

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOMPOZİT ELEMANLARIN TASARIMI VE**  
**MEVCUT BETONARME YAPILARIN**  
**KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE**  
**GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Hüseyin KUZU**

**Mayıs, 2009**

**İZMİR**

**KOMPOZİT ELEMANLARIN TASARIMI VE  
MEVCUT BETONARME YAPILARIN  
KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE  
GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı**

**Hüseyin KUZU**

**Mayıs, 2009  
İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HÜSEYİN KUZU, tarafından **DOÇ. DR. MEHMET EMİN KURAL** yönetiminde hazırlanan “**KOMPOZİT ELEMANLARIN TASARIMI VE MEVCUT BETONARME YAPILARIN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
Doç. Dr. Mehmet Emin KURAL

Danışman

.....  
Yrd. Doç. Dr. Bengi ARISOY

Jüri Üyesi

.....  
Prof. Dr. Atilla ORBAY

Jüri Üyesi

.....  
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın her aşamasında bana destek veren ve fikirleriyle beni yönlendiren değerli danıőmanım Doç. Dr. Mehmet Emin KURAL' a, bilgilerini benimle paylaőan Araő. Gör. Mutlu SEÇER' e teőekkÖrlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her tÖrlÖ desteği benden esirgemeyen ve her konuda destek olan aileme teőekkÖr eder, saygılarımı sunarım.

HÖseyin KUZU

# KOMPOZİT ELEMANLARIN TASARIMI VE MEVCUT BETONARME YAPILARIN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

## ÖZ

Bu çalışmanın amacı kompozit elemanlarının tasarımı ve betonarme yapıların çelik elemanlarla güçlendirilmesidir.

Öncelikle kompozit kesit ve kesme birleşimi tanımlanmıştır. Kompozit yapı elemanlarının dizayn yöntemleri ve dizayn tahkikleri gösterilmiştir. Kompozit ve çelik yapı çözümleri ile konu detaylandırılmıştır.

Sonra betonarme yapı elemanlarının ve yapı sisteminin kapasite kavramlarına değinilmiştir. Yapı kapasite hesabında doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi anlatılmıştır. Kapasite hesabından sonra betonarme yapılarda elemanların ve yapı sisteminin çelik elemanlarla güçlendirilmesi anlatılmıştır. Son olarak iki katlı betonarme yapı çelik diyagonaller ile güçlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kompozit kesit, kesme birleşimi, kompozit elemanların dizaynı, betonarme yapıları çelik elemanlar ile güçlendirme, çelik diyagonal.

# **DESIGN OF COMPOSITE MEMBERS AND EVALUATION AND RETROFIT OF EXISTING CONCRETE BUILDINGS**

## **ABSTRACT**

The aim of this study is the design of composite members and retrofitting of reinforced concrete structures with steel members.

Primarily, composite section and shear connections are defined. Design principles of the composite structural members and verifications of design are indicated. This subject is detailed with the solution of steel and composite structure.

After that, capacity concept of the structural members and structural systems of the reinforced concrete structures are mentioned. Nonlinear static analysis is explained in structural capacity calculation. After the capacity calculation, retrofitting of reinforced concrete structural members and system is described with steel member. Finally, two storey building is retrofitted with steel bracing.

**Keywords:** Composite section, shear connection, design of composite members, retrofitting of the reinforced concrete structures with steel members, steel bracing.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v

### **BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....1**

1.1 Kompozit Elemanlar.....	1
1.2 Kompozit Yapılar Dizayn Yönetmelikleri.....	2
1.2.1 Dizayn.....	2
1.2.1.1 Yükler.....	2
1.2.1.2 Malzeme Dayanımları.....	3

### **BÖLÜM İKİ - KOMPOZİT KESİT VE KESME BİRLEŞİMİ.....5**

2.1 Kompozit Kesit.....	5
2.2 Dikdörtgen En Kesitli Basit Mesnetli Kiriş.....	5
2.2.1 Kesme Birleşimi Olmaması.....	5
2.2.2 Tam Etkileşim.....	7
2.3 Kesme Birleşim Elemanları.....	8
2.4 Kesme Birleşim Elemanlarının Dayanımı.....	9
2.4.1 Çivi Birleşim Elemanlarının Dayanımı.....	9
2.4.1.1 Çelik Profil Levhalar ile Çivi Birleşim Elemanlarının Kullanımı....	10
2.4.2 Diğer Tip Birleşim Elemanlarının Dayanımı.....	11
2.4.2.1 U Birleşim Elemanları.....	11
2.4.2.2 Köşebent Birleşim Elemanı.....	12
2.5 Detaylandırma Kuralları.....	12

## **BÖLÜM ÜÇ - KOMPOZİT DÖŞEMELER.....14**

3.1 Kompozit Döşeme Sisteminin Ortaya Çıkışı.....	14
3.2 Çelik Saçın Özellikleri.....	15
3.3 Kompozit Kat Döşemeleri.....	16
3.3.1 Kompozit Döşemenin Pozitif Moment Bölgesindeki Dayanımı.....	17
3.3.2 Kompozit Döşemenin Uzunluk Boyunca Kesme Dayanımı.....	21
3.3.2.1 $L_s$ nin Hesaplanması.....	22
3.3.3 Kompozit Döşemenin Düşey Kesme Kuvveti Dayanımı.....	23
3.3.4 Zımbalama Etkisi.....	24
3.3.5 Tekil Yük ve Çizgisel Yük Durumu.....	25
3.3.6 Kompozit Döşemeler için Kullanım Sınır Durumu.....	26
3.3.6.1 Betondaki Çatlama.....	26
3.3.6.2 Deformasyon.....	26

## **BÖLÜM DÖRT - KOMPOZİT KİRİŞLER.....29**

4.1 Basit Mesnetli Kompozit Kirişler.....	29
4.1.1 Pozitif Eğilme Momenti ve Düşey Kesme Kuvveti Kontrolleri.....	30
4.1.1.1 Etkili En Kesit ve Etkili Tabla Genişliği.....	30
4.1.1.2 Çelik Elemanın Sınıflandırılması.....	32
4.1.2 Pozitif Moment Bölgesinde Eğilme Dayanımı.....	34
4.1.2.1 Sınıf 1 veya 2 deki En Kesitler.....	34
4.1.2.2 Sınıf 3 veya 4 deki En kesitler.....	36
4.1.3 Düşey Kesme Dayanımı.....	37
4.1.4 Kompozit Kirişlerde Uzunluk Boyunca Kesme Kontrolü.....	38
4.1.5 Enine Güçlendirme.....	38
4.1.5.1 Rijit Döşemelerdeki Enine Güçlendirme için Dizayn Kuralları.....	38
4.1.5.2 Kompozit Döşemelerde Enine Güçlendirme.....	40
4.1.6 Kullanım Sınır Durumundaki Gerilmeler ve Deformasyonlar.....	41



4.1.6.1 Pozitif Moment Bölgesi için Kompozit Kesitlerin Elastik Analizi.....	41
4.1.6.2 Deformasyonlar.....	43
4.1.6.3 Açıklık Derinlik Oranının Limit Kullanımı.....	44
4.1.6.4 Sıcaklık ve Betonun Büzülme Etkileri.....	44
4.2 Sürekli Kompozit Kirişler.....	45
4.2.1 Sürekli Kompozit Kirişin Negatif Moment Bölgeleri.....	46
4.2.1.1 Plastik Dayanım Momenti.....	46
4.2.1.2 Elastik Dayanım Momenti.....	47
4.2.2 Düşey Kesme Kuvveti ve Moment-Kesme Etkileşimi.....	49
4.2.3 Yanal Burkulma Kontrolü.....	50
4.2.4 Çatlak Kontrolü.....	52
4.2.5 Sürekli Kirişlerin Global Analizi.....	52
4.2.5.1 Elastik Global Analiz.....	52
4.2.5.1.1 Deformasyonlar.....	54
4.2.5.2 Plastik Global Analiz.....	54
<b>BÖLÜM BEŞ - KOMPOZİT KOLONLAR.....</b>	<b>57</b>
5.1 Kompozit Kolonların Plastik Davranışı.....	58
5.1.1 Basınç Etkisindeki Davranış.....	58
5.1.2 Basınç (eksenel kuvvet) ile Eğilme (moment) Bileşkesindeki Davranış.....	61
5.2 İkinci Mertebe Etkileri.....	65
5.3 Lokal Burkulma Etkisi.....	66
5.4 Detaylandırma Kuralları.....	66

## **BÖLÜM ALTI - KOMPOZİT KESİTLİ YAPI HESABI.....68**

6.1 Seçilen Sistem.....	68
6.2 Hesap Parametreleri.....	70
6.3 Kullanılan Programların Özellikleri.....	71
6.3.1 ETABS V.9.....	71
6.3.2 CSI-COL.....	71
6.4 Dizayn Sonuçları.....	71
6.4.1 Ana Kiriş Kesitleri.....	79
6.4.2 Tali Kiriş Kesitleri.....	81
6.4.3 Kolon Kesitleri.....	83
6.5 Uygulamalar.....	85
6.5.1 Döşeme Tahkikleri.....	86
6.5.1.1 Çelik Saçın Kontrolleri.....	86
6.5.1.2 Kompozit Döşemenin Tahkikleri.....	87
6.5.2 Kompozit Kiriş Tahkikleri.....	89
6.5.3 Kompozit Kolonun Tahkikleri.....	92

## **BÖLÜM YEDİ - MEVCUT BETONARME YAPILARIN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ.....98**

7.1 Çerçeve Sistemlerde Kapasite Hesabı.....	98
7.1.1 Kolonların Kapasitesi.....	98
7.1.2 Kirişlerin Kapasitesi.....	100
7.1.3 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kapasitesi.....	101
7.2 Yapıların Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	104
7.2.1 Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	105
7.3 Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi.....	107
7.3.1 Elemanların Güçlendirilmesi.....	107
7.3.1.1 Kolonların Güçlendirilmesi.....	107

7.3.1.1.1 Çelik Manto ile Güçlendirme.....	107
7.3.1.2 Kirişlerin Güçlendirilmesi.....	109
7.3.1.2.1 Çelik Levha ile Güçlendirme.....	109
7.3.1.3 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi.....	111
7.3.1.3.1 Çelik Levha ve Şeritler ile Güçlendirme.....	111
7.3.2 Yapı Sistemini Güçlendirme.....	112
7.3.2.1 Çelik Elemanlarla Güçlendirme.....	113
7.3.2.2 Birleşim Detayları.....	115
<b>BÖLÜM SEKİZ - GÜÇLENDİRME ÖRNEĞİ.....</b>	<b>118</b>
8.1 Yapının Özellikleri.....	118
8.2 Yapının Analizi.....	121
8.3 Yapının Güçlendirilmesi.....	124
8.3.1 Diyagonallerin En Kesit ve Narinlik Kontrolleri.....	134
8.3.2 Diyagonallerin Basınç ve Çekme Çubuğu Hesapları.....	136
8.3.3 Diyagonaller ile Levha Arasındaki Bulon Hesapları.....	138
8.3.4 Kaynak Hesapları.....	140
8.3.5 Ankraj Bulonlarının Hesapları.....	142
<b>BÖLÜM DOKUZ - SONUÇLAR.....</b>	<b>149</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>151</b>
<b>EK.....</b>	<b>154</b>

## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

Bu çalışma kapsamında kompozit elemanların dizayn kuralları verilecek ve çözülen örneklerle detaylandırılacaktır. Ayrıca mevcut betonarme yapıların kapasite kavramına değinilecek ve betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik elemanların kullanımı anlatılacaktır. 1-6 bölümleri kompozit elemanların tasarımını ve 7-8 bölümleri ise betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik elemanların kullanımını içermektedir.

#### **1.1 Kompozit Elemanlar**

Çelik yapılarda kolon ve kirişler için gerekmeyen kalıp ve iskele, kat döşemeleri için gereklidir. Bu maliyeti düşürmek için çelik saç elemanların kullanımı yaygınlaşmıştır. Önceleri sadece kalıp görevi gören çelik saçların, kiriş ve döşeme sistemiyle birlikte çalıştırılmasıyla elde edilen kesitler kompozit döşeme sistemini oluşturur.

Çelik kolonlar önceleri yangın dayanımının artırılması için betona gömülmekteydi. Daha sonra iki malzemeyi birlikte çalıştırarak çelik yapılardaki kolonlara göre daha küçük kesitli ve yangına, korozyona, burkulmaya karşı daha dayanıklı kesitler elde edildi. Böylece kompozit kolonlar elde edilmiştir (Johnson, 1994).

Günümüzde özellikle dünyanın büyük kentlerinde yaygın olan gökdelenlerde kompozit elemanlar kullanılır. Bunun nedeni kompozit olarak tasarlanan yapılardaki kesitlerin çelik yapılara göre daha küçük kesitler olmasının yanında inşaat aşamasının hızlı olması ve daha da dayanıklı ve sünek yapılar oluşturulmasını sayabiliriz.

## 1.2 Kompozit Yapılar Dizayn Yönetmelikleri

Ülkemizde henüz kompozit yapılarla ilgili bir standart olmadığı için bu çalışmada yabancı yönetmelik kapsamındaki dizayn kuralları verilecektir.

### 1.2.1 Dizayn

Dizaynı için iki durum vardır. Bunların şimdi sadece adı verilecek fakat eleman dizaynlarında daha detaylı bahsedilecektir.

I) Taşıma sınır durum: elemanların plastik kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır.

II) Kullanım sınır durum: elemanların deformasyon ve betondaki çatlama gibi elastik hesaplarında kullanılır.

#### 1.2.1.1 Yükler

Burada yalnızca iki tip yük göz önüne alınacaktır. Bunlar:

Sabit yük (G); örneğin yapının kendi ağırlığı olup,  $G_K$  karakteristik simgesi ile gösterilir.

Hareketli yük (Q); Örneğin rüzgar ve kar yükü olup,  $Q_K$  karakteristik simgesi ile gösterilir.

Yüklerin değerleri dizaynda genellikle  $F_d = \gamma_F F_K$  olarak gösterilir. Ayrıntılı olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$G_d = \gamma_G G_K \quad (1.1)$$

$$Q_d = \gamma_G Q_K \quad (1.2)$$

Burada  $\gamma_G$  ve  $\gamma_Q$  Eurocode 1’ de verilen güvenlik faktörleridir. Bu değerler aşağıdaki gibi Tablo 1.1. ‘ de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Dizayn için  $\gamma_G$  ve  $\gamma_Q$  yük katsayıları

Etki Tipi	Sabit	Hareketli
Taşıma sınır durum	1.35	1.5
Kullanım sınır durum	1.0	1.0

### 1.2.1.2 Malzeme Dayanımları

Dayanımlar,  $X_d$ , karakteristik değerlerin güvenlik faktörlerine bölünmesiyle elde edilir.

$$X_d = \frac{X_K}{\gamma_M} \quad (1.3)$$

Burada  $X_K$ , malzeme karakteristik değeri;  $\gamma_M$  malzeme güvenlik faktörüdür.  $\gamma_M$ ’deki alt indis M malzemeyle ilgili özellikleri göstermektedir ve burada Tablo 1.2. deki değerler kullanılacaktır. Yapısal çelik ve beton için kullanılan karakteristik değerler aşağıda tablo şeklinde verilmiştir.

Tablo 1.2 Malzeme özellikleri ve dayanım için  $\gamma_M$  malzeme güvenlik faktörleri

Malzeme	Yapısal Çelik	Betonarme Çeliği	Çelik Saç	Beton	Kesme Birleşimi
Karakteristik değerler	$f_y$	$f_{sk}$	$f_{yp}$	$f_{ck}$ veya $f_{cu}$	$P_{Rk}$
$\gamma_M$ için sembol	$\gamma_a$	$\gamma_s$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_c$	$\gamma_v$
Taşıma sınır durumu	1.10	1.15	1.10	1.5	1.25
Kullanım sınır durumu	1.0	1.0	1.0	1.0 veya 1.3	1.0

Tablo 1.3 Beton için karakteristik değerleri

Beton sınıfı							
	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$E_{cm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	29	30,5	32	33,5	35	36	37
$f_{ck}$ : 28 günlük karakteristik silindir dayanımı							
$f_{ctm}$ : ortalama çekme dayanımı							
$E_{cm}$ : elastisite modülü							

Tablo 1.4 Yapısal çelik için akma dayanımları

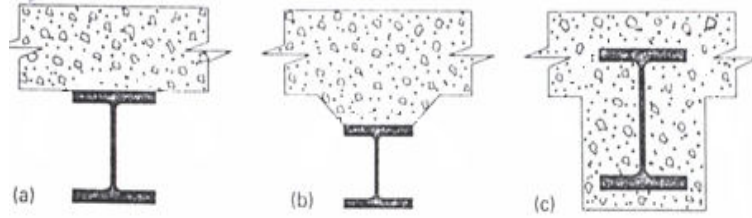
Çelik sınıfı	Akma dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )					
	Kalınlık t (mm)					
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	63 < t ≤ 80	80 < t ≤ 100	100 < t ≤ 150
S235 (ST 37)	235	225	215	215	215	195
S275 (ST 44)	275	265	255	245	235	225
S355 (ST 52)	355	345	335	325	315	295

## BÖLÜM İKİ

### KOMPOZİT KESİT VE KESME BİRLEŞİMİ

#### 2.1 Kompozit Kesit

Kompozit kesit, iki veya daha fazla malzemenin beraber çalışarak istenilen mukavemet ve rijitliği sağlamak amacıyla oluşturulan kesitler için kullanılır. Bu birliktelik çelik+beton, çelik+ahşap, beton+ahşap olabilir. Bizim burada değineceğimiz beton ve çelikten oluşan kompozit elemanlar olacaktır. Kompozit kesitlerin tipik en kesit tipleri Şekil 2.1. 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Tipik kompozit kesit en kesitleri

#### 2.2 Dikdörtgen En Kesitli Basit Mesnetli Kiriş

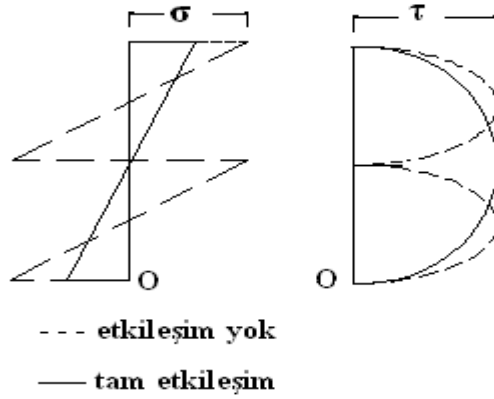
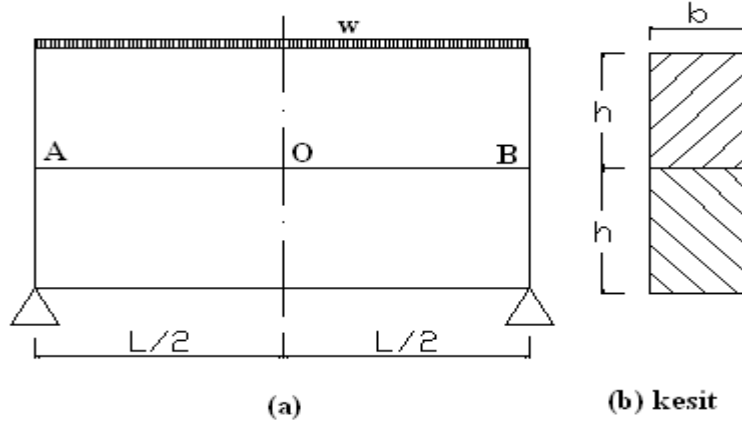
Kompozit kesite örnek olarak Şekil 2.2 'de gösterilen eşit boyuttaki iki elemandan oluşan kiriş gösterilecektir. Bu kiriş L açıklığı üzerinde birim uzunlukta w yükünü taşır ve bileşenlerinin elastisite modülü E'dir. Kirişin ağırlığı ihmal edilmiştir.

##### 2.2.1 Kesme Birleşimi Olmaması

Öncelikle AB iç yüzeyi arasında kesme birleşimi veya sürtünme olmadığını varsayalım. Üst kısımdaki kiriş ile alt kısımdaki kiriş ayrı ayrı eğilme direnci gösterirler. Her kirişin atalet momenti  $bh^3/12$  olan kirişmiş gibi birim uzunlukta w/2 yük taşıdığı ve AB iç yüzeyi boyunca düşey basınç gerilmesinin w/2b olduğu kabul edilir. Kirişin açıklık ortasındaki eğilme momenti değeri  $wL^2/16$  'dır. Şekil 2.2.(c)'deki gibi açıklık ortasında gerilme dağılımı yapılır ve her bileşendeki eğilme gerilmesi,  $\sigma$ , aşağıdaki gibi bulunur.



$$\sigma = \frac{M_{y\max}}{I} = \frac{wL^2}{16} \frac{12}{bh^3} \frac{h}{2} = \frac{3wL^2}{8bh^2} \quad (2.1)$$



(c) eğilme gerilmesi

(d) kayma gerilmesi

Şekil 2.2. Kesme birleşiminin eğilme ve kayma gerilmeleri üzerindeki etkisi

Maksimum kayma gerilmesi,  $\tau$  basit elastik teoriyle parabolik dağılım olarak Şekil 2.2.(d)'de gösterilmiştir ve her elemanın eksenindeki değeri aşağıda verilmiştir.

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{wL}{4} \frac{1}{bh} = \frac{3wl}{8bh} \quad (2.2)$$

Maksimum deformasyon,  $\delta$ , aşağıdaki formülle bulunur.

$$\delta = \frac{5(w/2)L^4}{384EI} = \frac{5}{384} \frac{w}{2} \frac{12L^4}{Ebh^3} = \frac{5wL^4}{64Ebh^3} \quad (2.3)$$

### 2.2.2 Tam Etkileşim

Şekil 2.2 deki iki eşit parçadan oluşan kirişin son derece rijit kesme birleşimiyle birleştiğini varsayalım. İki eleman bundan sonra tekmiş gibi davranır. Kayma deformasyon değişiminin oranını; kayma Şekil değişimi ise kiriş boyunca kayma değişiminin oranını göstermek üzere bu durumda kayma ve kayma Şekil değişikliği her yerde sıfırdır ve düzlem kesitinin değişmediğini kabul ederiz. Bu durum tam etkileşim olarak bilinir.

Genişliği  $b$ , yüksekliği  $2h$ , atalet momenti  $I=2bh^3/3$  olan kompozit kirişin, açıklık ortasındaki eğilme momenti  $wL^2/8$  bulunur. Uç liflerdeki eğilme gerilmesi:

$$\sigma = \frac{M_{y \max}}{I} = \frac{wL^2}{8} \frac{3}{2bh^3} h = \frac{3wL^2}{16bh^2} \quad (2.4)$$

Tarafsız eksendeki kayma gerilmesi:

$$\tau_x = \frac{3}{2} wx \frac{1}{2bh} = \frac{3wx}{4bh} \quad (2.5)$$

Ve maksimum kayma gerilmesi:

$$\tau = \frac{3wL}{8bh} \quad (2.6)$$

Bu gerilmeler Şekil 2.2.(c) ve 2.2.(d) de kompozit olmayan kiriş değerleriyle karşılaştırılmıştır. Kesme birleşiminin gerektirdiği şartları sağlamak sebebiyle, maksimum kayma gerilmesi değişmemiş, maksimum eğilme gerilmesi yarıya düşmüştür.

Açıklık ortasındaki deformasyon:

$$\delta = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5wL^4}{256Ebh^3} \quad (2.7)$$

Bulunan değerler karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçları elde ederiz.

1) Tam etkileşim durumunda deformasyon, etkileşim olmaması durumunda bulunan deformasyonun dörtte biri değerindedir.

2) Tam etkileşim durumundaki eğilme gerilmesi, etkileşim olmaması durumunda oluşan gerilmenin yarısı kadardır.

3) Her iki durumda da kayma gerilmeleri aynı değerdedir.

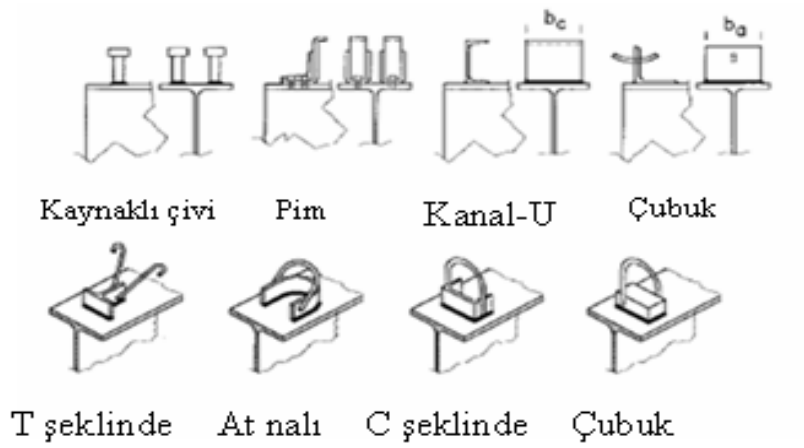
Böylece kesme birleşimi, verilen boyuttaki kirişin dayanım ve rijitliğini artırır ve pratikte verilen yükler için gerekli kiriş boyutlarını küçültür ve genellikle maliyeti de azaltır (Johnson, 1994).

### **2.3 Kesme Birleşim Elemanları**

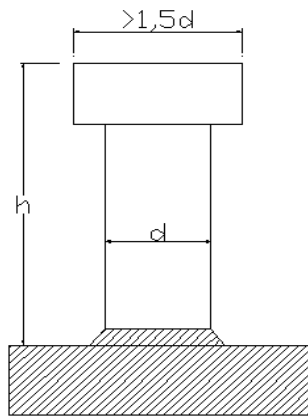
elik ile beton bileşenler arasındaki kuvvet aktarımıyla kompozit davranış sağlanır. Bunun için de beton-elik i yüzeydeki gerilmelerin karşılanması gerekir. Bu aşamada gerekli performansı sağlamada kesme birleşim elemanları görev yapar.

Kesme birleşim elemanlarının birincil görevi; çelikle beton arasında kesme kuvvetini aktararak her iki birleşim yüzeyi arasında kaymaları önlemektir. İkincil görevi ise; elemanlar arasındaki çekme nedeniyle birbirlerinden ayrılmamalarını, beraber hareket etmelerini sağlamaktır (Işık, 2003a). Pratikte kullanılan değişik kesme birleşim elemanları aşağıdaki Şekilden görülmektedir.

En yaygın kullanımlı birleşim elemanı Şekil 2.4' de gösterilen çivi birleşim elemanıdır. apı 13 ile 25 mm arasında, yüksekliliği (h) 65 ile 100 mm arasında olmasına rağmen bazen daha uzunları da kullanılır. İri başlı çivi birleşim elemanının avantajları; kaynak aşaması hızlıdır, beton döşemedeki elik takviyesine az engel olur ve bütün yönlerdeki kesme rijitliği ve gücü eşitir.



Şekil 2.3 Pratikte kullanılan kesme birleşim elemanları



Şekil 2.4 İri başlı çivi birleşim elemanı

Çapı etkileyen iki faktör vardır. Birincisi kaynak aşaması olup, çap 20 mm’i aştığında zor ve pahalı olur. İkincisi ise Şekil 2.3 ’de gösterilen levha kalınlığıdır( $t$ ). Amerikada ’ki çalışmalarda  $d/t$  oranı 2,7 den az olduğunda çivinin statik dayanımının düzenlenmesi gerektiğini bulmuşlardır ve Eurocode 4 ’te bu limit 2,5 olarak verilmiştir (Johnson, 1994).

## 2.4 Kesme Birleşim Elemanlarının Dayanımı

### 2.4.1 Çivi Birleşim Elemanlarının Dayanımı

Çivi birleşim elemanlarının dayanımını bulmada aşağıdaki denklemler kullanılır.

$$P_{Rd} = k_s \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) f_u \quad (2.8)$$

$$P_{Rd} = k_c \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) (f_{ck} E_{cm})^{1/2} \quad (2.9)$$

AISC’de  $k_c=0,5$  ve  $k_s=1,0$ ; Eurocode 4’te  $k_c=0,36$  ve  $k_s=0,8$  olarak verilmiştir (Cosenza ve Zandonini, 1999).

Yukarıdaki denklemlerdeki  $f_u$  ( $\leq 500$  N/mm<sup>2</sup>) çeliğin limit akma dayanımı ve  $f_{ck}$  ve  $E_{cm}$  ise sırasıyla betonun silindir dayanımı ve sekant modülüdür.  $h$  ve  $d$  boyutları Şekil 2.3 ‘de gösterilmiştir.  $\gamma_v$  güvenlik faktörü için de istatistiksel kalibrasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre 1.25 değeri tavsiye edilir (Johnson, 1994). Denklemlerden küçük olanı kullanılır.

#### 2.4.1.1 Çelik Profil Levhalar İle Çivi Birleşim Elemanlarının Kullanımı

Profil levhaların kullanıldığı yerlerde çivi birleşim elemanları betonun içine yerleştirilir. Testler birleşim elemanlarının kesme dayanımını betondaki lokal göçmeler yüzünden rijit döşemedeki aynı dayanımdaki malzemelerden daha düşük olduğunu göstermiştir.

Bu sebepten Eurocode 4 (2.8) ve (2.9) denklemlerindeki  $P_{Rd}$  yi bulmada azaltma faktörlerini içerir (Johnson, 1994). Kirişlere paralel olan levha için, bu faktör:

$$k_t = 0.6 \frac{b_0}{h_p} \left( \frac{h}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0 \quad (2.10)$$

Burada  $b_0$ ,  $h_p$  ve  $h$  Şekil 2.5’te gösterilmiştir ve  $h$  değeri  $h_p+75$  mm değerinden büyük olmamalıdır.

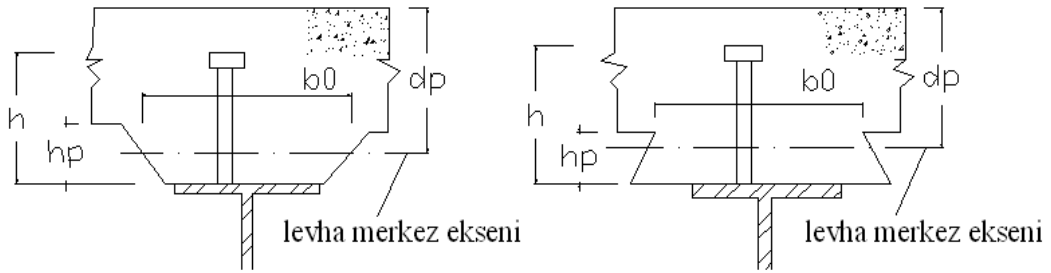
Kirişlere enine olan levhalar için bu faktör:

$$k_t = \frac{c}{\sqrt{N_r}} \frac{b_0}{h_p} \left( \frac{h}{h_p} - 1 \right) \leq 1.0 \quad (2.11)$$

c katsayısının AISC'de 0,85 Eurocode 4'te 0,7 değerlerinin alınması söylenir (Cosenza ve Zandonini, 1999).  $N_r$  bir çubuktaki birleşim elemanı sayısıdır.

Yukarıdaki denklemin kullanılması için gerekli şartlar:

- \*  $\text{çap} > 20 \text{ mm}$
- \*  $b_0/h_p \leq 1$  ve  $h_p \leq 85 \text{ mm}$
- \* çivi dayanımı  $\leq 450 \text{ N/mm}^2$
- \*  $N_r \geq 2$  olduğunda  $k_t \leq 0,8$ .



Şekil 2.5 Aynı doğrultudaki kompozit kiriş ve döşeme

## 2.4.2 Diğer Tip Birleşim Elemanlarının Dayanımı

### 2.4.2.1 U Birleşim Elemanları

Eurocode 4'te U birleşim elemanı ile ilgili denklem olmamasına rağmen AISC'de aşağıdaki denklem verilmiştir (Cosenza ve Zandonini, 1999).

$$P_{Rd} = 0,3(t_f + 0,5t_w)b_c\sqrt{f_c E_c} \quad (2.12)$$

$t_f$ ,  $t_w$  ve  $b_c$  sırasıyla flanş kalınlığı, gövde kalınlığı ve U elemanın uzunluğudur.

### 2.4.2.2 Köşebent Birleşim Elemanı

Eurocode'daki dayanım formülü:

$$P_{Rd} = 10b_a h_{ac}^{3/4} f_c^{2/3} / \gamma_v \quad (2.13)$$

$b_a$  ve  $h_{ac}$  birleşim elemanının kollarının yüksekliği ve uzunluğudur.  $\gamma_v$  güvenlik faktörünün 1,25 alınması önerilir (Cosenza ve Zandonini, 1999).

## 2.5 Detaylandırma Kuralları

Kesme birleşim elemanlarının çelik flanşa bağlandığı yerlerde, enine güçlendirme olacaktır ve guse veya çelik profil levha olabilir.

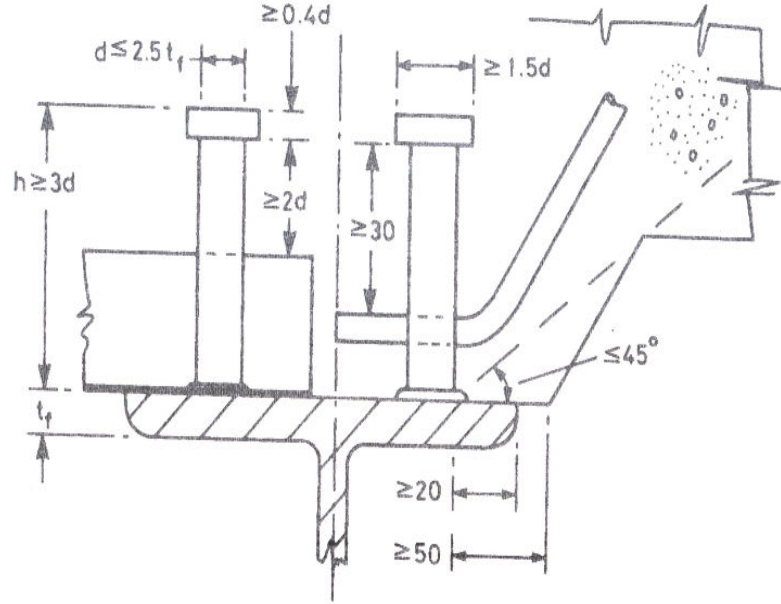
Eurocode 4 : Bölüm 1.1 de verilen çeşitli kurallar Şekil 2.6'da görülmektedir. Sol yarıda çapraz olarak yerleştirilen profil levhalar ve sağ yarıda guse görülür.

İri başlı çivi için verilen minimum boyutlar,  $h \geq 3d$  ve alt güçlendirme üzerindeki izdüşümü 30 mm olarak verilmiş olup bunlar kuvvet aktarımına karşı yeterli dayanım sağlamak amaçlıdır.  $d \leq t_f$  kuralı birleşim elemanında yükün oluşturduğu çelik flanşın göçmesini engellemek içindir.

50 mm birleşim elemanını kenardan korur ve açının  $\leq 45^\circ$  olması kuralı birleşim elemanının tabanındaki betonun lokal kırılma veya çatlamasına karşı koruma amaçlıdır. Flanşın ucuna 20 mm mesafe ise birleşim elemanını korozyondan korur ve flanşa lokal aşırı gerilme olmasını önler.

Çivi birleşim elemanlarının merkezleri arasındaki minimum mesafe  $d$  çapı göstermek koşuluyla uzunluk doğrultusunda  $5d$ , rijit döşemedeki çelik flanşın genişliği ortasından  $2,5d$  ve kompozit döşemelerde  $4d$  dir. Bu kurallar betonun uygun şekilde sıkışmasını sağlar ve döşemede lokal aşırı gerilme oluşmasını önler.

Birleşim elemanlarının uzunluk boyunca maksimum aralığı 800 mm den daha az ile sınırlandırılmıştır ve bu toplam döşeme kalınlığının 6 katıdır, çünkü dizayndaki kesme transferinin açıklık boyunca sürekli olduğu varsayılır ve ayrıca aşırı kuvvet aktarımından korur.



Şekil 2.6 Kesme birleşimi için detay kuralları

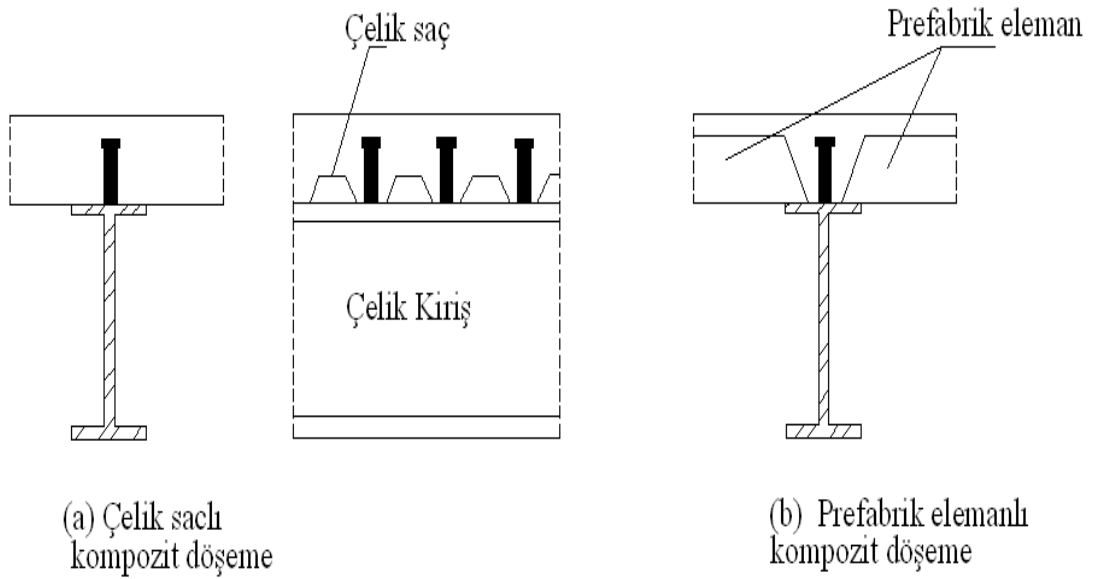


## BÖLÜM ÜÇ

### KOMPOZİT DÖŞEMELER

#### 3.1 Kompozit Döşeme Sisteminin Ortaya Çıkışı

Çelik yapılarda ana sistem çelik konstrüksiyon olduğu için kalıp ve iskele işçiliği ve maliyeti yokken, döşemeler için kalıp ve iskele ihtiyacı doğmaktadır. Bunun çözümü için çelik saçlar kalıp olarak kullanılarak maliyet azaltılmıştır. Ama bu durumda kullanılan çelik saçlar sadece betonu ve donatı ile inşaat sürecindeki hareketli yükleri taşımakta olup beton dayanımını kazandıktan sonra sadece kalıp görevi görmektedir. Çelik saçın beton döşeme ile birlikte çalıştırılması fikriyle çelik saç kalıp yanında pozitif moment bölgesi için donatı görevi de görmektedir. Bu şekilde oluşturulan döşeme sistemi kompozit döşeme olarak adlandırılır (Odabaşı ve Yorgun, bt). Kompozit döşeme prefabrik elemanlarla da yapılabilir. Şekil 3.1’de tipik kompozit döşeme sistemlerini görmekteyiz.



Şekil 3.1 Tipik kompozit kiriş ve döşemeler

### 3.2 Çelik Saçın Özellikleri

Saç kalınlıkları 0,8 mm ile 1,2 mm, yükseklikleri ise 50 ile 70 mm arasında değişmekte olup, son zamanlarda yükseklik 80 mm'e çıkmaktadır. Çelik saç galvanizle kaplanarak korozyona karşı korunmaktadır.

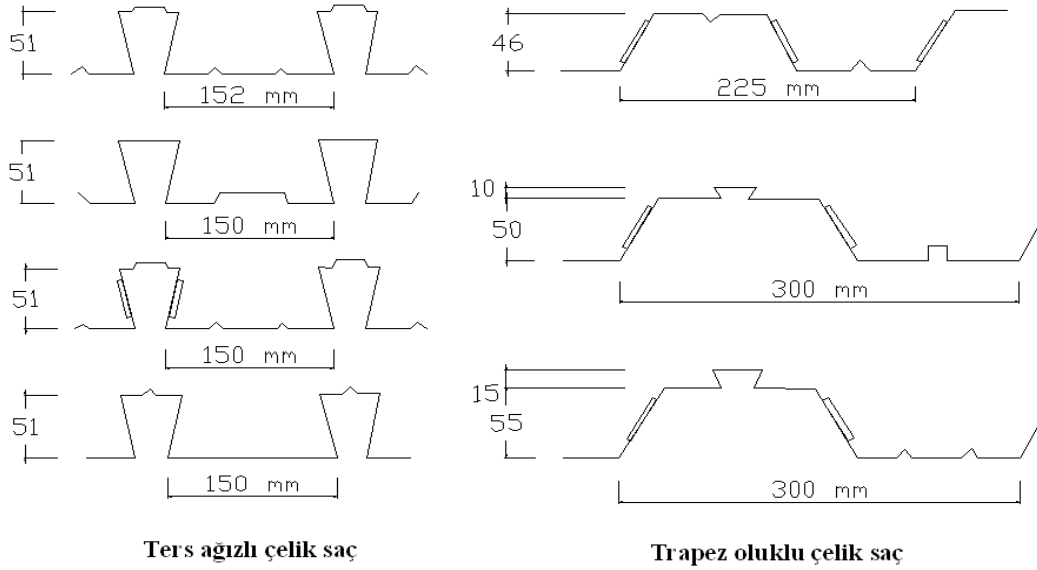
Eurocode 4'te 3m\*3m'lik alan için 1,5 kN/mm<sup>2</sup> karakteristik yükünün alınması önerilir. Böylece 9 m açıklıklı ana kirişler, 3 m aralıklı yerleştirilen tali kirişlerle çelik saçların birlikte kullanılmasıyla 9m\*9m alanlar kolayca kapatılabilir. ASCE'de ise 1,0 kN/mm<sup>2</sup> veya 2,2 kN/m yükünün alınması önerilir. Saçın deformasyonunun ise L/180 veya 20 mm'den az olması koşulu vardır. Çelik saçların lokal burkulmasını önlemek için genişlik/kalınlık oranınının 35 ten küçük olması gerekir.

Çelik saçın kullanılmasıyla kazanılan bazı avantajlar aşağıdadır.

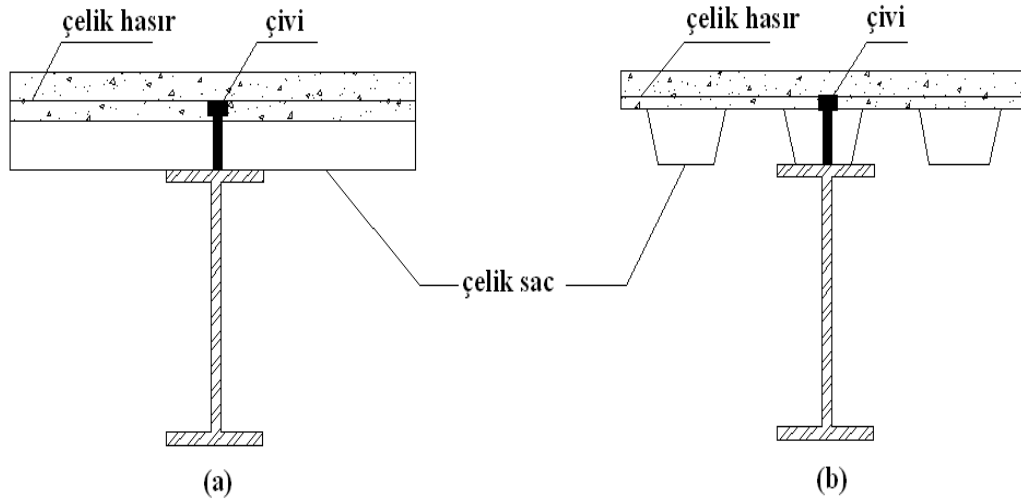
- \* İnşaat sırasında emniyetli bir platform görevi görür.
- \* Pozitif moment bölgesi için donatı işlevi vardır. Çoğu kere sadece çelik saç donatı alanını karşılar.
- \* Kalıp ve iskele işçiliği ve maliyeti ortadan kalkar.
- \* İnşaat aşamaları hızlanır.
- \* Döşeme kalınlığı klasik betonarme döşemeden daha az olduğu için betondan da ekonomi sağlar (Yorgun, 2005).

Kompozit döşemelerde kullanılan çelik saç tipleri Şekil 3.2'den görüldüğü gibi ters ağızlı profil levha ve trapez oluklu çelik saç olmak üzere başlıca iki çeşittir (Işık, 2003b).

Kullanılan çelik saçlar iki farklı şekilde uygulanabilir. Bunlardan birincisi kullanılan çelik saçın kirişe dik doğrultuda olması ve ikincisi ise çelik saçın kirişe paralel doğrultuda olmasıdır. Bunu da Şekil 3.3'den görmekteyiz (Işık, 2003c).



Şekil 3.2 Kompozit döşemelerde kullanılan ters ağızlı ve trapez oluklu çelik saçlar



Şekil 3.3 Kompozit çelik saclı döşeme (a) çelik sac dik doğrultuda (b) çelik sac paralel doğrultuda

Kullanılan bu saçların ön görevi, beton dökme esnasında inşaat işleri ile ilgili geçici yüklerle birlikte, taze betonu ve gerekli donatıyı taşımaktır. Esas görevi ise, betonla birlikte kompozit olarak çalışarak üzerine gelen yükleri taşımaktır.

### 3.3 Kompozit Kat Döşemeleri

Beton tam dayanımını kazanınca, döşeme de kompozit olarak çalışır ve çelik sac pozitif moment bölgesinin alt çekme donatısı görevini yerine getirir. Beton tüm açıklık üzerinde sürekli, bununla birlikte alt çekme gerilmeleri çelik sacla karşılaşır ve basit mesnetli dizayn edilir.

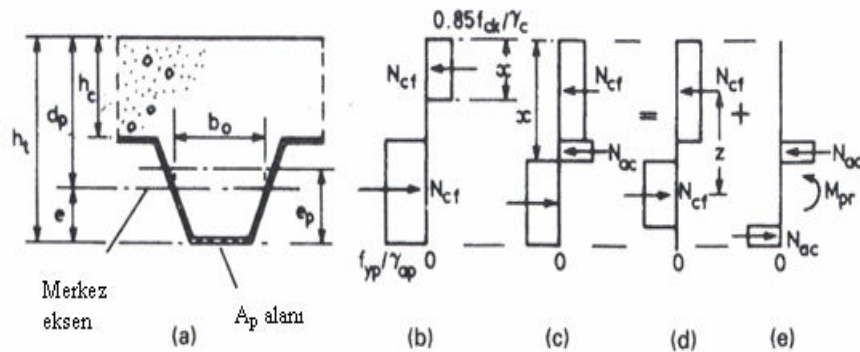
Basit mesnetli döşemeler, çatlak genişliğini kontrol etmek için mesnetlerindeki üst uzunluk boyunca takviye gerektirir. Eurocode 4 'te bu değer desteklenmemiş inşaatlar için çelik çubukların üzerindeki beton alanının % 0,2 si iken desteklenmiş inşaatlar için % 0,4 dür. Burada desteklenmiş inşaattan kastımız, inşaat aşamasında geçici ara destekler konulursa bu desteklenmiş inşaat konmazsa desteklenmemiş inşaat olduğudur.

Kompozit döşemeler, çelik çerçeve binalar için Kuzey Amerika 'da uzun yıllardan beri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yirmi yılda dizayn aşamalarında birçok avantaj olmuştur ve çelik saçların Avrupa 'da kullanımı yaygın olmuştur.

### 3.3.1 Kompozit Döşemenin Pozitif Moment Bölgesindeki Dayanımı

Döşeme genişliği  $b$ , hesaplarda genellikle 1 m alınır ama levhadaki bir trapez kesit için Şekil 3.4'de gösterilmiştir.  $h_t$  kalınlığının 80 mm 'den az olmaması ve levhanın üst kısmındaki ana yüzeyin üzerindeki beton kalınlığının 40 mm 'den az olmaması gerekir. Normalde bu kalınlık ses veya yangın izolasyonunu sağlamak ve yük dayanımını artırmak için 60 mm veya daha fazla olmalıdır (Johnson, 1994).

Bir metre genişlik için etkili alan  $A_p$  ve levhanın alt kısmının üstündeki alanın merkez yüksekliği  $e$  testlere dayanır. Levhadaki plastik tarafsız eksen yüksekliğini ise  $e_p$  ile ifade ederiz.



Şekil 3.4 Kompozit döşemenin pozitif moment bölgesi dayanımı

Eğilme dayanımının basit plastik teoriyle hesaplanır. Bunun için üç değişik durum vardır.

(1) tarafsız eksen çelik saçın üzerindeki beton içinde

Uzunluk boyunca eğilme gerilmelerinin dağılımının Şekil 3.4 (b) 'deki gibi olduğu düşünülür. Tam etkileşimli kesme birleşimi olacaktır, bu yüzden beton basınç kuvveti  $N_{cf}$ , çeliğin eğilme kuvvetiyle aynıdır.

$$N_{cf} = N_{pa} = \frac{A_p f_{yp}}{\gamma_{ap}} \quad (3.1)$$

Burada  $\gamma_{ap}$  levhanın  $f_{yp}$  eğilme dayanımı için olan güvenlik faktörüdür. Betondaki gerilme bloğunun derinliği aşağıdaki gibidir.

$$x = \frac{N_{cf}}{b(0,85 f_{ck} / \gamma_c)} \quad (3.2)$$

Yukarıdaki denklemler aşağıdaki şartın sağlanması durumunda geçerlidir.

$$x \leq h_c \quad (3.3)$$

Dayanım momenti aşağıdaki denklemle elde edilir.

$$M_{p,Rd} = N_{cf} (d_p - 0,5x) \quad (3.4)$$

Burada  $M_{p,Rd}$  dizayn eğilme dayanımıdır.

(2) Tarafsız eksen çelik saç içinde ve tam etkileşimli kesme birleşimi

Gerilme dağılımı Şekil 3.4(c) 'deki gibidir.  $N_{cf}$  kuvveti  $N_{pa}$  'dan daha azdır.

$$N_{cf} = bh_c \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad (3.5)$$

$x$  'in için aşağıdaki metot kullanılır. Levhadaki çekme gerilmesi Şekil 3.4(d) ve (e) deki gibi  $N_{ac}$  kuvveti  $N_a$  kuvvetine eşit olacak şekilde ayrılır.

$$\text{Burada, } N_a = N_{cf} \quad (3.6)$$

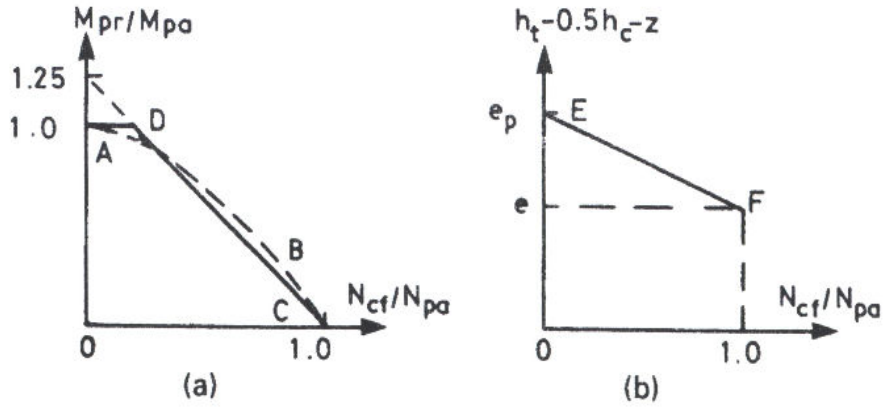
Eşit ve zıt yöndeki  $N_{ac}$  kuvvetlerinin oluşturduğu dayanım momenti  $M_{pr}$ ,  $N_a$  aksenal kuvvetinin etkisiyle azalan levhanın dayanım momenti  $M_{pa}$  ya eşittir. Bu  $N_{cf}$  değeri  $x/h_c$  oranına bağlıdır. (3.1) ve (3.5) denklemlerinden hangisi daha küçükse o alınır. Karışıklık olabileceği için, bundan başka  $N_{pa}$  sembolü tanımlanmıştır.

$$N_{pa} = \frac{A_p f_{yp}}{\gamma_{ap}} \quad (3.7)$$

$N_{cf}$  deki  $f$  indisi tam etkileşimli kesme birleşimini temsil eder. Kısmi etkileşimli kesme birleşimi olduğunda beton basınç kuvveti  $N_c$  olur.

$M_{pr}/M_{pa}$  ve  $N_{cf}/N_{pa}$  arasındaki ilişki profile bağlıdır, ama genellikle Şekil 3.5(a) daki ABC ile gösterilen şekildedir. Eurocode 4 'teki yaklaşık eşitlik aşağıdadır.

$$M_{pr} = 1,25 M_{pa} \left[ 1 - \frac{N_{cf}}{N_{pa}} \right] \leq M_{pa} \quad (3.8)$$



Şekil 3.5 (3.8) ve (3.12) denklemlerinin grafik ifadesi

Bunu Şekilde ADC olarak görmekteyiz. Dayanım momenti ise aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$M_{p,Rd} = N_{cf} z + M_{pr} \quad (3.9)$$

Bu da Şekil 3.4(d) ve (e) de görülmektedir. Manivela kolu  $z$  Şekil 3.5(b) deki EF doğrusuyla yaklaşık olarak bulunur.  $N_{cf}=N_{pa}$  olduğunda  $z$ 'nin doğru bulunduğu açıkça görülmektedir.

Manivela kolu F noktasında aşağıdaki gibi bulunur.

$$z = d_p - 0,5h_c = h_t - e - 0,5h_c \quad (3.10)$$

E noktasında kontrol için,  $N_{cf}$  nin sifıra yakın olduğunu varsayarsak, bu yüzden  $N_a \cong 0$  ve  $M_{pr} \cong M_{pa}$  olur.  $M_{pa}$  için tarafsız eksen yalnızca levhanın alt kısmının  $e_p$  yüksekliği kadar yukarıdadır ve  $N_{cf}$  için manivela kolu E noktasında aşağıdaki gibi bulunur. Bu metot testlere dayanır.

$$z = h_t - e_p - 0,5h_c \quad (3.11)$$

EF doğrusu aşağıdaki ifadeyi verir.

$$z = h_t - 0,5h_c - e_p + \frac{(e_p - e)N_{cf}}{N_{pa}} \quad (3.12)$$

### (3) Kısmi kesme birleşimi

Betondaki basınç kuvveti  $N_c$  ,  $N_{cf}$  den daha az olup, kesme birleşimi dayanımından hesaplanır. Gerilme bloğunun  $x$  derinliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$x = \frac{N_c}{b(0,85f_{ck} / \gamma_c)} \leq h_c \quad (3.13)$$

$$z = h_t - 0,5x - e_p + \frac{(e_p - e)N_c}{N_{cf}} \quad (3.14)$$

$$M_{pr} = 1,25M_{pa} \left[ 1 - \frac{N_c}{N_{cf}} \right] \leq M_{pa} \quad (3.15)$$

$$M_{p,Rd} = N_c z + M_{pr} \quad (3.16)$$

### 3.3.2 Kompozit Döşemenin Uzunluk Boyunca Kesme Dayanımı

Birçok yönetmelikte kesme dayanımı ampirik bir metot olan m-k metodu ile bulunur. Bu metot kesme dayanımı  $V_1$  ile kesme açıklığı arasında ilişki kurar. Kesme kapasitesini veren aşağıdaki ifadenin aşılmaması istenir.

$$V_{1,Rd} = bd_p \left[ \left( \frac{mA_p \sqrt{f_c}}{bL_s} \right) + k \sqrt{f_c} \right] \quad (3.17)$$



Burada m ve k kesme bağı testinden hesaplanan gerilme faktörleri sabitleri ve  $V_{l,Rd}$  de b genişliğindeki döşemenin dizayn kesme dayanımı,  $d_p$  ise levha merkezi ile kompozit döşemenin en üstü arasındaki mesafedir.

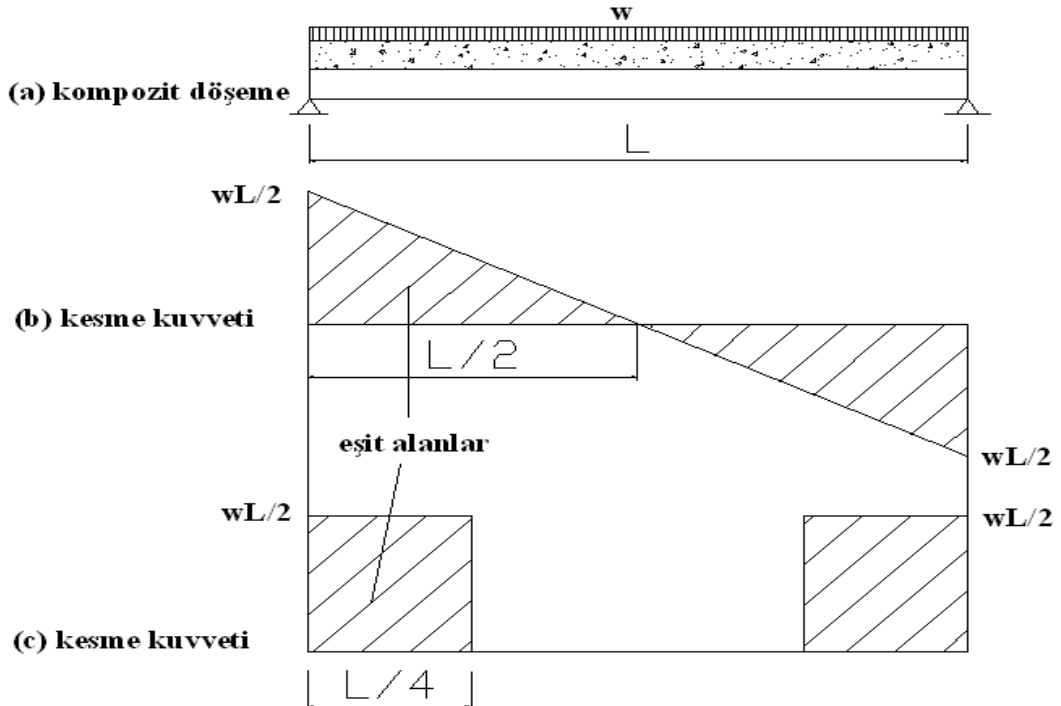
Yapılan deneylerde beton dayanımının ihmal edilebileceği görülmüştür. Eurocode 4'te bu yapılarak denklem aşağıdaki şekli almıştır.

$$V_{l,Rd} = bd_p \left[ \left( \frac{mA_p}{bL_s} \right) + k \right] \quad (3.18)$$

Dizaynda yukarıdaki denklem Eurocode 4'te  $\gamma_{vs}=1,25$  güvenlik faktörüne bölünürken, ASCE'de  $\Phi=0,75$  dayanım faktörü ile çarpılır.

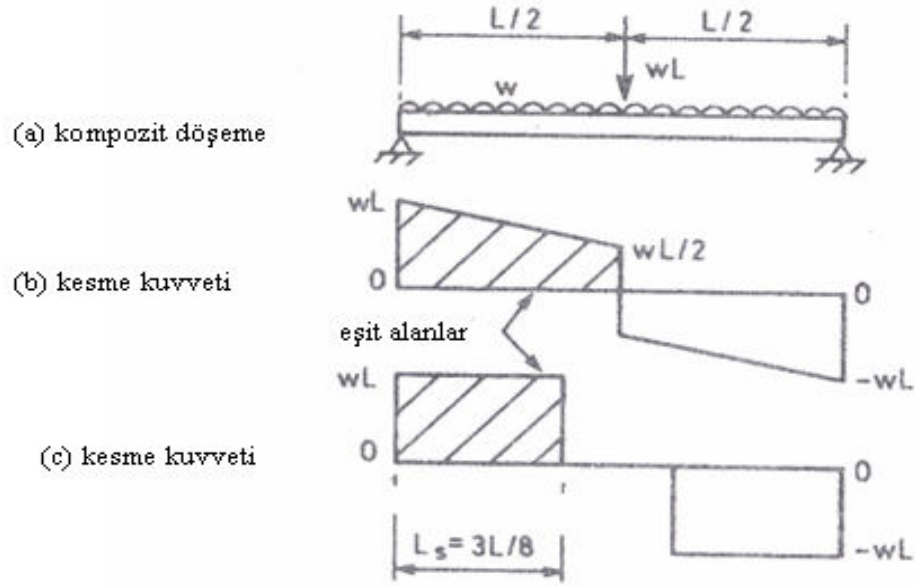
### 3.3.2.1 $L_s$ nin Hesaplanması

Şekil 3.6'daki gibi üniform w yüküyle yüklenmiş olan kompozit döşemede kesme açıklığı  $L_s=L/4$  olarak bulunur. Bunu aşağıdaki Şekilden açıkça görmekteyiz.



Şekil 3.6 Üniform yüklenmiş kompozit döşeme

Aynı döşeme Şekil 3.7(a)'daki gibi  $w$  üniform yüküyle ve açıklık ortasında  $wL$  tekil yüküyle yüklendiğinde kesme kuvveti diyagramı Şekil 3.7(b)'deki gibidir. Bu diyagramı pozitif ve negatif alanlar aynı kalmak üzere iki uçta iki noktasal yük şeklinde gösterelim. Bunu Şekil 3.7(c)'de görmekteyiz ve buradaki alanlar  $3wL^2/8$  olur. Bu durumda uzunluk kesme uzunluğudur. Burada  $3L/8$  dir.



Şekil 3.7 Üniform ve tekil yüklerle yüklenmiş kompozit döşeme

### 3.3.3 Kompozit Döşemenin Düşey Kesme Kuvveti Dayanımı

$b$  genişlikli  $b_0$  etkili genişliğiyle desteklenen kompozit döşemenin düşey kesme dayanımı aşağıdaki gibidir.

$$V_{v,Rd} = \frac{b_0}{b} d_p \tau_{Rd} k_v (1,2 + 40\rho) \text{ birim genişlikte} \quad (3.19)$$

Burada  $d_p$ : merkez aksa mesafeyi;  $\tau_{Rd}$ : betonun kayma dayanımını;  $k_v$ : derin olmayan elemanların yüksek kesme dayanımını sağlayan faktörü;  $\rho$ : profil levhalarından sağlanan katkı gösterir ve  $k_v$  ile  $\rho$  aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$k_v = (1,6 - d_p) \geq 1, \quad d_p \text{ nin birimi m dir.}$$

$$\rho = \frac{A_p}{b_0 d_p} < 0,02 \quad (3.20)$$

Burada  $A_p$ ,  $b_0$  genişliğindeki çekme etkili alanıdır. Düşey kesme kuvveti dayanımı açıklık/yükseklik oranının küçük olduğu kirişlerin dizaynında kritiktir.

