150	RE=0, 0. 575	NSL=113, 0, 0, 114, 0, 0, 0	:K208
141	131	106	M=37		MS=150, 150	RE=0, 0. 375	NSL=115, 0, 0, 0, 116, 0, 0	:K209
142	113	195	M=38		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=117, 118, 0, 0, 0, 0, 0	:K210
143	195	110			MS=150, 150	RE=0, 0. 125	NSL=119, 0, 120, 0, 0, 0, 0	:K210
144	114	135	M=39		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=121, 122, 0, 0, 0, 0, 0	:K211
145	136	114	M=40		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=123, 0, 124, 0, 0, 0, 0	:K212
146	108	136			MS=150, 150	RE=0, 0. 775	NSL=125, 0, 0, 126, 0, 0, 0	:K212
147	115	139	M=41		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=127, 128, 0, 0, 0, 0, 0	:K213
148	139	140			MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=129, 0, 130, 0, 0, 0, 0	:K213
149	118	141	M=42		MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=131, 132, 0, 0, 0, 0, 0	:K214
150	121	118	M=43		MS=150, 150	RE=0. 125, 0. 175	NSL=133, 0, 134, 0, 0, 0, 0	:K215
151	120	121	M=118		MS=150, 150	RE=0, 0. 10		:PS13
152	119	120			MS=150, 150	RE=0. 10, 0		:PS13
153	142	119	M=44		MS=150, 150	RE=0, 0. 10	NSL=135, 0, 0, 136, 0, 0, 0	:K216
154	123	122	M=45		MS=150, 150	RE=0. 375, 0. 125	NSL=137, 138, 0, 0, 0, 0, 0	:K217
155	143	123	M=46		MS=150, 150	RE=0, 0. 375	NSL=139, 0, 140, 0, 0, 0, 0	:K218
156	144	145	M=119		MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=180, 181, 0, 0, 0, 0, 0	:AK3
157	145	122	M=47	LP=2, 0	MS=150, 150	RE=0, 0. 175	NSL=141, 142, 0, 0, 0, 0, 0	:K219
158	122	118	M=48		MS=150, 150	RE=0. 825, 0. 775	NSL=143, 0, 144, 0, 0, 0, 0	:K220

159	118	114	M=49	MS=150, 150	RE=0. 125, 0. 10	NSL=145, 0, 0, 146, 0, 0, 0	:K221
160	114	107	M=50	MS=150, 150	RE=0. 20, 0. 125	NSL=145, 0, 0, 0, 146, 0, 0	:K222
161	107	104	M=51	MS=150, 150	RE=0. 125, 0. 15	NSL=145, 0, 0, 0, 0, 146, 0	:K223
162	104	101	M=52	MS=150, 150	RE=0. 15, 0. 35	NSL=147, 0, 0, 0, 0, 0, 148	:K224
163	101	125	M=53	MS=150, 150	RE=0. 35, 0	NSL=149, 0, 0, 0, 0, 0, 146	:K225
164	136	130	M=54	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=150, 146, 0, 0, 0, 0, 0	:K226
165	130	105	M=55	MS=150, 150	RE=0, 0. 70	NSL=151, 0, 146, 0, 0, 0, 0	:K227
166	105	102	M=56	MS=150, 150	RE=0. 40, 0. 35	NSL=152, 0, 0, 146, 0, 0, 0	:K228
167	102	124	M=57	MS=150, 150	RE=0. 35, 0	NSL=153, 0, 0, 0, 146, 0, 0	:K229
168	121	140	M=58	MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=154, 155, 0, 0, 0, 0, 0	:K230
169	140	108		MS=150, 150	RE=0, 0. 10	NSL=156, 0, 157, 0, 0, 0, 0	:K230
170	108	109	M=118	MS=150, 150	RE=0. 10, 0		:PS8
171	109	110		MS=150, 150	RE=0, 0. 10		:PS8
172	144	123	M=59	MS=150, 150	RE=0, 0. 175	NSL=158, 161, 0, 0, 0, 0, 0	:K231
173	123	120	M=60	MS=150, 150	RE=0. 175, 0. 125	NSL=159, 0, 161, 0, 0, 0, 0	:K232
174	119	139	M=61	MS=150, 150	RE=0. 125, 0	NSL=160, 161, 0, 0, 0, 0, 0	:K233
175	195	106	M=62	MS=150, 150	RE=0, 0. 15	NSL=162, 163, 0, 0, 0, 0, 0	:K234
176	106	103	M=63	MS=150, 150	RE=0. 15, 0	NSL=164, 0, 165, 0, 0, 0, 0	:K235
177	103	126	M=64	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=166, 0, 0, 167, 0, 0, 0	:K236
178	115	116	M=118	MS=150, 150	RE=0. 10, 0		:PS111
179	116	117		MS=150, 150	RE=0, 0. 10		:PS111
180	117	111	M=65	MS=150, 150	RE=0. 10, 0. 10	NSL=168, 169, 0, 0, 0, 0, 0	:KS2
181	111	112	M=118	MS=150, 150	RE=0. 10, 0		:PS9
182	112	113		MS=150, 150	RE=0, 0. 10		:PS9
183	143	142	M=67	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=170, 175, 0, 0, 0, 0, 0	:N204A
184	113	131	M=68	MS=150, 150	RE=0. 10, 0	NSL=174, 175, 0, 0, 0, 0, 0	:N216A
185	131	127	M=69	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=174, 0, 175, 0, 0, 0, 0	:N216A
186	141	135	M=73	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=171, 175, 0, 0, 0, 0, 0	:N206A
187	135	132	M=72	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=172, 0, 175, 0, 0, 0, 0	:N207A
188	132	128	M=71	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=173, 0, 0, 175, 0, 0, 0	:N208A
189	128	196	M=70	MS=150, 150	RE=0, 0	NSL=182, 0, 0, 0, 175, 0, 0	:N209A

