İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLANDA DÜZENSİZ ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Turgay AKÇA

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: YAPI MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

HAZİRAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLANDA DÜZENSİZ ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Turgay AKÇA
(501011135)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Tülay AKSU ÖZKUL
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. İrfan COŞKUN (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

‘Planda Düzensiz Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı’ adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında bilgi ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyip yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL’a ve bana her zaman maddi ve manevi her türlü desteği veren ailem, Çilem Hanım ve Koray Yapı End. Tic. A.Ş.’ ne teşekkür ederim.

Haziran, 2007 İnş. Müh. Turgay AKÇA

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **viii**
TABLO LİSTESİ **ix**
ŞEKİL LİSTESİ **xii**
SEMBOL LİSTESİ **xiv**
ÖZET **xvii**
SUMMARY **xix**

1.GİRİŞ **1**

2. DEPREM VE ZEMİN ARASINDAKİ İLİŞKİ **2**

3. DEPREM VE YAPI ARASINDAKİ İLİŞKİ **5**
3.1 Kuvvetler ve Yerçekimi 5
3.2 Süre, Hız ve Yerdeğiştirme 6
3.3 Kritik Zemin ve Yapı Özellikleri 7
3.3.1 Zemin özellikleri 7
3.3.1.a Periyot ve büyültme 7
3.3.1.b Sönüm 9
3.3.2 Yapı özellikleri 9
3.3.2.a Süneklik 9
3.3.2.b Devrilme 11
3.3.2.c Dayanım, rijitlik ve yerdeğiştirme 11
3.3.2.d Düzenlilik 12
3.3.2.e Geometri 12
3.3.2.f Taşıyıcı olmayan elemanlar 13
3.3.2.g Yapım aşaması 14
3.3.2.h Taşıyıcı sistem seçimi 14

4. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER **17**
4.1 Düzensizliklerin Genel Tanımı 17
4.2 Mimari Tasarım Aşamasında Oluşturulan Düzensizlik Tipleri ve Önlemler 17
4.2.1 Planda asimetri 17
4.2.1.a Burulma 18
4.2.1.b Gerilme yığılması 18
4.2.2 Plan boyutları 21
4.2.3 Düşeyde simetriklik ve basitlik 22

4.2.3.a Geri çekilerek oluşturulmuş katlar 22
4.2.3.b Geri çekilmenin oluşturduğu düzensizlikleri azaltmanın yöntemleri 23
4.2.4 Konsollar 25
4.2.5 Yükseklik boyunca kütle artışı 25
4.2.6 Yumuşak ve zayıf kat etkileri 26
4.2.7 Binaların yükseklik ve narinlikleri 26
4.2.8 Binaların birleştirilmesi 27
4.2.9 Kademeli katların bulunması 28
4.2.10 Mimari detaylar 29
4.2.10.a Bant pencereler 29
4.2.10.b Merdivenler 31
4.2.10.c Asma katlar 32
4.2.11 Sonuç 33
4.3 Taşıyıcı Sistem Tasarımı Sırasında Oluşturulan Düzensizlikler 33
4.3.1 Kolon yerleşimi 33
4.3.2 Çerçeve oluşumu 34
4.3.3 Döşeme delikleri 34
4.3.4 Kolon ve kiriş rijitliklerinin oranı 35
4.3.5 Perde duvarların planda düzenlenmesi 35

5. DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DÜZENSİZLİKLER AÇISINDAN İNCELENMESİ 36
5.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997 Esaslarına Göre Düzensizlikler 37
5.1.1 Planda düzensizlik durumları 37
5.1.1.a Burulma düzensizliği (A1) 37
5.1.1.b Döşeme süreksizlikleri (A2) 38
5.1.1.c Planda çıkıntılar bulunması (A3) 40
5.1.1.d Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması (A4) 40
5.1.2 Düşey doğrultuda düzensizlik durumları 42
5.1.2.a Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1) 42
5.1.2.b Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2) 43
5.1.2.c Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) 44
5.1.3 Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi 46
5.2 Eartquake Resistant Design Of Structures (Eurocode 8 ENV 1998) 47
5.2.1 Genel 47
5.2.1.1 Kavramsal tasarımın temel şartları 47
5.2.1.2 Taşıyıcı sistemin basitliği 48

5.2.1.3 Düzgünlük ve simetriklik 48
5.2.1.4 Her iki doğrultuda dayanım ve rijitlik 49
5.2.1.5 Burulma dayanımı ve rijitliği 49
5.2.1.6 Kat seviyelerindeki diyafram etkileri 49
5.2.1.7 Yeterli temel 50
5.2.2 Yapısal düzenlilik 50
5.2.3 Analiz yöntemi seçimi 50
5.2.4 Planda düzenlilik için kriterler 51
5.2.5 Düşeyde düzenlilik için kriterler 52
5.2.6. Burulma Etkilerinin Yaklaşık Hesabı 54
5.2.6.a Kriterler 54
5.2.6.b Yaklaşık hesab 54
5.2.7 Binanın doğal titreşim periyodu 56
5.2.7.a Metod A 56
5.2.7.b Metod B 56
5.3 Üniform Building Code (1997) 57
5.3.1 Düzensiz yapılar 57
5.3.2 Düşeyde düzensiz yapılar 57
5.3.2.a Düzensizlik tipleri ve tanımları 57
5.3.3 Yatayda düzensiz yapılar 59
5.3.3.a Düzensizlik tipleri ve tanımları 59
5.3.4 Binanın doğal titreşim periyodu 62
5.3.4.a Metod A 62
5.3.4.b Metod B 62

6. PLANDA DÜZENSİZLİĞİ OLAN PERDE ÇERÇEVELİ BİR BETONARME YAPININ SAP2000 PROGRAMI İLE TASARIMI 64
6.1 Binaya Ait Genel Özellikler 64
6.2 Kat Planları 64
6.3 Döşemenin Çalışma Şeklinin Belirlenmesi ve Kalınlığının Hesabı 67
6.4 Döşemelerdeki Hareketli ve Sabit Yükler 70
6.5 Döşeme Statik ve Betonarme Hesapları 71
6.5.1 Balkon döşemesinin hesabı 73
6.6 Kirişlerin Ön Boyutlandırılması 79
6.7 Kolonların Ön Boyutlandırılması 80
6.7.1 Duvar yükleri 81
6.7.3 Kolon yükleri 82
6.7.4. Düşey Taşıyıcı Elemanların Rijitlik Dağılımlarının Hesaplanması 90

7. YAPININ MODELLENMESİ VE DEPREM YÜKLERİNE GÖRE ANALİZİ 93
7.1 Kirişlere Gelen Yüklerin Saptanması 93
7.1.1 Duvarlardan, balkondan ve kirişlerin kendi ağırlığından gelen kiriş yükleri 93
7.1.2 Döşemelerden gelen kiriş yükleri 94
7.1.3 Kiriş enkesit geometrileri 95
7.2 Kütle ve rijitlik merkezinin bulunması 95
7.2.1 Rijitlik merkezinin bulunması 96
7.2.2 Kütle merkezinin bulunması 98
7.3 Kat Ağırlıklarının Bulunması 99
7.4 Kat Kütlesinin ve Dönme Atalet Kütlesinin Bulunması 100
7.5 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi 101
7.5.1 X yönünde eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 102
7.5.2 Y yönünde eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 104
7.5.3 Yük kombinasyonları 105
7.6 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri 106
7.6.1 Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü 106
7.6.2 B2 yumuşak katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü 108
7.6.3 Göreli kat ötelemeleri kontrolü 110
7.6.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 112
7.7 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması 114
7.7.1 Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri 114
7.8 Mod Birleştirme Yöntemi ile Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Karşılaştırılması 118
7.8.1 Burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması 122
7.8.2 Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği karşılaştırılması 123
7.8.3 Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması 124
7.8.4 İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması 125

8. BETONARME HESAPLAR 127
8.1 Kiriş Betonarme Hesapları 128
8.1.1 Kiriş eğilme (boyuna) donatısı hesabı 128
8.1.2 Kiriş kesme (enine) donatısı hesabı 130
8.2 Kolon Betonarme Hesapları 133
8.2.1 Kolon boyuna donatı hesabı 133
8.2.2 Kolon enine donatı hesabı 135
8.2.3 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu 153
8.2.4 Kolon-Kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği 180

8.3 Perde Betonarme Hesapları 183
8.4 Temel Betonarme Hesapları 189
8.4.1 Temel plağı kalınlığı hesabı 189
8.4.2 Temel alanının belirlenmesi ve gerilme tahkiki 190
8.4.3 Temel eğilme (boyuna) donatısı hesabı 191

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 200

KAYNAKLAR 202

ÖZGEÇMİŞ 203

EK LİSTESİ 204

KISALTMALAR

A.B.Y.Y.H.Y.	**:**	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TS-500	**:**	Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS-498	**:**	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
EUROCODE8	**:**	Eartquake Resistant Design Of Structure
SAP2000	**:**	Structural Analysis Programme 2000

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1	Yapıda bulunan düzensizliğe karşı seçilecek analiz yöntemi ……	51
Tablo 6.1	Normal kat döşeme donatısının hesabında kullanılacak momentler	72
Tablo 6.2	Çatı katı döşeme donatısının hesabında kullanılacak momentler	73
Tablo 6.3	Normal kat döşeme açıklık donatıları hesabı ……...	78
Tablo 6.4	Normal kat döşeme mesnet donatıları hesabı ……...	79
Tablo 6.5	Kolon ön boyutlandırılması ……..	88
Tablo 7.1	Kirişlere duvar, kiriş, balkon ve parapetlerden gelen sabit yükler	93
Tablo 7.2	Kiriş enkesit geometrileri ve tabla genişlikleri …….	96
Tablo 7.3	Yapının kütle ve rijitlik merkezleri ……	99
Tablo 7.4	Yapısal analiz sonucu bulunan periyotlar ve kütle katılım oranları ……	101
Tablo 7.5	X yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması …..	103
Tablo 7.6	Y yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması ….	105
Tablo 7.7	EXN yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü ….	107
Tablo 7.8	EXP yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü …..	107
Tablo 7.9	EYN yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü ….	108
Tablo 7.10	EYP yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü …..	108
Tablo 7.11	EXN yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü …….	109
Tablo 7.12	EXP yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü ……	109
Tablo 7.13	EYN yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü ……	110
Tablo 7.14	EYP yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontorlü ……	110
Tablo 7.15	EXN yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemeleri kontrolü ...	111
Tablo 7.16	EXP yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemeleri kontrolü …	111
Tablo 7.17	EYN yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemeleri kontrolü ...	111
Tablo 7.18	EYP yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemeleri kontrolü …	112
Tablo 7.19	EXN yüklemesinde x yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü	112
Tablo 7.20	EXP yüklemesinde x yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü	113
Tablo 7.21	EYN yüklemesinde y yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü	113
Tablo 7.22	EYP yüklemesinde y yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü	113

Tablo 7.23 -DepremX yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği karşılaştırılması …… 115
Tablo 7.24 DepremX yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği karşılaştırılması …… 115
Tablo 7.25 -DepremY yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği karşılaştırılması …… 115
Tablo 7.26 DepremY yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği karşılaştırılması …… 116
Tablo 7.27 -DepremX yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rij.düz.k. 116
Tablo 7.28 DepremX yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rij.düz.k. 116
Tablo 7.29 -DepremY yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rij.düz.k. 117
Tablo 7.30 DepremY yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rij.düz.k. 117
Tablo 7.31 -DepremX yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kont. 117
Tablo 7.32 DepremX yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kont. 118
Tablo 7.33 -DepremY yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kont. 118
Tablo 7.34 DepremY yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kont. 118
Tablo 7.35 X yönünde yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması ……. 119
Tablo 7.36 Y yönünde yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması ……. 120
Tablo 7.37 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması ……. 122
Tablo 7.38 Periyotların karşılaştırılması …….. 122
Tablo 7.39 Burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması ……. 123
Tablo 7.40 Komşu katlar arasında rijitlik düzensiliği karşılaştırılması … 124
Tablo 7.41 Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması ……. 125
Tablo 7.42 İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması ……. 126
Tablo 8.1 X yönünde katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5) 127
Tablo 8.2 X yönünde katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5) 127
Tablo 8.3 Y yönünde katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5) 128
Tablo 8.4 Y yönünde katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5) 128
Tablo 8.5 Kat kirişleri enine donatı hesabı …… 133
Tablo 8.6 Kolon enine donatı hesabı ……. 151
Tablo 8.7 Zemin ve 1. normal kat kolonları boyuna donatısı hesabı …. 152
Tablo 8.8 Temel donatı hesabı ……... 199
Tablo A.1 Çatı katı döşemelerinden kirişlere gelen sabit yayılı yüklerin hesaplanması …….. 206
Tablo A.2 Normal kat döşemelerinden kirişlere gelen sabit yayılı yüklerin hesaplanması ……. 207
Tablo A.3 Çatı katı döşemelerinden kirişlere gelen hareketli yüklerin hesaplanması ……. 208

Tablo A.4 Normal kat döşemelerinden kirişlere gelen hareketli yüklerin hesaplanması …….. 209
Tablo B.1 Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı …….. 211

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 3.1	Kuvvet-deformasyon diyagramı ……..	10
Şekil 3.2	Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki idealleştirilmiş davranışları …….....	16
Şekil 4.1	Burulmaya yol açan durumlar ……...	18
Şekil 4.2	L biçiminde geometriye sSahip bir binanın köşe bölgelerinde gerilme yığılması ……..	19
Şekil 4.3	Plan geometrisinin derzlerle düzeltilmesi …….	19
Şekil 4.4	Dar açılı bir köşenin birleştirilmesi ……	20
Şekil 4.5	Tokyo'da yüksek bir bina ……..	20
Şekil 4.6	Dar açılı köşenin güçlendirilmesi ……..	21
Şekil 4.7	Enlemesine ve boylamasına rijitlik farklılıklarının sınırlandırılması …….	21
Şekil 4.8	Kısa yön doğrultusundaki rijitliği artırmak için çelik çaprazlama elemanlar yerleştirilmiş yüksek bir bina ……	22
Şekil 4.9	Geri çekilmelerin alt katlarda oluşturduğu gerilme yığılmaları ..	23
Şekil 4.10	A.B.D.'inde narin çekme katlara sahip binadaki hasar oluşumu	23
Şekil 4.11	Çekme Katlardan Oluşmuş Yapıların Bölünmeleri ……	24
Şekil 4.12	Taşıyıcı elemanların kademe kademe geri çekilmesi ……..	24
Şekil 4.13	Çekme katların açılı olarak düzenlenmesiyle oluşturulmuş bir yüksek bina ……..	24
Şekil 4.14	Ters sarkaç formundaki yapılar ……	25
Şekil 4.15	Tokyo'da bir polis merkezi ……..	25
Şekil 4.16	İki ayrı binanın birbirlerine merdivenlerle birleştirilmesi sonucu oluşan hasarlar ……..	28
Şekil 4.17	Kademeli katlara sahip bina ……..	29
Şekil 4.18	Kısa kolon hasarı ……...	29
Şekil 4.19	Bant pencerelerden dolayı kısa kolon oluşumu …….	30
Şekil 4.20	Kısa kolon kırılmasının önlenmesi için perde duvar-kolon bağlantısının inceltilmesi ……..	30
Şekil 4.21	Merdivenli bir aksın çerçeve rijitliğine katkısı …….	31
Şekil 4.22	Asma katlar ……	32

Şekil 4.23 Deprem açısından uygun kolon yerleştirme biçimi ……..... 33
Şekil 4.24 Kiriş akslarının şaşırtmalı olması sonucu kolonların gereğinden büyük yapılması ……..... 34
Şekil 5.1 Burulma düzensizliği tanımı ……. 38
Şekil 5.2 Döşeme süreksizliği tanımı ……... 39
Şekil 5.3 Döşemenin sonlu elemanlarla analizi ……..... 39
Şekil 5.4 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği ……... 40
Şekil 5.5 Ortogonal olmayan düzensizlik ……. 41
Şekil 5.6 Kesme alanlarından dolayı zayıf kat …….. 43
Şekil 5.7 Yerdeğiştirmelerden dolayı yumuşak kat ……... 44
Şekil 5.8 Düşey taşıyıcı elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler …….. 46
Şekil 5.9 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği …… 51
Şekil 5.10 Geri çekmeler için sınır koşullar …… 52
Şekil 5.11 Geri çekmeler için sınır koşullar …… 53
Şekil 5.12 Geri çekme kademe kademe yapılacaksa sınır koşullar …….. 53
Şekil 5.13 F_i yatay kuvvetin eksantirisitesinin belirlenmesi …… 55
Şekil 5.14 L_x>0.15 L olması durumunda Tip2 düzensizliği …… 60
Şekil 5.15 Döşeme süreksizliği tanımı …… 61
Şekil 6.1 Bodrum kat tavan kalıp planı ……. 65
Şekil 6.2 Normal kat tavan kalıp planı ……... 66

SEMBOL LİSTESİ

A(T) **:** Spektral ivme katsayısı

A_0 **:** Etkin yer ivme katsayısı

A_c **:** Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

A_{ch} **:** Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı

$\sum A_g$ **:** Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı

$\sum A_k$ **:** Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanının (kapı ve pencere boşlukları alanı hariç) toplamı

A_{sh} **:** s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan b_k' ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı

A_t **:** Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan (m^2)

$\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolonlarının enkesitlerinin gövde alanlarının (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç) toplamı

A_{wj} **:** Binanın temel üstündeki ilk katında j' inci perdenin brüt enkesit alanı (m^2)

b_j **:** Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanın iki katı (kiriş genişliği ile birleşiminin derinliğinin toplamını geçemez).

B_{ax} **:** Düşey taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultudaki depremden dolayı oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} **:** Düşey taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremden dolayı oluşan iç kuvvet büyüklüğü

C_t **:** Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı

C_z **:** Zemin yatak katsayısı

D_i **:** Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i' inci katta $\pm$ %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı

e_0 **:** M kütle merkezi ile S rijitlik merkezi arasındaki mevcut dışmerkezlik

e_1 **:** Kat kütlesinin ek dışmerkezliği

$\mathbf{e_2}$ **:** Eş zamanlı öteleme burulma titreşimlerinin dinamik etkilerini göz önüne almak için hesaba katılan dışmerkezlik

$\mathbf{e_{li}}$ **:** Yapım aşamasında kat kütle dağılımının düzgün olmamasını göz önüne alan muhtemel dışmerkezlik

$\mathbf{H_{cr}}$ **:** Kritik perde yüksekliği

$\mathbf{H_N}$ **:** Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği) [m].

$\mathbf{H_w}$ **:** Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

$\mathbf{L_i}$ **:** i' inci katın plan doğrultusundaki toplam uzunluğu

$\mathbf{l_n}$ **:** Kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı

$\mathbf{l_p}$ **:** Kirişte iki moment sıfır noktası arası mesafe

$\mathbf{l_s^2}$ **:** Katın plandaki dönme atalet yarıçapının karesi

$\mathbf{l_w}$ **:** Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

$\mathbf{l_{wj}}$ **:** Binanın temel üstündeki ilk katında j' inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu (m).

m **:** Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı

$\mathbf{M_d}$ **:** Hesap eğilme momenti

$\mathbf{M_i}$ **:** i' inci katın toplam kütlesi

$\mathbf{M_{ri}, M_{rj}}$ **:** i ve j uçları taşıma gücü momenti

$\mathbf{M_{ym}, M_{ya}}$ **:** y doğrultusundaki moment ve açıklık momentleri

$\mathbf{M_{xm}, M_{xa}}$ **:** x doğrultusundaki mesnet ve açıklık momentleri

$\mathbf{N_d}$ **:** Yük katsayıları kullanılarak ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet

$\mathbf{N_{dmax}}$ **:** Yük katsayıları kullanılarak, sadece düşey yüklere göre ve deprem yükler ve deprem yüklerine göre hesaplana eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü

$\mathbf{P_d}$ **:** Düzgün yayılı döşeme tasarım yükü

$\mathbf{r^2}$ **:** Kat burulma rijitliğinin kat öteleme rijitliğine oranı

R **:** Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$\mathbf{R_i}$ **:** i' inci katın toplam rijitliği

$\mathbf{Q_i}$ **:** i' inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

s **:** Enine donatı aralığı

$\mathbf{T_1}$ **:** Binanın birinci doğal titreşim periyodu (s)

$\mathbf{T_{1A}}$ **:** Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu (s)

$\mathbf{U_{max}}$ **:** Yükleme sonucunda oluşan en büyük yer değiştirme

$\mathbf{U_p}$ **:** Zımbalama çevresi

$\mathbf{V_c}$ **:** Beton tarafından karşılanacak kesme kuvveti

$\mathbf{V_{dy}}$ **:** Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

$\mathbf{V_e}$ **:** Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti

$\mathbf{V_i}$ **:** i' inci katın toplam kat kesme kuvveti kapasitesi

$\mathbf{V_{kol}}$ **:** Düğüm noktasının üstünde ve altında deprem yüküne göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı

$\mathbf{V_{pd}}$ **:** Hesap zımbalama kuvveti

$\mathbf{V_{pr}}$ **:** Plak zımbalama taşıma gücü

$\mathbf{V_w}$ **:** Enine donatı tarafından karşılanacak kesme kuvveti

ρ_{sh} **:** Perdede yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt en kesit alanına oranı

$\rho_{ü}$ **:** Kiriş mesnedinin üstündeki çekme donatısı oranı

γ **:** Katsayı

$\sigma_{\max}$: En büyük normal gerilme

σ_{zemn} : Zemin emniyet gerilmesi

η_{bi} : i' inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

η_{ci} : i' inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı

η_{ki} : i' inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı

$(\Delta_i)_{\max}$: Binanın i' inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i' inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

α_s : Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı

α_{ym}, α_{ya} : y doğrultusundaki mesnet ve açıklık moment katsayıları

α_{xm}, α_{xa} : x doğrultusundaki mesnet ve açıklık moment katsayıları

PLANDA DÜZENSİZ ÇOK KATLI BİR BETONARME YAPININ EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

ÖZET

Depremlerden sonra yapılan gözlemler ve incelemelerde gerek mimari aşamada gerekse taşıyıcı sistem düzenlenmesinde yapılan düzensizliklerden dolayı pekçok hasarın meydana geldiği görülmüştür. Depremden sonra oluşan can ve mal kayıplarını azaltmak için deprem riski olan ülkelerde deprem yönetmelikleri oluşturulmuştur.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada; planda ve düşeyde düzensiz yapılara ve bu düzensiz yapıların deprem yönetmeliklerine göre incelenmesine ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

Dokuz bölüm halinde sunulan çalışmanın birinci bölümünde, konunun tanıtılmasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde depremin çeşitli zemin türlerinde oluşturduğu etkiler incelenmiş ve deprem anındaki zemin ile yapı arasındaki etkileşimler incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, deprem ve yapı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu bölümde kritik zemin ve yapı özellikleri başlığı altında deprem anında zeminde ve yapıda dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı sırasında oluşturulan düzensizlik tipleri ve bu düzensizlik tiplerine karşı alınabilecek önlemler ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Beşinci bölümde Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik(1997), Eurocode8(1998) ve Uniform Building Code(1997) yönetmeliklerinin düzensizlikle ilgili olan kısımları incelenmiş ve birbirleriyle mukayese edilmiştir.

Altıncı bölümde, A1 ve A3 düzensizliğine sahip bir yapının özellikleri ve hesaplarda kullanılacak parametreler hakkında bilgi verilmiştir. Bu yapı örneği SAP2000 analiz programıyla hem statik hem de dinamik analiz(Mod Birleştirme Yöntemi) yapılıp sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Yedinci bölümde Sap2000 analiz programı ile hem eşdeğer deprem yük yöntemine hem de modların süperpozisyonu yöntemine göre analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sekizinci bölümde ise Sap2000 programından elde edilen analiz sonuçlarına göre elemanların betonarme hesapları ve gerekli tahkikleri yapılmıştır.

Dokuzuncu bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmış ve elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

DESIGN OF A IRREGULAR REINFORCED CONCRETE TALL STORY BUILDING ACCORDING TO BOTH EQUIVALENT EARTHQUAKE LOAD METHOD AND MOD SUPERPOSITION METHOD

SUMMARY

After the earthquakes, it is seen that the structures are collapsed due to the architectural and foundational faults and inadequate designs. In order to diminish the loss of human lives and material losses, the countries that are in high risk of earthquakes established earthquake management systems.

In these study, inadequate plans and designs are searched according to the earthquake managements, these researches are greatly explained in the thesis.

This thesis consists of nine chapters; in the first chapter the subject is explained very briefly. Earthquake management systems are introduced to the readers in order to bring some understanding and explanation to the issue.

In the second chapter the effects of earthquakes in different types of soils and the interactions between the structure and are studied.

In the third chapter, the relationship between earthquake and foundation is observed. The subject is explained under the topic of critical ground and structural features; the writer indicates the cautions that should be taken during the earthquakes.

In the fourth chapter, the inadequacy between the architectural and carrier design systems is explained. It is provided the efficient information in order to prevent these types of architectural and carrier design faults.

In the fifth chapter, structures that are going to be built on disastrous regions are observed and compared according to Specifications for Structures to be Built in Disaster Areas in Turkey (1997), Eurocode8 (1998), and Uniform Building Code (1997).

In the sixth chapter, the author gives an example of a structure that has A1 and A3 type of irregular ness. In addition to that, the data is given about the parameters that are being used in the calculation process. This structure is analyzed by SAP2000 programe; static and dynamic analysis is also done, by using equivalent earthquake load method and mod superposition method. The results obtained by using these solutions are compained with each other.

In the eighth part of the thesis, by using the results obtained from SAP2000 analysis, the reinforced concrete sectional calculations about the first floor beams, ground-first floor columns and shearwalls and mat foundations slabs are made.

At the end of the part of thesis, a general evaluation about the subject of the thesis and the results of static and dynamic analysis, are made and the thesis ended.

1. GİRİŞ

Yapı taşıyıcı sistemleri tasarımında, deprem kuvvetlerinin güvenli bir şekilde karşılanması temel unsurlardan biridir. Yapının simetri özelliği taşıması ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında en önemli ilkeyi oluşturur. Düzenli yapılar gerek uygulamada, gerekse analiz ve boyutlamada daha pratik ve ekonomik olmalarının yanı sıra hesap davranışı ile gerçek yapı davranışının birbirine yakın olmalarıyla iyi bir tasarım için tercih edilmelidir. Diğer taraftan yapısal düzensizlikler düşey yüklere göre sorun oluşturmaz iken, yatay yüklere göre hesapta istenmeyen ve elverişsiz durumların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılması gereken olumsuz hallerdir. Bu özellikleri taşıyan yapılar, taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılar olarak kabul edilirler. Bu tür yapılar pratikte, düzenli yapılara nazaran daha hatalı uygulamaya sebep olabilecekleri gibi, boyutlamada da bazı kesit zorlarının büyümesi nedeniyle ekonomik olmaktan uzaklaşırlar. Bunun bir sonucu olarak taşıyıcı sistemdeki bazı elemanlar boyutlama değerlerinin üzerindeki değerlere varan etkilere maruz kalabilirler. Düzenli yapıların deprem analizlerinde kullanılan doğrusal hesap yöntemlerinin, düzensiz yapılarda ne kadar sağlıklı sonuçlar vereceği tartışmaya açık bir konudur. Yapının taşıyıcı sisteminin modellenmesi pek çabuk kabul içerdiğinden, çözüm sonuçlarının güvenilir olabilmesi için taşıyıcı sistemin olabildiğince basit olması tercih edilir. Düzensiz yapılarda statik ve dinamik çözümler elde edilebilirse de kabullerin fazlalığı nedeniyle bunların güvenirliği azalır.

Bu çalışmada gerek tasarım aşamasında gerekse yapım aşamasında oluşturulan düzensizlikler ve planda düzensizliği olan bir betonarme yapının tasarımı yapılmıştır. Söz konusu bina eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modların süperpozisyonu yöntemi ile çözülerek iki metodun düzensizlikler açısından birbirine göre değişimi de incelenmiştir.

2. DEPREM VE ZEMİN ARASINDAKİ İLİŞKİ

Deprem çeşitli nedenlerle yer kabuğunda ani şekil değiştirmelerin ve büyük bir enerjinin açığa çıkması olayıdır. Deprem yerkabuğunun bir titreşimi olduğu için, yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Depreme dayanıklı yapı tasarımının en önemli özelliklerinden biri yapının iyi düzenlenmesi ve yeterli kalitede yapılması diğeri ise deprem anında yapıda oluşması beklenen kesit tesirlerinin yeterli yaklaşıkla bilinmesidir. Deprem anında yapı, taşıdığı yüklerin üzerinde bir yüke maruz kaldığı için tasarım ve yapım aşamasında yapılan yanlışlar yapıda hasar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu hasarın boyutu yapının fen kurallarına uygun olarak yapılıp yapılmadığına bağlıdır[1].

Dünyadaki hemen hemen bütün depremler kıtasal levhaların buluştuğu sınırlarda meydana gelmektedir. Yerkabuğunun içindeki enerjinin boşaldığı noktaya odak noktası denir. Yeryüzünde, odak noktasının hemen üzerinde bulunan noktaya ise dış merkez denir ve genelde depremden en çok etkilenen yer dış merkezdir. Deprem sonrasında kayaların yerlerine oturması sürecinde, artçı sarsıntılar denilen nispeten hafif titreşimler oluşmaktadır.

Deprem oluştuğu anda yerkabuğuna iki farklı hareket dalgası yayar. P ve S dalgası. P- dalgası (Primary- wave) öncül dalgadır ve yeryüzüne paralel doğrultuda salınımlardan oluşur. S- dalgası (secondary wave) ikincil dalgadır ve yeryüzüne dik yönde düşeyde hareket eder. P-dalgasının ilerleme hızı S- dalgasının ilerleme hızının hemen hemen iki katıdır. Yani yapıya önce P dalgası daha sonrada S dalgası etkimektedir.

Depremler her zaman büyük felaketlere yol açtığı için insanlar her zaman deprem büyüklüğünü ve zararını tanımlamak için çaba göstermiştir. 1902 yılında İtalyan sismolog Giuseppe Mercalli tarafından icat edilen **“**Mercalli Şiddet Cetveli” kullanılmaya başlandı. Mercalli cetvelinin temeli, depremi yaşayan insanların tecrübeleri ve binalarda meydana gelen hasarlar ile sınıflandırılan bir tabloya dayanıyordu. Ancak bu şiddet ölçüsü yapıların hasar ve yıkılma düzeylerini esas aldığından mutlak bir deprem ölçüsü olarak göz önüne alınamaz. Çünkü aynı deprem, sağlam yapıların olduğu bir bölgede daha az hasar veya zayıf yapıların bulunduğu başka bir bölgede daha fazla hasar oluşturabilmektedir. Ayrıca şiddeti tanımlarken binalardaki hasar ile birlikte zemin ivmesinin büyüklüğü de göz önüne

alınmalıdır. Bu gibi nedenlerden dolayı **"**Mercalli Şiddet Cetveli**"** objektif değildir ama geçmiş tarihlerde meydana gelen depremler hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Ayrıca geçmiş depremlerle ilgili ne kadar çok bilgi sahibi olursak gelecekteki depremleri tahmin etme şansımız da o kadar çok olur. Bilinen en iyi ölçek 1935 yılında Charles Richter tarafından bulunmuştur. Richter büyüklük ölçeği, odak noktasında oluşan enerji miktarına dayanmaktadır. Bu enerji miktarı yüzey titreşimlerini ölçmeye yarayan ve sismograf denilen bir aygıt aracılığıyla saptanır. Ölçek logaritmiktir, yani en büyük deprem dalgasının büyüklüğü, ölçek üzerinde bir basamaktan diğerine atlarken, tam 10 kat artar. Örnek olarak, Richter ölçeğinde 6 olan bir depremin en büyük dalgasının büyüklüğü, 5 ölçeğindekinin 10 katıdır ve 4 ölçeğindekinin 100 katıdır. Büyüklükteki her 10 kat'lık artış, boşalan enerji cinsinden yaklaşık 30 katlık artışa eşittir. Şu ana kadar ölçülmüş en büyük deprem 1964 yılında, Alaska'da meydana gelmiştir ve Richter ölçeğine göre 8,6 olarak kaydedilmiştir.