### 3.3.4 Zımbalama Etkisi

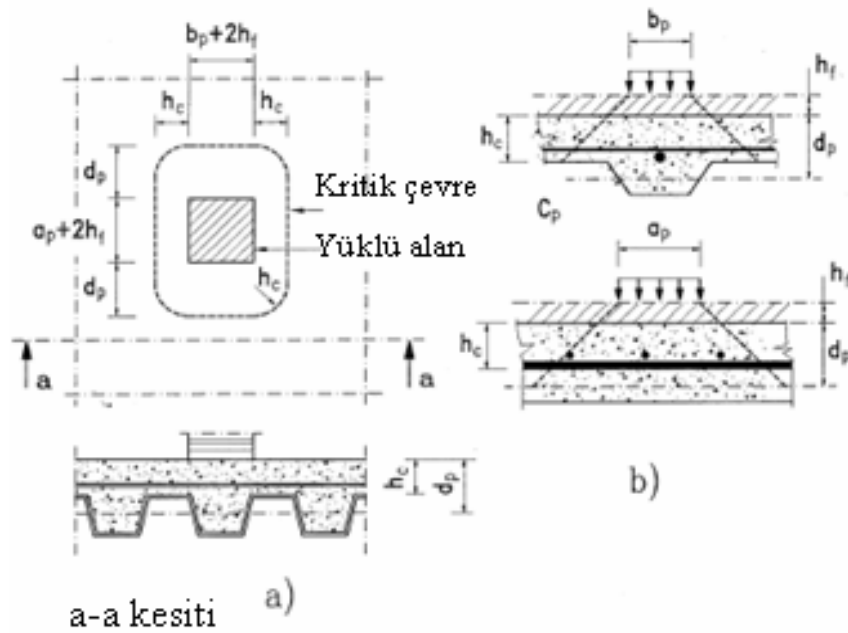
Döşemelere ağır yükler etkilediğinde zımbalama etkisi önemli olabilir ve göçme meydana gelebilir. Göçme  $C_p$  uzunluğundaki kritik çevrede meydana gelir ve iki yönlü bir etki oluşturur.  $a_p$  ve  $b_p$  ile yüklenen alan  $h_f$  kalınlığından  $45^\circ$  yayılan ve serbest kenardan olan uzaklık olup, bunu Şekil 3.8(a) da görmekteyiz.

$$C_p = 2\pi h_c + 2(2d_p + a_p - 2h_c) + 2b_p + 8h_f \quad (3.21)$$

(3.20) denklemiyle bağlantı kurularak, dizayn dayanımı

$$V_{p,Rd} = C_p h_c \tau_{Rd} k_v (1,2 + 40\rho) \quad (3.22)$$

Burada  $h_c$  levha üzerindeki döşeme kalınlığıdır.



Şekil 3.8 Zımbalama için kritik çevre

### 3.3.5 Tekil Yük ve Çizgisel Yük Durumu

Tekil yük veya çizgisel yük durumunda kompozit döşemelerin etkili genişliklerini tanımlamak için aşağıdaki formül kullanılır. L açıklıklı döşemenin mesnetten mesafesi  $L_p$ , alan  $a_p$  ve  $b_p$  ile yüklenen dikdörtgen alan olarak Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Yük  $b_m$  genişliğinde  $45^0$  ile çizilen çizgilerin üzerinde olduğu düşünülür. Bunu Şekil 3.9(b)'de görmekteyiz.

$$b_m = b_p + 2(h_f + h_c) \quad (3.23)$$

Burada  $h_f$  üst kalınlıktır.

Döşeme genişliğinin global analiz için ( sadece sürekli döşemeler için) etkili olduğu varsayılır ve dayanım için aşağıdaki denklem verilmiştir.

$$b_e = b_m + kL_p \left[ 1 - \frac{L_p}{L} \right] \leq \text{döşeme genişliği} \quad (3.24)$$

Burada k uzunluk boyunca kesme ve eğilme için 2 ( sürekli döşeme iç açıklıkları hariç, buralarda  $k= 1,33$ ) ve düşey kesme için 1 alınır.

Basit mesnetli döşeme ve  $Q_d$  tekil yükü için, Şekil 3.9(a) da AD doğrusu üzerindeki döşemenin birim genişliğindeki eğilme momenti aşağıdaki gibidir.

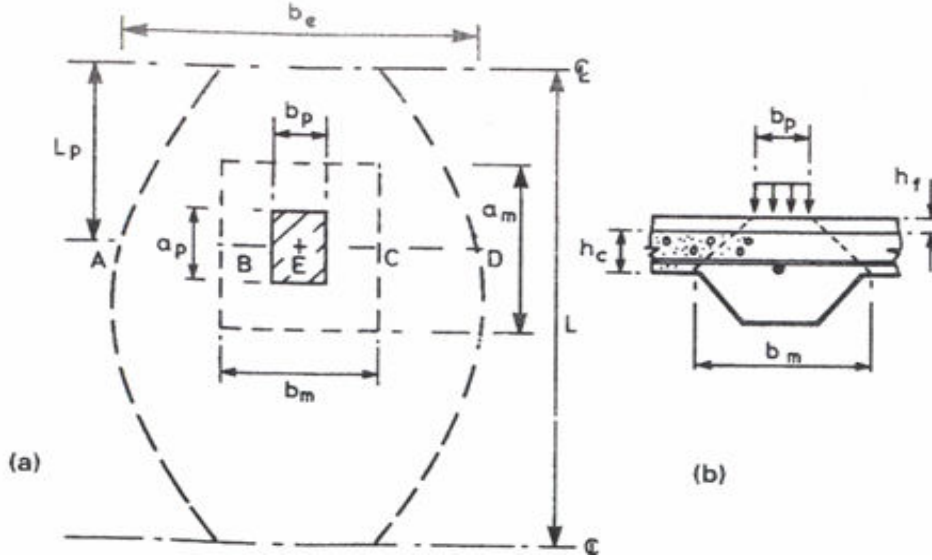
$$m_{sd} = Q_d L_p \frac{1 - \frac{L_p}{L}}{b_e} \quad (3.25)$$

$L_p=L/2$  olduğunda maksimum değere ulaşır.

$L_p$  ile  $b_e$  nin değişimi Şekil 3.9(a)'da gösterilmiştir.

Genelde:

- Tekil yükler  $\leq 7,50$  kN
- Çizgisel yükler  $\leq 500$  kg/m sınırları aşılmadığında  $b_{em}$  genişliğine  $A_s: \%0,2$  kadar enine min. dağıtma donatısı yeterli olmaktadır.



Şekil 3.9 Noktasal yük için kompozit döşemenin efektif (etkili) genişliği

### 3.3.6 Kompozit Döşemeler İçin Kullanım Sınır Durumu

#### 3.3.6.1 Betondaki Çatlama

Döşemenin alt yüzeyi çelik saç tarafından korunur. Çatlama kiriş üst yüzeylerinde meydana gelir. Bu nedenden dolayı iç mesnetlerin üzerinde uzunluk boyunca takviye sağlanmalıdır. Eurocode 4 'e göre levhanın üzerindeki minimum takviye desteklenmemiş inşaatlarda beton alanının % 0,2'si iken desteklenen inşaatlarda % 0,4 üdür.

#### 3.3.6.2 Deformasyon

Levhanın deformasyonu beton döşeme ve kendi ağırlığına bağlı olup,  $L$  açıklığı için  $L/180$  veya 20 mm değerini aşmamalıdır.

Kompozit döşemenin deformasyonu da  $L/250$  değerini aşmamalıdır.

Buna ilave olarak yönetmeliklerde açıklık-derinlik oranı da sınırlandırılarak deformasyon önlenmeye çalışılmıştır. Aşağıdaki Tabloda Eurocode ve ASCE'ye göre açıklık-derinlik limitleri görülmektedir (Cosenza ve Zandonini, 1999).

Tablo 3.1 Tavsiye edilen açıklık-derinlik limit değerleri (Cosenza ve Zandonini, 1999)

	ASCE	EUROCODE
Basit mesnetli döşeme	22	25
Sürekli döşemenin dış açıklığı	27	32
Sürekli döşemenin iç açıklığı	32	35

Kompozit döşemenin açıklık-derinlik oranı yukarıdaki limitleri aşıyorsa deformasyon kontrolü yapılmalıdır. Bunun için döşemedeki yüklerin meydana getirdiği deformasyonlar bulunup sınır değerlere göre kontrol edilmelidir. Deformasyon kontrolü için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\delta_{\max} = \delta_g + \delta_q \leq L/250 \quad L: \text{döşeme açıklığı}$$

$$\delta_g = \frac{2,65gL^4}{384EI_m} \quad \text{ve} \quad \delta_q = \frac{3,40qL^4}{384EI_m} \quad (3.26)$$

burada  $I_m$ : çatlama kesit ile çatlama kesit atalet momentlerinin ortalamasıdır.

Eurocode döşemenin atalet momentinin çatlama ve çatlama kesit için hesaplanan değerlerin ortalamasının alınmasının önerir (Dikbaş, 2004).

Çatlama kesit atalet momenti: ( $I_1$ )

$$x = \frac{b \frac{h_c^2}{2} + b_0 h_p d_p + n A_p d_p}{b h_c + b_0 h_p + n A_p} \quad (3.27)$$

$b_c$ : 1 mlik döşeme genişlik için oluk ortalama genişliği

$$I_1 = \frac{bh_c^3}{12n} + \frac{bh_c}{n} \left( x - \frac{h_c}{2} \right)^2 + \frac{b_0 h_p^3}{12n} + \frac{b_0 h_p}{n} \left[ (h_p - h_c) - x - \frac{h_p}{2} \right]^2 + A_p (d_p - x)^2 + I_p \dots$$

.....(3.28)

Çatlamış kesit atalet momenti: ( $I_2$ )

Elastik tarafsız eksenin yeri:

$$x = \frac{bx \frac{x}{2} + nA_p d}{bx + nA_p} \quad (3.29)$$

$n = \frac{E_p}{E_c}$  olup modüler orandır.

$A_p$ : çelik profil levha kesit alanı,  $E_p$ : çelik profil levha elastisite modülü,  $E_c$ : betonun elastisite modülünü gösterir.

Atalet momenti:

$$I_2 = \frac{bx}{3n} + A_p (d_p - x)^2 + I_p \quad (3.30)$$

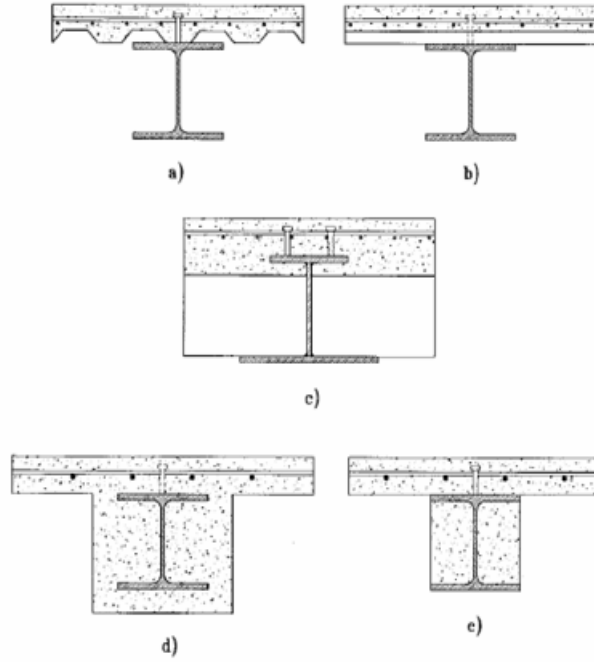
$I = (I_1 + I_2) / 2$  dir.

## BÖLÜM DÖRT

### KOMPOZİT KİRİŞLER

#### 4.1 Basit Mesnetli Kompozit Kirişler

Kirişleri kompozit çalıştırmadaki amaç, betonun basınç mukavemeti ile çeliğin çekme mukavemetini birlikte çalıştırarak daha küçük kesitler elde etmektir. Bunların birlikte çalışmalarını sağlamak için de kesme birleşim elemanlarından faydalanılır. Böylece tablası beton döşeme, gövdesi yapısal çelik eleman olan “T” kirişler elde edilir (Işık, 2003d). Kompozit kiriş ifadesi de bu “T” kirişlerden yola çıkarak bulunmuştur. Günümüzde sıkça kullanılan kompozit kiriş tipleri aşağıda verilmiş olup bunlar daha çok bina türü yapılarda kullanılan kesitlerdir. Ayrıca köprülerde de kompozit kirişler kullanılmakta olup burada değinilmeyecektir.



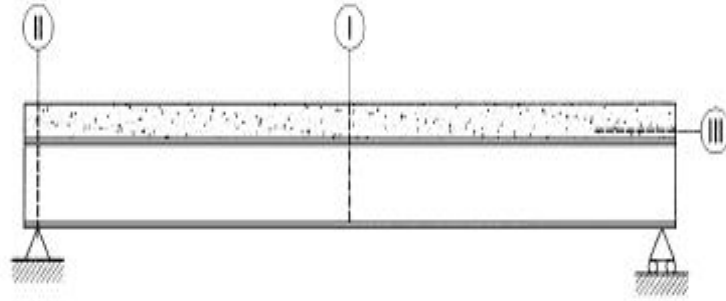
Şekil 4.1 Tipik kompozit kiriş kesitleri

Şekil 4.1(a) ve (b)'deki kesitlerde çelik saçı kalıp ve donatı vazifesi görmesiyle en çok tercih edilen tiptir. Şekil 4.1(c)'deki kesit ise döşeme derinliğini azalttığı için kullanılır. Şekil 4.1 (d) ve (e)'de ise çelik kesit tamamen yada kısmen betonla kaplanarak yangın direnci artırılır (Cosenza ve Zandonini, 1999).



#### 4.1.1 Pozitif Eğilme Momenti ve Düşey Kesme Kuvveti Kontrolleri

Basit mesnetli kirişler pozitif moment ve kesme kuvvetine maruzdurlar. Dizaynda göçme durumunun yaşanmaması için birtakım kritik noktalar göz önüne alınmalıdır. Bunlar Şekil 4.2’de üniform yükleme durumu için gösterilmiştir. (I) modu açıklık ortasındaki dayanım momentine erişmeyi, (II) modu mesnetlerdeki kesme göçmesini ve (III) modu ise mesnet bölgesindeki çelik ve beton arasındaki kesme birleşiminin maksimum dayanımına ulaşmayı gösterir (Cosenza ve Zandonini, 1999).



Şekil 4.2 Kompozit kiriş için tipik göçme modları

##### 4.1.1.1 Etkili En Kesit ve Etkili Tabla Genişliği

Kompozit kiriş betonarme hesaplarda olduğu gibi tablalı olarak modellenir. Döşemede kalınlık boyunca eğilme gerilmeleri meydana gelir. Bu gerilmelerin değişimi Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

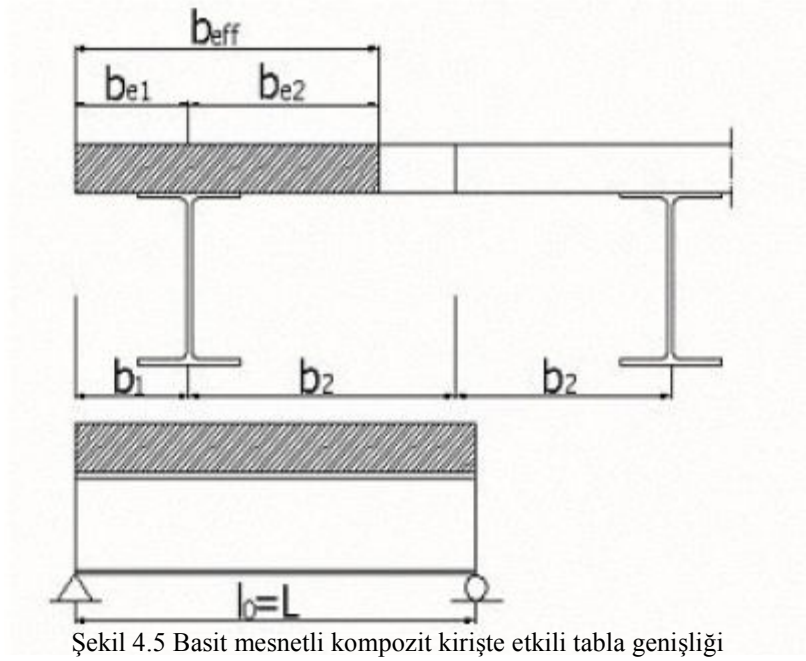
ACDEF alanını eşit alandaki GHJK alanı ile yer değiştirirse, B gerçek flanş genişliğinin yerini etkili genişlik  $b$  alır ve D noktasında maksimum gerilmenin değeri doğru bulunur. Yönetmeliklerde etkili flanş genişliği  $b_{eff}$  olarak değişik şekilde tanımlanmıştır.



Eurocode 4'te ise çelik gövdenin her iki yanında  $l_0/8$  mesafesi alınır. Burada  $l_0$ , eğilme momentinin sıfır noktaları arasındaki mesafedir. Basit mesnetli kirişte bu değer  $L$  açıklık değerine eşittir. Bunun değeri de aşağıdaki gibi bulunur.

$$b_{eff} = \frac{L}{4} \quad (4.1)$$

Döşeme genişliği  $L/8$  gövdenin her iki yanında mevcuttur. Böylece  $b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$  olur.  $b_{e1} = \text{minimum}(l_0/8 \text{ veya } b_1)$  ve  $b_{e2} = \text{minimum}(l_0/8 \text{ veya } b_2)$  olup aşağıdaki Şekilden de rahatlıkla görülmektedir (Dikbaş, 2004).



Şekil 4.5 Basit mesnetli kompozit kirişte etkili tabla genişliği

#### 4.1.1.2 Çelik Elemanın Sınıflandırılması

Lokal burkulmadan sebebiyle kesite etkiyen moment plastik dayanım momentine ulaşılmayabilir. Bundan dolayı dönme kapasitesinin ve dayanımın sağlanması için çelik kesitler gövde ve flanşlarının narinliklerine göre sınıflandırılır. Lokal burkulma etkisine göre dört değişik eleman davranışı vardır (Cosenza ve Zandonini, 1999).

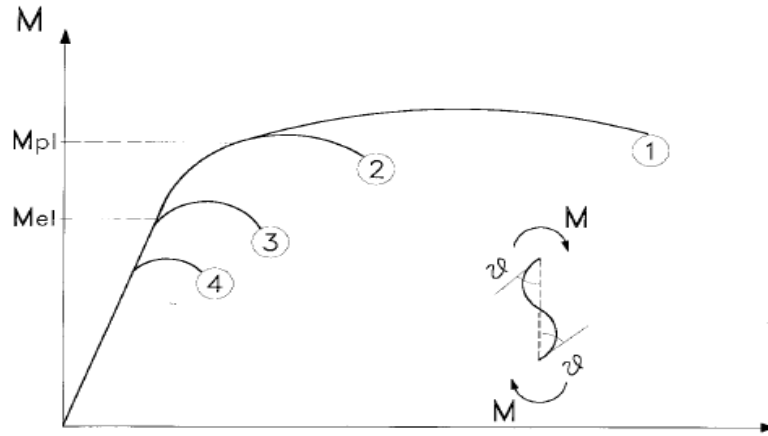
I) Elemanlar tam plastik dayanım kapasitesine sahiptir ve ayrıca yeterli dönme kapasitesi de mevcuttur.

II) Elemanlar plastik dayanım kapasitesine sahiptir, fakat dönme kapasitesi sınırlıdır.

III) Elemanlar elastik moment dayanımına sahiptir fakat plastik moment dayanımına sahip değildir.

IV) Elemanlarda lokal burkulma elastik oranlardadır, böylece elastik moment limiti aşılabılır lokal burkulma etkili olur.

Bu davranış tipleri aşağıdaki Şekilden de görülebilir.



Şekil 4.6 Kompozit elemanlarda değişik davranış tipleri için moment-dönme ilişkisi

Eurocode 4 e göre bu sınıflama sınıf1-plastik, sınıf2-kompakt, sınıf3-yarı kompakt ve sınıf4-narin şeklindedir. Genişlik kalınlık oranlarına göre gövde ve flanşlar için sınır değerler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Basınç elemanlarının genişlik/kalınlık sınır oranları

Narinlik adı ve sınıfı	1 plastik	2 kompakt	3 yarı kompakt	4 narin
Flanşlar için maksimum c/t oranları	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq 11\varepsilon$	$c/t \leq 15\varepsilon$	$c/t > 15\varepsilon$
Gövde				
Tarafsız eksen gövde ortasında	$d/t \leq 72\varepsilon$	$d/t \leq 83\varepsilon$	$d/t \leq 124\varepsilon$	$d/t > 124\varepsilon$
Basınç etkisinde gövde	$d/t \leq 33\varepsilon$	$d/t \leq 38\varepsilon$	$d/t \leq 42\varepsilon$	$d/t > 42\varepsilon$
Burada $\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)}$ , c: flanşın yarı uzunluğu, t: gövde kalınlığı				

#### 4.1.2 Pozitif Moment Bölgesinde Eğilme Dayanımı

##### 4.1.2.1 Sınıf 1 veya 2 deki En Kesitler

Sınıf 1 veya 2 deki en kesitler için hesap metotları kompozit döşemelerin metotlarıyla aynıdır. Ama temel yaklaşımlar aşağıdaki gibidir.

\*betonun çekme dayanımı ihmal edilir.

\*kompozit kesitin betonarme ve yapısal çelik kısımlarının en kesit düzlemlerinin aynı kaldığı kabul edilir.

Tarafsız eksenin durumuna göre üç genel durum aşağıda verilmiştir. İlk iki durum yalnızca tam etkileşimli kesme birleşimi olduğunda geçerlidir.

( 1 ) Tarafsız eksen beton döşeme içinde

Gerilme bloğu Şekil 4.7(b)'de gösterilmiştir. x yüksekliği plastik tarafsız eksenin yerini gösterir ve aşağıdan bulunur.

$$N_{cf} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} = b_{eff} * x \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad (4.2)$$

Bu denklem  $x \leq h_c$  olduğunda geçerlidir.

Döşemedeki kuvvetin etki çizgisindeki moment değeri

$$M_{pl,Rd} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} \left( h_g + h_t - \frac{x}{2} \right) \quad (4.3)$$

Burada  $h_g$ , çelik kesitin alanının merkezinin pozisyonunu belirtir.

( 2 ) Tarafsız eksen çelik üst flanş içinde

$N_{cf}$  kuvveti;

$$N_{cf} = b_{eff} * h_c \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad (4.4)$$

Bu değer şimdi  $N_{a,pl}$  ile gösterilen çelik kesit için eğilme kuvvetinden daha azdır.

$$N_{a,pl} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} \quad (4.5)$$

Böylece tarafsız eksen derinliği  $x > h_t$  olur ve Şekil 4.7(c)'de gösterildiği gibi çelik üst flanş içinde olduğu görülür. Bunun için şart aşağıda verilmiştir.

$$N_{a,pl} - N_{cf} \leq 2b_f t_f \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (4.6)$$

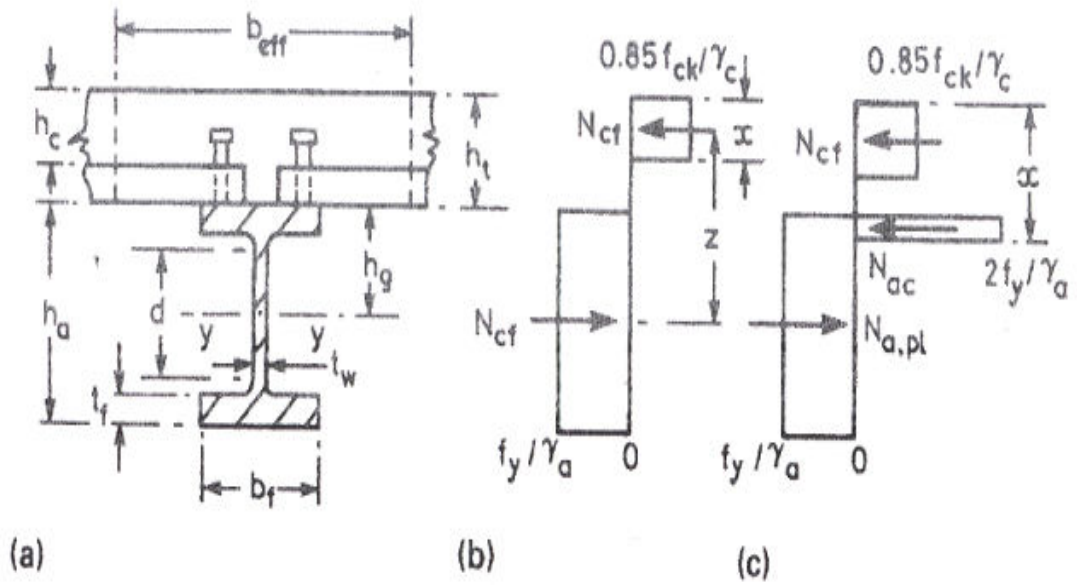
$x$  mesafesi  $N_{a,pl}$  kuvveti ve onun etki çizgisi değişmediği için, basınçtaki çelik dayanımı  $2f_y/\gamma_a$  dan kolayca hesaplanabilir.  $x$  aşağıdan hesaplanır.

$$N_{a,pl} = N_{cf} + N_{ac} = N_{cf} + 2b_f (x - h_t) \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (4.7)$$

Döşemedeki kuvvetin etki çizgisindeki moment değeri aşağıdaki gibidir.

$$M_{pl,Rd} = N_{a,pl} \left( h_g + h_t - \frac{h_c}{2} \right) - N_{ac} \frac{x - h_c + h_t}{2} \quad (4.8)$$

$x$  değeri  $h_t + t_f$  den fazla çıkarsa, plastik tarafsız eksen çelik gövde içindedir ve  $M_{pl,Rd}$  de aynı metotla bulunur.



Şekil 4.7 Sınıf 1 veya 2'deki kompozit kesitin pozitif eğilme momenti dayanımı

#### 4.1.2.2 Sınıf 3 veya 4 deki En Kesitler

Yarı-kompakt veya narin kesitli kirişlerin eğilme dayanımları, elastik teoriyle hesaplanan çelik kesitteki maksimum gerilmeye bağlıdır. Betondaki sünme ve inşaat metodu da hesaba katılır. Dayanım  $0,7 M_{pl,Rd}$  kadar düşük olabilir, bu yüzden dizaynda her zaman Sınıf 1 veya 2 deki pozitif eğilme momenti kesitlerini sağlamak daha iyidir.

### 4.1.3 Düşey Kesme Dayanımı

Kompozit elemanlarda kesme kuvveti çelik kesitin gövdesiyle karşılanır, çelik flanşın ve beton döşemenin katkısı genişliklerinden dolayı ihmal edilir. Kesme dayanımı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_{pl,Rd} = A_v f_y \quad (4.9)$$

burada  $A_v$  kesme alanını ve  $f_y$  ise çelik kesitin kesme dayanımını gösterir.

Aşağıda AISC ve Eurocode 4'teki formüller verilmiştir.

$$\text{AISC'deki formül } V_{pl,Rd} = h_s t_w (0,6 f_y) \quad (4.10)$$

$$\text{Eurocode 4'teki formül } V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y \sqrt{3}}{\gamma_a} \quad (4.11)$$

$$A_v = 1,04 h_a t_w \quad (4.12)$$

$h_a$ : eleman yüksekliği,  $t_w$  : gövde kalınlığını gösterir.

Eurocode 4 te gövdenin maksimum narinliği için aşağıdaki eşitliklerin sağlanması istenir.

$$\text{Gövde betonla sarılmamışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 69 \varepsilon \quad (4.13)$$

$$\text{Gövde uygun olarak betonla sarılmışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 124 \varepsilon \quad (4.14)$$

$$\varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{1/2} \quad f_y \text{ nin birimi N/mm}^2 \text{ dir.}$$



#### 4.1.4 Kompozit Kirişlerde Uzunluk Boyunca Kesme Kontrolü

Çelik ve beton arasındaki iç yüzeyde uzunluk boyunca kesme dağılımı eğilmeden ve ayrıca birleşim elemanlarının aralıklarından, onların yük/kayma özelliklerinden ve beton döşemedeki sünme ve büzülmeden etkilenebilir. Bu nedenlerden dolayı, dizaynda bu dağılımı hesaplamaya gerek yoktur. Mümkün olan yerlerde birleşim elemanları açıklık boyunca üniform yerleştirilir. Yarı açıklık için gerekli kesme birleşim elemanı sayısı aşağıdaki gibi bulunur.

$$N = \frac{F_c + F_t}{P_{Rd}} \quad (4.15)$$

$F_c$  :beton döşemede gerekli basınç kuvveti,

$F_t$  : mesnette beton döşemedeki çekme kuvveti,

$P_{Rd}$  : birleşim elemanı kesme dizayn dayanımı.

#### 4.1.5 Enine Güçlendirme

Betonarme çubukları, kirişin görülen ve görülmeyen kenarları arasındaki açıklıktaki beton döşeme için uzunluk boyunca güçlendirme sağlar. Bu çubuklar ayrıca düşey kesitlerin uzunluk boyunca kesme dayanımını artırır. Bu özelliği sağlayan çubukların doğrultusu kompozit kirişin aksının enine olup, “enine güçlendirme” olarak bilinirler.

##### 4.1.5.1 Rijit Döşemelerdeki Enine Güçlendirme İçin Dizayn Kuralları

Eurocode 4: Bölüm 1.1 de dizayn denklemi:

$$v_{Rd} = 2,5A_{cv}\eta\tau_{Rd} + A_e \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \quad (4.16)$$

$A_e$  : gerekli donatı alanını gösterir.  $\tau_{Rd}$  ise aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\tau_{Rd} = 0,25 \frac{f_{ctk0,05}}{\gamma_c} \quad (4.17)$$

$f_{ctk0,05}$  betonun karakteristik çekme dayanımıdır.

(4.16) denklemindeki ilk terim yaklaşık olarak  $0,04A_{cv}\eta f_{ck}/\gamma_c$  dir.

İngiliz yönetmeliği BS 5950 de bu denklem ( $\gamma_c= 1,5, \gamma_s= 1,15$ )

$$v_{Rd} = 0,045A_{cv}\eta \frac{f_{cu}}{\gamma_c} + 0,805A_e \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \quad (4.18)$$

$f_{cu}$  küp dayanımı yaklaşık olarak  $1,25f_{ck}$  dir, bu yüzden İngiliz yönetmeliğine göre betondan daha fazla ve çelikten daha az katkı gelir, ama diğer hususlarda Eurocode 4 ile aynıdır.

(4.16) ve (4.18) denklemlerindeki  $\eta$  sembolü hafif agregalı beton için modifikasyon f aktörüdür. Eurocode 4 te verilen bu değer aşağıdadır.

$$\eta = 0,3 + 0,7 \frac{\rho}{24} \quad (4.19)$$

İngiliz yönetmeliği  $\rho \geq 17,2 \text{ kN/m}^3$  ile hafif agregalı beton için  $\eta= 0,8$  değerini verir. Bu değer Eurocode 4 te  $\rho= 17,2 \text{ kN/m}^3$  olduğunda aynıdır.

(4.16) denklemin kullanılmasındaki limit ise aşağıda verilmiştir.

$$v_{Rd} \leq 0,2A_{cv}\eta \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \text{ dir.} \quad (4.20)$$

Enine güçlendirme için minimum alan Eurocode 4 te beton döşemenin etkili alanının 0,002 katıdır. Bu kural çatlakların ilk oluştuğu zaman, betonarme kısmı aşırı Şekil değişikliği veya kırılmaya karşı korur.

#### 4.1.5.2 Kompozit Döşemelerde Enine Güçlendirme

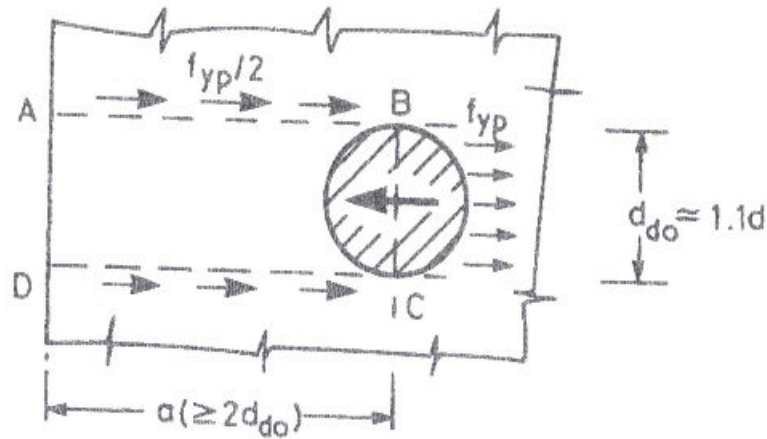
Şekil 4.8(a)'da görüldüğü gibi profil levha açıklığı, kirişin açıklığının enine doğrultusunda olduğu yerlerde, levhalar kirişin üzerindeki sürekli olduğunda alttaki enine güçlendirme gibi etkili olduğu varsayılır. Eğer Şekildeki gibi değilse levhanın etkili alanı levha uçlarının çelik üst flanşına nasıl bağlı olduğuyla ilişkilidir.

İri başlı çivilerin levhanın içindeki flanşa kaynaklandığı yerlerde, enine çekme dayanımı bu çivinin etrafındaki ince levhanın lokal eğilmesine sebep olabilir.  $t$  kalınlıklı levhadaki,  $d_{do}$  çapındaki kaynak bileziği ile çivinin dizayn dayanımı Eurocode 4 e göre:

$$P_{pb,Rd} = k_{\phi} d_{do} t \frac{f_{yp}}{\gamma_{ap}} \quad (4.21)$$

Burada  $k_{\phi} = 1 + \frac{a}{d_{do}} \leq 4,0$  ile gösterilir.

$f_{yp}$  levhanın dayanımını ve  $a$  ise Şekil 4.8'den görülen boyutu gösterir.



Şekil 4.8 Profil levhanın taşıma dayanımı

Bu formül, AB ve CD boyunca kesme ve BC boyunca doğrudan çekme oluşmasıyla uyumludur.  $s$  aralıklı çivinin (4.16) teki  $v_{Rd}$  ye katkısı aşağıdaki gibi gösterilir.

$$v_{pd} = \frac{P_{pb,Rd}}{S} \quad (4.22)$$

Bu katkı pratikte geleneksel çivilerin kullanıldığı yerlerde önemlidir, ama küçük çaplarda  $k_{\phi} \leq 4$  limitinden dolayı daha az önemlidir.

Profil levha açıklığı kiriş açıklığına paralel ise  $V_{pd}$  sıfır alınır.

#### **4.1.6 Kullanım Sınır Durumundaki Gerilmeler ve Deformasyonlar**

Kompozit kiriş genellikle önce taşıma sınır durum için dizayn edilir. Kirişin kullanım sınır durumuna göre davranışı kontrol edilmelidir. Bunun için de iç yüzeydeki kayma ihmal edilerek betonarme kesitlerde kullanılan analizler burada da kullanılabilir. Yani en kesitlerin aynı düzlemde kaldığı ve gerilmelerin kesit boyunca lineer değiştiği kabul edilir. Betondaki gerilmeler  $n=E_s/E_c$  modüler oranla çarpılarak gerilme diyagramı lineer olur.  $E_s$  çeliğin,  $E_c$  ise betonun elastisite modülünü gösterir. Betonun çekme dayanımı ihmal edilir. Kullanım sınır durumu için elastik analiz kullanılır.

Kompozit kesitin elastik analizi plastik analizden daha komplekstir, çünkü inşaat metodu ve sünme etkileri hesaba katılır. Aşağıdaki üç tip yükleme ayrı ayrı göz önüne alınmalıdır.

- \* çelik kiriş tarafından taşınan yük
- \* kompozit kiriş tarafından taşınan kısa süreli yük
- \* kompozit kiriş tarafından taşınan uzun süreli yük

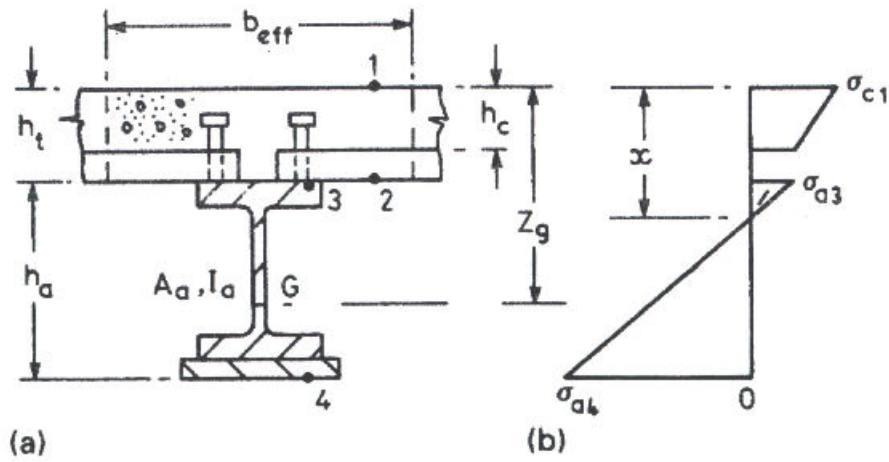
##### **4.1.6.1 Pozitif Moment Bölgesi İçin Kompozit Kesitlerin Elastik Analizi**

Genellikle, çelik kesitin Şekil 4.9'da görüldüğü gibi  $A_a$  en kesit alanlı,  $I_a$  atalet momentli ve ağırlık merkezinin  $h_t$  kalınlıklı ve  $b_{eff}$  etkili genişlikli beton döşemenin üst yüzeyinden  $z_g$  kadar aşağıda olarak, asimetrik olduğu varsayılır.

Kısa süreli etkilerde modüler oran için  $n$  değeri kullanılır. Fakat uzun süreli yükleme için bu değer  $n/3$  alınır. Basitlik için  $n/2$  değeri bazen bütün yükleme tipleri için kullanılır. Bundan sonra  $n$  sembolü uygun herhangi bir modüler oran için kullanılır, böylece aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$n = \frac{E_a}{E_c'} \quad (4.23)$$

Burada  $E_c'$  beton için ilgili etkili modüldür.



Şekil 4.9 Pozitif moment bölgesi için kompozit kesitlerin elastik analizi

$h_c$  den küçük olan tarafsız eksen yüksekliği  $x$  için koşul aşağıdadır.

$$A_a(z_g - h_c) < \frac{1}{2} b_{eff} \frac{h_c^2}{n} \quad (4.24)$$

Tarafsız eksen yüksekliği aşağıdaki denklemden kolayca bulunur.

$$A_a(z_g - x) = \frac{1}{2} b_{eff} \frac{x^2}{n} \quad (4.25)$$

ve atalet momenti  $I$  ise aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$I = I_a + A_a (z_g - x)^2 + b_{eff} \frac{x^3}{3n} \quad (4.26)$$

(4.24) şartı yerine getirilmemişse, tarafsız eksen derinliği  $h_c$  yi aşar, bu durum aşağıda verilmiştir.

$$A_a (z_g - x) = b_{eff} h_c \frac{x - h_c/2}{n} \quad (4.27)$$

Atalet momenti:

$$I = I_a + A_a (z_g - x)^2 + \frac{b_{eff} h_c}{n} \left[ \frac{h_c^2}{12} + \left( x - \frac{h_c}{2} \right)^2 \right] \quad (4.28)$$

Eğilme momenti M yüzünden oluşan gerilmeler, beton için yalnızca Şekil 3.25 deki 1 seviyesinde ve çelik için 3 ve 4 seviyesinde hesaplanır. Çekme pozitif gösterilmek üzere, bu gerilmeler:

$$\sigma_{c1} = -\frac{M_x}{nI} \quad (4.29)$$

$$\sigma_{a3} = \frac{M(h_t - x)}{I} \quad (4.30)$$

$$\sigma_{a4} = \frac{M(h_a + h_t - x)}{I} \quad (4.31)$$

#### 4.1.6.2 Deformasyonlar

Birim uzunlukta q yayılı yükünün L açıklığındaki basit mesnetli kompozit kirişte oluşturduğu deformasyon aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\delta_c = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (4.32)$$

Kesme birleşiminin kısmi olduğu yerlerde uzunluk boyunca kaymanın sebep olduğu deformasyon artışı inşaat metoduna bağlıdır. Toplam deformasyon  $\delta$ , hem Eurocode 4 hem de BS 5950 de yaklaşık olarak aşağıdaki gibi verilir.

$$\delta = \delta_c \left[ 1 + k \left( 1 - \frac{N}{N_f} \right) \left( \frac{\delta_a}{\delta_c} - 1 \right) \right] \quad (4.33)$$

$k=0,5$  desteklenmiş inşaatlar için;  $k=0,3$  desteklenmemiş inşaatlar için burada  $\delta_a$  yalnızca çelik kirişin deformasyonudur. Bu ifadenin kullanımına  $N/N_f \geq 0,4$  olduğunda izin verilmiştir.

#### 4.1.6.3 Açıklık Derinlik Oranının Limit Kullanımı

Basit mesnetli kompozit kirişler plastik kapasitelerine göre boyutlandırıldıklarında kiriş açıklığının kesit derinliğine olan oranı normalde 18 ile 22 arasındadır.

#### 4.1.6.4 Sıcaklık ve Betonun Büzülme Etkileri

Eurocode 4 te büzülme etkisinin, kirişin açıklık/derinlik oranı 20 yi aştığında ve büzülme Şekil değişimi % 0,04 ü aştığında göz önüne alınması tavsiye edilir. Kuru çevre koşullarında, normal beton için bu Şekil değişimi değeri % 0,0325 iken hafif beton için % 0,05 dir.

Kompozit kirişler ayrıca döşeme çelik elemandan daha soğuk olduğunda deforme olabilir. Böyle farklı sıcaklıklar nadiren de olsa yapılarda oluşabilir, ama bu durum köprü kirişlerinde daha önemlidir. Bu konumuz dışındadır.

## 4.2 Sürekli Kompozit Kirişler

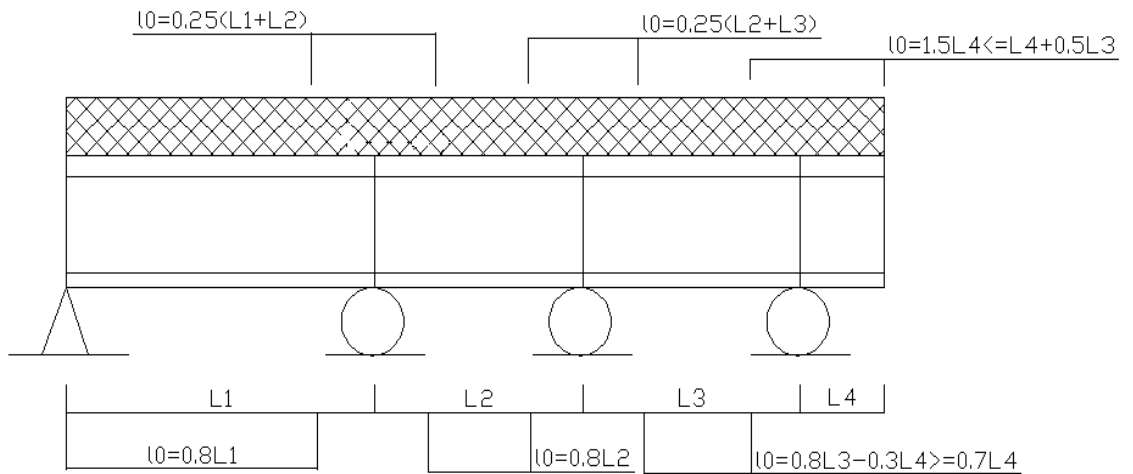
Sürekli kompozit kiriş tanımlaması Eurocode 4: Bölüm 1.1 'de çelik kesit ya mesnetler üzerinde sürekli yada kirişin üç veya daha fazla mesnetli olması olarak tanımlanmıştır. Kompozit yapılarda kolonlarla kirişler arasında yada komşu kirişler arasında değişik şekilde süreklilik sağlanabilir. Süreklilik dayanım ve rijitliğe göre; tam veya kısmi dayanım ile rijit, yarı-rijit veya mafsallı olarak sağlanabilir.

Sürekli kirişlerin basit açıklıklardan üstün yönleri; deformasyonların basit mesnetli kirişe göre daha az olması, momentin yeniden dağılımı ile negatif ve pozitif moment etkisindeki kesitin kapasite dayanımı etkili şekilde kullanılabilmesidir. Sürekli kirişlerin basit açıklıklara göre dezavantajları ise; çelik elemanda basınç sebebiyle burkulma problemi doğabilmesi, basit mesnetli kirişlerde göz ardı edilen kesme kuvveti-moment etkileşimi sürekli kirişlerde yüksek değerlere ulaştığından kesme kuvveti-moment etkileşimi kritik olmasıdır.

Basit mesnetli kirişler için anlatılanlar sürekli kirişlerin pozitif moment bölgesi için de geçerlidir. Buna ilave olarak negatif moment bölgeleri gösterilecektir.

### Etkili Tabla Genişliği

Tanım olarak basit mesnetli kirişlerde anlatılan gibidir. Sürekli kirişler için  $b_{eff}$  değerleri için  $l_0$  tanımları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Sürekli kirişlerde  $b_{eff}$  etkili tabla genişliği için  $l_0$  değerleri



Eurocode 4 te çelik gövdenin her yanında etkili genişlik  $l_0/8$  verilmiştir, burada  $l_0$  negatif moment bölgesinin yaklaşık uzunluğudur, kirişin dörtte biri olarak alınabilir. Böylece mesnette  $L_1$  ve  $L_2$  açıklıkları arasında etkili genişlik aşağıdaki gibi ifade edilir ve gövdenin her kenarında en azından  $b_{eff}/2$  sağlanmalıdır.

$$b_{eff} = 2 * \frac{0,25(L_1 + L_2)}{8} = \frac{L_1 + L_2}{16} \quad (4.34)$$

#### 4.2.1 Sürekli Kompozit Kirişin Negatif Moment Bölgeleri

##### 4.2.1.1 Plastik Dayanım Momenti

Kompozit kirişin negatif moment bölgesi kesiti Şekil 4.11(a)'da görülmektedir. Öncelikle plastik tarafsız eksenin yeri bulunmalıdır.

Döşemenin etkili tabla genişliği  $b_{eff}$  in içinde uzunluk boyunca betonarme alanı  $A_s$  olacaktır. Buradaki dizayn çekme kuvveti

$$f_s = \frac{A_s f_{sk}}{\gamma_s} \quad (4.35)$$

denklemleriyle bulunur. Burada  $f_{sk}$  karakteristik akma dayanımıdır.

Çekme kısmında betonarme çeliği ilavesi yoksa çelik kesitin eğilme dayanımı aşağıdaki gibi olacaktır.

$$M_{apl,Rd} = \frac{W_a f_y}{\gamma_a} = F_a z_a \quad (4.36)$$

Burada  $W_a$  plastik kesit modülü ve  $f_y$  akma dayanımını gösterir. Levhasız kesitler için  $h_a/2$  derinlikli gerilme bloğundaki  $F_a$  kuvvetini ve de  $z_a$  manivela kolunu

hesaplamaya gerek yoktur, çünkü  $W_a$  değerleri verilir; ama levhalı kirişlerde  $F_a$  ve  $z_a$  hesaplanmalıdır.

Gövdenin  $x_c$  derinliğinde gerilmeler çekmeden basınca değişir, burada  $x_c$  aşağıdaki gibi bulunur.

$$x_c t_w \frac{2f_y}{\gamma_a} = F_s \quad (4.37)$$

bu denklem için aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$x_c \leq \frac{h_a}{2} - t_f \quad (4.38)$$

basıncıdaki gövde derinliği aşağıdan bulunur.

$$\alpha d = \frac{d}{2} + x_c \quad (4.39)$$

Şekil 4.11(b) den iki  $F_s$  kuvveti için  $z$  manivela kolu aşağıdan bulunur.

$$z = \frac{h_a}{2} + h_s - \frac{x_c}{2} \quad (4.40)$$

burada  $h_s$  iç yüzey üzerindeki betonarme kısmın yüksekliğidir. Dayanım momenti:

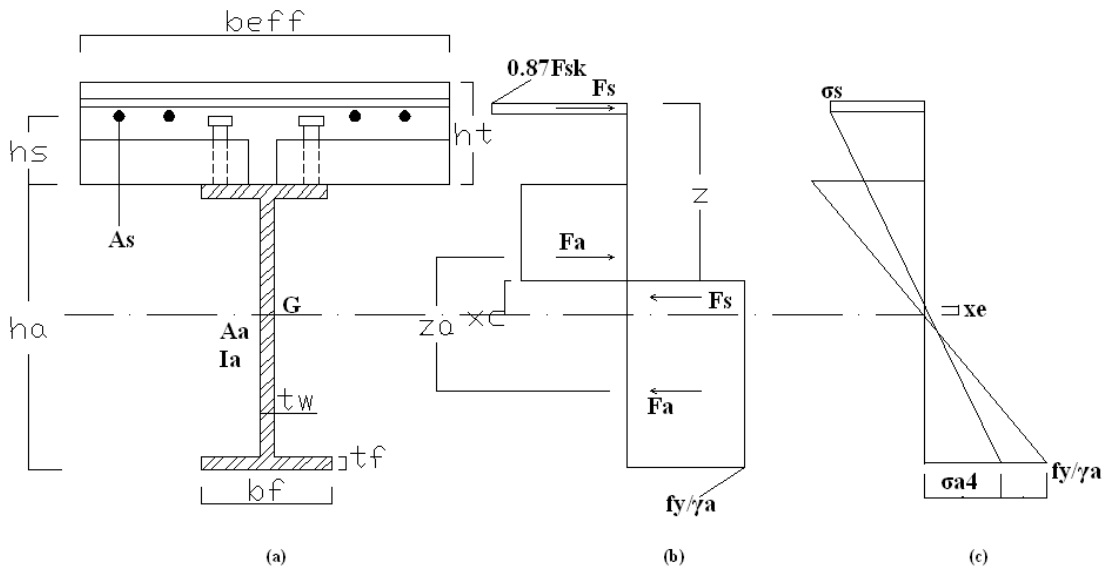
$$M_{h,Rd} = M_{apl,Rd} + F_s z \quad (4.41)$$

#### 4.2.1.2 Elastik Dayanım Momenti

Negatif moment bölgelerinde iki temel durum çatlamanın başladığı moment değeriyle gösterilmektedir. Eğilme momenti çatlamanın başladığı momentten daha

küçük bir değerde olduğunda, en kesit çatlamamış durumdadır ve çatlamamış kesit atalet momenti dikkate alınır. Moment değeri çatlama momentinden daha büyükse en kesit çatlamış olup, çatlamış kesit atalet momenti dikkate alınır.

Elastik analizde modüler oran kullanılır. Dayanım momentindeki sıcaklık ve büzülme etkileri genellikle ihmal edilir. Burada, göz önüne alınan kesitte yükleme yalnızca çelik elemanda  $M_{a,Sd}$  momentine ve kompozit elemanda  $M_{c,Sd}$  momentine yol açar. Yapısal çelik ve betonarme çeliği elastik modülleri arasındaki küçük fark ( $\approx$  % 3) ihmal edilir.



Şekil 4.11 Negatif moment bölgesinde kompozit kirişin en kesiti ve gerilme dağılımları

Önce Şekil 4.11(c)'den görülen kesitin elastik tarafsız ekseninin yüksekliği  $x_e$ , kesitteki denge durumuna göre aşağıdaki gibi bulunur.

$$x_e(A_a + A_s) = A_s \left( \frac{h_a}{2} + h_s \right) \quad (4.42)$$

Akma momenti çelik alt flanştaki toplam gerilmeden meydana gelir.  $M_{a,Sd}$  momentinden oluşan basınç gerilmesi aşağıdan bulunur.

$$\sigma_{a4} = M_{a,Sd} \frac{h_a/2}{I_a} \quad (4.43)$$

böylece eğilme momenti

$$M_{a,Sd} + M_{c,Rd} = M_{a,Sd} + \frac{(f_y / \gamma_a - \sigma_{a4}) I}{(h_a / 2 + x_e)} \quad (4.44)$$

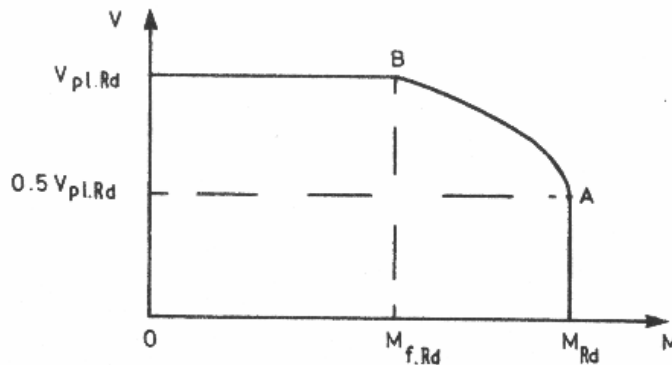
ile bulunur.

#### 4.2.2 Düşey Kesme Kuvveti ve Moment-Kesme Etkileşimi

Düşey kesme kuvvetinin çelik kesitin gövdesiyle karşılanacağı kabul edilir. Kesme kuvveti  $V_{Sd}$ 'nin plastik kesme dayanımı  $V_{pl,Rd}$  yi aşmaması gerekir. Kesme ve eğilmenin kombine edilmesindeki dayanım için Eurocode 4'te verilen dizayn kuralları Şekil 5.3'de gösterilmiştir. Kesme kuvvetinin büyük olması halinde plastik dayanım momentinde azaltma yapılır. Kesme kuvveti plastik dayanım momentinin yarısından küçükse azaltma yapılmaz. B noktasındaki eğilme dayanımı  $M_{f,Rd}$  döşemedeki betonarme kısmı içerir. AB eğrisi boyunca azaltılmış eğilme dayanımı aşağıdan bulunur.

$$M_{v,Rd} = M_{f,Rd} + (M_{Rd} - M_{f,Rd}) \left[ 1 - \left( \frac{2V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad (4.45)$$

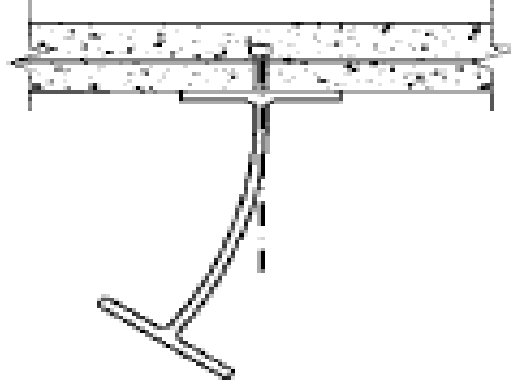
burada  $M_{v,Rd}$  azaltılmış dayanım momentini,  $M_{f,Rd}$  kesit başlığının moment dayanımını gösterir.



Şekil 4.12 Eğilme momenti ve kesme kuvveti kombinasyonunun dayanımı

### 4.2.3 Yanal Burkulma Kontrolü

Sürekli kirişlerin iç mesnetlerinde, çelik kesitin alt flanşı yalnızca gövdeye destek olur ama döşeme çelik kesiti dönmeye karşı korur. Flanş Şekil 4.13’de görüldüğü gibi gövdenin eğilmesiyle burkulur. Bu durum yanal burkulma olarak bilinir (Cosenza ve Zandonini, 1999).



Şekil 4.13 Yanal burkulma

Basit mesnetli dizayn edilen kompozit kirişlerde yapılması gerekmeyen fakat sürekli kirişlerde kesit gövdesi hem kesme kuvveti hem de eğilme momentinin etkisinde ve aşağıda verilen  $d/t_w$  limit değerleri aşıyorsa burkulmaya karşı mukavemet kontrolü yapılmalıdır.

$$\text{Gövde betonla sarılmamışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 69\varepsilon \quad (4.46)$$

$$\text{Gövde uygun olarak betonla sarılmışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 124\varepsilon \quad (4.47)$$

$$\varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{1/2} \quad f_y \text{'nin birimi N/mm}^2 \text{ dir.}$$

Bunun için üç kontrol durumu vardır. Bunlardan herhangi biri yeterli çıkarsa gövde mukavemeti yeterlidir (Işık, 2003e).

I) Dizayn momenti  $M_{Rd}$  kesit başlıklarının moment dayanımından küçükse aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

$$M_{Rd} \leq M_{f,Rd} \quad \text{ve} \quad V_{Sd} \leq V_{pl,Rd} = dt_w \frac{\tau_{ba}}{\gamma} \quad (4.48)$$

burada  $\tau_{ba}$  kritik kesme mukavemeti olup, gövde narinliği olan  $\lambda_w$  değerine göre değişir. Bu ilişkiyi Tablo 4.2'den görmekteyiz.

$$\lambda_w = \frac{d/t_w}{37,4\varepsilon\sqrt{k_\tau}} \quad (4.49)$$

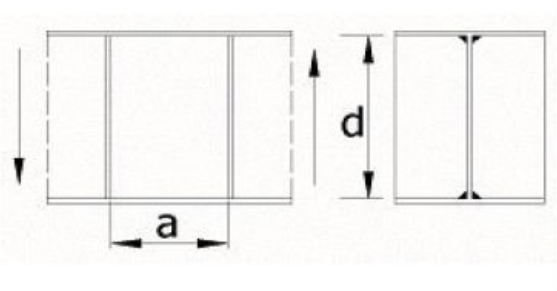
Tablo 4.2 Narinlik  $\lambda_w$  ile kritik kesme mukavemeti  $\tau_{ba}$  arasındaki ilişki

$\lambda_w$	$\leq 0,8$	$0,8 < \lambda_w < 1,2$	$\geq 1,2$
$\tau_{ba}$	$\frac{f_y}{\sqrt{3}}$	$\frac{f_y}{\sqrt{3}}(1,5 - 0,625\lambda_w)$	$\frac{f_y}{\sqrt{3}} \frac{0,9}{\lambda_w}$

yukarıdaki denklemde  $k_\tau$  gövde burkulma katsayısını gösterir ve Tablo 4.3'de  $k_\tau$  değerleri verilmiştir.

Tablo 4.3  $k_\tau$  gövde burkulma katsayısı değerleri

a / d	< 1	$\geq 1$	$= \infty$
$k_\tau$	$4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{d}\right)^2}$	$5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{d}\right)^2}$	5,34



II) Dizayn momenti  $M_{Rd}$  kesit başlıklarının moment dayanımından büyükse ve kesme kuvveti de kesme dayanımının yarısından küçük veya eşitse aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

$$M_{Rd} > M_{f,Rd} \text{ ve } V_{Sd} \leq 0,5V_{pl,Rd} \text{ ise}$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \text{ olmalıdır.} \quad (4.50)$$

III) Dizayn momenti  $M_{Rd}$  kesit başlıklarının moment dayanımından ve de kesme kuvveti kesme dayanımının yarısından büyükse veya eşitse aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

$M_{Rd} > M_{f,Rd}$  ve  $V_{Sd} > 0,5V_{pl,Rd}$  ise

$$a) M_{v,Rd} = M_{f,Rd} + (M_{Rd} - M_{f,Rd}) \left[ 1 - \left( \frac{2V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \quad (4.51)$$

$$b) M_{Rd} \leq M_{f,Rd} \quad (4.52)$$

$$c) V_{Sd} \leq V_{pl,Rd} \quad (4.53)$$

#### 4.2.4 Çatlak Kontrolü

Kompozit köprülerde çatlak kontrolü binalara nazaran daha önemlidir. Bundan dolayı burada detaya girmeyeceğiz. Kesitlerin yeterli kesme dayanımına sahip olduğunun gösterilmesi çatlama olmaması için yeterlidir. Eurocode 4'te çekme bölgesinde beton tabladaki betonarme takviyesinin desteklenmiş inşaatlar için beton alanının % 0,4 ü, desteklenmemiş inşaatlar için, beton alanının % 0,2 sinden az olmaması istenir.

#### 4.2.5 Sürekli Kirişlerin Global Analizi

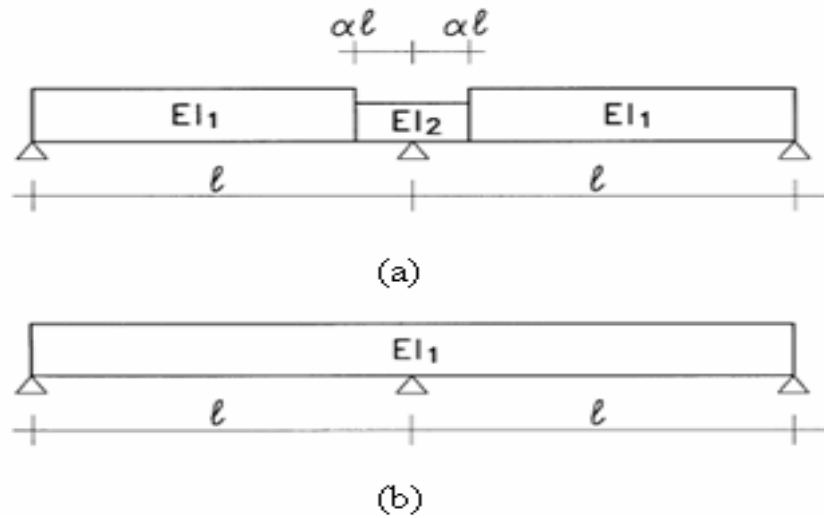
Bu bölümde sürekli kirişlerin elastik ve plastik global analizlerine değineceğiz. Global analizde uzunluk boyunca kaymanın etkileri ihmal edilir.

##### 4.2.5.1 Elastik Global Analiz

Elastik global analizde önce kullanım yükleri altında elastik analizden bulunan eğilme momentleri bulunur. Burada karşımıza çıkan problem döşemede çatlama

olması ile rijitliğin değişmesidir. Bundan dolayı kompozit elemanların yalnızca negatif moment bölgelerinde rijitlik azaltması yapılır ve momentin yeniden dağılımında bu azaltma etkilidir.

Kompozit elemanda yükten dolayı oluşan eğilme momenti önce  $E_a I_1$  rijitliği (Şekil 4.14(b)) kullanılarak hesaplanır. İç mesnette moment sebebiyle betonda oluşan maksimum çekme gerilmesi hesaplanır. En yüksek çekme gerilmesi  $\sigma_{ct}$  bulunur. Bu gerilme  $0,15f_{ck}$  yi aşarsa ( $f_{ck}$  karakteristik silindir dayanım),  $E_a I_1$  rijitliği mesnedin her iki kenarında da  $\alpha$  katsayısı ile azaltılarak  $E_a I_2$  değerini alır.  $E_a I_2$  hesaplanırken Eurocode 4'te  $\alpha$  değerinin  $0,15 \cdot 1$  alınması önerilir (Cosenza ve Zandonini, 1999).



Şekil 4.14 Sürekli kompozit kirişte çatlama ve çatlama olmayan eğilme rijitlikleri

Eurocode 4 sınıf 1,2 veya 3 teki kritik en kesitlerden oluşan kirişler için alternatif sunar.  $\sigma_{ct} > 0,15f_{ck}$  olduğunda eğilme momenti  $f$  ile çarpılarak azaltılmış yeni moment bulunur.

$$f = \left( \frac{E_a I_1}{E_a I_2} \right)^{-0,35} \geq 0,6 \quad (4.54)$$

Bu metot yalnızca eşit yüklenmiş ve yaklaşık olarak eşit uzunluktaki açıklıklar için uygundur.



4.2.5.1.1 *Deformasyonlar*. Eurocode 4'te ve BS 5950 de sürekli kirişlerin iç mesnetlerindeki eğilme momenti değerleri için elastik analizin modifiye edilmiş metotları verilmiştir. Açıklık basit mesnetli olsaydı, yükleme için negatif momentler  $M_1$  ve  $M_2$ , maksimum pozitif moment  $M_0$  ve maksimum deformasyon  $\delta_0$  ile gösterilir. Üniorm yüklenmiş üniorm kesitli elemanın elastik analizinde deformasyon  $\delta_0$ dan  $\delta_c$  ye azaltılır.

$$\delta_c = \delta_0 \left[ 1 - 0,6 \frac{M_1 + M_2}{M_0} \right] \quad (4.55)$$

#### 4.2.5.2 *Plastik Global Analiz*

Kompozit kirişte plastik analiz özellikle eşit uzunlukta olmayan açıklıklarda kullanılır. Araştırmalar sürekli kompozit kirişler için plastik global analizin kullanılmasına sınırlama getirmiştir. Eurocode 4: bölüm 1.1 de verilen sınırlamalar aşağıda verilmiştir.