C NORMAL KAT TAVANI KIRISLER

230	224	225	M=74	LP=3, 0	MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0	
								:K301
NSL=1, 2, 0, 0, 0, 0, 0								
231	226	224	M=75		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0	
								:K302
NSL=3, 0, 4, 0, 0, 0, 0								
232	203	202	M=76		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0. 15	
								:K303
NSL=5, 6, 0, 0, 0, 0, 0								
233	227	203	M=77		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0	
								:K304
NSL=7, 0, 8, 0, 0, 0, 0								
234	204	228	M=78		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 125, 0	
								:K305
NSL=9, 10, 0, 0, 0, 0, 0								
235	229	204	M=79		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0. 575	
								:K306
NSL=13, 0, 14, 0, 0, 0, 0								
236	205	229			MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 15, 0	
								:K306
NSL=11, 0, 0, 12, 0, 0, 0								
237	206	230	M=80		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0. 375	
								:K307
NSL=15, 16, 0, 0, 0, 0, 0								
238	231	206	M=81		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0, 0. 375	
								:K308
NSL=17, 0, 18, 0, 0, 0, 0								
239	207	232	M=82		MS=250, 250	G=7, 100, 100, 100, 100, 100	RE=0. 125, 0	
								:K309
NSL=19, 20, 0, 0, 0, 0, 0								