Deprem dinamik bir davranış olduğu için çeşitli algılayıcılar kullanılarak kaydedilebilir. Biz inşaat mühendisleri için en önemlisi 'ivme ölçer**'**dir. İvme ölçerler, üzerlerinde bulundukları zeminin ivme hareketini ölçer ve bir kaydedici cihaza iletirler. Burada dikkat edilmesi gereken zemin özellikleridir. Çünkü aynı deprem etkisin altında farklı zeminler farklı ivmeler gösterir. Mesela 17 Ağustos 1999 Marmara depremi sırasında Kandilli Rasathanesinden ölçülen maksimum yatay yer ivmelerinin bazıları şöyledir:

- Yarımca..... %32g (0.32g)
- Adapazarı..... %41g (0.41g)
- İzmit..... %22g (0.22g)
- Gebze..... %21g (0.21g)
- Avcılar..... %25g (0.25g)

Bu değerlere bakıldığında ivmelerin daha yüksek olduğu bölgelerin gevşek zeminli bölgeler olduğu dikkat çekmektedir.

Gevşek zemin tanımı, oluşumundan beri üzerinden uzun jeolojik zaman geçmemiş, dolayısıyla henüz sıkılaşmamış ve genellikle birbirlerine gevşek tutturulmuş çimentosuz kil, kum, çakıl depolarından oluşan genç sedimentler ve alüvyonlar için kullanılmaktadır. Gevşek zemine örnek, deniz, göl, akarsu kenarlarındaki kırıntılı sedimentler veya geniş ve düz ovalardaki alüvyonal araziler gösterilebilir. Belirtilen bu arazilerde ayrıca yeraltı su seviyesi de yüksek ise bunlar depremsellik açısından yüksek oranda risk taşımaktadırlar.

Gevşek zeminler, iç yapı özellikleri nedeniyle deprem şiddetini arttırıcı yönde rol oynamaktadır. Gevşek zeminler sert zeminlere nazaran daima daha ağır hasarlar üretmektedir. Bunların bazı nedenleri aşağıda verilmiştir.

1. Zemin oturmaları meydana gelebilir. Titreşim etkisi, zemin tanelerini birbirine yaklaştırır, sıkıştırır ve bu sıkışma zeminde farklı oturmalar meydana getirir.
2. Suya doygun kum tabakalarında deprem etkisiyle sıvılaşma oluşur. Sıvılaşma olayında deprem oluşturan yerkabuğu hareketleri, yeryüzüne yakın olan kumlu seviyeler içerisindeki kum taneciklerini sıkıştırır ve bunların arasındaki doğal dengeyi bozar. Tanecikler arasındaki boşluklar, sıkılaşma ile daralır ve sonunda kum taneleri su ile birlikte yüzeye doğru hareket ederek zeminin üst yüzeyinden dışarı doğru çıkmak ister. Bu olaya zemin sıvılaşması denir. Bu olay esnasında zemin, kayma direnci sıfır olan bir su gibi davranmaya başlar ve bunun sonucunda sıvılaşma olayı başlar. Sıvılaşma olayı genellikle suya doygun olan gevşek kumlu zeminlerde meydana gelmektedir. Böylece sıvılaşma yaşanan arazi üzerindeki yapılar zemin içine gömülür binalarda yan yatmalar, göçmeler veya oturmalar gözlenir.
3. Gevşek zeminde hiçbir göçme gözlemlenmediği halde zemin özelliğinin, yapıya etkiyen deprem ivmesini ve dolayısıyla hasarı arttırdığı gözlenir.
4. Gevşek zeminler yamaç ve şevlerde stabilite sorunlarına neden olurlar. Birçok depremden sonra yamaç ve şevlerde kitle hareketleri ve bu zeminler üzerindeki yapılarda hasarlar oluşur[2].

Depremlerin her biri tamamen kendine özgü ve önceden bilinmeyecek birçok değişkeni içinde barındıran doğal olaylardır. Bu yüzden herhangi bir şiddetteki depremde yapıda hasarın oluşup oluşmayacağı sorusuna kesin bir cevap vermek mümkün değildir. Mesela 8 şiddetinde yüzlerce farklı deprem olabilir ve yapının bulunduğu zemin koşullarına göre de yapıya çok farklı etkilerde bulunabilir. İşte bu durumda deprem yönetmeliklerine başvurmak gerekir. Deprem yönetmelikleri zemin ve yapı karakterlerine göre yapının nasıl tasarlanacağını ve yapısal analizde ne tür bir deprem yükünün hesaba alınması gerektiğini belirtirler[3].

3. DEPREM VE YAPI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Sismik dalgalar yatay zemin hareketleri oluşturduğu gibi düşeyde de bir zemin hareketi oluştururlar. Ancak yapıların çözümlemesinde bir güvenlik katsayısıyla çarpılan düşey yüklere göre hesap yapıldığından bu yöndeki zemin hareketinin yapıda oluşturduğu tesirler yapı elemanlarının taşıma kapasitesinde bir problem çıkarmaz. Fakat düşey deprem kuvvetlerinin yerçekimi kuvvetini geçmesi gibi ender rastlanan olaylarla da karşılaşabilir. Bu gibi durumlarda yapılar ve diğer nesneler havaya zıplayabilir. Northridge depreminde yapılarda oluşan hasarların bazılarının büyük düşey ivmelerden kaynaklandığına inanılmaktadır[4]. Depremde oluşan hasarların bir kısmının büyük düşey ivmelerden kaynaklandığı bilinmesine rağmen deprem dizaynı ve deprem yönetmelikleri yapıların tüm yönlerine yanlardan gelen ani bir itme sonucu oluşan yatay kuvvetlere göre karşı dirençli olması üzerine odaklanmıştır.

3.1. Kuvvetler ve Yerçekimi

Deprem anında oluşan sismik dalgalar yapılarda atalet kuvvetleri oluştururlar. Bunlar hasara neden olabilen ve sismik tasarımı başarıyla yapabilmemiz için bilmemiz gereken kuvvetlerdir. Atalet kuvvetleri, bir cisme dışardan kuvvet uygulanıp o cismin hareketini veya yönünü değiştirmesi veya sabit hızla hareketine devam etmesi ile oluşur(Newton'un ikinci yasası).

$$F = m * a \qquad m = \frac{W}{g} \qquad \textbf{(3.1)}$$

F: Atalet kuvveti

m: Kütle

W: Ağırlık

g: Yerçekimi ivmesi

Yukarıdaki bağıntılardan anlaşılacağı gibi deprem anında yapıda oluşacak atalet kuvvetleri yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır.

Kötü tasarlanmış ve/veya yapılmış yapılar 0,1g'den sonra hasara uğramaya başlar. Orta şiddetli depremlerde titreşim dalgaları birkaç saniye sürebilir ve ivme yaklaşık olarak 0,2g olabilir. İnsanlar bu titreşimleri hissederler ve bir yerlere tutunmaya çalışırlar. Şiddetli depremlerde, güçlü titreşimler oluşur ve birkaç saniyeden fazla sürerler, istisnalar hariç, ama bir dakika gibi bir süre sürmezler. İvme 0,6g- 0,7g gibi değerlerde olur. Bu gibi depremlerde ivme değerleri çok kısa bir süre için olsa bile 2g değerlerine ulaşabilir. Ancak bu 2g değerleri aletler tarafından okunur ama çok hızlı bir şekilde olduğundan yapılar bundan dolayı hasar görmez ve insanlar hissetmez.

3.2. Süre, Hız ve Yerdeğiştirme

Atalet kuvveti bağıntısından anlaşılacağı gibi ivme, deprem anında yapıya etkimesi beklenen kuvvetleri bulmada önemli bir çarpan olmasına rağmen deprem dalgalarının diğer karakteristik özellikleri de önemlidir.

Bunlardan ilki depremin yani deprem dalgalarının yapıya ne kadar süre etkiyeceğidir. Çünkü devam eden titreşimler yapıda tekrarlı yükler oluşturur ve yapının taşıyıcı sistemini zayıflatır. Bu durum yapının depremden dolayı oluşan kuvvetlere karşı direnç gösterebilme özelliğini azalttığı için önemlidir.

İkinci önemli özellik ise ivmeyle direk ilişkisi olan ve ivmeden matematiksel formüllerle türetilen hızdır. Depremin aniden durması bir yapının hasar derecesini etkiler. Örneğin hareket eden bir araba önündeki engele çarparsa aniden hızı azalır ve durur. Eğer sürücü emniyet kemeri takmamış ve hava yastığı da yoksa sürücü arabanın ön camına doğru fırlar. Bu fırlamanın şiddetini ve buna bağlı olarak sürücüdeki yaralanmanın derecesini arabanın çarpma hızı belirler[4].

Üçüncü önemli özellik ise yerdeğiştirmedir. Yerdeğiştirmeyi, yapının herhangi bir noktasının başlangıç noktasından yerdeğiştirdiği son noktaya kadar olan mesafe olarak tanımlarız. Bu yerdeğiştirme belirli bir sınırı geçtikten sonra taşıyıcı elemanlarda ikinci mertebe etkilerinden dolayı ek kuvvetlerin oluşmasına sebep olacak ve ayrıca yapının içindeki canlı yada cansız elemanların hasarlarını arttıracaktır.

İvme, hız ve yerdeğiştirme matematiksel ve fiziksel olarak birbirleriyle ilişkilidir ve birbirlerinden türetilebilirler.

3.3. Kritik Zemin ve Yapı Özellikleri

3.3.1. Zemin özellikleri

Deprem anındaki yapı davranışı zeminin karakteristik özelliklerine de bağlıdır. Bu karakteristik özellikler aşağıda tanımlanmıştır.

3.3.1.a. Periyot ve büyültme

Deprem dalgalarının önemli karakteristik özelliklerinden biride periyodu veya frekansıdır. Bu özellikler özellikle yapıda oluşacak sismik kuvvetleri belirlemek için önemlidir. Periyot, yapının deprem hareketleri sebebiyle bir kere gidip gelmesi sonucunda geçen süredir. Doğal periyotlar bir katlı yapı için yaklaşık olarak 0,1 saniyedir. Periyot ve frekans birbirlerinin tersine eşittir. O zaman bir katlı yapının frekansı 1/0,1= 10 hertz'dir. Dört katlı bir yapının periyodu yaklaşık olarak 0,4 saniye, 10 ila 20 kat arasındaki yapıların periyotları yaklaşık olarak 1 ila 2 saniye arasında değişir. Yapıların periyotları yaklaşık olarak kat adedinin 10' a bölünmesiyle bulunabilir. Bu yüzden yapının periyodu her şeyden önce yapının yüksekliğinin bir fonksiyonudur. Mesela New York'taki 60 katlı Citicorp binasının periyodu 7 saniyedir. Yani bu binaya yatay bir itme kuvveti verilirse bu binanın bir gidip gelişi 7 saniye sürecektir. Periyodu etkileyen diğer faktörler ise, aynı zamanda yapının rijitliğini de etkileyen taşıyıcı sistemin malzeme özelliği ve yapının geometrik özellikleridir. Ama bunlar arasında periyot'u etkileyen en önemli özellik yapının yüksekliğidir.

Yapılar birden fazla titreşim modları gösterirler. Fakat bu titreşim modlarının hepsini göz önüne almaya gerek yoktur. Mesela ABYYHY'de hesap yöntemi olarak Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacak ise hesaba alınacak mod sayısı, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlesinin %90'nından fazla olması koşuluna göre belirlenmektedir. Ama her zaman hesaplarda birinci mod yapının davranışını temsil eden en etkili moddur. Zaten eşdeğer deprem yükü yönteminde de yapının birinci modunu dikkate alarak statik bir hesap yapılmaktadır.

Zemin de kendi doğal periyodunda titreşim yapar. Amerika Birleşik Devleti'nde zeminin doğal periyodu zeminin sıkılığına göre 0,4 saniye ile 2 saniye arasında değişik değerler almaktadır. ABYYHY' de ise yerel zemin sınıflarına göre zemin titreşim periyotları 0,10 ile 0,90 saniye arasında değişen değerler almaktadır. Zeminin doğal titreşim periyodu ile binanın doğal titreşim periyodu arasında rezonans denilen önemli bir ilişki vardır. Rezonans zeminin doğal titreşim periyodu ile binanın doğal titreşim periyodunun aynı olmasıdır. Bu yüzden hangi tür binalar hangi tür zeminlere hassastır, zeminin dinamik davranışı nedir, zemin hâkim titreşim

periyodunun ne olduğu vs. gibi soruları cevaplamak gerekir. Özellikle zemin hâkim titreşim periyodu belirlenmelidir. Çünkü zeminle bina aynı titreşim periyodunda hareket ederse o zemin üzerindeki yapı yıkılır veya yapıda ağır hasar oluşur.

1985 yılında meydana gelen depremde Mexico şehrinde, yapıların ve zeminin titreşim periyotlarının çakışması sonucunda çok sayıda yapıda göçme oluşmuştur. Depremin odak noktası Mexico Şehrine 250 mil uzaklıktaydı ve şehir merkezinin altındaki yumuşak zemin 90 saniye üzerinde titreşime uğradı ve bunun uzun doğal periyodu 2 saniye civarındaydı. Bu periyot 10 ila 20 kat arasında olan yüksek binalarda rezonansa sebep oldu ve yapılara beklenenden daha büyük ivmeler etki etti. Yapıların titreşimlerindeki bu büyütme istenmeyen bir durumdur. Bu olasılığı en aza indirmek için yapı periyoduyla zemin periyodunu çakıştırmamak gerekmektedir. Yumuşak (uzun periyotlu) zeminlerde, en iyi çözüm kısa periyotlu (az katlı) yapılar yapmaktır.

Yapının enine ve boyuna periyodu zemininkine yakınsa, bu periyodun azaltılması yada arttırılması gerekmektedir.

Yapının periyodunun azaltılması için şunlar yapılabilir:

a-) Taşıyıcı sistemi rijitleştirmek:

- ❖ Stabiliteyi sağlamak için, perde duvarlar tercih etmek
- ❖ Stabilite elemanlarının genişliklerini arttırmak
- ❖ Stabilite elemanlarının sayısını arttırmak
- ❖ Açıklıklarını sınırlandırmak

b-) Yapının formunu değiştirmek: tabanı genişletmek, yüksekliğini yada narinliğini istenilen yönde azaltmak v.s.

c-) Yapının ağırlık merkezini düşürmek,

d-) Yapının ağırlığını azaltmak.

Yapının periyodunu uzatmak için şunlar yapılabilir:

a-) Esnek bir taşıyıcı sistem modeli seçmek, gerekirse açıklıkları arttırmak,

b-) Yapının formunu değiştirmek: yüksekliğini yada narinliğini arttırmak[5].

Zemin, içinden geçen deprem dalgalarının özelliklerini etkilediği kadar, deprem dalgaları da, örneğin sıvılaşma ve şev kaymalarında gözlendiği gibi, zemin tabakalarının dayanım ve şekil değiştirme özelliklerini de etkiler. Böyle durumlarda, bu tabakalar üzerinde yer alan yapılar, sadece zemin özelliklerinin değişmesi sonucu bile büyük hasar görebilirler[6]. Deprem anında yumuşak bir zemindeki titreşimler

sert zeminlerdekinden daha fazladır. Bunun sonucu olarak depremde, yumuşak zemine sahip bölgelerde daha fazla hasar oluşması beklenir. 1906 San Francisco depreminden sonra yapılan çalışmalarda hasarın çoğunun sonradan dolgu yapılan yumuşak zemine sahip bölgelerde oluştuğu gözlemlenmiştir.

Yukarıdaki tanımlamalardan depremler sırasında yerel zemin tabaklarının dinamik davranış özelliklerinin yapısal hasar üzerindeki etkisinin önemli olduğunun vurguladık. Yapıların deprem kuvvetlerine karşı tasarımında üzerinde bulundukları zemin tabakalarının hakim periyot, büyütme düzeyi, sıvılaşma riski gibi dinamik özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bunun için zemin büyütmesi olarak tanımlanan, zemin yüzeyindeki deprem özelliklerinin büyümesine yol açan etkenler olan zemin tabakalarının kalınlığı, kıvam ve esnekliği, plastisitesi gibi özelliklerin tasarım aşamasından önce araştırılıp hesaplanması gerekmektedir.

3.3.1.b. Sönüm

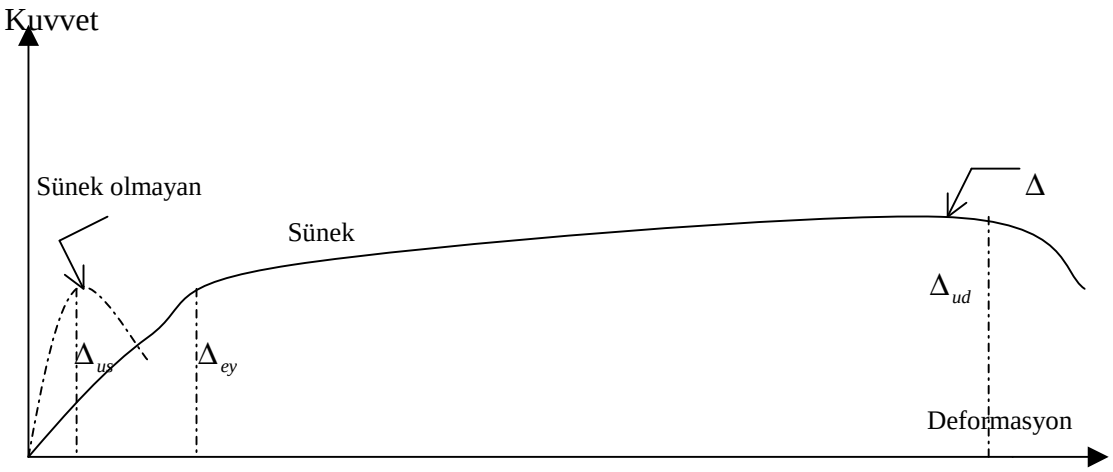
Sönüm malzeme özelliğine ve depremin büyüklüğüne bağlıdır. Yapının değişik yerlerinde değişik şekillerde sönümler oluşur. Fakat bu sönümlemelerden matematiksel çözümlemede en kolay göz önüne alınan viskoz sönümdür. Viskoz sönüm yapı malzemesinin iç sönümüdür ve hızla orantılıdır. Bu durum yüksek frekanslarda büyük sönüm değerleri meydana getirir. Bu sönümün etkili olması, malzemedeki gerilmelerin meydana getirdiği plastik şekil değiştirmelerin seviyesine bağlıdır. Plastik şekil değiştirmelerin büyük olması ve taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda meydana gelen çatlakların artması sönümü arttırır. Kuvvetli yer hareketlerinde sönüm %5–10 değerine ulaşabilir. Bazı durumlarda sönümün %15 değerinin aşıldığı bile olmuştur. Yapılardaki eşdeğer viskoz sönüm, titreşim yerdeğiştirmesinde zamanla meydana gelen azalma esas alınarak bulunur[1].

3.3.2. Yapı özellikleri

Yapının deprem anındaki davranışı, yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların boyutlarına, plandaki düzenlerine ve düşeydeki görünüşüne bağlıdır. Aşağıda deprem anındaki kritik yapı davranışları anlatılmıştır.

3.3.2.a. Süneklik

Süneklik, bir kesitin veya bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yerdeğiştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanır(Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Kuvvet- deformasyon diyagramı

Sünekliğin matematiksel ifadesi ise aşağıdaki gibidir.

$$\mu_d = \frac{\Delta_{ud}}{\Delta_{ey}} \qquad \textbf{(3.2)}$$

Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının sünekliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırları ötesinde zorlayan etkiler altında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altında projelendirmede değil, sadece dinamik yükler etkisinde önem kazanır.

Seyrek meydana gelecek şiddetli bir depremde ortaya çıkacak enerjinin, yapının elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek karşılaması öngörülür. Böyle bir durumda ise elastik olmayan davranış önem kazanmaktadır. Yapının elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirmesi arzu edilir. Bu yolla depremin dinamik etkisi yutulmakta ve sönümlenmektedir. Bir yapı sünekse, deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük bir kısmı, elastik sınırın ötesindeki büyük genlikli titreşimler, yapının dayanımını önemli bir kayba uğratmadan, yutulur[1].

Tuğla, beton gibi gevrek malzemeler minimum bir eğilmeyle aniden kırılabilirler. Buna rağmen çelik içeren betonarme elemanlarda depreme direnç için gerekli olan süneklik (çeliğin sünek bir malzeme olmasından dolayı) sağlanmış olur[4].

Yapılar sünek davranacakları varsayımı ile yönetmeliklerde verilen katsayılarla azaltılmış deprem yüklerine göre tasarım edilmektedirler. Durum böyle olunca deprem anında yapısal elemanlarda ve birleşimlerinde eğilmeler oluşmaktadır. Elemanlar şekil değiştirmeleri ile deprem anında yapıya etkiyen enerjiyi güvenli bir şekilde yutarlar ve yapı belki depremden sonra kullanılamaz hale gelir ama en azından yapının ayakta kalması sağlanmış olur.

3.3.2.b. Devrilme

Yapının ağırlığı ya da kütlesi F= ma denklemindeki yatay yükleri bulmak için gerekli olduğu gibi, yapıda ek momentler oluşturan ikinci mertebe etkilerin bulunmasında da kullanılır.

Kolon, perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanların yatay kuvvetler altında yer değiştirmelerinin belli sınırları geçmesi durumunda ikinci mertebe etkileri söz konusu olur. Mühendislikte bu olay P-△ etkisi olarak bilinir. P yerçekimi kuvvetini yada ağırlığı, △ ise yer değiştirmemiş elemanın merkezi ile yer değiştirmiş elemanın merkezi arasındaki dış merkezliği ifade etmektedir. Yapıların geometrik özellikleriyle P-△ etkileri arasında karşılıklı bir ilişki vardır. Mesela ince uzun yapılara etkiyecek devrilme kuvvetleri kısa dörtgen yapılara etkiyecek olan devrilme kuvvetlerinden daha fazladır.

Depremlerde yapıya gelen kuvvetler, yapının ağırlığı ile orantılıdır. Yapının ağır olması deprem etkisini arttıracaktır. Kesitleri küçük tutarak kuvvetin azalmasının sağlanması halinde ise yapı esnek olacak ve yatay yükler altında yapı büyük ötelenmeye maruz kalacaktır. Büyük ötelenmeler ikinci mertebe momentlerinin oluşmasına yol açtıklarından göçme olasılığı artacaktır[7].

3.3.2.c. Dayanım, rijitlik ve yerdeğiştirme

Dayanım, düşey yüklere veya deprem anında oluşan yatay kuvvetlere karşı yapı elemanının gerekli boyut ve donatı ile donatılmasıdır. Dayanımın sağlanması için kesit içinde elemana etkiyen yükleri taşıması için gerekli olan donatının miktarı ve yerleştirilmesinde ki konstrüktif kuraların yerine getirilmesi gerekir. Bu konstrüktif kurallar donatının aderansının sağlanması, gerekli kenetlenme boyuna sahip olması, kenetlenme bölgeleri, betonun yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı düzeninden kaçınılması gibi kurallardır.

Rijitlik malzeme özelliğidir ve ayrıca elemanın geometrik özelliğine de bağlıdır. Rijitliğin ölçüsü yerdeğiştirmedir[5]. Yatay kuvvetler altında yapıdaki yerdeğiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Rijitliğin arttırılması ile katların birbirine göre rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarı kontrol altına almak mümkündür. Ayrıca özellikle yüksek yapılarda deprem sırasında düşey yüklerin ikinci mertebe etkilerini sınırlı tutmak için yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması gerekmektedir. Yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması amacıyla da rijitliğin sınırlandırılması gerekmektedir[8]. Yapı elemanlarının rijitliğini uygun seçerek; titreşim periyodunu belirli bir aralığa getirerek deprem etkilerini küçültmek de

mümkündür. Bunun için zemin hakim periyodu bulunur ve yapının periyodundan uzak tutularak rezonans olayı önlenmiş olur. Örneğin, uzun zemin peiyotlarının hâkim olduğu bölgelerde (yumuşak zemin) kısa periyotlu rijit, az katlı yapılar uygun olmaktadır. Kısa periyotların hâkim olduğu kayalık zeminlerde ise yüksek periyotlu, çok katlı yapılar uygun olmaktadır.

Yatay yüklere karşı kolay yerdeğiştirebilen sistemlerde normal kuvvetlerin büyük olması ikinci mertebe etkilerin birinci mertebe etkileri yanında önem kazanmasına neden olmaktadır. Deprem yükleri altında kesit etkilerinin karşılanması yanında, hem ikinci mertebe etkilerinin artmamasını sağlamak hem de taşıyıcı olmayan elemanlardaki deprem hasarının önlenmesi amacıyla yerdeğiştirmelerin sınırlı tutulması gerekmektedir. Ayrıca deprem sırasında meydana gelen yatay yerdeğiştirmeler bitişik yapıların birbirine çarpmasına ve ek etkilerin meydana gelmesine de neden olmaktadır[1].

3.3.2.d. Düzenlilik

Düzenlilik, taşıyıcı elemanların üzerindeki deprem yüklerinin, doğru olarak bölüştürülmesine ve gerilme yığılmalarının sınırlandırılmasına imkân tanır. Taşıyıcı sistemi planda ve düşeyde belli bir simetriye uyularak yerleştirilmiş düzenli yapılarda yüklerin basit ve etkili şekilde iletimi sağlanmış olur. Diğer taraftan böyle düzenli yapılarda kopmayı önlemek için gerekli olan süneklik gereksinimi fazla değildir ve kolayca elde edilebilir. Buna karşın, planda ve/veya düşeyde düzensizliğe sahip yapılarda, yüklerin iletimi karmaşık bir şekilde oluşur ve bu tür yapılarda süneklik gereksinimi çok önemli olur hatta karşılanması imkânsız bile olabilmektedir[5].

3.3.2.e. Geometri: boyut ve şekil

Yapının geometrik özellikleri, deprem titreşimlerine karşı yapının dayanabilmesi için yapının davranışını etkileyen en önemli özelliklerdendir. Dinamik nitelikte yükler altında yapı davranışı büyük ölçüde yapının genel geometrisine bağlıdır[9]. Çok yıllar önce deprem hasarlarıyla ilgili yapılan çalışmalardan, sade bir geometri ve boyuta sahip yapıların yapıda kullanılan malzeme yada taşıyıcı sistemi ne olursa olsun deprem hasarlarına karşı daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir. Düzenli basit simetrik yapılardan kaçınılarak oluşturulan düzensiz yapıların depremden daha fazla hasara uğraması büyük olasılıktır. Geometri düzensizliliğinin iki önemli etkisi söz konusudur. Gerilme yığılması ve burulma etkileri.

a-) Gerilme yığılması

Gerilme yığılması, dayanımın yada rijitliğin aniden kesilmesi sonucu oluşabileceği gibi gereksiz boyutlarda (rijitliği diğerlerine göre fazla olan) yapılan kiriş, kolon, perde gibi taşıyıcı olan elemanların bir veya birkaçında aşırı kuvvetlerin yığılması sonucu da oluşabilir. Bu durumda gerilme yığılması oluşan eleman hasara uğrar veya yıkılır ve zincirleme bir reaksiyon gibi tüm yapının yıkılmasına sebep olabilir. Deprem her zaman yapıda oluşturulan bu zayıf bağları bulur ve hasar oluşturur.

Gerilme yığılmaları düşeyde oluşturulan düzensizlikler ile de ortaya çıkabilir. Genelde mimari amaçla yapıların zemin katlarının yüksek yapılması yada dolgu duvarların yapılmaması veya minimum düzeyde yapılmasıyla oluşturulan zayıf kat yada yumuşak katlarda veya geri çekilerek oluşturulan çekme katlarda gerilme yığılmaları oluşmaktadır.

b-) Burulma kuvvetleri

Burulma kuvvetleri genellikle planda taşıyıcı elemanların kararlı bir şekilde yerleştirilememesi sonucu oluşmaktadır.

Burulma kuvvetleri, taşıyıcı elemanların yerleştirilmesinde ve yapının kütlesinin düzenlenmesindeki denge eksikliğinden dolayı oluşmaktadır. Burulma yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması sonucu oluşur. Rijitlik merkezine etki eden deprem kuvvetleri kütle merkezi etrafında yapıyı döndürür ve taşıyıcı elemanlarda burulma oluşturur. Düşey taşıyıcı elemanlar yerleştirilirken rijitlik merkezinin kütle merkeziyle çakışmasına dikkat edilmelidir.

L, T, U vs. şeklindeki yapılarda da burulma olayı oluşur. Böyle binaların kanat kısımları bükülür ve burulma kuvvetleri oluştururlar. Ayrıca bu şekilli binaların dönüş yaptıkları köşe noktalarında gerilme yığılmaları da oluşmaktadır. Çünkü bu kısımlar analiz sonuçları nedeniyle çok rijit yapılırlar ve bunun sonucu olarak büyük oranlarda kuvvet çekerler.

Burulma durumu taşıyıcı sistemin dengesiz yerleştirilmesi sonucu oluşabileceği gibi yapının dış kaplamalarının birim ağırlığı farklı olan malzemelerden yapılması sonucu da oluşabilmektedir. Mesela yapının yarısının granitle kaplanması diğer yarısının da camla kaplanması gibi.

3.3.2.f. Taşıyıcı olmayan elemanlar

Yapılarda insanların fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri amacıyla ısıtma, soğutma, güç kaynakları, asansörler, duvarlar, hafif ve ağır eşyalar gibi nesnelerin deprem sırasında insanlara tehlike oluşturmaması için sabitlenmesi gerekebilir. Bu sabitleme

işlemi özellikle hastane, itfaiye gibi depremden sonra acil olarak fonksiyonlarını devam ettirmek zorunda olan binalarda gereklidir.

3.3.2.g. Yapım aşaması

Yapıların yapım aşamasında da gerekli olan özen gösterilmelidir. Kullanılan malzemeden alınan numunelerin deneylerle şartnamelerdeki kuvvet değerlerini karşılaması gerekmektedir. Bütün yapı elemanları deprem esnasında çekme ve itme kuvvetleriyle birbirlerine etki ederler. Bu yüzden birleşim yerleri deprem kuvvetlerini iletmek için yeteri kadar güçlü olmalıdır. Yapım aşamasında gösterilmeyen titizlik yapıda deprem anında hasar oluşmasına sebep olacaktır.

3.3.2.h. Taşıyıcı sistem seçimi

Yer sarsıntıları yapıları önemli şiddetlere ulaşabilecek dinamik etkiler altına alabilirler. Depreme dayanıklı bir taşıyıcı sistem seçiminde aşağıdaki kıstaslar göz önüne alınarak yapılmalıdır:

- Yapının önemi ve türü,
- Yapının yüksekliği,
- Zeminle rezonansın olmaması,
- Önemli yapısal zararlara rağmen yıkılmaya karşı dayanıklılık,
- Yapının ağırlığı,
- Ardı arda gelen kuvvetlere dayanıklılık,
- Mesnet koşullarına uygunluk[5].

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemleri çerçeveli, perde duvarlı yada perdeli-çerçeveli olarak üç tipte yapılmaktadır. Yapıda nasıl bir işlevsellik, güvenlik istiyorsak ona göre bir seçim yaparız. Bu üç sisteminde birbirine göre avantajı ve dezavantajı vardır. Şekil 3.2’de üç tür taşıyıcı sisteme sahip yapıların yatay yük- yatay öteleme ilişkisi gösterilmiştir.

1-) Çerçeveli betonarme yapılar

Deprem enerjisinin kalıcı deformasyonlarla tüketilmesi yaklaşımı ile tasarlanırlar. Elastik enerji tüketme güçleri azdır. Yüksek miktarda plastik enerji tüketme gücünde olabilmesi için donatı, eksenel yük ve boyut ayrıntılarına tasarım ve yapım aşamasında özen gösterilmelidir. Yatay ötelenmeleri büyük olduğu için, hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemde hasar olmasa bile içlerindeki eşyalar ve taşıyıcı

olmayan bölümlerde hasar olasılığı yüksektir. Şiddetli depremlerde yıkılma olasılıkları azdır ama ekonomik olarak onarılamaz düzeyde hasar görebilirler.