- (1) Her plastik mafsalda:
  - yanal sınırlama sağlanmalı
  - en kesit sınıf 1 olmalı
  - çelik kesit en kesit gövdesi etrafında simetrik olmalı
- (2) Elemanlardaki bütün etkili en kesitler sınıf 1 veya 2 olmalıdır.
- (3) Komşu açıklık uzunlukları farkı kısa açıklığın % 50 sinden küçük olmamalıdır.
- (4) Uç açıklıklar komşu açıklığın uzunluğunun % 15'inden daha büyük olmamalıdır.
- (5) Elemanlar yanal burkulmaya hassas olmamalı.

Analiz metodu için temel kabuller aşağıdadır.

- (1) Yapının göçmesi plastik mafsallarla olur, diğer bütün deformasyonlar ihmal edilir.
- (2) Plastik mafsal yüklerden dolayı eğilme momentinin elemanın eğilme dayanımına ulaştığı yerlerde oluşur.
- (3) Açıklıktaki bütün yükler göçme oluşana kadar orantılı artar, böylece yükleme tek parametreyle gösterilmelidir.

Kiriş Şekil 4.15(a)'daki gibi iki ucu da sürekli ise, mafsallar uçlar ve açıklık ortasında oluşur ve negatif moment ile pozitif momentin toplamı aşağıdaki gibi bulunur.

$$M_p' + M_p = \frac{wL^2}{8} \quad (4.56)$$

Negatif ve pozitif plastik momentler arasındaki yeniden dağılım oranı ise  $\mu$  ile gösterilir ve aşağıdaki gibi formüle edilir.

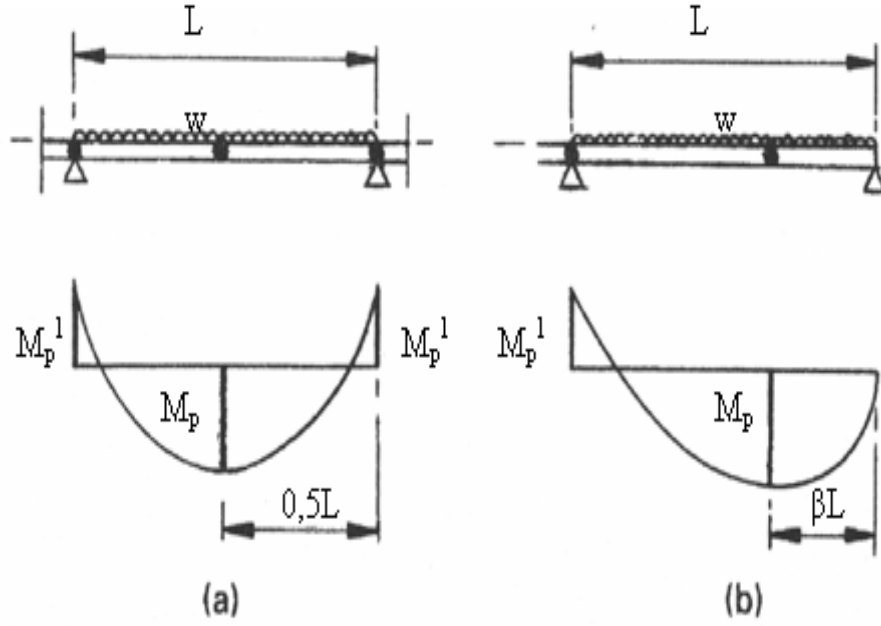
$$\mu = \frac{M_p'}{M_p} \quad (4.57)$$

Kiriş yalnızca bir ucunda sürekli ise, eğilme momenti diyagramı Şekil 4.15(b)'de görüldüğü gibidir. Bu durumda negatif moment ile pozitif momentin toplamı aşağıdaki gibi bulunur.

$$\frac{1}{2}M_p' + M_p = \frac{wL^2}{8} \quad (4.58)$$

Sürekli kirişlerin negatif moment bölgesindeki yeniden dağılım değeri  $\beta$  ile gösterilir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\beta = \left(\frac{1}{\mu}\right) \left[ (1 + \mu)^{1/2} - 1 \right] \quad (4.59)$$



Şekil 4.15 Plastik global analiz

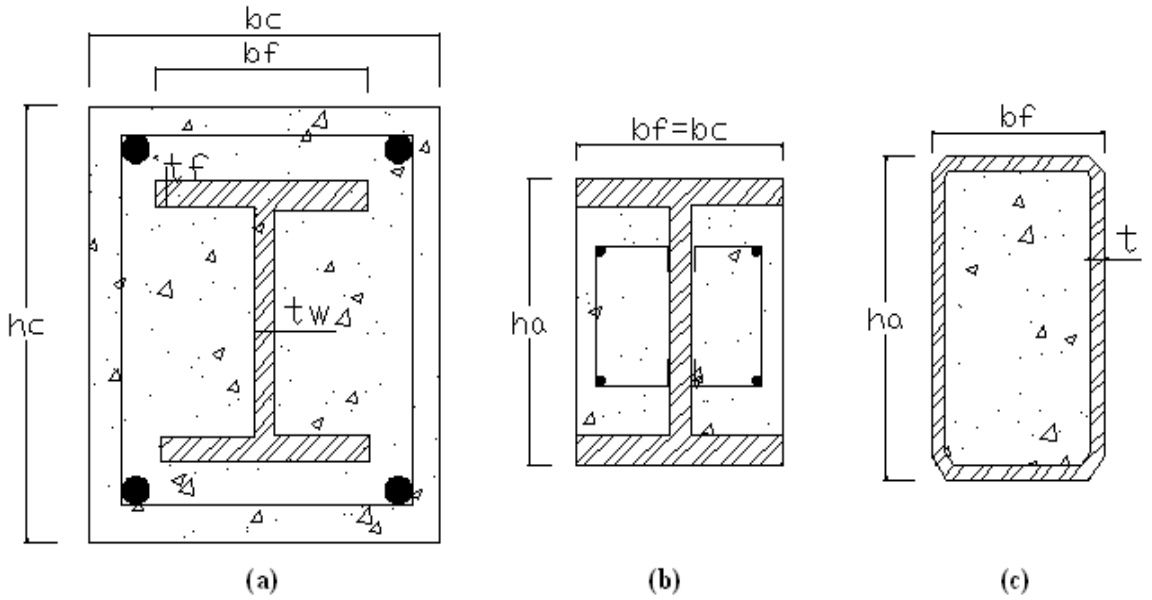
## BÖLÜM BEŞ

### KOMPOZİT KOLONLAR

Kompozit kolonların en genel tipleri Şekil 5.1'den görülmektedir. En kesit tipleri üç grupta toplanabilir.

- I) tamamen betona gömülü en kesitler
- II) kısmen betona gömülü (yarı gömme) en kesitler
- III) betonla doldurulmuş en kesitler

Bunlardan ilki Şekil 5.1(a)'dan da görüldüğü gibi I kesitin tamamen betona gömülmesi ile elde edilir. Şekil 5.1(b)'deki ikinci tipte çelik kesitin flanşlarının dışı betona gömülmezken yalnızca gövde betona gömülür. Şekil 5.1(c)'deki üçüncü tipte ise beton içi boş çelik kesitin içine doldurulmuştur. Tamamen veya kısmen betona gömülü kesitlerin avantajları korozyon ve yangına karşı dayanıklı olmalarıdır. Betonla doldurulmuş çelik tüp sistemin temel avantajı ise çelik elemanın ayrıca kalıp vazifesi de görmesidir (Cosenza ve Zandonini, 1999).



Şekil 5.1 Kompozit kolon tipik en kesitleri

Tamamen veya kısmen betona gömülü kesitler beton çelik kesiti lokal burkulmaya karşı da korur.

## 5.1 Kompozit Kolonların Plastik Davranışı

### 5.1.1 Basınç Etkisindeki Davranış

Tek eksenli basınç durumu göz önüne alındığında deneyler kesitin dayanımının üç bileşenin dayanımına eşit olduğunu gösterir. Bu da bize çeliğin akma dayanımına ulaştığında betonda da maksimum gerilme oluştuğunu gösterir.

Eurocode 4' göre plastik dizayn dayanımı  $N_{pl}$  aşağıdaki gibi bulunur.

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y A_a}{\gamma_a} + \frac{f_{sk} A_s}{\gamma_s} + \frac{\alpha_c f_{ck} A_c}{\gamma_c} \quad (5.1)$$

burada  $A_a$ : çelik kesit alanını,  $A_c$ : beton kestin alanını,  $A_s$ : betonarme çeliğinin alanını,  $f_y$ : çelik kesitin akma dayanımı,  $f_{ck}$ : betonun karakteristik basınç dayanımı,  $f_{sk}$ : betonarme çeliğinin akma dayanımı,  $\gamma_a$ - $\gamma_s$ - $\gamma_c$  sırasıyla çelik kesitin betonarme çeliğinin ve betonun güvenlik faktörlerini gösterir.  $\alpha_c$  ise betona gömülü kesitlerde 0,85 alınırken, betonla doldurulan kesitlerde 1,0 alınır.

Eurocode 4'e göre kompozit kolonun dizayn taşıma kapasitesi, kalıcı gerilmeler ve dönme etkisine bağlıdır. Kolonun dizayn eksenel kuvveti  $N_{sd}$  ile kolon eksenel kuvvet dayanımı  $N_{pl,Rd}$  arasındaki oran  $X$  narinlik faktörü olarak bilinir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$X_d = \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \quad (5.2)$$

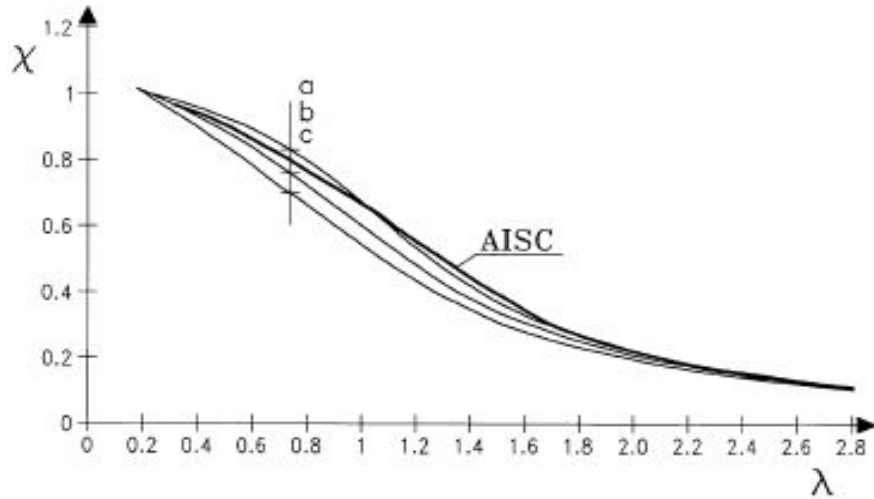
$X$  faktörü kolonun narinliği olan  $\lambda$  değerine bağlı olarak değişir. Bu değişim AISC ve Eurocode 4'e göre değişmekte olup Şekil 5.2'den detaylı olarak görülmektedir.

Eurocode 4'te a,b ve c olmak üzere 3 eğri ve AISC'te tek bir eğri verilmiştir. a eğrisi betonla doldurulmuş kolonlar, b ve c eğrileri de betona gömülü kesitler için sırasıyla majör ve minör eksen eğilmeleri için kullanılır (Cosenza ve Zandonini, 1999).

Aradaki ilişki kolonun dönmesine bağlı olarak aşağıdaki formülle de gösterilebilir.

$$X = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \quad \text{ve} \quad \phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad (5.3)$$

burada  $\Phi$  dönme,  $\lambda$  narinliği gösterir.  $\alpha$  a,b ve c eğrileri için sırasıyla 0,21, 0,34 ve 0,49 olup dönme faktörüdür.



Şekil 5.2 Eurocode 4 ve AISC'teki burkulma eğrileri (Cosenza ve Zandonini, 1999)

AISC'de narinlik ile  $X$  arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir (Cosenza ve Zandonini, 1999).

$$\lambda \leq 1,5 \quad \text{ise} \quad X = (0,658\lambda^2) \quad (5.4)$$

$$\lambda > 1,5 \quad \text{ise} \quad X = \left(\frac{0,877}{\lambda^2}\right) \quad (5.5)$$

Eurocode 4'te ise  $\lambda$  boyutsuz narinliği aşağıda verilmiştir.

$$\lambda = \left( \frac{N_{pl,R}}{N_{cr}} \right)^{0,5} \quad (5.6)$$

$N_{cr}$  kritik taşıma kapasitesi ise aşağıdaki denklemden bulunur.

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{(EI)_e}{l^2} \quad (5.7)$$

Burada 1 kolonun burkulma uzunluğu olup, burada bağlı kirişlerin merkezleri arasındaki gerçek uzunluk olan  $L$ 'ye eşit alınır.

Kompozit kesitin efektif eğilme rijitliği  $(EI)_e$  aşağıdaki gibi bulunur.

$$(EI)_e = E_a I_a + 0,8 E_{cd} I_c + E_s I_s \quad (5.8)$$

burada  $E_{cd} = \frac{E_{cm}}{\gamma_c}$  dir.

$\gamma_c$ 'nin değeri 1,35 alınır.  $I_c$  çatlamaş kolon kesitinin merkezine göre beton alanın atalet momentidir.

$N_{pl,R}$  hesaplanırken  $\gamma_M=1$  alınır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

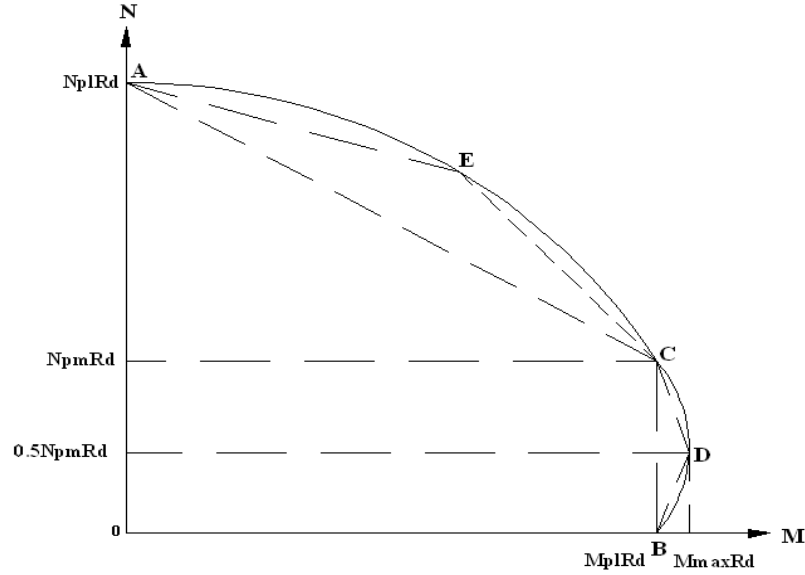
$$N_{pl,R} = A_a f_y + A_c (0,85 f_{ck}) + A_s f_{sk} \quad (5.9)$$

$A_c$  alanı ise aşağıdan bulunur.

$$A_c = b_c h_c - A_a - A_s \quad (5.10)$$

### 5.1.2 Basınç (eksenel kuvvet) ile Eğilme (moment) Bileşkesindeki Davranış

Eksenel kuvvet ve eğilme kombinasyonu dizaynı, eksenel dayanım  $N_{pl,Rd}$  ve eğilme dayanımı  $M_{pl,Rd}$  arasındaki etkileşim eğrisinden hesaplanır. Eurocode 4'te N-M etkileşim eğrisi Şekil 5.3'te verilmiştir (Johnson, 1999).



Şekil 5.3 Kompozit kolonlar için etkileşim eğrisi

Eğrideki A noktası basınç etkisi altındaki plastik dayanımı ( $N=N_{pl,Rd}$ ,  $M=0$ ) ve B noktası ise plastik dayanım momentini ( $M=M_{pl,Rd}$ ,  $N=0$ ) gösterir. Bu noktalardaki eksenel kuvvet ve moment değerlerini hesaplamada Şekil 5.4'deki gerilme dağılımları kullanılır. D noktasındaki eksenel kuvvet  $N_{pm,Rd}/2$  değerini alır.

$$N_{pm,Rd} = A_c f_{cd} \quad (5.11)$$

$$\text{burada } f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \text{ ve } A_c = b_c h_c - A_a - A_s \quad (5.12)$$

$$\text{D noktasındaki moment değeri: } M_{max,Rd} = W_{pa} f_{yd} + W_{ps} f_{sd} + \frac{W_{pc} f_{cd}}{2} \quad (5.13)$$

burada  $W_{pa}$ ,  $W_{ps}$  ve  $W_{pc}$  sırasıyla çelik kesitin, betonarme çeliğinin ve betonun mukavemet momentlerini (kesit modülleri) gösterir ve aşağıdaki gibi bulunurlar.

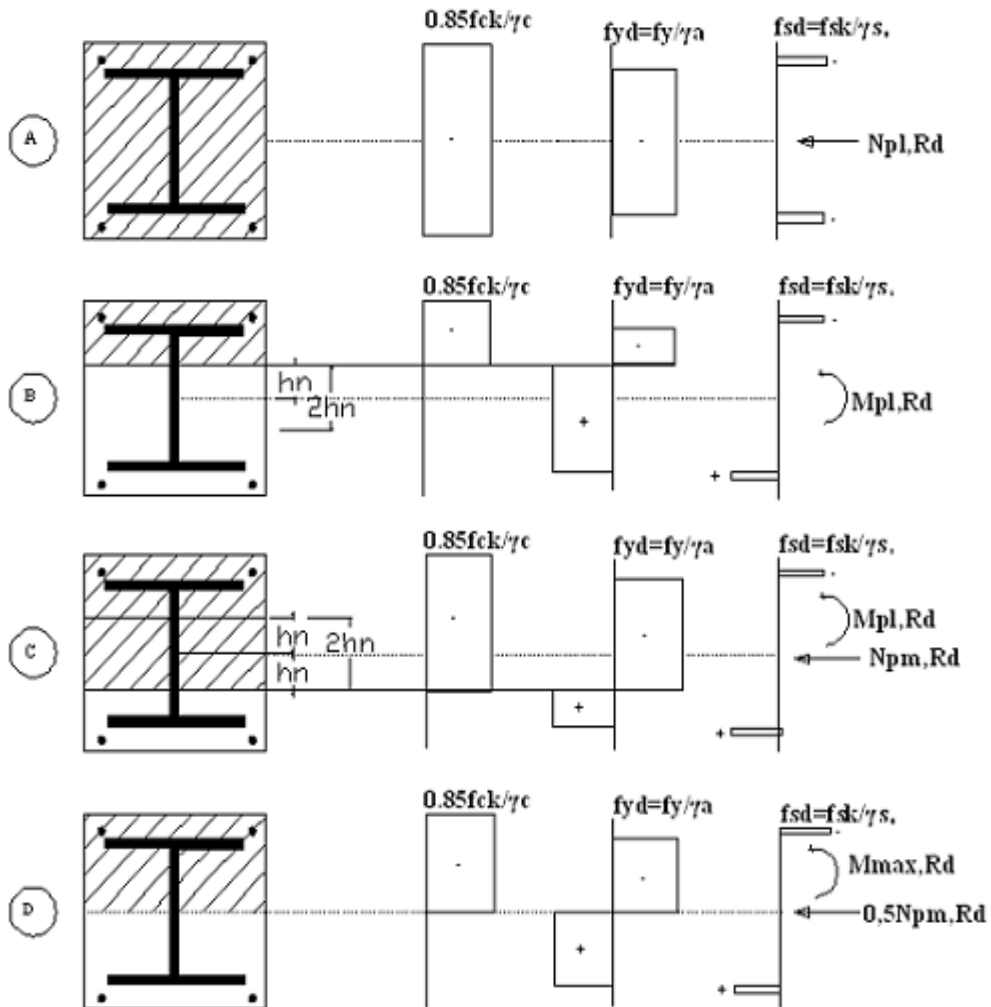


$$W_{pa} = \frac{(h - 2t_f)t_w^2}{4} - bt_f(h - t_f) \quad (5.14)$$

$$W_{ps} = A_s e_z \quad (5.15)$$

$$W_{pc} = \frac{b_c h_c^2}{4} - W_{pa} - W_{ps} \quad (5.16)$$

$f_{yd} = f_y/\gamma_a$  ve  $f_{sd} = f_{sk}/\gamma_s$  formülleriyle gösterilip dizayn değerleridir.



Şekil 5.4 Etkileşim eğrisindeki noktalar için gerilme dağılımları

$$\text{C noktasındaki aksenal kuvvet: } N_{pm,Rd} = A_c f_{cd} \quad (5.17)$$

$$\text{C noktasındaki moment değeri: } M_{pl,Rd} = M_{\max,Rd} - W_{pan} f_{yd} - W_{pcn} \frac{f_{cd}}{2} \quad (5.18)$$

$$W_{pan} = t_w h_n^2 \quad (5.19)$$

$$W_{pcn} = (b_c - t_w) h_n^2 \quad (5.20)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd}}{2b_c f_{cd} + 2t_w (2f_{yd} - f_{cd})} \quad (5.21)$$

Betonla gömülü I kesitlerde, AC düz çizgi olarak alınabilir E noktası ihmal edilir.

Etkileşim eğrisinin hesaplandığı varsayılarak, dizayn aksenal kuvveti  $N_{sd}$  ile maksimum eğilme momenti bilinir ve X narinlik faktörü yukarıdaki gibi hesaplanır. Buradaki  $X_d$  dizayn aksenal kuvvetindeki narinlik faktörünü gösterir.

Etkileşim eğrisindeki B noktası,  $XN_{pl,Rd}$  aksenal yükü altındaki kolonun göçmesini gösterir. AB'deki eğilme dayanımının, kolon göçmeden hemen önceki aksenal yükün sebep olduğu maksimum eğilme momentine eşit olduğu kabul edilir. Kolon uç momentleri eşit olduğunda eğilme momenti aksenal kuvvetle orantılıdır, böylece  $X_d N_{pl,Rd}$  den düşük yüklerde eğrideki uzunluk CE olur. Şimdiki eğilme dayanımı CF ile gösterilir ve EF dayanımı uygulanan moment için elverişlidir.

Verilen aksenal yük için eğilme momenti, kolon uç momentleri  $M_2/M_1$  1,0'ın altına düştüğünde azalır. Bu durum BEO doğrusunun BDG ile yer değiştirmesini göz önüne alır. Buradaki G noktasının ordinatı aşağıdaki gibi bulunur.

$$X_n = X \frac{1 - M_2 / M_1}{4} \quad (5.22)$$

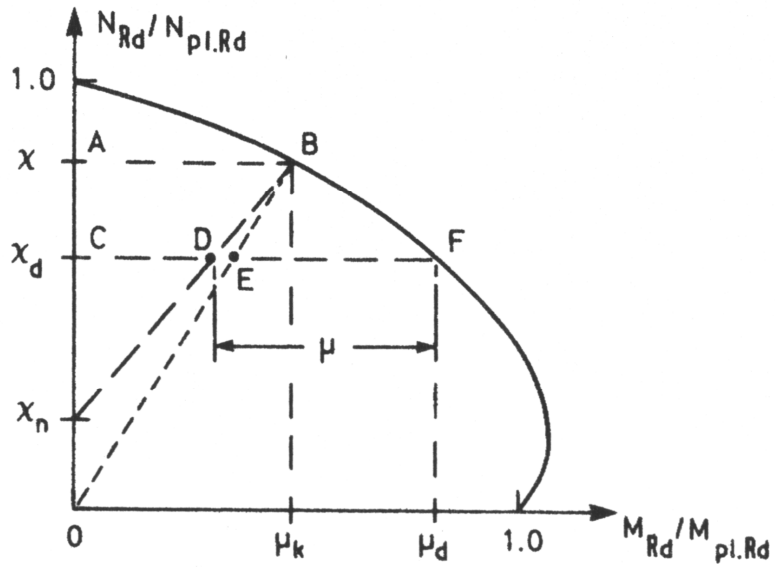
$M_2$  ve  $M_1$  kolon uç momentlerini gösterir. Eğilme dayanımı böylece EF'den DF'ye artar.

Daha basit bir yaklaşımla, beton için dikdörtgen gerilme bloğunun plastik tarafsız eksene uzandığı kabul edilir. Eğilme dayanımında % 10 azaltma yapılır, bunu doğrulama şartı aşağıdadır.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} = 0,9\mu M_{pl,Rd} \quad (5.23)$$

$$\text{burada } \mu = \mu_d - \mu_k \frac{X_d - X_n}{X - X_n} \quad (5.24)$$

$\mu_d$  ve  $\mu_k$  sırasıyla  $X_d$  ve  $X_k$  için Şekil 5.5'deki etkileşim eğrisinde verilir.



Şekil 5.5 Basınç ve eğilme etkisindeki kolon için etkileşim eğrisi

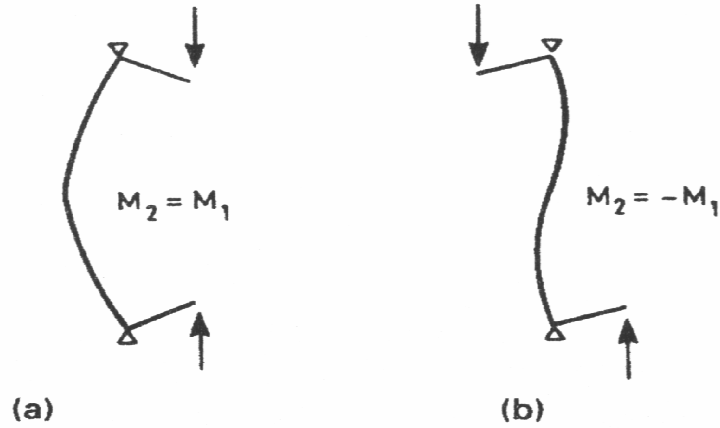
## 5.2 İkinci Mertebe Etkileri

Burkulma eğrileri kolona uygulanan eğilme momentinin ikinci mertebe etkilerini göz önüne almaz. Bunun için k faktörü kullanılarak, en büyük birinci mertebe eğilme momentini artırırız.

$$k = \frac{\beta}{1 - (N_{sd} - N_{cr})} \geq 1,0 \quad (5.25)$$

$$\text{burada, } \beta = 0,66 + 0,44 \left( \frac{M_2}{M_1} \right) \geq 0,44 \quad (5.26)$$

$N_{cr}$ , kolon için elastik kritik yüküdür daha önce detaylı olarak açıklanmıştır.  $\beta$  katsayısı, Şekil 5.6(a)'da görülen tek eğrilikli eğilmenin olumsuz etkilerinden çok, Şekil 5.6(b)'de görülen iki eğrilikli eğilmenin olumsuz etkileri hesaba katar.



Şekil 5.6 Tek eğrilikli ve çift eğrilikli eğilme

### 5.3 Lokal Burkulma Etkisi

Lokal burkulmanın etkili olmaması için yönetmeliklerde birtakım derinlik kalınlık limitleri verilmiştir.

Eurocode 4'e göre:

$$* \text{ kısmi olarak betona gömülü I kesitlerde } b_s / t_f \leq 44 \sqrt{(235 / f_y)} \quad (5.27)$$

$$* \text{ içi boş dairesel kesitlerde } d / t \leq 90 \sqrt{(235 / f_y)} \quad (5.28)$$

$$* \text{ içi boş dikdörtgen kesitlerde } h / t \leq 52 \sqrt{(235 / f_y)} \quad (5.29)$$

AISC'e göre:

$$* \text{ içi boş dairesel kesitlerde } t \geq d \sqrt{\left(\frac{f_y}{8E_a}\right)} \quad (5.30)$$

$$* \text{ içi boş dikdörtgen kesitlerde } t \geq h \sqrt{\left(\frac{f_y}{3E_a}\right)} \quad (5.31)$$

### 5.4 Detaylandırma Kuralları

En kesitler iki eksenli etrafında simetrik olmalı ve en kesit eleman boyunca sabit olmalıdır.

Narinlik 2'den küçük olmalıdır.

Yangın için I kesitli tamamen betona gömülü kolonda minimum beton payları çelik kesit için 40 mm ve betonarme çeliği için 20 mm'dir.

Betonarme alanının betonun alanına oranı hesaplarda aşağıdaki şartı sağlamalıdır.

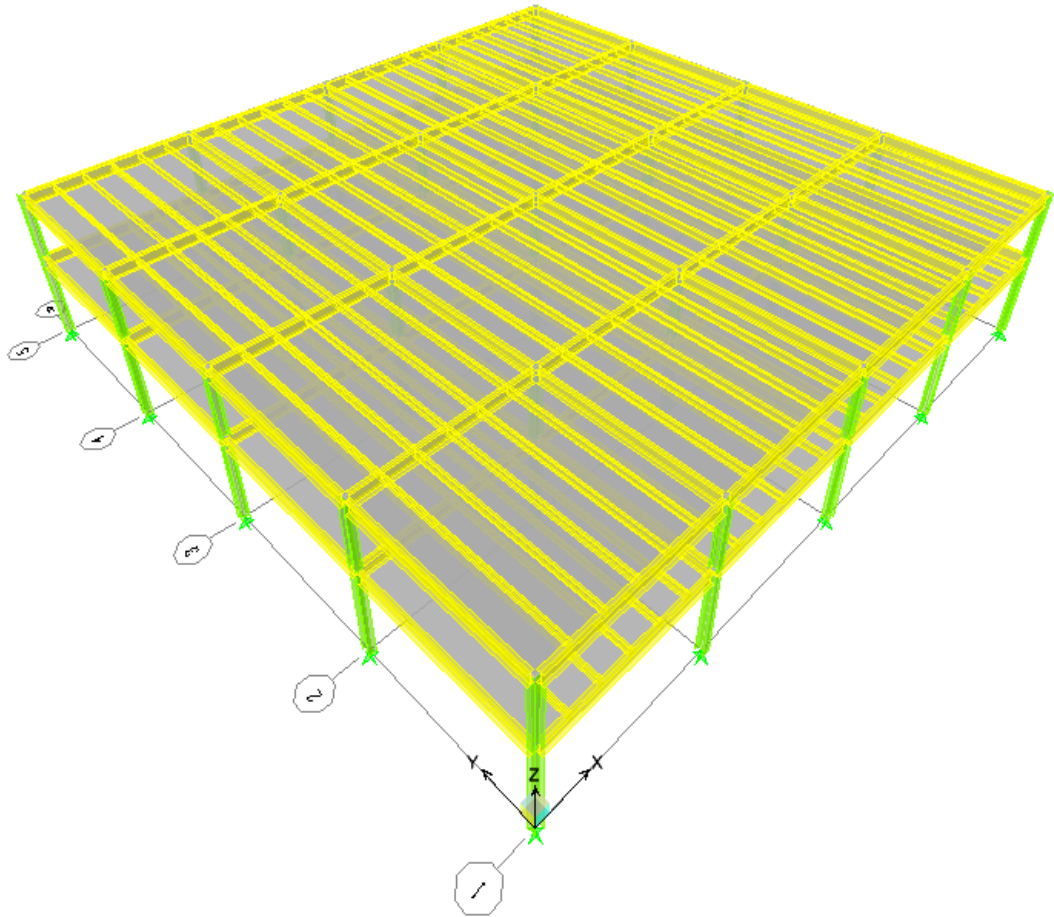
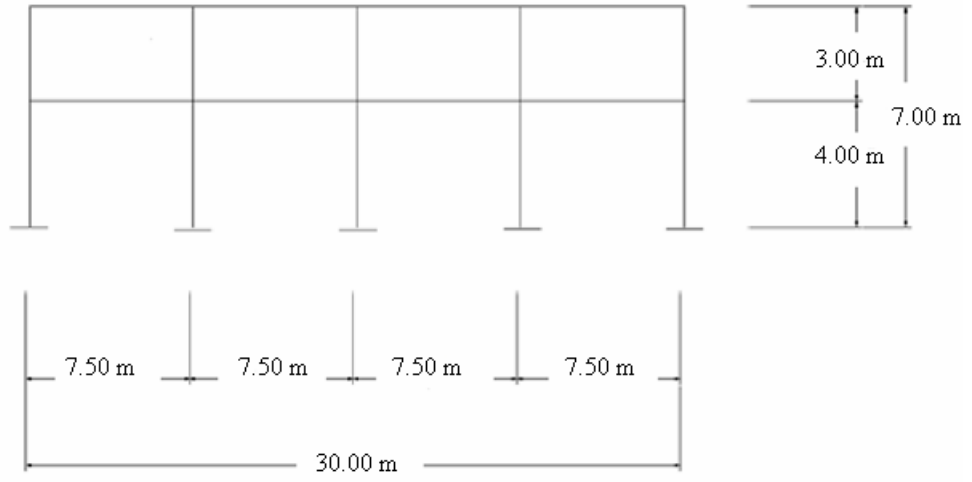
$$0,003 \leq \frac{A_s}{A_c} \leq 0,04 \quad (5.32)$$

Çelik katkı oranı  $\delta$  aşağıdaki gibi ifade edilir ve  $0,2 \leq \delta \leq 0,9$  limitleri arasında kalmalıdır.

$$\delta = \frac{A_a f_y / \gamma_a}{N_{pl,Rd}} \quad (5.33)$$

$\delta < 0,2$  olduğu zaman, kolon betonarme gibi ve  $\delta > 0,9$  olduğunda ise yapısal çelik gibi davranır.  $A_a f_y / \gamma_a$  terimi (5.27) denklemiyle verilen plastik dayanım  $N_{pl,Rd}$ 'ye yapısal çelik elemanın katkısını ifade eder.







## 6.2 Hesap Parametreleri

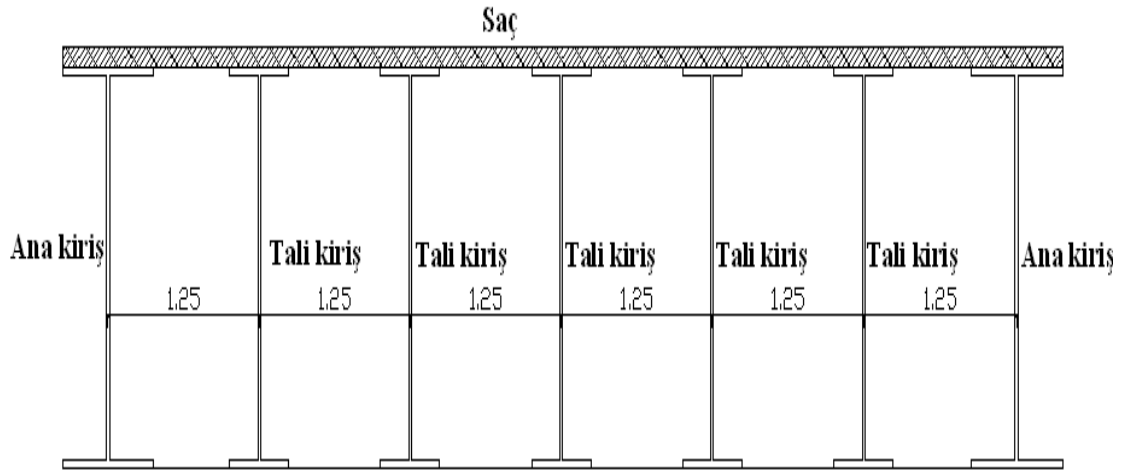
Sistemin analizi için ETABS V.9 yapı analiz programı kullanılmıştır (CSI ETABS V 9 (2005)). Eleman kesitleri dizayn öncesi belli olmayıp verilen yükler ve kombinasyonlara göre program tarafından en uygun kesit atanmaktadır. Kullanılan profiller programda hazır bulunan profillerdir. Döşeme ve kiriş sistemi kompozit olarak ETABS V.9 yapı analiz programı kullanılarak, kompozit kolonlar ise CSI-COL programı kullanılarak dizayn edilmiştir.

Programda elemanların öz ağırlıkları otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bunun dışında döşemelere  $0,20 \text{ t/m}^2$  kaplama yükü ve  $0,50 \text{ t/m}^2$  hareketli yük ilave edilmiştir. Kompozit döşeme detayı Şekil 6.4'te verilmiştir. Sistemi kompozit yapmada kullanılan çivi birleşim elemanları da 2 cm çaplı ve 7,5 cm yükseklikli seçilmiştir. Beton sınıfı C25 ve çelik sınıfı Fe 37'dir.

The image shows a software dialog box titled "Deck Section" with the following parameters:

- Section Name:** KOMPOZITDOSEME
- Type:** Filled Deck (selected)
- Geometry:**
  - Slab Depth (tc): 6,5
  - Deck Depth (hr): 5,5
  - Rib Width (wr): 12
  - Rib Spacing (Sr): 24
- Material:**
  - Slab Material: CONC
  - Deck Material: (empty)
  - Deck Shear Thick: (empty)
- Composite Deck Studs:**
  - Diameter: 2
  - Height (hs): 7,5
  - Tensile Strength, Fu: 4,2184
- Metal Deck Unit Weight:**
  - Unit Weight/Area: 1,123E-06
- Buttons:** Set Modifiers..., Display Color (blue), OK, Cancel

Şekil 6.4 Kompozit döşeme en kesiti



Şekil 6.5 Çelik döşeme en kesiti

### 6.3 Kullanılan Programların Özellikleri

#### 6.3.1 ETABS V.9

Etabs ile betonarme, çelik ve yığma binaların ve bina tipi yapıların sonlu elemanlarla lineer ve nonlineer statik-dinamik otomatik çözümü ve boyutlandırılması yapılmaktadır. Ayrıca dizayn aşamasında program tarafından en uygun kesitler seçilmektedir.

#### 6.3.2 CSI-COL

Bu program ile istenilen şekle sahip kolon kesitleri tanımlamak ve geometrik özellikleri ile kesit kapasitelerini hesaplamak için tasarlanan bir programdır. Programda betonarme, çelik ve kompozit kesitli kolonlar tanımlanabilmektedir. Program içinde hazır olarak da oldukça geniş bir profil arşivi bulunmaktadır. Csi-col programının kullanılmasının amacı, ETABS programının kompozit kolon dizayn etmemesidir.

### 6.4 Dizayn sonuçları

Dizayn sonucu çelik ve kompozit sistemler için bulunan kolon, ana kiriş ve tali kiriş kesitleri sonuçları aşağıda verilmiştir.

Burada yapılan hesaplamalar Arda T. S. ve Yardımcı N. (2000) kitabından alınmıştır. Ana ve tali kirişler için sehim değerleri  $L/300$  alınmıştır. Ana kirişte bulunan sehim  $f=6$  mm olduğundan  $f/L=6/7500=1/1250 < 1/300$  olduğundan ana kirişte sehim sınırlar dâhilindedir. Tali kirişte ise bulunan sehim  $f=14$  mm olduğundan  $f/L=14/7500=1/535 < 1/300$  olduğundan tali kirişte de sehim sınırlar dâhilindedir. Ana kirişte bulunan normal gerilme  $\sigma=88$  N/mm<sup>2</sup>  $< \sigma_{em}=212$  N/mm<sup>2</sup> ve kayma gerilmesi  $\tau=30$  N/mm<sup>2</sup>  $< \tau_{em}=122$  N/mm<sup>2</sup> olduğundan ana kirişteki gerilmeler sınırlar dâhilindedir. Tali kirişte ise bulunan normal gerilme  $\sigma=96$  N/mm<sup>2</sup>  $< \sigma_{em}=212$  N/mm<sup>2</sup> ve kayma gerilmesi  $\tau=32$  N/mm<sup>2</sup>  $< \tau_{em}=122$  N/mm<sup>2</sup> olduğundan tali kirişteki gerilmeler sınırlar dâhilindedir.

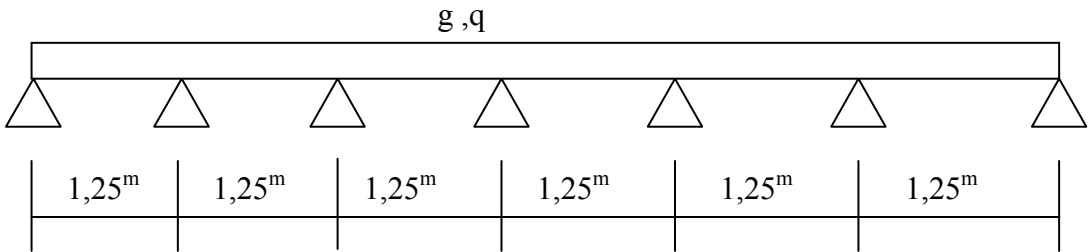
Çelik saçın sehim ve gerilme kontrolleri ise aşağıda verilmiştir.

Çelik saçın öz ağırlığı :  $g_{saç} = 0,010$  t/m<sup>2</sup>

Kaplama yükü :  $g_{kaplama} = 0,200$  t/m<sup>2</sup>

Toplam sabit yük :  $g = 0,210$  t/m<sup>2</sup>

Hareketli yük :  $q = 0,500$  t/m<sup>2</sup>



Şekil 6.6 Çelik saç yükleri

Çelik saçın atalet momenti  $I_a = 100 \cdot 2 / 24 (0,7 \cdot 7^3 / 12 + 0,7 \cdot 12 \cdot (3,15)^2) = 861$  cm<sup>4</sup>

Max  $f = (0,00677 \cdot 2,1 + 0,00990 \cdot 5) \cdot 125^4 / (2,1 \cdot 10^6 \cdot 861) = 0,0086$  cm

Max  $M = (0,030 \cdot 0,210 + 0,117 \cdot 0,500) \cdot 1,25^2 = 0,117$  tm

Max  $Q = (0,600 \cdot 0,210 + 0,617 \cdot 0,500) \cdot 1,25 = 0,543$  t

$W = 861 / 3,5 = 246$  cm<sup>3</sup>

Max  $\sigma = 11,7 / 246 = 0,050$  t/cm<sup>2</sup>  $< \sigma_{em} = 1,32$  t/cm<sup>2</sup>

$\tau = 0,543 / (2(7 - 2 \cdot 0,7) \cdot 0,7 \cdot 4) = 0,018$  t/cm<sup>2</sup>

$\sigma_v = \sqrt{(0,050^2 + 3 \cdot 0,018^2)} = 0,060$  t/cm<sup>2</sup>  $< 0,75 \cdot \sigma_F = 1,650$  t/cm<sup>2</sup>

Tablo 6.1 Kompozit kesitli yapı ana kiriş sonuçları

Kiriş no	Dizayn kesiti	Kesme birleşim elemanı	V kesme kuvveti (t)	P Eksenel kuvvet (t)	M Moment (tm)
B1	W18x71	20	15,14	1,24	16,46
B2	W18x71	20	16,24	1,36	17,26
B3	W18x71	20	15,35	1,15	17,59
B4	W18x71	20	16,35	1,35	16,34
B5	W18x71	20	18,26	1,88	23,68
B6	W18x71	20	17,05	1,85	20,68
B7	W18x71	20	18,23	1,86	21,85
B8	W18x71	20	18,37	1,85	21,35
B9	W18x71	20	18,26	1,95	19,56
B10	W18x71	20	17,05	1,87	20,68
B11	W18x71	20	18,23	1,79	23,02
B12	W18x71	20	18,37	1,75	22,64
B13	W18x71	20	18,26	1,78	17,96
B14	W18x71	20	17,05	1,68	21,98
B15	W18x71	20	18,23	1,89	22,85
B16	W18x71	20	18,37	1,35	15,02
B17	W18x71	20	16,34	1,24	16,46
B18	W18x71	20	15,48	1,36	17,26
B19	W18x71	20	16,92	1,15	17,59
B20	W18x71	20	16,35	1,35	16,34
B21	W18x71	20	16,59	1,24	16,46
B22	W18x71	20	14,69	1,36	17,26
B23	W18x71	20	15,39	1,15	17,59
B24	W18x71	20	14,44	1,35	16,34
B25	W18x71	20	18,26	1,35	15,58
B26	W18x71	20	17,05	1,33	16,68
B27	W18x71	20	18,23	1,28	17,59
B28	W18x71	20	18,37	1,30	18,63
B29	W18x71	20	18,26	1,35	19,85
B30	W18x71	20	17,05	1,26	15,36
B31	W18x71	20	18,23	1,25	18,52
B32	W18x71	20	18,37	1,35	17,63
B33	W18x71	20	18,48	1,22	15,63
B34	W18x71	20	17,68	1,26	17,85
B35	W18x71	20	18,48	1,35	18,52
B36	W18x71	20	18,55	1,85	19,52
B37	W18x71	20	15,69	1,24	16,46
B38	W18x71	20	15,39	1,36	17,26
B39	W18x71	20	14,26	1,15	17,59
B40	W18x71	20	14,44	1,35	16,34

Kompozit sistemde ana kirişe basan tüm tali kirişler W12X45 olarak seçilmiş olup 18 adet kesme birleşim elemanı kullanılmıştır.

Tablo 6.2 Çelik kesitli yapı ana kiriş sonuçları

Kiriş no	Dizayn kesiti	V kesme kuvveti (t)	P Eksenel kuvvet (t)	M Moment (tm)
B1	W18X86	10,15	1,05	13,26
B2	W18X86	11,29	1,12	12,34
B3	W18X86	10,54	1,10	14,34
B4	W18X86	11,37	1,04	12,48
B5	W18X86	12,35	1,26	15,26
B6	W18X86	13,25	1,20	16,78
B7	W18X86	12,54	1,15	16,29
B8	W18X86	12,40	1,11	17,37
B9	W18X86	12,35	1,25	15,26
B10	W18X86	13,25	1,24	16,78
B11	W18X86	12,54	1,11	16,29
B12	W18X86	12,40	1,23	17,37
B13	W18X86	12,35	1,10	15,26
B14	W18X86	13,25	1,12	16,78
B15	W18X86	12,54	1,26	16,29
B16	W18X86	12,40	1,35	17,37
B17	W18X86	10,15	1,05	13,26
B18	W18X86	11,29	1,12	12,34
B19	W18X86	10,54	1,10	14,34
B20	W18X86	11,37	1,04	12,48
B21	W18X86	10,15	1,05	13,26
B22	W18X86	11,29	1,12	12,34
B23	W18X86	10,54	1,10	14,34
B24	W18X86	11,37	1,04	12,48
B25	W18X86	12,59	1,26	15,26
B26	W18X86	13,15	1,40	16,78
B27	W18X86	11,56	1,36	16,29
B28	W18X86	12,03	1,53	17,37
B29	W18X86	12,36	1,29	15,26
B30	W18X86	12,06	1,38	16,78
B31	W18X86	12,98	1,26	16,29
B32	W18X86	12,04	1,20	17,37
B33	W18X86	11,56	1,53	15,26
B34	W18X86	12,06	1,36	16,78
B35	W18X86	12,35	1,57	16,29
B36	W18X86	16,35	1,54	17,37
B37	W18X86	10,15	1,46	13,26
B38	W18X86	11,29	1,35	12,34
B39	W18X86	10,54	1,26	14,34
B40	W18X86	11,37	1,59	12,48

Çelik sistemde ana kirişlere basan tüm tali kirişler W14X48 olarak bulunmuştur.

Tablo 6.3 Kompozit kesitli yapı kolon sonuçları

Kolon no	V kesme kuvveti (t)	P eksenel kuvvet (t)	M Moment (tm)
C1	3,53	36,50	17,25
C2	4,36	50,23	14,25
C3	3,26	48,25	15,45
C4	5,36	47,62	13,52
C5	3,45	37,50	15,48
C6	6,52	48,25	15,68
C7	6,57	56,25	18,54
C8	5,35	56,52	13,46
C9	6,35	57,45	17,52
C10	6,25	58,68	14,97
C11	4,63	46,25	15,37
C12	5,68	55,25	14,68
C13	4,65	56,59	16,75
C14	6,35	57,26	15,29
C15	5,69	47,55	16,24
C16	5,98	48,25	15,63
C17	3,45	55,86	15,48
C18	4,26	56,28	14,23
C19	5,68	57,26	13,52
C20	5,36	47,65	15,36
C21	3,59	34,74	16,52
C22	4,38	49,33	14,52
C23	4,69	47,35	13,36
C24	4,68	48,62	14,37
C25	3,68	37,60	12,36

Tablo 6.4 Çelik kesitli yapı kolon sonuçları

Kolon no	Dizayn kesiti	V kesme kuvveti (t)	P eksenel kuvvet (t)	M Moment (tm)
C1	W12x120	3,12	22,36	12,56
C2	W12x120	4,23	40,37	16,36
C3	W12x120	4,65	42,35	15,36
C4	W12x120	4,58	41,87	17,68
C5	W12x120	3,23	23,68	18,45
C6	W12x120	5,22	35,46	12,36
C7	W12x120	4,98	45,35	11,36
C8	W12x120	4,59	46,25	15,53
C9	W12x120	4,34	47,38	16,63
C10	W12x120	5,53	36,68	14,56
C11	W12x120	5,25	37,26	16,65
C12	W12x120	4,65	46,97	12,23
C13	W12x120	4,63	47,58	14,36

Tablo 6.4 Çelik kesitli yapı kolon sonuçları

Kolon no	Dizayn kesiti	V kesme kuvveti (t)	P aksenal kuvvet (t)	M Moment (tm)
C14	W12x120	4,62	49,69	15,53
C15	W12x120	4,69	36,27	14,16
C16	W12x120	3,49	37,38	10,06
C17	W12x120	5,38	45,36	12,34
C18	W12x120	5,02	44,27	13,56
C19	W12x120	5,05	48,49	14,37
C20	W12x120	7,15	34,87	11,36
C21	W12x120	3,35	24,26	13,09
C22	W12x120	4,48	48,69	14,36
C23	W12x120	6,89	49,96	12,04
C24	W12x120	6,35	45,26	10,98
C25	W12x120	3,59	23,67	13,46

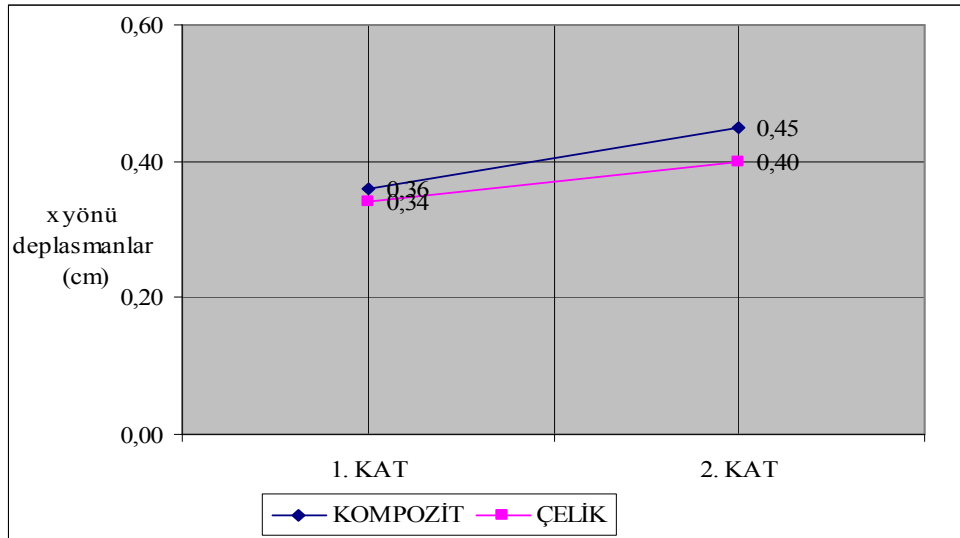
Tablo 6.5 Kompozit kesitli yapı deplasmanları

Kat	X yönü deplasmanı (cm)	Y yönü deplasmanı (cm)
1	0,36	0,36
2	0,45	0,45

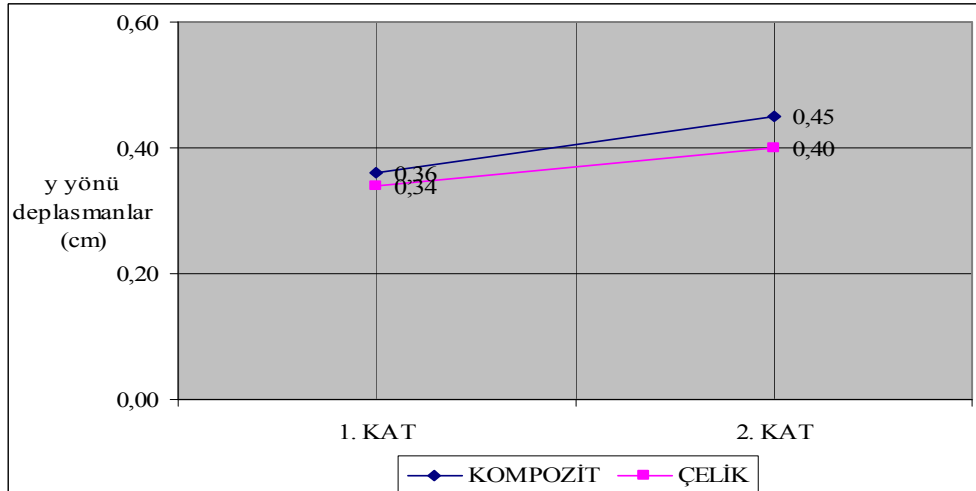
Tablo 6.6 Çelik kesitli yapı deplasmanları

Kat	X yönü deplasmanı (cm)	Y yönü deplasmanı (cm)
1	0,34	0,34
2	0,40	0,40

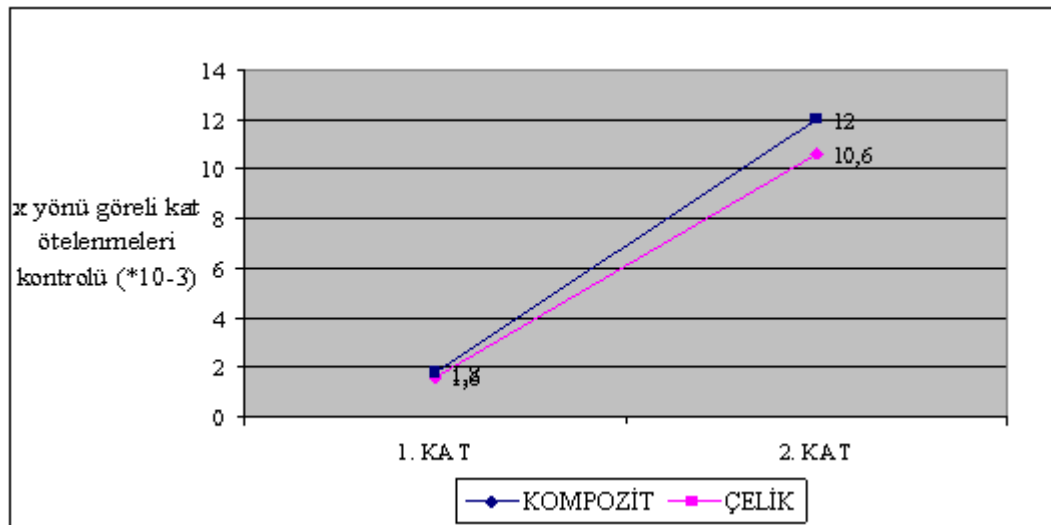
Yukarıda iki sistem için yapı elemanları analiz sonuçları verildikten sonra iki sistemi karşılaştırabilmek için x ve y yönü deplasman değerleri, x ve y yönü görelî kat ötelenmeleri verilmiştir.



Şekil 6.7 X yönü deplasman değerleri

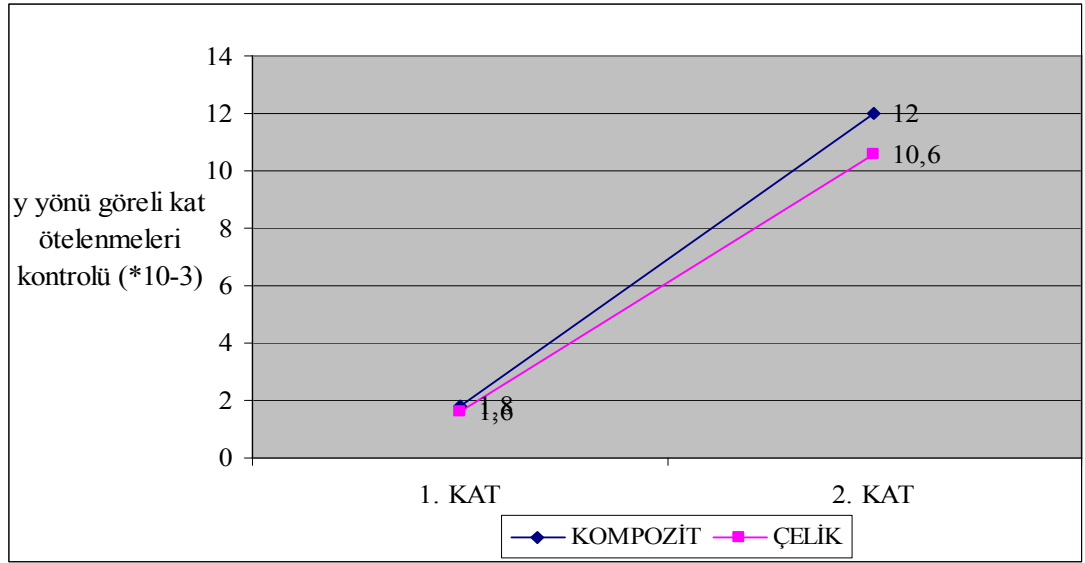


Şekil 6.8 Y yönü deplasman değerleri



Şekil 6.9 X yönü görece kat ötelenmeleri kontrolü





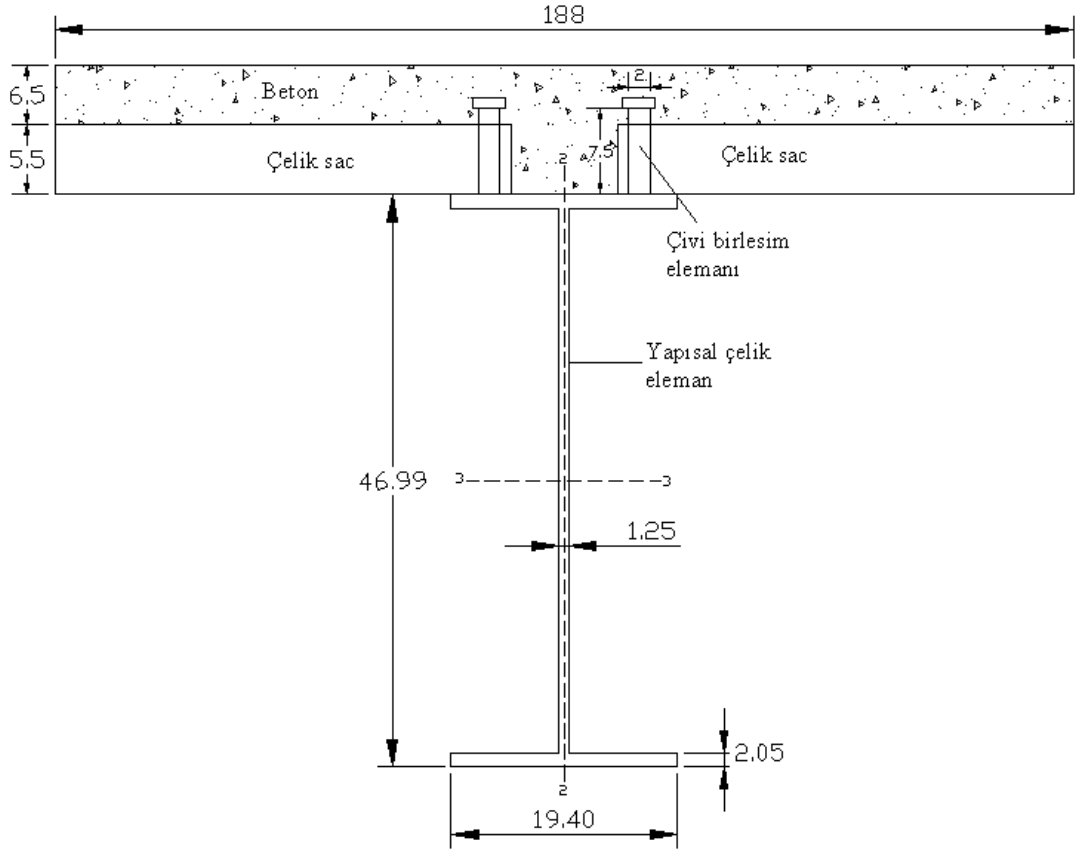
Şekil 6.10 Y yönü göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Yukarıda analiz sonucunda yapı elemanlarında bulunan iç kuvvet değerleri verildikten sonra aşağıda en büyük ana kiriş kesitleri, tali kiriş kesitleri ve kolon kesitleri verilmiştir.

Tablo 6.7 Eleman ağırlıkları tablosu

Yapı Elemanı	Yapı cinsleri eleman ağırlıkları (t)	
	Kompozit	Çelik
Döşeme	Beton - 450 Saç - 24 Tali kiriş - 80	Saç - 24 Tali kiriş - 91
Ana kiriş	Çelik - 62	Çelik - 72
Kolon	Beton - 60 Çelik - 44	Çelik - 38
Toplam	Toplam Beton - 510 Toplam Çelik - 210	Toplam Çelik - 225

### 6.4.1 Ana Kiriş Kesitleri



Şekil 6.11 Kompozit sistem en büyük ana kiriş kesiti

Yukarıdaki Şekilde verilen kompozit ana kirişin yapısal çelik elemanın kesit özellikleri aşağıda verilmiştir.