240 233 207 M=83 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 575  
 NSL=21, 0, 22, 0, 0, 0, 0 :K310  
 241 210 234 M=84 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=23, 24, 0, 0, 0, 0, 0 :K311  
 242 213 210 M=85 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0. 10  
 NSL=25, 0, 26, 0, 0, 0, 0 :K312  
 243 214 235 M=86 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 125, 0  
 NSL=29, 30, 0, 0, 0, 0, 0 :K313  
 244 237 214 M=87 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 775  
 NSL=35, 0, 36, 0, 0, 0, 0 :K314  
 245 236 237 M=87 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=33, 0, 0, 34, 0, 0, 0 :K314  
 246 208 236 M=87 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=31, 0, 0, 0, 32, 0, 0 :K314  
 247 239 240 M=88 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=39, 40, 0, 0, 0, 0, 0 :K315  
 248 215 239 M=88 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=37, 0, 38, 0, 0, 0, 0 :K315  
 249 218 241 M=89 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 125, 0  
 NSL=41, 42, 0, 0, 0, 0, 0 :K316  
 250 221 218 M=90 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0. 175  
 NSL=43, 0, 44, 0, 0, 0, 0 :K317  
 251 219 220 M=116 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 :PS13  
 252 220 221 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 :PS13  
 253 242 219 M=91 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 NSL=45, 46, 0, 0, 0, 0, 0 :K318  
 254 243 223 M=92 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 375  
 NSL=47, 48, 0, 0, 0, 0, 0 :K319  
 255 244 245 M=93 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=49, 50, 0, 0, 0, 0, 0 :K320  
 256 241 235 M=94 LP=2, 0 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=51, 52, 0, 0, 0, 0, 0 :K321  
 257 235 232 M=95 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=53, 0, 54, 0, 0, 0, 0 :K322  
 258 232 228 M=96 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=55, 0, 0, 56, 0, 0, 0 :K323  
 259 245 222 M=97 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 175  
 NSL=57, 58, 0, 0, 0, 0, 0 :K324  
 260 222 218 M=98 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 825, 0. 775  
 NSL=59, 0, 60, 0, 0, 0, 0 :K325  
 261 204 201 M=99 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 15, 0. 35  
 NSL=61, 62, 0, 0, 0, 0, 0 :K326  
 262 201 225 M=100 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 35, 0  
 NSL=63, 0, 64, 0, 0, 0, 0 :K327  
 263 237 233 M=101 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=65, 66, 0, 0, 0, 0, 0 :K328  
 264 233 229 M=101 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=67, 0, 68, 0, 0, 0, 0 :K328  
 265 236 234 M=102 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=69, 70, 0, 0, 0, 0, 0 :K329

266 234 230 M=102 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=71, 0, 72, 0, 0, 0, 0 :K329  
 267 230 205 M=102 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 70  
 NSL=73, 0, 0, 74, 0, 0, 0 :K329  
 268 205 202 M=103 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 40, 0. 35  
 NSL=75, 0, 0, 0, 76, 0, 0 :K330  
 269 202 224 M=104 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 35, 0  
 NSL=77, 0, 0, 0, 0, 78, 0 :K331  
 270 221 240 M=105 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=79, 80, 0, 0, 0, 0, 0 :K332  
 271 240 208 M=105 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 NSL=81, 0, 82, 0, 0, 0, 0 :K332  
 272 208 209 M=116 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 :PS8  
  
 273 209 210 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 :PS8  
 274 244 223 M=106 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 175  
 NSL=83, 84, 0, 0, 0, 0, 0 :K333  
 275 219 239 M=107 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=85, 86, 0, 0, 0, 0, 0 :K334  
 276 203 226 M=108 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=87, 88, 0, 0, 0, 0, 0 :K335  
 277 243 242 M=109 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=89, 90, 0, 0, 0, 0, 0 :K336  
 278 215 216 M=116 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 :PS11  
 279 216 217 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 :PS11  
 280 217 211 M=112 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0. 10  
 NSL=91, 92, 0, 0, 0, 0, 0 :KS2  
 281 211 212 M=116 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 :PS9  
 282 212 213 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0. 10  
 :PS9  
 283 213 231 M=110 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0  
 NSL=93, 0, 94, 0, 0, 0, 0 :K337  
 284 231 227 M=111 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0, 0  
 NSL=95, 0, 0, 96, 0, 0, 0 :K338  
 285 218 214 M=114 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 125, 0. 10  
 :D309  
 286 214 207 M=115 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 15, 0. 125  
 :D306  
 287 207 204 M=115 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 125, 0. 125  
 :D304  
 288 223 220 M=113 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 175, 0. 125  
 :D310  
 289 206 203 M=114 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 15, 0  
 :D303  
 290 223 222 M=113 LP=3, 0 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 375, 0. 125  
 :D310  
 291 202 201 M=115 MS=250, 250 G=7, 100, 100, 100, 100, 100 RE=0. 10, 0. 15  
 :D301