Çerçeveli yapılar deprem tehlikesinin az olduğu bölgelerde yapılmalıdır.

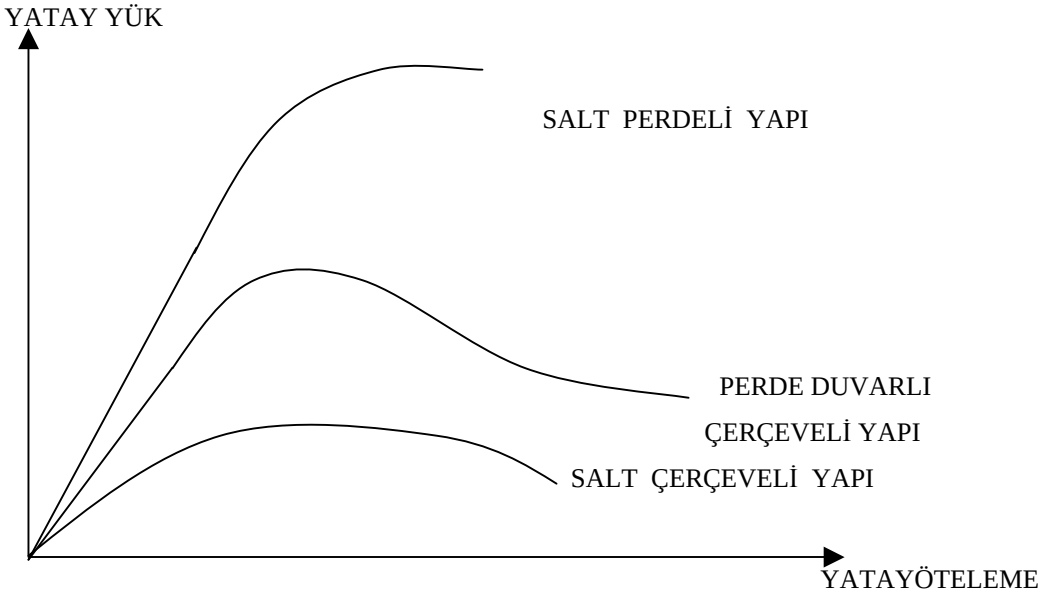
2-) Perde duvarlı betonarme yapılar

Elastik enerji tüketme güçleri salt çerçeveli yapılara göre önemli miktarda yüksektir. Fakat plastik enerji tüketme güçleri aynı düzeyde yüksek değildir. Çerçeveli yapılara göre süneklikleri daha azdır.

Hafif ve orta şiddetli depremlerde yatay ötelenmeleri çok sınırlıdır. Önemli hizmet veren(hastane, itfaiye) yapılar, insanların içinde çok yığıldığı(okullar, yatakhaneler) yapılar vs. salt perde duvarlı olarak tasarlanması gerekir.

3-) Perde duvarlı- çerçeveli yapılar

Bu tür yapılarda yukarıda sayılan her iki taşıyıcı sistem bir arada bulunur. Az katlı perdeli- çerçeveli yapılarda deprem yatay yüklerinin büyük bir bölümü perdeler tarafından taşınır. Ancak çok katlı perdeli- çerçeveli yapılarda katlar çoğaldıkça üst katlarda perde duvarların yatay yüklerden aldıkları pay giderek azalır. Bu nedenle çok katlı yapıların perde duvarlı yapılmalarındaki amaç yatay yükleri taşımalarından çok yapıya rijitlik kazandırmak içindir. Perde duvarlı çerçeveli yapıda yanal ötelemeler sınırlıdır. Perde duvarlı çerçeveli yapıda perde depreme karşı birinci savunma çizgisidir. Perde duvarın hasar sonucu taşıma gücünün azalmasından sonra çerçeve sistemi ikinci savunma unsuru olarak devreye girer ve yapının hemen göçmesi önlenir. Perdeler yapının elastik enerji tüketme gücünü sağlarken, çerçeveler de kalıcı deformasyonla plastik enerji tüketme gücünü sağlarlar. Perde duvarlar yatay ötelenmeyi kısıtlayarak ikinci mertebeden momentlerin miktarını da kısıtlayıp kesitlerin daha çok zorlanmasını önlerler.



Şekil3.2: Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki idealleştirilmiş davranışları

4. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

4.1. Düzensizliklerin Genel Tanımı

İlk tasarım aşamasında kaçınılması gereken birçok düzensizlik tipleri vardır. Düzensizlikler yapının boyutlarının ve şeklinin gelişigüzel olması, kat yüksekliklerinin farklı olması, kütle ve rijitlik dağılımı, kısa kolonların oluşturulması, çekiçlemeye olanak sağlaması, kolonların veya perde duvarların ortogonal olmayacak şekilde yerleştirilmesi gibi birçok nedenlerle ortaya çıkabilmektedir.

4.2. Mimari Tasarım Aşamasında Oluşturulan Düzensizlik Tipleri ve Önlemleri

Mimari tasarım en az yönetmeliklerin uygulanması kadar önemli bir rol oynamaktadır. Bir yapının deprem sırasındaki davranışı, uygulamada yönetmelik kurallarının uygulanmasından önce ortaya konmaya çalışılmalıdır, çünkü yapının geometrisi, aynı zamanda taşıyıcı sistem seçimi ve taşıyıcı sistemin deprem yükleri altındaki davranışı eskiz aşamasında kararlaştırılmaktadır. Bunun sağlanabilmesi için de mimarın deprem güvenliği konusunda ciddi bir bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir. Ayrıca mimarisi deprem dayanımı açısından uygun olmayan binaların korunması için seçilecek taşıyıcı sistemde ekonomik olmayabilir.

Aşağıda mimari tasarım aşamasında yapılan düzensizlikler ve bu düzensizliklerin giderilmesi yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

4.2.1. Planda asimetri

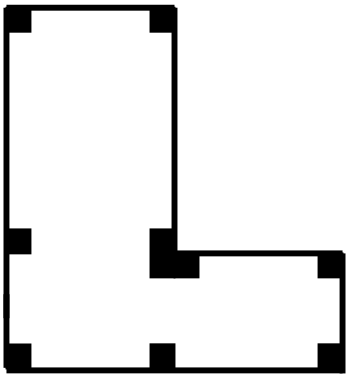
En az iki aksa göre simetrik planlar deprem yükleri altında iyi bir davranış gösterirler. Kare ve kareye yakın planlar çok uygundurlar. İdeal bir yapı bütün yatay yönlerde aynı rijitliği göstermelidir.

Asimetrik planlı veya sadece bir aksa göre simetrik yapılarda deprem hasarlarını belirleyen iki sorun ortaya çıkar. Bunlar burulma ve gerilme yığılması'dır. Bu iki neden yapıların salınımından dolayı kaynaklanan sinetik enerjiyi yutma kapasitesini düşürürler. Yutulmayan bu enerji yapıda kırılmalara neden olur.

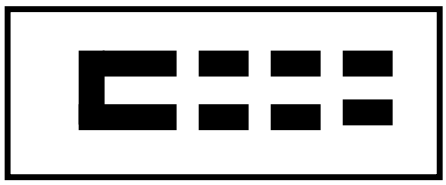
Planda simetri olmamasından dolayı oluşan hasar tipleri aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1.a. Burulma

Burulma yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışmadığı durumlarda ortaya çıkar. L, U, H gibi geometrik şekilli yapılarda ve yapının düşey taşıyıcı elemanlarının rijitliklerinin plan boyunca düzgün dağıtılmaması sonucu oluşur. Bunun sonucu olarak kütle merkezine etkiyen kat kesme kuvveti rijitlik merkezine geçirildiği zaman aradaki dış merkezlikten dolayı düşey eksen etrafında bir burulma momenti oluşur. Bu burulma momenti yapıyı rijitlik merkezi etrafında ve planda döndürür. Şekil 4.1'da yapının geometrisinden ve taşıyıcı elemanların düzgün yerleştirilmemesinden dolayı oluşan burulma türleri gösterilmiştir



a-) L tipi yapılar



b-) Rijitlik dağılımı düzensizliği

Şekil 4.1: Burulmaya yol açan durumlar

4.2.1.b. Gerilme yığılması

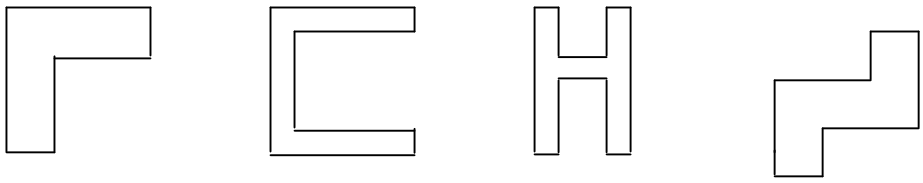
Gerilme yığılması L, U, T gibi yapıların çıkmaları tarafından meydana gelmektedir ve dar açılı köşeler üzerinde oluşmaktadır. Planda farklı rijitlikteki bina bölümlerinin birleştirilmesi, deprem sırasında farklı davranan bu bölümlerin birbirlerini gereksiz yere zorlamasına neden olmaktadır[1]. Bina kolları aynı modda titreşmediği için bu dar açılı köşeler üzerinde büyük kuvvetler oluşmaktadır. Bu gerilme yığılması yapının çatlamasını kolaylaştırır. Deprem hareketleri sırasında çatlaklar hızlı bir şekilde yayılarak binanın kısmi veya komple yıkılmasına neden olmaktadırlar. Bu tip yapılarda çıkıntı boyları hasar derecesi belirleyebilmektedir. Çıkıntılar ne kadar az ise hasar derecesi de o kadar az olabilmektedir. Şekil 4.2'de L biçiminde geometriye sahip bir yapının kollarının birleşim yerlerinde deprem anında gerilme yığılması sonucu oluşan hasar tipi gösterilmiştir.



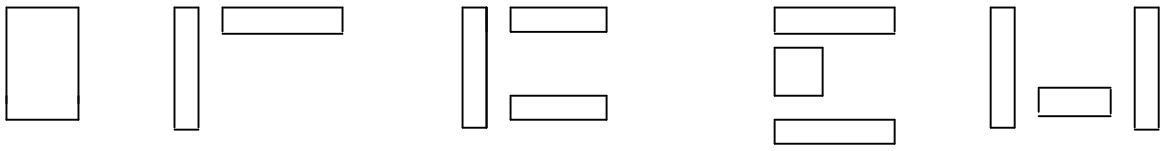
Şekil 4.2: L biçiminde geometriye sahip bir binanın köşe bölgelerinde gerilme yığılması

Planda asimetri sorunlarını düzeltmeye yarayan çözümler

1. Değişken şekilli yapıların deprem anındaki yapısal davranışlarını düzeltmenin en etkili yolu yapıyı basit geometrik şekillere derzler yardımıyla ayırmaktır(Şekil 4.3). Böylece farklı davranan iki ayrı sistemin birbirleriyle ilişkisi kesilmiş olur. Derzlerin etkili olabilmesi için aralarındaki mesafenin etkili olması ve bu derzlerin yabancı cisim tarafından dolma tehlikesine karşı koyulan ara malzemenin iki yapı elemanının davranışlarını birbirinden ayıracak nitelikte esnek bir malzemeden yapılmış olması gerekmektedir(bükülmüş saç, körük v.s.).



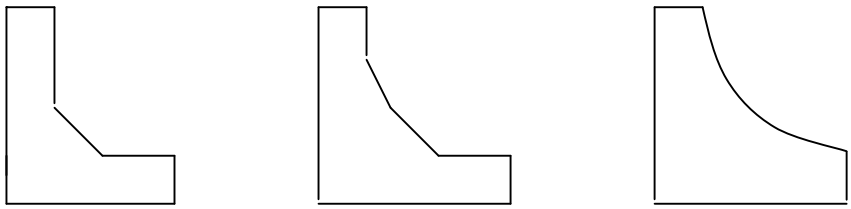
Planı uygun olmayan yapılar



Planı uygun olan yapılar

Şekil 4.3: Plan geometrisinin derzlerle düzeltilmesi

2. Rijitlik ile kütle merkezlerinin birbirleriyle çakışmaması sonucu oluşan burulma düzensizliğini önlemenin en etkili yolu rijitliği kütle merkezine yaklaştıracak olan stabilite elemanları eklemektir(perde duvarlar, çaprazlama elemanlar, kapalı çekirdekler v.s.).
3. Rijitliğin kademe kademe değiştirilmesi dar açılı köşelerin bina formu değiştirilerek yumuşatılması prensibine dayanır(Şekil 4.4). Tokyo'da bir bina bu mimari ile yapılmıştır(Şekil4.5).

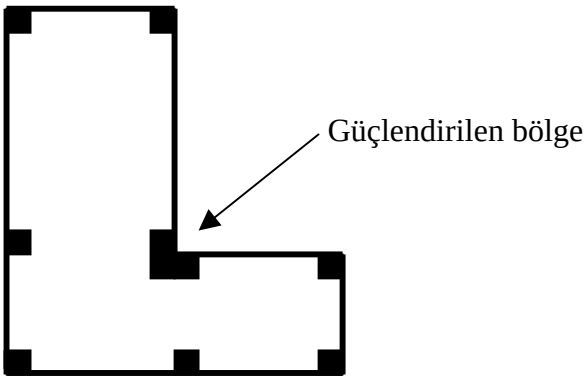


Şekil 4.4: Dar açılı bir köşenin birleştirilmesi



Şekil 4.5: Tokyo' da yüksek bir bina

4. Dar açılı yerlerde bulunan elemanlar deprem hareketleri sırasında önemli zorlamalarla karşılaşır. Bu zorlamaların karşılanması amacıyla dar açılı köşelerde yer alan düşey taşıyıcılar gereğinden fazla boyutlandırılır(Şekil 4.6). Japonya'da ve Amerika'da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ama etkinliği büyük bir depremle geçerlilik kazanmamıştır.



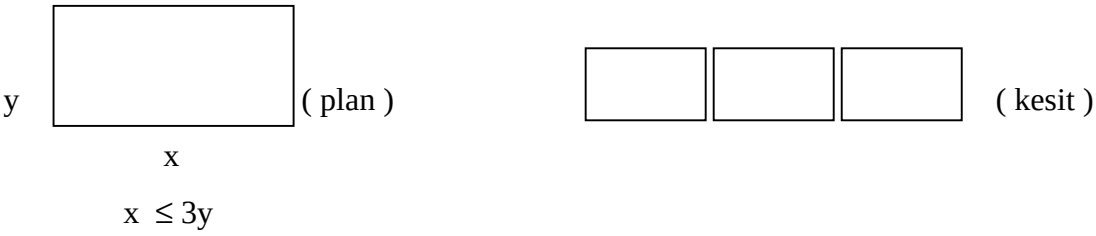
Şekil 4.6: Dar açılı köşenin güçlendirilmesi

4.2.2. Plan boyutları

Yatay ve düşey deprem hareketleri, bir yerden diğerine aynı değildir. Farklılıklar mesafe ile artmaktadır. Büyük cephe uzunluğuna sahip binalar üzerindeki etkisi önemli olabilmektedir.

Uygun bir yapının plan boyutları uzun kenarın kısa kenarının 3 katından daha az olması gerektiği tavsiye edilmektedir(Şekil 4.7a). Büyük cephe uzunluğuna sahip yapıların farklı bölgelerinde oluşacak farklı deformasyonların etkisini sınırlandırmak için, bu tip binaların kompakt bloklar halinde parçalanmaları gerekmektedir(Şekil 4.7b). Ayrıca depremlerden sonra cephe uzunluğu büyük olan binaların uçlarında önemli hasarlar oluştuğu gözlemlenmiştir. Deprem anında yapıya gelen enerji içeriden uçlara doğru yansımakta ve buralarda yoğunlaşmaktadır[5].

Ayrıca planda bir boyutu uzun yapıların kısa yön doğrultusunca rijitliğini arttırmak amacıyla kısa yön doğrultusunca stabilite elemanlar koyulması gerekmektedir. Bu stabilite elemanlar betonarme perde duvarlar olabileceği gibi çelik çaprazlama elemanlarda olabilmektedir(Şekil 4.8.).



a-) Bir binanın tavsiye edilen uzunluk / genişlik oranları b-) Kompakt bloklar halinde parçalama

Şekil 4.7: Enlemesine ve boylamasına rijitlik farklılıklarının sınırlandırılması



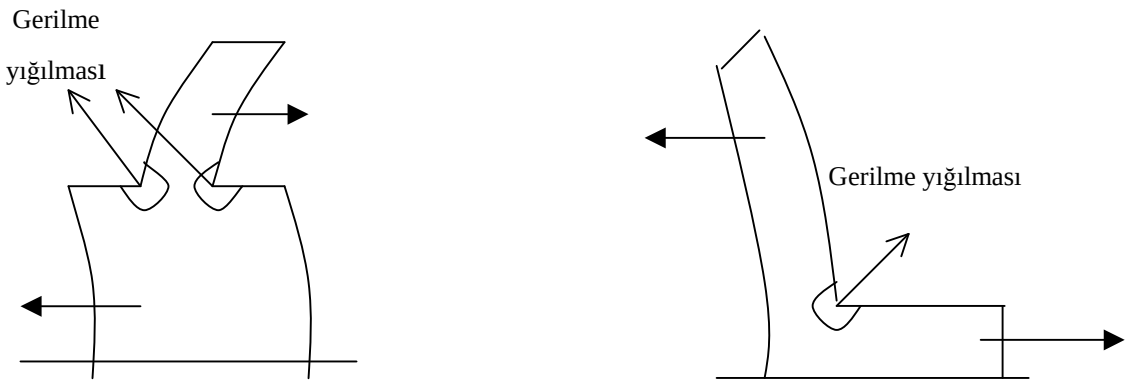
Şekil 4.8: Kısa yön doğrultusundaki rijitliği arttırmak için çelik çaprazlama elemanlar yerleştirilmiş yüksek bir bina

4.2.3. Düşeyde simetriklik ve basitlik

Yatay boyutları yükseklikleri ile birlikte değişmeyen yapılar çıkma ve girinti oluşturulan yapılara göre daha iyi bir davranış göstermektedir ve depremlerde daha az hasara uğramaktadırlar.

4.2.3.a. Geri çekilerek oluşturulmuş katlar

Geri çekilerek oluşturulmuş katlar diğer normal katlarla aynı frekansta salınmazlar. Bazı anlarda da alt noktalarla zıt deplasmanlar yaparak geri çekilmenin oluştuğu yerlerde gerilme yığılmalarına neden olabilmektedirler ve bu düzeydeki döşemede büyük yatay kuvvetler oluşabilmektedir(Şekil 4.9)[10]. Bazen de çekme katların kolonları alt katların kirişlerine bastırılır. Çekme katların yol açtığı hasarları sınırlamak için en azından çekme katlardan gelen düşey taşıyıcı elemanlar direk olarak yüklerini temele kadar aktarmalıdırlar.



Şekil 4.9: Geri çekilmelerin alt katlarda oluşturduğu gerilme yığılmaları

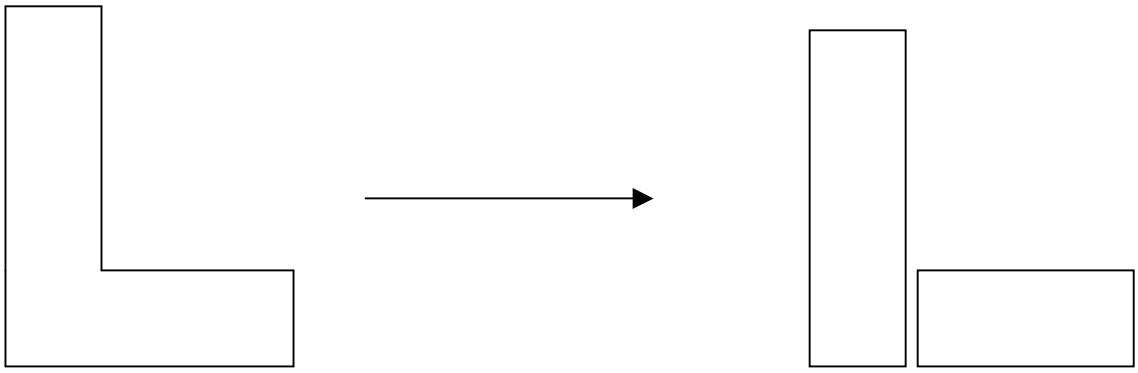
Çekme katların narin olması olumsuzluluğu daha da arttırmaktadır. Böyle durumlarda çekme katlar alt katların üzerine devrilme eğilimindedirler. Esneklikleri, salınımın üst modlara çıkmasına yol açmakta, bu da deprem yüklerinin yükseltgenmesine neden olmaktadır(Şekil 4.10)[5].



Şekil 4.10: A.B.D' inde narin çekme katlara sahip binadaki hasar oluşumu

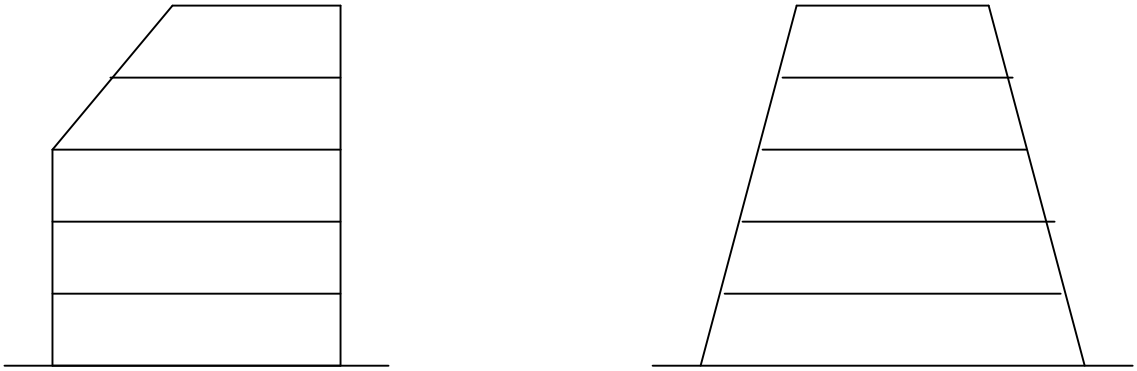
4.2.3.b. Geri çekilmenin oluşturduğu düzensizlikleri azaltmanın yöntemleri

- Eğer bina farklı rijitliklerden oluşursa, yani alt katların üzerinde dışa doğru çıkma yapmış narin bloklar varsa deprem derzleri bırakılabilir(Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Çekme katlardan oluşmuş yapıların bölünmeleri

- Yapıdaki dar açılı köşeleri ortadan kaldırmak amacıyla geri çekilmenin kademe kademe yapılmasıdır(Şekil 4.12). Bu durumlarda düşey taşıyıcı sistemin açılı olarak düzenlenmesi gerekmektedir(Şekil 4.13). Düşeydeki dar açılı köşelerde bulunan elemanların yüksek şekilde boyutlandırılması ve sık bir etriye düzeni ile sarılması da hasarı azaltabilir.



Şekil 4.12: Taşıyıcı elemanların kademe kademe geri çekilmesi



Şekil 4.13: Çekme katların açılı olarak düzenlenmesiyle oluşturulmuş bir yüksek bina

4.2.4. Konsollar

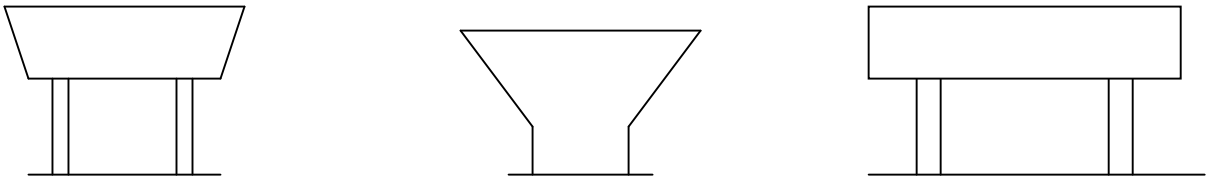
Konsollar (balkon, çıkma v.s.) düşey salınımlardan doğan gerilme yığılmalarının biriktiği dar açılı köşelerin oluşmasına yol açmaktadır. Konsolların çıkma miktarının çok az olması durumunda konsollarda oluşan hasarlar çok az veya yoktur. Eğer çıkma miktarı çok ise veya çıkma ucunda beton korkuluk gibi ağır bir eleman yer alıyorsa bu elemanlar kırılabilir ve balkon eteklerine düşebilirler.

Deprem riskinin fazla olduğu yerlerde, konsollardan kaçınmak veya konsol uzunluklarını 2 m ile sınırlandırmak tercih edilmelidir[5].

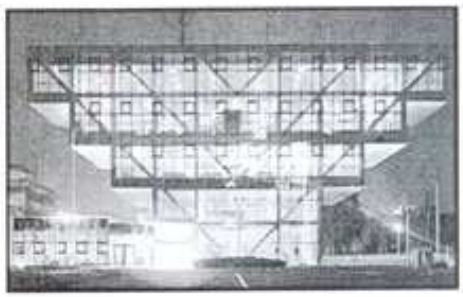
4.2.5. Yükseklik boyunca kütle artışı

Bina kütlesinin yükseklik ile birlikte artmasına imkan tanıyan biçimler, depremlerden kaynaklanan yüksek kuvvetlerin oluşmasına neden olmaktadırlar (Şekil 4.14).

Devrilme momentleri ağırlık merkezi ile zemin arasındaki mesafeyle doğru orantılıdır. Ağırlık merkezi yükseldikçe devrilme momentleri artmaktadır. Devrilme momentlerinin artmasıyla da düşey taşıyıcı elemanlardaki eksenel kuvvetler de artmaktadır(Şekil 4.15 **).**



Şekil 4.14: Ters sarkaç formundaki yapılar



Şekil 4.15: Tokyo’ da bir polis merkezi

4.2.6. Yumuşak ve zayıf kat etkileri

Yumuşak katlar herhangi bir katın yatay rijitliğinin diğer katlara göre önemli derecede küçük tutulması sonucu oluşmaktadırlar. Yumuşak kat bir katın (genellikle zemin kat) dükkan yapılmak istenmesi gibi mimari nedenlerle yüksek yapılması ile oluşabileceği gibi hesaplarda hemen hemen göz önüne alınmayan dolgu duvarların kaldırılması ile de oluşabilmektedir.

Zemin katlarda dolgu duvarların kaldırılması ile oluşan zayıf kat durumunda, zemin kattaki bütün düşey taşıyıcı elemanlara kat yüksekliği boyunca sık aralıklarla yatay donatı(etriye) yerleştirilmelidir.

Yatay rijitlik eksikliğinden dolayı oluşan yumuşak kat durumlarında, bu kattaki rijitliği diğer kattaki rijitliklerle aynı seviyeye getirmek en uygun çözümdür. Bunun için ilgili katta cepheye veya cephe gerisine, yatay yüklere karşı dayanım sağlayacak, her iki yönde de, rijitliği sağlayacak elemanlar koymak gerekir.

Perdelerin ve çaprazlama elemanların, yapının deprem sırasında burulma etkisinde kalmaması için, ağırlık merkezine oranla, simetrik olarak yerleştirilmeleri gerekmektedir.

Depremlerden, kolonlara sık aralıklarla yatay donatı konulması, bir guse veya başlığın bulunması davranışını çok iyi yapmasa da biraz iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Yumuşak kat düzensizliği için A.B.Y.Y.H.Y. de kolonların yüksekliği boyunca sık etriyelerle kuşatılmasını tavsiye etmektedir. Caydırıcı bir önlem olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine dinamik analiz yapılması gerektiğini belirtmektedir. Ama çok sayıda paket programı dinamik analizi yaptığı için bu caydırıcı bir önlem olmaktan çıkmaktadır. Üstelik genellikle dinamik analizle bulunan iç kuvvetler eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan iç kuvvetlerden daha küçük çıkmaktadır. Bazı araştırmalarda bu tip düzensizlikler için dinamik analizi mecburi yapmanın bir çözüm olmadığı görülmüştür. Bir öneri olarak, yatay yükler bir katsayı ile arttırılmalı ve kolonlar yüksekliği boyunca sık etriyelerle sarılmalıdır. Ayrıca eğer dinamik analizle bulunan sonuçlar eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan yatay yüklerden daha küçükse bir azaltmaya izin verilmelidir[11].

4.2.7. Binaların yükseklik ve narinlikleri

Yüksek binaların yıkılması, az ve orta yükseklikteki binalara göre çok daha seyrektir. Böyle binalar hem teknik büroların hem de kontrol bürosunun katılımıyla tasarlanmaktadır ve çok ciddi bir şantiye sürecine sahiptirler.

Yüksek yapılarda bakılması gereken en önemli olaylardan birisi rezonans olayıdır. Binaya etkiyen deprem yükleri, yapının periyodunun zemin periyoduna yakın (rezonans) veya uzak olmasına göre çok değişken değerler alabilmektedir. Sağlam zeminlerin maksimum periyot aralıkları çok kısadır. Bu yüzden böyle zeminlerde az katlı yapı yapmak yapı ile zemini rezonansa sokabilir ve tasarlanandan daha fazla deprem kuvvetleri yapıya etkir. Mesela 1985 Meksika depreminde 20 katlı binalar bu nedenle yıkılmıştır. Zemin hakim periyodu 2 saniye ve binaların doğal salınım periyotları yaklaşık kat sayılarının onda biri olduğundan, rezonans meydana gelmiştir[5].

Yüksek yapıların zeminle rezonansa girmemesi için yapının titreşim periyodunun zemin titreşim periyodundan uzaklaştırılması gerekmektedir. Yapı periyodu mimari tasarımda ve taşıyıcı sistem seçimiyle azaltılabilir veya arttırılabilir. Mimari plan düzeyinde yapının periyodunu şu şekillerde ayarlanabilir;

- Geometrik narinliği (yükseklik / genişlik) arttırılarak (kat sayısını arttırarak) periyodu uzatılabilir yada narinliği azaltılarak periyodu kısaltılabilir.
- Binayı kademe kademe aşağıya doğru genişleterek rijitliği arttırılabilir ve böylece periyot ta kısaltılmış olur. Yapıyı aşağıya doğru genişletmekle yapının ağırlık merkezini düşürülür ve devrilme momentleri de azaltılmış olur.

4.2.8. Binaların birleştirilmesi

Binalara girişleri ve çıkışları kolaylaştırmak için iki ayrı bina kimi zaman geçitler veya merdivenlerle birleştirilirler. Bu iki ayrı bina aynı modda salınmadıkları için bu ara elemanlar hasar görebilmektedir (Şekil 4.16). Bunu önlemek için birleşimi sağlayan bu elemanların binalardan en az bir tanesi ile ilişkisinin kesilmesi gerekmektedir. En iyi çözüm ise, kendi kendine bağımsız ayakta durabilen, bitişik olduğu iki binadan da deprem derzleri ile ayrılmış olan bir birleşim elemanı gerçekleştirmektir.

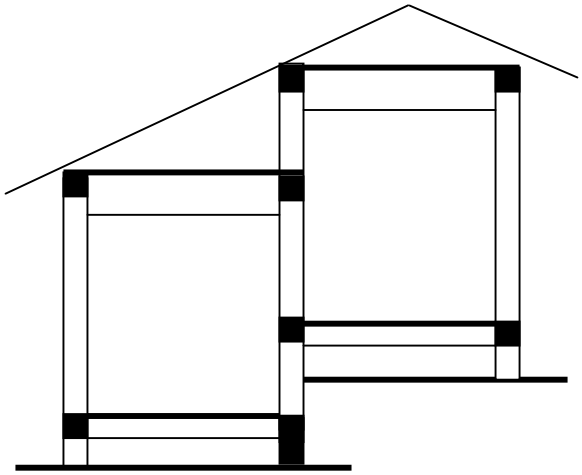


Şekil 4.16: İki ayrı binanın birbirlerine merdivenlerle birleştirilmesi sonucu oluşan hasarlar

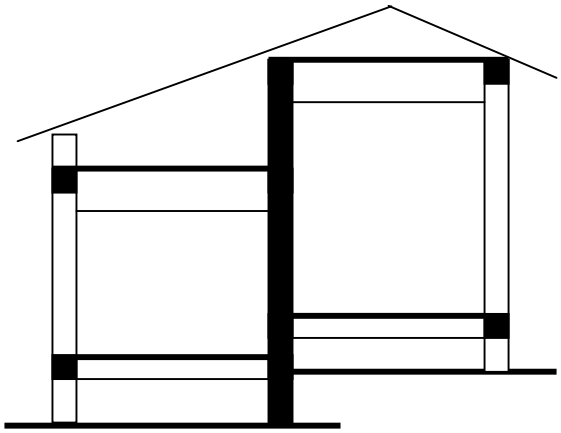
4.2.9. Kademeli katların bulunması

Bazı yapılarda yarım kat olan kademeli döşemeler yapılır. Eğer bu döşemeler kirişler tarafından kolonlara taşıtılıyorsa, deprem sırasında kesme etkilerine dikkat etmek gerekmektedir(Şekil 4.17a). Böyle kolonlar ortasında ki kirişten dolayı diğer kolonlara oranla daha rijittirler ve çok daha yüksek yüklerin etkisinde kalırlar. Ayrıca yerdeğiştirmeleri kısıtlandığı için enerji yutma kapasiteleri de azalmaktadır. Bu yüzden hasarlar kesmeye bağlı gevrek tipte oluşur. Kısa kolon söz konusudur.