Çelik profil W 18x71

Atalet I33 : 48699,0768 cm<sup>4</sup>

Atalet I22 : 2509,8755 cm<sup>4</sup>

Torsional J : 145,2648 cm<sup>4</sup>

Mukavemet momenti S33 : 2072,7421 cm<sup>3</sup>

Mukavemet momenti S22 : 258,6754 cm<sup>3</sup>

Plastik modül Z33 : 2392,5113 cm<sup>3</sup>

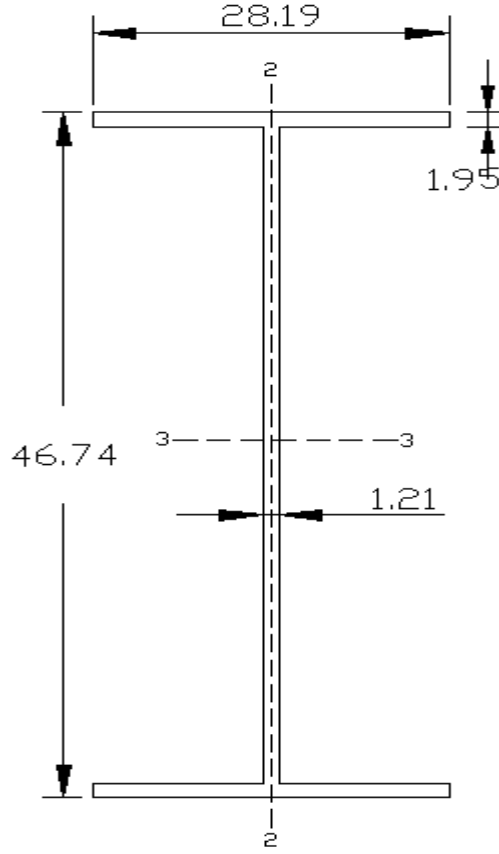
Plastik modül Z22 : 404,7605 cm<sup>3</sup>

Kesme alanı A33 : 66,5418 cm<sup>2</sup>

Kesme alanı A22 : 59,0805 cm<sup>2</sup>

Atalet yarıçapı r33 : 19,0500 cm

Atalet yarıçapı r22 : 4,3247 cm

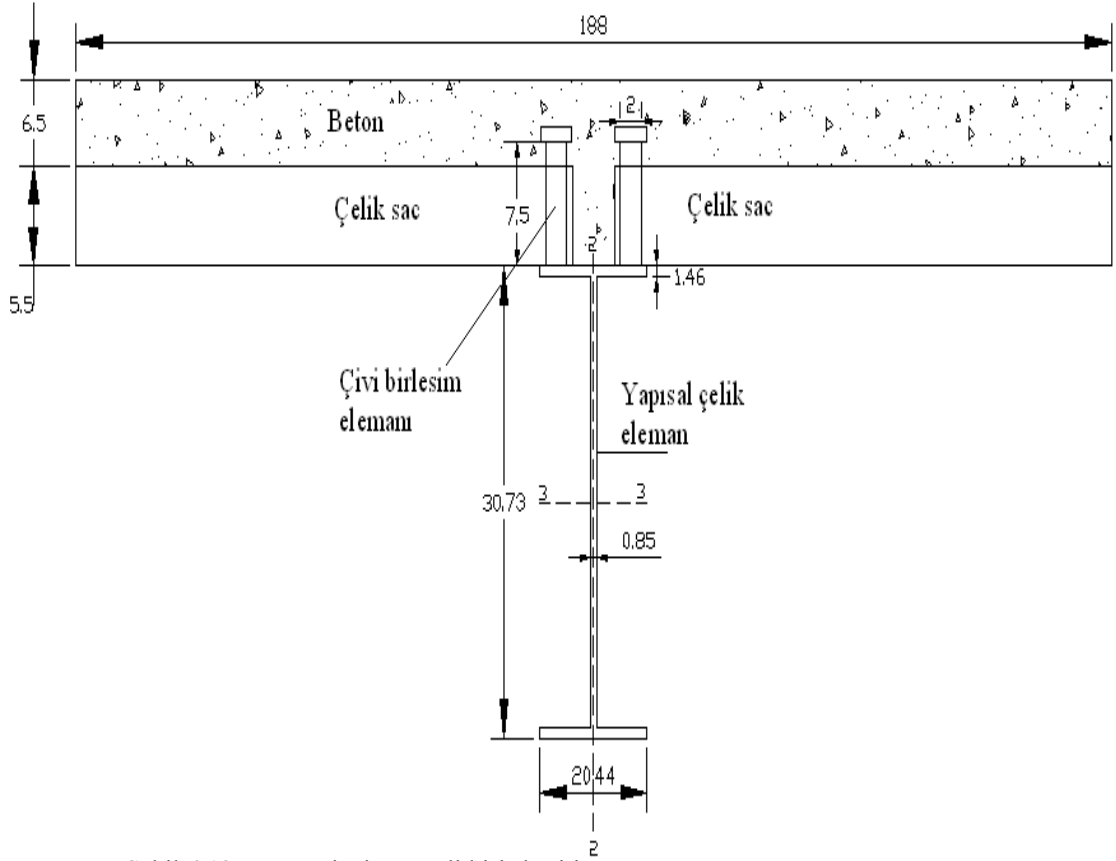


Şekil 6.12 Çelik sistem en büyük ana kiriş kesiti

Çelik profil W 18x86

Atalet I33	: 63683,4081 cm <sup>4</sup>
Atalet I22	: 7284,0499 cm <sup>4</sup>
Torsional J	: 170,6549 cm <sup>4</sup>
Mukavemet momenti S33	: 2725,2400 cm <sup>3</sup>
Mukavemet momenti S22	: 516,7092 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z33	: 3047,9939 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z22	: 793,1339 cm <sup>3</sup>
Kesme alanı A33	: 91,9030 cm <sup>2</sup>
Kesme alanı A22	: 56,9805 cm <sup>2</sup>
Atalet yarıçapı r33	: 19,7524 cm
Atalet yarıçapı r22	: 6,6802 cm

### 6.4.2 Tali Kiriş Kesitleri



Şekil 6.13 Kompozit sistem tali kiriş kesiti

Çelik profil W 12x45

Atalet I33 : 14484,8536 cm<sup>4</sup>

Atalet I22 : 2081,1571 cm<sup>4</sup>

Torsional J : 52,4452 cm<sup>4</sup>

Mukavemet momenti S33 : 942,5947 cm<sup>3</sup>

Mukavemet momenti S22 : 203,5660 cm<sup>3</sup>

Plastik modül Z33 : 1052,0495 cm<sup>3</sup>

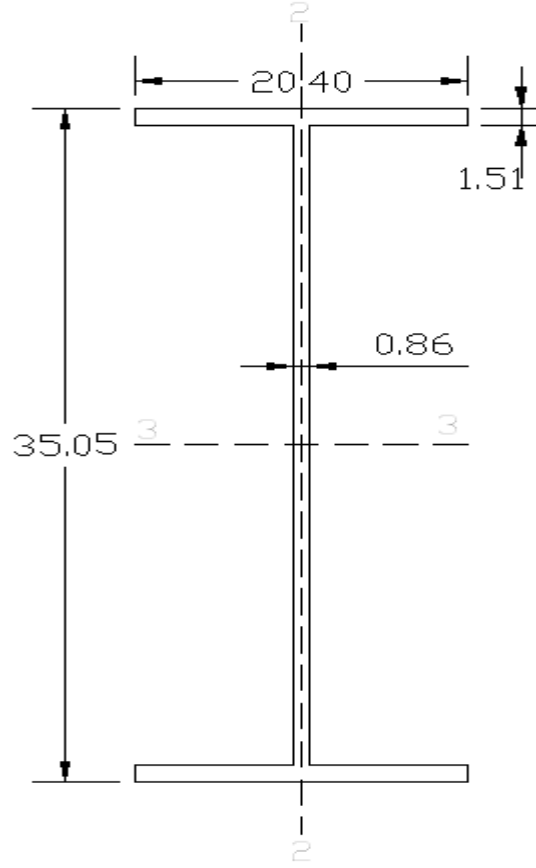
Plastik modül Z22 : 311,3542 cm<sup>3</sup>

Kesme alanı A33 : 49,7714 cm<sup>2</sup>

Kesme alanı A22 : 26,1516 cm<sup>2</sup>

Atalet yarıçapı r33 : 13,0914 cm

Atalet yarıçapı r22 : 4,9623 cm

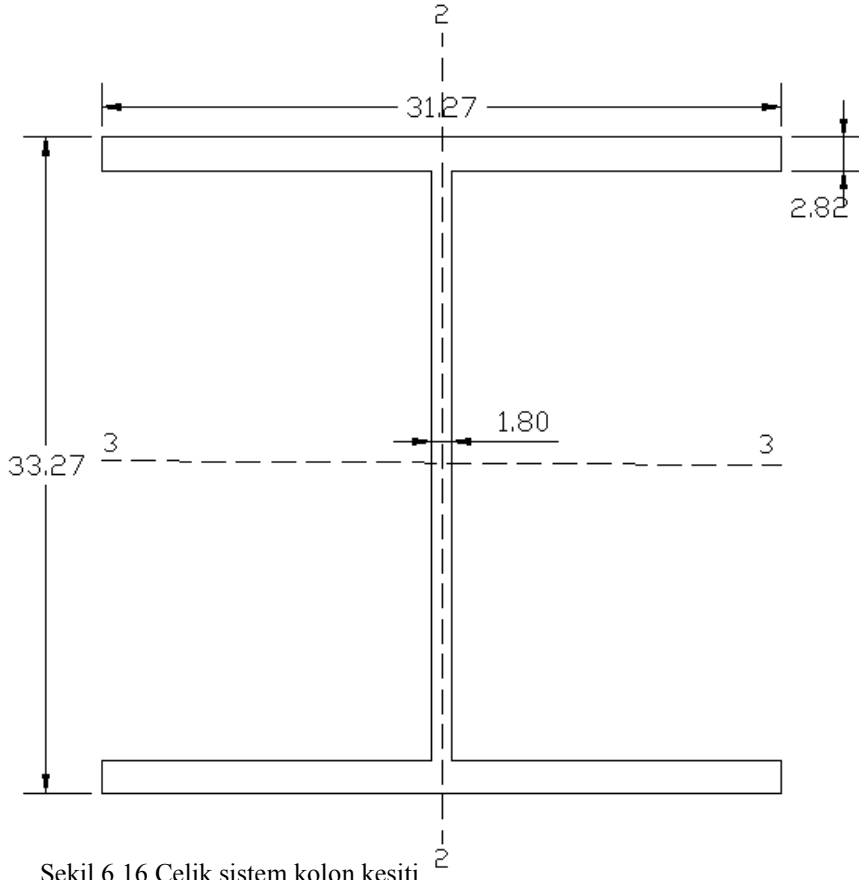


Şekil 6.14 Çelik sistem tali kiriş kesiti

Çelik profil W 14x48

Atalet I33	: 20145,6010 cm <sup>4</sup>
Atalet I22	: 2139,4296 cm <sup>4</sup>
Torsional J	: 60,3536 cm <sup>4</sup>
Mukavemet momenti S33	: 1149,4694 cm <sup>3</sup>
Mukavemet momenti S23	: 209,7871 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z33	: 1284,7458 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z22	: 321,1865 cm <sup>3</sup>
Kesme alanı A33	: 51,3746 cm <sup>2</sup>
Kesme alanı A22	: 30,2709 cm <sup>2</sup>
Atalet yarıçapı r33	: 14,8815 cm
Atalet yarıçapı r22	: 4,8496 cm



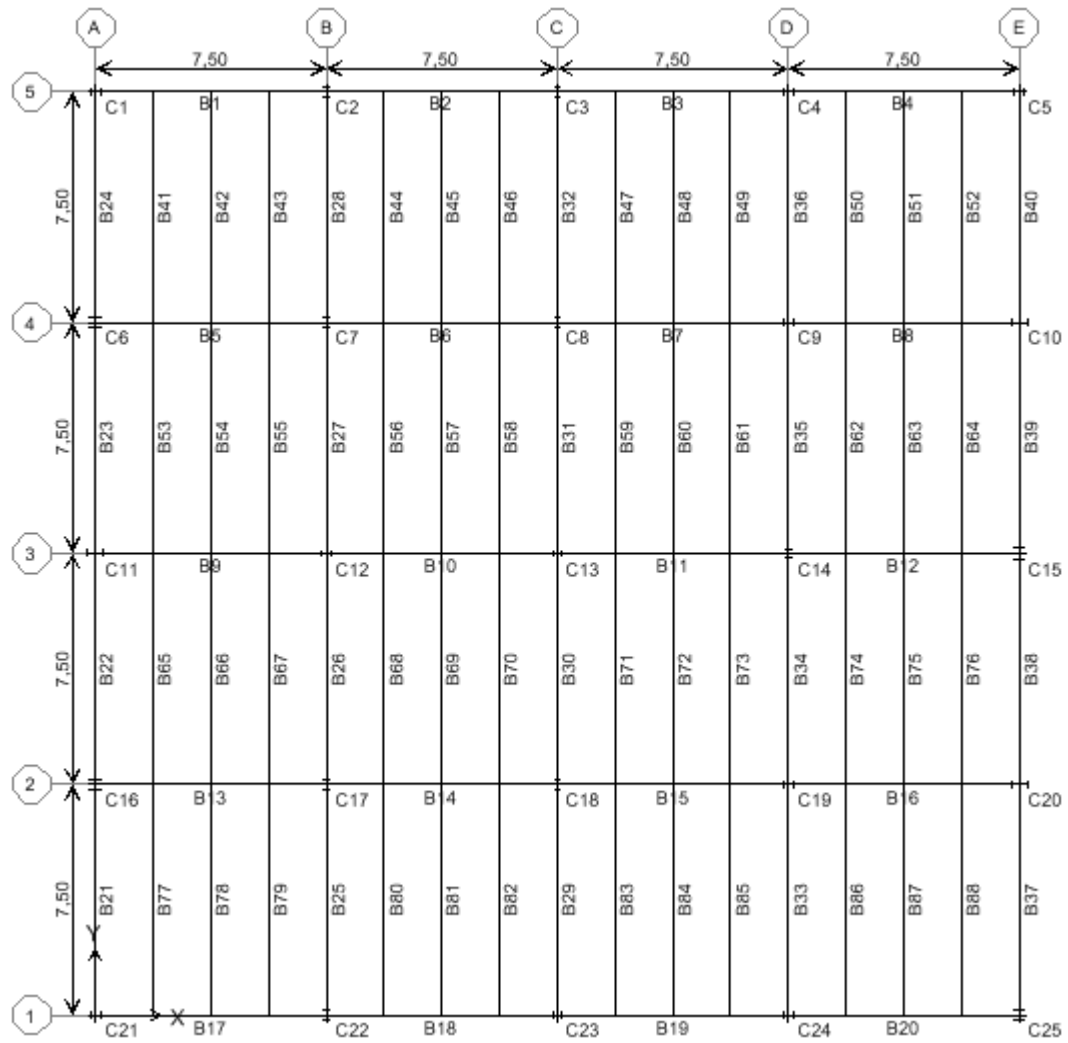


Çelik profil W 12x120

Atalet I33	: 44536,7625 cm <sup>4</sup>
Atalet I22	: 14359,9842 cm <sup>4</sup>
Torsional J	: 536,9385 cm <sup>4</sup>
Mukavemet momenti S33	: 2676,9707 cm <sup>3</sup>
Mukavemet momenti S22	: 919,2743 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z33	: 3047,9939 cm <sup>3</sup>
Plastik modül Z22	: 1399,4553 cm <sup>3</sup>
Kesme alanı A33	: 146,8062 cm <sup>2</sup>
Kesme alanı A22	: 60,0063 cm <sup>2</sup>
Atalet yarıçapı r33	: 13,9842 cm
Atalet yarıçapı r22	: 7,9406 cm

## 6.5 Uygulamalar

Uygulama kısmında aşağıdaki yapı Etabs programı ile yapılan analiz sonucu bulunan kesitlerin tahkikleri teori kısmında anlatılanlar çerçevesinde yapılacaktır. Bunun için 4 aksını seçelim ve döşeme, kiriş ve kolon kesitlerinin yeterliliğini araştıralım.

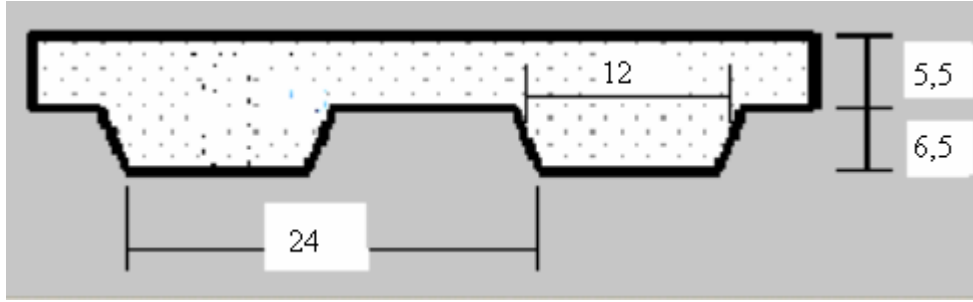


Şekil 6.17 Kompozit yapı planı



### 6.5.1 Döşeme tahkikleri

Analizi yapılacak döşeme kesiti aşağıda verilmiş olup, ölçüler cm cinsinden verilmiştir.



Şekil 6.18 Döşeme kesiti

Malzeme özellikleri:

Beton  $f_{ck}= 25 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_c=1,5$

Çelik saç  $f_{yp}= 290 \text{ kN/mm}^2$   $\gamma_{ap}=1,10$

#### 6.5.1.1 Çelik Saçın Kontrolleri

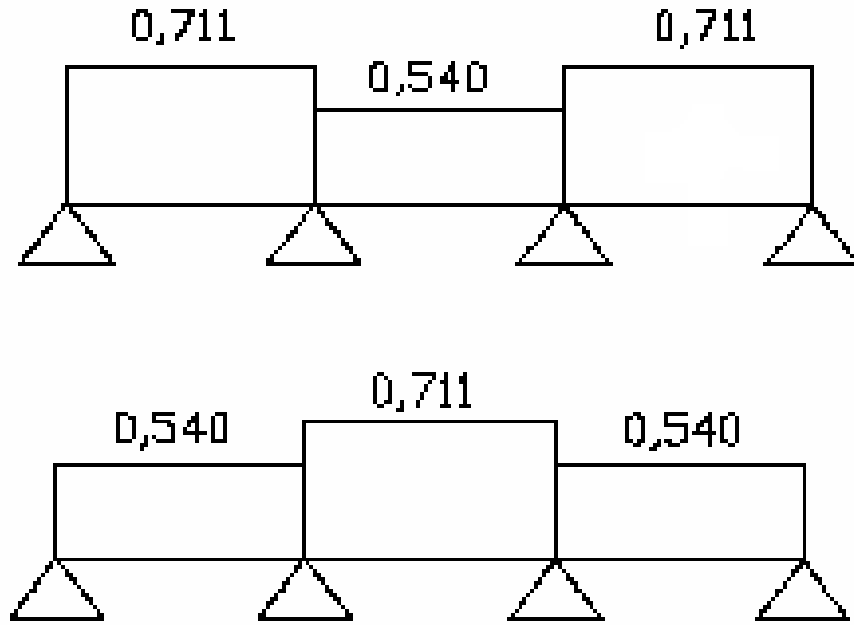
Saç:  $A_p= (6+7,15+12+7,15)*0,1=3,23 \text{ cm}^2/\text{m}$  ve  $g_{saç}= 0,010 \text{ t/m}^2$

Beton:  $g_{beton}=0,250 \text{ t/m}^2$

$g_{toplam}=0,360 \text{ t/m}^2$  ve  $q= 0,150 \text{ t/m}^2$

$P_d= g_{toplam} * \gamma_g + q * \gamma_q = 1,35 * 0,36 + 1,5 * 0,15 = 0,711 \text{ t/m}^2$

Yukarıda verilen yüklerin oluşturacağı maksimum pozitif ve negatif momentler için yüklemeler aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.19 Yüklemeler

$M_{\max}^+ = 0,96 \text{ tm}$ ,  $M_{\max}^- = 1,11 \text{ tm}$  ve  $V_{\max} = 2,80 \text{ t}$  olarak bulunmuştur.

Çelik saçın moment dayanımı  $M_{Rd} = M_{pa} / \gamma_{ap} = 4,92 / 1,1 = 4,47$  olup yukarıda bulunan moment değerlerinden büyük olduğu için yeterlidir.

Çelik saçın kesme kuvveti dayanımı  $V_{Rd} = V_{pa} / \gamma_{ap} = 4,92 / 1,1 = 4,47$  bulunduğu için yeterlidir.

#### 6.5.1.2 Kompozit Döşemenin Tahkikleri

Dizayn yükleri: kaplama yükü  $0,140 \text{ t/m}^2$  alınmıştır

Sabit yük =  $0,360 + 0,140 = 0,500 \text{ t/m}^2$

Hareketli yük =  $0,500 \text{ t/m}^2$

Dizayn yükü:  $P_d = \gamma_G * G + \gamma_Q * G = 1,35 * 0,5 + 1,5 * 0,5 = 1,42 \text{ t/m}^2$

$$M_{\max} = P_d L^2 / 8 = 1,42 * 2,5^2 / 8 = 1,10 \text{ tm}$$

$$V_{\max} = P_d L / 2 = 1,42 * 2,5 / 2 = 1,78 \text{ t olarak bulunur.}$$

Beton basınç kuvveti  $N_{cf}$  hesaplanarak tarafsız eksen yüksekliğine geçilir.

$$N_{cf} = \frac{A_p f_{yp}}{\gamma_{ap}} = 1,32 * \frac{2,9}{1,1} = 3,48 \text{ t/m} \quad \text{bulunur ve tarafsız eksen aşağıdan}$$

bulunur.

$$x = \frac{N_{cf}}{b(0,85 f_{ck} / \gamma_c)} = \frac{3,48}{0,85 * 2,5 / 1,5} = 2,45 \text{ cm} < 5,5 \text{ cm}$$

Bu değer  $h_c$  den daha küçük olduğundan moment dayanımı  $M_{p,Rd}$  aşağıdaki gibi bulunur.

$$M_{p,Rd} = N_{cf} (d_p - 0,5x) = 3,48(0,875 - 0,123) = 2,61 \text{ tm/m} \quad \text{bulduğundan yeterlidir.}$$

Şimdi kesme dayanımını hesaplayalım. Önce derin olmayan elemanların yüksek kesme dayanımını sağlayan faktör  $k_v$  ve profil levhanın sağladığı katkıyı gösteren  $\rho$  değerlerini bulalım.

$$\rho = \frac{A_p}{b_0 d_p} = \frac{1,32}{12 * 8,75} = 0,013 < 0,02 \quad \text{ve} \quad k_v = (1,6 - d_p) = 1,6 - 0,08 = 1,52 \text{ m}$$

$$\tau_{Rd} = 0,30 \text{ N/mm}^2 \text{ alınarak kesme dayanımı}$$

$$V_{v,Rd} = \frac{b_0}{b} d_p \tau_{Rd} k_v (1,2 + 40\rho) = \frac{12}{24} * 0,088 * 30 * 1,52 * (1,2 + 40 * 0,013) = 3,43 \text{ t/m}$$

bulduğundan yeterlidir.

Uzunluk boyunca kesme dayanımı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_{l,Rd} = bd_p \frac{\left[ \frac{mA_p}{bL_s} + k \right]}{\gamma_{vs}}$$

Yukarıdaki formüldeki m ve k testlerden elde edilen gerilme faktörü sabitlerini,  $L_s$  kesme mesafesini,  $\gamma_{vs}$  ise güvenlik faktörünü gösterir. Diğer simgeler daha önce tanımlanmıştı.

$b= 100$  cm,  $d_p= 8,75$  cm,  $A_p= 1,32$  cm<sup>2</sup>/m,  $L_s=L/4=62,5$  cm,  $m= 184$  N/mm<sup>2</sup>,  $k= 0,0530$  N/mm<sup>2</sup>,  $\gamma_{vs}= 1,25$  değerleri kullanılarak  $V_{l,Rd} = 2,72$  t bulunur ve bu değer  $V_{max}= 1,78$  t değerinden büyük olduğu için yeterlidir.

### 6.5.2 Kompozit Kiriş Tahkikleri

Kiriş özellikleri, kesiti ve gerilme dağılımları aşağıda verilen kirişin kesme kuvveti, moment, gövde narinliği ve deformasyon tahkikleri yapılacaktır.

Kompozit kiriş özellikleri:

Kesit yüksekliği: 30,48 cm

Üst ve alt flanş genişliği: 10,13cm

Üst ve alt flanş kalınlığı: 0,67 cm

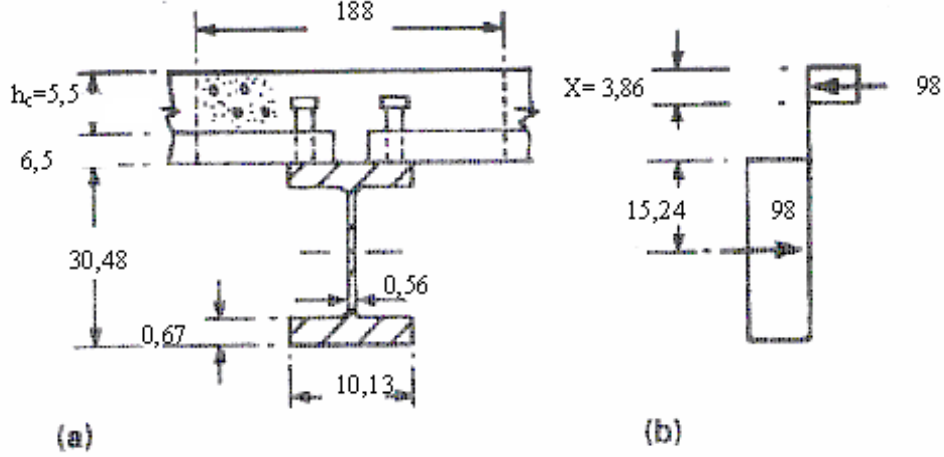
Gövde kalınlığı: 0,56 cm

Atalet momenti I: 4287,184cm<sup>4</sup>

Mukavemet momenti W: 281,3113 cm<sup>3</sup>

A= 30,38 cm<sup>2</sup>

Kiriş kesiti:



Şekil 6.20 Kiriş kesiti

$$N_{cf} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} = b_{eff} x \left( 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \right) \quad \text{bunun şartı } x \leq h_c \text{ olmasıdır.}$$

$$N_{cf} = 30,38 \frac{355}{1,1} = 188 x \left( 0,85 \frac{25}{1,5} \right) \quad x = 3,86 \text{ cm} < 5,5 \text{ cm bulunur.}$$

Yukarıda kullanılan etkili tabla genişliği  $b_{eff} = L/4 = 750/4 = 188 \text{ cm}$  alınmıştır.

Dayanım momenti;

$$M_{pl,Rd} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} (h_g + h_t - x/2) = \frac{30,38 * 355}{1,1} \left( 0,1524 + 0,12 - \frac{0,0386}{2} \right) = 24,82 \text{ tm}$$

olarak bulunur. Yapılan analiz sonucu maksimum moment 23 tm bulunduğundan moment dayanımı yeterlidir.

Kesme dayanımı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y \sqrt{3}}{\gamma_a}$$

kesme alanı:

$$A_v = 1,04 * h_a * t_w = 1,04 * 30,48 * 0,56 = 17,75 \text{ cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

kesme dayanımı ise;

$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y \sqrt{3}}{\gamma_y} = 17,75 \frac{3,55\sqrt{3}}{1,1} = 99 \text{ t dur ve analiz sonucu bulunan maksimum}$$

kesme kuvveti 10 t olarak bulunmuştur. Bundan dolayı kesme kuvveti açısından da yeterlidir.

Eurocode 4'e göre gövdenin maksimum narinliği aşağıdaki eşitlikleri sağlamalıdır.

$$\text{Gövde betonla sarılmamışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 69\varepsilon$$

$$\text{Gövde uygun olarak betonla sarılmışsa; } \frac{d}{t_w} \leq 124\varepsilon$$

$$* \varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{1/2} \quad f_y \text{ nin birimi N/mm}^2 \text{ dir.}$$

Bu örnekte gövde betonla sarılmadığı için ilk formülü kullanacağız.

$\frac{29,14}{0,56} \leq 69 \sqrt{\frac{235}{355}}$  yani  $52,03 \leq 56,13$  bulunur. Böylece gövde narinlik koşulunu sağlar.

Deformasyon değerini hesaplayıp limit değer olan L/250'den daha küçük olup olmadığını kontrol edeceğiz. Bunun için elastik analiz kullanılacaktır. Elastik analizde kullanacağımız modüler oran için kısa süreli ve uzun süreli modüler oranın ortalaması alınmıştır.

$$A_a (z_g - h_c) < \frac{1}{2} b_{eff} \frac{h_c^2}{n} \text{ koşulu sağlanmalıdır.}$$

$$30,38(27,24 - 5,5) < \frac{1}{2} 188 \frac{5,5^2}{22}$$

660,46 < 129,25 şart sağlanmadığından tarafsız eksen yüksekliği (x)  $h_c$ 'yi aşar. Bundan dolayı tarafsız eksenin yeri bulunmalıdır.

$$A_a(z_g - x) = b_{eff} h_c \frac{x - h_c/2}{n}$$

$$30,38(27,24 - x) = 188 * 5,5 \frac{x - 2,75}{22} \text{ den } x = 12 \text{ cm bulunur.}$$

Atalet momenti:

$$I = I_a + A_a(z_g - x)^2 + \frac{b_{eff} h_c}{n} \left[ \frac{h_c^2}{12} + \left( x - \frac{h_c}{2} \right)^2 \right] \text{ formülünden hesaplanır. Değerler}$$

yerine konursa  $I = 15483,08 \text{ cm}^4$  bulunur.

Deformasyon ise aşağıdan hesaplanır.

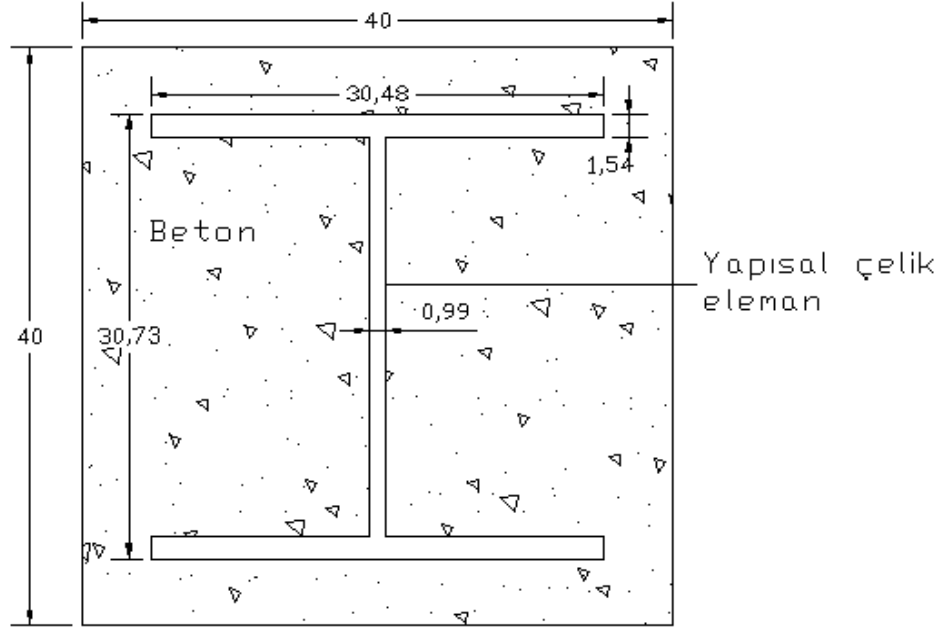
$$\delta_c = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 * 0,175 * 750^4}{384 * 15483 * 210 * 10^4} = 0,022m \text{ bulunur. Bu değer } L/340 \text{ değerini}$$

verdiğinden ve limit değer  $L/250$ 'den az olduğu için iyidir.

### 6.5.3 Kompozit Kolonun Tahkikleri

Kolon kesiti aşağıda verilmiş olan kolonun sırasıyla basınç etkisindeki ve eğilme ile basınç bileşimindeki davranışına bakılacaktır.

Kolon kesiti :



Şekil 6.21 Kolon kesiti

Basınç etkisindeki davranış:

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y A_a}{\gamma_a} + \frac{0,85 f_{ck} A_c}{\gamma_c} = 123,22 \frac{3,55}{1,1} + 1476,78 \frac{0,85 * 0,25}{1,5} = 606 \text{ t bulunur.}$$

Güvenlik katsayıları 1,0 alınırsa  $N_{pl,R} = 123,22 * 3,55 + 1476,78 * 0,85 * 0,25 = 751$  t bulunur.

Yukarıdaki denklemlerde  $A_a$  ve  $A_c$  sırasıyla çelik kesitin ve betonun alanını,  $f_y$  çelik kesitin akma dayanımını,  $f_{ck}$  betonun basınç dayanımını,  $\gamma_a$  ve  $\gamma_c$  ile sırayla çelik kesitin ve betonun güvenlik faktörlerini gösterir.

$$\delta = \frac{A_a f_y / \gamma_a}{N_{pl,Rd}} = \frac{397}{606} = 0,65 \text{ bulunur. Kolonun kompozit davranış göstermesi için}$$

koşul  $0,2 \leq \delta \leq 0,9$  sağlanır.



Basınç ve eğilme etkisindeki davranış:

Etkileşim eğrisi hesaplanmak istenirse, A noktası daha önce bulunmuştu. Şimdi etkileşim eğrisi için B, C ve D noktalarındaki dayanımları hesaplayalım.

D noktası:

Eksenel kuvvet:

$$N_{pm,Rd} / 2 = A_c \frac{f_{cd}}{2} = 1476,78 * 0,85 * 0,25 / 1,5 / 2 = 105 \text{ t bulunur.}$$

Moment değeri:

$$M_{max,Rd} = W_{pa} f_{yd} + \frac{W_{pc} f_{cd}}{2} = 1444 \frac{3,55}{1,1} + 14556 \frac{0,25 / 1,5}{2} = 58,73 \text{ tm bulunur.}$$

C noktası:

Eksenel kuvvet:

$$N_{pm,Rd} = 209 \text{ t bulunur.}$$

Moment değeri:

$$M_{pl,Rd} = M_{max,Rd} - W_{pan} f_{yd} - W_{pcn} \frac{f_{cd}}{2}$$

$$W_{pan} = t_w h_n^2 \quad \text{ve} \quad W_{pcn} = (b_c - t_w) h_n^2$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd}}{2b_c f_{cd} + 2t_w (2f_{yd} - f_{cd})} = 11 \text{ cm} \quad W_{pan} = 119 \text{ cm}^3 \quad \text{ve} \quad W_{pcn} = 4720 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl,Rd} = 5873 - 119 * 3,55 - 4720 * 0,25 / 2 = 4860 \text{ tcm bulunur.}$$

Boyutsuz narinlik  $\lambda = \left( \frac{N_{pl,R}}{N_{cr}} \right)^{0,5}$  formülünden hesaplanır.  $N_{pl,R}$  daha önce 751 t olarak bulunmuştur.

$N_{cr}$  kritik taşıma kapasitesi ise aşağıdaki denklemden bulunur.

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{(EI)_e}{l^2}$$

Burada  $l$  kolonun burkulma uzunluğunu gösterir ve burada  $L=2,80m$  alınmıştır.

Kesitin efektif rijitliği  $(EI)_e = E_a I_a + 0,8 E_{cd} I_c + E_s I_s$  ile hesaplanır.

$$(EI)_e = 2100 * 22185 + 0,85 \frac{300}{1,35} 191148 = 82694233 \text{ t/cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Kritik taşıma kapasitesi ise:  $N_{cr} = \pi^2 \frac{82694233}{750^2} = 1449 \text{ t}$  olarak bulunur.

$$\text{Boyutsuz narinlik } \lambda = \left( \frac{N_{pl,R}}{N_{cr}} \right)^{0,5} = \left( \frac{751}{1449} \right)^{0,5} = 0,720 < 2 \text{ olduğundan yeterlidir.}$$

Betona gömülü kesitler için Eurocode 4'te verilen b eğrisinden narinlik faktörü yaklaşık olarak 0,760 olarak bulunur. Hesapla bulmak istersek ise aşağıdaki yolu izlemeliyiz.

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 [1 + 0,34(0,720 - 0,2) + 0,720^2] = 0,847$$

burada  $\Phi$  dönmeyi,  $\lambda$  narinliği gösterir.  $\alpha$  b eğrisi için 0,34 değerindedir ve dönme faktörünü gösterir.

$$\text{Narinlik faktörü ise } X = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,847 + \sqrt{0,847^2 - 0,720^2}} = 0,775$$

olarak bulunur.

$N_{Rd} = XN_{pl,Rd} = 0,775 * 606 = 470$  t bulunur. Analiz sonucu bulunan maksimum kesme kuvveti 155 t olduğundan yeterlidir.

C ve D noktaları aşağıdaki gibi bulunur.

$$\frac{N_{pm,Rd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{209}{606} = 0,344 \quad (\text{C noktası})$$

$$\frac{M_{\max,Rd}}{M_{pl,Rd}} = \frac{58,73}{48,60} = 1,208 \quad (\text{D noktası})$$

$$X_d = \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{154}{606} = 0,254$$

$$X_n = X \frac{1 + M_2 / M_1}{4} = 0,872 \frac{1 - 0,131 / 0,815}{4} = 0,225$$

çizilen etkileşim diyagramından  $\mu_k=0,400$  ve  $\mu_d=1,150$  bulunur.

$$\mu = \mu_d - \frac{\mu_k(X_d - X_n)}{X - X_n} = 1,150 - \frac{0,400(0,254 * 0,225)}{0,775 - 0,225} = 1,12$$

$M_{Rd} = 0,9 * \mu * M_{pl,Rd} = 0,9 * 1,12 * 48,60 = 48,98$  tm bulunur.

Dizayn eğilme dayanımı,

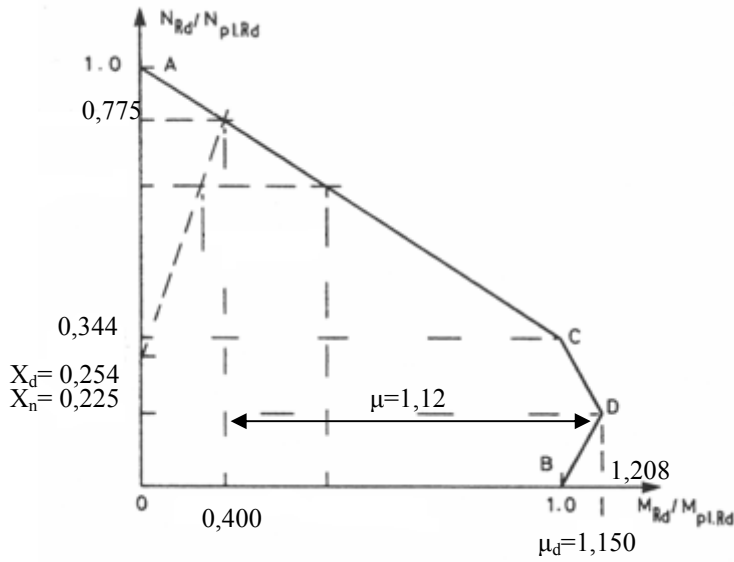
$$\beta = 0,66 + 0,44 \frac{M_2}{M_1} = 0,66 - 0,44 \frac{0,131}{0,815} = 0,58 > 0,44$$

$$k = \frac{\beta}{1 - (N_{sd} / N_{cr})} = \frac{0,58}{1 - (154 / 1449)} = 0,65 \text{ ama } \geq 1,0 \text{ olmalı}$$

bu yüzden  $k=1$  alınır.

$$M_{sd} = kM_1 = 1,0 * 0,815 = 0,815 \text{ tm bulunur.}$$

$M_{Rd} = 48,98 \text{ tm} > M_{sd} = 0,815 \text{ tm}$  olduğundan eğilme ve kesme açısından yeterlidir.



Şekil 6.22 Kolon için etkileşim eğrisi

## **BÖLÜM YEDİ**

### **MEVCUT BETONARME YAPILARIN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Yönetmeliklerde yatay yükler davranış katsayısı olan R katsayısına bölünerek azaltılmaktadır ve bu yüklere göre analiz yapılarak iç kuvvetler bulunmaktadır. Bunun sonucunda da elemanın elastik kalıp kalmadığı saptanmaktadır. Ama yapı elemanlarının kesit kapasitelerini dikkate almamız gerekmektedir. Bundan dolayı bu bölümde öncelikle çerçeve sistemler için yapı elemanlarının kapasiteleri anlatıldıktan sonra yapı kapasitesinin hesaplanmasında kullanılan doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi anlatılacaktır.

#### **7.1 Çerçeve Sistemlerde Kapasite Hesabı**

Yalnızca kolon ve kirişler anlatılacak olup perdelerin kapasiteleri konu dışı bırakılmıştır. Kapasite belirlenirken öncelikle kesitin moment kapasitesi hesaplanır ve bu momentlere göre kirişte oluşabilecek maksimum kesme kuvveti bulunarak gerekli kesme donatısı bulunur. Bundaki amaç, eğilme kırılmasının kesme kırılmasından önce oluşmasının sağlanmasıdır (Mertol A. ve Mertol H.C., 2002).

##### **7.1.1 Kolonların Kapasitesi**

Kolonlar, aksenal kuvveti  $N_d \geq 0,1A_c f_{ck}$  olan elemanlardır. Kolondaki moment kolon aksenal yüküyle ilişkilidir.

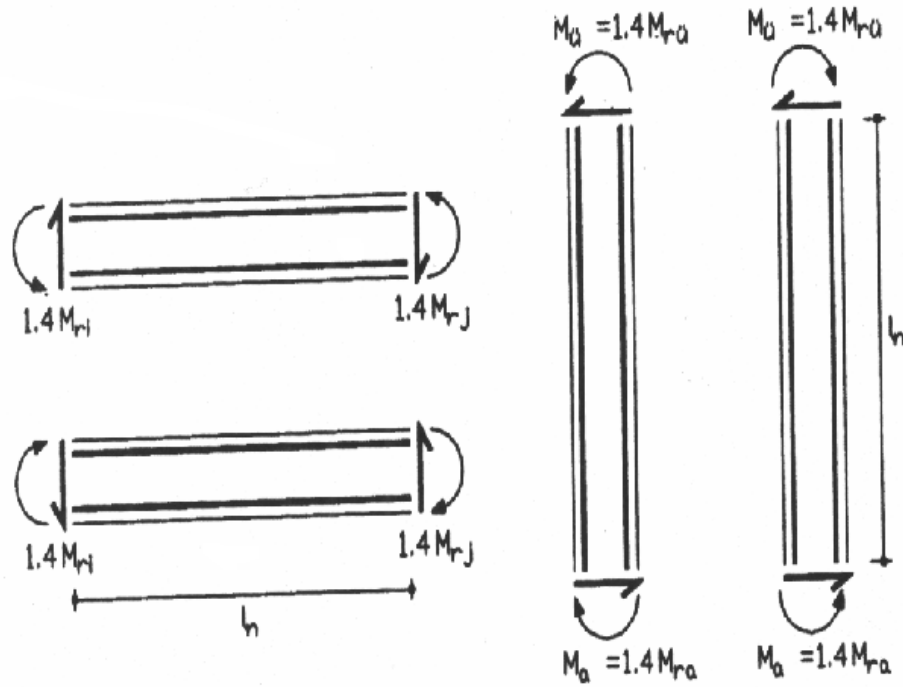
Kolonların kirişlerden daha güçlü olmasına bağlı olarak kesme kuvveti kolon kesitlerinin moment kapasitelerine eriştiği kabulüyle hesaplanır. Bunu aşağıdaki denklemden görmekteyiz.

$$V_e = \frac{M_{\ddot{u}} + M_a}{l_n} = 1,4 \frac{M_{r\ddot{u}} + M_{ra}}{l_n} \quad (7.1)$$

Burada  $M_{r\bar{u}}$  kolonun üst ucundaki taşıma gücü momentini,  $M_{ra}$  kolonun alt ucundaki taşıma gücü momentini,  $l_n$  kolonun temiz açıklığını gösterir.

Kolonların moment kapasitelerinin kirişlerden daha fazla olması koşulu aşağıdaki denklemlerle ifade edilir.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1,2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (7.2)$$

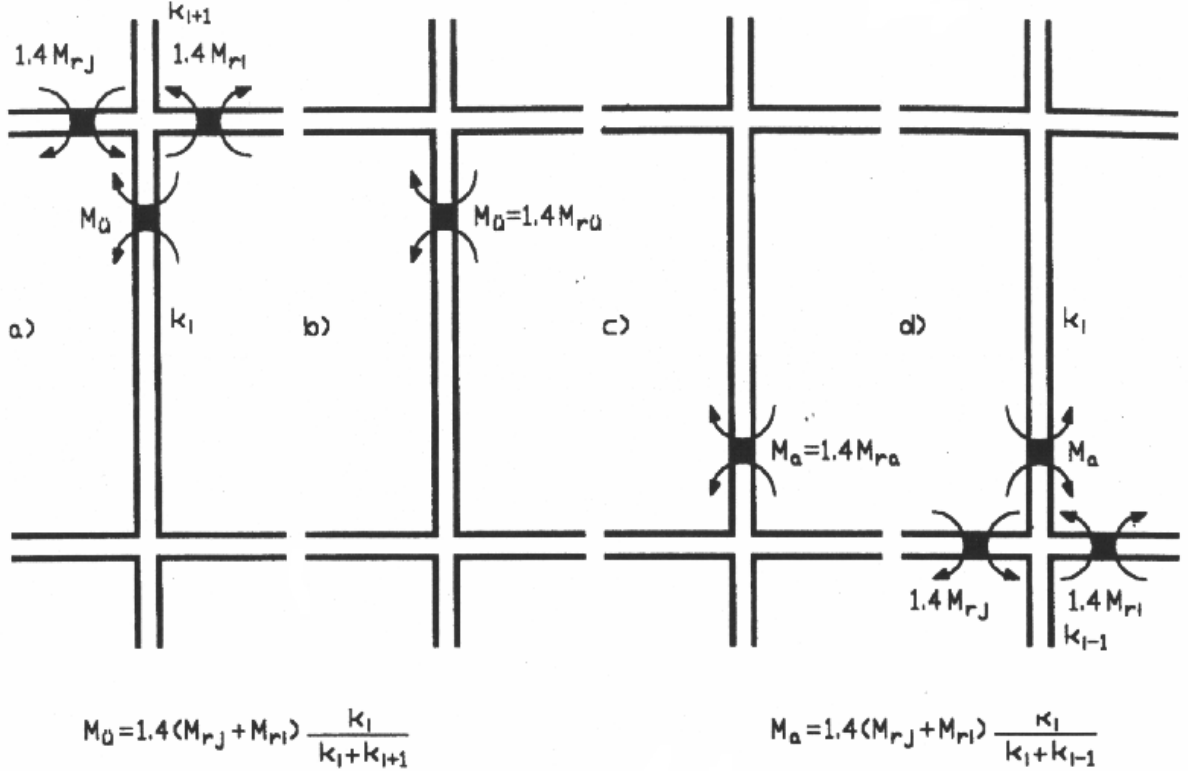


Şekil 7.1 Kolon ve kiriş uç kesitlerindeki eğilme momenti kapasiteleri

(7.2) denkleminin sağlanması durumunda, kiriş uçlarında plastik mafsall oluşmasıyla kolon kesme kuvveti kiriş moment kapasitelerine göre hesaplanır. Kiriş moment kapasitelerinin %40 artırılmış moment değeri  $1,4(M_{ri}+M_{rj})$  alt ve üstteki kolonlara rijitlikleri oranında dağıtılarak bulunan momentlere göre  $(M_a, M_{\bar{u}})$  kesme kuvveti hesabı yapılır. (Şekil 7.2 a ve d)

(7.2) denkleminin sağlanmaması durumunda ise, kolon uçlarında plastik mafsall oluşacaktır. Bu durumda kolon kesme kuvveti, kolon uç kesitlerinin  $M_{\bar{u}}=1,4M_{r\bar{u}}$  ve

$M_a=1,4M_{ra}$  moment kapasiteleri (7.1) denklemi kullanılarak hesap edilir. Ayrıca normal kuvveti etkisi de göz önüne alınır.



Şekil 7.2 Kolon kesme kuvveti hesaplanması durumları

Kesme kuvveti sonucu oluşan eğik basınç gerilmelerinin oluşturabileceği gevrek güç tükenmesinin önlenmesi amacıyla kesme kuvveti aşağıdaki denklemle sınırlandırılmıştır.

$$V_e \leq 0,22 f_{cd} b_w d \quad (7.3)$$

### 7.1.2 Kirişlerin Kapasitesi

Kirişler, aksenal kuvveti  $N < 0,1 A_c f_{ck}$  olan ve dizaynında eğilme momentinin normal kuvvete göre etkin olduğu elemanlardır. Tasarım kesme kuvveti; kirişin iki ucundaki eğilme momenti kapasiteleri  $M_{ri}$  ve  $M_{rj}$  ile düşey yük basit kiriş kesme kuvveti  $V_{dy}$  kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_e = V_{dy} \pm 1,4(M_{ri} + M_{rj}) / L_n \quad (7.4)$$

Kirişlerde kesme kuvveti sonucunda oluşabilecek güç tükenmesinin önlenmesi için aşağıda belirtilen kesme kuvveti üst sınırı verilmiştir.

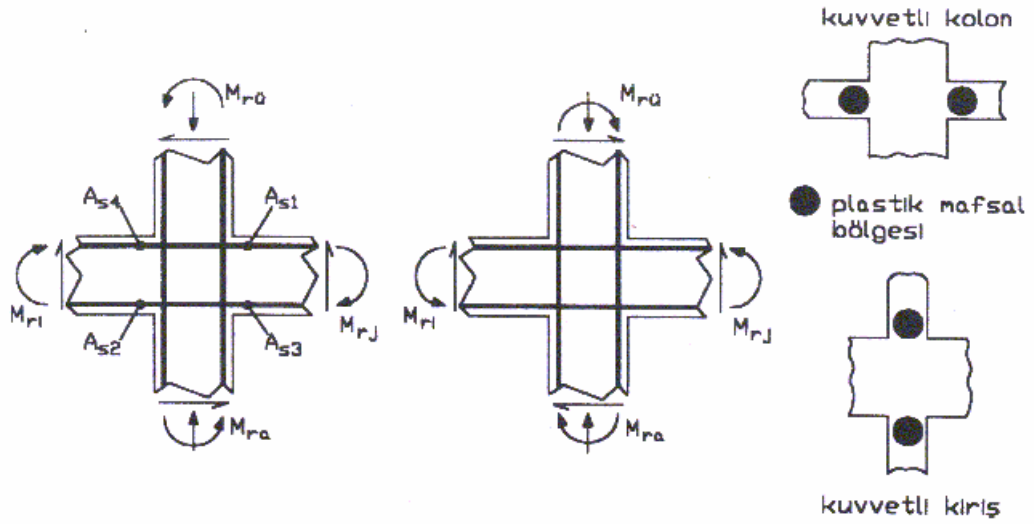
$$V_e \leq 0,22 f_{cd} b_w d \quad (7.5)$$

### **7.1.3 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kapasitesi**

Çerçeve türü yapılarda çeşitli etkiler birleşim bölgeleri vasıtasıyla kirişler ile kolonlar arasında aktarılır. Birleşim bölgesinde kirişler kolonları kuşatarak birleşim bölgesinin dayanımı ve sünekliği açısından önem arz eder. Deprem yönetmeliğimizde de kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranının 3/4'den az olmaması ve kirişlerin dört taraftan birleşmesi kuşatılmış birleşimi oluşturur.

Deprem anında kolon uç kesitlerinin kapasitelerine ulaşmasındansa, kirişlerin mesnetlerinde kapasiteye erişilmesi istenir. Bu sebepten dolayı kolonların kirişlerden daha güçlü olması ve plastik mafsalların kirişlerde oluşması için Şekil 7.3'de görülen kolon-kiriş birleşim bölgesinde, kolon moment kapasitelerinin ( $M_{ra}$   $M_{r\bar{u}}$ ) kirişlerin moment kapasitelerinden daha büyük olması istenir. Bunu yukarıdaki (7.2) denkleminde de görmekteyiz. Düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de  $N \leq 0,10 A_c f_{ck}$  olması durumunda, tek katlı binalar ile çok katlı binaların en üst katındaki düğüm noktalarında ve kirişlerin saplandığı perdenin zayıf doğrultuda kolon gibi çalışması durumunda bu koşul aranmaz.





Şekil 7.3 Kolon-kiriş birleşim bölgesinde oluşan etkiler

Kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlanmadığı durumda, aşağıdaki denklemdeki koşul sağlanmalıdır.

$$\alpha_i = V_{is} / V_{ik} \geq 0,70 \quad (7.6)$$

burada  $V_{is}$ : binanın  $i$  katında kolonların kirişlerden güçlü olma koşulunun hem alttaki hem üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlardaki toplam kesme kuvvetini ve  $V_{ik}$ : binanın  $i$  katında tüm kolonlardaki kesme kuvvetini gösterir.

Bulunan  $\alpha_i$  değeri

i)  $0,70 \leq \alpha_i \leq 1,0$  ise, hem altta hem üstte (7.2) denkleminin sağlandığı kolonların kesme kuvveti  $1/\alpha_i$  katsayısı ile büyütülür.

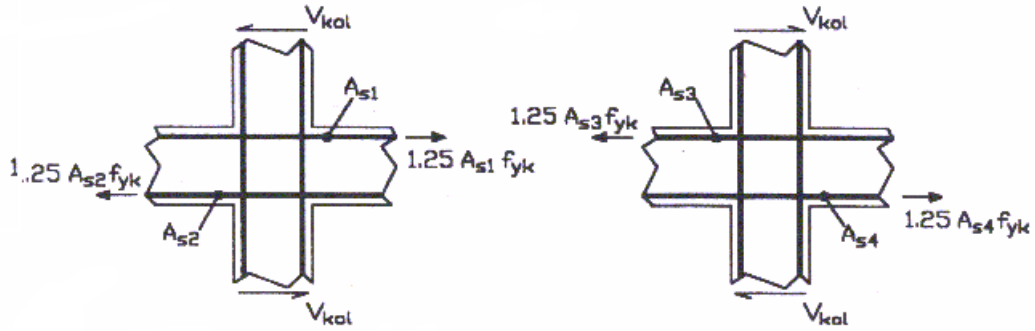
ii)  $\alpha_i < 0,70$  ise tüm çerçeve süneklik düzeyi normal kabul edilir.

Süneklik düzeyi normal birleşimlerin, kuşatılmış birleşimlerinde kolonun sarılma bölgesindeki etriyenin %40'ının birleşim bölgesinde devam ettirilmesi ve aralığının 150 mm olması istenir. Kuşatılmamış durumda ise, bu değerler %60 ve 100 mm dir. Aynı koşullar süneklik düzeyi yüksek durumda da geçerlidir (Celep ve Kumbasar, 2004).

Ayrıca birleşim bölgesinde sünek güç tükenmesi için, depremden oluşan kolon kesme kuvvetinin  $V_{kol}$  ile gösterilmesiyle birleşim kesme kuvveti  $V_e$  aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_e = 1,25 f_{yk} \max(A_{s1} + A_{s2}; A_{s3} + A_{s4}) - V_{kol} \quad (7.7)$$

Bu denklemdeki kavramları Şekil 7.4'de görmekteyiz.



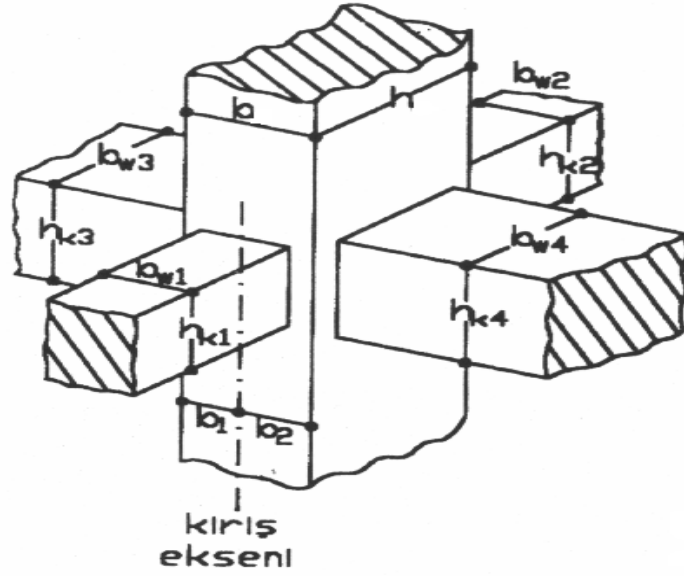
Şekil 7.4 Kolon-kiriş birleşim bölgesinde güç tükenmesinde oluşan etkiler

(7.7) denklemiyle hesaplanan bu kesme kuvveti kuşatılmış birleşimlerde ve kuşatılmamış birleşimlerde aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

$$\text{Kuşatılmış birleşimlerde: } V_e \leq 0,60 f_{cd} b_j h_c \quad (7.8)$$

$$\text{Kuşatılmamış birleşimlerde: } V_e \leq 0,45 f_{cd} b_j h_c \quad (7.9)$$

Burada kullanılan terimler,  $h_c$  kolonun boyutu,  $b_j = 2 \min(b_1, b_2)$ ,  $b_j \leq (b_{w1} + h_c)$  olarak gösterilir ve bunları Şekil 7.5'den de görebiliriz.



$$\min (b_{w1}, b_{w2}) / b > 0.75$$

$$\min (b_{w3}, b_{w4}) / h > 0.75$$

$$b_{w1} < b_{w2} \text{ için } b_j = 2 \min (b_1, b_2)$$

Şekil 7.5 Kuşatılmış birleşim koşulları

Yukarıda çerçeve sistemlerdeki elemanların kapasitelerine değinildikten sonra yapının kapasitesini bulmada kullanılan yöntemler anlatılacaktır.

## 7.2 Yapıların Kapasitelerinin Belirlenmesi

Yapıların kapasitelerini belirlemede doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılır. Doğrusal yöntemler: eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi; doğrusal olmayan yöntemler: artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemidir. Bu çalışmada doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanacağımız için yalnızca bu yöntem anlatılacaktır.

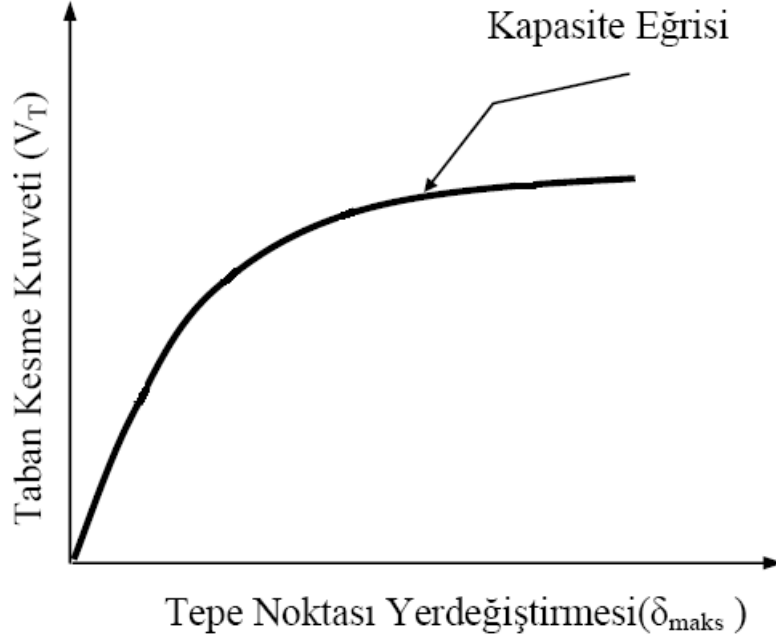
### 7.2.1 Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapı kapasitesi yapının kapasite eğrisi (pushover eğrisi) çizilerek gösterilir. Bu eğri yapının taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktası deplasmanı arasındaki bağıntıdan yararlanılarak çizilir. Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yapıda düşey yükler sabit kalmak koşuluyla yatay yükler her adımda aralarındaki oran sabit kalarak artırılır ve her adımda yatay yük-tepe noktası deplasman ilişkisi belirlenmektedir. Artırılan yatay kuvvetler neticesinde yapıda kesitler biri veya birkaçında taşıma kapasitesine ulaşılır ve kapasitenin sona erdiği limit durum ortaya çıkmış olur (Uçar, 2005). Böylece yapının taşıyabileceği taban kesme kuvvetine göre maksimum tepe noktası deplasmanı bulunur. Yukarıda anlatılan bilgiler ışığında Şekil 7.6'da tipik bir pushover eğrisini görebiliriz.

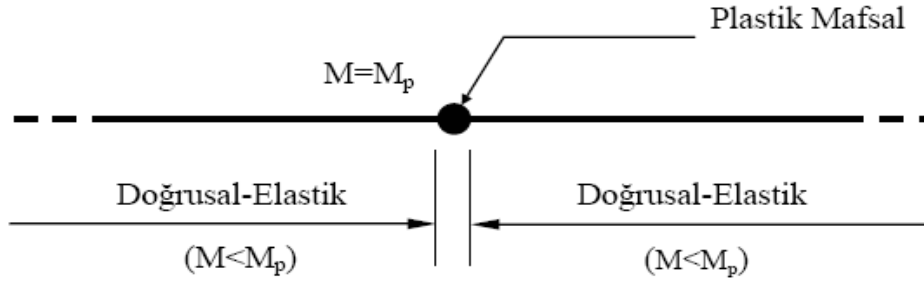
Bu yöntem kullanılarak çizilen pushover eğrisi ikinci mertebe elasto-plastik teoriye göre hesaplanır. İkinci mertebe elasto-plastik teoride doğrusal olmayan Şekil değiştirmeler plastik mafsalları adı verilen kesitlerde toplandığı kabulü yapılır. Plastik mafsallar kesitlerde oluşan eğilme momentinin plastik taşıma kapasitesine kadar artması sonucu kesitte taşıma kapasitesine erişilmesi ile oluşur. Bu durumda kesitte moment artışı olamaz fakat dönme devam eder ta ki dönme kapasitesine ulaşıncaya kadar. Plastik mafsalların dışındaki bölgelerde doğrusal-elastik hareket gerçekleşmektedir.

Plastik mafsalları davranışını da aşağıdaki gibi açıklayabiliriz. Kesitte eğilme momenti etkinde iki bölge vardır. Bunlardan ilkinde eğilme momenti düşük değerlerde olduğundan beton ve çelik doğrusal davranış gösterir. İkinci bölgede ise eğilme momenti değerlerinin artmasıyla birlikte beton ve çelik doğrusal olmayan davranış göstermeye başlar. Doğrusal olmayan davranışla birlikte kesitte doğrusal olmayan Şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu Şekil değiştirmelerin plastik mafsalları adı verilen bölgelerde toplandığı kabul edilir. Plastik mafsallarda eğilme momenti plastik moment kapasitesi olan  $M_p$ 'ye ulaşır. Aşağıdaki Şekilde kesitteki doğrusal-elastik bölge ile doğrusal olmayan bölge (plastik mafsalları) görülmektedir. Plastik

mafsal boyu ( $L_p$ )  $h$  en kesit yüksekliğini göstermek koşuluyla  $L_p=h/2$  olarak gösterilebilir (Özer, 2005).



Şekil 7.6 Tipik bir pushover eğrisi (Uçar, 2005)



Şekil 7.7 Kesitteki doğrusal ve plastik mafsal (doğrusal olmayan) bölgeleri (Uçar, 2005)

Doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi birinci modun etkili olduğu, bodrum kat hariç kat sayısının 8'den fazla olmadığı ve doğrusal elastik davranışla hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta < 1,4$  olduğu yapılara uygulanabilir.

### 7.3 Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi

Ülkemizdeki yapı stoğunun büyük bir çoğunluğunu betonarme yapılar oluşturur. Son zamanlarda meydana gelen depremlerde hasar gören veya servis dışı kalan yapılara sıklıkla rastlamaktayız. Bununla birlikte betonarme yapıların güçlendirilmesi de popüler bir konu olmuştur ve beraberinde birçok araştırmaya da konu olmuştur. Ülkemizde çelik yapıların yaygın olmamasından dolayı betonarme yapılar genellikle betonarme perde kullanımıyla güçlendirilmiştir. Aslında betonarme yapıları yine betonarme elemanlarla güçlendirmek ülkemiz koşullarında daha sağlıklıdır. Ama çelik elemanlarla güçlendirme çalışmaları da iyi bir alternatif olmaktadır. Temel avantajları inşasının kolay olması, düşük maliyeti, yapı ağırlığını çok fazla artırmaması ve yapının enerji yutma kapasitesinin artması sayılabilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, çelik elemanlarla mevcut betonarme elemanların beraber çalışmasıdır. Özellikle düğüm noktalarında bu sorun karşımıza çıkar. Burada da betonarme yapıların güçlendirilmesine alternatif bir çözüm olan çelik elemanlarla güçlendirmeyi anlatacağız.