## MASSES

50	M=63, 63, 0, 0, 0, 1523
150	M=186, 186, 0, 0, 0, 4475
250	M=188, 188, 0, 0, 0, 4518
350	M=186, 186, 0, 0, 0, 4488
450 550 100	M=185, 185, 0, 0, 0, 4458
650	M=184, 184, 0, 0, 0, 4436
750 850 100	M=183, 183, 0, 0, 0, 4414
950	M=132, 132, 0, 0, 0, 3177

## LOADS

50	L=8	F=16, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
50	L=9	F=0, 13, 0, 0, 0, 0	: Fy
50	L=10	F=16, 0, 0, 0, 0, 5	: Fx+Mz
50	L=11	F=16, 0, 0, 0, 0, -5	: Fx-Mz
50	L=12	F=0, 13, 0, 0, 0, 11	: Fy+Mz
50	L=13	F=0, 13, 0, 0, 0, -11	: Fy-Mz
150	L=8	F=66, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
150	L=9	F=0, 54, 0, 0, 0, 0	: Fy
150	L=10	F=66, 0, 0, 0, 0, 29	: Fx+Mz
150	L=11	F=66, 0, 0, 0, 0, -29	: Fx-Mz
150	L=12	F=0, 54, 0, 0, 0, 52	: Fy+Mz
150	L=13	F=0, 54, 0, 0, 0, -52	: Fy-Mz
250	L=8	F=108, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
250	L=9	F=0, 89, 0, 0, 0, 0	: Fy
250	L=10	F=108, 0, 0, 0, 0, 48	: Fx+Mz
250	L=11	F=108, 0, 0, 0, 0, -48	: Fx-Mz
250	L=12	F=0, 89, 0, 0, 0, 86	: Fy+Mz
250	L=13	F=0, 89, 0, 0, 0, -86	: Fy-Mz
350	L=8	F=148, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
350	L=9	F=0, 122, 0, 0, 0, 0	: Fy
350	L=10	F=148, 0, 0, 0, 0, 67	: Fx+Mz
350	L=11	F=148, 0, 0, 0, 0, -67	: Fx-Mz
350	L=12	F=0, 122, 0, 0, 0, 118	: Fy+Mz
350	L=13	F=0, 122, 0, 0, 0, -118	: Fy-Mz
450	L=8	F=188, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
450	L=9	F=0, 155, 0, 0, 0, 0	: Fy
450	L=10	F=188, 0, 0, 0, 0, 85	: Fx+Mz
450	L=11	F=188, 0, 0, 0, 0, -85	: Fx-Mz
450	L=12	F=0, 155, 0, 0, 0, 149	: Fy+Mz
450	L=13	F=0, 155, 0, 0, 0, -149	: Fy-Mz
550	L=8	F=229, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
550	L=9	F=0, 188, 0, 0, 0, 0	: Fy
550	L=10	F=229, 0, 0, 0, 0, 103	: Fx+Mz
550	L=11	F=229, 0, 0, 0, 0, -103	: Fx-Mz
550	L=12	F=0, 188, 0, 0, 0, 182	: Fy+Mz
550	L=13	F=0, 188, 0, 0, 0, -182	: Fy-Mz
650	L=8	F=268, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
650	L=9	F=0, 221, 0, 0, 0, 0	: Fy
650	L=10	F=268, 0, 0, 0, 0, 121	: Fx+Mz
650	L=11	F=268, 0, 0, 0, 0, -121	: Fx-Mz
650	L=12	F=0, 221, 0, 0, 0, 213	: Fy+Mz