Bu durumu önlemek için, bu kolonlar perde içine alınabilir veya taşıyıcı sistem yatay yüklere dayanımı sağlayan perdeler ile desteklenebilir(Şekil 4.17b).



a-) Kısa kolon etkisi sergileyen yapı, yapının yıkılmasına neden olabilir



b-) Kademeli katlar perde ile taşınmakta

Şekil 4.17: Kademeli katlara sahip bina

4.2.10. Mimari detaylar

4.2.10.a. Bant pencereler

Genellikle bodrum katların aydınlatılması için çerçevelerin dolgu duvarlarının üst başlarına boydan boya bant biçiminde pencereler yapılmaktadır(Şekil 10.1). Böyle yapılınca kolonlara pencerelerin başladığı yüksekliğe kadar duvarlardan destek gelmekte, pencere olan kısımda ise destek gelmemektedir. Bu da kısa kolon oluşumuna sebep olmaktadır[10].

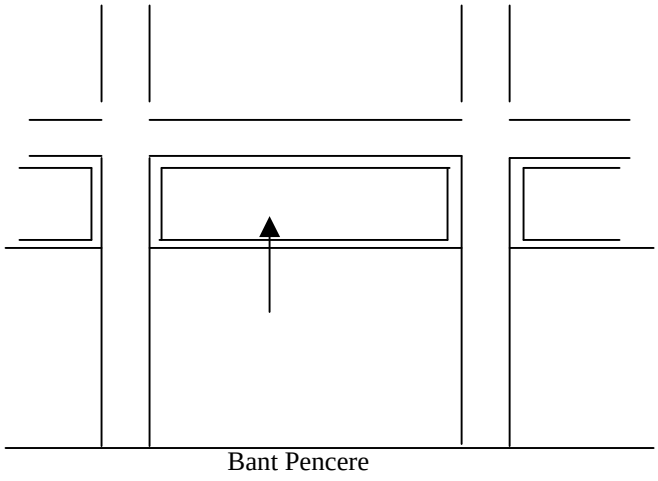
Kısa kolon durumunda kolon etkili boyu kısalırken, kolonun yanal yerdeğiştirme rijitliği artar. Depremden oluşan kat kesme kuvveti kolonlara yatay öteleme rijitlikleri ile dağıldığı için, yatay öteleme rijitliği artan kolon öngörülenden fazla yatay kuvvet karşılamak durumunda kalır. Kolonda kesme kuvveti artarken, etkin boyun kısalması eğilme momentini düşük değerde tutar. Kesme kuvveti ile oluşan güç tükenmesi, relatif olarak daha gevrek bir kırılmaya neden olur. Bu şekilde hiç beklenmeyen kırılma şekli taşıyıcı sistemi toptan göçmeye kadar götürebilmektedir(Şekil 4.18).



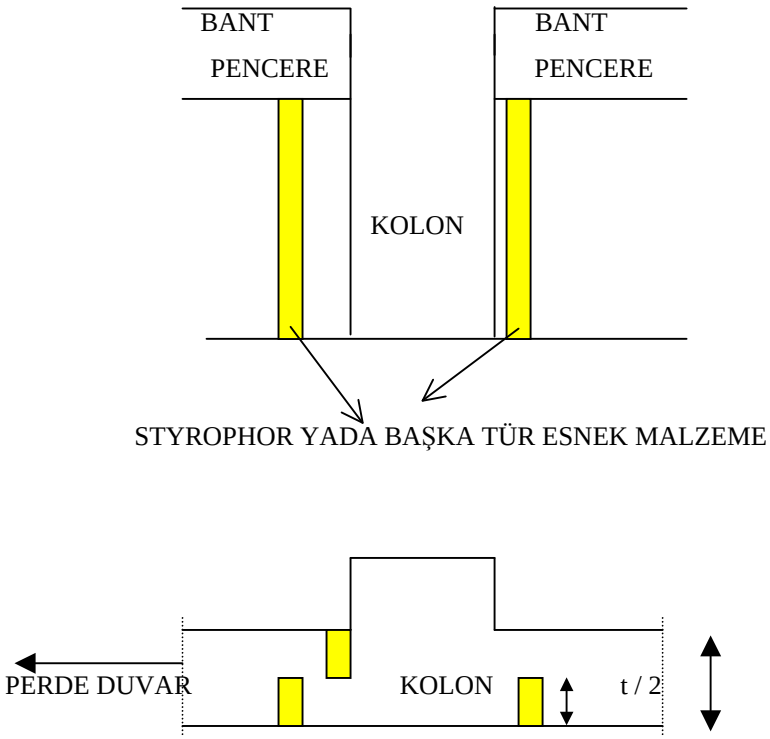
Şekil 4.18: Kısa kolon hasarı

Burada alınacak önlem, kısa kolon davranışının oluşmaması için kolonun serbest şekil değiştirmesinin sağlanması veya kısa kolon oluşumunun engellenmediği durumlarda, donatının pekleşmesi gözönüne alınarak arttırılan uç kesit eğilme momenti kapasiteleri ile hesaplanmış kesme kuvveti esas alınarak boyutlandırılmalıdır. Böylece sünek olmayan kesme kuvveti güç tükenmesine sünek olan eğilme momenti güç tükenmesinden önce erişilmemesi sağlanmış olmaktadır[8].

Kısa kolon oluşumunu engellemek için dolgu duvarlarla kolonlar arasında yeterli bir boşluk bırakılmalıdır. Bu boşluklar daha sonra ısı ve suya karşı uygun malzemelerle doldurulmalıdır(Şekil 4.20)[10].



Şekil 4.19: Bant pencereden dolayı kısa kolon oluşumu



Şekil 4.20: Kısa kolon kırılmasının önlenmesi için perde duvar- kolon bağlantısının inceltilmesi

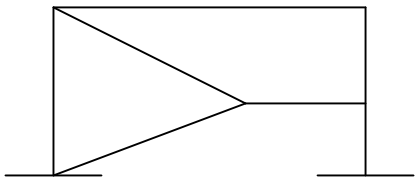
4.2.10.b. Merdivenler

Merdivenlerin deprem sonrasında insanların yapıyı rahatça boşaltabilmeleri için hasar görmemeleri gerekmektedir.

Merdivenlerin yerleşme yerleri, merdiveni kapatan çevre malzemesi, merdivenin mesnetlenme şekli deprem sırasında önemlidir.

Merdivenin etrafı perde duvarlardan oluşuyorsa merdivenin yerleşeceği yer yapıda burulma oluşturmamalıdır. Perde duvarlarla çekirdek oluşturunca, merdiven ara sahanlıkları perdeye basacak ve böylelikle kısa kolon oluşumu da engellenmiş olacaktır.

Merdivenin bulunduğu aksa rijitliği nedeniyle büyük kuvvetler gelmesi yüzünden merdiven boşluğu kenarındaki dolgu duvarlarda hasarlar oluşmakta çoğu zamanda yıkılmaktadır[10]. Bu hasarı önlemek amacıyla merdivenler yapıdan dezlerle ayrılabilir yada merdivenin bir ucundan kayıcı mesnetli olarak yapılması ile rijitliği düşürülebilir. Rijitliğinin düşürülmesi depremde o aksa etkiyecek kuvvetleri de azaltıcaktır(Şekil 4.21).



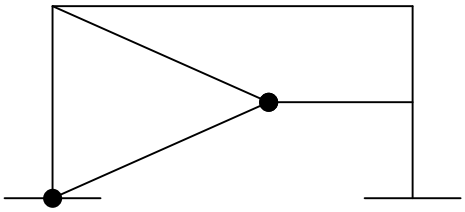
Merdiven Kirişi Ankastre

K= 250 ton / cm



Merdiven Kirişleri Yok

K= 31 ton / cm



Merdiven kirişleri bir ucu mafsallı

K= 138 ton / cm

K= Rijitlik

Şekil 4.21: Merdivenli bir aksın çerçeve rijitliğine katkısı

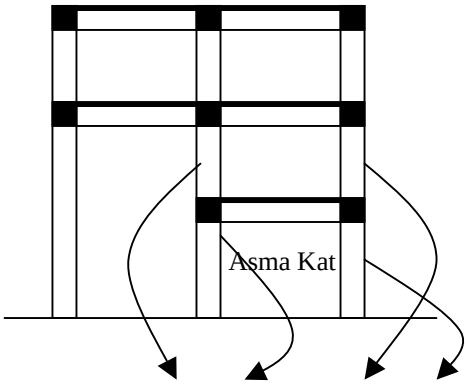
4.2.10.c. Asma katlar

Asma katlar her zaman kolonlar tarafından taşınmaktadırlar ve bu nedenle ilgili kolonların serbest yüksekliğini kısaltarak kısa kolon oluşumuna neden olmaktadırlar (Şekil 4.22a). Genellikle asma katların zemin katlarında yapılmasından dolayı bu katlarda yer alan kolonların yıkılması tüm yapıyı yıkılmaya kadar götürebilmektedir.

Asma kat yapılmasıyla oluşan olumsuzlukları önlemek amacıyla;

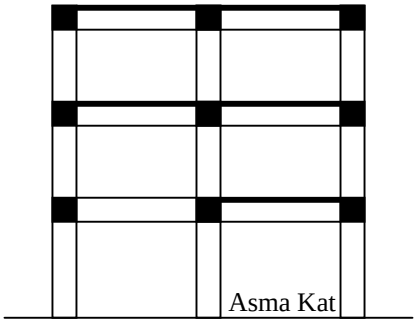
- Asma katı ana taşıyıcı sistemden bağımsız bir taşıyıcı sistem üzerinde kurmak
- Asma katın bulunduğu kattaki bütün kolonların boylarını aynı seviyede tasarlamak

gibi önlemler alınabilir(Şekil 4.22b).

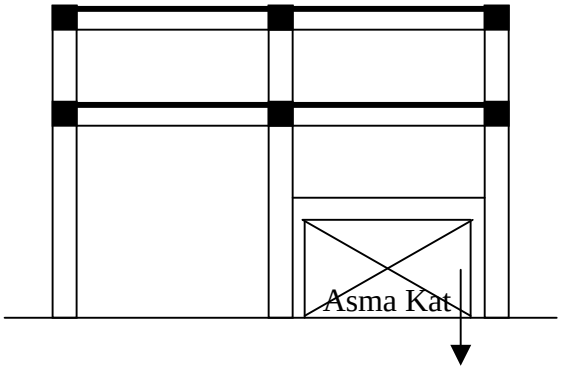


Oluşturulan kısa kolonlar

a-) Kısa kolon etkisiyle kolonlarda kesme kırılması



Bağımsız Taşıyıcı Sistem



b-) kabul edilebilir çözümler

Şekil 4.22: Asma katlar

4.2.11. Sonuç

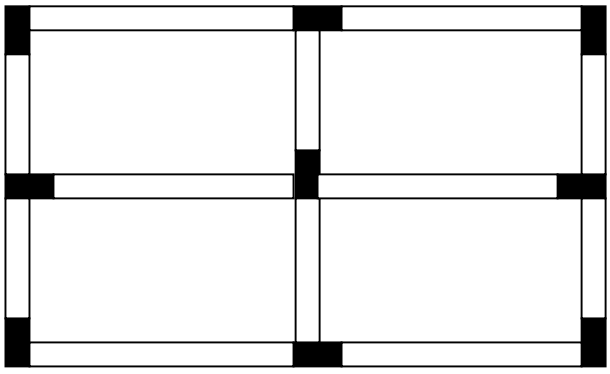
Yapıların depreme dayanıklı olması, bir depremde yıkılmamaları kadar, depremden sonrada fonksiyonlarını yitirmemeleri ve hasar görerek içlerinde ve çevrelerinde can kaybına yol açmamaları demektir. Bu ise mimari tasarım aşamasında da deprem etkilerinin göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Deprem, mimarın olanaklarını kısıtlayıcı bir etmendir. Yapısının depreme de dayanıklı olmasını isteyen mimar bazı kısıtlamaları baştan kabul etmesi gerektiğini bilmelidir. Çünkü mimari bakımdan depreme dayanıklı olmayı önleyen birçok faktör inşaat mühendisinin bütün çabasına karşın, başka önlemlerle giderilebilmektedir. Mimarların depreme dayanıklı bir yapıda nelere dikkat edilmesinin bilincinde olması ve yapı tasarımında deprem olayının ülkemizde dikkate alınması gerektiğini hatırlaması gerekmektedir.

4.3. Taşıyıcı Sistem Tasarımı Sırasında Oluşturulan Düzensizlikler

Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların dinamik yüklere dayanımları, biçimsel bir çeşitlilik arayışının neden olduğu tercihler nedeniyle sıklıkla zayıflatılmaktadır.

4.3.1. Kolon yerleşimi

Yapıya yerleştirilecek kolonların uzun yönleri iki ortogonal yöne eşit dağıtılması gerekmektedir. Çünkü yapıya etkiyecek deprem kuvvetleri yapının iki yönüne de etkiyeceği için kolon rijitliklerinin iki yöne de dağıtılması gerekmektedir(Şekil 4.23). Aksi halde bir yönde rijit bir yapı oluşturulurken diğer yönde zayıf bir yapı oluşturulmuş olur. Buda yapıların zayıf yön doğrultusunda yıkılmasına sebep olabilmektedir.



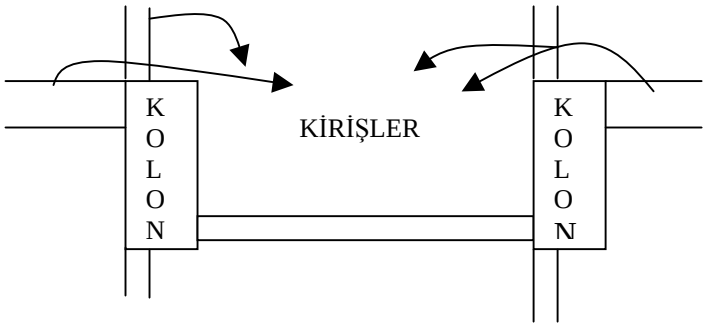
Şekil 4.23: Deprem açısından uygun kolon yerleştirme biçimi

4.3.2. Çerçeve oluşumu

Bazı durumlarda kolon ve kirişlerin bölme duvarların içine saklanması için kolon ve kiriş aksları şaşırtmalı veya süreksiz yapılmaktadır. Bu durumda etkili bir çerçeve oluşturulamadığı için deprem sırasındaki yapı davranışı olumsuz etkilenmektedir. Şaşırtmalı gelen kirişleri bir kolonla bağlamak isteği de kolonun gereğinden büyük oluşmasına sebep olabilmektedir(Şekil 4.24). Böyle bir durumda da statik hesapları yapan mühendisin dikkat etmesi gereken koşullar oluşmaktadır. Kolonun statikçe gereğinden büyük yapılması ile rijitliği ve buna bağlı olarak depremde gelen yüklerden almış olduğu pay da artmaktadır. Bu kolonlara donatı yerleşimi yapılırken bu hususlarında göz önüne alınması gerekmektedir.

Kolonların kirişlerle birbirine tam olarak bağlandığı durumlarda deprem sırasında yapıya gelen kuvvetler kolonlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılır. Kolonların kirişlerle birbirine bağlanamaması durumunda yatay yüklerin bütün kolonlara rijitlikleri ile orantılı olarak aktarılması güçleşmektedir. Bu durumda bazı kolonlara öngörülenden daha fazla deprem yükü gelebilmektedir[10].

Birleşim elemanlarının aksları birbirlerine göre ileri veya geri iseler, deprem sırasında bağlantılar üzerinde, kesmeye bağlı yüksek gerilimler oluşabilmekte ve gevrek tipte bir kırılma etkisinde kalabilmektedirler. Oysaki şiddetli bir depremde taşıyıcı sistemin çözülmesini önlemek için, sünek bir davranış sağlanmaya çalışılmalıdır. Sonuç olarak aynı plan düzleminde birleşmiş elemanların yer alması tercih edilmeli ve aynı zamanda uygun yapısal tedbir ile (betonarme iskelet sistemlerde yoğun enine donatı) bağlantı noktasına iyi bir süneklik sağlamaya imkân tanıyacak koşullar yaratılmaya çalışılmalıdır.



Şekil 4.24: Kiriş akslarının şaşırtmalı olması sonucu kolonların gereğinden büyük yapılması

4.3.3. Döşeme delikleri

Deprem de oluşan yatay yüklerin yapıda düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağılımı kendi düzlemi içinde son derece rijit olan döşeme plakları ile

sağlanmaktadır. Bu ise sürekli ve eşit dağıtılmış rijitliği olan bir kat döşemesi ile sağlanabilmektedir. Döşemelerde büyük boşlukların olması hem yapı davranışını olumsuz etkileyebilmekte hem de analizi daha da karmaşık hale getirmektedir. Böyle sistemlerde döşemeleri sonlu elemanlara bölüp her bir sonlu eleman için ayrı ayrı hesap yapmak gerekmektedir.

Yüklerin uygun dağılımını sağlamak için, kendi plan düzlemlerinde, diyaframların stabilite ayaklarına göre daha rijit olması gerekmektedir. Diyaframların rijit elemanlardan oluşması ile, diyaframlara bağlı bütün elemanlar aynı modda çalışabilmekte ve dayanıma rijitlikleri oranında katılabilmektedirler.

Döşemede boşlukların bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır[1].

4.3.4. Kolon ve kiriş rijitliklerinin oranı

Betonarme çerçeveli yapılarda, yapının stabilitesinin sağlanması amacıyla yatay taşıyıcı elemanların (kirişler) düşey taşıyıcı elemanlardan (kolon) önce plastik deformasyon yapabilmesi gerekmektedir. Plastik deformasyona uğramış bölgeler, plastik mafsallar olarak isimlendirilir çünkü bu bölgeler aksları etrafında muhtemel bir dönmeye karşı gelememektedirler. Bu durumda plastik mafsallar kolonlarda veya düğüm noktalarında değil, geçiş elemanlarının (kiriş) mesnetlerinde oluşmaktadırlar. Yapıda plastik mafsallaşmaların sağlanabilmesi için yapının elemanlarının sünek olması gerekmektedir.

Kirişlerin kalıcı deformasyonla yani hasar görerek mafsallaşması ile tüketeceği enerji kolonlara göre çok daha büyüktür. Kolonların mafsallaşma ile hasarı düşey yük taşımada sorun çıkararak yıkılmaya yol açabilmektedir.

4.3.5. Perde duvarların planda düzenlenmesi

Perde duvarlar büyük rijitliklere sahip elemanlar olduklarından planda yerleştirirken yapıda burulma oluşturulmamasına dikkat edilmelidir. Eğer perde duvarlar merdiven yâda asansör etrafına yapılacaksa ve yapının kütle merkezine yakın bir yere yapılamıyorsa o zaman kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştıracak ek perde duvarların yapılması gerekmektedir.

5. DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN DÜZENSİZLİKLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

Deprem yönetmeliklerinin genel amacı, yapı taşıyıcı sisteminin, yatay yükleri en üstten temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterli rijitlik, kararlılık ve dayanımda bulunması için bir dizi önlemlerdir. Bu önlemler konstrüktif kurallar ve hesaplardan oluşmaktadır. Deprem yönetmelikleri, hazırlandıkları tarihe kadar olan uygulamalardan elde edilen tecrübelerden, deneylerden, teorik inceleme ve araştırmalardan ve deprem sonrası yapılan incelemelerden toplanan bilgilere göre hazırlanmaktadırlar.

Deprem yönetmelikleri olasılıklar üzerine kurulurlar ve depremin etkiyeceği alan ölçeğinde genel bir hedefe varmaya çalışırlar. Başarısızlık ihtimali kabul edilebilir düzeydedir; bununla birlikte, can kaybı olasılığı çok sınırlı kalmak zorundadır. Yönetmelikler kapsamındaki yapılar, çok büyük depremlere karşı koyacak şekilde hesaplanmazlar, çünkü yapının bütün ömrü boyunca büyük bir deprem ile karşılaşma riski düşüktür(tekrar periyodu 50–475 yıl arası)[5]. Ama böyle depremlerde yapı kullanılamaz olsa bile yapıda göçme olmaması istenmektedir.

Deprem yönetmeliklerinin koruma stratejisi, yapıya etkiyen titreşimlerden dolayı binanın yıkılmasını önlemek için yapılara yeterli bir süneklik sağlama prensibine dayanmaktadır. Yapının kullanıcılar üzerine yıkılmasını önlemek amacıyla, ekonomik olarak tamir edilebilen veya edilemeyen bölgesel hasarlar (plastik mafsallaşma) kabul edilmektedir. Deprem anında oluşan enerjinin bu plastik mafsallarda yutulması prensibi ana prensibi oluşturur. Bu prensibe göre de deprem anında yapılarda oluşan yükler birden sekize kadar değişen davranış katsayılarıyla azaltılmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı sadece statik hesapla oluşturulamaz. Mimarların özgür ve sınırsız düşünceleri**,** yönetmeliklere uyulsa bile, hasar nedeni oluşturabilmektedir. Göçmüş yada ağır hasara uğramış yapılar incelendiği zaman, hasarın sebeplerinin direk ya da dolaylı olarak mimari dizayn sırasında oluşturulan düzensizliklere bağlı olduğu gözlenmiştir[11].

5.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997 Esaslarına Göre Düzensizlikler

Aşağıda A.B.Y.Y.H.Y. de düzensiz yapılar hakkında ifade verilmiştir:

" Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve **A1** başlığı ile tanımlanan burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb. rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle **B1 ve B2** başlığı ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem hesabında göz önüne alınmayan, ancak kendi düzlemlerinde önemli derecede rijitliğe sahip olabilen dolgu duvarlarının bazı katlarda ve özellikle binaların giriş katlarında kaldırılması ile oluşan ani rijitlik ve dayanım azalmalarının olumsuz etkilerini gidermek için bina taşıyıcı sistemde gerekli önlemler alınmalıdır" (Madde 6.2.1.3).

"Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile yapıların tasarımı ve yapım aşamasında bu düzensizliklerden kaçınılmalıdır" (Madde 6.3.1).

5.1.1. Planda düzensizlik durumları

5.1.1.a. Burulma düzensizliği(A1)

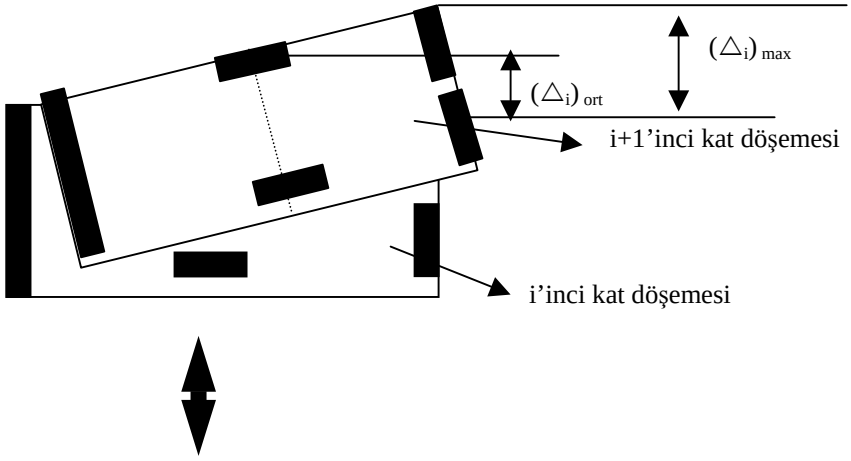
Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısının η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 5.1).

$$\eta_{bi} = (\triangle_i)_{max} / (\triangle_i)_{ort} > 1.2 \qquad \textbf{(5.1)}$$

Göreli kat ötelemelerinin hesabında kütle merkezindeki muhtemel değişiklikleri de gözönüne alarak, deprem kuvvetinin etkidiği doğrultuya dik bina boyutunun $\pm\%5$ kadar bir dışmerkezlikle bulunduğu kabul edilecektir. Bu dışmerkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa bile burulma katsayısı 1'den büyük çıkacaktır. Ayrıca döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştıkları kabul edilecektir.

A.B.Y.Y.H.Y. de burulma düzensizliği katsayısı $1,2 < \eta_{bi} \leq 2,0$ olması durumunda $\pm\%5$' lik ek dışmerkezliğin $D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2$ gibi bir katsayı ile arttırılmasını öngörmektedir. Buradaki amaç yapıdaki burulma düzensizliğini daha belirgin ortaya

çıkarmak ve taşıyıcı sistemin burulma etkilerinden dolayı daha fazla zorlanacağını hesaplarda da gözönüne alınmasını sağlamaktır. Burulma düzensizliği katsayısı 2 ile sınırlandırılmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} > 2,0$ olması durumunda 1. ve 2. deprem bölgelerinde dinamik analiz yapılması zorunlu kılınmıştır.



Deprem Yönü

$(\triangle_i)_{max}$ = Binanın i' inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$(\triangle_i)_{ort}$ =Binanın i' inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

$$(\triangle_i)_{ort} = [\,(\triangle_i)_{max} + (\triangle_i)_{ort}\,] / 2 \qquad \textbf{(5.2)}$$

$\eta_{bi} = (\triangle_i)_{max} / (\triangle_i)_{ort}$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 5.1: Burulma düzensizliği tanımı

5.1.1.b. Döşeme süreksizlikleri (A2)

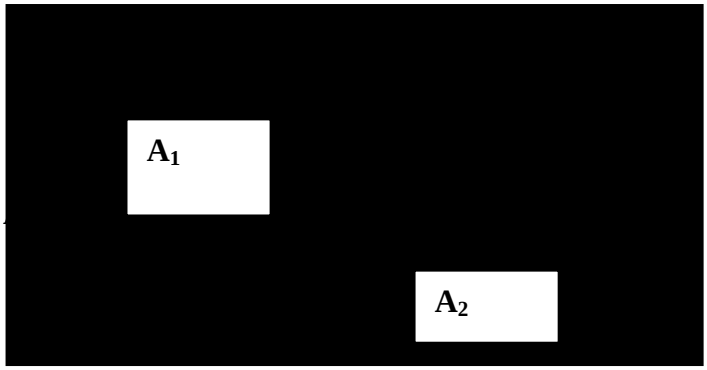
Herhangi bir kattaki döşemede;

1) Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olması durumu (Şekil 5.2),
2) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
3) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu

döşeme süreksizlik düzensizliği olarak tanımlanır.

Döşemelerdeki bu boşluklardan dolayı yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara aktarılması güçleşmektedir. A.B.Y.Y.H.Y. de döşeme düzensizliği için bir hesap ayrıntısı verilmemiştir Bir yaklaşık yöntemle bu yüklerin iletilmesi amacıyla, döşeme

yeterli sayıda sonlu elemanlara bölünebilir ve bu durumda her bir sonlu elemana ayrı ayrı ±%5 ek dışmerkezlik uygulanmalıdır(Şekil5.3).

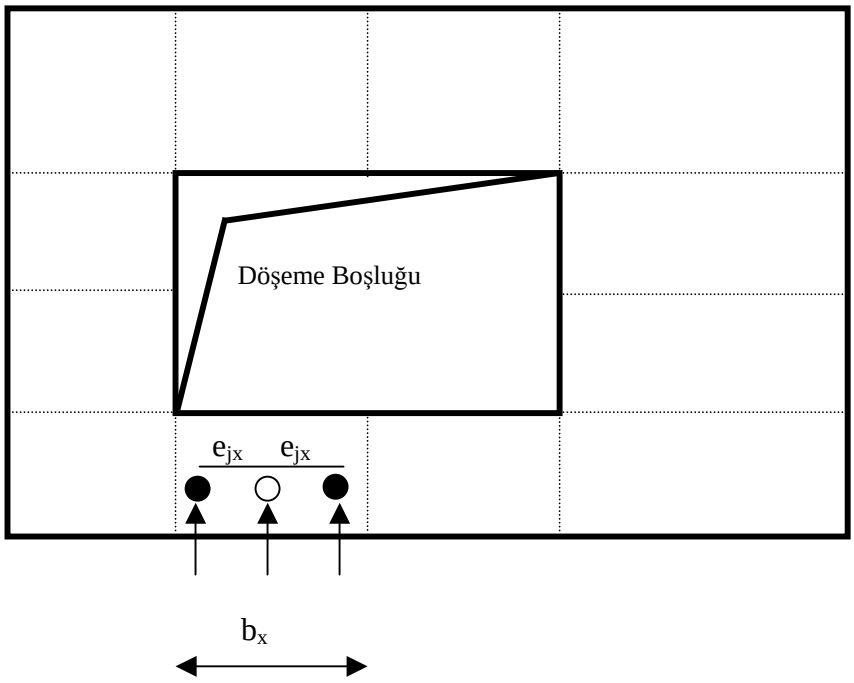


$A_{boşluk}$: $A_1 + A_2$: Döşemedeki toplam boşluk alanı

A_{toplam} : Boşluklarda dahil toplam döşeme alanı

$A_{boşluk} \geq 1/3\ A_{toplam}$ ise döşeme süreksizliği vardır **(5.3)**

Şekil 5.2: Döşeme süreksizliği tanımı



$e_{jx} = 0.05\ b_x$

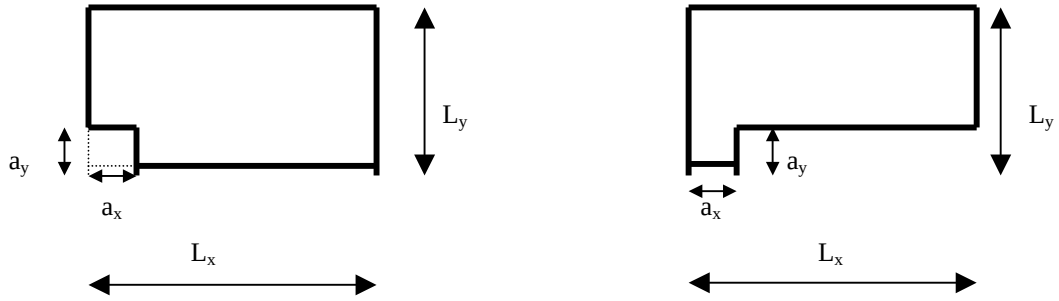
○ Döşemenin J' inci kısmının kütle merkezi

● Döşemenin J' inci kısmının kaydırılmış kütle merkezleri

Şekil 5.3: Döşemenin sonlu elemanlarla analizi

5.1.1.c. Planda çıkıntılar bulunması (A3)

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20' sinden daha büyük olması durumu(Şekil 5.4).



$a_x > 0.2\ L_x$ $a_y > 0.2\ L_y$ **(5.4)**

Şekil 5.4: Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği

5.1.1.d. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması (A4)

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumunda taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği (ortogonal olmayan düzensizlik) söz konusudur(Şekil 5.5).

Yapıdaki kolon ve kesme perde duvarların rijitlik aksına göre eylemsizlik momentleri birbirine göre ortogonal olması istenir. Eğer düşey taşıyıcı elemanların asal eksenleri birbirine dik iki yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumunda ortogonal olmayan düzensizlik söz konusudur.