Güçlendirme a) sadece dayanımı yetersiz olan yapı elemanlarına uygulanan güçlendirme ile elemanların güçlendirilmesi ve b) yapı taşıyıcı sisteminin performansını değiştirerek yapı sistemini güçlendirme olarak ikiye ayrılır.

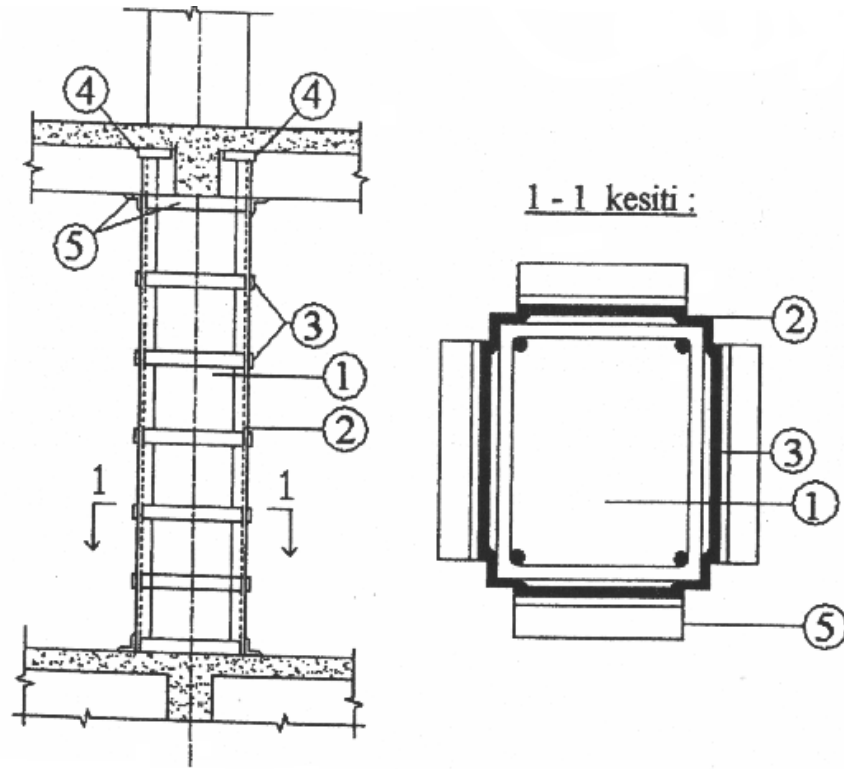
#### 7.3.1 Elemanların Güçlendirilmesi

##### 7.3.1.1 Kolonların Güçlendirilmesi

Betonarme kolonlar güçlendirilirken; eksenel yük, moment ve kesme kuvveti kapasitelerinin artırılması hedeflenir. Ayrıca süneklik de iyileştirilir.

7.3.1.1.1 Çelik Manto ile Güçlendirme. Kolonun dört köşesine dört çelik köşebent yerleştirilir ve alt ve üst taban levhalarıyla sıkıştırılarak bu köşebentlerin yük almaları sağlanır. Köşebent kaynaklanmış enine kuşaklarla bağlanır. Köşebentler ile

mevcut beton arasındaki boşluklar için rötre yapmayan çimento harcı kullanılır. Bu uygulama kolonların çelik manto ile güçlendirilmesi olarak bilinir. Yapımının kolay ve temiz olması uygulamasını elverişli kılar. Bu yöntem kolon eksenel kapasitesini artırmada etkindir, ama eğilme kapasitesini artırmada alt ve üst kolonlarda süreklilik sağlanırsa etkili olur. Bunu da köşe korniyerleri döşemede açılan deliklerden geçirerek ve yük aktarma levhası kullanımıyla sağlarız. Kolonların çelik manto ile güçlendirilmesi detayını Şekil 7.8'dan görmekteyiz. Bu sistemin etkili olması için çelik eleman ile betonarme kolonun birlikte çalışması gerekmektedir. Bunu da çelik elemanın kolona iyice yapışması ve döşemeye ankre edilmesiyle sağlarız.



1.Mevcut kolon 2.Korniyer profil 3.Çelik levha 4.Yük aktarma levhası 5.Korniyer profil

Şekil 7.8 Kolonların çelik manto ile güçlendirilmesi detayı

Aşağıdaki Şekil 7.9'den çelik manto uygulamasına bir örnek görmekteyiz (Coşkun bt).



Şekil 7.9 Kolonun çelik manto kullanılarak güçlendirilmesine örnek (Coşkun bt)

### 7.3.1.2 Kirişlerin Güçlendirilmesi

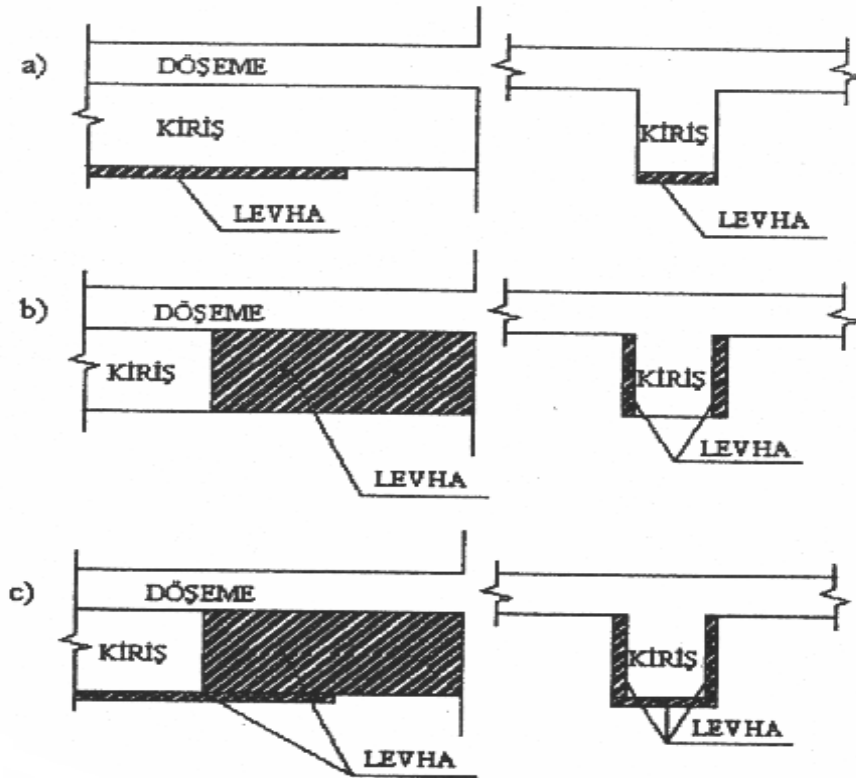
Kirişleri güçlendirmemizin amacı; düşey yüklere, deprem ve rüzgar kuvvetlerine karşı yetersiz olan kirişlere istenilen dayanımın kazandırılmasıdır. Kirişleri güçlendirirken göz önünde tutmamız gereken önemli bir husus, kiriş güçlendirildikten sonra güçlü kiriş-zayıf kolon durumunun yaratılmamasıdır (Sarı, 2002). Bunun nedeni bu durumda kolon uçlarında oluşacak mafsallaşmadan ötürü yapının göçmesi daha kolay olur.

**7.3.1.2.1 Çelik Levha İle Güçlendirme.** Bu yöntem daha çok yeterli açıklık donatısı olmayan kirişlerde eğilme dayanımını ve kesme dayanımını artırmada kullanılır. Çelik levhalar kirişlerin beton yüzlerine epoksi reçineleri ile yapıştırılır veya bulonlanır. Kirişin alt yüzüne yapıştırılan levha açıklık donatısının eksikliğini gidererek eğilme kapasitesini artırırken, yan yüzlerine yapıştırılan levhalar ise kesme



kapasitesini artırır. Hem eğilme hem de kesme kapasitesinin artırılmak istendiğinde durumda, ya U şeklinde levhalar kullanılır yada ayrı yapıştırılan levhalar köşelerde kaynaklanır.

Aşağıdaki Şekilde Şekil 7.10.a'da yalnızca eğilme kapasitesi için, 7.10.b'de kesme kapasitesi için ve 7.10.c'de ise hem eğilme hem de kesme kapasitesi için uygulana levhaları görmekteyiz (Sarı, 2002).



Şekil 7.10 Kirişlerin çelik levha ile güçlendirme detayı (a) pozitif moment taşıma gücünü artırmak için levha yapıştırma (b) kesme kuvveti taşıma gücünü artırmak için levha yapıştırma (c) hem moment hem kesme için levha yapıştırma

Levhalar uygulanırken aşağıdaki gibi bir düzen içinde uygulanmalıdır.

- i) Çelik levha yüzeyi ve beton yüzeyleri pürüzlerden arındırılmalıdır. Betondaki çukurlar epoksi harcı ile doldurulmalıdır.
- ii) Kiriş ve döşemede bulonlar için açılan deliklere bulonlar yerleştirilmelidir.

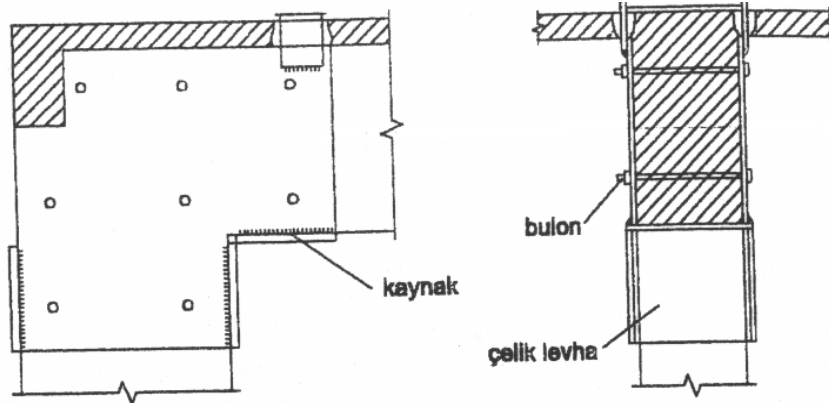
- iii) Kiriş ve döşemede bulonlara karşılık gelen noktalarda levhaya delikler açılmalıdır.
- iv) Enjeksiyon borularının karşılığı olan noktalarda delikler açılmalı, enjeksiyon boruları levhaya yerleştirilmelidir. En sonunda enjeksiyon borularından epoksi harcı sıkılır.

### 7.3.1.3 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Güçlendirilmesi

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri depremde en çok zorlanan yapı bölgeleridir. Farklı doğrultulardaki yapı elemanları arasında bir denge söz konusudur. Deprem anında yeterli kapasiteye sahip olmayan birleşim bölgelerindeki denge bozulur ve birleşen yapı elemanları da performanslarını yeterince gösteremeyerek göçme meydana gelebilir. Kolon-kiriş birleşim bölgeleri bu derece önemli olmasına rağmen güçlendirilmesi de bir o kadar zordur.

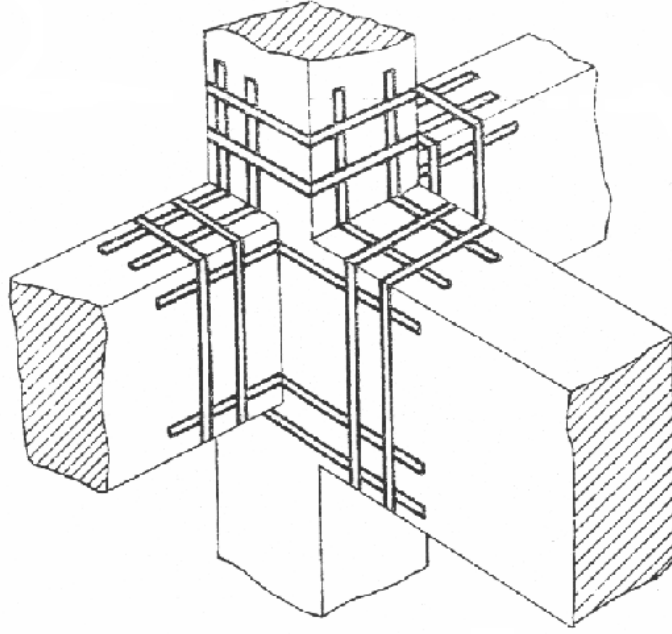
**7.3.1.3.1 Çelik Levha ve Şeritler İle Güçlendirme.** Çelik levha kullanılarak düğüm noktalarının boyutlarında önemli miktarda bir değişiklik yapmadan kolon-kiriş birleşim bölgeleri kolaylıkla güçlendirilir. Kullanılan çelik levha ile kesitin eğilme kapasitesi artarken elemanın sünekliği de artar.

Çelik levhalar epoksi reçine ile yapıştırılır. Düğümde pürüzlülük varsa çimento harcı ile düzeltilir. Kirişe delikler açılarak levhaları bağlayacak civatalar uygulanır. Bu civatalar ön gerilmeli olmalıdır.



Şekil 7.11 Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik levha ve bulonla güçlendirilmesi

Çelik şerit uygulamasında da yüzey temizlendikten sonra çelik şeritler yapıştırılır. Yapışmanın daha sağlam olması için çelik şeritler betona işkence aletleriyle bağlanabilir. Sargı şeritlerinin uçları birbirinin üzerine yeterli uzunlukta gelecek şekilde yerleştirilir. Kiriş sargı şeritlerinin uygulanması için, döşeme kaplamasının kaldırılması ve döşemede gerekli deliklerin açılması gereklidir.



Şekil 7.12 Kolon-kiriş birleşim bölgesinin çelik şeritlerle güçlendirilmesi

### 7.3.2 Yapı Sistemini Güçlendirme

Mevcut taşıyıcı sistemin deprem kuvvetlerine karşı dayanımını artırmak için, sisteme yeni elemanlar ekleyerek güçlendirme yapabiliriz. Bu eklenen yeni elemanlarla yapının yanal yük dayanımı artırılır.

Eklenen yeni elemanlarla yapının deprem anındaki tepkisi de değişir. Rijitlik arttığı için deprem kuvvetlerinin dağılımı da değişir. Bu yeni dağılımda bazı önemli hususları göz önünde tutmak gerekmektedir. Güçlendirme elemanları yapı içinde uniform dağıtılmalı, burulma etkisi ve yapı düzensizliklerini en aza indirecek şekilde

yerleşim sağlanmalı, eski sistemle eklenen yeni elemanlar bir bütün olarak çalışmalı, birleşim bölgeleri yeterli dayanımda olmalı, hem elemanların hem de sistemin dayanımı ve rijitliği sağlanmalıdır.

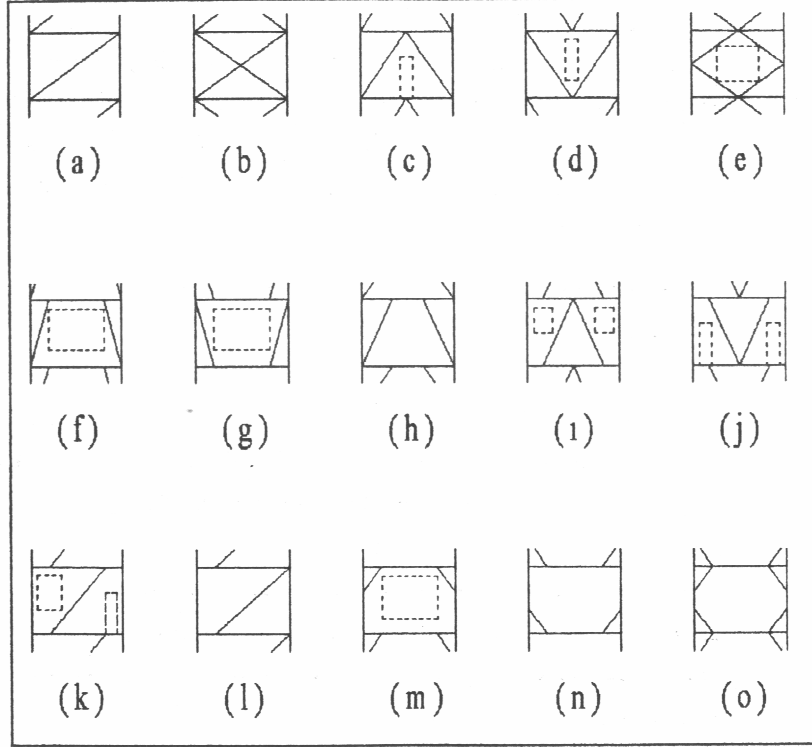
Yapı sisteminin güçlendirilmesinde çelik elemanların kullanımıyla yapının mimari fonksiyonunda pek bir değişme olmaz. Ayrıca kısa bir zamanda güçlendirme tamamlanabilir. Mevcut kapı ve pencere boşlukları ile açıklıklar kapanmadan yapı güçlendirilebilir. Ama çelik elemanların kullanımında kolon-kiriş birleşim bölgelerinin detaylandırılması ve buralardaki kuvvet aktarımının gösterilmesi şarttır. Tabi ki burada işçilik de ön plana çıkar. İyi bir güçlendirme projesi yapıldıktan sonra bunun uygulamasının da iyi olması gerekir.

#### *7.3.2.1 Çelik Elemanlarla Güçlendirme*

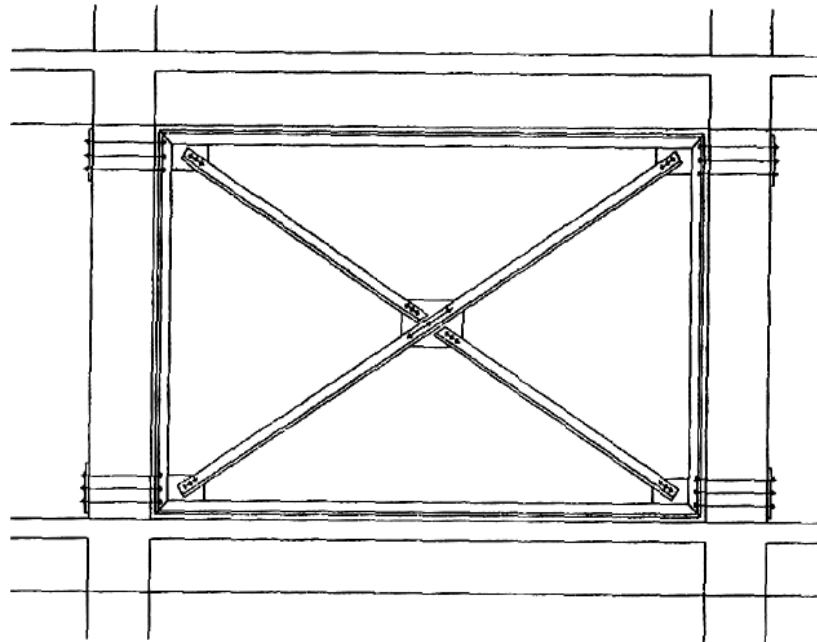
Çelik elemanlar hem yapının yanal dayanımını artırır hem de yapının enerji yutma kapasitesini artırır. Kullanılan bu çelik diyagonaller değişik formlarda kullanılabilir. Çelik diyagonal uygulaması hem hızlıdır hem de kapı ve pencere boşlukları kapatılmadan yapının mimari fonksiyonu bozulmaz. Ayrıca güçlendirme aşamasının kısa bir zamanda bitirilmesi gereken yapılarda ve hemen kullanıma açılması istenen okul, hastane gibi yapılarda da tercih sebebidir. Güçlendirmenin hafif malzeme ile yapılması nedeniyle ağır kaldırma makinelerine ihtiyaç duyulmaz ve perde yapımına nazaran daha az toz ve titreşim meydana gelir ( Piroğlu ve Uzgider, 2005).Yapılan deneysel çalışmalarla bu sistemle yapının rijitliğinin 4-5 kat kadar artırılacağı gösterilmiştir. Şekil 7.13’de değişik şekillerde çelik diyagonal kullanımı gösterilmiştir.

Betonarme çerçeveye çelik diyagonallerin bağlantısında diğer bir uygulama da betonarme kolon ve kirişlerin çevresinde çelik çerçeve oluşturulmasıdır. Bu sistemin çalışma prensibi çerçeveye diyagonaller ile çelik konstrüksiyon yerleştirilerek, diyagonallerdeki aksenal kuvvetler, çelik çerçeve vasıtasıyla kolon ve kirişlere yayılır. Böylece çelik elemanlar ile betonarme elemanlar arasında güvenli bir şekilde yük aktarımı sağlanabilir. Ama bu detayda göz ardı edilmemesi gereken bir husus da

çelik çerçevenin betonarme kolon ve kirişle arasında boşluk kalmamasıdır (Kuru, 2003). Epoksi türü malzemeler ile arada boşluk kalmadan uygulama gerçekleşir. Buna ilişkin bir uygulamayı da Şekil 7.14'den görmekteyiz.



Şekil 7.13 Çelik diyagonal elemanların betonarme çerçeveye teşkili



Şekil 7.14 Çelik çerçeve oluşturarak yapılan güçlendirme

Çelik diyagonalin betonarme çerçeveye direk olarak bağlanmasının çelik çerçeveye bağlanmasına göre avantajı birleşimin yapımının kolay olması ve maliyetinin düşük olmasıdır. Bununla birlikte, birleşim betonarme çerçeve ile diyagonal arasında oluşabilecek boşluklardan da etkilenmez.

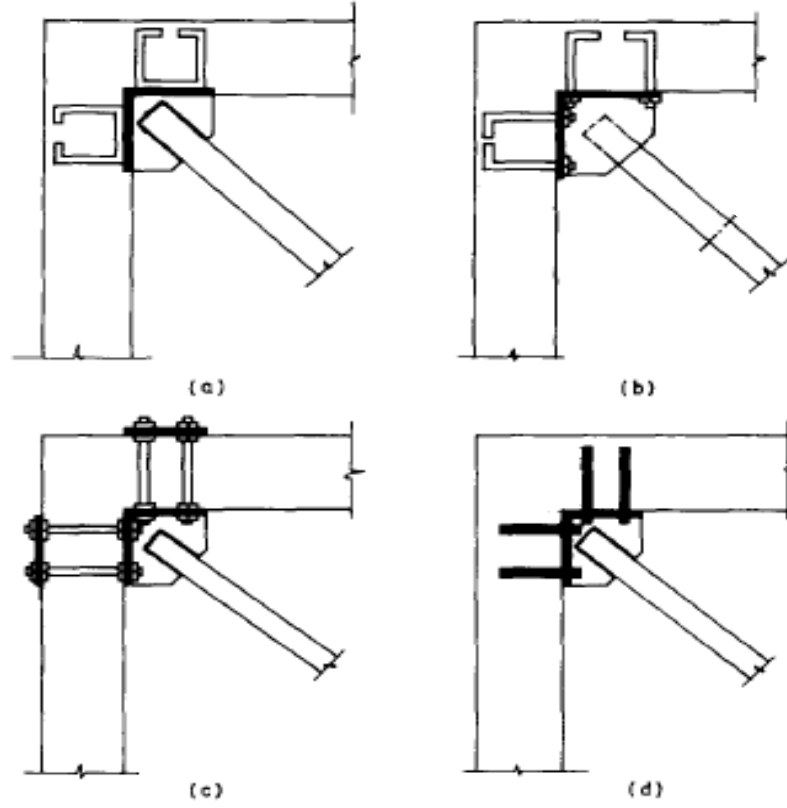
Çelik elemanların değişik Şekilde yerleşiminin yanında birleşim detayları da çok önemlidir. İyi bir Şekilde seçilen elemanlar ancak güvenli ve doğru birleşim detaylarıyla kuvvet aktarımı sağlar ve istenilen dayanıma ulaşılır.

### 7.3.2.2 Birleşim Detayları

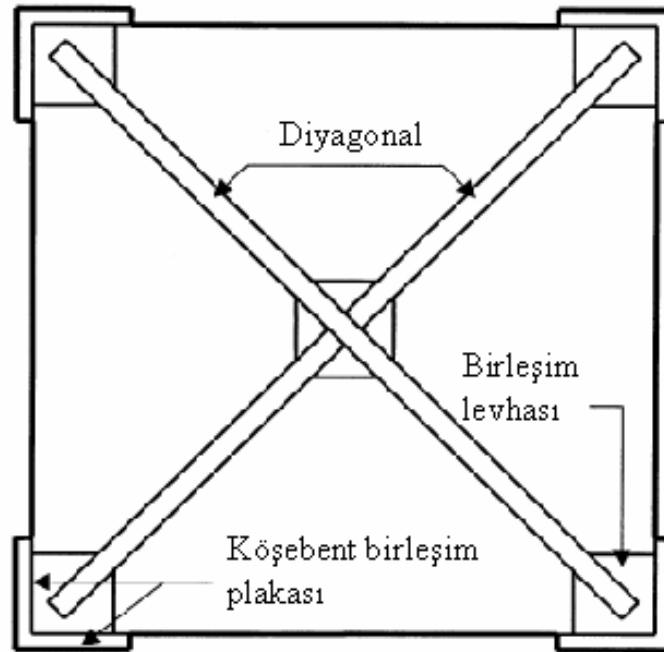
Betonarme yapıların çelik diyagonallerle güçlendirilmesinde genellikle X ve Y tipi diyagonaller kullanılır. Burada da bu tip diyagonallerin betonarme çerçeveye çeşitli bağlantı tipleri gösterilecektir. Mevcut betonarme yapıların çelik diyagonallerle güçlendirilebileceğini anlatmıştık ama Maheri ve Sahebi yaptıkları çalışmada betonarme yapıların inşası sırasında perde yerine çelik diyagonallerin de kullanılabileceği göstermiştir. Şekil 7.15’de (a) ve (b)’deki birleşim detayları betonarme yapının inşaat aşamasında yapılan, (c) ve (d) tipleri ise mevcut yapının güçlendirilmesinde kullanılan birleşim detaylarını gösterir. Bu detaylar konsantrik X diyagonaller için birleşim detaylarıdır.

Maheri ve Hadjipour yaptıkları çalışmada Şekil 7.16’deki gibi X diyagonal birleşim sistemi kullanmışlar ve kullanılan elemanlar ile aralarındaki bağlantıyı şöyle açıklamışlardır. Birleşimde bulunan elemanlar: (1) çelik diyagonal, (2) diyagonal ile birleşim levhası arasındaki bağlantı, (3) birleşim levhası, (4) birleşim levhası ile köşebent birleşim plakası arasındaki bağlantı, (5) köşebent birleşim plakası (6) ankraj bulonları ve (7) betonarme elemanlar ile ankraj bulonları arasındaki bağlantıdır. Birleşim çelik çerçevedeki, çelik kolon ve kirişlerin diyagonallerinde kullanılan birleşim tiplerine benzerdir. Betonarme çerçevedeki fark, köşebent birleşim plakasının betonarme elemana bağlantısında birleşim levhası ve ankraj bulonu

kullanılmasıdır. (1)-(4) adımları çelik yapı kurallarına göre yapılır. (5)-(7) adımları ise çelik kolonların betonarme temellere bağlantısına benzerdir.

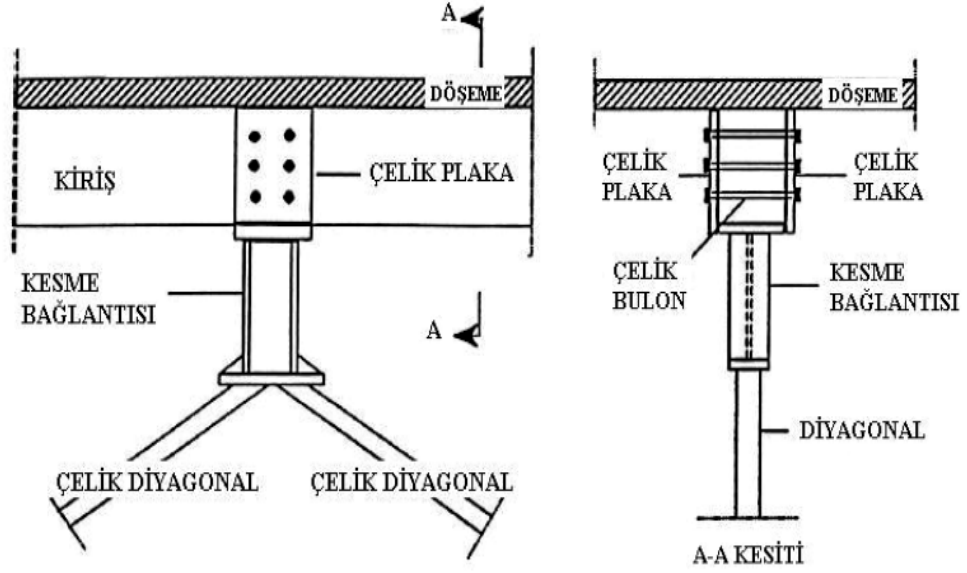


Şekil 7.15 Çelik diyagonal ile betonarme çerçeve arasındaki birleşim detayları



Şekil 7.16 Diyagonalin betonarme çerçeveye doğrudan birleşimi

Y tipi eksantrik diyagonal ile güçlendirme yapıldığında ise birleşim detayı aşağıdaki gibi olur (Ghorabah ve Elfath, 2001).



Şekil 7.17 Y diyagonalin kiriş ile birleşimi

Bu detayda diyagonallerdeki aksenal kuvvet kesme bağlantısında kesme kuvveti, kirişte aksenal kuvvet oluşturur. Kesme bağlantısının boyu; yapının şekli, kullanım amacı, yüksekliği gibi değişkenlere bağlı olarak değişir.



## **BÖLÜM SEKİZ**

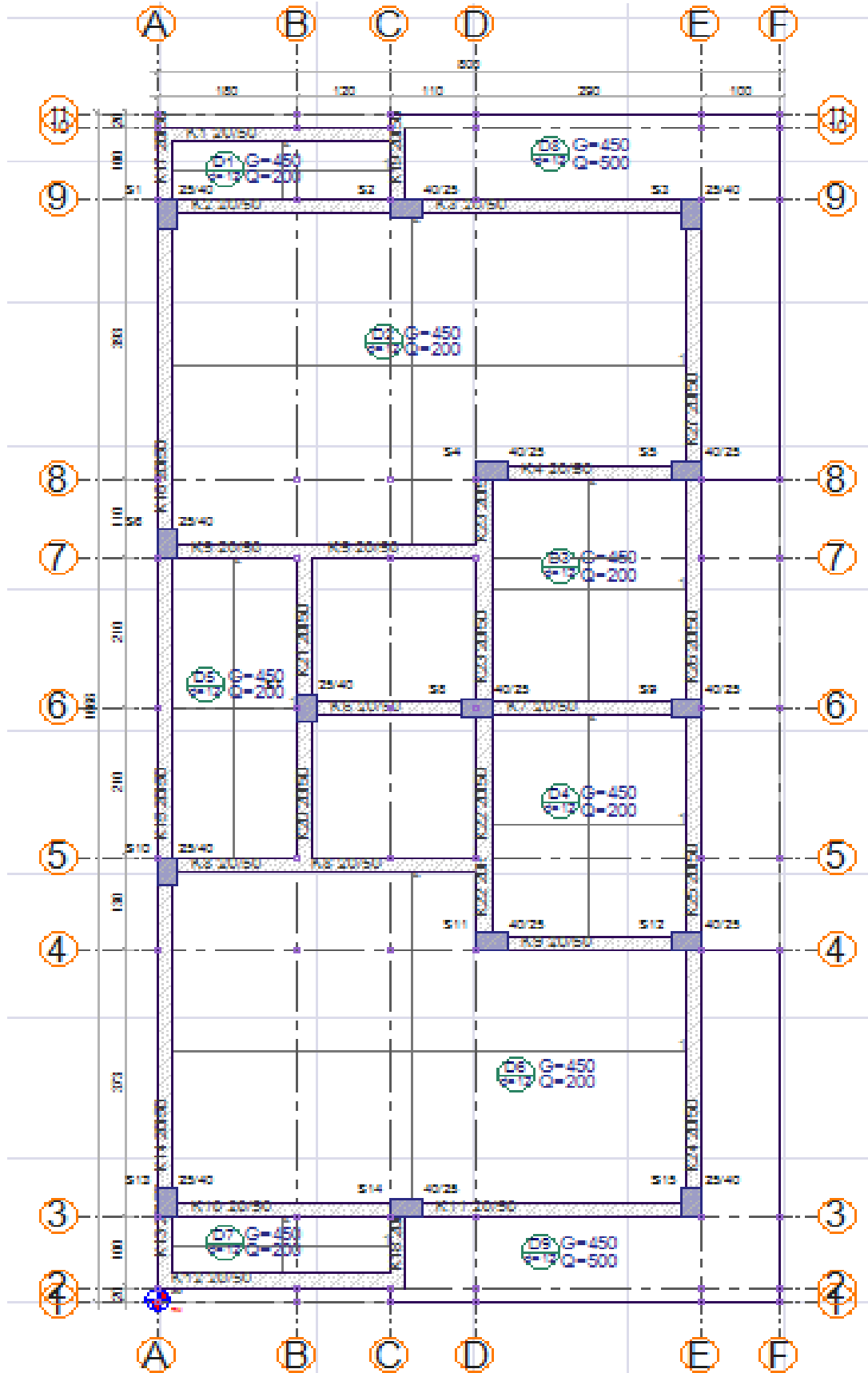
### **GÜÇLENDİRME ÖRNEĞİ**

#### **8.1 Yapının Özellikleri**

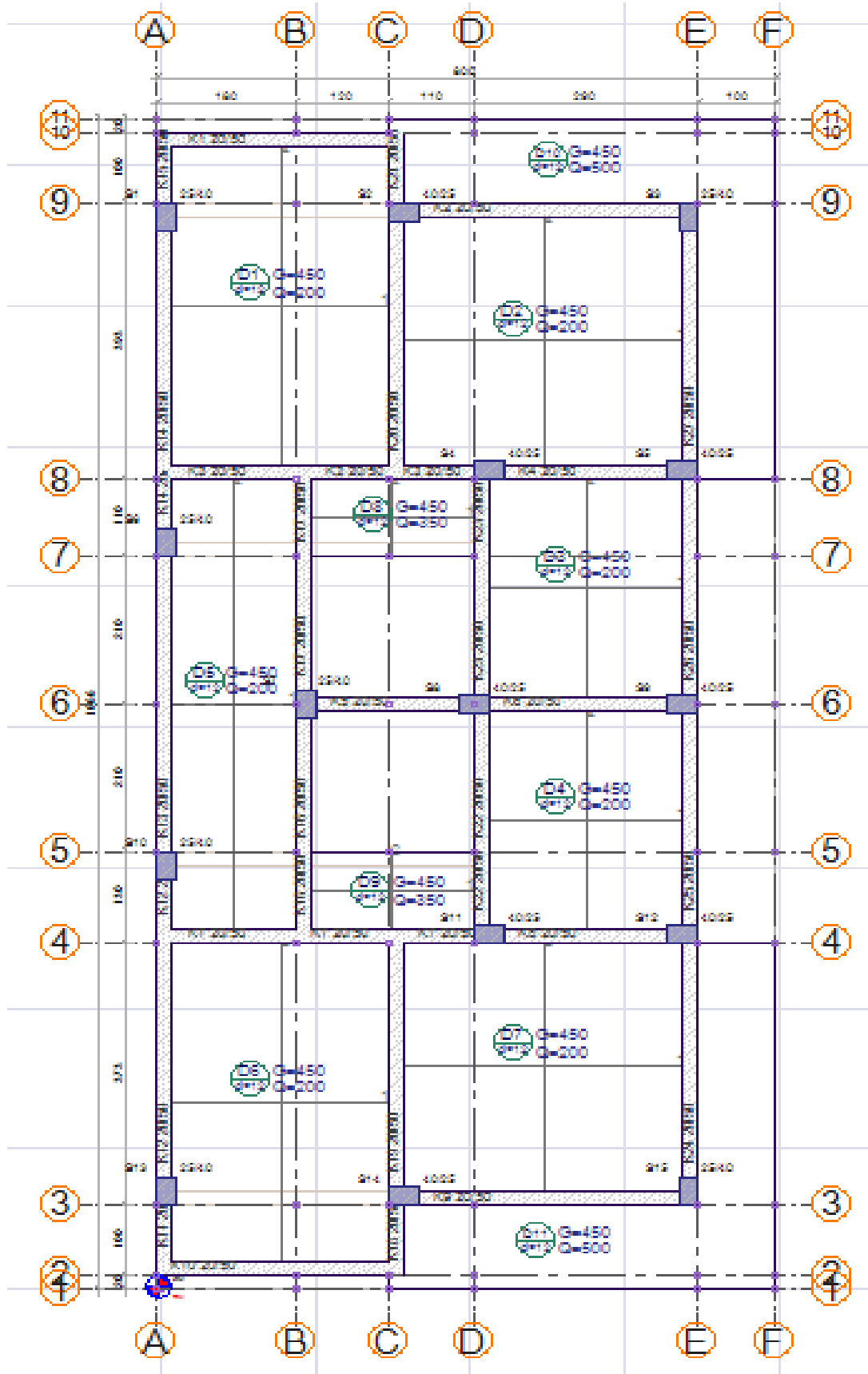
Aşağıdaki kat planlarına sahip yapının mevcut deprem yönetmeliği çerçevesince analizi yapılacak ve gerekli görülürse çelik çapraz elemanlar kullanılarak güçlendirilecektir. Yapımız iki kattan oluşmakta olup kat yükseklikleri 2,8m'dir. Yapının x yönündeki açıklığı 8 m ve y yönündeki açıklığı 16,65 m'dir. Kat planları aşağıdaki Şekillerden görülmektedir.

Yapının kolon kesitleri 25\*40 cm, kiriş kesitleri 20\*50 cm, döşeme kalınlığı 12 cm'dir. Kirişlerde boyuna donatı alt ve üstte 3Φ12 ile 1Φ12 pilye, enine donatı ise Φ8/12/10 olduğu tespit edilmiştir. Kolonlarda ise 6Φ16 boyuna, Φ8/2/8/10 enine donatı olduğu saptanmıştır. Yapıda tüm elemanlar için kullanılan beton sınıfı C20 ve donatı sınıfı S420'dir. Yerel zemin sınıfı Z2 olup spektrum karakteristik periyotları  $T_A = 0,15$  ve  $T_B = 0,40$  alınmıştır. Binamız konut türü yapı olduğu için yapı önem katsayısı  $I = 1,0$  ve hareketli yük katılım katsayısı  $n = 0,3$  alınmıştır. Bina taşıyıcı sistemi yerinde dökme betonarme ve süneklik düzeyi yüksek sistem olarak alınmıştır, bundan dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R = 8$  seçilmiştir.

Yapının geçmişte yaşanan depremlerde bir hasar almadığı bilinmektedir.



Şekil 8.1 Zemin Kat Tavani Kalıp Planı



Şekil 8.2.1. Kat Tavanı Kalıp Planı

## 8.2 Yapının Analizi

Yapının analizi İde Statik 5.511 versiyonu ile çözülmüş olup analiz sonuçları aşağıda yer almaktadır. Yapıda görelî kat ötelenmeleri aşağıdaki denklemlerle kontrol edilmelidir.

$$\frac{(\Delta_i)_{\max} R}{h_i} \leq 0,02 \quad (8.1)$$

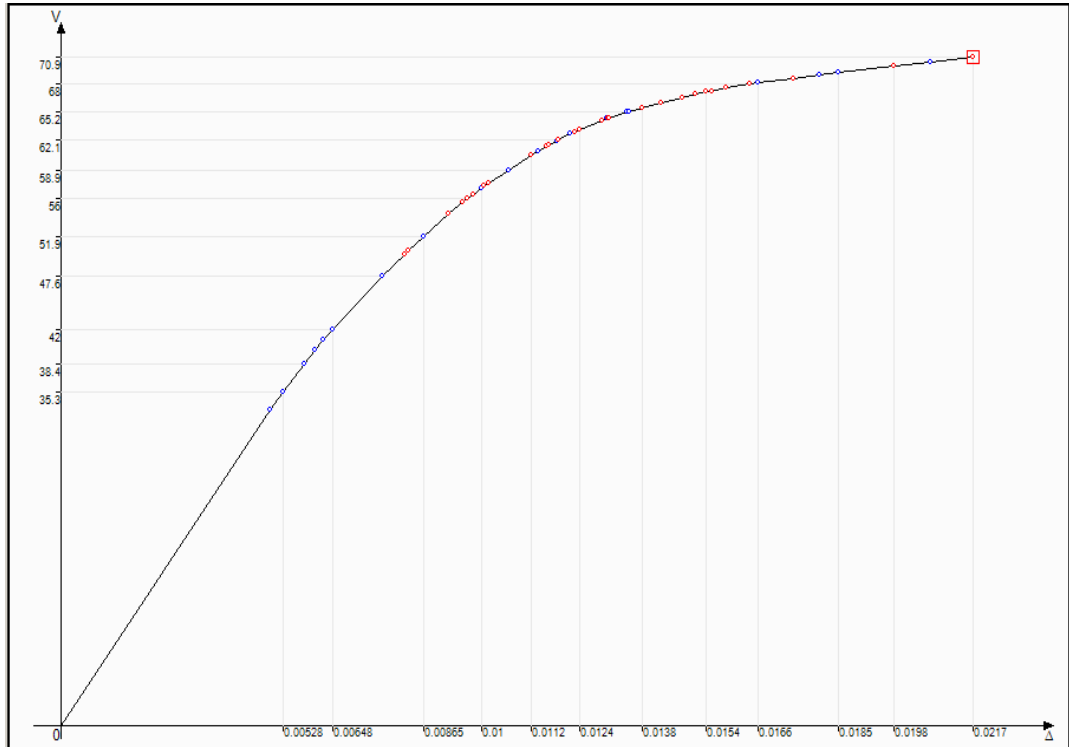
Yapılan analiz neticesinde bulunan maksimum katlar arası ötelenme miktarları aşağıda verilmiştir. Bulunan değerler sınır değerden daha küçük olduğu için problem yoktur.

Tablo 8.1 Maksimum görelî kat ötelenmeleri kontrolü

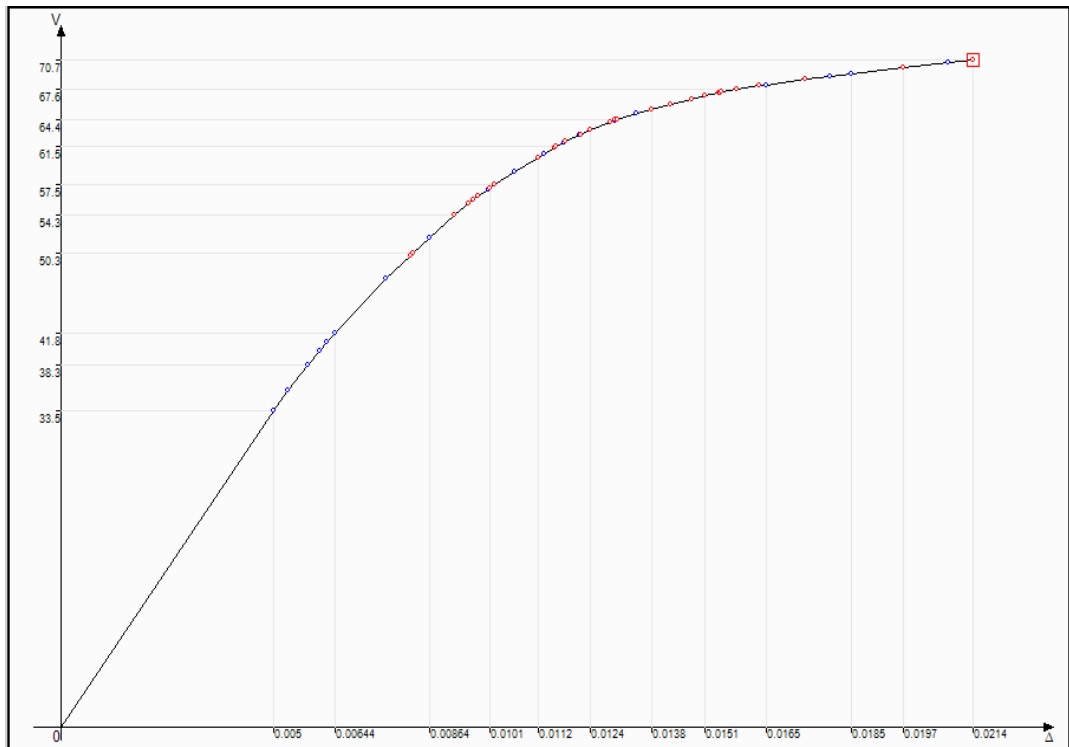
Yükleme	Kat	$\frac{(\Delta_i)_{\max} R}{h_i}$
X+%5 yüklemesi	1. kat	$3,78 \cdot 10^{-3}$
	Zemin kat	$4,55 \cdot 10^{-3}$
-X+%5 yüklemesi	1. kat	$3,79 \cdot 10^{-3}$
	Zemin kat	$4,59 \cdot 10^{-3}$
Y+%5 yüklemesi	1. kat	$4,05 \cdot 10^{-3}$
	Zemin kat	$4,85 \cdot 10^{-3}$
-Y+%5 yüklemesi	1. kat	$3,65 \cdot 10^{-3}$
	Zemin kat	$4,37 \cdot 10^{-3}$

Yapının deprem performansının bulunmasında doğrusal olmayan artımsal statik itme analizi kullanılmıştır. Bunun neticesinde bulunan kapasite eğrileri her iki yön için aşağıda verilmiştir.

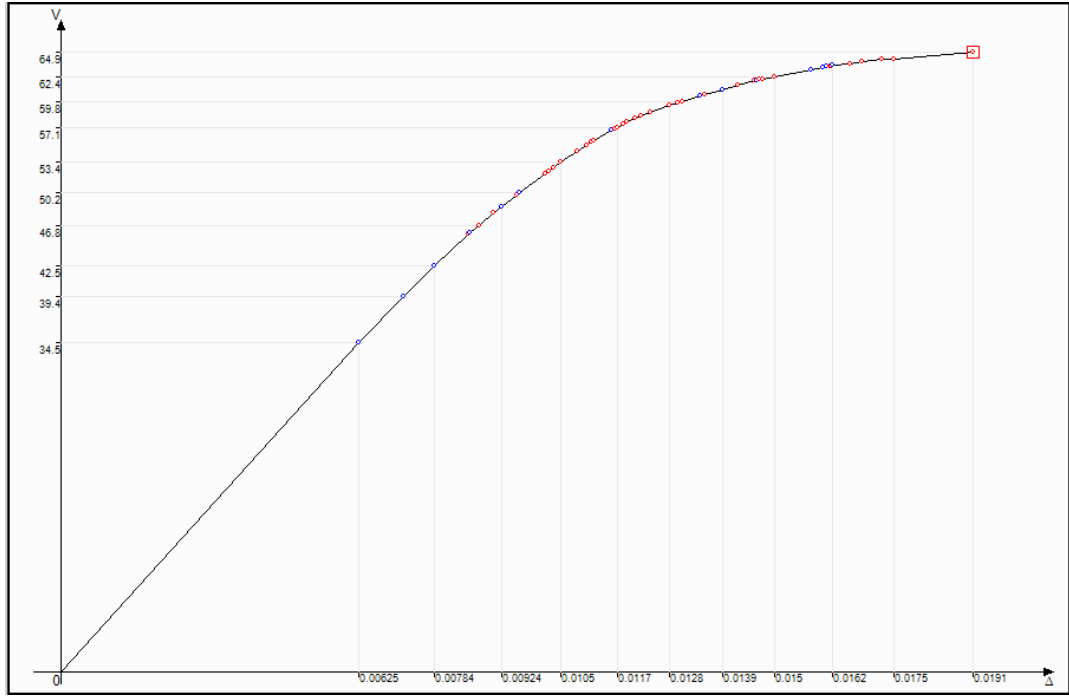
Dört yükleme için istenen deplasman değerleri aşağıda verilmiş olup, yeterli seviyede olmadığı için yapıyı sistem bazında güçlendirmeye karar verdik. Bunu da çelik diyagonal kullanımıyla sağlayacağız.



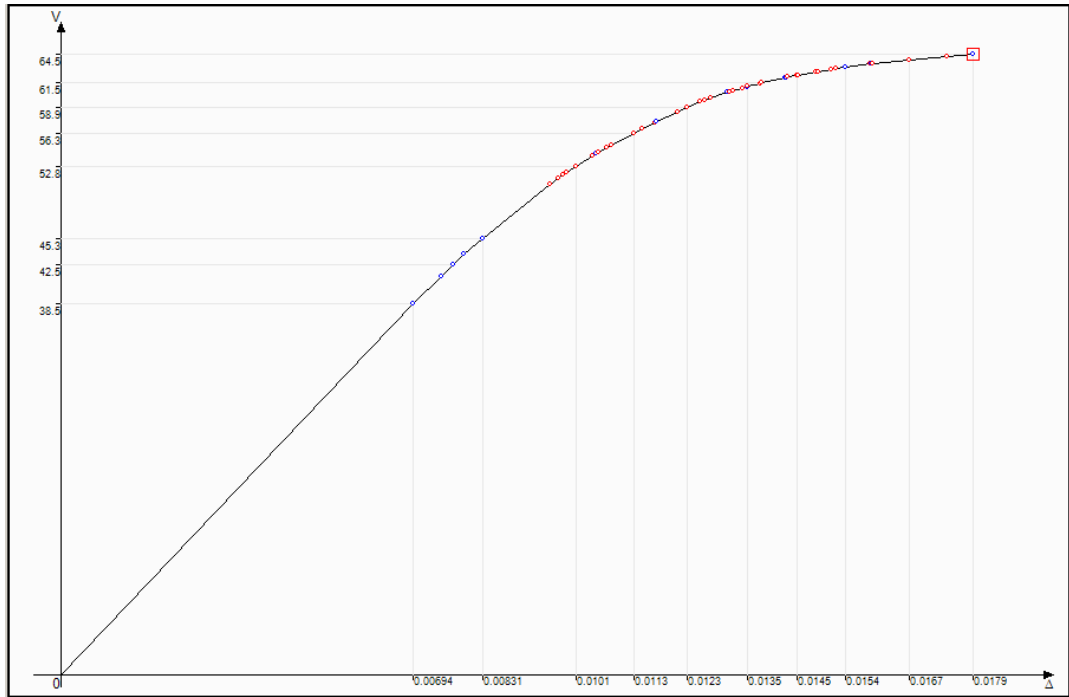
Şekil 8.3 X+%5 yönü pushover eğrisi



Şekil 8.4 -X+%5 yönü pushover eğrisi



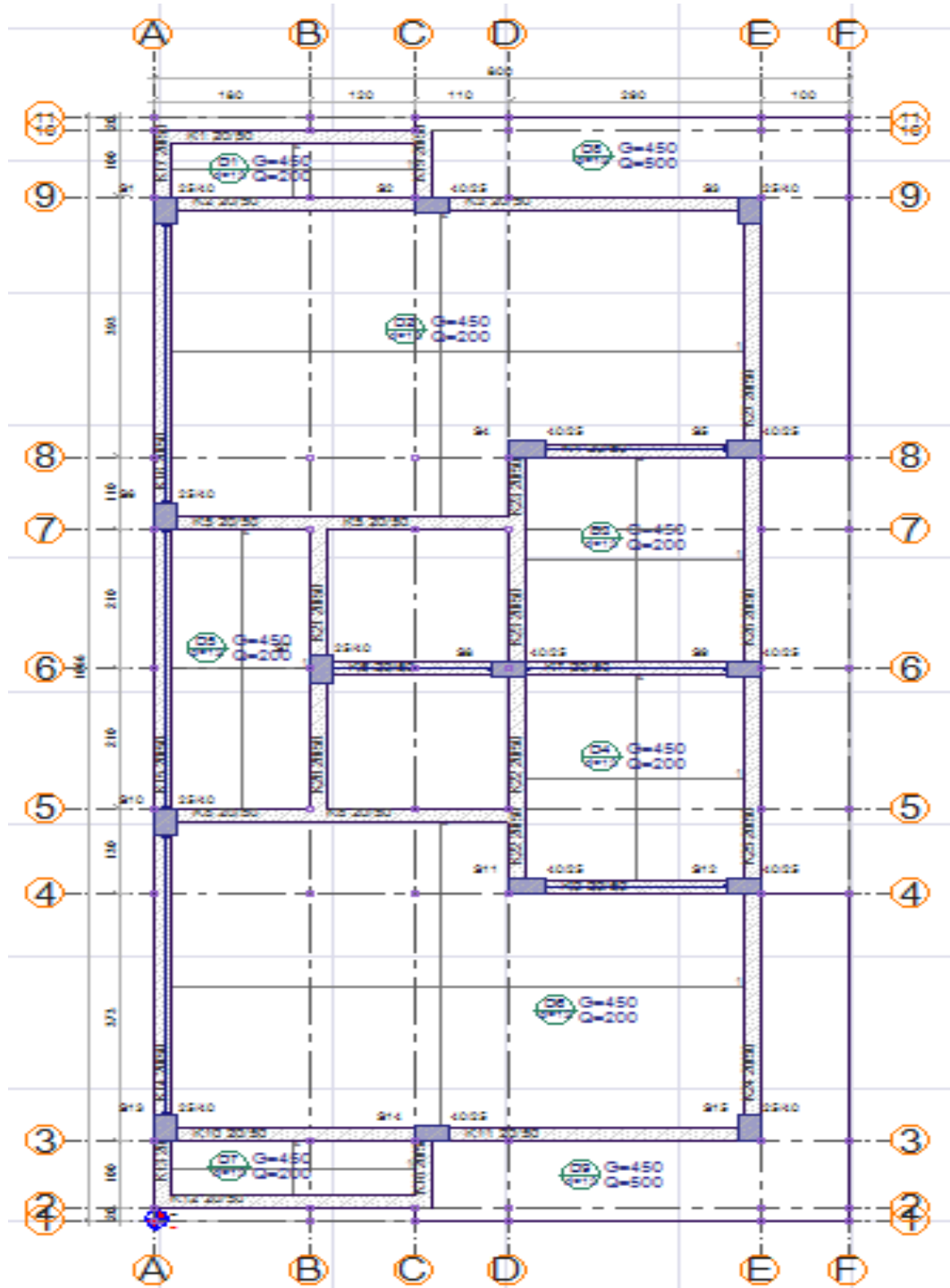
Şekil 8.5 Y+%5 yönü pushover eğrisi



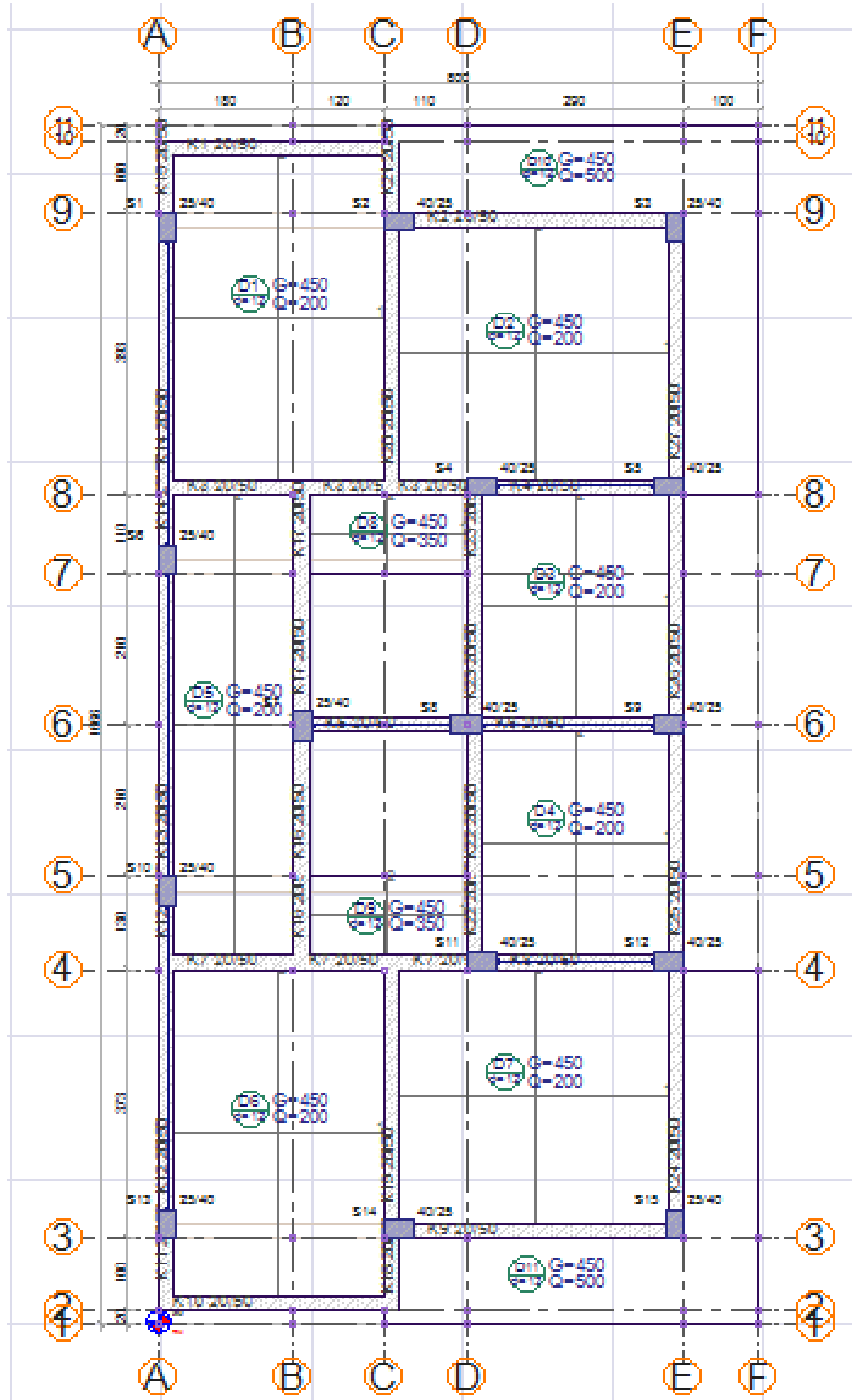
Şekil 8.6 -Y+%5 yönü pushover eğrisi

### 8.3 Yapının Güçlendirilmesi

Yapıya aşağıdaki kat planlarında gösterildiği gibi A-A, 4-4, 6-6 ve 8-8 akslarına çelik diyagonaller eklenerek güçlendirme yapılmıştır. Diyagonaller eklenirken mimari yapının bozulmamasına özen gösterilmiştir.



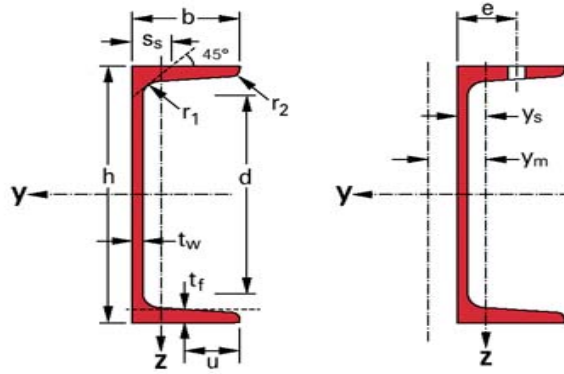
Şekil 8.7 Zemin kata eklenen çelik diyagonaller



Şekil 8.8 Birinci kata eklenen çelik diyagonaller



Eklenen diyagonaller için x yönünde UPN 260 kullanılmıştır. Seçilen U profilin özellikleri aşağıdaki verilmiştir.



Şekil 8.9 Diyagonal U profil (UPN 260)

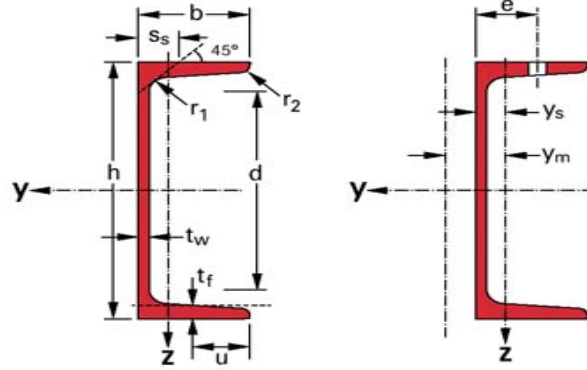
Tablo 8.2 U profil özellikleri (UPN 260)

G	ÖLÇÜLER						KESİT	TASARIM				YÜZEY	
	h	b	tw	tf	r1	r2	ALANI	d	Ø	emin	emax	AL	AG
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	mm		mm	mm	m <sup>2</sup> /m	m <sup>2</sup> /t
37,9	290	90	10	14	14	7	48,3	200	M22	50	52	0,834	22

Tablo 8.3 U profil özellikleri devam (UPN 260)

STATİK DEĞERLER													
KUVVETLİ EKSEN y-y					ZAYIF EKSEN z-z								
ly	Wel.y	Wpl.y	iy	Avz	lz	Wel.z	Wpl.z	iz	ss	lt	lw×10 <sup>-3</sup>	ys	ym
cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>6</sup>	cm	cm
4820	371	442	9,99	27,12	317	47,7	91,6	2,56	33,9	25,5	33,3	2,36	4,66

Eklenen diyagonaller için y yönünde UPN 400 kullanılmıştır. Seçilen U profilin özellikleri aşağıdaki verilmiştir.