650	L=13	F=0, 221, 0, 0, 0, -213	: Fy-Mz
750	L=8	F=308, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
750	L=9	F=0, 253, 0, 0, 0, 0	: Fy
750	L=10	F=308, 0, 0, 0, 0, 138	: Fx+Mz
750	L=11	F=308, 0, 0, 0, 0, -138	: Fx-Mz
750	L=12	F=0, 253, 0, 0, 0, 244	: Fy+Mz
750	L=13	F=0, 253, 0, 0, 0, -244	: Fy-Mz
850	L=8	F=348, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
850	L=9	F=0, 287, 0, 0, 0, 0	: Fy
850	L=10	F=348, 0, 0, 0, 0, 157	: Fx+Mz
850	L=11	F=348, 0, 0, 0, 0, -157	: Fx-Mz
850	L=12	F=0, 287, 0, 0, 0, 277	: Fy+Mz
850	L=13	F=0, 287, 0, 0, 0, -277	: Fy-Mz
950	L=8	F=416, 0, 0, 0, 0, 0	: Fx
950	L=9	F=0, 373, 0, 0, 0, 0	: Fy
950	L=10	F=416, 0, 0, 0, 0, 187	: Fx+Mz
950	L=11	F=416, 0, 0, 0, 0, -187	: Fx-Mz
950	L=12	F=0, 373, 0, 0, 0, 360	: Fy+Mz
950	L=13	F=0, 373, 0, 0, 0, -360	: Fy-Mz

SPEC

A=0 S=0.981 D=0.05

C 1997 DEPREM YONETMELIGI DEPREM SPEKTRUMU

C A=DEPREM YONUNUN YATAYLA YAPTIGI AGI

C S=SPEKTRUM OLCEK FAKTORU

C S=(Aoxg)/R=0.40\*9.81/4=0.981

C TA=0.15 TB=0.40 (YEREL ZEMIN SINIFI Z2)

C	X	Y
0.00	1.0000	1.0000
0.05	1.5000	1.5000
0.10	2.0000	2.0000
0.15	2.5000	2.5000
0.20	2.5000	2.5000
0.30	2.5000	2.5000
0.40	2.5000	2.5000
0.45	1.9842	1.9842
0.50	1.7411	1.7411
0.55	1.6133	1.6133
0.60	1.5048	1.5048
0.65	1.4115	1.4115
0.70	1.3302	1.3302
0.75	1.2588	1.2588
0.80	1.1954	1.1954
0.85	1.1388	1.1388
0.90	1.0879	1.0879
0.95	1.0419	1.0419
1.00	1.0000	1.0000
1.05	0.9617	0.9617
1.10	0.9266	0.9266
1.15	0.8942	0.8942
1.20	0.8643	0.8643

1.25	0.8365	0.8365
1.30	0.8107	0.8107
1.35	0.7866	0.7866
1.40	0.7640	0.7640
1.45	0.7429	0.7429
1.50	0.7230	0.7230
1.60	0.6866	0.6866
1.70	0.6541	0.6541
1.80	0.6249	0.6249
1.90	0.5984	0.5984
2.00	0.5743	0.5743
2.50	0.4804	0.4804
3.00	0.4152	0.4152
3.50	0.3671	0.3671
4.00	0.3299	0.3299

ENVELOPE

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	C=1.4	1.6	0	1.6	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxacıklık)													
2	C=1.4	0	1.6	0	1.6	0	1.6	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxacıklık)													
3	C=1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK (Tmax)
4	C=1.4	1.6	1.6	0	1.6	0	1.6	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxmesnet)													
5	C=1.4	0	1.6	1.6	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxmesnet)													
6	C=1.4	1.6	0	1.6	1.6	0	1.6	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxmesnet)													
7	C=1.4	0	1.6	0	1.6	1.6	0	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxmesnet)													
8	C=1.4	1.6	0	1.6	0	1.6	1.6	0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK
	(Mmaxmesnet)													
9	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	0	0	0	: DUSEY YUK+Fx
10	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	1.0	0	0	0	0	: DUSEY YUK+Fy
11	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	1.0	0	0	0	: DUSEY YUK+Fx+Mz
12	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	0	1.0	0	0	: DUSEY YUK+Fx-Mz
13	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	0	0	1.0	0	: DUSEY YUK+Fy+Mz
14	C=1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0	0	0	0	1.0	: DUSEY YUK+Fy-Mz
15	C=0.9	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	: 0.9G+1.0EQ (Fx)
16	C=0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	: 0.9G+1.0EQ (Fy)
17	C=0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	: 0.9G+1.0EQ (Fx+Mz)
18	C=0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	: 0.9G+1.0EQ (Fx-Mz)
19	C=0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	: 0.9G+1.0EQ (Fy+Mz)
20	C=0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	: 0.9G+1.0EQ (Fy-Mz)
21	D=1													