Ortogonal olmayan düzensizliğin olduğu sistemlerde, düşey taşıyıcı sistemlerin kendi asal eksenleri doğrultusundaki iç kuvvetleri ayrı ayrı X ve Y yönlerinde analizle bulunan değerlerinin uygun bir şekilde kombinasyon yapılmasıyla bulunur. İlkin Y yönündeki analizle bulunan iç kuvvetlerin %30'u X yönündeki analizle bulunan iç kuvvetlerin %100' ne eklenir. Daha sonra X yönündeki analizle bulunan iç kuvvetlerin %30'u Y yönündeki analizle bulunan iç kuvvetlerin %100' ne eklenir. Bu değerlerden en büyük değer tasarımda kullanılacak değerdir.

Ortogonal olmayan düşey taşıyıcı elemanlar için, dizaynda kullanılacak B_a iç kuvveti aşağıdaki denklemlerden bulunan değerlerden en büyüğüdür.

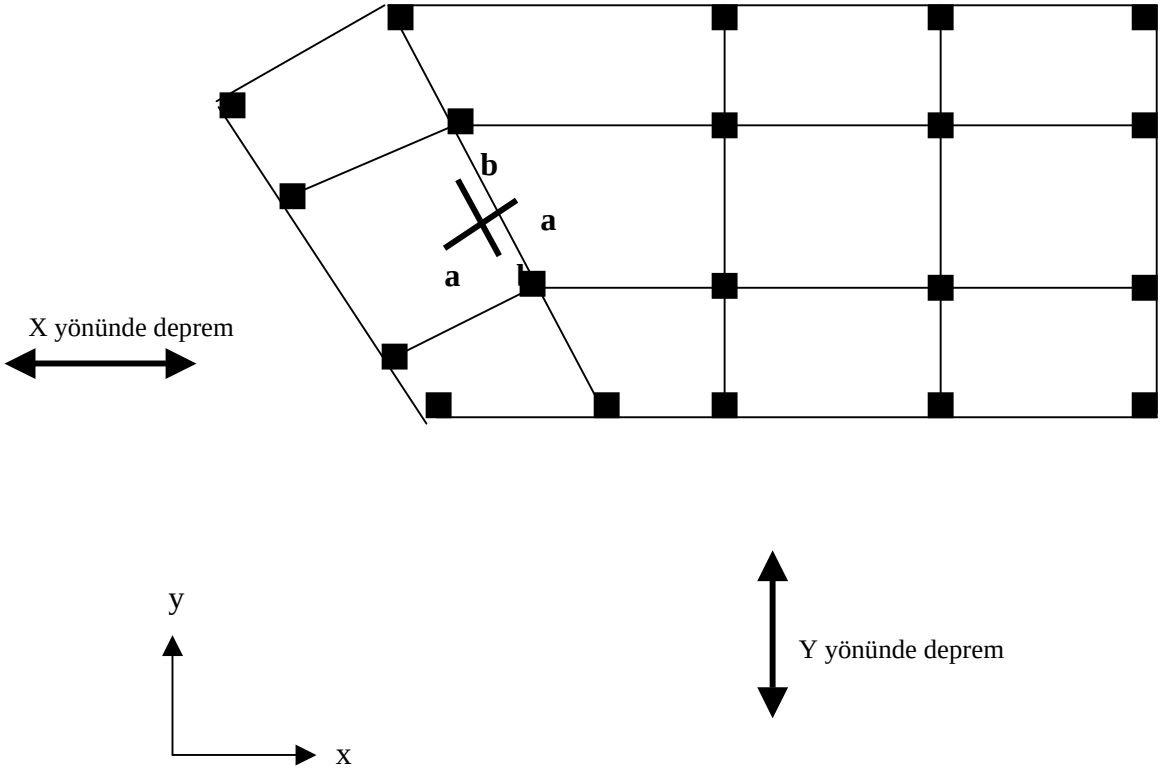
$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.3\, B_{ay}$ **(5.5)**

$B_a = \pm 0.3\, B_{ax} \pm B_{ay}$

B_{ax} = Düşey taşıyıcı sistem elamanının **a** asal ekseni doğrultusunda, **x** doğrultusundaki depremden dolayı oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} = Düşey taşıyıcı sistem elemanının **a** asal eksen doğrultusunda, **x**' e dik **y** doğrultusundaki depremden dolayı oluşan iç kuvvet büyüklüğü

Aynı işlemler diğer asal eksen olan **b-b** aksı içinde yapılır.



Şekil 5.5: Ortogonal olmayan düzensizlik

Sayısal örnekler, yukarıda verilen deneysel formüllerle bulunan düşey elemanların kesme ve moment değerleri kendi asal eksenlerine göre sismik analizle bulunan gerçek moment ve kesme kuvveti değerleriyle karşılaştırıldığında güvenli sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir[11].

5.1.2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

5.1.2.a. Komşu katlar krası dayanım düzensizliği (Zayıf kat) (B1)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısının η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu (Şekil 5.6).

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad \textbf{(5.6)}$$

olması durumunda zayıf kat düzensizliği söz konusudur.

ΣA_e = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15\, \Sigma A_k \quad \textbf{(5.7)}$$

ΣA_w = Herhangi bir katta, kolonların en kesitlerinin gövde alanlarının (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç) toplamı

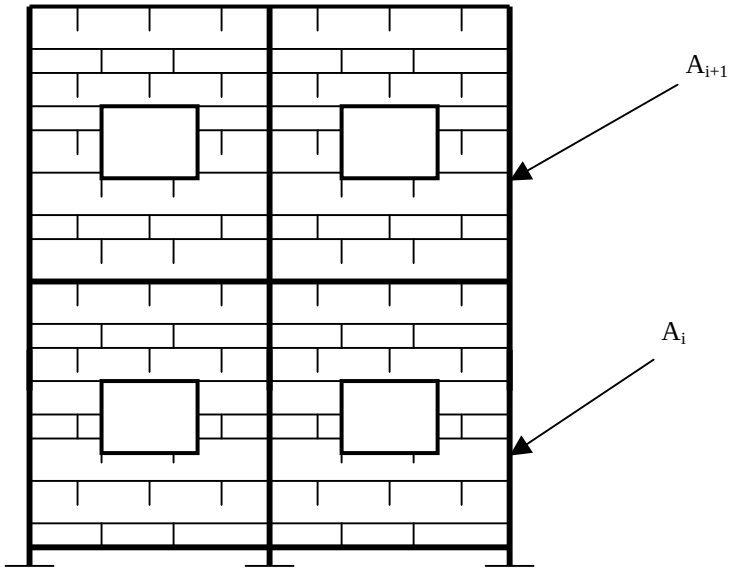
ΣA_g = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı

ΣA_k = Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları alanı hariç) toplamı.

$0.8 < \eta_{ci} < 1$ ise hiçbir önlem almaya gerek yoktur.

$0.6 < \eta_{ci} < 0.8$ ise bu katta bulunan kolonlar için, kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilecektir.

$\eta_{ci} < 0.6$ ise taşıyıcı sistem değiştirilmelidir, rijitlik arttırılmalıdır.



Şekil 5.6: Kesme alanlarından dolayı zayıf kat

Eğer alt kattaki dolgu duvarların alanı bir üst kattaki dolgu duvarların alanlarından daha fazla ise dolgu duvar alanları toplam kesme alanlarına her iki katta dâhil edilmez. Bu durum elemanların boyutlarını ve/veya donatısını arttırmamıza neden olabilir.

Bazen kolonlar, perde duvarlar ve/veya dolgu duvarlar en alt kattan en üst kata kadar devam etmeyebilir. Genellikle, yapıların zemin katında restaurant, dükkân gibi faktörlerden dolayı üst katlara göre daha az dolgu duvar yerleştirilmektedir.

5.1.2.b. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) (B2)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i' inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 1.50'den fazla olması durumunda yumuşak kat düzensizliği söz konusudur(Şekil 5.7).

Göreli kat ötelemelerinin hesabi $\pm$%5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.

Eğer;

$$n_{ki} = (\triangle_i)_{ort} / (\triangle_{i+1})_{ort} > 1.5 \qquad \textbf{(5.8)}$$

ise yumuşak kat düzensizliği söz konusudur.

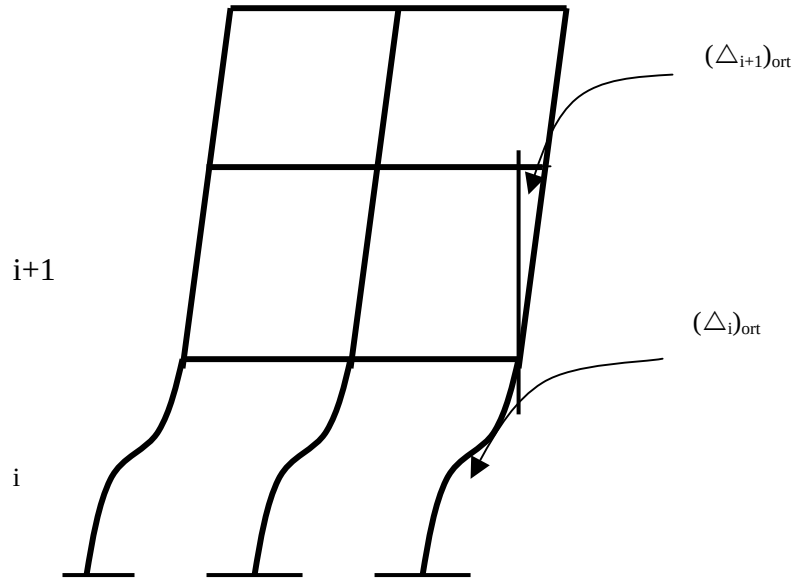
$(\triangle_i)_{ort}$ = Binanın i' inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

$(\triangle_{i+1})_{ort}$ = Binanın (i+1)'inci katındaki ortalama kat ötelemesi

Eğer $n_{ki} < 1,5$ ise taşıyıcı sistemde özel bir çözüm veya iyileştirme gerekmez. Ama eğer $n_{ki} > 1,5$ ise 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde $25m \leq H \leq 60m$ olan yapılarda dinamik analiz yapmak mecburidir.

Yumuşak kat düzensizliğinin olduğu yapılarda kolonların ve perde duvarların boyutları, yumuşak kat düzensizliğini ortaya çıkaran büyük deformasyonlara karşı yeterince dirençli olabilmesi için arttırılır.

B2 tipi düzensizlikte, A.B.Y.Y.H.Y. de kolonların yüksekliği boyunca sık etriyelerle kuşatılmasını tavsiye edilmektedir. Caydırıcı bir önlem olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine dinamik analiz yapılması gerektiği söylenmektedir. Ama çok sayıda paket programı dinamik analizi yaptığı için bu caydırıcı bir önlem olmaktan çıkmaktadır. Üstelik genellikle dinamik analizle bulunan iç kuvvetler eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan iç kuvvetlerden daha küçük çıkmaktadır. Bazı araştırmalarda bu tip düzensizlikler için dinamik analizi mecburi yapmanın bir çözüm olmadığı gösterilmiştir. Bir öneri olarak, yatay yükler bir katsayı ile arttırılmalı ve kolonlar yüksekliği boyunca sık etriyelerle sarılmalıdır. Ayrıca eğer dinamik analizle bulunan sonuçlar eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan yatay yüklerden daha küçükse bir azaltmaya izin verilmelidir[11].



Şekil 5.7: Yerdeğiştirmeden dolayı yumuşak kat

5.1.2.c. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3)

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst

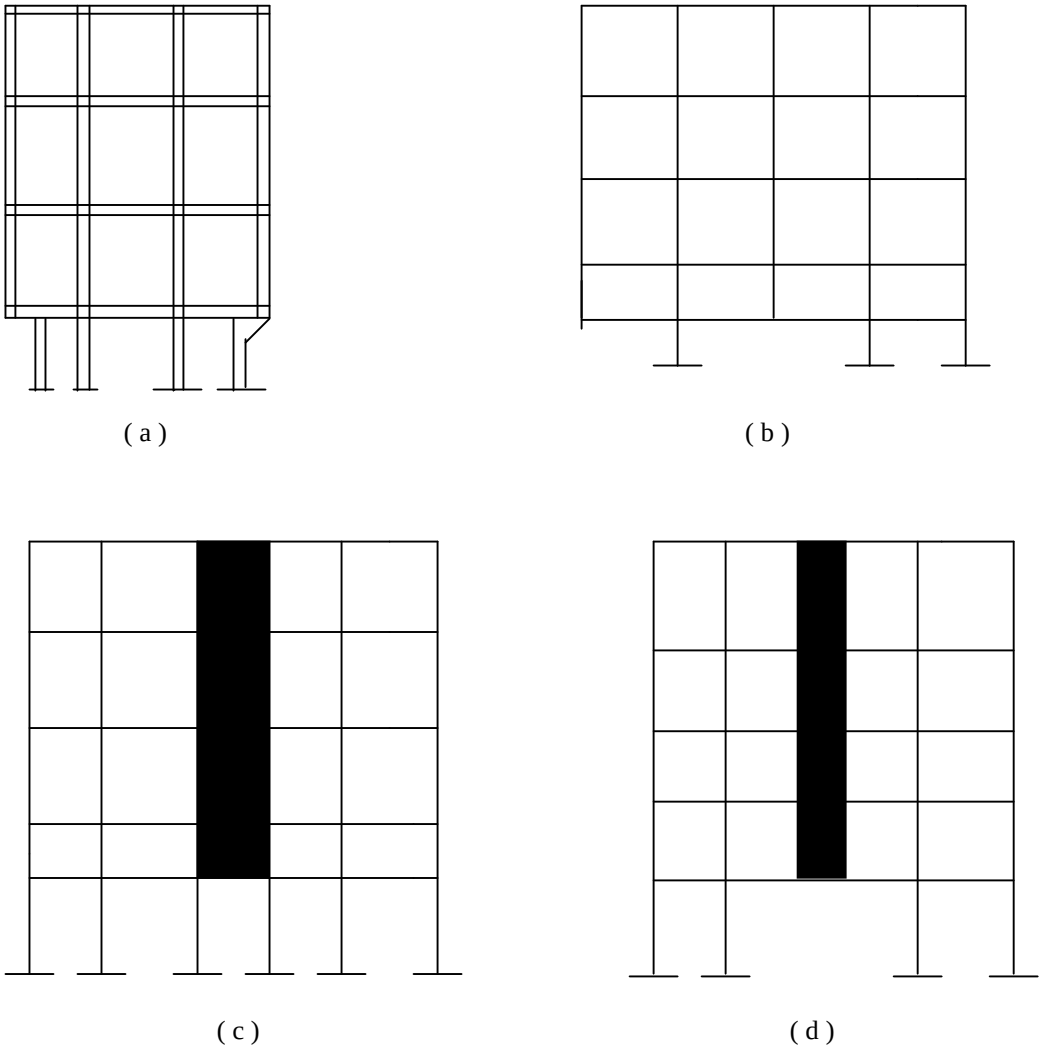
kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumunda bu tür düzensizlikler ortaya çıkmaktadır.

B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

1. Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına izin verilmez(Şekil 5.8a).
2. Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılacaktır(Şekil 5.8b).
3. Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılacaktır. Perdeye mesnetlik yapan kolonların sarılma bölgesindeki enine donatı bütün kolon yüksekliğince devam ettirilecektir. Ayrıca enine donatı perde içine kenetlenme boyu kadar uzatılan kolon donatıları boyunca devam ettirilecektir(Şekil 5.8c).
4. Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına izin verilmez(Şekil5.8d).

Deprem hesaplarında depremin düşey yönde oluşturduğu kuvvetler gözönüne alınmamaktadır. Ama B3 türü düzensizliğin bulunduğu yapılarda depremin düşey bileşeni nedeniyle bu süreksiz elemanlarda oluşan normal kuvvetler mesnetlendikleri eleman kiriş ise önemli eğilme etkileri meydana getirmekte ve buna bağlı olarak önemli yerdeğiştirmelere ve ikinci mertebe etkilere neden olmaktadırlar.

Bu nedenlerden dolayı bu tür düzensizliklerden kaçınılması gerekmektedir.



Şekil 5.8: Düşey taşıyıcı elemanların süreksizliğinden dolayı oluşan düzensizlikler

5.1.3. Binanın birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, aşağıda 5.9 denklemine göre hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq$ 25 m koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun 5.9 denklemindeki yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde $H_N >$ 25 m olması durumunda denklem 5.12' nin uygulanması zorunludur.

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \qquad \textbf{(5.9)}$$

Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri denklem 5.10 ile hesaplanacaktır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad \textbf{(5.10)}$$

Denklem 5.10' daki A_t eşdeğer alanı denklem 5.11' de verilmiştir. Bu bağıntıda (l_{wj}/H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak göz önüne alınacaktır.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(l_{wj} / H_N\right)^2\right] \quad \textbf{(5.11)}$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda C_t=0.07, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda C_t=0.08, diğer tüm binalarda ise C_t=0.05 alınacaktır.

Yukarıda verilen koşullar göz önüne alınarak binanın birinci doğal titreşim periyodu, daha kesin bir hesap yapılmadıkça denklem 5.12 ile hesaplanacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^{N} \left(m_i d_{fi}^{\ 2}\right) \div \sum_{i=1}^{N} \left(F_{fi} d_{fi}\right)\right]^{1/2} \quad \textbf{(5.12)}$$

m_i : i' inci katın kütlesi

F_{fi} : i' inci kata etkiyen fiktif yük

d_{fi} : deprem doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirmedir.

Binanın birinci doğal periyodu denklem 5.9' a göre hesaplanacak ve bulunan periyodun T_{1A} > 1.0 s olması durumunda denklem 5.12' den elde edilen T_1' in deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değeri T_{1A}' nın 1.30 katından daha fazla olmayacaktır.

5.2. Eartquake Resistant Design Of Structures (Eurocode 8 ENV 1998)

5.2.1. Genel

Eurocode 8'de taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde aşağıdaki özelliklerin yapılarda olması istenmektedir. Euroceode 8' de deprem hareketlerinin etkilerinden kısmi yada tam izole edilmiş yapılar için tasarım kuralları yoktur.

5.2.1.1. Kavramsal tasarımın temel şartları

Deprem bölgelerindeki yapılar aşağıda belirtilen ve herbiri yeterli güvenirlik derecesine sahip şartlara göre dizayn ve inşa edilmelidir.

a-) Göçmeme şartı

Yapı, kısmi veya tam bir göçmeye neden olmadan, tanımlanan tasarım deprem hareketlerine karşı dayanabilecek şekilde dizayn ve inşa edilmelidir. Böylece yapısal bütünlük ve depremden sonra arta kalan yük taşıma kapasitesi yitirmemiş olmalıdır.

b-) Hasar sınırlama gereksinimi

Yapı, tasarım deprem hareketlerinden daha büyük olası deprem hareketlerine karşı dayanıklı olabilecek şekilde dizayn ve inşa edilmelidir. Ayrıca bir göçme ve hasar oluşacaksa bu hasarın onarım maliyeti ile yapının kendi maliyeti arasında yüksek bir oransızlık olmamalıdır.

Göçmeme şartı ve hasar sınırlama gereksinimi için hedef güvenirliği, farklı yapı tipleri veya başarısızlığın sonuçlarına dayanan inşaat mühendisliği çalışmaları uluslar arası yetkililer tarafından belirlenir.

Güvenirlik ayırımı, yapıları farklı önem kategorilerine göre sınıflandırmakla gerçekleştirilir. Her bir önem kategorisi için bir önem faktörü(γ_I) belirlenir. Bu faktör depremin dönüş periyodunun yüksek veya alçak değerini yansıtması için türetilebilir.

Güvenirliğin farklı seviyeleri bu önem faktörüyle referans deprem hareketinin modifiye edilmesiyle bulunur.

5.2.1.2. Taşıyıcı sistemin basitliği

Taşıyıcı sistemin basitliği, deprem kuvvetlerinin iletimi için açık ve direk bir yolun var olmasıyla tanımlanabilir. Yani etkilerinin yapı elemanları üzerinde oluşturduğu kesit tesirlerinin zemine açık ve dolaysız yollardan iletilmesi sağlanmalıdır. Basit taşıyıcı sistemin inşa edilmesi, detaylandırılması, boyutlandırılması, analizi ve modellenmesinde çok daha az belirsizlikler içerir ve bu nedenle bu gibi yapıların deprem davranışının önceden tahmin edilmesi çok daha güvenilirdir.

5.2.1.3. Düzgünlük ve simetriklik

- Basitlikle de ilişkili olan düzgünlük (üniformluk), yapının dağılmış kütlelerinde oluşan atalet kuvvetlerinin kısa ve direk yoldan iletilmesini sağlayan taşıyıcı elemanların planda düzenli bir şekilde yerleştirilmesi olarak tanımlanır. Gerektiği zaman üniformluk için tüm yapıyı dinamik olarak birbirinden bağımsız olacak şekilde deprem derzleriyle parçalara ayırabiliriz.

- Yapı yüksekliği boyunca taşıyıcı sistem düzeninde üniformluk sağlanarak, habersiz bir göçmeye sebep olabilecek gerilme yığılması veya büyük süneklik eksikliği gibi hassas bölgeler ortadan kaldırılmış olur.
- Dayanım ve rijitlik dağılımı ile kütle dağılımı arasındaki yakın ilişki doğal olarak kütle ve rijitlik arasındaki büyük eksantirisiteleri azaltacaktır.
- Simetrik yada simetriğe yakın, taşıyıcı sistemi planda iyi dağıtılmış ve simetrik yerleştirilmiş yapı şekillerinde üniformluk sağlandığı için bu yapılar kesin ve açık bir çözüme sahiptir.
- Sonuç olarak, taşıyıcı sistemi düzgün olarak yerleştirmekle, tüm yapıda enerji dağılımı ve hareket etkilerinin yeniden dağılımının daha etkili olmasına olanak sağlar ve gereksiz oluşacak etkileri azaltır.

5.2.1.4. Her iki doğrultuda dayanım ve rijitlik

- Yatay deprem hareketi iki doğrultulu bir olay olduğundan yapının taşıyıcı sistemleri herhangi bir yöndeki yatay hareketlere karşı dirençli olma yeteneğine sahip olmalıdır. Bundan dolayı taşıyıcı elemanlar, iki ana doğrultuda aynı rijitlik ve dayanım özelliklerini sağlamalı ve ortogonal planda olacak şekilde düzenlenmelidir.
- Ayrıca, taşıyıcı sistemin rijitlik özelliklerinin seçilmesiyle, deprem hareketlerinin etkilerini minimuma indirdiğimiz gibi, büyük hasarlara yada ikinci mertebe etkilerinden dolayı oluşacak stabilite bozulmalarına sebep olabilecek aşırı yerdeğiştirmeleri de sınırlandırmış olmaktayız.

5.2.1.5. Burulma dayanımı ve rijitliği

Yanal rijitlik ve dayanımın yanısıra taşıyıcı sistemler, farklı taşıyıcı sistemlerde üniform olmayan yollarla gerilme oluşturabilecek burulma hareketlerinin oluşumunu sınırlandırmak amacıyla yeterli burulma rijitliğine ve dayanıma sahip olmalıdır. Bunun için ana taşıyıcı elemanların bina dış çevresine yakın yerleştirilmesi büyük bir avantaj sağlar.

5.2.1.6. Kat seviyelerindeki diyafram etkileri

- Döşemeler yapılarda, taşıyıcı sistemin tüm deprem davranışında önemli bir rol oynarlar. Döşemelerin yatay diyafram hareket etmeleri durumu yalnız düşey taşıyıcı sistemlere atalet kuvvetlerini iletmek ve toplamak değil ayrıca bu sistemler yatay hareket anında tüm sistemin beraber çalışmasını da sağlarlar.

- ❖ Sonuç olarak döşemeler yapının tüm taşıyıcı sistemlerinin gerekli bir parçasıdır ve doğal olarak onun diyafram hareketleri özellikle düşey taşıyıcı sistemleri planda üniform olmayan ve karışık olan yada farklı yatay deformasyon özellikleri gösterebilen sistemleri beraber hareket etmesinde önemli rol oynarlar.
- ❖ Son derece önemli olan bu nedenlerden dolayı döşeme sistemleri, yeterli bir düzlem içi rijitliğini ve dayanımını sağlamalı ve ayrıca düşey taşıyıcı elemanların etkili bir bağlantıları olması gerekir. Bu bakış açısıyla, özellikle etkili bağlantıları engelleyebilecek düşey taşıyıcı elemanların yakınında büyük döşeme boşluklarının var olması durumunda yada çok uzun plan biçimine sahip yapılarda özel önlem alınması gerekir.

5.2.1.7. Yeterli temel

- ❖ Deprem hareketine göre temellerin dizaynı ve inşa edilmesi ve üst yapıyla olan bağlantıları, tüm yapıdaki deprem hareketinin üniform yolla iletilmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.
- ❖ Çok farklı rijitliğe sahip kolon ve perdelerden oluşan binalarda, bütün elemanları birleştiren rijit bir temel yapılması uygundur.
- ❖ Tekil temelli yapılarda, temel plakları ve bu elemanları birbirine bağlayan bağ kirişlerinin kullanılması gözönüne alınmalıdır.

5.2.2. Yapısal düzenlilik

5.2.3. Analiz yöntemi seçimi

Deprem tasarımı için, yapı düzenli ve düzenli olmayan olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu gruplandırma aşağıda depreme karşı tasarıma bakışı anlatmaktadır.

1. Yapısal model, (basitleştirilmiş düzlem veya üç boyutlu sistem)
2. Analiz yöntemi, (basitleştirilmiş mod veya çok modlu analiz)
3. Düşeyde, planda vs. gibi düzensizlik tiplerine bağlı olarak azalan q davranış çarpanının değeri,

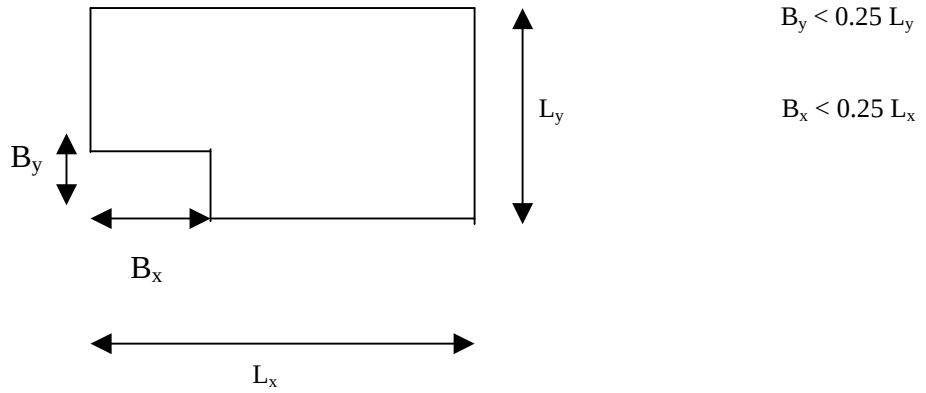
Yapının plandaki ve düşeydeki karakteristik özelliklerine göre gözönüne alınacak model şekli, analiz yöntemi ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı aşağıda Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Yapıda bulunan düzensizliğe karşı seçilecek analiz yöntemi

DÜZENLİLİK		İZİN VERİLEN BASİTLEŞTİRMELER		DAVRANIŞ KATSAYISI
PLANDA	**DÜŞEYDE**	**MODEL**	**ANALİZ**	
DÜZENLİ	DÜZENLİ	DÜZLEMSEL	BASİTLEŞTİRİLMİŞ	TABLO DEĞERİ
DÜZENLİ	DÜZENSİZ	DÜZLEMSEL	ÇOK MODLU	AZALTILABİLİR
DÜZENSİZ	DÜZENLİ	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	TABLO DEĞERİ
DÜZENSİZ	DÜZENSİZ	ÜÇ BOYUTLU	ÇOK MODLU	AZALTILABİLİR

5.2.4. Planda düzenlilik için kriterler

1. Yapının taşıyıcı sistem planında, yanal rijitlik ve kütle dağılımı yaklaşık olarak birbirine dik iki eksene göre simetrik olmalıdır.
2. Yapının plandaki şekli kompakt olmalıdır, + , I, X gibi bölünmüş şekillerde olmamalıdır. Planda herhangi bir yöndeki girinti yapmış kısımların toplam boyutu yine aynı yöndeki toplam plan boyutunun %25'ini geçmemelidir(Şekil 5.9).

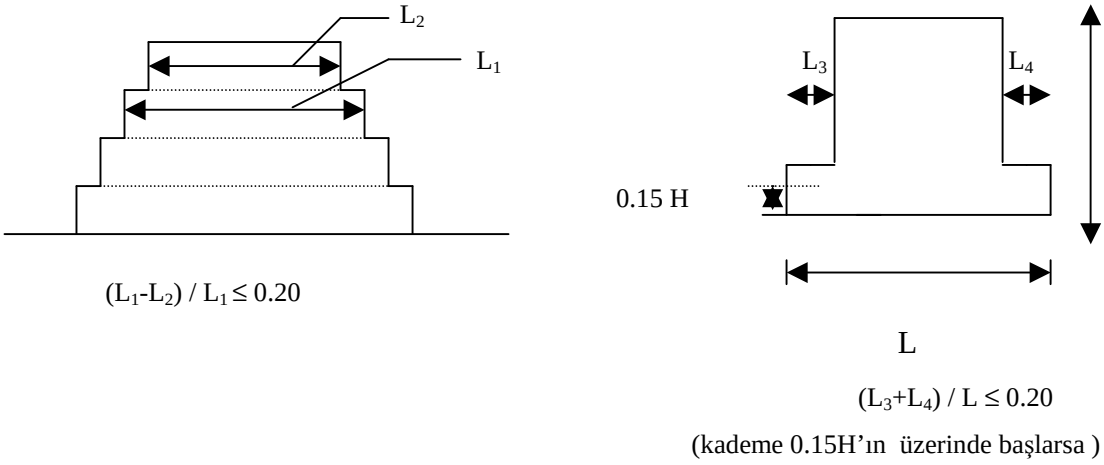


Şekil 5.9: Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği

3. Döşemenin düzlem içi rijitliği, rijit döşeme diyafram davranışının farz edilebilmesi için, düşey taşıyıcı elemanların yanal rijitliğinden yeteri kadar büyük olmalıdır
4. %5'lik ek dışmerkezlik noktalarına uygulanan deprem kuvveti altında, deprem kuvvetinin uygulandığı yönde bulunan maksimum kat yer değiştirmesinin ortalama kat yerdeğiştirmesine oranı 1,20'den fazla olmamalıdır.

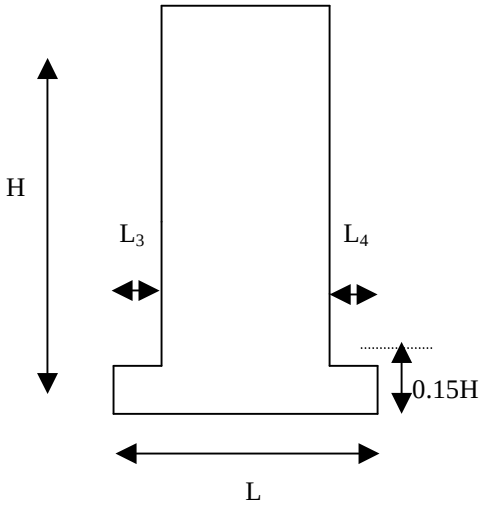
5.2.5. Düşeyde Düzenlilik İçin Kriterler

1. Tüm yatay yüklere dayanıklı sistemlerde, çekirdek, perde duvar, kolonlar gibi düşey taşıyıcı elemanlar temelden yapının en üst noktasına kadar veya yükseklik boyunca kademe yapılacaksa yapının ilgili bölgesinin en üst noktasına kadar ara verilmeden çalıştırılmalıdır.
2. Hem katların yanal rijitlikleri hem de katların kütleleri temelden yapının en üst noktasına kadar ani bir değişime uğramadan sabit kalmalı yada derece derece azalmalıdır.
3. Çerçeveli yapılarda, herhangi bir katın dayanımı analiz sonucunda bulunan dayanımdan büyükse, bunların birbirine oranı alt ve üst komşu katlara göre ±%20' lik bir tolerans farkı olmalıdır.
4. Yükseklik boyunca kademe yapılacaksa, aşağıdaki koşulları sağlamalıdır;
    a) Eksenel simetriyi korumak şartıyla derece derece kademe yapılacaksa, herhangi bir kattaki geri çekmeler onun alt katındaki aynı yöndeki plan boyutunun %80'ninden fazla olmalıdır(Şekil 5.10).