Şekil 8.10 Diyagonal U profil (UPN 400)

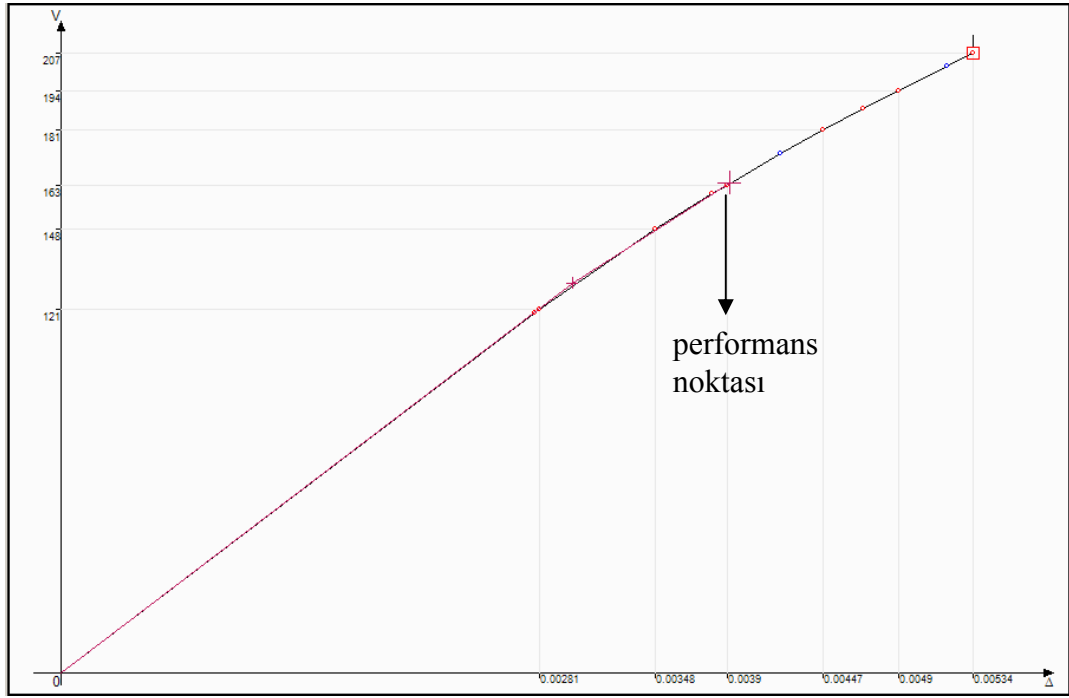
Tablo 8.2 U profil özellikleri (UPN 400)

G	ÖLÇÜLER						KESİT	TASARIM				YÜZEY ALANI	
	h	b	tw	tf	r1	r2	ALANI	d	Ø	emin	emax	AL	AG
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	mm		mm	mm	m <sup>2</sup> /m	m <sup>2</sup> /t
71,8	400	110	14	18	18	9	91,5	324	M27	61	62	1,182	16,46

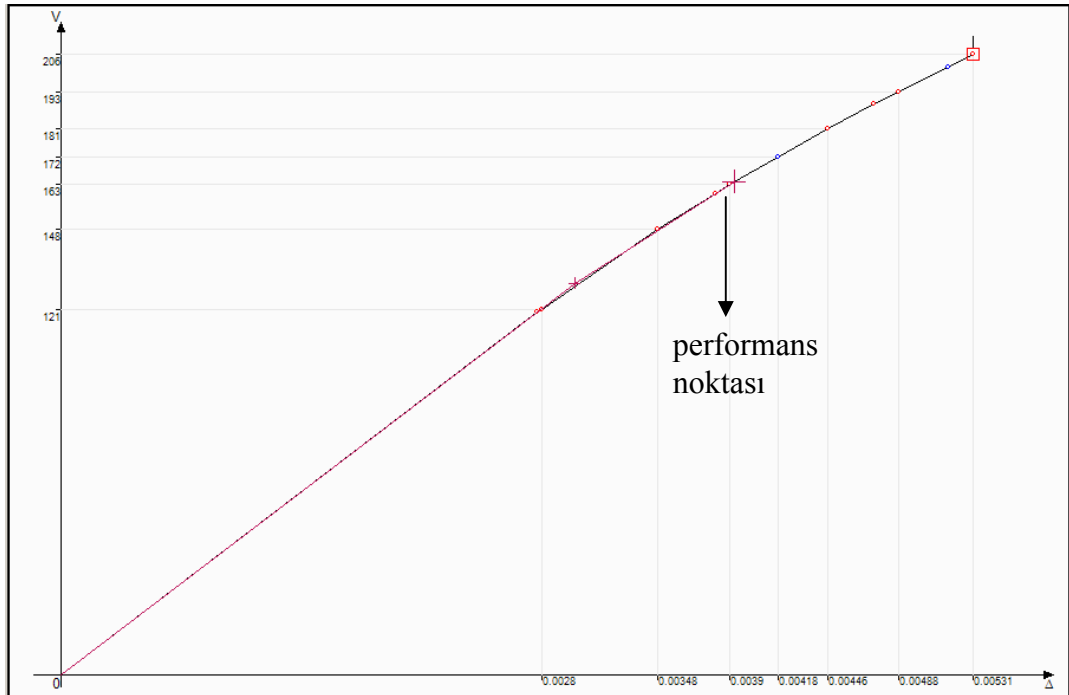
Tablo 8.3 U profil özellikleri devam (UPN 400)

STATİK DEĞERLER													
KUVVETLİ EKSEN y-y					ZAYIF EKSEN z-z								
ly	Wel.y	Wpl.y	iy	Avz	lz	Wel.z	Wpl.z	iz	ss	lt	lw×10 <sup>-3</sup>	ys	ym
cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>6</sup>	cm	cm
20350	1020	1240	14,9	58,55	846	102	190	3,04	44	81,6	221	2,65	5,11

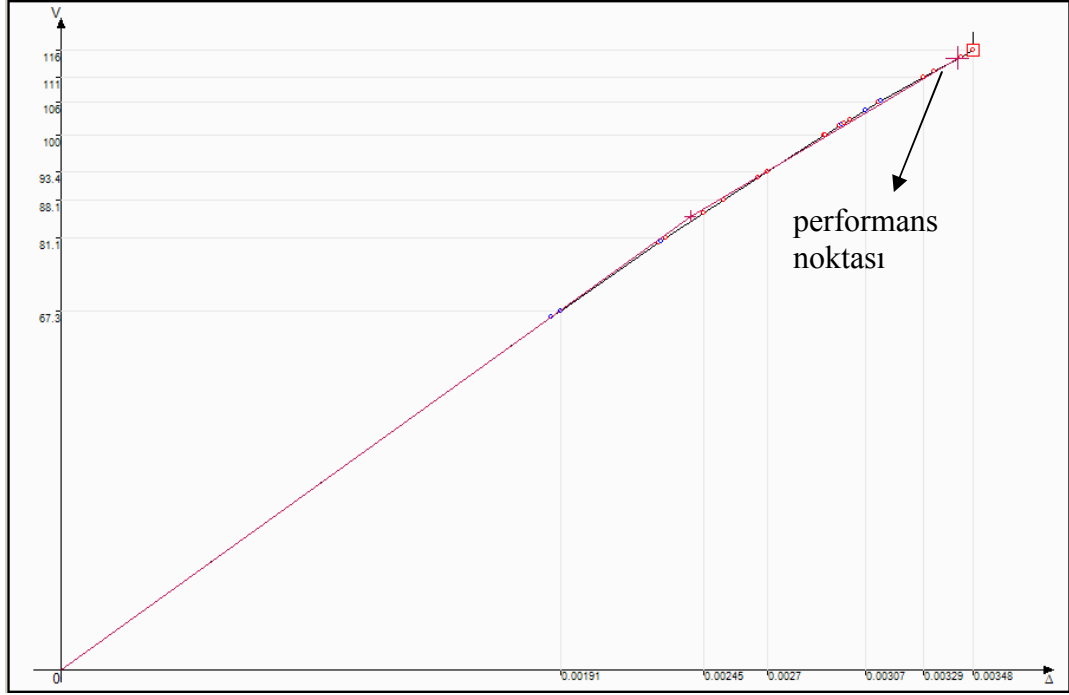
Mevcut betonarme yapıya eklenen diyagonaller neticesinde oluşan yeni sistemin kapasite eğrileri ise aşağıdaki gibi bulunmuştur. Bu eğrilerden de açıkça görüldüğü üzere taban kesme kuvveti kapasitesinde x yönü için 3 kat ve y yönü için ise 2,5 kat artış sağlanmıştır.



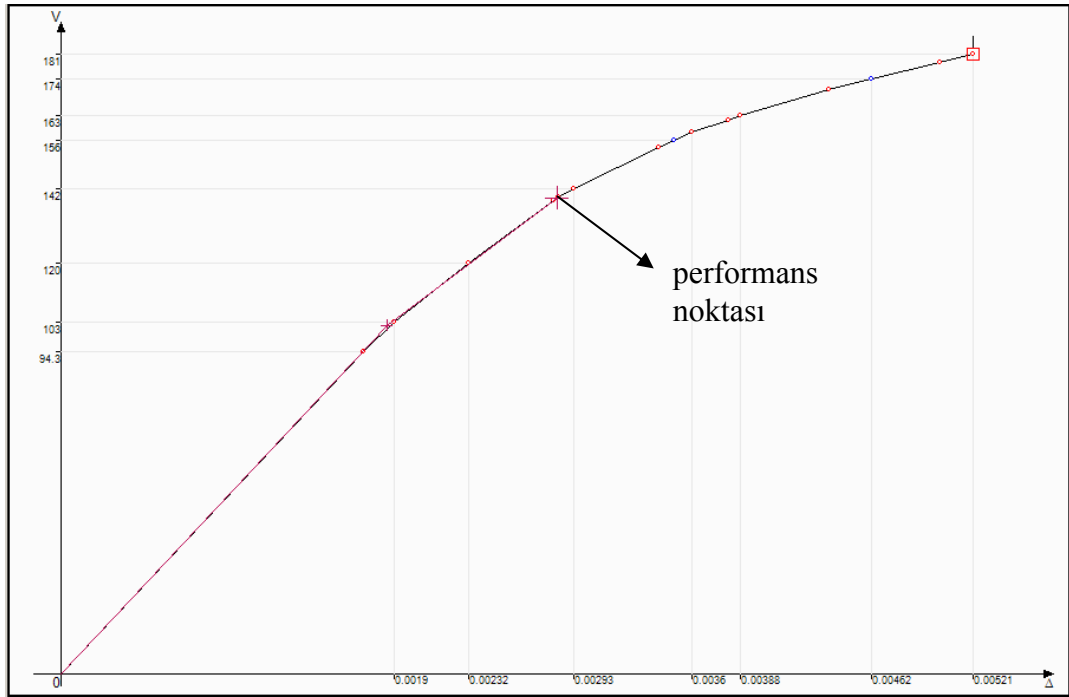
Şekil 8.11 Güçlendirilmiş yapının X+%5 yönü pushover eğrisi



Şekil 8.12 Güçlendirilmiş yapının -X+%5 yönü pushover eğrisi

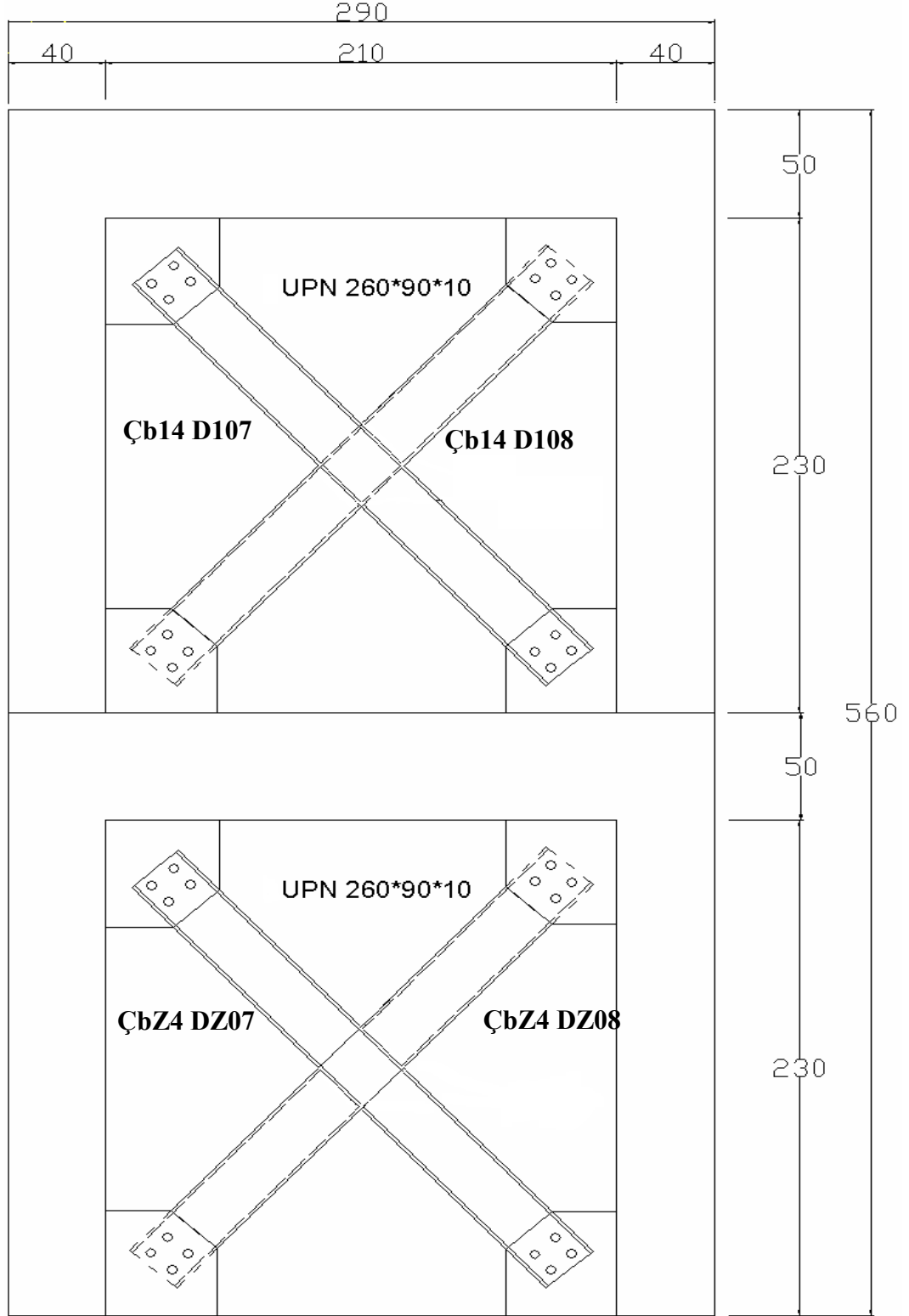


Şekil 8.13 Güçlendirilmiş yapının Y+%5 yönü pushover eğrisi

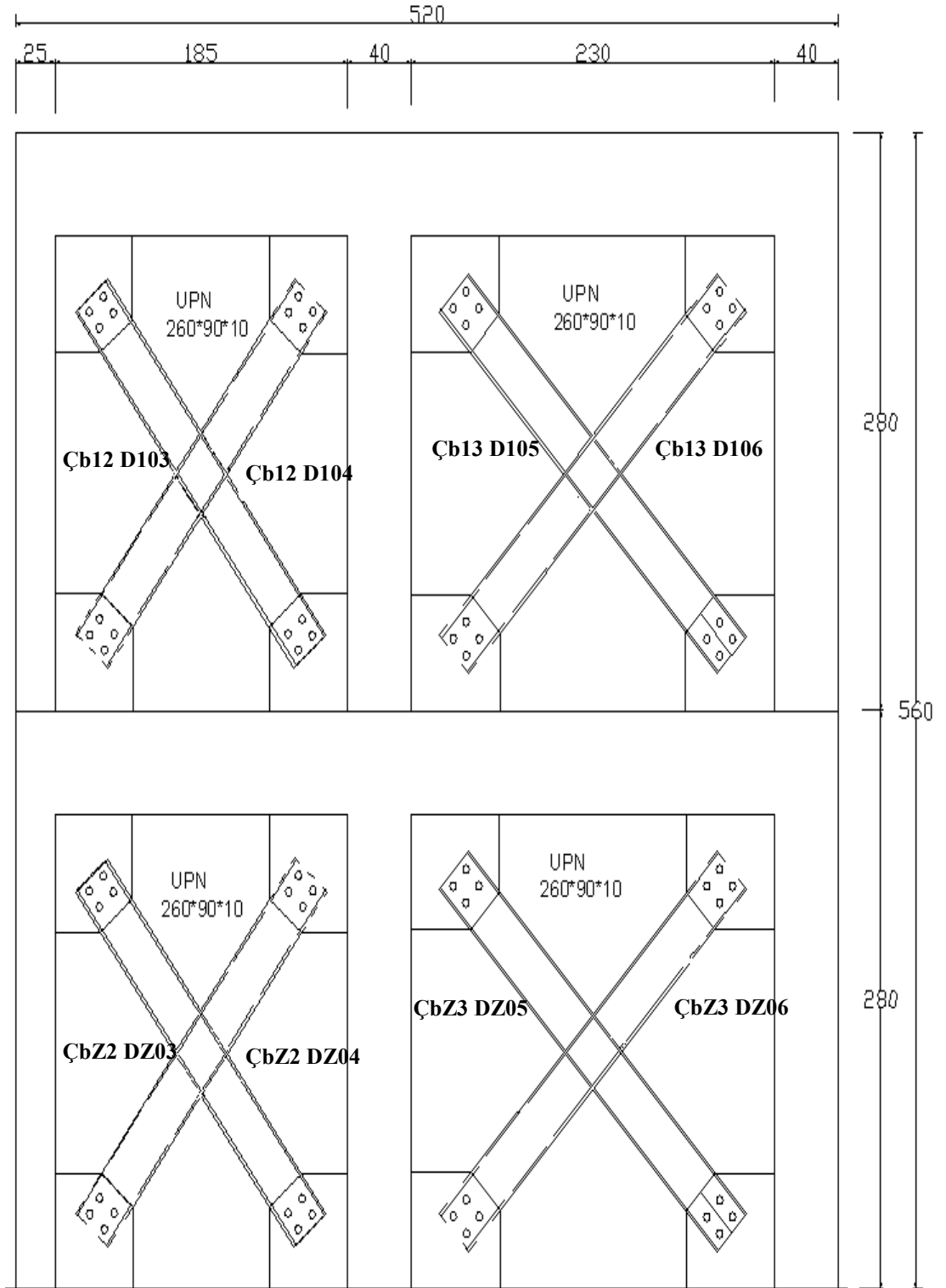


Şekil 8.14 Güçlendirilmiş yapının -Y+%5 yönü pushover eğrisi

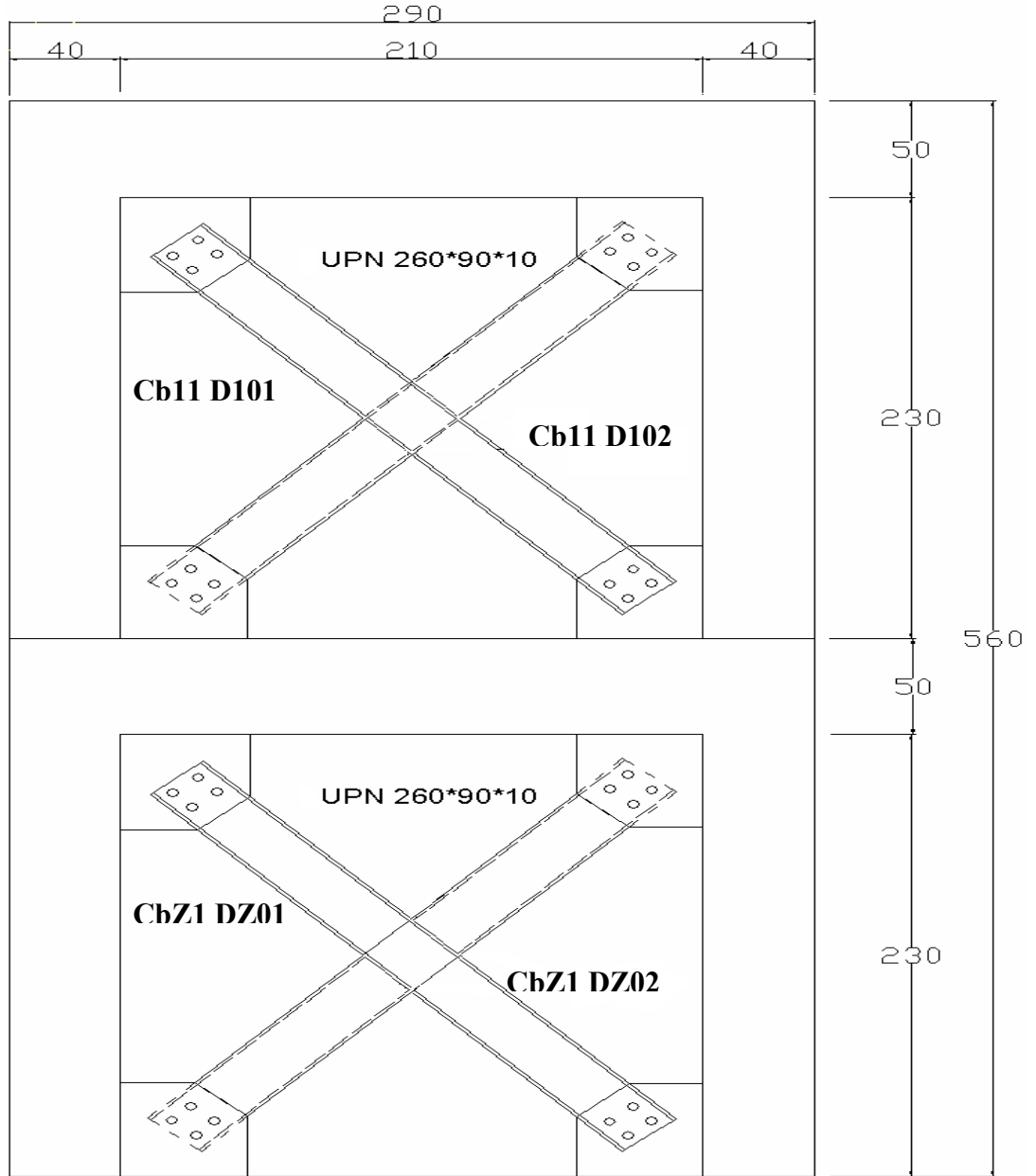
Eklenen diyagonallerin akslara göre yerleşim şekillerini ve yapıdaki üç boyutlu görünüşünü aşağıdaki şekillerden daha detaylı görmekteyiz. Aşağıdaki Şekillerde ölçüler cm cinsinden verilmiştir.



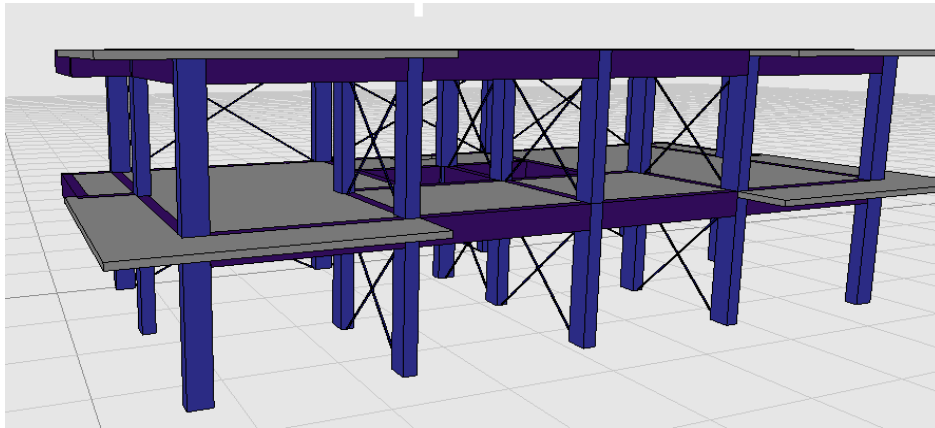
Şekil 8.15 4-4 aksı diyagonal yerleşimi



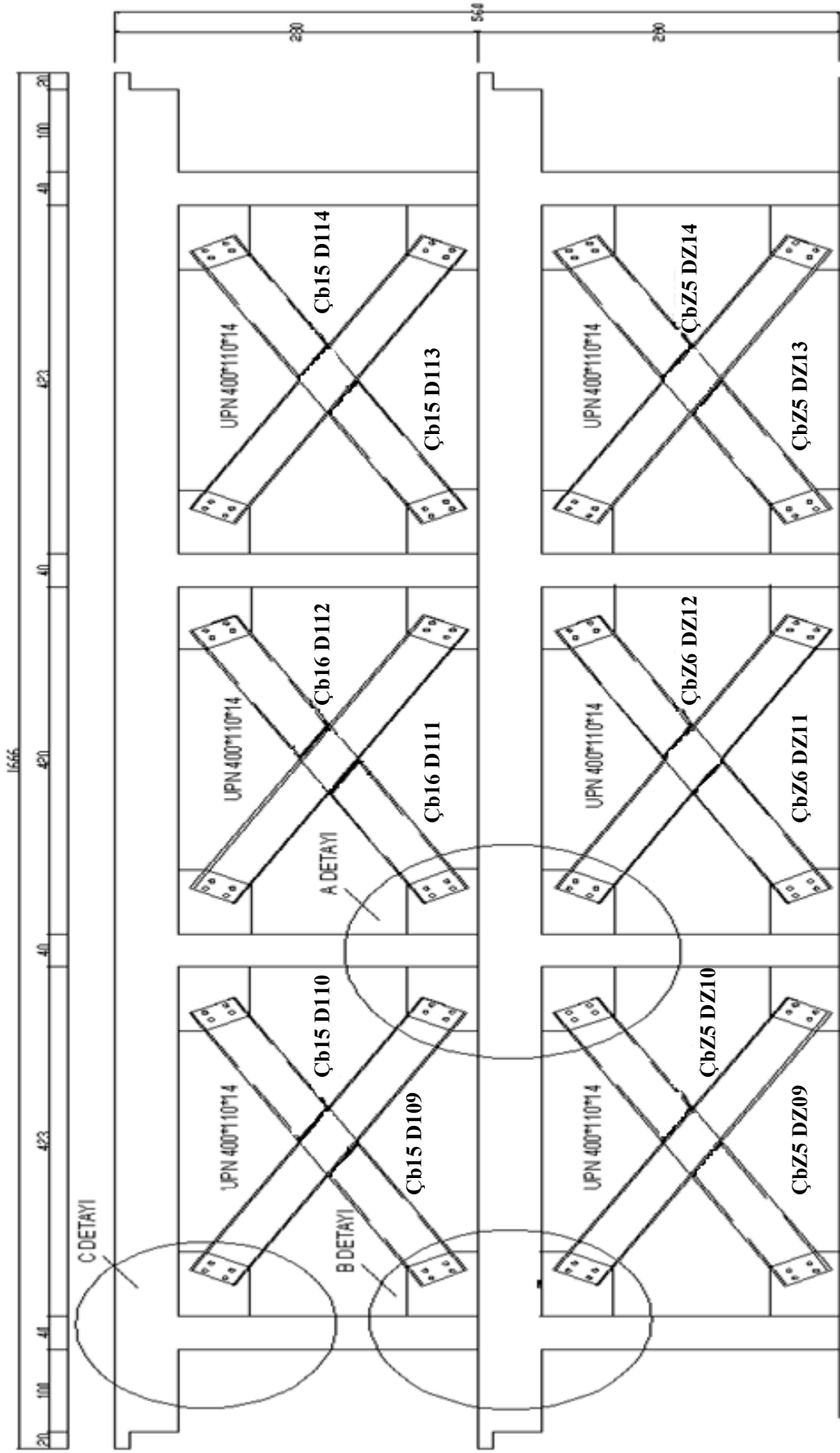
Şekil 8.16 6-6 aksı diyagonal yerleşimi



Şekil 8.17 8-8 aksı diyagonallerin yerleşim detayı



Şekil 8.18 Eklenen diyagonallerin üç boyutlu görünüşü



Şekil 8.19 A-A aksı diyagonallerin yerleşim detayı



### 8.3.1 Diyagonallerin En Kesit ve Narinlik Kontrolleri

Kullanılan diyagonallerin afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yeni yönetmelik çerçevesinde en kesit koşulları ve narinlik oranı incelenecektir. Eğilme ve basınç etkisindeki U kesitler için  $h/t_w$  oranları aşağıdaki limitlerde kalmalıdır. Burada  $h$  U kesitin gövde yüksekliği ve  $t_w$  ise gövde kalınlığıdır. Eksenel kuvvetin akma gerilmesinin alanla çarpımına bölünmesinin 0,10'dan büyük olup-olmadığına göre en kesit koşulları aşağıdadır.

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \leq 0,10 \text{ için } h/t_w \leq 3,2 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \left[ 1 - 1,7 \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right] \quad (8.2)$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| > 0,10 \text{ için } h/t_w \leq 1,33 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \left[ 2,1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right] \quad (8.3)$$

Burada  $N_d$  eksenel kuvveti,  $\sigma_a$  akma gerilmesini,  $A$  alanı,  $E_s$  elastisite modülünü gösterir.

X yönünde UPN 260 profili kullanılmıştır. Analiz sonucunda maksimum eksenel kuvvet ÇbZ1-DZ02'de  $N_d = 7,74$  t değerindedir. Malzeme olarak St37 kullanıldığından  $\sigma_a = 235$  N/mm<sup>2</sup> ve  $E_s = 206182$  N/mm<sup>2</sup> alınır.

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| = \left| \frac{7,74 * 10^4}{235 * 4830} \right| = 0,07 < 0,10 \text{ olduğundan } h/t_w \leq 3,2 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \left[ 1 - 1,7 \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right]$$

olmalıdır.  $h/t_w = 260/10 = 26 \leq 3,2 \sqrt{\frac{206182}{235}} [1 - 1,7|0,07|] = 83,50$  olduğundan koşul sağlanmaktadır.

Y yönünde UPN 400 profili kullanılmıştır. Analiz sonucunda bulunan maksimum eksenel kuvvet ÇbZ6-DZ12'de  $N_d = 6,95$  t değerindedir. Malzeme olarak St37 kullanıldığından  $\sigma_a = 235$  N/mm<sup>2</sup> ve  $E_s = 206182$  N/mm<sup>2</sup> alınır.

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| = \left| \frac{6,95 * 10^4}{235 * 9150} \right| = 0,03 < 0,10 \quad \text{olduğundan} \quad h/t_w \leq 3,2 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \left[ 1 - 1,7 \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right]$$

olmalıdır.  $h/t_w = 400/14 = 28,57 \leq 3,2 \sqrt{\frac{206182}{235}} [1 - 1,7|0,03|] = 89,95$  olduğundan koşul sağlanmaktadır.

Şimdi ise kullanılan diyagonallerin narinlik koşullarını sağlayıp-sağlamadığına bakılacaktır. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik kapsamında çelik çaprazların narinlik oranı  $4,0\sqrt{(E_s/\sigma_a)}$  sınır değerini aşmamalıdır. Burada  $\sigma_a$  akma gerilmesini ve  $E_s$  elastisite modülünü gösterir.

Buna göre narinlik sınır değeri aşağıdaki gibi bulunur.

$$4,0\sqrt{(E_s/\sigma_a)} = 4,0\sqrt{(206182/235)} = 119 \quad (8.4)$$

X yönü için çaprazlardan en büyüğü  $L=250$  cm boyundadır. Kullanılan profil U260 olduğundan  $i_{\min}=2,56$  alınır. Narinlik oranı  $\lambda = L/i_{\min} = 250/2,56 = 98 < 119$  olduğundan sınır değerden daha küçüktür.

$\lambda=98$  için TS 648 Çizelge 8'den basınç emniyet gerilmesi  $\sigma_{bem}= 749,5$  kgf/cm<sup>2</sup> olarak bulunur. Çapraz elemanda gerilme tahkiki yapılırsa kesitin yeterli olduğu görülür.

$$\frac{N}{\sigma_{bem} * A} = \frac{77,4 * 10^3 (N)}{74,95 (N/mm^2) * 48,3 * 10^2 (mm^2)} = 0,21 \leq 1,33 \quad (8.5)$$

Burada A kesit alanını ve N eksenel kuvveti gösterir.

Y yönü için çaprazlardan en büyüğü  $L=360$  cm boyundadır. Kullanılan profil U400 olduğundan  $i_{\min}=3,04$  alınır. Narinlik oranı  $\lambda = L/i_{\min} = 360/3,04 = 117 < 119$  olduğundan sınır değerden daha küçüktür.

$\lambda=117$  için TS 648 Çizelge 8'den basınç emniyet gerilmesi  $\sigma_{bem}= 597,0 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunur. Çapraz elemanda gerilme tahkiki yapılırsa kesitin yeterli olduğu görülür.

$$\frac{N}{\sigma_{bem} * A} = \frac{69,5 * 10^3 (N)}{59,70 (N / mm^2) * 91,5 * 10^2 (mm^2)} = 0,13 \leq 1,33 \quad (8.6)$$

### 8.3.2 Diyagonallerin Basınç ve Çekme Çubuğu Hesapları

X yönü için basınç çubuğu hesabı:Kullanılan profil UPN 260 ve bulunan maksimum basınç kuvveti ÇbZ1-DZ02'de 7,74 ton olarak bulunmuştu. x-x ve y-y eksenlerine göre hesap aşağıda verilmiştir.

x-x eksenine göre:

Narinlik oranı aşağıda gibi hesaplanarak burkulma katsayısı bulunur.

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{250}{9,99} = 25 \quad (8.7)$$

$\lambda_x=25$  için TS 648 Çizelge 6'dan burkulma katsayısı  $w_x=1,06$  olarak bulunur.

$$\sigma_x = \frac{P * w_x}{F} = \frac{7740 * 1,06}{48,3} = 170 \text{ kg / cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{ kg / cm}^2 \quad (8.8)$$

y-y eksenine göre:

Narinlik oranı aşağıda gibi hesaplanarak burkulma katsayısı bulunur.

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{250}{2,56} = 98 \quad (8.9)$$

$\lambda_y=98$  için TS 648 Çizelge 6'dan burkulma katsayısı  $w_x=1,92$  olarak bulunur.

$$\sigma_y = \frac{P * w_y}{F} = \frac{7740 * 1,92}{48,3} = 308 \text{kg} / \text{cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (8.10)$$

X yönü için çekme çubuğu hesabı: Kullanılan profil UPN 260 ve bulunan maksimum çekme kuvveti ÇbZ1-DZ01'de 3,03 tondur. Çekme çubuğu hesabında faydalı alan ( $F_n$ ) alınacaktır.  $F_n = F - \Delta F = 48,3 - 2 * 1 * 1,6 = 45,1 \text{ cm}^2$  olarak bulunur. Burada F Tablolardan alınan profil alanı ve  $F_n$  ise faydalı alanı gösterir.

$$\sigma = \frac{P}{F_n} = \frac{3030}{45,1} = 67,18 \text{kg} / \text{cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (8.11)$$

Y yönü için basınç çubuğu hesabı: Kullanılan profil UPN 400 ve bulunan maksimum basınç kuvveti ÇbZ6-DZ12'de 6,95 tondur.

x-x eksenine göre:

Narinlik oranı aşağıda gibi hesaplanarak burkulma katsayısı bulunur.

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{360}{14,9} = 24 \quad (8.12)$$

$\lambda_x = 24$  için TS 648 Çizelge 6'dan burkulma katsayısı  $w_x = 1,05$  olarak bulunur.

$$\sigma_x = \frac{P * w_x}{F} = \frac{6950 * 1,05}{91,50} = 80 \text{kg} / \text{cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (8.13)$$

y-y eksenine göre:

Narinlik oranı aşağıda gibi hesaplanarak burkulma katsayısı bulunur.

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{360}{3,04} = 117 \quad (8.14)$$

$\lambda_y = 117$  için TS 648 Çizelge 6'dan burkulma katsayısı  $w_x = 2,41$  olarak bulunur.

$$\sigma_y = \frac{P * w_y}{F} = \frac{6950 * 2,41}{91,50} = 183 \text{kg} / \text{cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (8.15)$$

Y yönü için çekme çubuğu hesabı:

Kullanılan profil UPN 400 ve bulunan maksimum çekme kuvveti Çb17-D113'te 3,26 tondur. Çekme çubuğu hesabında faydalı alan ( $F_n$ ) alınacaktır.

$F_n = F - \Delta F = 91,5 - 2 * 1 * 1,6 = 88,30 \text{ cm}^2$  olarak bulunur. Burada F Tablolardan alınan profil alanı ve  $F_n$  ise faydalı alanı gösterir.

$$\sigma = \frac{P}{F_n} = \frac{3260}{88,30} = 36,92 \text{kg} / \text{cm}^2 \leq \sigma_{em} = 1400 * 1,33 = 1862 \text{kg} / \text{cm}^2 \quad (8.16)$$

### 8.3.3 Diyagonaller ile Levha Arasındaki Bulon Hesapları

Çelik diyagonaller levhaya bulonlanacaktır. Burada kullanılacak bulon sayısı, ezilme ve makaslama tahkikleri aşağıda verilmiştir. Bulon malzemesi olarak St 34 seçilmiştir. Her iki yön için ayrı hesap yapılacaktır.

X yönü diyagonal ile levha arasında kullanılacak bulon M16 olarak seçilmiştir. X yönü bulunan maksimum kuvvetler basınç için ÇbZ1-DZ02'de  $N=7,74$  ton ve çekme için ÇbZ1-DZ01'de  $N=3,03$  ton olarak bulunmuştur.

Makaslamaya göre bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{S1} = \frac{\pi d^2}{4} \tau_{em}$  formülünden hesaplanır. Burada d bulon gövde çapını ve  $\tau_{em}$  makaslama emniyet gerilmesini gösterir (Deren, Piroğlu ve Uzgider, 2003).

$$N_{S2} = \frac{\pi d^2}{4} \tau_{em} = \frac{\pi * 1,6^2}{4} * 1,40 * 1,33 = 3,73 \text{ t} \text{ olarak bulunur.} \quad (8.17)$$

Ezilmeye göre bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_1 = dt_{\min}\sigma_{em}$  formülünden bulunur. Formüldeki d bulon gövde çapını,  $t_{\min}$  kullanılan minimum levha kalınlığını ve  $\sigma_{em}$  ezilme emniyet gerilmesini gösterir.  $t_1$  bayrak levhasını ve  $t_2$  de profilin kalınlığını göstererek  $t_1=20$  mm ve  $t_2=10$  mm olduğundan  $t_{\min}=10$  mm alınmıştır.

$$N_1 = dt_{\min}\sigma_{em} = 1,6 * 1,0 * 2,8 * 1,33 = 5,95 \text{ t olarak bulunur.} \quad (8.18)$$

$$N_{em} = \min(N_{S2}, N_1) = 3,73 \text{ t bulunur.} \quad (8.19)$$

Kullanılacak bulon sayısı hesap sonucu bulunan maksimum eksenel kuvvetin (7,74 t) emniyetle taşınabilecek  $N_{em}$ 'e bölünmesiyle bulunur. Maksimum eksenel kuvvet EK bölümünde her bir yükleme için verilmiştir.

Bulon sayısı  $= 7,74 / 3,73 = 2,10$  olduğundan 4 adet M16 bulon kullanılmasına karar verildi.

Y yönü diyagonal ile levha arasında kullanılacak bulon M16 olarak seçilmiştir. X yönü bulunan maksimum kuvvetler basınç için ÇbZ6-DZ12'de  $N=6,95$  ton ve çekme için Çb17-D113'de  $N=3,26$  ton olarak bulunmuştur.

Makaslamaya göre bir bulonun taşıyabileceği kuvvet

$$N_{S2} = \frac{\pi d^2}{4} \tau_{em} = \frac{\pi * 1,6^2}{4} * 1,40 * 1,33 = 3,73 \text{ t olarak bulunur.} \quad (8.20)$$

Ezilmeye göre bir bulonun taşıyabileceği kuvvet

$$N_1 = dt_{\min}\sigma_{em} = 1,6 * 1,4 * 2,8 * 1,33 = 8,34 \text{ t olarak bulunur.} \quad (8.21)$$

$$N_{em} = \min(N_{S2}, N_1) = 3,73 \text{ t bulunur.} \quad (8.22)$$

Kullanılacak bulon sayısı hesap sonucu bulunan maksimum aksenal kuvvetin (6,95 t) emniyetle taşınabilecek  $N_{em}$ 'e bölünmesiyle bulunur. Maksimum aksenal kuvvet EK bölümünde her bir yükleme için verilmiştir.

Bulon sayısı= $6,95/3,73= 1,90$  olduğundan 4 adet M16 bulon kullanılmasına karar verildi.

Bu bulonların yerleşiminde e bulonlar arasındaki mesafeyi,  $e_1$  kenar mesafesini göstermek üzere hesaplar aşağıda verilmiştir.

$$\min e = 4d = 4*1,6 = 6,4 \text{ cm} \quad (8.23)$$

$$\max e = 8d \text{ veya } 15t_{\min} = 8*1,6 \text{ veya } 15*2=12,8 \text{ veya } 30 \text{ cm bulunur.} \quad (8.24)$$

İki bulon arasındaki mesafe  $6,4 \text{ cm} < e < 12,8 \text{ cm}$  olup  $e_{\text{seçilen}} = 10 \text{ cm}$ 'dir.

$$\min e_1 = 2d = 2*1,6 = 3,2 \text{ cm} \quad (8.25)$$

$$\max e_1 = 3d \text{ veya } 6t_{\min} = 3*1,6 \text{ veya } 6*1 = 4,8 \text{ veya } 6 \text{ cm bulunur.} \quad (8.26)$$

Bulonun kenardan mesafesi  $3,2 \text{ cm} < e_1 < 4,8 \text{ cm}$  arasında olup  $e_{1,\text{seçilen}} = 4,5 \text{ cm}$ 'dir.

### 8.3.4 Kaynak Hesapları

Levha ile birleşim bölgesindeki eleman arasında kaynak yapılacaktır. Kaynak kalınlığı  $a_{\min} = 3\text{mm}$  ve  $a_{\min} = 0,7*\min t = 0,7*20=14\text{mm}$  olduğundan  $a = 14 \text{ mm}$  seçilmiştir.  $t_1$  bayrak levhası kalınlığı 20 mm ve  $t_2$  destek levhası kalınlığı 25 mm olduğundan  $\min t = 20 \text{ mm}$  alınmıştır. Yine x ve y yönleri için ayrı hesap yapılacaktır.

X yönü için bulunan maksimum aksenal kuvvet ÇbZ1-DZ02'de 7,74 ton, yatay ve düşey bileşenleri ise 5,47 ton olarak bulunmuştu. Kaynak uzunluğu  $l'$  ve hesap uzunluğu  $l$  ile gösterilerek gerekli hesaplar aşağıda verilecektir.

$$l'_x = 520\text{mm} \text{ ve } l'_y = 520\text{mm} \quad (8.27)$$

$$l_x = l_y = 520 - 2*14 = 492\text{mm} \quad (8.28)$$

$$\tau_{k1} = \tau_{k2} = \frac{N}{F} = \frac{N}{2al} = \frac{5470}{2 * 1,4 * 49,2} = 39,70 \text{ kg/cm}^2 \leq \tau_{k,em} = 900 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.29)$$

olduğundan x yönü için kaynak yeterlidir. Burada N eksenel kuvveti, F kaynak alanını ve  $\tau$  ise kayma gerilmesini göstermektedir.

Y yönü için bulunan maksimum eksenel kuvvet ÇbZ6-DZ12'de 6,95 ton, yatay bileşen 6,07 ton ve düşey bileşen ise 3,36 ton olarak bulunmuştur. Kaynak uzunluğu  $l^1$  ve hesap uzunluğu  $l$  ile gösterilerek gerekli hesaplar aşağıda verilecektir. Bu yönde tek taraflı kaynak yapılacağından moment de oluşacaktır.

$$l'_x = 750 \text{ mm} \text{ ve } l'_y = 550 \text{ mm} \quad (8.30)$$

$$l_x = 750 - 2 * 14 = 722 \text{ mm} \text{ ve } l_y = 550 - 2 * 14 = 522 \text{ mm} \quad (8.31)$$

$$\tau_{kx} = \frac{N}{F} = \frac{N}{al} = \frac{3360}{1,4 * 72,2} = 33,24 \text{ kg/cm}^2 \leq \tau_{k,em} = 900 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.32)$$

$$\tau_{ky} = \frac{N}{F} = \frac{N}{al} = \frac{6070}{1,4 * 52,2} = 83,06 \text{ kg/cm}^2 \leq \tau_{k,em} = 900 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.33)$$

$$M_x = N_x * t / 2 = 6,07 * 1 = 6,07 \text{ tcm} \quad (8.34)$$

$$M_y = N_y * t / 2 = 3,36 * 1 = 3,36 \text{ tcm} \quad (8.35)$$

$$W_x = \frac{a * l^2}{6} = \frac{1,4 * 72,2^2}{6} = 1216 \text{ cm}^3 \quad (8.36)$$

$$W_y = \frac{a * l^2}{6} = \frac{1,4 * 52,2^2}{6} = 636 \text{ cm}^3 \quad (8.37)$$

$$\sigma_{kx} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{6070}{1216} = 5,0 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1100 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.38)$$

$$\sigma_{ky} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3360}{636} = 5,28 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1100 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.39)$$

$$\sigma_h = \frac{1}{2} \left( \sigma_k + \sqrt{(\sigma_k^2 + 4\tau_k^2)} \right) = < \sigma_{em} = 1100 \text{ kg/cm}^2 \quad (8.40)$$



$$\begin{aligned}\sigma_{h,x} &= \frac{1}{2} \left( \sigma_{kx} + \sqrt{\sigma_{kx}^2 + 4\tau_{kx}^2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( 5,0 + \sqrt{5,0^2 + 4 * 33,24^2} \right) = 35,83 \text{ kg / cm}^2 < \sigma_{em} = 1100 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}\quad (8.41)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{h,y} &= \frac{1}{2} \left( \sigma_{ky} + \sqrt{\sigma_{ky}^2 + 4\tau_{ky}^2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( 5,28 + \sqrt{5,28^2 + 4 * 83,06^2} \right) = 85,74 \text{ kg / cm}^2 < \sigma_{em} = 1100 \text{ kg / cm}^2\end{aligned}\quad (8.42)$$

burada  $M_x$  ve  $M_y$  x ve y yönlerindeki momentleri,  $W_x$  ve  $W_y$  x ve y yönlerindeki mukavemet momentlerini,  $\sigma_x$  ve  $\sigma_y$  x ve y yönlerindeki gerilmeleri ve  $\sigma_{h,x}$  ve  $\sigma_{h,y}$  ise x ve y yönleri için kıyaslama gerilmelerini ve  $\sigma_{h,em}$  emniyet gerilmesini gösterir.

Yukarıdaki sonuçlarında gösterdiği gibi y yönü için kaynak yeterlidir.

### 8.3.5 Ankraj Bulonlarının Hesapları

Kolon kiriş birleşim noktasında kullanılacak ankraj bulonlarının çekme kuvveti ve kesme kuvveti için gerekli dayanımları hesaplanarak gerekli olan bulon sayısı hesaplanacaktır. Ankraj bulonunun çekme dayanımı aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$P = \phi_2 \sigma_y a_d \quad (\text{Bayülke, 2001}) \quad (8.43)$$

$$N_{em} = F_g * \sigma_{zem} \quad (8.44)$$

İlk formülde,  $a_d$  ankraj bulonu en kesit alanını,  $\sigma_y$  ankraj bulonu akma gerilmesini ve  $\Phi_2$  katsayı olup  $\Phi_2=1,0$  alınması önerilir (Bayülke, 2001). İkinci formülde ise  $F_g$  dış dibi alanını,  $\sigma_{zem}$  ise emniyet gerilmesini gösterir.

$$P = \phi_2 \sigma_y a_d = 1,0 * 2400 * 2,45 = 5880 \text{ kg} = 5,88 \text{ t} \quad (8.45)$$

$$N_{em} = \frac{\pi(0,86d)^2}{4} * \sigma_{zem} = \frac{\pi(0,86 * 2,0)^2}{4} * 1120 = 2602kg = 2,60t \quad (8.46)$$

Ankraj bulonunun kesme dayanımı aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$P = \frac{\pi\phi^2}{4} \frac{f_y}{EK} \quad (\text{Bayülke, 2001}) \quad (8.47)$$

$$P = d * t_{\min} * \sigma_{lem} \quad (8.48)$$

İlk formüldeki  $\Phi$  ankraj bulonu çapını,  $f_y$  ankraj bulonu akma gerilmesini ve EK katsayısı gösterir. EK=1,6 alınması önerilir (Bayülke, 2001). Buna göre M20 ankraj bulonu ve  $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$  değerleri kullanılarak kesme dayanımı ilk formül için aşağıdaki gibi bulunur.

$$P = \frac{\pi\phi^2}{4} \frac{f_y}{EK} = \frac{\pi 2,0^2}{4} \frac{2400}{1,6} = 4712kg = 4,71t \quad (8.49)$$

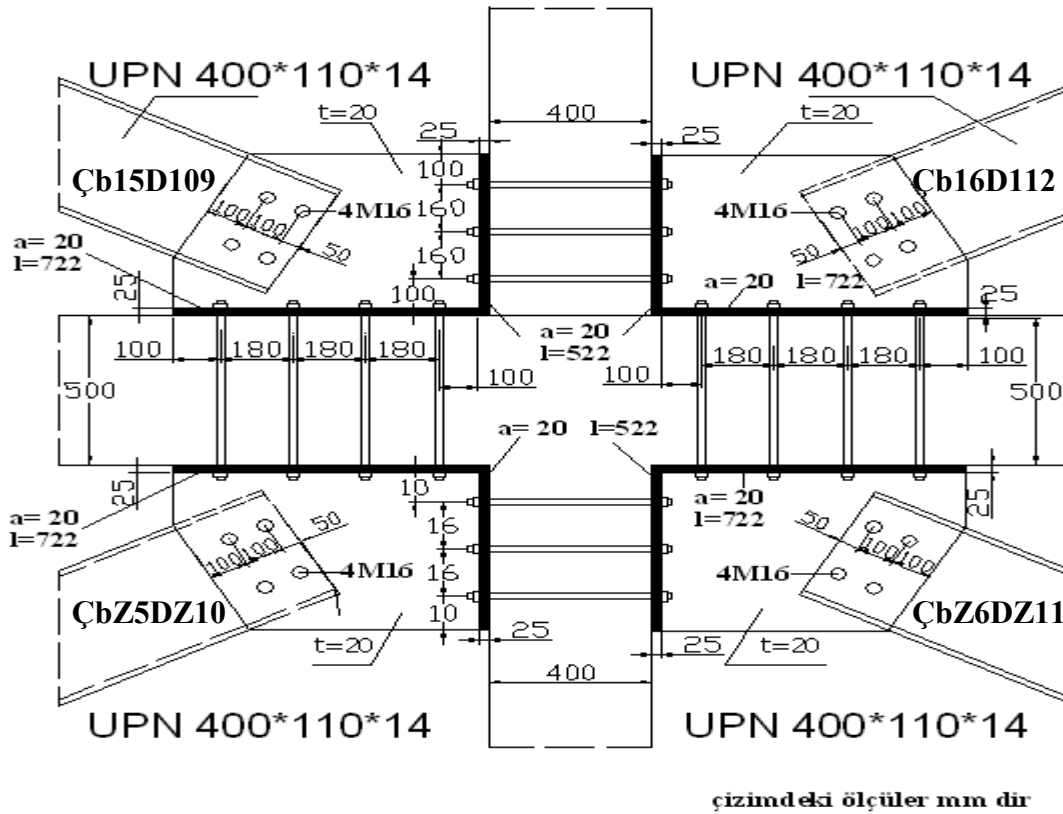
İkinci formül için ise  $\sigma_{lem} = 2800 \text{ kg/cm}^2$  alınarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$P = d * t_{\min} * \sigma_{lem} = 2,0 * 2,0 * 2,8 = 11,2t \quad (8.50)$$

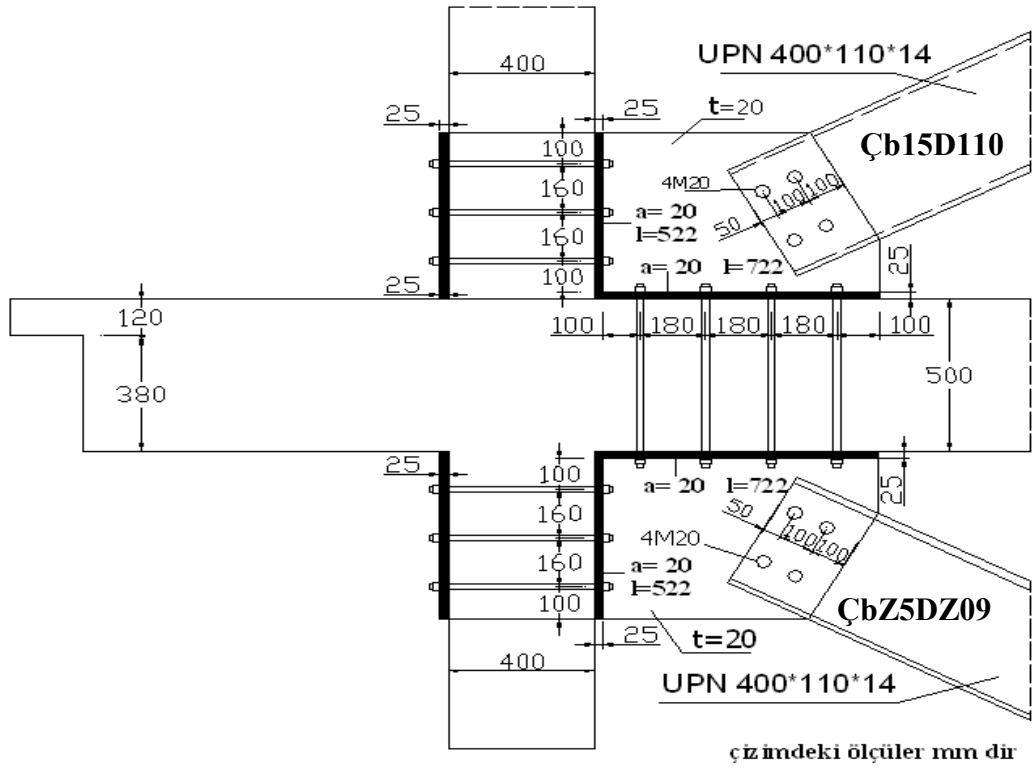
Şimdi x ve y yönleri için ayrı ayrı hesap yapılacak ve sonuçta kolon-kiriş birleşim bölgesi için gerekli ankraj bulonu bulunacaktır.

X yönü (4-4, 6-6 ve 8-8 aksı) diyagonal elemanlara gelen maksimum eksenel kuvvet ÇbZ1-DZ02'de 7,74 t olarak bulunmuştu. Bu kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri bulunduğunda yatayda 5,47 t ve düşeyde ise 5,47 t olarak bulunur. Böylece yatayda ve düşeyde gerekli bulon sayısı  $5,47/2,60 = 2,10$  olarak bulunur. Yani 3 adet M20 bulon gereklidir. Fakat bulonların kolon-kiriş birleşimine ve kendi aralarındaki mesafelere göre yerleşimi kontrol edilerek bulon sayısı artırılabilir.

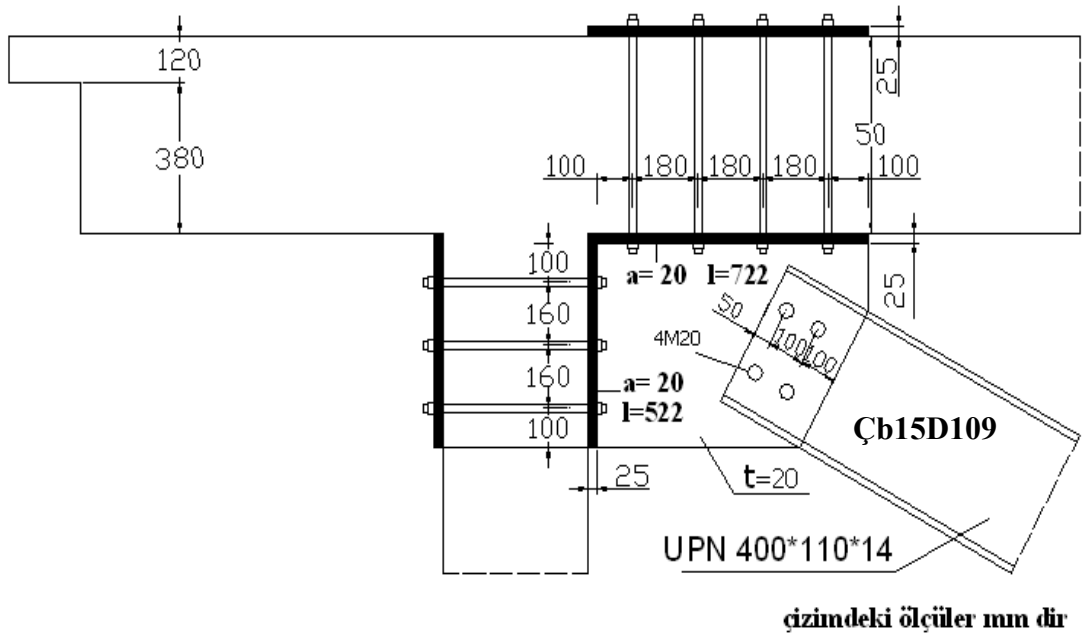
Y yönü diyagonal elemanlara (A-A) gelen maksimum aksinel kuvvet ÇbZ6-DZ12'de 6,95 t olarak bulunmuştu. Bu kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri bulunduğunda yatayda 6,07 t ve düşeyde ise 3,36 t olarak bulunur. Böylece yatayda gerekli bulon sayısı  $6,07/2,60=2,33$  olarak bulunur. Yani 3 adet M20 bulon gereklidir. Düşeyde gerekli bulon sayısı  $3,36/2,60=1,30$  olarak bulunur. Yani 2 adet M20 bulon gereklidir Fakat bulonların kolon-kiriş birleşimine ve kendi aralarındaki mesafelere göre yerleşimi kontrol edilerek bulon sayısı artırılabilir. Ankraj bulonlarının kolon-kiriş birleşiminden mesafesi  $5\Phi$  ve kendi aralarındaki mesafe ise  $7,5\Phi < 30$  cm olmalıdır ve iki bulon arasındaki mesafe 16 cm'den daha az olmamalıdır (Bayülke, 2001). Ankraj bulonu olarak M20 kullandığımızda kolon-kiriş birleşimine en yakın bulon birleşiminden  $5*2,0=10$  cm'den daha fazla mesafede ve iki bulon ise birbirinden  $7,5*2,0=15$  cm'den daha fazla mesafede olmalıdır ama iki bulon arasındaki mesafe 16cm'den küçük olmaması gerektiğinden iki bulon arasındaki mesafe 18 cm alınmıştır. Çelik diyagonallerin çerçeveye birleşim detayları ise aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Bu detayın seçilmesindeki amaç, birleşimin iki taraftan da desteklenmesi ile daha sağlam bir birleşim şekli olması ve işçilik hatalarının daha aza indirgenmek istenmesidir.



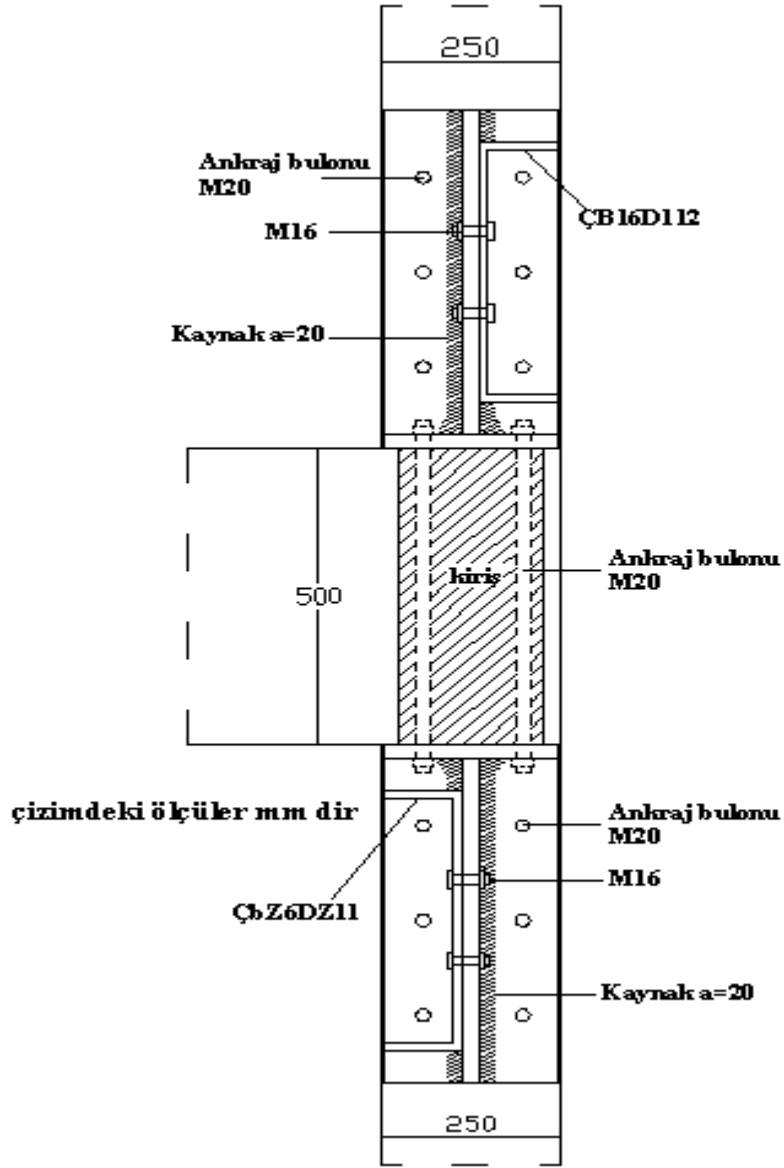
Şekil 8.20 A detayı



Şekil 8.21 B detayı

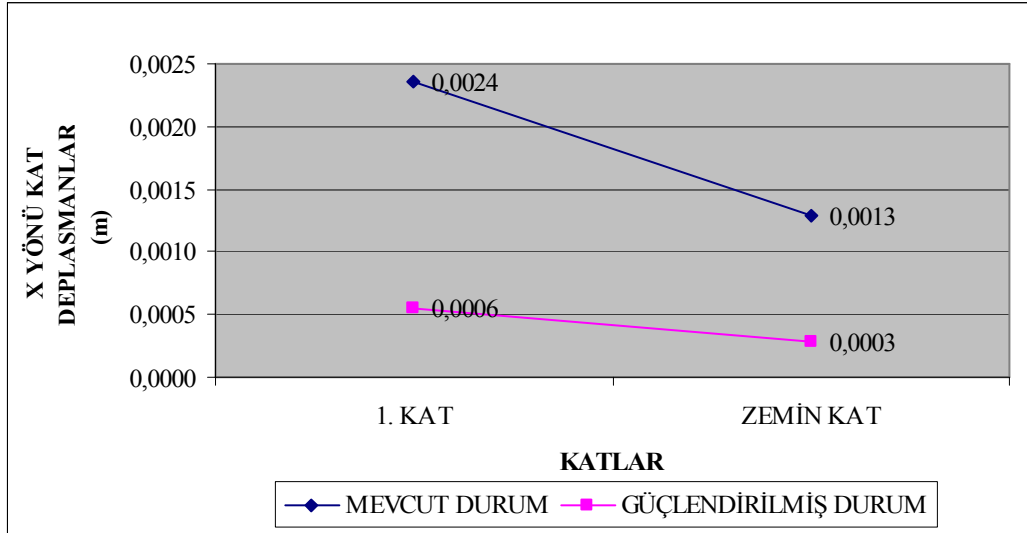


Şekil 8.22 C detayı

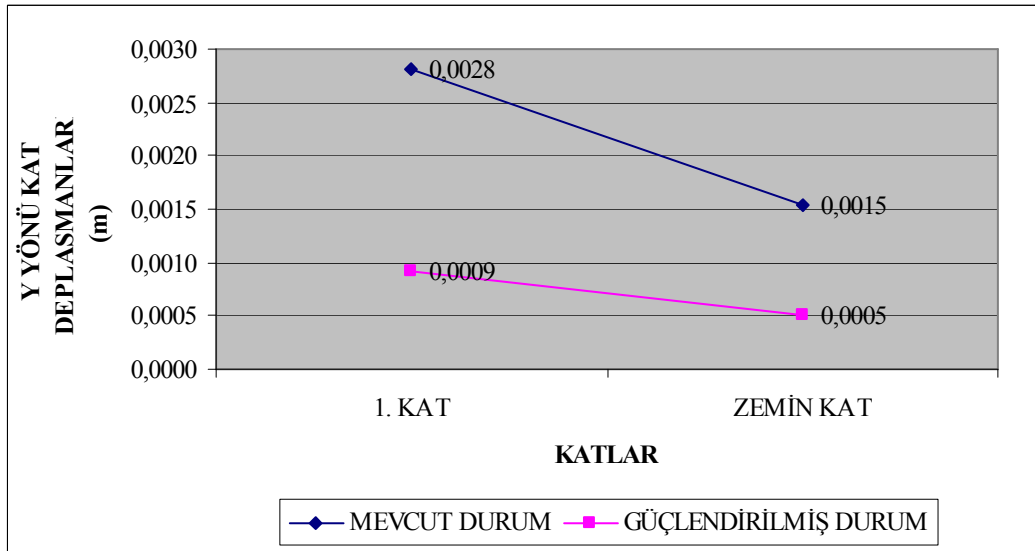


Şekil 8.23 Sağ görünüş

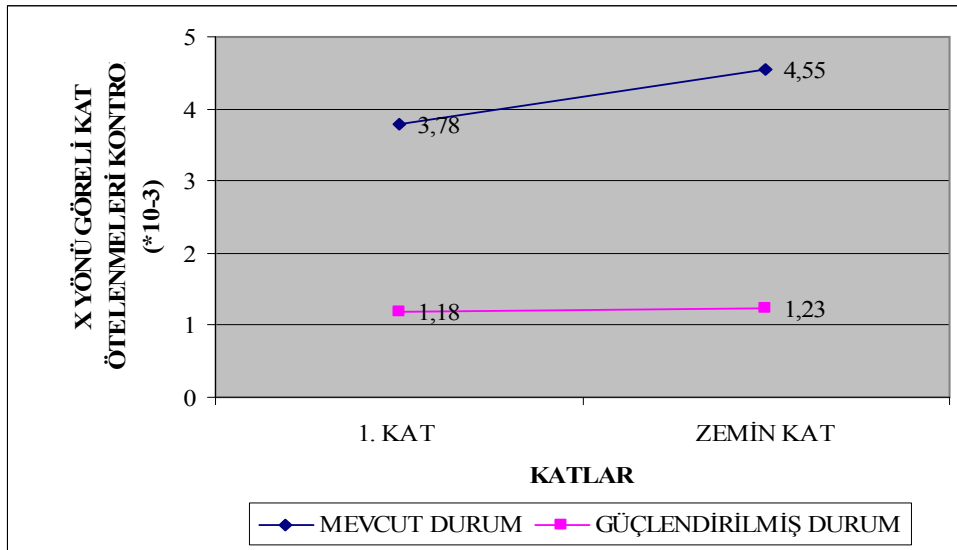
Yapımızın mevcut durum ve güçlendirilmiş durum kat deplasmanları ve görelî kat ötelenmeleri aşağıda verilmiştir.