Şekil 5.10: Geri çekmeler için sınır koşullar

    b) Toplam bina yüksekliğinin %15'inden daha az bir yükseklikte kademe başlayacaksa, geri çekmeler alt kattaki plan boyutunun %50' sinden daha büyük olamaz(Şekil 5.11).

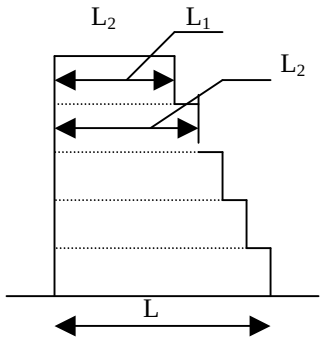


$(L_3+L_4) / L \leq 0.50$

(kademe 0.15H' ın altında başlamışsa)

Şekil 5.11: Geri çekmeler için sınır koşullar

c) Kademelerin simetriyi sağlamadığı durumlarda, herbir kademenin plandaki boyutu ilk katın plandaki boyutunun %70' inden daha fazla olmalıdır ve her katın plandaki boyutu onun altındaki katın plandaki boyutunun %90' nından daha fazla olmalıdır(Şekil 5.12).



$(L- L_2) / L \leq 0.30$

$(L_1- L_2) / L_1 \leq 0.10$

Şekil 5.12: Geri çekme kademe kademe yapılacaksa sınır koşullar

Ek dışmerkezlik;

Kütle dağılımındaki ve deprem hareketlerinin üç boyutlu varyasyonundaki belirsizliklerden dolayı, her bir kattaki kütle merkezi onun gerçek yerinden ek dışmerkezlik kadar kaydırılır.

$$e_{1i} = \pm 0.05\, L_i \qquad \textbf{(5.13)}$$

e_{1i}: Yapım aşamasında kat kütle dağılımının düzgün olmamasını gözönüne alan muhtemel dışmerkezlik

L_i: Deprem yönüne dik doğrultudaki plan boyutu

5.2.6. Burulma etkilerinin yaklaşık hesabı

Plandaki düzenlilik koşullarını sağlamayan ama aşağıda verilen kriterlere uyan yapılarda, burulma etkileri için aşağıda tanımlanan yaklaşık hesap kullanılabilir.

5.2.6.a. Kriterler

1. Rijit diyafram davranışının farzedilebilmesi için, döşemelerin düzlem içi rijitliği düşey taşıyıcı elemanların yanal rijitliklerinden yeterince büyük olmalıdır.
2. Kütle ve yanal rijitlik merkezlerinin her biri yaklaşık olarak düşey bir çizgide yer almalıdır.
3. Aşağıdaki koşullar sağlandığı zaman yukarıdaki 2. maddeyle karşılaşıldığı zaman dikkate alınabilir.

a) Yatay yüke dayanıklı çekirdek, taşıyıcı duvar ve çubuk gibi, yapının temelinden en üst noktasına kadar devam eden elemanlar

b) Her bir elemanın yatay yükler altında şekildeğiştirmiş biçimleri birbirlerinden çok farklı olmayacaktır.(Bu durum çerçeve sistemlerde ve perde duvar sistemlerde sağlayabilir, genellikle perdeli çerçeve(karma) sistemlerde sağlamayabilir).

5.2.6.b. Yaklaşık hesap

1. Analiz, ana yönlerin her biri için iki boyutlu model oluşturularak yapılabilir. Burulma etkileri bu iki yönün her biri için ayrı ayrı belirlenir.
2. Yatay kuvvetler verilen formüllere göre hesaplanır.
3. Deprem kuvvetinin yönüne göre i’ inci kattaki F_i kat deprem kuvveti, kütle merkezinin gerçek yerlerinden e_2 eksantirisitesi kadar kaydırılmasıyla bulunacak noktalara etkitilecektir. Aşağıdaki e_2’ nin iki formülünden bulunan sonuçlardan küçük olanı alınacaktır.

$$e_2 = 0.1*(L+B)*\sqrt{\frac{10*e_0}{L}} \le 0.1*(L+B) \qquad \textbf{(5.14)}$$

ve

$$e_2 = \frac{1}{2*e_0}*\left[l_s{}^2 - e_0{}^2 - r^2 + \sqrt{\left(l_s{}^2 + e_0{}^2 - r^2\right)^2} + 4*e_0{}^2 * r^2 \right] \qquad \textbf{(5.15)}$$

e_2: Eşzamanlı öteleme burulma titreşimlerinin dinamik etkilerini gözönüne almak için hesaba katılan dışmerkezlik

e_o: M kütle merkezi ile S rijitlik merkezi arasındaki mevcut dışmerkezlik

l_S^2 : (L^2 + B^2) / 12 Katın plandaki dönme atalet yarıçapının karesi

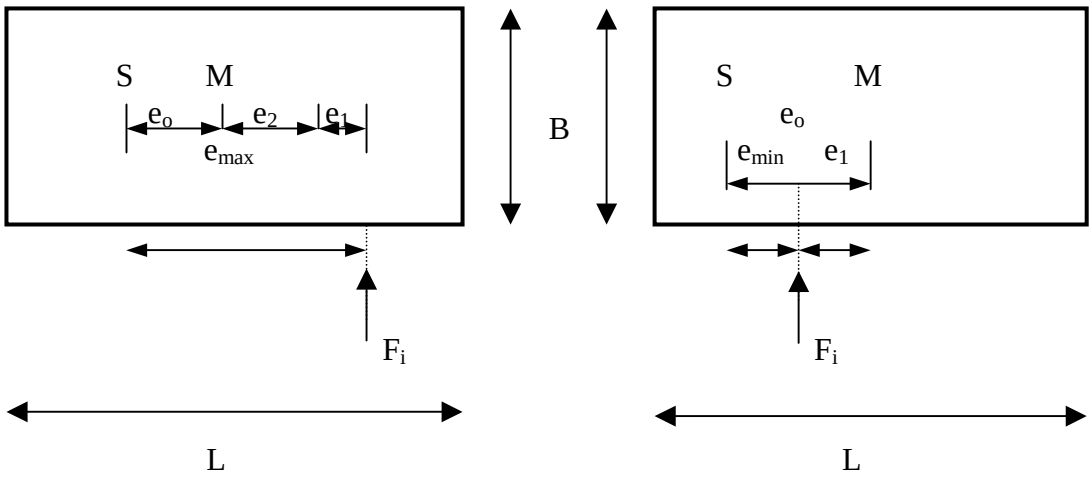
r^2: Kat burulma rijitliğinin kat öteleme rijitliğine oranıdır.(Burulma yarıçapının karesi)

4. Eğer $r^2 < 5\ (l_S^2 + e_o^2)$ ise e_2 dışmerkezliği ihmal edilebilir.
5. Burulma etkileri, iki farklı dışmerkezlikten doğan (5.16) ve (5.17) ifadesi ile verilen M_i burulma momentlerini içeren iki statik yüklemenin sonuçlarından çıkan etkilerin en elverişsizi olarak bulunur.

$$M_i = F_i * e_{\max} = F_i * (e_0 + e_1 + e_2) \qquad \textbf{(5.16)}$$

$$M_i = F_i * e_{\min} = F_i * (e_0 - e_1) \qquad \textbf{(5.17)}$$

e_1 : Kat kütlesinin ek dışmerkezliğidir.



Şekil 5.13: Fi yatay kuvvetin eksantiritesinin belirlenmesi

5.2.7. Binanın doğal titreşim periyodu

Yapının birinci doğal periyodu için aşağıda A ve B metodlarıyla verilen yaklaşık ifadeler yalnızca ilk tasarım için kullanılabilir.

5.2.7.a. Metod A

Binanın birinci doğal periyody T_1(s) aşağıda 5.18 ifadesiyle verilen formüle göre hesaplanabilir.

$$T_1 = C_t \cdot h^{3/4} \qquad \textbf{(5.18)}$$

C_t : 0.085 Moment karşılayan üç boyutlu çelik çerçeveler için
0.075 Moment karşılayan üç boyutlu betonarme çerçeveler için
0.050 Diğer yapılarda

h(m) : Bina yüksekliği

Alternatif olarak betonarme ve yığma duvarlı binalarda C_t aşağıda 5.19 ve 5.20 ifadeleriyle verilen formüllere göre hesap edilebilir.

$$C_t = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} \qquad \textbf{(5.19)}$$

$$A_c = \sum \left[A_i (0.2 + (l_{wi} / h)^2) \right] \qquad \textbf{(5.20)}$$

$A_c(m^2)$: Binanın ilk katındaki perde duvarların etkili alanı

$A_i(m^2)$: Binanın ilk katındaki İ. Perdenin etkili kesiti

l_{wi}(m) : Binanın deprem doğrultusundaki uzunluğudur

l_{wi}/h oranı 0.9 değerini aşmamalıdır.

5.2.7.b. Metod B

Alternatif olarak aşağıda 5.21 ifadesine göre binanın birinci doğal periyodu T_1(s) hesaplanabilir.

$$T_1 = 2\sqrt{d} \qquad \textbf{(5.21)}$$

d(m) : Düşey yüklerin yatay olarak etkitilmesi durumunda binanın en üst yatay yerdeğiştirmesidir.

5.3. Üniform Building Code (1997)

5.3.1. Düzensiz yapılar

1. Yapıların şekillerinde yada onların yatay yüklere karşı dayanıklı olan elemanlarında önemli bir şekilde fiziksel süreksizlikler varsa bunlar düzensiz yapılar tanımına girer. Düzensizliğe neden olan özellikler aşağıda tanımlanmıştır ama bunlar için hiçbir sınırlama getirilmemiştir. 1. sismik bölgede yer alan bütün yapılar ve 2. sismik bölgedeki 4. ve 5. kategorideki yapılarda, yalnız 1. tip yatay düzensizlik ve 5. tip düşey düzensizlik için değerlendirme yapılmalıdır.
2. Düşeyde herhangi bir düzensizlik tipine sahip yapılar düşeyde düzensizliğe sahip yapı olarak adlandırılır.

İstisna: Dizayn yatay yükleri altında hesaplanan kat yerdeğiştirme oranı onun üstündeki katın yerdeğiştirme oranının 1,3 katından büyük olmayan yapılar, düşeyde 1. ve 2. tip düzensizliğe sahip değilmiş gibi farz edilebilir. İki katlı yapılarda kat yerdeğiştirme oranı göz önüne alınmayabilir. Bu gibi yapılarda kat yerdeğiştirmelerinin hesabında burulma etkileri göz önüne alınmayabilir.

3. Planda herhangi bir düzensizlik tipine sahip yapılar yatayda düzensizliğe sahip yapı olarak adlandırılır.

5.3.2. Düşeyde düzensiz yapılar

5.3.2.a. Düzensizlik tipleri ve tanımları

Tip1- Rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

Yumuşak kat, herhangi bir katın yanal rijitliği üst katın yanal rijitliğinin %70’ inden daha az veya onun üstündeki üç katın ortalama yanal rijitliğinin %80’ inden daha az ise oluşur. Bu tür düzensizliğe sahip yapılarda dinamik yatay kuvvet yöntemi uygulanır.

$$R_i < 0.7\, R_{i+1} \qquad \textbf{(5.22)}$$

$$R_i < 0.8\, (R_{i+1} + R_{i+2} + R_{i+3}) \qquad \textbf{(5.23)}$$

R_i: i’inci katın toplam rijitliği

durumlarında yumuşak kat söz konusudur

Tip2- Ağırlık (Kütle) düzensizliği

Kütle düzensizliği, herhangi bir katın etkin kütlesinin komşu katların (üst ve alt kat) etkin kütlesinin %150' sinden daha fazla olduğu durumlarda oluşur. Çatının göz önüne alınmaması için alttaki döşemeden daha hafif olmalıdır. Bu tür düzensizliğe sahip yapılarda dinamik yatay kuvvet yöntemi uygulanır.

$$M_i > \begin{matrix} 1.5\ M_{i-1} \\ \\ 1.5\ M_{i+1} \end{matrix} \qquad M_i: \text{ i' inci katın toplam kütlesi} \qquad \textbf{(5.24)}$$

Tip3- Düşeyde geometrik düzensizliği

Düşeyde geometrik düzensizliği, yatay yüklere dayanıklı sistemlerde herhangi bir katın yatay boyutunun komşu katların (üst ve alt kat) yatay boyutunun %130' undan fazla olması durumunda oluşur. Bir kattan oluşan çekme katı (çatı katı) göz önüne almaya gerek yoktur. Bu tür düzensizliğe sahip yapılarda dinamik yatay kuvvet yöntemi uygulanır.

$$L_i > \begin{matrix} 1.3\ L_{i-1} \\ \\ 1.3\ L_{i+1} \end{matrix} \qquad \textbf{(5.25)}$$

durumunda düzensizlik söz konusudur.

L_i: i' inci katın plan doğrultusundaki toplam uzunluğu

Tip4- Düşey doğrultudaki yatay kuvvete karşı dayanımlı elemanların düzlemi boyunca süreksizlikleri

Yatay kuvvete karşı dayanıklı elemanların geri çekmesi bu elemanların uzunluğundan büyük olması durumunda bu tür düzensizlikler ortaya çıkar. Yatay yüklere dayanıklı düşey elemanların süreksiz olduğu sistemlerde, böyle süreksiz olan elemanlara mesnetlik yapan beton, duvar, çelik ve ahşap gibi elemanlar, bu yönetmelikte belirtilen özel sismik yük kombinezonu ile bulunan yüklere dirençli olabilmesi için tasarım dayanımına sahip olması gerekir.

Tip5- Katların yatay kesme kuvveti kapasitelerindeki süreksizlik (Zayıf kat)

Zayıf kat herhangi bir katın dayanımının o katın üstündeki katın dayanımının %80'ninden küçük olması durumunda oluşur. Kat dayanımı, ilgili katta ve ilgili doğrultudaki kat kesme kuvvetlerini paylaşan sismik hareketlere dayanıklı elemanların kesme kuvveti kapasitelerinin toplamıdır.

$$V_i < 0.80\ V_{i+1} \qquad \textbf{(5.26)}$$

durumunda zayıf kat söz konusudur.

V_i: i' inci katın toplam kat kesme kuvveti kapasitesi

Zayıf katın kat kesme dayanımı üst katın kat kesme dayanımının %65'inden daha az olduğu yapıların yükseklikleri 9.14 m'yi veya iki katı geçmemelidir.

5.3.3. Yatayda düzensiz yapılar

5.3.3.a. Düzensizlik tipleri ve tanımları

Tip1- Burulma düzensizliği (Diyaframların rijit davrandıkları varsayılır **)**

Burulma düzensizliği, ek dışmerkezliği de göz önüne alarak yapılan hesapta ilgili katın maksimum yerdeğiştirmesinin aynı katın ortalama yerdeğiştirmesinin 1.2 katından fazla olması durumunda oluşur.

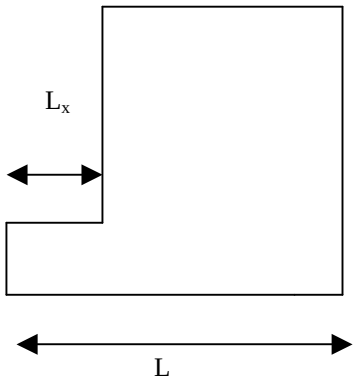
$$(\triangle_i)_{max} > 1.2\ (\triangle_i)_{ort} \qquad \textbf{(5.27)}$$

durumunda burulma düzensizliği söz konusudur.

Bu tip düzensizliğe sahip 3. ve 4. sismik bölgede yer alan yapılarda düşey elemanların diyaframlarla bağlantıları, deprem kuvvetlerine dayanıklı elemanlar için izin verilen gerilmelerde göz önüne alınan hem üçte bir arttırma hem de yük arttırımı süresi göz önüne alınmaksızın tasarım edilmelidir.

Tip2- Plandaki girinti ve çıkıntılar

Yapının plandaki şekli ve planda girinti çıkıntı içeren yatay yüklere dayanıklı sistemlerde, planda çıkıntı içeren kısımların toplam uzunluğu o yöndeki yapının toplam uzunluğunun %15' inden daha fazla olması durumunda bu düzensizlik ortaya çıkar(Şekil 5.14).



Şekil 5.14: Lx>0.15L olması durumunda Tip2 düzensizliği

Bu tip düzensizliğe sahip 3. ve 4. sismik bölgede yer alan yapılarda düşey elemanların diyaframlarla bağlantıları, deprem kuvvetlerine dayanıklı elemanlar için izin verilen gerilmelerde göz önüne alınan hem üçte bir arttırma hem de yük arttırımı süresi göz önüne alınmaksızın tasarım yapılmalıdır.

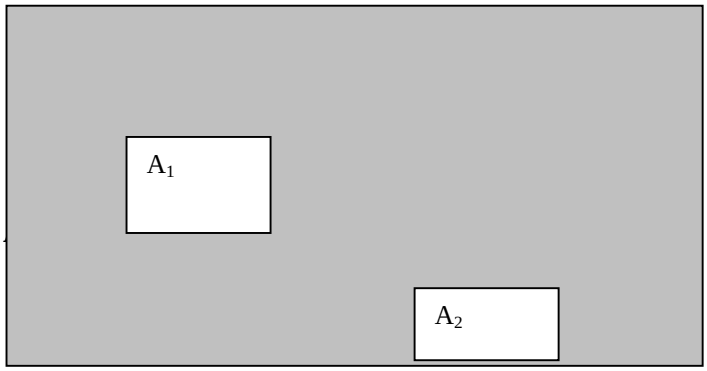
Ayrıca bu tür düzensizliğe sahip 3. ve 4. sismik bölgede yer alan yapılarda, diyafram kirişleri ve yerdeğiştiren düşey elemanlar, yapıların plandaki kanatlarının (girinti-çıkıntı) bağımsız hareketleri göz önüne alınarak tasarım yapılmalıdır. Bu diyafram elemanlarının her biri aşağıda verilen iki varsayımdan en kötü sonuçları verene göre tasarım yapılacaktır.

- Kanatların plandaki hareketleri aynı yönde
- Kanatların plandaki hareketleri zıt yönde

İstisna: Eğer tasarımda kullanılacak yatay sismik kuvvetlerin belirlenmesinde üç boyutlu modelle dinamik analiz yapılacaksa yukarıdaki şartın sağlandığı farz edilebilir.

Tip3- Diyafram (Döşeme) süreksizliği

Döşemelerin (diyaframların) rijitliklerinin ani değişimi veya süreksizliği ile oluşur. Döşemede açılan boşluğun toplam döşeme alanının %50’ sinden fazla olması yada etkili diyafram rijitliğinin bir kattan diğerine %50’ den daha fazla değişmesi sonucu döşeme süreksizliği oluşur(Şekil 5.15).



$A_{boşluk} = A_1 + A_2$ = Döşemedeki toplam boşluk alanı

A_{toplam} = Boşluklarda dahil toplam döşeme alanı

$A_{boşluk} \geq 1/2\ A_{toplam}$ ise döşeme süreksizliği vardır

Şekil 5.15: Döşeme süreksizliği tanımı

Bu tip düzensizliğe sahip 3. ve 4. sismik bölgede yer alan yapılarda düşey elemanların diyaframlarla bağlantıları, deprem kuvvetlerine dayanıklı elemanlar için izin verilen gerilmelerde göz önüne alınan hem üçte bir arttırma hem de yük arttırımı süresi göz önüne alınmaksızın tasarım yapılmalıdır.

Tip4- Düzlem dışına sapma

Taşıyıcı sistemde düşey elemanlarının eksenlerinin değişmesi gibi yatay kuvvetlerin iletiminde süreksizlikler ortaya çıkmasıyla oluşur.

Bu tip düzensizliğe sahip 3. ve 4. sismik bölgede yer alan yapılarda düşey elemanların diyaframlarla bağlantıları, deprem kuvvetlerine dayanıklı elemanlar için izin verilen gerilmelerde göz önüne alınan hem üçte bir arttırma hem de yük arttırımı süresi göz önüne alınmaksızın tasarım yapılmalıdır.

Yatay yüklere dayanıklı düşey elemanların süreksiz olduğu sistemlerde, böyle süreksiz olan elemanlara mesnetlik yapan beton, duvar, çelik ve ahşap gibi elemanlar, bu yönetmelikte belirtilen özel sismik yük kombinezonu ile bulunan yüklere dirençli olabilmesi için dizayn dayanımına sahip olması gerekir.

Tip5- Ortogonal olmayan düzensizlik

Düşeydeki yatay yüklere dayanımlı elemanların paralel olmamaları yada yatay yüklere dayanıklı elemanların asal ortogonal ekseni etrafında paralel olmamaları durumunda oluşur.

Ortogonal olmayan elemanların dizaynında ortogonal olmayan etkileri göz önüne almak için, bir yönde tanımlanan deprem yüklerine göre yapılan dizaynda bulunan değerin %100’ ü ve bu yöne dik yöne göre tanımlanan deprem yüklemesine göre bulunan dizayn değerinin %30’u alınıp toplanır. Daha sonra bu yönler yer

değiştirilerek bir tane daha değer bulunur. Bu iki yük kombinezonunun büyük değerine göre dizayn yapılır. Alternatif olarak, iki ortogonal yöne göre bulunan değerlerin karelerinin toplamının karekökü yöntemine (SRSS- Square Root of The Sum of The Squares) göre bulunan değer de tasarımda kullanılabilir.

5.3.4. Binanın doğal titreşim periyodu

Yapının birinci doğal periyodunun (T_1) bulunması için aşağıda verilen metodlardan bir tanesi kullanılabilir.

5.3.4.a. Metod A

Tüm yapılar için birinci doğal periyodu 5.28 ifadesiyle verilen formüle göre hesaplanabilir.

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \qquad \textbf{(5.28)}$$

C_t : 0.0853 Moment karşılayan üç boyutlu çelik çerçeveler için

C_t : 0.0731 Moment karşılayan üç boyutlu betonarme çerçeveler için

C_t : 0.0488 Diğer tüm yapılar için

Alternatif olarak betonarme ve yığma duvarlı binalarda C_t 5.29 ve 5.30 ifadeleriyle bulunabilir.

$$C_t = \frac{0.0743}{\sqrt{A_c}} \qquad \textbf{(5.29)}$$

$$A_c = \sum A_e \left[0.2 + (D_e / h_n)^2\right] \qquad \textbf{(5.30)}$$

$A_c(m^2)$: Binanın ilk katındaki perde duvarların etkili alanı

$A_i(m^2)$: Binanın ilk katındaki İ. Perdenin etkili kesit alanı

$D_e(m)$: Binanın deprem doğrultusundaki uzunluğudur

D_e/h oranı 0.9 değerini aşmamalıdır.

5.3.4.b. Metod B

Metod B' de bulunan yapının birinci doğal periyodu (T), 4. sismik bölgede Metod A ile bulunan T değerinden %30 ve 1., 2., 3. sismik bölgelerdeki Metod A ile bulunan T değerinden %40 daha büyük olamaz.

Yapının birinci doğal periyodu 5.31 ifadesiyle bulunabilir.

$$T = 2\pi\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} W_i \delta^2{}_i\right) \div \left(g\sum_{i=1}^{n} f_i \delta_i\right)} \qquad \textbf{(5.31)}$$

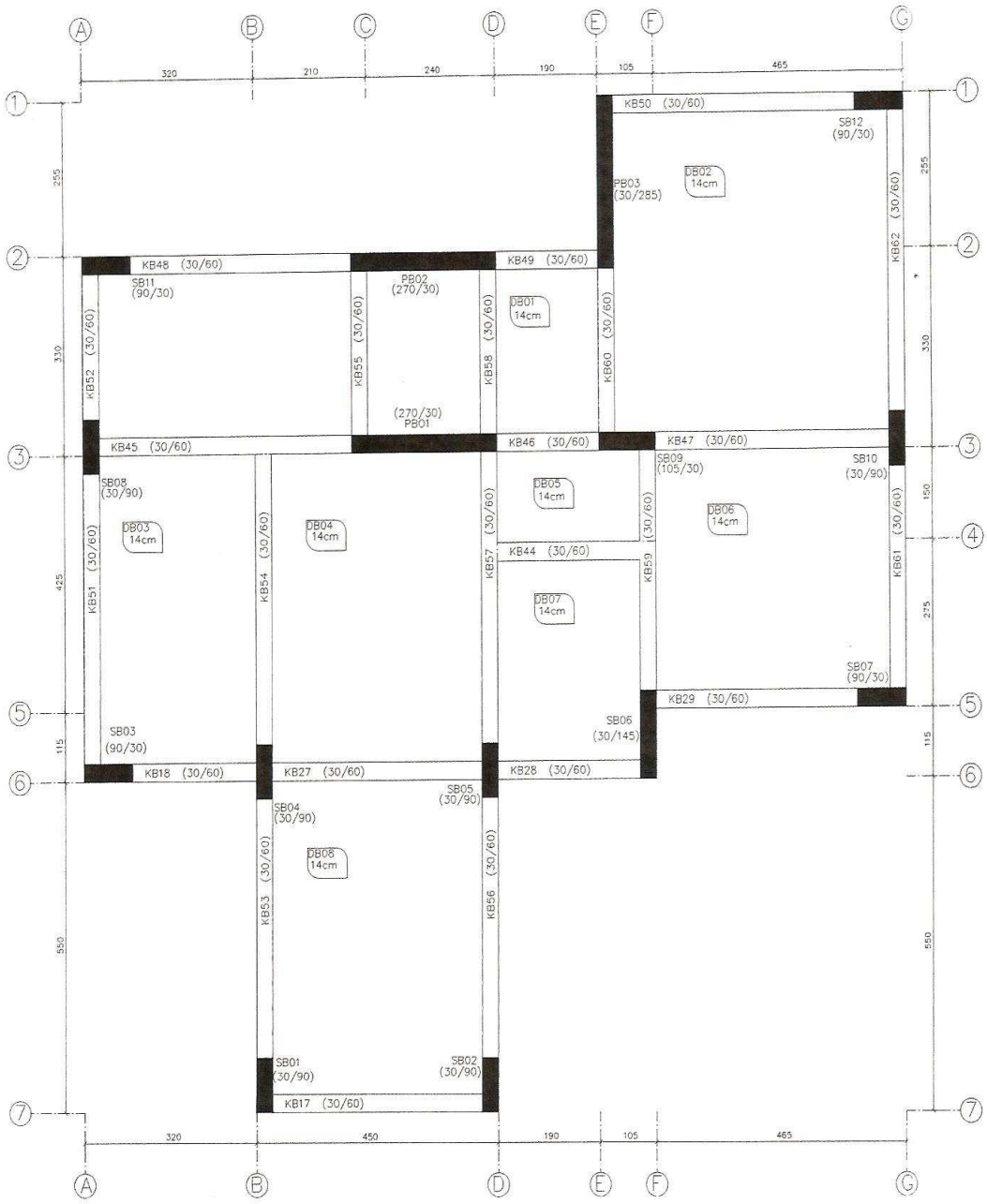
6. PLANDA DÜZENSİZLİĞİ OLAN PERDE ÇERÇEVELİ BİR BETONARME YAPININ TASARIMI

6.1. Binaya Ait Genel Özellikler

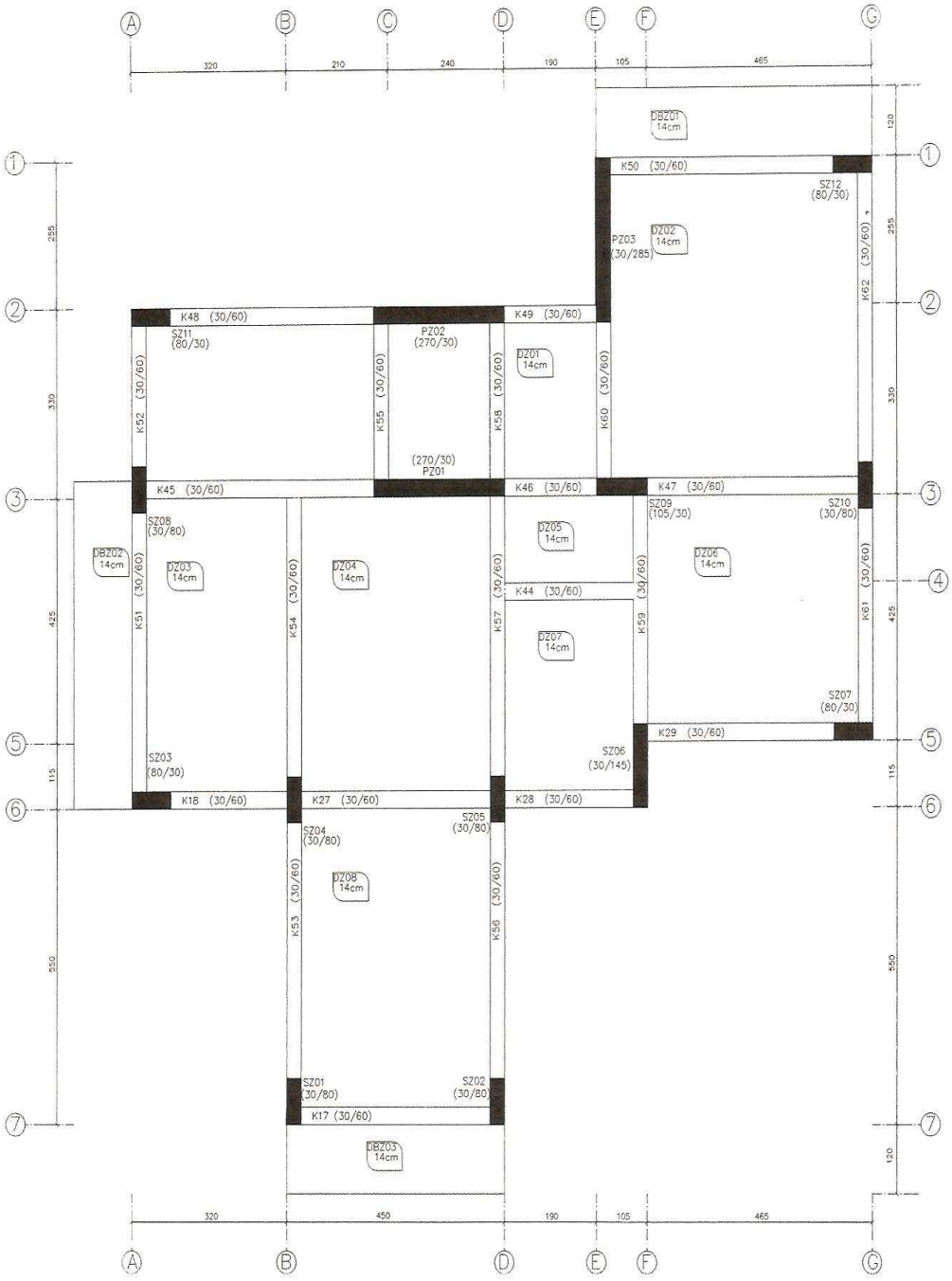
Kullanım Amacı	: Konut
Döşeme Tipi	: Kirişli Plak
Taşıyıcı Sistemi	: Perdeli Çerçeve
Temel Tipi	: Kirişsiz Radye
Kat Sayısı	: 1 Bodrum,1 Zemin, 7 Normal
Kat Yükseklikleri	: Bodrum Kat : 3,5 m.
	Zemin ve Normal Kat : 3 m.
Yapı Yüksekliği	: 27,5 m. (Temel üst kotundan)
Deprem Bölgesi	: 1
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2
Spektrum Karakteristik Periyotları	: T_A = 0.15 sn.
	T_B = 0.4 sn.
Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{zemn})	: 300 kN / m^2
Zemin Yatak Katsayısı (C_z)	: 100000 kN / m^3
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	: 0.4
Süneklik Düzeyi	: Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 7
Kullanılan Malzeme	: C25 (fcd= 17 Mpa, fctd= 1.2 Mpa)
	S420 (fyk= 420 Mpa, fyd=365 Mpa)

6.2. Kat Planları

Üzerinde çalıştığımız yapının bodrum ve zemin kat kalıp planı Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’ de verilmiştir.



Sekil 6.1 Bodrum Kat Kalıp Planı



Sekil 6.2 Zemin Kat Kalıp Planı

6.3. Döşemenin Çalışma Şeklinin Belirlenmesi ve Kalınlığının Hesabı

Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 den büyük olan ($l_l / l_s \rangle 2$) betonarme plaklar tek doğrultuda çalışan plaklar, 2 den küçük olan plaklar iki doğrultuda çalışan plaklar olarak adlandırılır. Ayrıca iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı aşağıdaki denklemden verilen değerden az olamaz (14).

$$h \geq \frac{lsn}{(15+\frac{20}{m})}(1-\frac{\alpha s}{4}) \quad \text{ve } h \geq 80\text{mm.} \qquad \textbf{(6.1)}$$

$$m = l_l / l_s \qquad \textbf{(6.2)}$$

h : Döşeme kalınlığı

l_{sn} : Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı

l_l : Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı

l_s : Döşemenin kısa doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı

m : Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı

α_s : Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı

DZ01

m= $\frac{3}{2.2}$ = 1.36 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$$\alpha_s = \frac{(2.2+3)}{2x(2.2+3)} = 0.5$$

$$h \geq \frac{1.9}{\left(15+\frac{20}{1.36}\right)}\left(1-\frac{0.5}{4}\right) = 0.06\text{m.} \qquad h \geq 0.08\text{m.}$$

DZ02

m= $\frac{5.55}{5.4}$ = 1.03 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$$\alpha_s = \frac{2x5.4}{2x(5.4+5.55)} = 0.49$$

$$h \geq \frac{5.1}{\left(15+\frac{20}{1.03}\right)}\left(1-\frac{0.49}{4}\right) = 0.13\text{m.}$$

DZ03

m= $\frac{5.4}{3.20}$ = 1.69 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{2x5.4}{2x(5.4+3.2)}$ = 0.63

$h \geq \frac{2.9}{\left(15+\frac{20}{1.69}\right)}\left(1-\frac{0.63}{4}\right)$ = 0.09 m.

DZ04

m=$\frac{5.4}{4.2}$ = 1.29 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{(5.4+5.4+4.2)}{2x(5.4+4.2)}$ = 0.78

$h \geq \frac{3.9}{\left(15+\frac{20}{1.29}\right)}\left(1-\frac{0.78}{4}\right)$ = 0.103m.

DZ05

m=$\frac{2.95}{1.8}$ = 1.64 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{2x(1.8+2.95)}{2x(1.8+2.95)}$ = 1

$h \geq \frac{1.5}{\left(15+\frac{20}{1.64}\right)}\left(1-\frac{1}{4}\right)$ = 0.041m. $h \geq 0.08$ m.

DZ06

m= $\frac{4.65}{4.25}$ = 1.1 < 2 iki doğrultuda çalışan döşeme

$\alpha_s = \frac{(4.65+4.25)}{2x(4.65+4.25)}$ = 0.5

$$h \geq \frac{3.95}{\left(15+\frac{20}{1.1}\right)}\left(1-\frac{0.5}{4}\right) = 0.104\text{m.}$$

DZ07

$$m = \frac{3.6}{2.95} = 1.22 < 2 \text{ iki doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$\alpha_s = \frac{(3.6+2.75+2.95)}{2x(3.6+2.95)} = 0.71$$

$$h \geq \frac{2.65}{\left(15+\frac{20}{1.22}\right)}\left(1-\frac{0.71}{4}\right) = 0.07 \text{ m.}$$

DZ08

$$m = \frac{5.5}{4.2} = 1.31 < 2 \text{ iki doğrultuda çalışan döşeme}$$

$$\alpha_s = \frac{2x4.2}{2x(5.5+4.2)} = 0.43$$

$$h \geq \frac{3.9}{\left(15+\frac{20}{1.31}\right)}\left(1-\frac{0.43}{4}\right) = 0.115 \text{ m.}$$

Hesaplardan anlaşıldığı gibi en en büyük döşeme kalınlığını veren açıklığı ve metrekaresi en büyük olan D102 döşemesidir. DB1 balkonu normal katlarda D2 döşemesine süreklilik katmaktadır. Pekala, balkonun olmadığı 7. normal kat tavanı (çatı katı) ve bodrum kat tavanında (zemin kat) DB1 döşemesinin plak kalınlığı nedir?

$$m = \frac{5.55}{5.4} = 1.03$$

$$\alpha_s = \frac{5.4}{2x(5.4+5.55)} = 0.25$$

$$h \geq \frac{5.1}{\left(15+\frac{20}{1.03}\right)}\left(1-\frac{0.25}{4}\right) = 0.139 \text{ m.}$$

h = 0.14 m.

Projenin şantiye uygulamalarında karışıklık oluşmaması için döşeme kalınlığı tüm katlarda ve bütün döşemelerde aynı seçilmiştir.

6.4. Döşemelerdeki Hareketli ve Sabit Yükler

Çatı katında ; (Çatı katında odalar bulunmamaktadır)

Tüm Döşemeler;

Oluklu kiremit : 0.01*5 = 0.05 kN/ m^2

Ahşap çatı : 0.75 kN/ m^2

5 cm. ısı izalasyonu : 0.015*5 = 0.075 kN/ m^2

Döşeme ağırlığı : 0.14*25 =3.5 kN/ m^2

2 cm. Sıva : 0.02*20 = 0.4 kN/ m^2

Toplam (g) = 4.78 kN/ m^2

Toplam (q) = 0.75 kN/ m^2 (hareketli yük olarak yalnızca kar yükü etkimektedir)

P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4*4.78 + 1.6*0.75 = 7.9 kN/ m^2

Zemin ve normal katlarda;

Ahşap Parke Kaplı Hacimler (yatak odası ve salon);

1 cm ahşap parke : 0.08 kN/ m^2

2 cm kaplama harcı : 22*0.02 = 0.44 kN/ m^2

4 cm şap : 22*0.04 = 0.88 kN/ m^2

Döşeme ağırlığı : 25*0.14 = 3.5 kN/ m^2

2 cm sıva : 20*0.02 = 0.4 kN/ m^2

Toplam (g) : 5.3 kN/ m^2

Toplam (q) : 2 kN/ m^2

P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4*5.3 + 1.6*2 = 10.62 kN/ m^2

Fayans kaplı hacimler (mutfak, banyo ve antre);

1 cm fayans : 0.22 kN/ m^2

2 cm kaplama harcı : 22*0.02 = 0.44 kN/ m^2

4 cm şap : 22*0.04 = 0.88 kN/ m^2

Döşeme ağırlığı : 25*0.14 = 3.5 kN/ m^2

2 cm sıva : 20*0.02 = 0.4 kN/ m^2

Toplam (g) : 5.44 kN/ m^2

Toplam (q) : 2 kN/ m^2

P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4*5.44 + 1.6*2 = 10.82 kN/ m^2

Karo kaplı hacimler (balkon) ;

2 cm karo mozaik : 22*0.02 = 0.44 kN/ m^2

2 cm kaplama harcı : 22*0.02 = 0.44 kN/ m^2

3 cm şap : 22*0.03 = 0.66 kN/ m^2

Döşeme ağırlığı : 25* 0.14 = 3.5 kN/ m^2

2 cm sıva : 20*0.02 = 0.4 kN/ m^2

Toplam (g) = 5.44 kN/ m^2

Toplam (q) = 5 kN/ m^2

P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4*5.44 + 1.6*5 = 15.62 kN/ m^2

Mermer kaplı hacimler (merdivenler ve kat sahanlıkları) ;

2 cm mermer : 28*0.02 = 0.56 kN/ m^2

2 cm kaplama harcı : 22*0.02 = 0.44 kN/ m^2

3 cm şap : 22*0.03 = 0.66 kN/ m^2

Döşeme ağırlığı : 25*0.14 = 3.5 kN/ m^2

2 cm sıva : 20*0.02 = 0.4 kN/ m^2

Toplam (g) = 5.56 kN/ m^2

Toplam (q) = 3.5 kN/ m^2

P_d = 1.4g + 1.6q = 1.4*5.56 + 1.6*3.5 = 13.39 kN/ m^2

6.5. Döşeme Statik ve Betonarme Hesapları

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin hesabında kullanılacak moment katsayıları TS 500/2000’ den alınmıştır.

DZ01 : İki komşu kenar süreksiz

DZ02 : İki uzun kenar süreksiz / Bir kenar süreksiz

DZ03 : İki kısa kenar süreksiz

DZ04 : Bir kenar süreksiz

DZ05 : Dört kenar sürekli

DZ06 : İki komşu kenar süreksiz

DZ07 : Bir kenar süreksiz

DZ08 : İki uzun kenar süreksiz

İki doğrultuda çalışan plak döşemelerde, donatıyı koruyan net beton örtüsü en az 15 mm olmalıdır (14).

Üzerinde çalıştığımız projede döşeme için paspayı 15 mm seçilmiştir. Tablo 6.1 ve Tablo 6.2' de döşeme donatısında kullanılacak momentler hesaplanmıştır.

Tablo 6.1: Normal kat döşeme donatısının hesabında kullanılacak momentler

Döşeme	Pd kN/ m2	lx m	ly m	m	α_{xm}	α_{xa}	M_{xm} kNm/m	M_{xa} kNm/m	α_{ym}	α_{ya}	M_{ym} kNm/m	M_{ya} kNm/m
DZ01	10,82	2,2	3	1,36	0,068	0,052	2,66	2,03	0,049	0,037	1,92	1,45
DZ02	10,62	5,4	5,6	1,03		0,047		12,99	0,056	0,044	15,47	12,16
DZ02 Sürekli	10,62	5,4	5,6	1,03	0,044	0,032	12,16	8,84	0,041	0,031	11,33	8,56
DZ03	10,82	3,2	5,4	1,69	0,076	0,057	6,92	5,19		0,044		4
DZ04	10,62	4,2	5,4	1,29	0,057	0,043	9,21	6,95	0,041	0,031	6,63	5,01
DZ05	10,82	3	1,8	1,64	0,033	0,025	0,81	0,61	0,065	0,049	1,59	1,2
DZ06	10,62	4,7	4,3	1,09	0,049	0,037	8,12	6,14	0,056	0,042	9,28	6,96
DZ07	10,82	3	3,6	1,22	0,054	0,041	4,11	3,12	0,041	0,031	3,12	2,36
DZ08	10,62	4,2	5,5	1,31		0,065		10,5	0,056	0,044	9,05	7,11

Tablo 6.2: Çatı katı döşeme donatısının hesabında kullanılacak momentler

Döşeme	Pd kN/ m2	lx m	ly m	m	α_{xm}	α_{xa}	M_{xm} kNm/m	M_{xa} kNm/m	α_{ym}	α_{ya}	M_{ym} kNm/m	M_{ya} kNm/m
DÇ1	7,9	2,2	3	1,364	0,06	0,048	2,3	1,75	0,049	0,037	1,79	1,35
DÇ2	7,9	5,4	5,55	1,028	0,06	0,046	12,33	9,45	0,058	0,044	11,92	9,05
DÇ3	7,9	3,2	5,4	1,688	0,09	0,068	5,98	4,52	0,058	0,044	3,86	2,93
DÇ4	7,9	4,2	5,4	1,286	0,06	0,043	6,85	5,17	0,041	0,031	4,93	3,73
DÇ5	7,9	2,95	1,8	1,639	0,03	0,025	0,59	0,45	0,066	0,05	1,18	0,89
DÇ6	7,9	4,65	4,25	1,094	0,05	0,037	6,04	4,57	0,056	0,042	6,91	5,18
DÇ7	7,9	2,95	3,6	1,22	0,06	0,041	3,06	2,28	0,041	0,031	2,28	1,72
DÇ8	7,9	4,2	5,5	1,31	0,08	0,058	9,26	6,97	0,058	0,044	6,97	5,29

Tabloda bulunan birim genişliğe düşen momentler TS500/2000 de verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$M_d = \alpha P_d l_{sn}^2 \qquad \textbf{(6.3)}$$

P_d : düzgün yayılı döşeme tasarım yükü,

l_{sn} : döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı,

α_{xm} , α_{xa}: x doğrultusundaki mesnet ve açıklık moment katsayıları,

α_{ym} , $\alpha_{ya:}$ y doğrultusundaki mesnet ve açıklık moment katsayıları,

M_{xm} , M_{xa} : x doğrultusundaki mesnet ve açıklık momentleri,

M_{ym} , M_{ya} : y doğrultusundaki mesnet ve açıklık momentleridir.

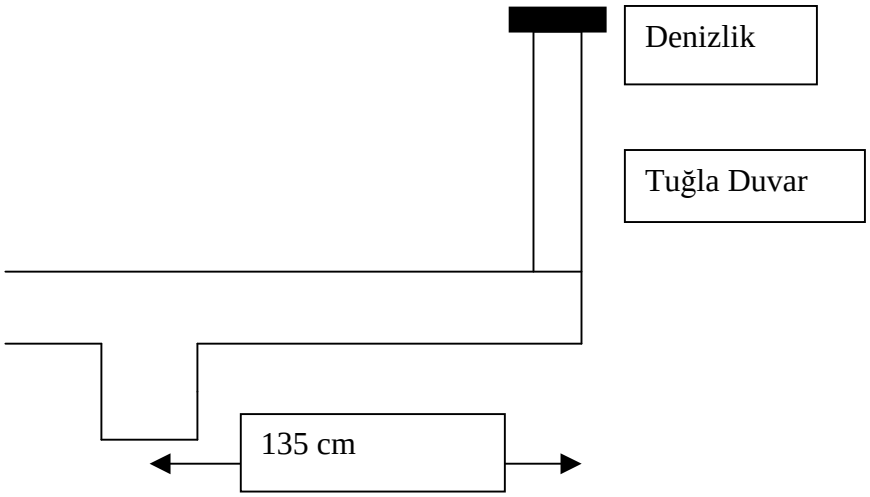
Döşeme donatı hesabı yapılırken önce açıklık donatılarının hesabı yapılmaktadır. Mesnet donatılarının hesabı yapılırken açıklıktan gelen donatılarda göz önüne alınacaktır.

6.5.1. Balkon döşemesinin hesabı

Balkonlarda, döşeme kotundan itibaren en az 0.90 m. yüksekliğe kadar, fenni icaplara uygun olarak korkuluk yapılması mecburidir (İmar Yönetmeliği).

$G = 5.44$ kN / m^2 ; $Q = 5$ kN / m2 ; $P_d = 15.62$ kN / m^2

Balkonun ucunda yapacağımız parapetin yükü;

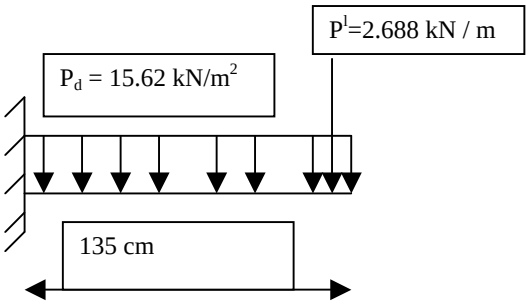


Mermer Denizlik (3 cm) : 0.03m x 0.2m x 20 kN/m^3 = 0.12 kN / m

Tuğla (19x19x8.5) : 0.9 x 2 = 1.8 kN / m

Toplam yük : 1.92 kN / m

Arttırılmış parapet yükü : P^l = 1.4 x 1.92 = 2.688 kN / m



$$M_d = 15.62 \text{ x } \left(\frac{1.35^2}{2} \right) + 2.688 \text{ x } 1.35 = 17.87 \text{ kN/m}$$

İki doğrultudaki açıklıkları birbirinden çok farklı olan döşemelerde, kısa doğrultuda yükün önemli kısmının iletildiği düşünülerek, bu doğrultuda donatı altta yerleştirilebilir. Bizim projemizde bütün döşemelerin kısa doğrultusu 'X' yönünde olduğundan donatı 'X' yönünde altta yerleştirilecektir. Her iki doğrultudaki mesnet donatıları üst üste gelmeyeceği için, faydalı yükseklik eşittir. Kesit hesabına başlarken donatı seçilmemiş olduğundan faydalı yüksekliğin bulunması açısından donatı çapının tahmin edilmesi gerekir. Bu değeri 10 mm seçildi.

İki doğrultuda çalışan döşemelerde donatı kuralları TS500/ 2000' de belirtilmiştir.

$\min(\rho_x + \rho_y) = 0.0035$ (St420) **(6.4)**

$\min(A_{sx}+A_{sy})=0.0035x1000x(115 + 125)/2 = 420\ mm^2 / m < 502\ mm^2/m$ (ϕ8/400+ϕ8/400)

$\min(\rho_x)$; $\min(\rho_y) = 0.0015$ (St420) **(6.5)**

$\min A_{sx}$; $\min A_{sy} = 0.0015x1000x(115+125)/2=180mm^2/m<251\ mm^2/m$ (ϕ8/200)

Donatı aralığı,

$s_{max} \leq 1.5\ h$ **(6.6)**

$s_{max} \leq 1.5x140 = 210$ mm. s = 200 mm.

$s_{kısa} \leq 200$mm s = 200 mm.

$s_{uzun} \leq 250$ mm s = 200 mm.

Balkon döşemesinin dağıtma donatısı için TS500 / 2000' de verilen şartlara uymamız gerekir. Tüm kesit esas alınarak hesaplanacak olan dağıtma donatısı oranı, asal donatının 1/5' inden az olamaz. Dağıtma donatısının aralığı 300 mm' den fazla olamaz.

Tablo 6.3 ve Tablo 6.4' deki donatı miktarları hesaplanırken aşağıdaki formüller kullanılmış ve İ.T.Ü. Betonarme Tablo ve Abaklar' dan yararlanılmıştır.

$$K = \frac{b_w d^2}{M_{sd}} \quad \textbf{(6.7)}$$

$$A_s = \frac{k_s M_{sd}}{d} \quad \textbf{(6.8)}$$

Mesnet momentlerinde iki komşu plağın ortak mesnedinin bir tarafındaki negatif moment diğer taraftakinin 0,8 katından az ise aradaki farkın 2/3 ü komşu plaklara, döşeme şerit rijitlikleri oranında dağıtılmalı, donatı hesabında büyük olan değer kullanılmalıdır. İki moment arasındaki fark daha az ise, tasarımda büyük olan moment kullanılmalıdır.

DZ01-DZ02 x doğrultusunda;

Daha önceden bahsettiğimiz gibi D102 döşemesinin bir kısmı D101 döşemesiyle süreklidir. Bu yüzden hesap yapılırken hem sürekli olmasına hem de sürekli olmamasına göre hesap yapılıp büyük olan mesnet momenti kullanılmıştır.

$M_{min} / M_{max} = \frac{2.66}{12.16} = 0.22 < 0.8$ olduğundan moment dengelemesi yapılacaktır

$$\Delta M = \frac{2}{3}(M_{max} - M_{min}) = \frac{2}{3}(12.16 - 2.66) = 6.33 \text{ kNm/m}$$

$$M_1 = M_{max} - \Delta M \left(\frac{l_2}{(l_1 + l_2)} \right) = 12.16 - 6.33 \left(\frac{1.9}{1.9 + 5.1} \right) = 10.44 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = M_{min} + \Delta M \left(\frac{l_1}{(l_1 + l_2)} \right) = 3.25 + 6.33 \left(\frac{5.1}{5.1 + 1.9} \right) = 7.86 \text{ kNm/m}$$

$M_{12x} = 10,44$ kNm/m

DBZ2-DZ03 x doğrultusunda;

Balkon döşemeleri

$M_{DB2\text{-}3x} = 17.87$ kNm/m

DZ03-DZ04 x doğrultusunda;

$M_{min} / M_{max} = \frac{6.92}{9.21} = 0.75 < 0.8$ olduğundan moment dengelemesi yapılacaktır.

$$\Delta M = \frac{2}{3}(9.21 - 6.92) = 1.53 \text{ kNm/m}$$

$$M_1 = 9.21 - 1.53 \left(\frac{2.9}{2.9 + 3.9} \right) = 8.56 \text{ kNm/m}$$

$$M_2 = 6.92 + 1.53 \left(\frac{3.9}{3.9 + 2.9} \right) = 7.8 \text{ kNm/m}$$

$M_{34x} = 8.56$ kNm/m

DZ04 - DZ05 x doğrultusunda;

$M_{4\text{-}5x} = 9.21$ kNm/m

DZ04 - DZ07 x doğrultusunda;

$M_{4\text{-}7x}$ = 9.21 kNm/m

D105– D106 x doğrultusunda;

$M_{5\text{-}6x}$ = 8.12 kNm/m

DZ07– DZ06 x doğrultusunda;

$M_{5\text{-}6x}$ = 8.12 kNm/m

DZ01-DZ05 y doğrultusunda;

$M_{min} / M_{max} = \frac{1.59}{1.92} = 0.83 > 0.8.$

M_{15y} = 1.92 kNm/m

DZ02-DBZ1 y doğrultusunda;

M_{2DB1} = 17.87kNm/m

DZ02- DZ06 y doğrultusunda ;

$M_{min} / M_{max} = \frac{9.28}{15.47} = 0.6 < 0.8$ olduğundan moment dengelemesi yapılacaktır.

$\Delta M = \frac{2}{3}(15.47\text{-}9.28) = 4.13$ kNm/m

$M_1 = 15.47 - 4.13\left(\frac{3.95}{3.95+5.25}\right) = 13.7$ kNm/m

$M_2 = 9.28 + 4.13\left(\frac{5.25}{5.25+3.95}\right) = 11.64$ kNm/m

M_{26y} = 13.7 kNm/m

DZ04-DZ08 y doğrultusunda;

$M_{min} / M_{max} = \frac{6.63}{9.05} = 0.73 < 0.8$ olduğundan moment dengelemesi yapılacaktır.

$\Delta M = \frac{2}{3}(9.05\text{-}6.63) = 1.61$ kNm/m

$M_1 = 9.05 - 1.61\left(\frac{5.1}{5.1+5.2}\right) = 8.25$ kNm/m

$M_2 = 6.63 + 1.61\left(\frac{5.2}{5.2+5.1}\right) = 7.44$ kNm/m

$M_{48y} = 8.25$ kNm/m

DZ08 – DBZ3 y doğrultusunda;

$M_{8\text{-}DB3y} = 17.87$ kNm/m

DZ05-DZ07 y doğrultusunda ;

$M_{min} / M_{max} = \frac{1.59}{3.12} = 0.51 < 0.8$ olduğundan moment dengelemesi yapılacaktır.

$\Delta M = \frac{2}{3}(3.12\text{-}1.59) = 1.02$ kNm/m

$M_1 = 3.12 - 1.02\left(\frac{1.5}{1.5+3.3}\right) = 2.80$ kNm/m

$M_2 = 1.59 + 1.02\left(\frac{3.3}{3.3+1.5}\right) = 2.29$ kNm/m

$M_{57y} = 2.80$ kNm/m

Tablo 6.3: Normal kat döşeme açıklık donatıları hesabı

	Doğrultu	M_d kNm/m	d m	K	k_s	A_s mm^2	Düz mm/mm	Pliye mm/mm
DZ01	x	2,03	0,125	769,7044	2,78	45,1472	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ01	y	1,45	0,115	912,069	2,78	35,052174	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ02	x	12,99	0,125	120,2848	2,862	297,41904	ϕ 8/320	ϕ 8/320
DZ02	y	12,16	0,115	108,7582	2,87	303,4713	ϕ 8/320	ϕ 8/320
DZ03	x	5,19	0,125	301,0597	2,807	116,54664	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ03	y	4	0,115	330,625	2,802	97,46087	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ04	x	6,95	0,125	224,8201	2,82	156,792	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ04	y	5,01	0,115	263,9721	2,81	122,41826	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ05	x	0,61	0,125	2561,475	2,766	13,49808	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ05	y	1,2	0,115	1102,083	2,779	28,998261	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ06	x	6,14	0,125	254,4788	2,815	138,2728	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ06	y	6,96	0,115	190,0144	2,83	171,27652	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ07	x	3,12	0,125	500,8013	2,788	69,58848	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ07	y	2,36	0,115	560,3814	2,784	57,132522	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ08	x	10,5	0,125	148,8095	2,847	239,148	ϕ 8/400	ϕ 8/400
DZ08	y	7,11	0,115	186,0056	2,83	174,96783	ϕ 8/400	ϕ 8/400

Tablo 6.4: Normal kat döşeme mesnet donatıları hesabı

	Doğrultu	M_d kNm/m	d m	K	k_s	A_s mm^2	Mevcut mm/mm	Ek mm/mm
DZ01-DZ02	x	10,44	0,125	149,7	2,85	237,61	ϕ 8/400+ ϕ 8/320(282,5)	
DBZ2-DZ03	x	17,87	0,125	87,44	2,88	412,15	ϕ 8/400 (125,5)	ϕ 8/170(296)
DZ03-DZ04	x	8,56	0,125	182,5	2,83	193,94	ϕ 8/400 + ϕ 8/400(251)	
DZ04-DZ05	x	9,210	0,125	169,7	2,84	208,96	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ04-DZ07	x	9,210	0,125	169,7	2,84	208,96	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ06-DZ05	x	8,12	0,125	192,4	2,83	183,77	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ06-DZ07	x	8,12	0,125	192,4	2,83	183,77	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ01-DZ05	y	1,92	0,125	813,8	2,79	42,9	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ02-DBZ1	y	17,87	0,125	87,44	2,88	412,15	ϕ 8/320 (157)	ϕ 8/190(265)
DZ02-DZ06	y	13,7	0,125	114,1	2,87	314,33	ϕ 8/400+ ϕ 8/320(282,5)	ϕ 8/330(152)
DZ04-DZ08	y	8,25	0,125	189,4	2,83	186,78	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	
DZ08-DBZ3	y	17,87	0,125	87,44	2,88	412,15	ϕ 8/400 (125,5)	ϕ 8/170(296)
DZ05-DZ07	y	2,8	0,125	558	2,79	62,384	ϕ 8/400 + ϕ 8/400 (251)	

Balkon dağıtma donatılarının hesabı;

DBZ1: (157+265)/5 = 84.4 mm^2/mm ϕ 8/250 (201mm^2/mm)

DBZ2: (125,5+296)/5 = 84,3 mm^2/mm ϕ 8/250 (201mm^2/mm)

DBZ3: (125,5+296)/5 = 84,3 mm^2/mm ϕ 8/250 (201mm^2/mm)

6.6. Kirişlerin Ön Boyutlandırılması

Kiriş ön boyutlandırılması TS500/2000 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te verilen koşullara uyularak belirlenecektir. Bu uyulması gereken koşullar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.
- Kiriş yüksekliği döşeme kalınlığının üç katından ve 300 mm' den daha az, kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından daha fazla olmayacaktır.

Bu koşullara göre;

b_w = 30 cm. (Yapı düzensiz bir yapı olduğu için ve şantiye koşullarında sık donatılı durumlarda betonun donatı arasından geçmesini sağlamak için kiriş genişliği yönetmelikteki minimum sınırdan biraz daha büyük seçilmiştir.)

$3xh_{döş} < h_{kiriş} < 3.5\ b_w$ **(6.9)**

42 cm < $h_{kiriş}$ < 105 cm

Sehim kontrolü;

Basit mesnet (1/10),

Yükseklik / Açıklık Oranları : Kenar Açıklık (1/12),

İç Açıklık (1/15)

K122 Kirişi: 555 / 12 = 46.25 cm

K122 Kirişi: 427.5 / 10 = 42.8 cm

$h_{kiriş}$ = 60 cm seçilmiştir.

6.7. Kolonların Ön Boyutlandırılması

Kolon ön boyutlandırılması Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te ki kurallara göre yapılmıştır.

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm' den ve enkesit alanı 75000 mm^2 den daha az olmayacaktır.
- Kolonun brüt enkesit alanı $A_c \geq N_{dmax} / (0.5\ f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

Kolon kesit alanları bulunurken, moment etkisini göz önüne almak için normal kuvvet 1.1, 1.1, 1.2 katsayıları ile arttırılmıştır. Böylece orta kolonda moment etkisinin (her iki tarafta ve her iki doğrultuda bulunan açıklıklar nedeniyle) genellikle daha az ve köşe kolonda (açıklıkların iki doğrultuda da devam etmesi nedeniyle) daha fazla olduğu göz önüne alınmaktadır. Bu katsayılar yaklaşık değerler olup, deprem bölgesi, açıklıkların oranı, sabit yük / hareketli yük oranı gibi özelliklere bağlı olarak değişir.

Deprem etkisinin karşılanmasında, istenilen kuvvetli kolon-zayıf kirş özelliğine uyan bir taşıyıcı sistem elde edilmesi için, kolon kesitlerinde aşırı ekonomiye kaçılmaması uygundur. Kolon normal kuvvetlerinin hesabında kolonun kendi ağırlığı, tahmin edilerek, normal kuvvete eklenebilir. Ancak α katsayısının bu etkiyi de kapsadığı kabul edilip, daha kesin yapılacak donatı hesabında özağırlık hesaba katılacaktır.

6.7.1. Duvar yükleri

Kirişlerin duvarda diş yapmaması için bütün duvarlar 30 cm' lik duvar kabul edilmiştir.