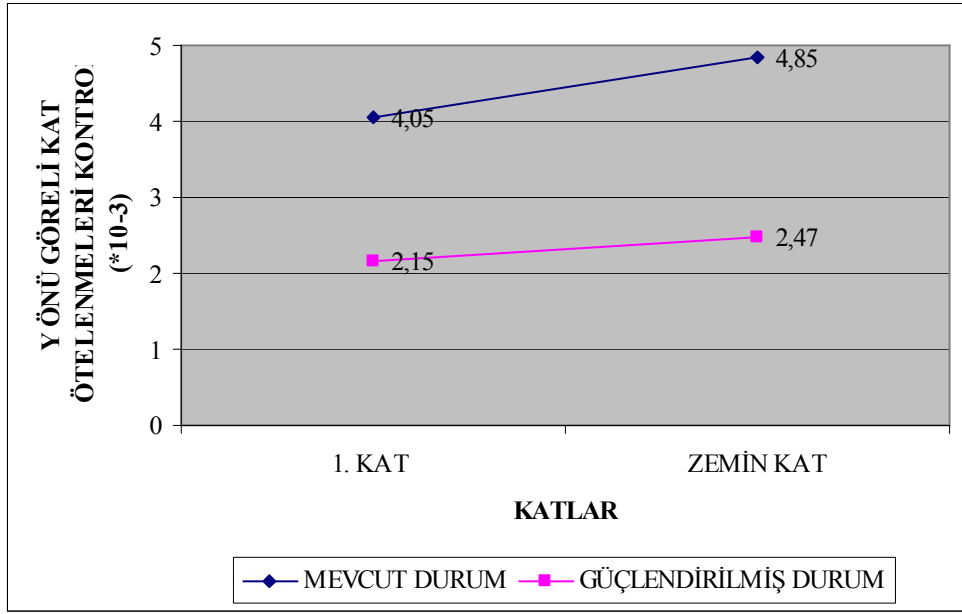
Şekil 8.24 X yönü kat deplasman değerleri



Şekil 8.25 Y yönü kat deplasman değerleri



Şekil 8.26 X yönü görelî kat ötelenmeleri kontrolü



Şekil 8.27 Y yönü görelî kat ötelemeleri kontrolü

Görelî kat ötelemeleri yönetmelikte 0,02 ile sınırlandırılmış olup, yukarıdaki değerler sınır değerin altında kalmaktadır.

## BÖLÜM DOKUZ

### SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma kapsamında öncelikle kompozit yapı elemanlarının tasarımı, daha sonra betonarme yapıların kapasitelerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesinde çelik elemanların kullanımı anlatılmıştır. Çözülen örneklerle de konu daha detaylı ele alınmıştır. Anlatılanlar ve çözülen örnekler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Kompozit döşeme sisteminde çelik saçın kullanımı ile salt çelik yapı sistemine göre kalıp ve iskele işçiliği ile maliyeti de düşürülür. Ayrıca çelik saç önce kalıp vazifesi daha sonra da döşemede donatı vazifesi gördüğünden betonarme çeliğinden de tasarruf edilir.
- Kompozit kolonlarda betona gömülme sayesinde yapısal çelik elemanın yangına ve korozyona karşı dayanıklı olması sağlanır.
- Günümüzde arsa maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ile kompozit yapıların yüksek süneklik özelliği sayesinde daha az maliyetle yüksek yapıların inşası mümkün hale gelmiştir.
- Kompozit sistemde betonarme döşeme ile çelik kirişin birlikte çalışması için kesme birleşim elemanlarına ihtiyaç duyulur.
- Çelik elemanlar kullanılarak yapının mimarisiyle çok oynanmadan özellikle kapı ve pencere boşlukları kapatılmadan yapı güçlendirilebilir.
- Betonarme yapıları çelik diyagonallerle güçlendirerek kat deplasman değerleri ve görel kat ötelenmeleri önemli derecede azaltılabilir.



- Betonarme yapıların eleman bazında çelik elemanla güçlendirilmesi sonucu yapı elemanının kesitini artırmadan dayanım ve süneklik iyileştirilir.
- Betonarme yapıların eleman bazında güçlendirilmesinde çelik elemanların mevcut betonarme elemanlar beraber çalışması için çelik elemanın betonarme elemanlara iyi yapışması gerekir. Bunun için de epoksi türü yapıştırma malzemeleri kullanılır.
- Betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik diyagonallerin kullanımı betonarme perde yapımına iyi bir alternatif olmuştur.
- Özellikle depremde hemen sonra kullanıma açılması gereken hastane, okul özellikli yapıların güçlendirilmesi çelik diyagonaller ile kısa vadede güçlendirilir. Ayrıca içerdeki insanlar da daha az rahatsız edilerek güçlendirme işlemi tamamlanır.
- Çelik diyagonaller ile güçlendirilen yapılarda düğüm noktalarında kuvvet aktarımının güvenle sağlandığı gösterilmelidir. Bunun için düğüm noktaları kuvvet aktarımına uygun bir şekilde detaylandırılmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Arda T. S. ve Yardımcı N. (2000). *Çelik yapıda karma elemanların plastik hesabı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. 26454 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Cosenza, E. & Zandonini, R. (1999). Composite Construction. W. Chen, (Ed.), *Structural Engineering Handbook* (6.1-6.122). Boca Raton: CRC Press LLC.
- Coşkun, E. (b.t.). *Betonarme yapıların geleneksel yöntemlerle depreme karşı güçlendirilmesi*. İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2004). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı* (3. baskı). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Deren, H., Piroğlu F. Ve Uzgider E. (2003). *Çelik Yapılar*, Çağlayan yayınevi, İstanbul
- Dikbaş, M. A. (2004). *Bileşik kesitlerin hesabı*. İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri yüksek Lisans Tezi.
- CSI ETABS V 9.0.0 (2005). *Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems Analysis Reference Manual*. Computer and Structures Inc. Berkeley. California.
- Ghobarah, A., Elfath, H. A. (2001). Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing. *Engineering Structures*, 23 (7) 745-755.
- Işık, N. (2003a) . Çelik yapı tasarımı. *Dünya inşaat* , Yıl:20 (2003-2), 30-31

- Işık, N. (2003b) . Çelik yapı tasarımı. *Dünya inşaat* , Yıl:20 (2003-3), 50-52
- Işık, N. (2003c) . Çelik yapı tasarımı. *Dünya inşaat* , Yıl:20 (2003-4), 56-58
- Işık, N. (2003d). Kompozit kesitli kiriş tasarımı. *Dünya inşaat*, Yıl:20 (2003-6),72-74
- Işık, N. (2003e) . Kompozit kesitli kiriş tasarımı. *Dünya inşaat*, Yıl:20 (2003-7), 58-60
- Jonhson, R.P. (1994).*Composite Structures of Steel and Concrete, Vol. 1 Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings* (2nd edition), Blackwell, pp. 210.
- Kuru, C. (2003). *Betonarme çerçevelerin güçlendirilmesinde çelik diyagonal ve betonarme perde uygulamalarının karşılaştırılması*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Maheri, M. R., Hadjipour, A. (2003). Experimental investigation and design of steel brace connection to RC frame. *Engineering Structures*, 25(13) 1707-1714.
- Maheri, M., R. Sahebi, A. (1997). Use of steel bracing of reinforced concrete frames. *Engineering Structures*, 19 (12), 1018-1024.
- Mertol, A. ve Mertol, H.C. (2002). *Deprem mühendisliği-depreme dayanıklı yapı tasarımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Odabaşı, Y., Yorgun C. (b.t.). *Kompozit döşeme plaklarının uygulaması üzerine bir araştırma*.
- Özer, E. (2005). *Betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi için bir yaklaşım*.

Piroğlu, F., Uzgider, E. (2005). Mevcut betonarme yapıların elik malzeme ile gulendirilme yöntemleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 436.

Sarı, B. A. (2002). *Mevcut betonarme binaların depreme karşı gulendirilmesinde yapı çeliğinin kullanılması*. İzmir. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Türk Standardları Enstitüsü. (2000). TS500, *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*. Ankara.

Türk Standardları Enstitüsü. (1980). TS648, *elik yapıların hesap ve yapım kuralları*

Uçar, T. (2005). *Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizinde çözüm yöntemleri*. İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi.

Yorgun, C. (2005). elik sac-beton kompozit döşeme sistemlerinin uygulamalarına yönelik değerlendirmeler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 435.

## EK

Tablo E1 Mevcut durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	IG+1Q+1E1	IG+1Q+1E2	G+1Q+1E3	IG+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K101	SOL -2,00	-1,10	-1,21	-1,41	-1,36	-0,80	-0,91	-1,11	-1,06
	SAĞ -2,19	-1,83	-1,72	-1,52	-1,57	-1,46	-1,35	-1,15	-1,20
K102	SOL -5,46	-2,82	-3,11	-3,91	-3,77	-1,33	-1,62	-2,42	-2,28
	SAĞ -5,06	-4,34	-4,05	-3,25	-3,39	-2,89	-2,60	-1,80	-1,94
K103	SOL -3,90	-2,29	-2,33	-2,88	-2,85	-1,54	-1,58	-2,13	-2,10
	SAĞ 0,94	0,23	0,27	0,82	0,79	0,03	0,07	0,62	0,59
K104	SOL -4,74	-1,83	-2,06	-3,30	-3,34	-0,71	-0,94	-2,18	-2,22
	SAĞ -0,53	-1,80	-1,57	-0,33	-0,29	-1,69	-1,46	-0,22	-0,18
K105	SOL -0,54	0,52	0,52	-0,51	-0,24	0,52	0,52	-0,51	-0,24
	SAĞ -0,95	-1,58	-1,58	-0,55	-0,82	-1,48	-1,48	-0,45	-0,72
K106	SOL -2,10	-0,22	-0,22	-1,62	-1,29	0,13	0,13	-1,27	-0,94
	SAĞ -2,54	-3,01	-3,01	-1,61	-1,94	-2,50	-2,50	-1,10	-1,43
K107	SOL -2,53	-1,48	-1,37	-1,73	-2,07	-1,58	-1,47	-1,83	-2,17
	SAĞ -1,20	-1,06	-1,17	-0,81	-0,47	0,07	-0,04	0,32	0,66
K108	SOL -4,75	-2,07	-1,84	-3,24	-3,35	-0,96	-0,73	-2,13	-2,24
	SAĞ -0,52	-1,56	-1,79	-0,39	-0,28	-1,46	-1,69	-0,29	-0,18
K109	SOL -5,46	-3,11	-2,82	-3,52	-3,67	-1,62	-1,33	-2,03	-2,18
	SAĞ -5,14	-4,10	-4,39	-3,69	-3,54	-2,60	-2,89	-2,19	-2,04
K110	SOL -2,14	-1,31	-1,20	-1,49	-1,54	-1,00	-0,89	-1,18	-1,23
	SAĞ -2,19	-1,72	-1,83	-1,54	-1,49	-1,35	-1,46	-1,17	-1,12
K111	SOL 2,14	1,31	1,20	1,49	1,54	1,00	0,89	1,18	1,23
	SAĞ -2,26	-1,39	-1,28	-1,57	-1,62	-1,01	-0,90	-1,19	-1,24
K112	SOL -1,98	-1,41	-1,91	-1,06	-1,01	-2,04	-2,54	-1,69	-1,64
	SAĞ -2,29	-1,40	-1,16	-2,01	-2,06	-0,60	-0,36	-1,21	-1,26

Tablo E2 Mevcut durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K113	SOL	-3,09	-2,12	-2,20	-1,63	-1,62	-1,70	-1,13	-1,09
	SAĞ	-3,06	-2,10	-2,10	-2,67	-1,61	-1,61	-2,18	-2,22
K114	SOL	-6,12	-3,89	-4,40	-3,79	-2,82	-3,33	-2,72	-2,67
	SAĞ	2,01	1,69	1,44	0,83	0,78	0,53	-0,08	-0,13
K115	SOL	-3,19	-1,93	-2,04	-2,24	-1,39	-1,50	-1,70	-1,65
	SAĞ	2,00	1,70	1,21	1,41	1,40	0,91	1,11	1,06
K116	SOL	-1,23	-0,87	-0,89	-0,52	-0,62	-0,64	-0,27	-0,26
	SAĞ	-0,96	-0,64	-0,62	-0,99	-0,41	-0,39	-0,76	-0,77
K117	SOL	-3,26	-2,26	-2,28	-1,96	-1,87	-1,89	-1,57	-1,56
	SAĞ	0,40	0,27	0,29	-0,03	0,39	0,41	0,09	0,08
K118	SOL	2,19	1,72	1,83	1,54	1,35	1,46	1,17	1,12
	SAĞ	-4,61	-3,37	-3,48	-3,19	-2,34	-2,45	-2,16	-2,11
K119	SOL	-5,54	-3,79	-3,73	-3,54	-2,62	-2,56	-2,37	-2,37
	SAĞ	-3,20	-2,26	-2,32	-2,51	-1,61	-1,67	-1,86	-1,86
K120	SOL	-3,22	-2,20	-2,03	-1,94	-1,55	-1,38	-1,29	-1,29
	SAĞ	-5,51	-3,84	-4,01	-4,10	-2,68	-2,85	-2,94	-2,94
K121	SOL	-4,61	-3,48	-3,37	-3,17	-2,45	-2,34	-2,14	-2,19
	SAĞ	2,19	1,83	1,72	1,52	1,46	1,35	1,15	1,20
K122	SOL	-1,81	-1,37	-1,35	-0,82	-1,23	-1,21	-0,68	-0,67
	SAĞ	-0,20	-0,02	-0,04	-0,57	0,27	0,25	-0,28	-0,29
K123	SOL	-3,10	-2,10	-2,09	-1,69	-1,59	-1,58	-1,18	-1,18
	SAĞ	-0,44	-0,36	-0,37	-0,77	-0,20	-0,21	-0,61	-0,61
K124	SOL	-4,48	-3,18	-3,06	-2,71	-1,93	-1,81	-1,46	-1,02
	SAĞ	-5,44	-3,58	-3,70	-4,05	-2,10	-2,22	-2,57	-3,01

Tablo E3 Mevcut durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri devamı (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K125	SOL	-2,71	-1,87	-1,80	-1,51	-1,55	-1,27	-0,98	-1,02
	SAĞ	-1,73	-1,23	-1,30	-1,59	-1,55	-1,10	-1,39	-1,35
K126	SOL	-1,81	-1,36	-1,30	-0,93	-0,95	-1,08	-0,71	-0,73
	SAĞ	-2,69	-1,79	-1,85	-2,22	-2,20	-1,35	-1,72	-1,70
K127	SOL	-5,46	-3,71	-3,59	-2,87	-2,93	-2,10	-1,38	-1,44
	SAĞ	-4,33	-2,96	-3,08	-3,80	-3,74	-1,88	-2,60	-2,54

Tablo E4 Mevcut durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
KZ01	SOL	-1,73	-1,07	-1,13	-1,32	-1,29	-0,85	-1,10	-1,07
	SAĞ	-1,44	-1,17	-1,11	-0,92	-0,95	-0,94	-0,75	-0,78
KZ02	SOL	-1,90	0,40	-0,15	-1,51	-1,22	0,71	-1,20	-0,91
	SAĞ	-4,18	-4,62	-4,07	-2,71	-3,00	-3,72	-1,81	-2,10
KZ03	SOL	-6,54	-2,98	-3,47	-4,76	-4,53	-1,20	-2,98	-2,75
	SAĞ	-5,11	-4,95	-4,46	-3,17	-3,40	-3,48	-1,70	-1,93
KZ04	SOL	-2,62	2,09	1,42	-2,18	-1,86	2,64	-1,63	-1,31
	SAĞ	-2,67	-5,75	-5,08	-1,48	-1,80	-5,20	-0,93	-1,25
KZ05	SOL	-3,39	-1,56	-2,02	-3,16	-3,15	-0,92	-2,52	-2,51
	SAĞ	-2,71	-2,73	-2,27	-1,13	-1,14	-2,49	-0,89	-0,90
KZ06	SOL	-0,45	1,53	1,55	-0,48	-0,68	1,52	-0,49	-0,69
	SAĞ	-1,05	-2,60	-2,62	-0,59	-0,39	-2,48	-0,47	-0,27
KZ07	SOL	-2,17	1,25	1,27	-1,71	-1,76	1,65	-1,31	-1,36
	SAĞ	-2,55	-4,53	-4,55	-1,57	-1,52	-4,02	-1,06	-1,01
KZ08	SOL	-3,36	-2,00	-1,90	-2,81	-2,85	-1,37	-2,18	-2,22
	SAĞ	-1,36	-1,30	-1,40	-0,49	-0,45	-1,13	-0,32	-0,28

Tablo E5 Mevcut durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ09	SOL	-2,57	1,46	2,12	-1,43	-1,75	1,99	2,65	-0,90	-1,22
	SAĞ	-2,66	-5,08	-5,74	-2,19	-1,87	-4,53	-5,19	-1,64	-1,32
KZ10	SOL	-1,90	-0,17	0,40	-1,17	-1,44	0,14	0,71	-0,86	-1,13
	SAĞ	-4,02	-3,95	-4,52	-2,95	-2,68	-3,15	-3,72	-2,15	-1,88
KZ11	SOL	-6,51	-3,45	-2,96	-4,14	-4,37	-1,67	-1,18	-2,36	-2,59
	SAĞ	-5,16	-4,49	-4,98	-3,80	-3,57	-2,99	-3,48	-2,30	-2,07
KZ12	SOL	-1,73	-1,13	-1,07	-1,12	-1,15	-0,91	-0,85	-0,90	-0,93
	SAĞ	-1,44	-1,11	-1,17	-1,12	-1,09	-0,94	-1,00	-0,95	-0,92
KZ13	SOL	1,73	1,13	1,07	1,12	1,15	0,91	0,85	0,90	0,93
	SAĞ	-2,63	-1,77	-1,71	-1,76	-1,79	-1,45	-1,39	-1,44	-1,47
KZ14	SOL	-4,20	-2,81	-3,02	-1,49	-1,39	-2,03	-2,24	-0,71	-0,61
	SAĞ	-3,93	-2,84	-2,63	-4,16	-4,26	-2,09	-1,88	-3,41	-3,51
KZ15	SOL	-2,91	-1,96	-2,07	-1,17	-1,09	-1,50	-1,61	-0,71	-0,63
	SAĞ	-2,91	-2,12	-2,01	-2,91	-2,99	-1,66	-1,55	-2,45	-2,53
KZ16	SOL	-3,93	-2,63	-2,83	-1,30	-1,20	-1,88	-2,08	-0,55	-0,45
	SAĞ	-4,15	-2,99	-2,79	-4,32	-4,42	-2,22	-2,02	-3,55	-3,65
KZ17	SOL	-2,63	-1,71	-1,77	-1,96	-1,93	-1,39	-1,45	-1,64	-1,61
	SAĞ	1,73	1,07	1,13	1,32	1,29	0,85	0,91	1,10	1,07
KZ18	SOL	1,10	1,20	1,14	2,03	2,06	0,95	0,89	1,78	1,81
	SAĞ	-3,70	-3,02	-2,96	-3,85	-3,88	-2,38	-2,32	-3,21	-3,24
KZ19	SOL	-3,70	-2,94	-3,02	-1,30	-1,28	-2,30	-2,38	-0,66	-0,64
	SAĞ	1,12	1,13	1,21	-0,51	-0,53	0,88	0,96	-0,76	-0,78
KZ20	SOL	1,44	1,11	1,17	1,12	1,09	0,94	1,00	0,95	0,92
	SAĞ	-2,49	-1,88	-1,94	-1,89	-1,86	-1,77	-1,83	-1,78	-1,75



Tablo E6 Mevcut durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
KZ21	SOL	-3,50	-2,57	-2,51	-2,32	-1,83	-1,77	-1,58	-1,61
	SAĞ	1,44	1,17	1,11	0,92	1,00	0,94	0,75	0,78
KZ22	SOL	-3,17	-2,06	-2,18	-1,28	-1,91	-2,03	-1,13	-0,70
	SAĞ	1,18	0,68	0,80	-0,10	0,96	1,08	0,18	-0,25
KZ23	SOL	2,36	2,03	2,00	2,63	1,62	1,59	2,22	2,68
	SAĞ	-4,78	-3,68	-3,65	-4,28	-2,63	-2,60	-3,23	-3,69
KZ24	SOL	-4,90	-3,56	-3,26	-1,37	-2,21	-1,91	-0,02	-0,65
	SAĞ	-5,30	-3,39	-3,69	-5,58	-1,94	-2,24	-4,13	-3,50
KZ25	SOL	-2,56	-1,80	-1,68	-1,05	-1,32	-1,20	-0,57	-0,43
	SAĞ	-1,86	-1,29	-1,41	-2,04	-1,06	-1,18	-1,81	-1,95
KZ26	SOL	-2,05	-1,57	-1,44	-0,74	-1,32	-1,19	-0,49	-0,35
	SAĞ	-2,56	-1,66	-1,79	-2,49	-1,19	-1,32	-2,02	-2,16
KZ27	SOL	-5,31	-3,70	-3,42	-1,61	-2,24	-1,96	-0,15	-0,28
	SAĞ	-4,74	-3,15	-3,43	-5,24	-1,85	-2,13	-3,94	-3,81

Tablo E7 Mevcut durum 1. kat kiriş moment değerleri (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K101	SOL	-0,32	0,33	0,16	-0,27	0,39	0,22	-0,21	-0,12
	SAĞ	0,45	0,61	0,50	0,33	0,49	0,38	0,21	0,27
K102	SOL	-2,33	0,21	-0,38	-2,01	0,82	0,23	-1,40	-1,11
	SAĞ	0,61	1,63	1,25	0,18	1,49	1,11	0,04	0,23
K103	SOL	-0,62	0,28	0,37	-0,53	0,40	0,49	-0,42	-0,37
	SAĞ	-3,36	-2,37	-2,36	-2,50	-1,71	-1,70	-1,84	-1,84
K104	SOL	-4,33	-1,70	-1,90	-2,99	-0,68	-0,88	-1,97	-1,87
	SAĞ	0,13	1,83	1,54	0,02	1,81	1,52	0,15	0,14

Tablo E8 Mevcut durum 1. kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K105	SOL	-0,10	0,74	0,74	-0,08	-0,06	0,74	-0,08	-0,06
	SAĞ	0,51	1,23	1,23	0,34	0,36	1,12	0,23	0,25
K106	SOL	-0,33	0,97	0,97	-0,24	-0,22	1,01	-0,20	-0,18
	SAĞ	0,64	2,31	2,32	0,43	0,45	2,18	0,30	0,32
K107	SOL	2,25	1,27	2,25	1,66	1,38	1,78	1,19	0,91
	SAĞ	-0,35	0,53	-0,37	-0,18	-0,40	-0,06	-0,77	-0,99
K108	SOL	-4,32	-1,90	-1,70	-2,96	-3,07	-0,68	-1,94	-2,05
	SAĞ	0,13	1,54	1,83	0,27	0,02	1,80	0,24	-0,01
K109	SOL	-2,33	-0,38	0,22	-1,17	-1,46	0,83	-0,56	-0,85
	SAĞ	0,61	1,25	1,64	0,66	0,47	1,50	0,52	0,33
K110	SOL	-0,29	0,18	0,35	-0,15	-0,24	0,41	-0,09	-0,18
	SAĞ	0,45	0,50	0,61	0,29	0,23	0,49	0,17	0,11
K111	SOL	0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,06	-0,02	-0,03	-0,05
	SAĞ	-1,56	-1,26	-1,36	-1,09	-1,04	-1,42	-1,15	-1,10
K112	SOL	1,36	0,74	0,82	0,21	0,17	0,57	-0,04	-0,08
	SAĞ	3,16	2,24	2,02	3,30	3,40	1,46	2,74	2,84
K113	SOL	-3,14	-2,06	-2,21	-1,08	-1,00	-1,70	-0,57	-0,49
	SAĞ	3,10	2,18	2,02	3,29	3,35	1,52	2,79	2,85
K114	SOL	-3,14	-2,02	-2,23	-1,71	-0,98	-1,67	-1,15	-0,42
	SAĞ	-0,88	-0,51	-0,41	-1,40	-0,95	-0,25	-1,24	-0,79
K115	SOL	1,79	1,32	1,42	1,49	1,44	1,10	1,17	1,12
	SAĞ	-0,03	0,03	0,03	-0,10	-0,10	0,02	-0,11	-0,11
K116	SOL	0,25	0,15	0,14	0,20	0,20	0,07	0,13	0,13
	SAĞ	0,44	0,22	0,22	0,58	0,58	-0,27	0,09	0,09

Tablo E9 Mevcut durum 1. kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
K117	SOL	0,52	0,38	0,39	0,69	0,70	0,27	0,28	0,58	0,59
	SAĞ	-0,44	-0,28	-0,29	-0,27	-0,26	-0,22	-0,23	-0,21	-0,20
K118	SOL	-0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	SAĞ	3,43	2,50	2,60	2,33	2,28	1,82	1,92	1,65	1,60
K119	SOL	-3,19	-2,26	-2,30	-1,38	-1,36	-1,59	-1,63	-0,71	-0,69
	SAĞ	0,74	0,54	0,54	0,59	0,63	0,04	0,04	0,09	0,13
K120	SOL	-0,72	-0,58	-0,59	-0,33	-0,34	-0,52	-0,53	-0,27	-0,28
	SAĞ	3,18	2,29	2,25	3,03	3,05	1,62	1,58	2,36	2,38
K121	SOL	-3,14	-2,39	-2,29	-2,22	-2,27	-1,73	-1,63	-1,56	-1,61
	SAĞ	0,03	-0,03	-0,03	0,10	0,10	-0,02	-0,02	0,11	0,11
K122	SOL	0,67	0,38	0,39	0,76	0,76	0,26	0,27	0,64	0,64
	SAĞ	1,96	1,37	1,23	1,99	1,99	0,98	0,84	1,60	1,60
K123	SOL	0,29	0,38	0,24	-0,03	0,88	0,61	0,47	0,20	1,11
	SAĞ	0,16	0,14	0,24	0,92	0,40	0,24	0,34	1,02	0,50
K124	SOL	-1,06	-1,00	-0,71	0,62	0,99	-0,69	-0,40	0,94	1,31
	SAĞ	2,60	1,61	1,73	2,73	2,67	0,95	1,07	2,07	2,01
K125	SOL	-2,30	-1,55	-1,45	-1,10	-1,15	-0,99	-0,89	-0,54	-0,59
	SAĞ	0,86	0,64	0,72	1,44	1,19	0,53	0,61	1,33	1,08
K126	SOL	-0,88	-0,73	-0,61	0,01	-0,05	-0,62	-0,50	0,12	0,06
	SAĞ	2,23	1,38	1,48	2,01	1,96	0,84	0,94	1,47	1,42
K127	SOL	-2,60	-1,75	-1,63	-0,83	-0,89	-1,10	-0,98	-0,18	-0,24
	SAĞ	1,04	0,69	0,98	2,55	2,42	0,37	0,66	2,23	2,10

Tablo E10 Meveut durum zemin kat kiriş moment değerleri (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ01	SOL	-0,37	-0,08	-0,17	-0,41	-0,37	-0,15	-0,10	-0,34	-0,30
	SAĞ	-0,11	0,19	0,10	-0,23	-0,18	0,21	0,12	-0,21	-0,16
KZ02	SOL	-0,12	2,10	1,39	-0,29	0,05	2,15	1,44	-0,24	0,10
	SAĞ	1,71	3,80	2,94	0,99	1,35	3,69	2,83	0,88	1,24
KZ03	SOL	-3,65	0,02	-0,62	-3,04	-2,64	1,00	0,36	-2,06	-1,66
	SAĞ	0,94	3,08	2,49	0,19	0,57	2,84	2,25	-0,05	0,33
KZ04	SOL	-0,30	3,83	3,14	-0,64	-0,30	3,88	3,19	-0,59	-0,25
	SAĞ	0,64	4,62	3,88	0,09	0,45	4,49	3,75	-0,04	0,32
KZ05	SOL	-1,11	1,11	0,74	-1,18	-1,10	1,31	0,94	-0,98	-0,90
	SAĞ	-1,95	-1,79	-1,65	-2,18	-1,74	-1,39	-1,25	-1,78	-1,34
KZ06	SOL	-0,44	1,42	1,42	-0,33	-0,31	1,43	1,43	-0,33	-0,31
	SAĞ	0,55	2,08	2,08	0,37	0,39	1,96	1,96	0,25	0,27
KZ07	SOL	-0,40	2,44	2,44	-0,27	-0,27	2,50	2,50	-0,22	-0,22
	SAĞ	0,78	4,07	4,17	0,55	0,55	3,91	4,01	0,39	0,39
KZ08	SOL	1,40	1,68	1,82	0,46	0,39	1,24	1,38	0,02	-0,05
	SAĞ	0,69	0,89	0,97	0,33	0,29	0,75	0,83	0,19	0,15
KZ09	SOL	-0,32	3,13	1,46	0,19	-0,14	3,19	1,52	0,25	-0,08
	SAĞ	0,64	3,89	0,01	0,77	0,43	3,75	-0,13	0,63	0,29
KZ10	SOL	-0,12	1,40	1,60	0,13	-0,21	1,45	2,15	0,18	-0,16
	SAĞ	1,71	2,94	3,80	1,45	1,04	2,83	3,69	1,34	0,93
KZ11	SOL	-3,65	-0,82	0,02	-1,94	-2,34	0,16	1,00	-0,96	-1,36
	SAĞ	0,94	1,2	1,15	1,09	0,71	1,21	1,25	0,85	0,47
KZ12	SOL	-0,37	-0,17	-0,09	-0,11	-0,15	-0,10	-0,02	-0,04	-0,08
	SAĞ	-0,10	0,09	0,20	0,08	0,03	0,11	0,22	0,10	0,05

Tablo E11 Mevcut durum zemin kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ13	SOL	-0,33	-0,27	-0,25	-0,08	-0,09	-0,19	-0,17	-0,15	-0,16
	SAĞ	2,27	1,56	1,48	1,36	1,39	1,25	1,17	1,05	1,08
KZ14	SOL	-2,48	-1,43	-1,90	1,70	2,12	-0,92	-1,39	2,21	2,63
	SAĞ	2,74	2,06	1,65	4,74	4,24	1,53	1,12	4,21	3,71
KZ15	SOL	-2,25	-1,44	-1,79	0,26	0,42	-1,06	-1,41	0,64	0,80
	SAĞ	2,25	1,79	1,39	3,40	3,56	1,41	1,01	3,02	3,18
KZ16	SOL	-2,74	-1,65	-2,08	0,75	0,94	-1,12	-1,55	1,28	1,47
	SAĞ	3,17	2,37	1,92	5,63	6,15	1,81	1,36	5,07	5,59
KZ17	SOL	-2,27	-1,48	-1,56	-1,84	-1,81	-1,17	-1,25	-1,53	-1,50
	SAĞ	0,37	0,27	0,29	0,40	0,39	0,17	0,19	0,30	0,29
KZ18	SOL	0,69	0,63	0,61	0,72	0,72	0,51	0,49	0,60	0,60
	SAĞ	2,20	2,26	2,30	1,85	1,80	2,58	2,46	1,70	1,62
KZ19	SOL	-1,91	-2,90	-2,75	-0,42	-0,36	-2,49	-2,79	0,26	0,32
	SAĞ	-0,69	-0,61	-0,63	-0,25	-0,24	-0,49	-0,51	-0,13	-0,12
KZ20	SOL	0,37	0,29	0,27	0,10	0,11	0,19	0,17	0,00	0,01
	SAĞ	2,04	1,46	1,54	1,66	1,63	1,07	1,15	1,27	1,24
KZ21	SOL	-2,04	-1,54	-1,46	-1,18	-1,21	-1,15	-1,07	-0,79	-0,82
	SAĞ	-0,33	-0,25	-0,27	-0,38	-0,37	-0,17	-0,19	-0,30	-0,29
KZ22	SOL	1,30	1,43	1,51	1,91	1,87	1,10	1,18	1,58	1,54
	SAĞ	2,45	2,23	2,34	3,15	3,10	1,69	1,80	3,16	3,13
KZ23	SOL	-1,40	-1,29	-1,20	-0,40	-0,24	-1,50	-1,41	-0,61	-0,45
	SAĞ	0,16	0,28	0,35	1,70	1,65	0,48	0,55	1,58	1,55
KZ24	SOL	-1,1	-1,10	-0,85	2,91	2,62	-0,75	-0,64	3,44	3,15
	SAĞ	2,62	1,50	1,82	3,40	3,20	0,83	1,15	2,75	2,62

Tablo E12 Mevcut durum zemin kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ25	SOL	-2,00	-1,38	-1,22	-0,51	-0,58	-0,89	-0,73	-0,02	-0,09
	SAĞ	1,21	0,78	1,04	2,20	2,09	0,65	0,91	2,07	1,96
KZ26	SOL	-1,00	-0,88	-0,62	0,63	0,52	-0,74	-0,48	0,77	0,66
	SAĞ	1,92	1,12	1,29	2,20	2,10	0,66	0,83	1,74	1,64
KZ27	SOL	-2,67	-1,93	-1,60	0,49	0,33	-1,25	-0,92	1,17	1,01
	SAĞ	1,21	0,63	1,24	5,08	4,79	0,16	0,77	4,61	4,32

Tablo E13 Mevcut durum 1. kat kolon eksenel kuvvet değerleri (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
S101	ÜST	8,74	5,78	5,80	6,76	6,95	4,38	4,40	5,36	5,55
	ALT	-8,74	-5,78	-5,80	-6,76	-6,95	-4,38	-4,40	-5,36	-5,55
S102	ÜST	16,63	10,66	11,04	11,93	11,85	6,90	7,28	8,17	8,09
	ALT	-16,63	-10,66	-11,04	-11,93	-11,85	-6,90	-7,28	-8,17	-8,09
S103	ÜST	12,70	9,54	9,36	9,31	9,37	5,88	5,70	5,65	5,71
	ALT	-12,70	-9,54	-9,36	-9,31	-9,37	-5,88	-5,70	-5,65	-5,71
S104	ÜST	15,78	10,05	10,21	11,33	11,26	6,91	7,07	8,19	8,12
	ALT	-15,78	-10,05	-10,21	-11,33	-11,26	-6,91	-7,07	-8,19	-8,12
S105	ÜST	9,96	8,20	7,91	6,33	6,47	5,92	5,63	4,05	4,19
	ALT	-9,96	-8,20	-7,91	-6,33	-6,47	-5,92	-5,63	-4,05	-4,19
S106	ÜST	10,53	7,02	7,08	7,43	7,40	5,28	5,34	5,69	5,66
	ALT	-10,53	-7,02	-7,08	-7,43	-7,40	-5,28	-5,34	-5,69	-5,66
S107	ÜST	9,20	5,46	5,46	6,43	6,43	3,97	3,97	4,94	4,94
	ALT	-9,20	-5,46	-5,46	-6,43	-6,43	-3,97	-3,97	-4,94	-4,94

Tablo E14 Mevcut durum 1. kat kolon eksenel kuvvet değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S108	ÜST	9,60	6,24	6,71	6,73	4,71	4,71	5,18	5,20
	ALT	-9,60	-6,24	-6,71	-6,73	-4,71	-4,71	-5,18	-5,20
S109	ÜST	7,10	6,34	5,00	5,00	5,31	5,32	3,98	3,98
	ALT	-7,10	-6,34	-5,00	-5,00	-5,31	-5,32	-3,98	-3,98
S110	ÜST	13,33	9,11	9,29	9,32	7,17	7,09	7,35	7,38
	ALT	-13,33	-9,11	-9,29	-9,32	-7,17	-7,09	-7,35	-7,38
S111	ÜST	15,86	10,25	10,63	10,70	7,10	6,94	7,48	7,55
	ALT	-15,86	-10,25	-10,63	-10,70	-7,10	-6,94	-7,48	-7,55
S112	ÜST	9,99	7,95	7,37	7,24	5,58	5,84	5,00	4,87
	ALT	-9,99	-7,95	-7,37	-7,24	-5,58	-5,84	-5,00	-4,87
S113	ÜST	8,74	5,80	5,28	5,49	4,40	4,38	3,88	4,09
	ALT	-8,74	-5,80	-5,28	-5,49	-4,40	-4,38	-3,88	-4,09
S114	ÜST	16,68	11,08	11,02	11,11	7,30	7,11	7,24	7,33
	ALT	-16,68	-11,08	-11,02	-11,11	-7,30	-7,11	-7,24	-7,33
S115	ÜST	12,79	9,43	7,85	7,96	5,75	5,93	4,17	4,28
	ALT	-12,79	-9,43	-7,85	-7,96	-5,75	-5,93	-4,17	-4,28

Tablo E15 Mevcut durum zemin kat kolon eksenel kuvvet değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ01	ÜST	18,49	10,83	11,08	15,28	7,92	8,17	12,37	12,16
	ALT	-18,49	-10,83	-11,08	-15,28	-7,92	-8,17	-12,37	-12,16
SZ02	ÜST	32,66	22,30	22,32	23,01	14,82	14,84	15,53	15,51
	ALT	-32,66	-22,30	-22,32	-23,01	-14,82	-14,84	-15,53	-15,51
SZ03	ÜST	24,23	18,85	18,53	18,92	12,43	12,11	12,50	12,68
	ALT	-24,23	-18,85	-18,53	-18,92	-12,43	-12,11	-12,50	-12,68

Tablo E16 Mevcut durum zemin kat kolon eksenel kuvvet değerleri devamı (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+IQ+IE1	1G+IQ+IE2	1G+IQ+IE3	1G+IQ+IE4	0.9G+IE1	0.9G+IE2	0.9G+IE3	0.9G+IE4	
SZ04	ÜST	25,73	13,41	14,30	20,01	19,63	8,17	9,06	14,77	14,39
	ALT	-25,73	-13,41	-14,30	-20,01	-19,63	-8,17	-9,06	-14,77	-14,39
SZ05	ÜST	21,80	20,23	19,11	12,82	13,14	15,27	14,15	7,86	8,18
	ALT	-21,80	-20,23	-19,11	-12,82	-13,14	-15,27	-14,15	-7,86	-8,18
SZ06	ÜST	21,78	14,04	14,20	15,53	15,46	10,38	10,54	11,87	11,80
	ALT	-21,78	-14,04	-14,20	-15,53	-15,46	-10,38	-10,54	-11,87	-11,80
SZ07	ÜST	18,27	10,76	10,76	12,78	12,78	7,85	7,85	9,87	9,87
	ALT	-18,27	-10,76	-10,76	-12,78	-12,78	-7,85	-7,85	-9,87	-9,87
SZ08	ÜST	21,23	13,56	13,57	14,89	14,89	10,18	10,19	11,51	11,51
	ALT	-21,23	-13,56	-13,57	-14,89	-14,89	-10,18	-10,19	-11,51	-11,51
SZ09	ÜST	14,49	14,38	14,38	10,21	10,21	12,27	12,27	8,10	8,10
	ALT	-14,49	-14,38	-14,38	-10,21	-10,21	-12,27	-12,27	-8,10	-8,10
SZ10	ÜST	21,08	13,71	13,57	14,41	14,48	10,10	9,96	10,80	10,87
	ALT	-21,08	-13,71	-13,57	-14,41	-14,48	-10,10	-9,96	-10,80	-10,87
SZ11	ÜST	25,51	13,83	13,22	15,51	16,39	8,78	8,17	10,46	11,34
	ALT	-25,51	-13,83	-13,22	-15,51	-16,39	-8,78	-8,17	-10,46	-11,34
SZ12	ÜST	21,24	18,75	19,84	16,75	16,22	14,00	15,09	12,00	11,47
	ALT	-21,24	-18,75	-19,84	-16,75	-16,22	-14,00	-15,09	-12,00	-11,47
SZ13	ÜST	18,52	11,09	10,84	10,63	10,85	8,18	7,93	7,72	7,94
	ALT	-18,52	-11,09	-10,84	-10,63	-10,85	-8,18	-7,93	-7,72	-7,94
SZ14	ÜST	35,51	24,35	24,33	24,02	24,04	16,66	16,64	16,33	16,35
	ALT	-35,51	-24,35	-24,33	-24,02	-24,04	-16,66	-16,64	-16,33	-16,35
SZ15	ÜST	26,02	19,63	19,92	15,37	15,18	12,17	12,46	7,91	7,72
	ALT	-26,02	-19,63	-19,92	-15,37	-15,18	-12,17	-12,46	-7,91	-7,72



Tablo E17 Mevcut durum 1. kat kolon moment değerleri (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
S101	ÜST	0,44	1,26	1,13	1,41	1,54	1,12	0,99	1,27	1,40
	ALT	0,82	1,29	1,04	2,39	2,35	1,07	0,82	2,17	2,13
S102	ÜST	0,87	-1,91	-1,10	0,79	0,77	-2,22	-1,41	0,48	0,46
	ALT	1,10	-1,77	-0,93	1,44	1,43	-2,14	-1,30	1,07	1,06
S103	ÜST	1,03	1,83	1,44	2,58	2,22	1,55	1,16	2,30	1,94
	ALT	1,24	2,07	1,66	2,99	2,82	1,74	1,33	2,66	2,49
S104	ÜST	-0,33	-2,45	-2,08	0,84	0,85	-2,38	-2,01	0,91	0,92
	ALT	-1,41	-3,45	-3,03	0,45	0,55	-3,19	-2,77	0,46	0,42
S105	ÜST	-0,36	-2,26	-1,92	1,25	1,14	-2,13	-1,79	1,38	1,27
	ALT	-0,45	-2,25	-1,89	1,40	1,29	-2,12	-1,76	1,70	1,42
S106	ÜST	-0,60	0,26	0,18	1,87	2,07	0,40	0,32	2,01	2,21
	ALT	-0,92	0,40	0,35	1,79	2,18	0,12	0,20	1,98	2,37
S107	ÜST	-0,08	0,92	0,92	1,94	1,99	0,92	0,92	1,94	1,99
	ALT	0,30	1,01	1,01	2,15	2,22	1,00	1,00	2,14	2,21
S108	ÜST	0,50	-2,27	-2,27	1,51	1,39	-2,30	-2,30	1,49	1,37
	ALT	0,50	-2,34	-2,34	1,55	1,55	-2,38	-2,38	1,43	1,41
S109	ÜST	-0,53	-2,04	-2,04	0,91	0,81	-1,91	-1,91	1,05	0,95
	ALT	-0,58	-2,31	-2,31	1,40	1,40	-2,16	-2,16	0,99	0,99
S110	ÜST	0,58	0,99	1,08	2,68	2,88	0,85	0,94	2,54	2,74
	ALT	0,92	1,11	1,19	3,06	3,46	0,92	1,00	2,87	3,27
S111	ÜST	-0,33	-2,08	-2,46	0,84	0,85	-2,01	-2,39	0,91	0,92
	ALT	-1,39	-3,02	-3,44	0,70	0,62	-2,77	-3,19	0,60	0,54
S112	ÜST	0,04	-1,87	-2,00	1,51	1,39	-1,98	-2,11	1,40	1,28
	ALT	0,64	-1,75	-1,71	1,94	1,83	-1,52	-1,88	1,77	1,66

Tablo E18 Mevcut durum 1. kat kolon moment değerleri devamı (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S113	ÜST	-0,43	0,54	0,69	0,82	0,98	0,83	0,96	1,12
	ALT	-0,82	0,35	0,40	1,07	1,22	0,65	1,29	1,44
S114	ÜST	0,98	-1,23	-1,85	0,86	0,84	-2,23	0,48	0,46
	ALT	1,09	-1,14	-1,78	1,43	1,62	-2,15	1,06	1,25
S115	ÜST	-1,08	0,31	0,39	0,91	1,17	0,68	1,20	1,46
	ALT	-1,16	0,40	0,43	1,35	1,18	0,76	1,68	1,51

Tablo E19 Mevcut durum zemin kat kolon moment değerleri (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ01	ÜST	0,40	1,85	1,11	2,99	3,25	1,82	2,96	3,22
	ALT	0,10	1,61	1,09	2,14	2,34	1,53	2,06	2,26
SZ02	ÜST	0,90	-3,83	-2,52	1,19	1,19	-3,88	1,14	1,14
	ALT	0,32	-3,32	-2,13	0,76	0,75	-3,46	0,62	0,61
SZ03	ÜST	0,28	1,77	1,24	3,90	3,61	1,69	3,82	3,53
	ALT	0,57	1,84	1,37	3,20	2,96	1,68	3,04	2,80
SZ04	ÜST	0,24	-3,44	-2,84	1,60	1,57	-3,45	1,59	1,56
	ALT	0,18	-2,92	-2,39	1,54	1,51	-2,97	1,49	1,46
SZ05	ÜST	-0,65	-3,60	-3,00	1,66	1,52	-3,55	1,71	1,57
	ALT	-0,45	-3,28	-2,79	1,50	1,56	-3,18	1,60	1,66
SZ06	ÜST	-0,40	1,32	1,14	3,43	3,67	1,35	3,46	3,70
	ALT	-0,23	1,03	0,90	2,93	3,16	1,12	3,02	3,25
SZ07	ÜST	0,40	1,34	1,35	3,51	3,81	1,33	3,50	3,80
	ALT	-0,22	1,27	1,27	2,97	3,03	1,26	2,96	3,02

Tablo E20 Mevcut durum zemin kat kolon moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ08	0,60	-3,34	-3,34	1,84	1,81	-3,33	-3,33	1,85	1,82
SZ09	0,16	-3,09	-3,10	1,62	1,57	-3,10	-3,11	1,61	1,56
	-0,22	-3,23	-3,20	1,58	1,44	-3,18	-3,15	1,63	1,49
	-0,41	-2,82	-2,82	1,53	1,21	-2,73	-2,73	1,62	1,30
SZ10	0,60	1,26	1,44	3,54	3,79	1,23	1,41	3,51	3,76
	0,23	1,20	1,33	3,18	3,47	1,11	1,24	3,09	3,38
SZ11	0,70	-2,84	-3,44	1,60	1,57	-2,85	-3,45	1,59	1,56
	0,18	-2,40	-2,92	1,54	1,51	-2,45	-2,97	1,49	1,46
SZ12	0,40	-3,01	-3,60	1,66	1,72	-2,96	-3,55	1,71	1,77
	0,39	-2,76	-3,24	1,54	1,60	-2,69	-3,17	1,61	1,67
SZ13	0,30	1,07	1,81	2,95	3,21	1,10	1,84	2,98	3,24
	0,15	1,00	1,52	2,02	2,26	1,05	1,57	2,07	2,31
SZ14	0,30	-2,52	-3,84	1,19	1,19	-2,57	-3,89	1,14	1,14
	0,32	-2,13	-3,33	0,76	0,75	-2,27	-3,47	0,62	0,61
S15	-0,50	0,85	1,39	3,51	3,21	0,93	1,47	3,59	3,29
	-0,62	0,56	1,03	2,37	2,16	0,73	1,20	2,54	2,33

Tablo E21 Mevcut durum 1. kat kolon kesme kuvveti değerleri (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
S101	ÜST	0,43	-0,51	-0,11	1,27	1,37	-0,63	-0,23	1,15	1,25
	ALT	-0,43	0,51	0,11	-1,27	-1,37	0,63	0,23	-1,15	-1,25
S102	ÜST	0,69	-1,33	-0,73	0,14	0,14	-1,57	-0,97	-0,10	-0,10
	ALT	-0,69	1,33	0,73	-0,14	-0,14	1,57	0,97	0,10	0,10
S103	ÜST	0,81	-0,29	-0,22	1,93	1,80	-0,51	-0,22	1,71	1,58
	ALT	-0,81	0,29	0,22	-1,93	-1,80	0,51	0,22	-1,71	-1,58
S104	ÜST	-0,52	-2,04	-1,75	-1,16	-1,14	-1,93	-1,64	-1,05	-1,03
	ALT	0,52	2,04	1,75	1,16	1,14	1,93	1,64	1,05	1,03
S105	ÜST	0,27	-1,31	-1,06	-0,89	-0,81	-1,41	-1,16	-0,99	-0,91
	ALT	-0,27	1,31	1,06	0,89	0,81	1,41	1,16	0,99	0,91
S106	ÜST	-0,54	-0,81	-0,76	1,31	1,45	-0,69	-0,64	1,43	1,57
	ALT	0,54	0,81	0,76	-1,31	-1,45	0,69	0,64	-1,43	-1,57
S107	ÜST	0,05	-0,68	-0,68	-1,45	1,57	-0,68	-0,68	-1,45	1,58
	ALT	-0,05	0,68	0,68	1,45	-1,57	0,68	0,68	1,45	-1,58
S108	ÜST	0,17	-1,66	-1,66	-0,79	-0,77	-1,68	-1,68	-0,81	-0,79
	ALT	-0,17	1,66	1,66	0,79	0,77	1,68	1,68	0,81	0,79
S109	ÜST	-0,39	-1,55	-1,55	-1,25	-1,15	-1,45	-1,45	-1,15	-1,05
	ALT	0,39	1,55	1,55	1,25	1,15	1,45	1,45	1,15	1,05
S110	ÜST	0,54	-0,01	-0,06	2,05	2,18	-0,13	-0,18	1,93	2,06
	ALT	-0,54	0,01	0,06	-2,05	-2,18	0,13	0,18	-1,93	-2,06
S111	ÜST	-0,52	-1,75	-2,24	-1,16	-1,14	-1,64	-2,13	-1,05	-1,03
	ALT	0,52	1,75	2,24	1,16	1,14	1,64	2,13	1,05	1,03
S112	ÜST	-0,28	-1,43	-1,68	-1,26	-1,18	-1,33	-1,58	-1,16	-1,08
	ALT	0,28	1,43	1,68	1,26	1,18	1,33	1,58	1,16	1,08

Tablo E22 Mevcut durum 1. kat kolon kesme kuvveti değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
S113	ÜST	-0,44	-0,70	-1,11	0,68	0,78	-0,99	-0,58	0,80	0,90
	ALT	0,44	0,70	1,11	-0,68	-0,78	0,99	0,58	-0,80	-0,90
S114	ÜST	0,69	-0,73	-1,33	0,13	0,14	-1,57	-0,97	-0,11	-0,10
	ALT	-0,69	0,73	1,33	-0,13	-0,14	1,57	0,97	0,11	0,10
S115	ÜST	-0,85	-1,16	-1,42	0,77	0,66	-1,19	-0,93	1,00	0,89
	ALT	0,85	1,16	1,42	-0,77	-0,66	1,19	0,93	-1,00	-0,89

Tablo E23 Mevcut durum zemin kat kolon kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
SZ01	ÜST	0,15	-1,04	-0,65	1,90	2,06	-1,08	-0,69	1,86	2,02
	ALT	-0,15	1,04	0,65	-1,90	-2,06	1,08	0,69	-1,86	-2,02
SZ02	ÜST	0,48	-2,35	-1,45	-0,27	-0,26	-2,46	-1,56	-0,38	-0,37
	ALT	-0,48	2,35	1,45	0,27	0,26	2,46	1,56	0,38	0,37
SZ03	ÜST	-0,32	-1,30	-0,94	2,11	1,92	-1,21	-0,85	2,20	2,01
	ALT	0,32	1,30	0,94	-2,11	-1,92	1,21	0,85	-2,20	-2,01
SZ04	ÜST	-0,12	-2,42	-2,01	-1,16	-1,13	-2,43	-2,02	-1,17	-1,14
	ALT	0,12	2,42	2,01	1,16	1,13	2,43	2,02	1,17	1,14
SZ05	ÜST	-0,10	-2,37	-1,97	-1,38	-1,28	-2,40	-2,00	-1,41	-1,31
	ALT	0,10	2,37	1,97	1,38	1,28	2,40	2,00	1,41	1,31
SZ06	ÜST	0,30	-0,70	-0,59	2,54	2,73	-0,76	-0,65	2,48	2,67
	ALT	-0,30	0,70	0,59	-2,54	-2,73	0,76	0,65	-2,48	-2,67
SZ07	ÜST	0,03	-0,91	-0,91	2,33	2,40	-0,92	-0,92	2,32	2,39
	ALT	-0,03	0,91	0,91	-2,33	-2,40	0,92	0,92	-2,32	-2,39
SZ08	ÜST	0,03	-2,29	-2,29	-1,12	-1,10	-2,30	-2,30	-1,13	-1,11
	ALT	-0,03	2,29	2,29	1,12	1,10	2,30	2,30	1,13	1,11

Tablo E24 Mevcut durum zemin kat kolon kesme kuvveti değerleri devamı (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+IQ+1E1	1G+IQ+1E2	1G+IQ+1E3	1G+IQ+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ09	ÜST	-0,22	-2,15	-2,15	-1,34	-1,25	-2,10	-1,29	-1,20
	ALT	0,22	2,15	2,15	1,34	1,25	2,10	1,29	1,20
SZ10	ÜST	0,32	-0,58	-0,69	2,56	2,74	-0,64	2,50	2,68
	ALT	-0,32	0,58	0,69	-2,56	-2,74	0,64	-2,50	-2,68
SZ11	ÜST	0,17	-1,81	-2,21	-0,95	-0,93	-1,84	-0,98	-0,96
	ALT	-0,17	1,81	2,21	0,95	0,93	1,84	0,98	0,96
SZ12	ÜST	-0,23	-2,06	-2,45	-1,46	-1,36	-2,01	-1,41	-1,31
	ALT	0,23	2,06	2,45	1,46	1,36	2,01	1,41	1,31
SZ13	ÜST	0,05	-0,71	-1,10	1,84	2,02	-0,69	1,86	2,04
	ALT	-0,05	0,71	1,10	-1,84	-2,02	0,69	-1,86	-2,04
SZ14	ÜST	-0,24	-1,96	-2,86	-0,98	-0,77	-2,01	-1,03	-0,82
	ALT	0,24	1,96	2,86	0,98	0,77	2,01	1,03	0,82
SZ15	ÜST	-0,32	-0,94	-1,30	2,10	1,91	-0,85	2,19	2,00
	ALT	0,32	0,94	1,30	-2,10	-1,91	0,85	-2,19	-2,00

Tablo E25 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	IG+1Q+1E1	IG+1Q+1E2	IG+1Q+1E3	IG+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K101	SOL	-1,94	-1,32	-1,33	-1,35	-1,02	-1,03	-1,05	-1,05
	SAĞ	-2,25	-1,61	-1,60	-1,58	-1,24	-1,23	-1,21	-1,21
K102	SOL	-5,49	-3,44	-3,61	-4,17	-1,94	-2,11	-2,67	-2,58
	SAĞ	-5,11	-3,77	-3,60	-3,04	-2,28	-2,11	-1,55	-1,64
K103	SOL	-3,89	-2,48	-2,56	-2,85	-1,73	-1,81	-2,10	-2,10
	SAĞ	0,93	0,42	0,50	0,79	0,22	0,30	0,59	0,59
K104	SOL	-4,72	-3,01	-3,06	-3,40	-1,90	-1,95	-2,29	-2,26
	SAĞ	-0,49	-0,58	-0,53	-0,19	-0,50	-0,45	-0,11	-0,14
K105	SOL	-0,35	0,21	0,21	-0,25	0,19	0,19	-0,27	-0,27
	SAĞ	-1,13	-1,27	-1,27	-0,81	-1,15	-1,15	-0,69	-0,69
K106	SOL	-2,46	-1,12	-1,12	-1,70	-0,66	-0,66	-1,24	-1,24
	SAĞ	-2,25	-2,15	-2,15	-1,57	-1,70	-1,70	-1,12	-1,12
K107	SOL	5,65	4,06	4,14	4,07	2,93	3,01	2,94	2,90
	SAĞ	-7,75	-5,51	-5,59	-5,52	-3,91	-3,99	-3,92	-3,88
K108	SOL	-4,30	-2,80	-2,75	-2,85	-1,98	-1,93	-2,03	-2,06
	SAĞ	-0,50	-0,54	-0,59	-0,49	-0,45	-0,50	-0,40	-0,37
K109	SOL	-5,50	-3,62	-3,45	-3,32	-2,12	-1,95	-1,82	-1,91
	SAĞ	-5,11	-3,60	-3,77	-3,90	-2,11	-2,28	-2,41	-2,32
K110	SOL	-1,94	-1,33	-1,32	-1,35	-1,03	-1,02	-1,05	-1,05
	SAĞ	-2,25	-1,60	-1,61	-1,58	-1,23	-1,24	-1,21	-1,21
K111	SOL	1,94	1,33	1,32	1,37	1,03	1,02	1,07	1,07
	SAĞ	-2,98	-2,06	-2,05	-2,10	-1,63	-1,62	-1,67	-1,67
K112	SOL	-4,12	-2,85	-2,84	-2,86	-2,11	-2,10	-2,12	-2,14
	SAĞ	-1,45	-1,03	-1,04	-1,02	-0,79	-0,80	-0,78	-0,76

Tablo E26 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K113	SOL	-3,09	-2,15	-2,15	-1,96	-1,65	-1,65	-1,46	-1,45
	SAĞ	-3,07	-2,16	-2,35	-2,35	-1,67	-1,67	-1,86	-1,87
K114	SOL	-2,44	-1,67	-1,66	-1,65	-0,85	-0,84	-0,83	-0,83
	SAĞ	-2,24	-1,67	-1,68	-1,69	-2,11	-2,12	-2,13	-2,13
K115	SOL	-2,98	-2,05	-2,06	-2,08	-1,62	-1,63	-1,65	-1,65
	SAĞ	1,94	1,32	1,33	1,35	1,02	1,03	1,05	1,05
K116	SOL	-1,52	-1,05	-1,05	-1,02	-0,79	-0,79	-0,76	-0,76
	SAĞ	-0,96	-0,67	-0,67	-0,70	-0,44	-0,44	-0,47	-0,47
K117	SOL	-0,96	-0,67	-0,67	-0,62	-0,44	-0,44	-0,39	-0,39
	SAĞ	-1,24	-0,85	-0,85	-0,90	-0,61	-0,61	-0,66	-0,66
K118	SOL	2,25	1,60	1,61	1,58	1,23	1,24	1,21	1,21
	SAĞ	4,68	-3,26	-3,27	-3,24	-2,22	-2,23	-2,20	-2,20
K119	SOL	-4,75	-3,31	-3,26	-3,19	-2,64	-2,59	-2,52	-2,55
	SAĞ	-3,19	-2,24	-2,29	-2,36	-1,59	-1,64	-1,71	-1,68
K120	SOL	-3,22	-2,26	-2,26	-2,08	-1,61	-1,61	-1,43	-1,46
	SAĞ	-4,72	-3,29	-3,29	-3,47	-2,63	-2,63	-2,81	-2,78
K121	SOL	-4,68	-3,27	-3,26	-3,22	-2,23	-2,22	-2,18	-2,18
	SAĞ	2,25	1,61	1,60	1,56	1,24	1,23	1,19	1,19
K122	SOL	-1,81	-1,43	-1,42	-1,24	-1,29	-1,28	-1,10	-1,10
	SAĞ	-0,23	0,02	0,01	-0,17	0,31	0,30	0,12	0,12
K123	SOL	-3,15	-2,08	-2,07	-2,14	-1,56	-1,55	-1,62	-1,63
	SAĞ	-1,55	-1,23	-1,24	-1,17	-1,13	-1,14	-1,07	-1,06
K124	SOL	-4,48	-3,16	-3,08	-2,82	-1,92	-1,84	-1,58	-1,57
	SAĞ	-5,46	-3,61	-3,69	-3,95	-2,12	-2,20	-2,46	-2,47



Tablo E27 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş kesme kuvveti değerleri devamı (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
K125	SOL	-2,67	-1,86	-1,79	-1,65	-1,68	-1,33	-1,26	-1,12	-1,15
	SAĞ	-1,80	-1,26	-1,33	-1,47	-1,44	-1,05	-1,12	-1,26	-1,23
K126	SOL	-1,83	-1,35	-1,28	-1,09	-1,11	-1,13	-1,06	-0,87	-0,89
	SAĞ	-2,69	-1,81	-1,88	-2,07	-2,05	-1,28	-1,35	-1,54	-1,52
K127	SOL	-5,46	-3,69	-3,61	-3,46	-3,48	-2,19	-2,11	-1,96	-1,98
	SAĞ	-4,35	-2,99	-3,07	-3,22	-3,20	-1,79	-1,87	-2,02	-2,00

Tablo E28 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ01	SOL	-1,74	-1,19	-1,22	-1,30	-1,28	-0,97	-1,00	-1,08	-1,06
	SAĞ	-1,43	-1,05	-1,02	-0,94	-0,96	-0,88	-0,85	-0,77	-0,79
KZ02	SOL	-1,93	-0,93	-1,15	-1,75	-1,64	-0,61	-0,83	-1,43	-1,32
	SAĞ	-4,47	-3,49	-3,27	-2,67	-2,78	-2,40	-2,18	-1,58	-1,69
KZ03	SOL	-6,56	-4,04	-4,31	-5,03	-4,99	-2,25	-2,52	-3,24	-3,20
	SAĞ	-5,11	-3,90	-3,63	-2,91	-2,95	-2,41	-2,14	-1,42	-1,46
KZ04	SOL	-2,76	-1,17	-1,43	-2,74	-2,40	-0,59	-0,85	-2,16	-1,82
	SAĞ	-2,50	-2,47	-2,21	-0,90	-1,24	-1,96	-1,70	-0,39	-0,73
KZ05	SOL	-3,88	-2,59	-2,61	-3,07	-2,68	-1,86	-1,88	-2,34	-1,95
	SAĞ	0,44	0,20	0,22	0,68	0,29	0,16	0,18	0,64	0,25
KZ06	SOL	0,02	0,39	0,39	0,01	0,01	0,32	0,32	-0,06	-0,06
	SAĞ	-1,50	-1,45	-1,45	-1,07	-1,07	-1,27	-1,27	-0,89	-0,89
KZ07	SOL	-2,62	-1,22	-1,22	-1,81	-1,81	-0,73	-0,73	-1,32	-1,32
	SAĞ	-2,09	-2,05	-2,05	-1,46	-1,46	-1,63	-1,63	-1,04	-1,04
KZ08	SOL	-3,88	-2,60	-2,58	-2,33	-2,72	-1,87	-1,85	-1,60	-1,99
	SAĞ	0,44	0,21	0,19	-0,06	0,33	0,17	0,15	-0,10	0,29

Tablo E29 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ09	SOL	-2,74	-1,42	-1,17	-1,39	-1,43	-0,85	-0,60	-0,82	-0,86
	SAĞ	-2,48	-2,20	-2,45	-2,23	-2,19	-1,69	-1,94	-1,72	-1,68
KZ10	SOL	-1,95	-1,15	-0,93	-0,95	-1,07	-0,83	-0,61	-0,63	-0,75
	SAĞ	-3,98	-2,97	-3,19	-3,17	-3,05	-2,18	-2,40	-2,38	-2,26
KZ11	SOL	-6,56	-4,29	-4,04	-3,91	-3,95	-2,50	-2,25	-2,12	-2,16
	SAĞ	-5,11	-3,65	-3,90	-4,03	-3,99	-2,16	-2,41	-2,54	-2,50
KZ12	SOL	-1,74	-1,22	-1,19	-1,16	-1,18	-1,00	-0,97	-0,94	-0,96
	SAĞ	-1,43	-1,02	-1,05	-1,08	-1,06	-0,85	-0,88	-0,91	-0,89
KZ13	SOL	1,74	1,22	1,19	1,16	1,18	1,00	0,97	0,94	0,96
	SAĞ	-2,63	-1,85	-1,82	-1,79	-1,81	-1,53	-1,50	-1,47	-1,49
KZ14	SOL	-4,05	-2,81	-2,83	-2,46	-2,44	-2,05	-2,07	-1,70	-1,68
	SAĞ	-4,04	-2,82	-2,80	-3,17	-3,19	-2,05	-2,03	-2,40	-2,42
KZ15	SOL	-2,91	-2,02	-2,06	-1,74	-1,72	-1,56	-1,60	-1,28	-1,26
	SAĞ	-2,04	-1,52	-1,48	-1,80	-1,82	-1,62	-1,58	-1,90	-1,92
KZ16	SOL	-4,04	-2,80	-2,80	-2,46	-2,43	-2,03	-2,03	-1,69	-1,66
	SAĞ	-4,04	-2,82	-2,82	-3,16	-3,19	-2,07	-2,07	-2,41	-2,44
KZ17	SOL	-2,63	-1,82	-1,85	-1,93	-1,91	-1,50	-1,53	-1,61	-1,59
	SAĞ	1,74	1,19	1,22	1,30	1,28	0,97	1,00	1,08	1,06
KZ18	SOL	0,71	0,73	0,80	0,87	0,83	0,56	0,63	0,70	0,66
	SAĞ	-3,28	-2,53	-2,60	-2,67	-2,63	-1,96	-2,03	-2,10	-2,06
KZ19	SOL	-3,28	-2,60	-2,53	-1,92	-1,95	-2,03	-1,96	-1,35	-1,38
	SAĞ	0,76	0,83	0,76	0,15	0,18	0,65	0,58	-0,03	0,05
KZ20	SOL	1,43	1,02	1,05	1,08	1,06	0,85	0,88	0,91	0,89
	SAĞ	-2,80	-1,93	-1,96	-1,99	-1,97	-1,25	-1,28	-1,31	-1,29

Tablo E30 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
KZ21	SOL	-3,47	-2,44	-2,41	-2,33	-1,71	-1,68	-1,60	-1,62
	SAĞ	1,43	1,05	1,02	0,94	0,88	0,85	0,77	0,79
KZ22	SOL	-3,33	-2,57	-2,44	-1,96	-2,40	-2,27	-1,79	-1,85
	SAĞ	1,18	1,08	0,95	0,47	1,35	1,22	0,74	0,80
KZ23	SOL	1,23	0,99	1,12	1,36	1,27	1,40	1,64	1,60
	SAĞ	-3,34	-2,45	-2,58	-2,82	-2,29	-2,42	-2,66	-2,62
KZ24	SOL	-4,90	-3,54	-3,31	-3,04	-2,20	-1,97	-1,70	-1,62
	SAĞ	-5,30	-3,41	-3,64	-3,91	-1,95	-2,18	-2,45	-2,53
KZ25	SOL	-2,53	-1,82	-1,67	-1,32	-1,35	-1,20	-0,85	-0,91
	SAĞ	-1,86	-1,25	-1,40	-1,75	-1,02	-1,17	-1,52	-1,46
KZ26	SOL	-1,94	-1,46	-1,32	-0,94	-1,21	-1,07	-0,69	-0,74
	SAĞ	-2,54	-1,68	-1,82	-2,20	-1,21	-1,35	-1,73	-1,68
KZ27	SOL	-5,49	-3,76	-3,53	-2,92	-2,18	-1,95	-1,34	-1,26
	SAĞ	-4,74	-3,20	-3,43	-4,04	-1,91	-2,14	-2,75	-2,83

Tablo E31 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş moment değerleri (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K101	SOL	-0,09	-0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04
	SAĞ	0,47	0,40	0,34	0,22	0,28	0,22	0,10	0,13
K102	SOL	-2,39	-1,06	-1,40	-2,48	-0,43	-0,77	-1,85	-1,87
	SAĞ	0,58	0,83	0,59	-0,18	0,70	0,46	-0,31	-0,18
K103	SOL	-0,55	-0,10	-0,27	-0,57	0,02	-0,15	-0,45	-0,41
	SAĞ	-3,43	-2,20	-2,25	-2,50	-1,52	-1,57	-1,82	-1,79
K104	SOL	3,88	-2,60	-2,60	-2,70	-1,80	-1,80	-1,90	-1,90
	SAĞ	0,08	0,37	0,25	-0,34	0,40	0,28	-0,31	-0,25

Tablo E32 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
K105	SOL	0,06	0,46	0,46	0,05	0,05	0,43	0,43	0,02	0,02
	SAĞ	0,66	0,91	0,91	0,47	0,47	0,80	0,80	0,36	0,36
K106	SOL	-0,70	0,16	0,16	-0,48	-0,48	0,27	0,27	-0,37	-0,37
	SAĞ	0,39	0,98	0,98	0,28	0,28	0,79	0,79	0,19	0,19
K107	SOL	1,26	1,66	1,22	1,33	1,39	0,72	0,72	0,83	0,89
	SAĞ	1,86	1,48	1,19	1,87	1,75	1,07	1,07	1,75	1,63
K108	SOL	-1,90	-1,61	-1,62	-1,69	-1,69	-1,81	-1,82	-1,89	-1,89
	SAĞ	0,28	0,30	0,42	0,29	0,23	0,31	0,43	0,30	0,24
K109	SOL	-1,40	-0,41	-0,43	-0,19	-0,17	-0,48	-0,43	-0,16	-0,14
	SAĞ	0,78	0,59	0,63	0,98	0,85	0,46	0,60	0,85	0,72
K110	SOL	-0,09	0,02	-0,02	-0,15	-0,14	0,04	0,03	-0,13	-0,12
	SAĞ	0,47	0,34	0,40	0,42	0,39	0,22	0,28	0,30	0,27
K111	SOL	-0,24	-0,11	-0,11	-0,14	-0,14	-0,116	-0,116	-0,146	-0,146
	SAĞ	1,12	1,18	1,17	1,08	1,08	0,86	0,85	0,76	0,76
K112	SOL	-1,11	-0,70	-0,68	-0,65	-0,66	-0,50	-0,48	-0,45	-0,46
	SAĞ	1,46	1,38	1,33	1,38	1,40	1,76	1,71	1,76	1,78
K113	SOL	-1,61	-1,78	-1,80	-1,40	-1,39	-1,34	-1,36	-0,96	-0,95
	SAĞ	1,59	1,79	1,77	1,23	1,24	1,35	1,33	1,79	1,80
K114	SOL	-1,55	-1,76	-1,81	-1,87	-1,85	-1,71	-1,76	-1,82	-1,80
	SAĞ	0,00	0,04	0,04	-0,15	-0,14	-0,23	-0,23	-0,42	-0,41
K115	SOL	-1,12	-1,47	-1,48	-1,50	-1,50	-1,15	-1,16	-1,18	-1,18
	SAĞ	-0,03	0,03	0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02
K116	SOL	0,27	0,19	0,16	0,14	0,15	0,10	0,07	0,05	0,06
	SAĞ	-0,43	-0,24	-0,26	-0,32	-0,30	-0,25	-0,23	-0,17	-0,19

Tablo E33 Güçlendirilmiş durum 1. kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
K117	SOL	0,53	0,34	0,36	0,40	0,44	0,25	0,29	0,33
	SAĞ	-0,16	-0,09	-0,12	-0,15	-0,13	-0,09	-0,12	-0,10
K118	SOL	-0,04	-0,01	-0,01	-0,04	-0,04	-0,02	-0,05	-0,05
	SAĞ	1,22	1,24	1,25	1,24	1,24	1,58	1,57	1,57
K119	SOL	-1,24	-1,21	-1,11	-1,92	-1,97	-1,44	-1,25	-1,30
	SAĞ	-0,03	0,06	0,13	0,16	0,13	0,12	0,15	0,12
K120	SOL	-0,03	-0,16	-0,10	0,16	0,13	-0,09	0,17	0,14
	SAĞ	1,24	1,11	1,22	1,56	1,51	1,55	1,89	1,84
K121	SOL	-1,22	-1,25	-1,24	-1,22	-1,22	-1,57	-1,55	-1,55
	SAĞ	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
K122	SOL	0,67	0,32	0,33	0,52	0,52	0,21	0,40	0,40
	SAĞ	1,03	1,54	1,40	1,46	1,46	1,01	1,07	1,07
K123	SOL	-0,92	-0,65	-0,63	-0,89	-0,89	-0,47	-0,83	-0,83
	SAĞ	0,47	0,45	0,47	0,74	0,72	0,36	0,83	0,81
K124	SOL	-1,09	-0,99	-0,76	-0,01	-0,13	-0,44	0,31	0,19
	SAĞ	1,62	1,67	1,71	1,18	1,16	1,04	1,31	1,29
K125	SOL	-1,27	-1,54	-1,40	-1,20	-1,27	-0,81	-0,61	-0,68
	SAĞ	1,18	0,81	0,92	1,12	1,06	0,80	1,00	0,94
K126	SOL	-1,20	-0,88	-0,84	-0,59	-0,63	-0,71	-0,46	-0,50
	SAĞ	1,14	1,32	1,46	1,83	1,76	0,93	1,30	1,23
K127	SOL	-1,61	-1,71	-1,67	-1,60	-1,62	-1,01	-0,94	-0,96
	SAĞ	1,06	0,74	1,07	1,45	1,53	0,75	1,13	1,21

Tablo E34 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş moment değerleri (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
KZ01	SOL	-0,39	-0,23	-0,26	-0,32	-0,31	-0,19	-0,25	-0,24
	SAĞ	-0,13	0,00	-0,07	-0,24	-0,21	-0,05	-0,22	-0,19
KZ02	SOL	-0,07	0,43	0,23	-0,40	-0,29	0,24	-0,39	-0,28
	SAĞ	2,51	2,40	2,01	0,97	1,18	1,39	0,52	0,80
KZ03	SOL	-3,71	-1,81	-2,25	-2,40	-2,20	-1,25	-1,80	-1,75
	SAĞ	0,77	1,24	0,81	-0,49	-0,27	0,64	-0,66	-0,44
KZ04	SOL	-0,04	0,75	0,46	-0,71	-0,56	0,45	-0,72	-0,57
	SAĞ	0,06	0,81	0,53	-0,60	-0,46	0,52	-0,61	-0,47
KZ05	SOL	-1,30	-0,65	-0,75	-1,20	-1,15	-0,48	-1,22	-1,05
	SAĞ	-0,81	-0,54	-0,54	-0,66	-0,67	-0,29	-0,41	-0,42
KZ06	SOL	0,48	0,73	0,74	0,40	0,40	0,64	0,30	0,30
	SAĞ	0,86	0,98	0,98	0,61	0,61	0,85	0,48	0,48
KZ07	SOL	-0,93	0,19	0,19	-0,64	-0,64	0,35	-0,48	-0,48
	SAĞ	0,20	0,87	0,87	0,15	0,15	0,82	0,10	0,10
KZ08	SOL	0,60	0,55	0,55	0,94	0,94	0,60	0,65	0,65
	SAĞ	0,63	0,62	0,72	0,56	0,52	0,60	0,44	0,40
KZ09	SOL	-0,11	0,40	0,69	0,60	0,43	0,71	0,62	0,45
	SAĞ	0,06	0,53	0,81	0,66	0,52	0,79	0,64	0,50
KZ10	SOL	-0,13	0,12	0,40	0,29	0,16	0,42	0,31	0,18
	SAĞ	2,49	2,00	2,40	1,80	1,70	1,45	1,50	1,46
KZ11	SOL	-3,71	-2,25	-1,80	-1,34	-1,58	-0,80	-0,34	-0,58
	SAĞ	0,85	0,86	0,95	0,90	0,82	0,50	1,20	1,16
KZ12	SOL	-0,39	-0,26	-0,23	-0,22	-0,23	-0,16	-0,15	-0,16
	SAĞ	-0,13	-0,07	0,00	0,06	0,03	0,02	0,08	0,05

Tablo E35 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
KZ13	SOL	-0,38	-0,27	-0,25	-0,21	-0,22	-0,17	-0,15	-0,11	-0,12
	SAĞ	2,37	1,68	1,62	1,55	1,58	1,35	1,29	1,22	1,25
KZ14	SOL	-2,84	-1,96	-1,97	-1,15	-1,14	-1,45	-1,46	-0,64	-0,63
	SAĞ	2,80	2,18	2,15	2,87	2,89	1,62	1,59	2,31	2,33
KZ15	SOL	-2,28	-1,57	-1,67	-0,75	-0,91	-1,19	-1,29	-0,37	-0,53
	SAĞ	2,28	1,67	1,57	2,43	2,47	1,29	1,19	2,05	2,09
KZ16	SOL	-3,14	-2,15	-2,18	-1,56	-1,49	-1,58	-1,61	-0,99	-0,92
	SAĞ	2,51	1,83	1,70	2,01	1,98	1,48	1,46	1,80	2,05
KZ17	SOL	-2,32	-1,58	-1,64	-1,75	-1,72	-1,26	-1,32	-1,43	-1,40
	SAĞ	0,38	0,25	0,27	0,31	0,30	0,15	0,17	0,21	0,20
KZ18	SOL	0,56	0,50	0,50	0,50	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39
	SAĞ	0,50	0,80	0,65	0,30	0,35	0,55	0,48	0,35	0,32
KZ19	SOL	-1,10	-1,15	-1,05	-1,20	-1,15	-1,40	-1,05	-0,81	-0,91
	SAĞ	-0,62	-0,54	-0,54	-0,32	-0,32	-0,40	-0,40	-0,18	-0,18
KZ20	SOL	0,27	0,20	0,18	0,14	0,15	0,17	0,15	0,11	0,12
	SAĞ	1,55	1,10	1,16	1,23	1,20	1,00	1,06	1,13	1,10
KZ21	SOL	-1,65	-1,22	-1,16	-1,05	-1,08	-1,06	-1,00	-0,89	-0,92
	SAĞ	-0,24	-0,16	-0,18	-0,22	-0,21	-0,15	-0,17	-0,21	-0,20
KZ22	SOL	0,50	0,87	1,00	0,90	0,82	0,85	0,98	0,75	0,70
	SAĞ	1,67	0,95	1,08	1,74	1,67	1,08	1,21	1,50	1,58
KZ23	SOL	-1,98	-1,52	-1,39	-1,01	-1,07	-1,27	-1,14	-1,76	-1,02
	SAĞ	0,58	0,60	0,82	1,37	1,25	0,50	0,48	1,27	1,15
KZ24	SOL	-1,50	-1,40	-1,21	-0,25	-0,35	-0,92	-0,80	-0,47	-0,69
	SAĞ	1,29	0,71	0,94	1,44	1,52	0,84	1,07	1,35	1,25

Tablo E36 Güçlendirilmiş durum zemin kat kiriş moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
KZ25	-1,44	-1,07	-0,87	-0,22	-0,52	-0,92	-0,72	-0,25	-0,37
	0,96	0,58	0,81	1,25	1,10	0,62	0,85	1,05	1,35
KZ26	-1,35	-1,06	-0,83	-0,35	-0,26	-0,87	-0,64	-0,15	-0,12
	-1,60	-1,30	-1,07	-0,61	-0,62	-1,03	-0,80	-0,34	-0,35
KZ27	1,69	1,20	0,97	0,34	0,47	1,09	0,86	0,23	0,36
	0,97	0,59	1,12	2,01	2,29	0,63	1,16	2,05	2,03

Tablo E37 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon eksenel kuvvet değerleri (t)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S101	ÜST -7,83	-5,49	-5,38	-6,86	-6,92	-4,22	-4,11	-5,59	-5,65
	ALT 7,83	5,49	5,38	6,86	6,92	4,22	4,11	5,59	5,65
S102	ÜST -16,74	-11,21	-11,41	-12,11	-12,02	-7,42	-7,62	-8,32	-8,23
	ALT 16,74	11,21	11,41	12,11	12,02	7,42	7,62	8,32	8,23
S103	ÜST -12,67	-8,94	-8,85	-8,47	-8,51	-5,30	-5,21	-4,83	-4,87
	ALT 12,67	8,94	8,85	8,47	8,51	5,30	5,21	4,83	4,87
S104	ÜST -8,73	-6,10	-6,04	-5,83	-5,84	-3,50	-3,44	-3,23	-3,24
	ALT 8,11	3,51	4,17	7,04	6,71	1,05	1,71	4,58	4,25
S105	ÜST -9,89	-6,96	-6,90	-6,48	-6,62	-4,70	-4,64	-4,22	-4,36
	ALT 9,93	8,99	8,29	5,12	5,49	6,82	6,12	2,95	3,32
S106	ÜST -9,13	-6,16	-6,36	-5,07	-4,97	-4,65	-4,85	-3,56	-3,46
	ALT 9,55	6,57	6,61	6,76	6,76	5,02	5,06	5,21	5,21
S107	ÜST -8,95	-5,78	-5,81	-6,25	-6,25	-4,33	-4,36	-4,80	-4,80
	ALT 9,42	3,77	3,77	6,59	6,59	2,32	2,32	5,14	5,14



Tablo E38 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon eksenel kuvvet değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	IG+1Q+1E1	IG+1Q+1E2	IG+1Q+1E3	IG+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S108	ÜST	-8,74	-5,72	-6,09	-6,09	-4,21	-4,21	-4,58	-4,58
	ALT	8,34	5,66	5,86	5,86	4,41	4,41	4,61	4,61
S109	ÜST	-6,91	-5,70	-4,85	-4,85	-4,73	-4,73	-3,88	-3,88
	ALT	7,65	8,20	5,39	5,39	7,14	7,14	4,33	4,33
S110	ÜST	-9,11	-6,35	-6,16	-7,68	-4,84	-4,65	-6,17	-6,27
	ALT	9,53	6,60	6,56	6,59	5,05	5,01	5,04	5,04
S111	ÜST	-15,89	-11,14	-11,21	-11,12	-7,98	-8,05	-7,96	-7,93
	ALT	14,96	9,06	8,44	8,86	6,15	5,53	5,95	6,27
S112	ÜST	-9,96	-6,94	-7,00	-7,07	-4,57	-4,63	-4,70	-4,66
	ALT	9,51	8,02	8,71	8,30	6,01	6,70	6,29	5,95
S113	ÜST	-7,82	-5,37	-5,48	-4,09	-4,11	-4,22	-2,83	-2,77
	ALT	7,82	5,37	5,48	4,09	4,11	4,22	2,83	2,77
S114	ÜST	-16,76	-11,42	-11,21	-10,98	-7,63	-7,42	-7,19	-7,28
	ALT	16,76	11,42	11,21	10,98	7,63	7,42	7,19	7,28
S115	ÜST	-12,79	-8,93	-9,02	-8,84	-5,26	-5,35	-5,17	-5,12
	ALT	12,79	8,93	9,02	8,84	5,26	5,35	5,17	5,12

Tablo E39 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon eksenel kuvvet değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	IG+1Q+1E1	IG+1Q+1E2	IG+1Q+1E3	IG+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ01	ÜST	-18,93	-12,84	-12,83	-17,17	-9,85	-9,84	-14,18	-14,19
	ALT	19,07	13,07	12,87	19,13	10,11	9,91	16,17	16,28
SZ02	ÜST	-35,58	-24,29	-24,51	-25,36	-16,59	-16,81	-17,66	-17,72
	ALT	35,58	24,29	24,51	25,36	16,59	16,81	17,66	17,72
SZ03	ÜST	-28,98	-20,24	-20,12	-19,53	-10,84	-10,72	-10,13	-10,19
	ALT	28,98	20,24	20,12	19,53	10,84	10,72	10,13	10,19

Tablo E40 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon eksenel kuvvet değerleri devamı (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
SZ04	ÜST	-26,11	-13,62	-15,25	-22,24	-21,39	-8,46	-10,09	-17,08	-16,23
	ALT	26,16	10,15	13,03	25,06	23,56	4,85	7,73	19,76	18,26
SZ05	ÜST	-23,89	-21,43	-19,67	-12,10	-13,01	-16,17	-14,41	-6,84	-7,75
	ALT	22,55	23,96	20,96	8,40	9,95	19,07	16,07	3,51	5,06
SZ06	ÜST	-23,13	-15,60	-15,69	-16,58	-16,52	-11,75	-11,84	-12,73	-12,67
	ALT	21,10	14,26	14,35	15,13	15,08	10,82	10,91	11,69	11,64
SZ07	ÜST	-19,26	-8,52	-8,53	-13,49	-13,49	-5,57	-5,58	-10,54	-10,54
	ALT	18,51	5,43	5,42	12,94	12,94	2,51	2,50	10,02	10,02
SZ08	ÜST	-22,08	-14,64	-14,85	-15,49	-15,49	-11,24	-11,45	-12,09	-12,09
	ALT	17,83	12,27	12,28	12,52	12,52	9,58	9,59	9,83	9,83
SZ09	ÜST	-15,07	-16,37	-16,36	-10,61	-10,61	-14,20	-14,19	-8,44	-8,44
	ALT	14,61	18,63	18,64	10,30	10,30	16,54	16,55	8,21	8,21
SZ10	ÜST	-22,99	-15,59	-15,50	-15,66	-15,72	-11,75	-11,66	-11,82	-11,88
	ALT	21,10	14,35	14,26	14,39	14,44	10,91	10,82	10,95	11,00
SZ11	ÜST	-26,21	-15,29	-13,67	-14,08	-14,92	-10,02	-8,40	-8,81	-9,65
	ALT	26,16	13,02	10,16	9,26	12,75	7,78	4,92	4,02	7,51
SZ12	ÜST	-23,21	-19,25	-20,98	-20,36	-19,46	-14,25	-15,98	-15,36	-14,46
	ALT	21,96	20,61	23,58	22,29	20,75	16,03	19,00	17,71	16,17
SZ13	ÜST	-18,95	-12,84	-12,85	-9,35	-9,35	-9,85	-9,86	-6,36	-6,36
	ALT	19,08	12,88	13,08	7,59	7,48	9,91	10,11	4,62	4,51
SZ14	ÜST	-32,82	-22,54	-22,32	-21,86	-21,77	-15,02	-14,80	-14,34	-14,25
	ALT	32,82	22,54	22,32	21,86	21,77	15,02	14,80	14,34	14,25
SZ15	ÜST	-29,13	-20,22	-20,35	-19,63	-19,57	-10,80	-10,93	-10,21	-10,15
	ALT	29,13	20,22	20,35	19,63	19,57	10,80	10,93	10,21	10,15

Tablo E41 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon moment değerleri (tm)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S101	ÜST	0,73	0,87	0,58	-0,20	-0,25	0,40	-0,39	-0,24
	ALT	-0,25	0,35	-0,15	0,78	0,64	-0,28	0,88	0,74
S102	ÜST	1,20	0,23	0,50	1,89	1,64	0,38	1,47	1,22
	ALT	-0,65	-0,83	-0,55	1,02	0,95	-0,45	0,85	0,68
S103	ÜST	1,27	1,26	1,11	1,82	1,66	0,77	1,48	1,32
	ALT	1,04	1,05	1,15	1,46	1,53	0,80	1,18	1,25
S104	ÜST	-1,32	-1,77	-1,49	-0,36	-0,41	-1,24	0,29	0,26
	ALT	0,40	-0,26	0,20	0,50	0,46	-0,15	0,46	0,42
S105	ÜST	-0,53	-0,97	-0,78	0,22	0,11	-0,61	0,39	0,28
	ALT	-0,51	-0,52	-0,16	0,46	0,52	-0,34	0,59	0,65
S106	ÜST	-1,45	-0,87	-0,82	-1,26	-0,22	-0,56	-1,00	0,84
	ALT	-0,85	-0,25	-0,35	-0,35	-0,40	-0,28	0,20	-0,55
S107	ÜST	0,09	0,88	0,68	0,38	0,39	0,65	0,35	0,36
	ALT	0,17	0,25	0,20	0,26	0,18	0,12	0,18	0,10
S108	ÜST	0,47	-1,02	-1,02	0,88	0,67	-1,10	0,80	0,69
	ALT	0,27	-0,33	-0,33	0,71	0,66	-0,39	0,66	0,61
S109	ÜST	-0,33	-1,21	-1,21	0,60	0,41	-0,91	0,70	0,51
	ALT	-0,46	-0,52	-0,52	0,75	0,72	-0,43	0,60	0,66
S110	ÜST	1,17	1,00	0,95	1,55	1,60	0,71	1,31	1,36
	ALT	0,40	0,55	0,55	0,94	0,94	0,60	0,65	0,65
S111	ÜST	-1,32	-1,49	-1,77	-1,77	-1,42	-1,52	-1,52	-1,17
	ALT	-0,25	0,30	0,40	0,19	0,15	-0,41	0,18	0,14
S112	ÜST	0,55	-0,45	-0,44	0,95	0,84	-0,61	0,78	0,67
	ALT	0,15	0,31	0,29	0,70	0,75	0,38	0,61	0,66

Tablo E42 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon moment değerleri devamı (tm)

1. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4		
S113	ÜST	-1,32	-0,81	-0,82	0,61	0,66	0,66	-0,73	0,66	0,49	0,4
	ALT	0,59	0,29	0,25	0,44	0,25	0,15	0,15	0,15	0,60	0,36
S114	ÜST	1,20	0,49	0,43	-0,29	-0,35	-0,39	0,27	-0,39	-0,71	-0,47
	ALT	0,95	0,55	0,45	0,44	0,18	0,46	0,35	0,46	0,77	0,55
S115	ÜST	-1,58	-1,33	-1,21	-0,34	-0,3	-0,86	-0,98	-0,86	0,21	0,25
	ALT	-1,26	-1,05	-0,80	-0,25	-0,22	-0,55	-0,66	-0,55	-0,45	-0,48

Tablo E43 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon moment değerleri (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
SZ01	ÜST	-0,30	0,25	-0,25	0,93	1,00	0,30	-0,28	0,90	0,97
	ALT	0,22	0,74	0,35	-0,18	-0,53	0,69	0,30	-0,23	-0,58
SZ02	ÜST	-0,80	-1,24	-0,66	0,95	0,65	-1,34	-0,76	0,95	0,55
	ALT	-0,44	-1,32	-0,67	1,15	0,81	-1,22	-0,57	1,25	0,91
SZ03	ÜST	0,62	0,79	0,65	1,69	1,50	0,62	0,65	1,52	1,33
	ALT	0,30	0,61	0,48	1,91	1,65	0,52	0,39	1,82	1,56
SZ04	ÜST	0,37	-1,02	0,88	1,26	1,03	-1,08	-0,45	1,20	0,97
	ALT	0,38	-0,37	-0,14	0,85	0,78	-0,47	-0,24	0,75	0,68
SZ05	ÜST	-0,24	-1,41	-0,96	0,86	0,62	-1,32	-0,87	0,95	0,71
	ALT	-0,37	-0,88	-0,65	0,76	0,15	-0,78	-0,55	0,86	0,25
SZ06	ÜST	-0,65	-0,60	-0,51	1,97	2,06	-0,40	-0,39	2,09	2,18
	ALT	-0,10	0,43	0,30	-0,37	-0,30	0,46	0,33	-0,35	-0,28
SZ07	ÜST	0,42	1,07	1,07	1,16	1,11	1,00	1,00	1,09	1,04
	ALT	-0,13	0,10	0,10	0,78	0,72	0,12	0,12	0,80	0,74

Tablo E44 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon moment değerleri devamı (tm)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ08	0,22	-1,84	-1,84	0,35	0,35	-1,88	-1,88	0,28	0,28
SZ09	0,09	-0,41	-0,41	0,90	0,80	-0,43	-0,43	0,89	0,79
SZ10	-0,24	-1,08	-1,08	0,50	0,43	-1,06	-1,06	0,53	0,66
SZ11	-0,20	-0,67	-0,67	0,87	0,71	-0,63	-0,63	0,91	0,75
SZ12	0,45	0,35	0,30	2,15	2,24	0,35	0,45	2,09	2,18
SZ13	-0,04	0,34	0,47	0,28	0,21	0,33	0,46	0,27	0,20
SZ14	-0,33	1,04	1,51	1,22	1,01	0,99	1,46	1,17	0,96
SZ15	0,39	-0,14	-0,56	0,86	0,79	-0,24	-0,66	0,76	0,69
SZ16	0,25	0,63	1,08	0,84	0,60	0,72	1,17	0,93	0,69
SZ17	-0,32	-0,63	-1,05	0,80	0,63	-0,56	-0,98	0,87	0,70
SZ18	0,20	0,22	0,35	1,23	1,30	0,25	0,38	1,26	1,33
SZ19	-0,22	0,05	0,44	0,73	0,53	0,10	0,49	0,78	0,58
SZ20	0,93	0,40	0,35	0,63	0,33	0,35	0,32	0,83	0,53
S15	0,42	0,08	0,73	1,16	0,83	0,17	0,82	1,25	0,92
S16	-0,60	-0,64	-0,75	0,86	-0,67	-0,47	0,25	1,03	-0,84
S17	-0,29	-0,43	0,21	1,51	1,25	-0,35	0,29	1,59	1,33

Tablo E45 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon kesme kuvveti değerleri (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4	
S101	ALT	0,45	0,04	0,24	0,79	0,68	-0,08	0,12	0,67	0,56
	ÜST	-0,45	-0,04	-0,24	-0,79	-0,68	0,08	-0,12	-0,67	-0,56
S102	ALT	0,76	-0,04	0,29	1,28	1,10	-0,30	0,03	1,02	0,84
	ÜST	-0,76	0,04	-0,29	-1,28	-1,10	0,30	-0,03	-1,02	-0,84
S103	ALT	0,26	-0,04	0,39	1,02	0,71	0,09	0,52	1,15	0,84
	ÜST	-0,26	0,04	-0,39	-1,02	-0,51	-0,09	-0,52	-1,15	-0,64
S104	ALT	-0,23	-0,36	-0,29	-0,41	-0,38	-0,32	-0,25	-0,37	-0,34
	ÜST	2,31	3,76	3,06	-0,04	0,32	3,33	2,63	-0,47	-0,11
S105	ALT	-0,04	-0,14	-0,19	-0,87	-0,56	-0,20	-0,25	-0,93	-0,62
	ÜST	-0,77	1,36	0,75	-1,99	-1,68	1,48	0,87	-1,87	-1,56
S106	ALT	0,32	-0,05	0,05	0,47	0,06	0,00	0,10	0,52	0,11
	ÜST	2,12	1,76	1,66	-0,92	-1,06	1,35	1,25	-1,33	-1,47
S107	ALT	0,13	0,05	0,05	0,31	0,30	0,03	0,03	0,29	0,28
	ÜST	0,51	2,13	2,14	0,13	0,14	2,02	2,03	0,02	0,03
S108	ALT	0,20	0,21	0,01	-0,33	-0,26	0,17	-0,03	-0,37	-0,30
	ÜST	-1,00	3,77	3,77	-0,24	-0,31	3,87	3,87	-0,14	-0,21
S109	ALT	-0,33	-0,11	-0,35	-0,91	-0,78	-0,04	-0,28	-0,84	-0,71
	ÜST	-0,26	2,10	2,10	0,48	0,35	2,05	2,05	0,43	0,30
S110	ALT	0,58	0,21	0,11	0,17	0,22	0,10	0,00	0,06	0,11
	ÜST	-2,12	-1,28	-1,18	-3,86	-4,00	-0,87	-0,77	-3,45	-3,59
S111	ALT	-0,23	-0,30	-0,36	-0,41	-0,38	-0,26	-0,32	-0,37	-0,34
	ÜST	2,36	3,12	3,79	3,48	2,92	2,67	3,34	3,03	2,47
S112	ALT	-0,27	-0,03	-0,27	-1,02	-0,71	0,06	-0,18	-0,93	-0,62
	ÜST	-0,90	0,68	1,28	0,82	0,51	0,87	1,47	1,01	0,70

Tablo E46 Güçlendirilmiş durum 1. kat kolon kesme kuvveti değerleri devamı (t)

I. KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
S113	ALT	-0,45	-0,38	-0,58	-0,79	-0,68	-0,26	-0,46	-0,56
	ÜST	0,45	0,38	0,58	0,79	0,68	0,26	0,46	0,56
S114	ALT	0,75	0,28	-0,05	0,40	-0,30	0,02	-0,31	-0,56
	ÜST	-0,75	-0,28	0,05	-0,40	0,30	-0,02	0,31	0,56
S115	ALT	-0,85	-0,76	-0,83	0,23	-0,08	-0,54	0,45	0,14
	ÜST	0,85	0,80	0,83	-0,23	0,08	0,58	-0,45	-0,14

Tablo E47 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon kesme kuvveti değerleri (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ01	ALT	0,25	-0,32	-0,01	0,91	0,74	-0,38	-0,07	0,85
	ÜST	1,44	1,51	1,20	-2,31	-2,56	1,36	1,05	-2,46
SZ02	ALT	0,46	-0,57	0,07	1,29	1,06	-0,67	-0,03	1,19
	ÜST	-0,46	0,37	-0,07	-1,29	-1,06	0,47	0,03	-1,19
SZ03	ALT	0,31	-0,07	0,39	1,28	1,11	-0,15	0,31	1,20
	ÜST	-0,31	0,07	-0,39	-1,28	-1,11	0,15	-0,31	-1,20
SZ04	ALT	0,39	-0,08	0,04	-0,16	-0,11	-0,18	-0,06	-0,26
	ÜST	2,26	-1,96	-0,70	-2,28	-0,62	-2,41	-1,15	-2,73
SZ05	ALT	-0,39	-0,65	-0,50	-1,08	-0,95	-0,55	-0,40	-0,98
	ÜST	-2,05	2,07	0,91	-4,26	-3,61	2,50	1,34	-3,83
SZ06	ALT	-0,09	-0,49	-0,38	0,22	0,14	-0,47	-0,36	0,24
	ÜST	0,63	0,86	0,75	-3,99	-3,77	0,68	0,57	-4,17
SZ07	ALT	0,14	0,01	0,01	0,68	0,65	-0,01	-0,01	0,66
	ÜST	1,72	3,35	3,36	0,62	0,65	3,07	3,08	0,34
SZ08	ALT	0,09	-0,21	-0,21	-0,67	-0,78	-0,23	-0,23	-0,69
	ÜST	-0,54	3,02	4,07	0,35	0,46	3,10	4,15	0,43

Tablo E48 Güçlendirilmiş durum zemin kat kolon kesme kuvveti değerleri devamı (t)

ZEMİN KAT	1.4G+1.6Q	1G+1Q+1E1	1G+1Q+1E2	1G+1Q+1E3	1G+1Q+1E4	0.9G+1E1	0.9G+1E2	0.9G+1E3	0.9G+1E4
SZ09	ALT	-0,23	-0,46	-0,46	-0,97	-0,79	-0,42	-0,42	-0,75
	ÜST	-1,32	1,97	1,98	-0,12	-0,30	2,14	2,15	-0,14
SZ10	ALT	0,09	-0,26	-0,37	-0,21	-0,15	-0,28	-0,39	-0,17
	ÜST	-0,63	-0,11	0,00	-4,63	-4,73	0,07	0,18	-4,55
SZ11	ALT	0,39	0,04	-0,08	-0,15	-0,06	-0,06	-0,18	-0,16
	ÜST	2,23	3,83	5,09	4,37	3,72	3,40	4,66	3,29
SZ12	ALT	-0,33	-0,46	-0,61	-0,54	-0,86	-0,39	-0,54	-0,79
	ÜST	-2,01	0,85	2,10	1,43	0,78	1,26	2,51	1,19
SZ13	ALT	-0,25	-0,32	-0,66	-0,92	-0,74	-0,26	-0,60	-0,68
	ÜST	-1,44	-0,87	-0,53	-4,40	-4,60	-0,72	-0,38	-4,45
SZ14	ALT	-0,46	-0,57	-1,21	-1,29	-1,06	-0,47	-1,11	-0,96
	ÜST	0,21	0,41	0,85	1,13	0,90	0,47	0,91	0,96
SZ15	ALT	-0,31	-0,39	-0,49	0,84	0,69	-0,31	-0,41	0,77
	ÜST	0,31	0,39	0,49	-0,87	-0,69	0,31	0,41	-0,77

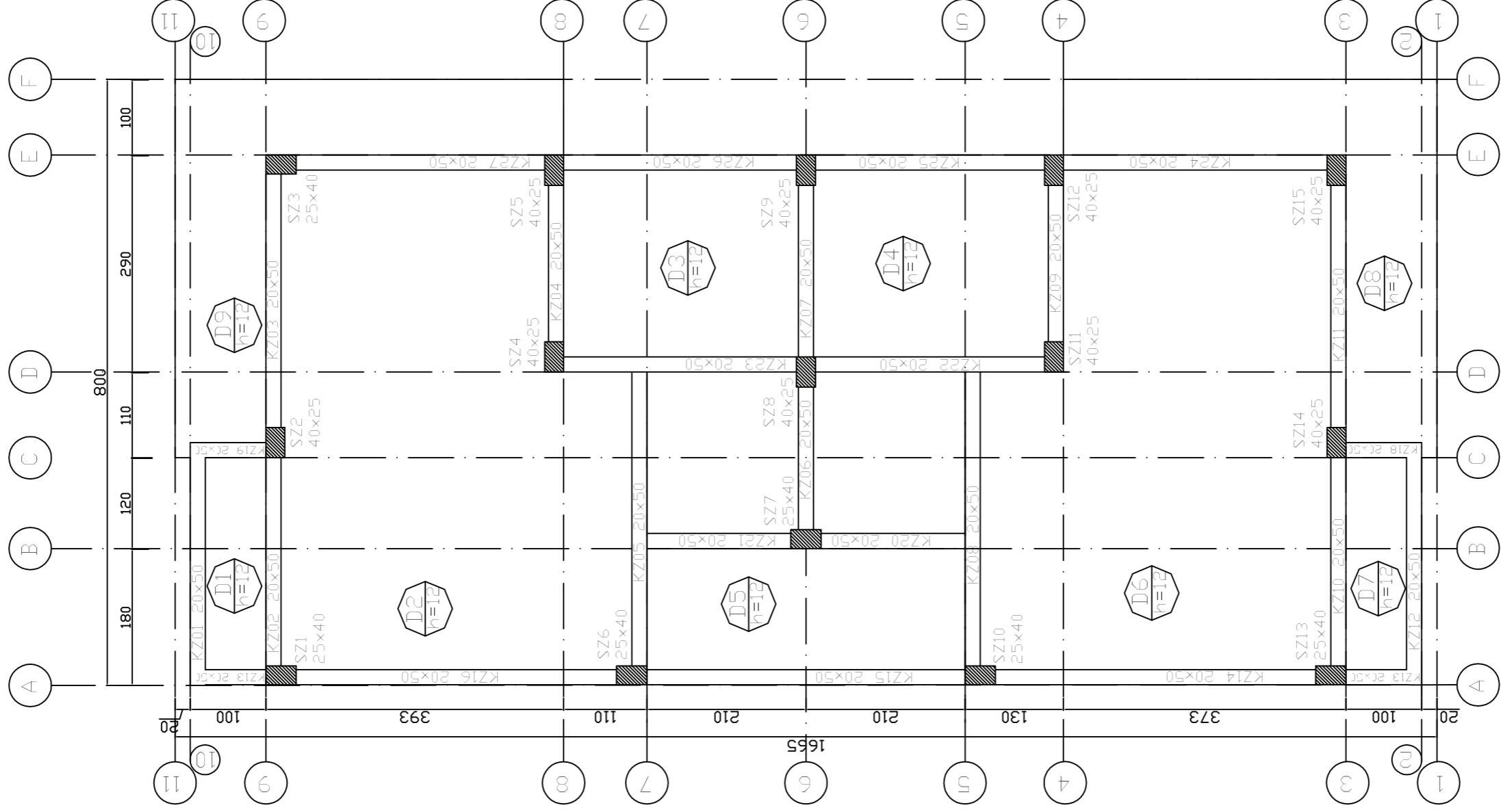


Tablo E49 Diyağonaller için normal kuvvet değerleri (t)

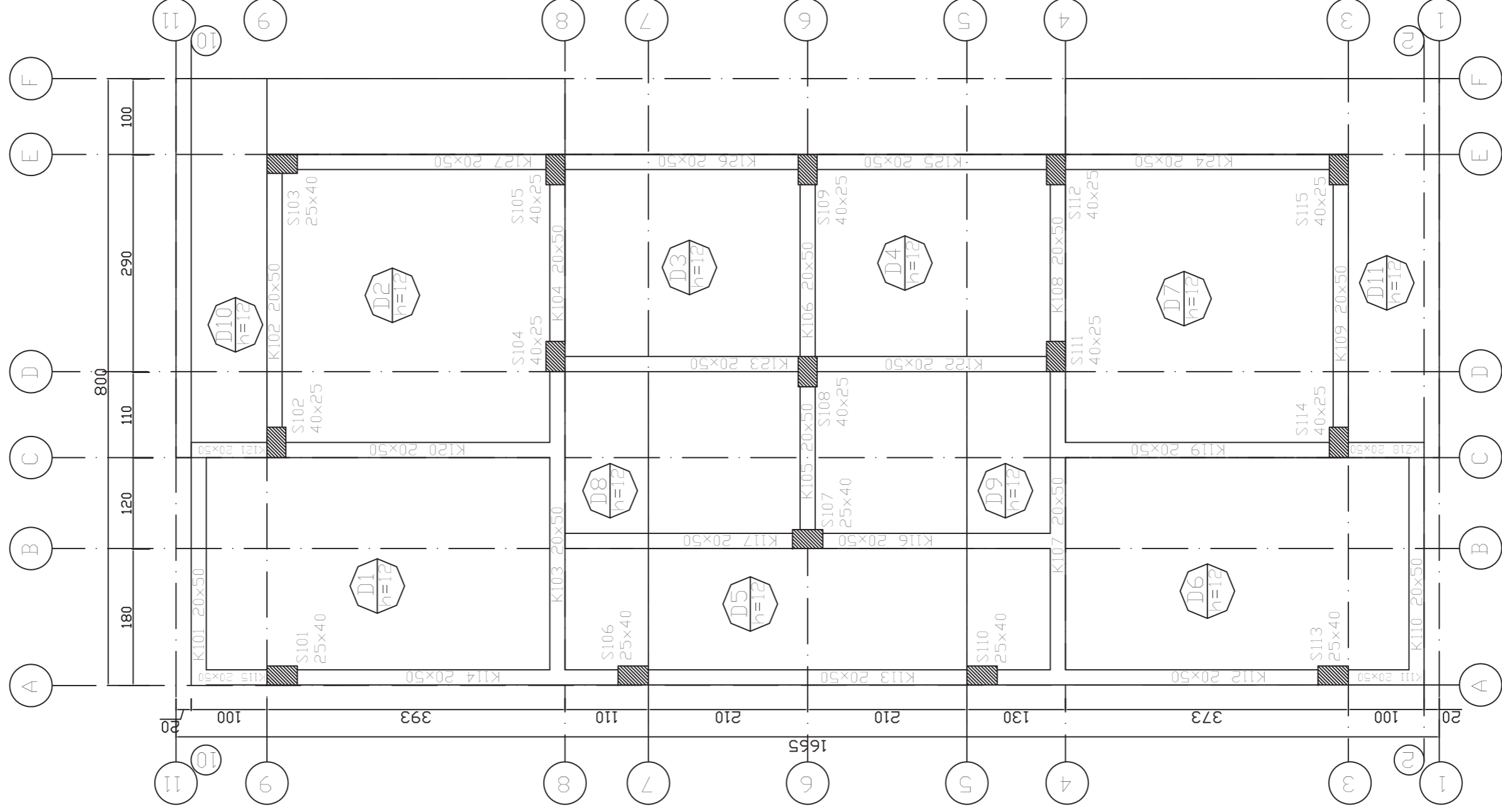
1. kat	1.4G+1.6Q		1.0G+1.0Q+1.0E <sub>1</sub>		E <sub>1</sub>		1.0G+1.0Q+1.0E <sub>2</sub>		E <sub>2</sub>		1.0G+1.0Q+1.0E <sub>3</sub>		E <sub>3</sub>		1.0G+1.0Q+1.0E <sub>4</sub>		E <sub>4</sub>	
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ÇB11	D101	1,68(-)	1,60(+)	2,76(+)	0,72(+)	1,88(+)	3,20(-)	2,04(-)	2,74(-)	1,58(-)								
	D102	3,27(-)	5,26(-)	2,98(-)	4,30(-)	2,02(-)	0,10(+)	2,21(+)	0,57(+)	1,70(+)								
ÇB12	D103	2,66(-)	1,45(+)	3,32(+)	1,45(+)	3,32(+)	1,86(+)	0,10(+)	1,86(+)	0,10(+)								
	D104	1,08(-)	3,63(-)	2,88(-)	3,63(-)	2,88(-)	0,75(-)	0,10(-)	0,75(-)	0,10(-)								
ÇB13	D105	0,86(-)	2,56(+)	3,18(+)	2,56(+)	3,18(+)	0,60(+)	0,10(+)	0,61(+)	0,10(+)								
	D106	1,12(-)	4,16(-)	3,37(-)	4,16(-)	3,37(-)	0,79(-)	0,10(-)	0,79(-)	0,10(-)								
ÇB14	D107	1,54(-)	0,82(+)	1,88(+)	1,69(+)	2,76(+)	0,96(+)	2,03(+)	0,50(+)	1,57(+)								
	D108	3,35(-)	4,36(-)	2,03(-)	5,31(-)	2,98(-)	3,60(-)	2,20(-)	3,40(-)	1,70(-)								
ÇB15	D109	1,20(-)	0,50(+)	0,10(+)	0,72(-)	0,13(-)	2,16(+)	2,75(+)	2,28(+)	2,87(+)								
	D110	1,10(-)	0,15(-)	0,15(-)	0,13(+)	0,12(+)	3,08(-)	3,10(-)	3,24(-)	3,25(-)								
ÇB16	D111	2,64(-)	1,61(+)	0,22(+)	1,94(-)	0,10(-)	1,30(+)	3,15(+)	1,47(+)	3,31(+)								
	D112	2,64(-)	1,94(-)	0,10(-)	1,61(+)	0,23(+)	4,98(-)	3,14(-)	5,15(-)	3,31(-)								
ÇB17	D113	1,10(-)	0,13(+)	0,12(+)	0,15(-)	0,16(-)	3,11(+)	3,10(+)	3,26(+)	3,25(+)								
	D114	1,20(-)	0,74(-)	0,13(-)	0,50(+)	0,10(+)	3,36(-)	2,75(-)	3,48(-)	2,88(-)								
Zemin kat																		
ÇBZ1	DZ01	3,74(-)	2,26(+)	4,86(+)	0,51(+)	3,10(+)	4,62(-)	4,03(-)	4,42(-)	3,10(-)								
	DZ02	4,04(-)	7,74(-)	4,93(-)	5,98(-)	3,16(-)	1,24(+)	4,06(+)	1,31(+)	3,12(+)								
ÇBZ2	DZ03	4,24(-)	1,90(+)	4,87(+)	1,90(+)	4,88(+)	2,96(+)	0,10(+)	2,96(+)	0,10(+)								
	DZ04	3,00(-)	5,55(-)	3,44(-)	5,56(-)	3,45(-)	2,11(-)	0,10(-)	2,12(-)	0,10(-)								
ÇBZ3	DZ05	2,25(-)	2,25(+)	3,84(+)	2,26(+)	3,85(+)	1,57(+)	0,10(+)	1,57(+)	0,10(+)								
	DZ06	2,97(-)	6,87(-)	4,78(-)	6,88(-)	4,79(-)	2,10(-)	0,10(-)	2,10(-)	0,10(-)								
ÇBZ4	DZ07	3,62(-)	0,61(+)	3,12(+)	2,35(+)	4,86(+)	1,48(+)	4,00(+)	0,57(+)	3,08(+)								
	DZ08	4,00(-)	5,96(-)	3,18(-)	7,72(-)	4,94(-)	4,42(-)	4,02(-)	5,88(-)	3,10(-)								
ÇBZ5	DZ09	3,15(-)	1,93(+)	0,28(+)	2,25(-)	0,10(-)	1,21(+)	4,42(+)	2,39(+)	4,60(+)								
	DZ10	2,22(-)	1,70(-)	0,13(-)	1,26(+)	0,30(+)	5,72(-)	4,14(-)	5,95(-)	4,38(-)								
ÇBZ6	DZ11	3,63(-)	2,32(+)	0,22(+)	2,67(-)	0,14(-)	1,68(+)	4,22(+)	1,86(+)	4,40(+)								
	DZ12	3,63(-)	2,68(-)	0,13(-)	2,32(+)	0,21(+)	6,76(-)	4,22(-)	6,95(-)	4,40(-)								
ÇBZ7	DZ13	2,22(-)	1,26(+)	0,30(+)	1,70(-)	0,13(-)	2,57(+)	4,14(+)	2,80(+)	4,38(+)								
	DZ14	3,15(-)	2,25(-)	0,10(-)	1,93(+)	0,28(+)	6,64(-)	4,42(-)	6,82(-)	4,60(-)								

Tablo E50 Diagonaller için normal kuvvet değerleri devamı (t)

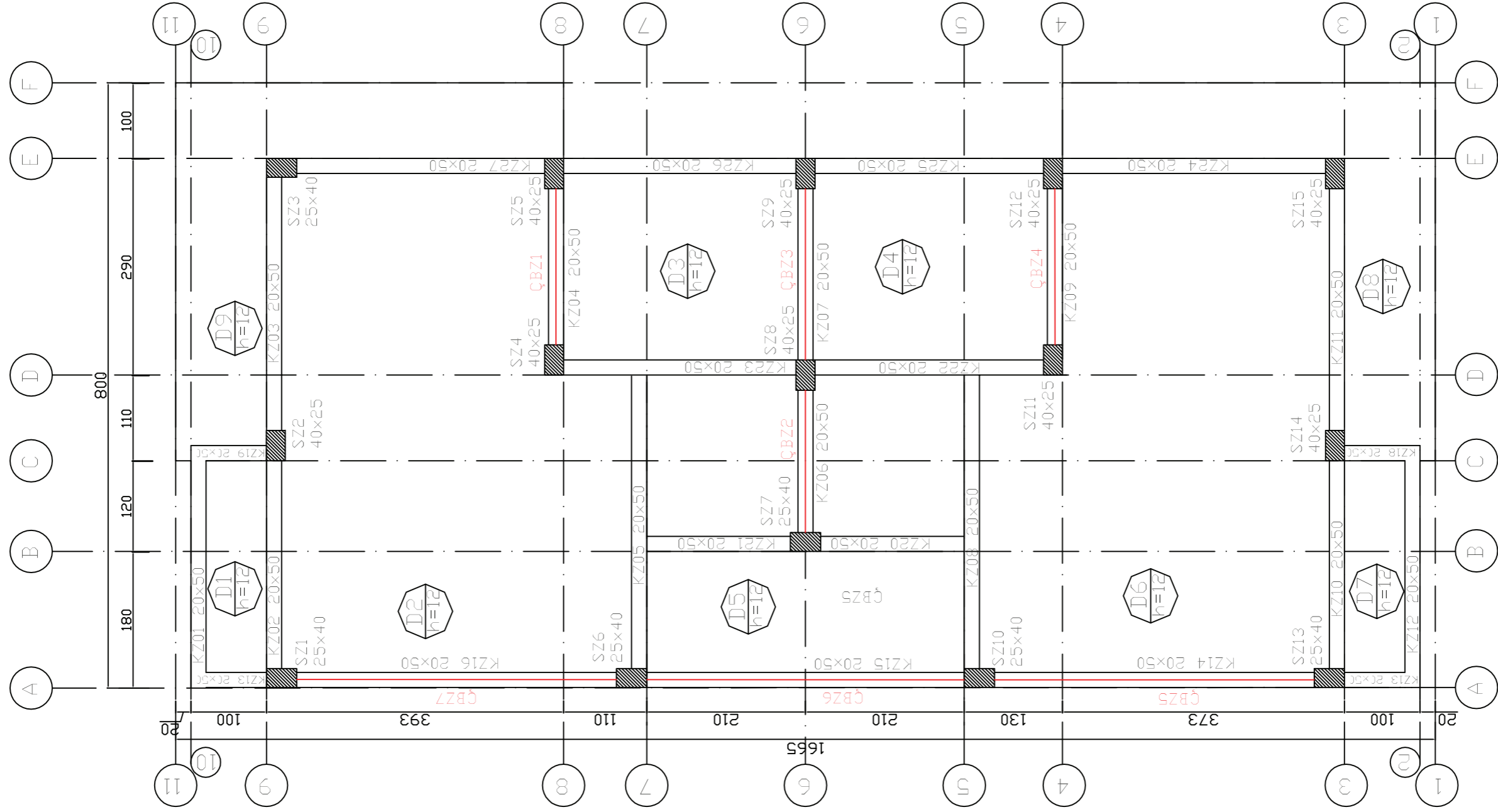
1. kat	0,9G+1,0E <sub>1</sub>		E <sub>1</sub>		0,9G+1,0E <sub>2</sub>		E <sub>2</sub>		0,9G+1,0E <sub>3</sub>		E <sub>3</sub>		0,9G+1,0E <sub>4</sub>		E <sub>4</sub>	
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ÇB11	D101	1,97(+)	2,76(+)	1,10(+)	1,88(+)	2,82(-)	2,04(-)	2,74(-)	1,58(-)							
	D102	4,65(-)	2,98(-)	3,70(-)	2,02(-)	0,53(+)	2,21(+)	0,57(+)	1,70(+)							
ÇB12	D103	1,83(+)	3,32(+)	1,83(+)	3,32(+)	1,48(+)	0,10(+)	1,86(+)	0,10(+)							
	D104	3,42(-)	2,88(-)	3,42(-)	2,88(-)	0,54(-)	0,10(-)	0,75(-)	0,10(-)							
ÇB13	D105	2,59(+)	3,18(+)	2,60(+)	3,18(+)	0,58(+)	0,10(+)	0,61(+)	0,10(+)							
	D106	3,95(-)	3,37(-)	3,95(-)	3,37(-)	0,59(-)	0,10(-)	0,79(-)	0,10(-)							
ÇB14	D107	1,14(+)	1,88(+)	2,01(+)	2,76(+)	1,28(+)	2,03(+)	0,50(+)	1,57(+)							
	D108	3,74(-)	2,03(-)	4,68(-)	2,98(-)	3,90(-)	2,20(-)	3,40(-)	1,70(-)							
ÇB15	D109	0,38(+)	0,10(+)	0,62(-)	0,13(-)	2,26(+)	2,75(+)	2,28(+)	2,87(+)							
	D110	0,23(-)	0,15(-)	0,05(+)	0,12(+)	3,18(-)	3,10(-)	3,24(-)	3,25(-)							
ÇB16	D111	1,16(+)	0,22(+)	1,48(-)	0,10(-)	1,75(+)	3,15(+)	1,47(+)	3,31(+)							
	D112	1,48(-)	0,10(-)	1,16(+)	0,23(+)	4,53(-)	3,14(-)	5,15(-)	3,31(-)							
ÇB17	D113	0,05(+)	0,12(+)	0,23(-)	0,16(-)	3,03(+)	3,10(+)	3,26(+)	3,25(+)							
	D114	0,62(-)	0,13(-)	0,39(+)	0,10(+)	3,25(-)	2,75(-)	3,48(-)	2,88(-)							
Zemin kat																
ÇBZ1	DZ01	3,03(+)	4,86(+)	1,28(+)	3,10(+)	4,20(-)	4,03(-)	3,85(-)	3,10(-)							
	DZ02	6,95(-)	4,93(-)	5,18(-)	3,16(-)	2,03(+)	4,06(+)	1,10(+)	3,12(+)							
ÇBZ2	DZ03	2,52(+)	4,87(+)	2,53(+)	4,88(+)	2,34(+)	0,10(+)	2,34(+)	0,10(+)							
	DZ04	5,09(-)	3,44(-)	5,10(-)	3,45(-)	1,65(-)	0,10(-)	1,65(-)	0,10(-)							
ÇBZ3	DZ05	2,54(+)	3,84(+)	2,54(+)	3,85(+)	1,29(+)	0,10(+)	1,29(+)	0,10(+)							
	DZ06	6,42(-)	4,78(-)	6,43(-)	4,79(-)	1,66(-)	0,10(-)	1,66(-)	0,10(-)							
ÇBZ4	DZ07	1,33(+)	3,12(+)	3,01(+)	4,86(+)	2,24(+)	4,00(+)	1,29(+)	3,08(+)							
	DZ08	5,19(-)	3,18(-)	6,94(-)	4,94(-)	4,22(-)	4,02(-)	3,86(-)	3,10(-)							
ÇBZ5	DZ09	1,46(+)	0,28(+)	1,79(-)	0,10(-)	2,68(+)	4,42(+)	2,30(+)	4,60(+)							
	DZ10	1,42(-)	0,13(-)	0,98(+)	0,30(+)	5,44(-)	4,14(-)	5,68(-)	4,38(-)							
ÇBZ6	DZ11	1,71(+)	0,22(+)	2,06(-)	0,14(-)	2,29(+)	4,22(+)	2,47(+)	4,40(+)							
	DZ12	2,06(-)	0,13(-)	1,71(+)	0,21(+)	6,15(-)	4,22(-)	6,33(-)	4,40(-)							
ÇBZ7	DZ13	0,98(+)	0,30(+)	1,42(-)	0,13(-)	2,85(+)	4,14(+)	3,09(+)	4,38(+)							
	DZ14	1,79(-)	0,10(-)	1,46(+)	0,28(+)	6,18(-)	4,42(-)	6,34(-)	4,60(-)							



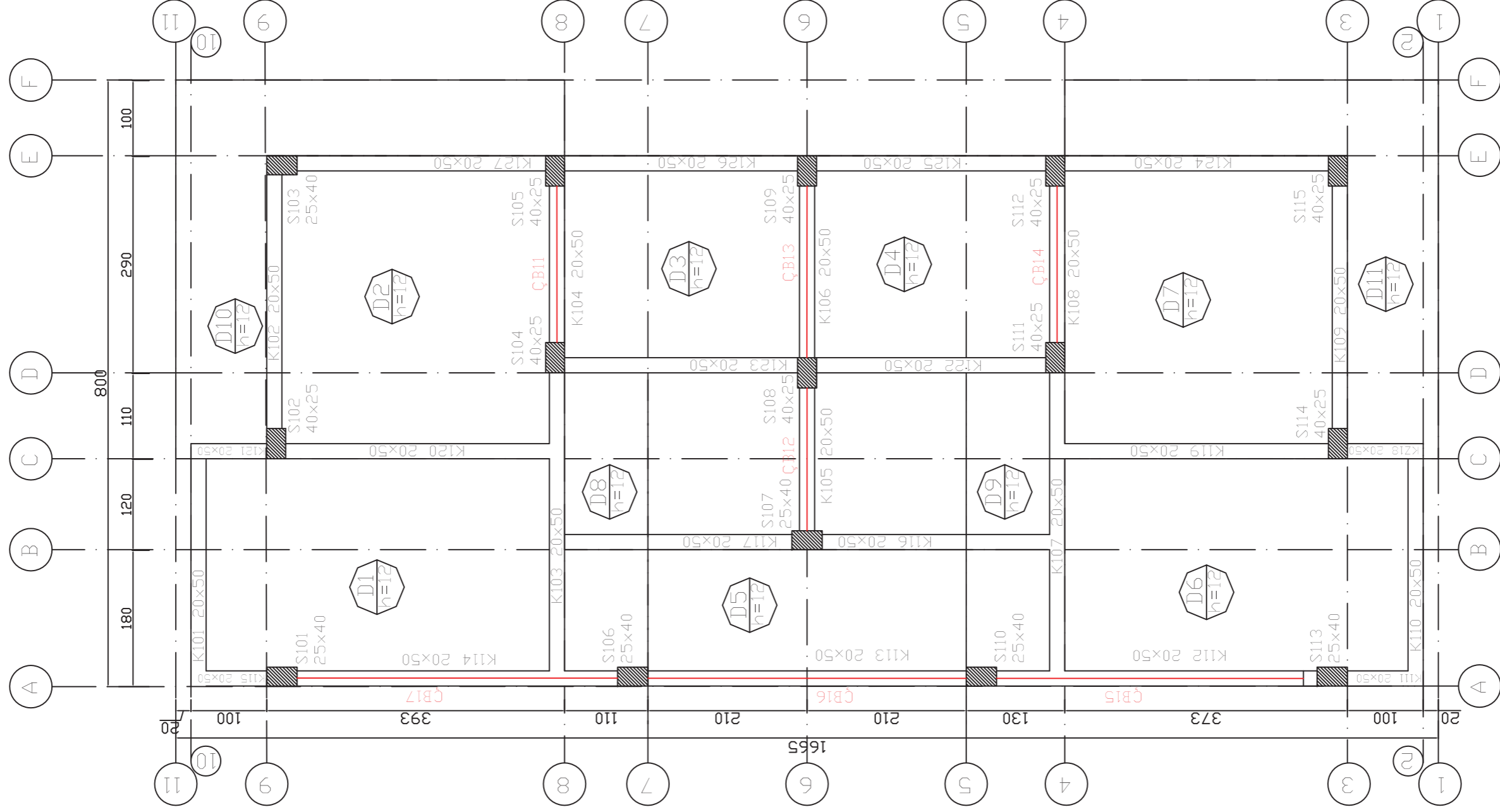
mevcut durum zemin kat planı  
ölçüler cm cinsindedir



mevcut durum 1. kat planı  
ölçüler cm cinsindedir



güçlendirilmiş durum zemin kat planı  
ölçüler cm cinsindedir



güçlendirilmiş durum 1. kat planı ölçüler cm cinsindedir