Banyo ve mutfağı çevreleyen duvarlar;

30 cm ytong : 8 x 0.3 = 2.4 kN / m^2

4 cm kireç + çimento harcı : 20 x 0.04 = 0.8 kN / m^2

1 cm seramik duvar fayansı : 0.19 kN / m^2

Toplam : 3.39 kN / m^2

Diğer bütün duvarlar;

30 cm ytong : 8 x 0.3 = 2.4 kN / m^2

2 cm kireç + alçı harcı : 18 x 0.02 = 0.36 kN / m^2

2 cm kireç + çimento harcı : 20 x 0.02 = 0.4 kN / m^2

Toplam : 3.16 kN / m^2

6.7.2. Döşeme yükleri

Çatı Katında ;

Tüm Döşemeler :

g = 4.78 kN / m^2 ; q = 0.75 kN / m^2

Zemin ve Normal Katlarda;

Yatak odası ve salon döşemelerinde:

g = 5.3 kN / m^2 ; q = 2 kN / m^2

Mutfak, banyo ve antre döşemelerinde :

g = 5.44 kN / m^2 ; q = 2 kN / m^2

Merdiven ve kat sahanlık döşemesinde;

g = 5.56 kN / m^2 : q = 3.5 kN / m^2

Balkon döşemesinde;

g = 5.44 kN / m^2 : q = 5 kN / m^2

Balkon parapet yükü;

P = 1.92 kN / m

Kiriş birim boy ağırlığı : 0.3 x 0.6 x 25 = 4.5 kN / m

Mutfak, banyoyu çevreleyen duvar birim boy ağırlığı : 3.39 x 2.4 = 8.14 kN / m

Diğer duvarların birim boy ağırlığı : 3.16 x 2.4 = 7.58 kN / m

6.7.3. Kolon yükleri

$G = l_x\, l_y$ [4.78 kN/m^2 (çatı döşemesi) + 5.3 kN/m^2 (yatak odası ve salon döşemeleri) + 5.44 kN/m^2 (mutfak, banyo, antre, balkon döşemeleri) + 5.56 kN/m^2 (merdiven döşemesi)] + Kiriş boyu x 4.5 kN/m + Duvar boyu [8.14 kN/m(mutfak, banyoyu çevreleyen duvar) + 7.58 kN/m (diğer duvarlar)] + Parapet boyu x 1.92 kN/m

$Q = l_x\, l_y$ [0.75 kN/m^2 (çatı döşemesi) + 3.5 kN/m^2 (merdiven döşemesi) + 5 kN/m^2 (balkon döşemesi) + 2 kN/m^2 (diğer döşemeler)]

7. Normal Kat Kolon Yükleri (Çatı katı);

S701 = S702

G = 4.5x4.85 (kirişler) + 4.78x1.95x2.6 (çatı döşemesi) = 46.06 kN

Q = 0.75x1.95x2.6 (döşeme) = 3.81 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 1.4x46.06 + 1.6x3.81 = 70.58 kN

S703

G = 4.5x4.3 + 4.78x1.45x2.55 = 37.03 kN

Q = 0.75x1.45x2.55 = 2.78 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 56.29 kN

S704

G = 4.5x9.15 + 4.78x(1.95x2.6 + 2.55x1.45 + 1.95x2.55) = 106.9 kN

Q = 0.75x(1.95x2.6 + 2.55x1.45 + 1.95x2.55) = 10.31 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 166.16 kN

S705

G = 4.5x10.01 + 4.78x(1.95x2.6 + 1.95x2.55 + 1.33x2.55) = 109.26 kN

Q = 0.75x(1.95x2.6 + 1.95x2.55 + 1.33x2.55) = 10.08 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 169.1 kN

S706

G = 4.5x7.49 + 4.78x(2.175x1.975 + 1.325x2.55) = 70.39 kN

Q = 0.75x(2.175x1.975 + 1.325x2.55) = 5.76 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 107.77 kN

S707

G = 4.5x4.45 + 4.78x1.975x2.175 = 40.56 kN

Q = 0.75x1.975x2.175 = 3.23 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 61.96 kN

S708

G = 4.5x7.15 + 4.78x(1.45x2.55 + 1.45x2.55/2 + 1.95x2.55/2) + 5.56x1.35x2.5 = 89.34 kN

Q = 0.75x (1.45x2.55 + 1.45x2.55/2 + 1.95x2.55/2) + 3.5x1.35x2.5 = 17.84kN

P = 1.4G + 1.6Q = 153.62 kN

S709

G= 4.5x9.14 + 4.78x(1.35x1.1 + 1.325x2.55 + 2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 116.22 kN

Q = 0.75x(1.35x1.1 + 1.325x2.55 + 2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 15.86 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 188.1 kN

S710

G = 4.5x7.6 + 4.78x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 86.73 kN

Q = 0.75x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 8.25 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 134.63 kN

S711

G = 4.5x4.15 + 5.56x1.35x2.5 = 37.44 kN

Q = 3.5x1.35x2.5 = 11.82 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 71.33 kN

S712

G = 4.5x5.475 + 4.78x2.625x2.55 = 56.64 kN

Q = 0.75x2.625x2.55 = 5.03 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 87.35 kN

Z,1,2,3,4,5,6 Katlar Kolon Yükleri ;

S101=S102

G = 4.5x4.85(kirişler) + 5.3x1.95x2.6(Salon döşemesi) + 5.44x1.2x2.25(balkon) + 1.92x3.45(parapet) + 7.58x4.85(duvarlar) = 106.77 kN

Q = 2x1.95x2.6(salon) + 5x1.2x2.25(balkon) = 23.64 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 187.31 kN

S103

G = 4.5x4.3 + 5.44x1.45x2.55 + 5.44x1.2x2.85 + 1.92x4.05 + 8.14x4.3 = 100.85 kN

Q = 2x1.45x2.55 + 5x1.2x2.85 = 24.5 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 180.39 kN

S104

G = 4.5x9.15 + 5.3x(2.6x1.95 + 1.95x2.55) + 5.44x1.45x2.55 + 8.14x4.3 + 7.58x4.85 = 186.3 kN

Q = 2x(2.6x1.95 + 1.95x2.55 + 1.45x2.55) = 27.48 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 304.79 kN

S105

G = 4.5x10.01 + 5.3x(2.6x1.95 + 1.95x2.55) + 5.44x1.325x2.55 + 8.14x5.16 + 7.58x4.85 = 195.42 kN

Q = 2x(2.6x1.95 + 1.95x2.55 + 1.325x2.55) = 26.85 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 316.55 kN

S106

G = 4.5x7.49 + 5.44x1.325x2.55 + 5.3x1.975x2.175 + 7.58x2.325 + 8.14x5.165 = 134.52 kN

Q = 2x(1.325x2.55 + 1.975x2.175) = 15.35 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 212.9 kN

S107

G = 4.5x4.45 + 5.3x1.975x2.175 + 7.58x4.45 = 76.53 kN

Q = 2x1.975x2.175 = 8.6 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 120.91 kN

S108

G = 4.5x7.15 + 5.44x(1.45x2.55 + 1.45x2.55/2 + 1.2x2.85) + 5.3x1.95x2.55/2 + 5.56x1.35x2.5 + 7.58x1.35 + 8.14x5.8 + 1.92x4.05 = 178.12 kN

Q = 2x(1.45x2.55 + 1.45x2.55/2 + 1.95x2.55/2) + 5x1.2x2.85 + 3.5x1.35x2.5= 45 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 321.37 kN

S109

G = 4.5x9.14 + 5.3x(2.55x2.625 + 1.1x1.35 + 2.175x1.975) + 5.44x1.325x2.55 + 8.14x3.68 + 7.58x5.46 = 197 kN

Q = 2x(2.55x2.625 + 1.1x1.35 + 2.175x1.975 + 1.325x2.55) = 31.71 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 326.54 kN

S110

G = 4.5x7.6 + 5.3x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) + 7.58x7.6 = 150.1 kN

Q = 2x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 22 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 245.34 kN

S111

G = 4.5x4.15 + 5.56x1.35x2.5 + 7.58x4.15 = 69 kN

Q = 3.5x1.35x2.5 = 11.82 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 115.52 kN

S112

G = 4.5x5.475 + 5.3x2.55x2.625 + 5.44x1.2x2.85 + 1.92x4.05 + 7.58x5.475 = 128 kN

Q = 2x2.55x2.625 + 5x1.2x2.85 = 30.5 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 228 kN

Bodrum kat kolon yükleri (balkonlar yok)

SB01=SB02

G = 4.5x4.85(kirişler) + 5.3x1.95x2.6(Salon döşemesi) + 7.58x4.85(duvarlar) = 85.46 kN

Q = 2x1.95x2.6(salon) = 10.14 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 135.87 kN

SB03

G = 4.5x4.3 + 5.44x1.45x2.55 + 8.14x4.3 = 74.5 kN

Q = 2x1.45x2.55 = 7.4 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 116.2 kN

SB04

G = 4.5x9.15 + 5.3x(2.6x1.95 + 1.95x2.55) + 5.44x1.45x2.55 + 8.14x4.3 + 7.58x4.85 = 186.3 kN

Q = 2x(2.6x1.95 + 1.95x2.55 + 1.45x2.55) = 27.48 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 304.79 kN

SB05

G = 4.5x10.01 + 5.3x(2.6x1.95 + 1.95x2.55) + 5.44x1.325x2.55 + 8.14x5.16 + 7.58x4.85 = 195.42 kN

Q = 2x(2.6x1.95 + 1.95x2.55 + 1.325x2.55) = 26.85 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 316.55 kN

SB06

G = 4.5x7.49 + 5.44x1.325x2.55 + 5.3x1.975x2.175 + 7.58x2.325 + 8.14x5.165 = 134.52 kN

Q = 2x(1.325x2.55 + 1.975x2.175) = 15.35 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 212.9 kN

SB07

G = 4.5x4.45 + 5.3x1.975x2.175 + 7.58x4.45 = 76.53 kN

Q = 2x1.975x2.175 = 8.6 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 120.91 kN

SB08

G = 4.5x7.15 + 5.44x(1.45x2.55 + 1.45x2.55/2) + 5.3x1.95x2.55/2 + 5.56x1.35x2.5 + 7.58x1.35 + 8.14x5.8 = 151.74 kN

Q = 2x(1.45x2.55 + 1.45x2.55/2 + 1.95x2.55/2) + 3.5x1.35x2.5 = 22.91 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 249.1 kN

SB09

G = 4.5x9.14 + 5.3x(2.55x2.625 + 1.1x1.35 + 2.175x1.975) + 5.44x1.325x2.55 + 8.14x3.68 + 7.58x5.46 = 197 kN

Q = 2x(2.55x2.625 + 1.1x1.35 + 2.175x1.975 + 1.325x2.55) = 31.71 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 326.54 kN

SB10

G = 4.5x7.6 + 5.3x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) + 7.58x7.6 = 150.1 kN

Q = 2x(2.175x1.975 + 2.55x2.625) = 22 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 245.34 kN

SB11

G = 4.5x4.15 + 5.56x1.35x2.5 + 7.58x4.15 = 69 kN

Q = 3.5x1.35x2.5 = 11.82 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 115.52 kN

SB12

G = 4.5x5.475 + 5.3x2.55x2.625 + 7.58x5.475 = 101.62 kN

Q = 2x2.55x2.625 = 13.4 kN

P = 1.4G + 1.6Q = 163.71 kN

Tablo 6.5' te kullanılan α katsayısı orta ve kenar kolonlarda 1.1, köşe kolonlarda 1.2 alınmıştır. Kolon enkesiti (A_c) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$A_c = \frac{N_{d\max}}{0.5 f_{ck}} \qquad \textbf{(6.10)}$$

$A_c \geq \frac{N_{d\max}}{0.5 f_{ck}}$ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

Kolon kesitlerinin seçiminde her iki doğrultuda atalet momentleri toplamının birbirine yakın olmasına çaba harcanarak, deprem etkisi altında her iki doğrultuda yakın zorlamaların çıkması sağlanabilir.

Tablo 6.5: Kolon ön boyutlandırılması

Kat	Kolon	G(kN)	Q(kN)	P = 1.4G + 1.6Q	Üst Kattan Gelen kN	Toplam P(kN)	α	A_c (cm^2)	Seçilen
7	S701	46,06	3,81	70,58	——	70,58	1,2	67,7568	30 x 50
7	S702	46,06	3,81	70,58	——	70,58	1,2	67,7568	30 x 50
7	S703	37,03	2,78	56,29	——	56,29	1,2	54,0384	30 x 50
7	S704	106,9	10,31	166,156	——	166,156	1,2	159,50976	30 x 50
7	S705	109,26	10,08	169,092	——	169,092	1,2	162,32832	30 x 50
7	S706	70,39	5,76	107,762	——	107,762	1,2	103,45152	30 x145
7	S707	40,56	3,23	61,952	——	61,952	1,2	59,47392	30 x 50
7	S708	89,34	17,84	153,62	——	153,62	1,1	135,1856	30 x 50
7	S709	116,22	15,86	188,084	——	188,084	1,1	165,51392	30 x105
7	S710	86,73	8,25	134,622	——	134,622	1,1	118,46736	30 x 50
7	S711	37,44	11,82	71,328	——	71,328	1,2	68,47488	30 x 50
7	S712	56,64	5,03	87,344	——	87,344	1,2	83,85024	30 x 50
6	S601	106,77	23,64	187,302	70,58	257,882	1,2	247,56672	30 x 50
6	S602	106,77	23,64	187,302	70,58	257,882	1,2	247,56672	30 x 50
6	S603	100,85	24,5	180,39	56,29	236,68	1,2	227,2128	30 x 50
6	S604	186,3	27,48	304,788	166,156	470,944	1,2	452,10624	30 x 50
6	S605	195,42	26,85	316,548	169,092	485,64	1,2	466,2144	30 x 50
6	S606	134,52	15,35	212,888	107,762	320,65	1,2	307,824	30 x145
6	S607	76,53	8,6	120,902	61,952	182,854	1,2	175,53984	30 x 50
6	S608	178,12	45	321,368	153,62	474,988	1,1	417,98944	30 x 50
6	S609	197	31,71	326,536	188,084	514,62	1,1	452,8656	30 x105
6	S610	150,1	22	245,34	134,622	379,962	1,1	334,36656	30 x 50
6	S611	69	11,82	115,512	71,328	186,84	1,2	179,3664	30 x 50
6	S612	128	30,5	228	87,344	315,344	1,2	302,73024	30 x 50

Tablo 6.5: Kolon ön boyutlandırılması

Kat	Kolon	G(kN)	Q (kN)	P = 1.4G + 1.6Q	Üst Kattan Gelen kN	Toplam P(kN)	α	A_c (cm^2)	Seçilen
5	S501	106,77	23,64	187,302	257,882	445,184	1,2	427,38	30 x 60
5	S502	106,77	23,64	187,302	257,882	445,184	1,2	427,38	30 x 60
5	S503	100,85	24,5	180,39	236,68	417,07	1,2	400,39	30 x 60
5	S504	186,3	27,48	304,788	470,944	775,732	1,2	744,7	30 x 60
5	S505	195,42	26,85	316,548	485,64	802,188	1,2	770,1	30 x 60
5	S506	134,52	15,35	212,888	320,65	533,538	1,2	512,2	30 x 145
5	S507	76,53	8,6	120,902	182,854	303,756	1,2	291,61	30 x 60
5	S508	178,12	45	321,368	474,988	796,356	1,1	700,79	30 x 60
5	S509	197	31,71	326,536	514,62	841,156	1,1	740,22	30 x 105
5	S510	150,1	22	245,34	379,962	625,302	1,1	550,27	30 x 60
5	S511	69	11,82	115,512	186,84	302,352	1,2	290,26	30 x 60
5	S512	128	30,5	228	315,344	543,344	1,2	521,61	30 x 60
4	S401	106,77	23,64	187,302	445,184	632,486	1,2	607,19	30 x 60
4	S402	106,77	23,64	187,302	445,184	632,486	1,2	607,19	30 x 60
4	S403	100,85	24,5	180,39	417,07	597,46	1,2	573,56	30 x 60
4	S404	186,3	27,48	304,788	775,732	1080,52	1,2	1037,3	30 x 60
4	S405	195,42	26,85	316,548	802,188	1118,736	1,2	1074	30 x 60
4	S406	134,52	15,35	212,888	533,538	746,426	1,2	716,57	30 x 145
4	S407	76,53	8,6	120,902	303,756	424,658	1,2	407,67	30 x 60
4	S408	178,12	45	321,368	796,356	1117,724	1,1	983,6	30 x 60
4	S409	197	31,71	326,536	841,156	1167,692	1,1	1027,6	30 x 105
4	S410	150,1	22	245,34	625,302	870,642	1,1	766,16	30 x 60
4	S411	69	11,82	115,512	302,352	417,864	1,2	401,15	30 x 60
4	S412	128	30,5	228	543,344	771,344	1,2	740,49	30 x 60

Tablo 6.5: Kolon ön boyutlandırılması

Kat	Kolon	G(kN)	Q (kN)	P = 1.4G + 1.6Q	Üst Kattan Gelen kN	Toplam P(kN)	α	A_c (cm^2)	Seçilen
3	S301	106,77	23,64	187,302	632,486	819,788	1,2	787	30 x 60
3	S302	106,77	23,64	187,302	632,486	819,788	1,2	787	30 x 60
3	S303	100,85	24,5	180,39	597,46	777,85	1,2	746,74	30 x 60
3	S304	186,3	27,48	304,788	1080,52	1385,308	1,2	1329,9	30 x 60
3	S305	195,42	26,85	316,548	1118,736	1435,284	1,2	1377,9	30 x 60
3	S306	134,52	15,35	212,888	746,426	959,314	1,2	920,94	30 x 145
3	S307	76,53	8,6	120,902	424,658	545,56	1,2	523,74	30 x 60
3	S308	178,12	45	321,368	1117,724	1439,092	1,1	1266,4	30 x 60
3	S309	197	31,71	326,536	1167,692	1494,228	1,1	1314,9	30 x 105
3	S310	150,1	22	245,34	870,642	1115,982	1,1	982,06	30 x 60
3	S311	69	11,82	115,512	417,864	533,376	1,2	512,04	30 x 60
3	S312	128	30,5	228	771,344	999,344	1,2	959,37	30 x 60
2	S201	106,77	23,64	187,302	819,788	1007,09	1,2	966,81	30 x 70
2	S202	106,77	23,64	187,302	819,788	1007,09	1,2	966,81	30 x 70
2	S203	100,85	24,5	180,39	777,85	958,24	1,2	919,91	30 x 70
2	S204	186,3	27,48	304,788	1385,308	1690,096	1,2	1622,5	30 x 70
2	S205	195,42	26,85	316,548	1435,284	1751,832	1,2	1681,8	30 x 70
2	S206	134,52	15,35	212,888	959,314	1172,202	1,2	1125,3	30 x 145
2	S207	76,53	8,6	120,902	545,56	666,462	1,2	639,8	30 x 70
2	S208	178,12	45	321,368	1439,092	1760,46	1,1	1549,2	30 x 70
2	S209	197	31,71	326,536	1494,228	1820,764	1,1	1602,3	30 x 105
2	S210	150,1	22	245,34	1115,982	1361,322	1,1	1198	30 x 70
2	S211	69	11,82	115,512	533,376	648,888	1,2	622,93	30 x 70
2	S212	128	30,5	228	999,344	1227,344	1,2	1178,3	30 x 70

Tablo 6.5: Kolon ön boyutlandırılması

Kat	Kolon	G(kN)	Q (kN)	P = 1.4G + 1.6Q	Üst Kattan Gelen kN	Toplam P(kN)	α	A_c (cm^2)	Seçilen
1	S101	106,77	23,64	187,302	1007,09	1194,392	1,2	1146,6	30 x 70
1	S102	106,77	23,64	187,302	1007,09	1194,392	1,2	1146,6	30 x 70
1	S103	100,85	24,5	180,39	958,24	1138,63	1,2	1093,1	30 x 70
1	S104	186,3	27,48	304,788	1690,096	1994,884	1,2	1915,1	30 x 70
1	S105	195,42	26,85	316,548	1751,832	2068,38	1,2	1985,6	30 x 70
1	S106	134,52	15,35	212,888	1172,202	1385,09	1,2	1329,7	30 x 145
1	S107	76,53	8,6	120,902	666,462	787,364	1,2	755,87	30 x 70
1	S108	178,12	45	321,368	1760,46	2081,828	1,1	1832	30 x 70
1	S109	197	31,71	326,536	1820,764	2147,3	1,1	1889,6	30 x 105
1	S110	150,1	22	245,34	1361,322	1606,662	1,1	1413,9	30 x 70
1	S111	69	11,82	115,512	648,888	764,4	1,2	733,82	30 x 70
1	S112	128	30,5	228	1227,344	1455,344	1,2	1397,1	30 x 70
Z	SZ01	106,77	23,64	187,302	1194,392	1381,694	1,2	1326,4	30 x 80
Z	SZ02	106,77	23,64	187,302	1194,392	1381,694	1,2	1326,4	30 x 80
Z	SZ03	100,85	24,5	180,39	1138,63	1319,02	1,2	1266,3	30 x 80
Z	SZ04	186,3	27,48	304,788	1994,884	2299,672	1,2	2207,7	30 x 80
Z	SZ05	195,42	26,85	316,548	2068,38	2384,928	1,2	2289,5	30 x 80
Z	SZ06	134,52	15,35	212,888	1385,09	1597,978	1,2	1534,1	30 x 145
Z	SZ07	76,53	8,6	120,902	787,364	908,266	1,2	871,94	30 x 80
Z	SZ08	178,12	45	321,368	2081,828	2403,196	1,1	2114,8	30 x 80
Z	SZ09	197	31,71	326,536	2147,3	2473,836	1,1	2177	30 x 105
Z	SZ10	150,1	22	245,34	1606,662	1852,002	1,1	1629,8	30 x 80
Z	SZ11	69	11,82	115,512	764,4	879,912	1,2	844,72	30 x 80
Z	SZ12	128	30,5	228	1455,344	1683,344	1,2	1616	30 x 80

Tablo 6.5: Kolon ön boyutlandırılması

Kat	Kolon	G(kN)	Q (kN)	P = 1.4G + 1.6Q	Üst Kattan Gelen kN	Toplam P(kN)		A_c (cm^2)	Seçilen
B	SB01	85,46	10,14	135,868	1381,694	1517,562	1,2	1456,9	30 x 90
B	SB02	85,46	10,14	135,868	1381,694	1517,562	1,2	1456,9	30 x 90
B	SB03	74,5	7,4	116,14	1319,02	1435,16	1,2	1377,8	30 x 90
B	SB04	186,3	27,48	304,788	2299,672	2604,46	1,2	2500,3	30 x 90
B	SB05	195,42	26,85	316,548	2384,928	2701,476	1,2	2593,4	30 x 90
B	SB06	134,52	15,35	212,888	1597,978	1810,866	1,2	1738,4	30 x 145
B	SB07	76,53	8,6	120,902	908,266	1029,168	1,2	988	30 x 90
B	SB08	151,74	22,91	249,092	2403,196	2652,288	1,1	2334	30 x 90
B	SB09	197	31,71	326,536	2473,836	2800,372	1,1	2464,3	30 x 105
B	SB10	150,1	22	245,34	1852,002	2097,342	1,1	1845,7	30 x 90
B	SB11	69	11,82	115,512	879,912	995,424	1,2	955,61	30 x 90
B	SB12	101,62	13,4	163,708	1683,344	1847,052	1,2	1773,2	30 x 90

6.7.4. Düşey taşıyıcı elemanların rijitlik dağılımlarının hesaplanması

Bodrum kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.9x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.9^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

$= 0.815\ m^4$

I_y=

$$\frac{0.3x0.9^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.9x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

$=0.785\ m^4$

Zemin kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.8x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.8^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

$= 0.792\ m^4$

I_y=

$$\frac{0.3x0.8^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.8x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

$=0.752m^4$

1.N. kat xve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.7x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.7^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

$= 0.773\ m^4$

I_y=

$$\frac{0.3x0.7^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.7x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

$=0.726m^4$

2.N. kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.7x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.7^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

$= 0.773\ m^4$

I_y=

$$\frac{0.3x0.7^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.7x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

$=0.726m^4$

3.N. kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.6x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.6^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

= 0.760 m^4

I_y=

$$\frac{0.3x0.6^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.6x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

=0.706m^4

4. ve 5.N. kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.6x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.6^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

= 0.760 m^4

I_y=

$$\frac{0.3x0.6^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.6x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

=0.706m^4

6. ve 7.N. kat x ve y yönünde rijitlik dağılımının hesaplanması ;

I_x=

$$\frac{0.5x0.3^3}{12}x6+\frac{0.3x0.5^3}{12}x4+\frac{1.45x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.4^3}{12}+\frac{0.3x2.1^3}{12}+\frac{2.85x0.3^3}{12}+\frac{0.3x1.05^3}{12}$$

= 0.749 m^4

I_y=

$$\frac{0.3x0.5^3}{12}x6+\frac{0.3x1.45^3}{12}+\frac{0.5x0.3^3}{12}x4+\frac{2.4x0.3^3}{12}+\frac{2.1x0.3^3}{12}+\frac{1.05x0.3^3}{12}+\frac{0.3x2.85^3}{12}$$

=0.692 m^4

7. YAPININ MODELLENMESİ VE DEPREM YÜKLERİNE GÖRE ANALİZİ

7.1. Kirişlere Gelen Yüklerin Saptanması

7.1.1. Duvarlardan, balkondan ve kirişlerin kendi ağırlığından gelen kiriş yükleri

Kirişlere kirişlerin kendi ağırlığından, duvarlardan, balkonlardan ve parapetlerden gelen yükler düzgün yayılı yük şeklinde etkimektedir. Balkon döşemelerindeki yükler kırılma çizgisi şeklinde ayrılmamış ve tüm yük mesnetlendiği kirişlere aktarılmıştır. Tablo 7.1.' de kirişlere gelen yükler görülmektedir.

Tablo 7.1: Kirişlere duvar, kiriş, balkon ve parapetlerden gelen sabit yükler

Kat	Kiriş	d (m)	b (m)	Duvar Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Balkon Döşeme Yükü (kN/m)	Parapet Yükü (kN/ m)	Kiriş Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Toplam Düzgün Yayılı Yük (kN/m)
Çatı Katı	K717	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K718	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K727	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K728	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K729	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K744	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K745	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K746	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K747	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K748	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K749	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K750	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K751	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K752	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K753	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K754	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K755	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K756	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K757	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K758	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K759	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K760	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K761	0,6	0,3				4,5	4,5
Çatı Katı	K762	0,6	0,3				4,5	4,5

Tablo 7.1: Kirişlere Duvar, Kiriş, Balkon ve Parapetlerden Gelen Sabit Yükler

Kat	Kiriş	d (m)	b (m)	Duvar Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Balkon Döşeme Yükü (kN/m)	Parapet Yükü (kN/ m)	Kiriş Birim Boy Ağırlığı (kN/m)	Toplam Düzgün Yayılı Yük (kN/m)
Normal Kat	K117	0,6	0,3	7,58	7,35	1,92	4,5	21,35
Normal Kat	K118	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K127	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K128	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K129	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K144	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K145	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K146	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K147	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K148	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K149	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K150	0,6	0,3	7,58	7,35	1,92	4,5	21,35
Normal Kat	K151	0,6	0,3	8,14	7,35	1,92	4,5	21,91
Normal Kat	K152	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K153	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K154	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K155	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K156	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K157	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K158	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K159	0,6	0,3	8,14			4,5	12,64
Normal Kat	K160	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K161	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08
Normal Kat	K162	0,6	0,3	7,58			4,5	12,08

Normal Kat	K117	0,6	0,3		6,75			6,75
Normal Kat	K150	0,6	0,3		6,75			6,75
Normal Kat	K151	0,6	0,3		6,75			6,75

7.1.2. Döşemelerden gelen kiriş yükleri

Döşemelerden kirişlere gelen yüklerin trapez yada üçgen olması döşemenin kırılma çizgilerine göre saptanmıştır. Buda döşeme köşelerinden 45^o çizilen çizgilerle bulunmaktadır. Ek 1' de yer alan koordinatlar Sap2000 programında trapez yada üçgen yayılı yükleri girmek için gerekli olan değerlerdir. Aşağıda D108 döşemesi üzerinde açıklama yapılmıştır.

$G = g$ (salon döşemesi kN/m^2) x l_x / 2 **(7.1)**

$G = 5.3 \times 4.2 / 2 = 11.13$ kN/m

$Q = q$ (salon döşemesi kN/m^2) x l_x / 2 **(7.2)**

Q = 2 x 4.2 / 2 = 4.2 kN/m

7.1.3. Kiriş enkesit geometrileri

Betonarme taşıyıcı sistemlerde kirişler döşemelerle beraber betonlandıklarından, kiriş kesitleri genellikle T biçiminde göz önüne alınır. Negatif moment durumunda kirişlerde basınç bölgesi alt kısımda olduğundan dolayı dikdörtgen kesit basınç bölgesi söz konusudur. Bu durumda dikdörtgen kesit hesabı yapılır. Fakat eğilme momentinin pozitif olması, basınç bölgesinin üstte meydana gelmesi durumunda, basınç bölgesi, kiriş kesiti yanında döşemenin de bir kısmını içereceği için, T biçiminde ortaya çıkar. Eğer kirişin iki tarafında da döşeme devam ediyorsa tam tablalı kesit, bir tarafında döşeme varsa yarım tablalı kesittir. Aşağıda Tablo 7.2.' de bulunan tablalı kesitlerin enkesitlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller bulunmaktadır.

$b = b_w + 0.2l_p$ (iki tarafından tablalı) **(7.3)**

$b = b_w + 0.1l_p$ (bir tarafından tablalı) **(7.4)**

$l_p = \alpha\, l$ **(7.5)**

Tek açıklıklı, basit mesnetli kirişler : $\alpha = 1.0$

Sürekli kirişlerde kenar açıklık : $\alpha = 0.8$

Sürekli kirişlerde orta açıklık : $\alpha = 0.6$

Konsol kirişler : $\alpha = 1.5$

l_p = kirişte iki moment sıfır noktası arası mesafe

l = hesap açıklığı

7.2. Kütle ve Rijitlik Merkezinin Bulunması

Yapıya etkiyen deprem kuvvetleri yapıya kütle merkezi noktasında etkitilir. Kütle merkezine x ve y yönlerindeki kuvvetler ve momentler etkitilir. Momentler kuvvet ile kütle ve rijitlik merkezi arasındaki mesafenin çarpılması ile bulunan değerdir. Ayrıca eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanacağımız periyodu bulmak içinde kütle merkezine kütle ve dönme atalet kütlesini etkitmemiz gerekmektedir.

Tablo 7.2: Kiriş enkesit geometrileri ve tabla genişlikleri

Kiriş No	Kat	Kiriş Geometrisi	Kiriş Yüksekliği (t3) (m)	Tabla Genişliği (t2) (m)	Tabla Kalınlığı (tf) (m)	Kiriş Genişliği (tw) (m)
K717	Çatı Katı	Γ	0,6	0,72	0,14	0,3
KB17	Bodrum K. T.	Γ	0,6	0,72	0,14	0,3
K117	Diğer Katlarda	T	0,6	1,14	0,14	0,3
K118	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,56	0,14	0,3
K127	Tüm Katlarda	T	0,6	0,8	0,14	0,3
K128	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,54	0,14	0,3
K129	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,77	0,14	0,3
K144	Tüm Katlarda	T	0,6	0,89	0,14	0,3
K145	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,7	0,14	0,3
K146	Tüm Katlarda	T	0,6	0,56	0,14	0,3
K147	Tüm Katlarda	T	0,6	1,05	0,14	0,3
K148	Tüm Katlarda	Dikdörtgen	0,6			0,3
K149	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,48	0,14	0,3
K750	Çatı Katı	Γ	0,6	0,84	0,14	0,3
KB50	Bodrum K. T.	Γ	0,6	0,84	0,14	0,3
K150	Diğer Katlarda	T	0,6	1,38	0,14	0,3
K751	Çatı Katı	Γ	0,6	0,73	0,14	0,3
KB51	Bodrum K. T.	Γ	0,6	0,73	0,14	0,3
K151	Diğer Katlarda	T	0,6	1,16	0,14	0,3
K152	Tüm Katlarda	Dikdörtgen	0,6			0,3
K153	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,74	0,14	0,3
K154	Tüm Katlarda	T	0,6	1,16	0,14	0,3
K155	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,6	0,14	0,3
K156	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,74	0,14	0,3
K157	Tüm Katlarda	T	0,6	0,95	0,14	0,3
K158	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,54	0,14	0,3
K159	Tüm Katlarda	T	0,6	1,15	0,14	0,3
K160	Tüm Katlarda	T	0,6	0,9	0,14	0,3
K161	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,64	0,14	0,3
K162	Tüm Katlarda	Γ	0,6	0,74	0,14	0,3

7.2.1. Rijitlik merkezinin bulunması

$$X_r = \frac{\sum_{i=1}^{12} I_{iy} y_i}{\sum I_i} \qquad \textbf{(7.6)}$$

$$Y_r = \frac{\sum_{i=1}^{12} I_{ix} x_i}{\sum I_i} \qquad \textbf{(7.7)}$$

Bodrum kat rijitlik merkezinin bulunması ;

X_b = [0.018x3.2 + 0.018x7.4 + 0.002x0 + 0.018x3.2 + 0.018x7.4 + 0.0762x10.35 + 0.002x15 + 0.018x0 + 0.0054x6.2 + 0.0024x9.975 + 0.018x15 + 0.002x0 + 0.0054x6.2 + 0.5787x9.6 + 0.002x15] / 0.7841

X_b = [0.0576 + 0.1332 + 0 + 0.0576 + 0.1332 + 0.7887 + 0.03 + 0 + 0.03348 + 0.02394 + 0.27 + 0 + 0.03348 + 5.55552 + 0.03] / 0.7841

X_b = 7.14672 / 0.7841

X_b = 9.12 m

Y_b = [0.002x0 + 0.002x0 + 0.018x5.5 + 0.002x5.5 + 0.002x5.5 + 0.0033x6.075 + 0.018x6.65 + 0.002x10.9 + 0.3456x10.9 + 0.0289x10.9 + 0.002x10.9 + 0.018x13.9 + 0.3456x13.9 + 0.0064x15.175 + 0.018x16.45] / 0.8138

Y_b = [0 + 0 + 0.099 + 0.011 + 0.011 + 0.02 + 0.1197 + 0.0218 + 3.76704 + 0.31501 + 0.0218 + 0.2502 + 4.80384 + 0.09712 + 0.2961] / 0.8138

Y_b = 9.83361 / 0.8138

Y_b = 12.08 m

Yapılan hesaplar sonunda diğer katlarda bulunan rijitlik merkezleri aşağıda verilmiştir.

X_z = 9.25 m

Y_z = 12.13 m

$X_1 = X_2$ = 9.36 m

$Y_1 = Y_2$ = 12.18 m

$X_3 = X_4 = X_5$ = 9.45 m

$Y_3 = Y_4 = Y_5$ = 12.21 m

$X_6 = X_7$ = 9.53 m

$Y_6 = Y_7$ = 12.25 m

7.2.2. Kütle merkezinin bulunması

Bodrum ve çatı katı kütle merkezi ;

X_g = [23.1x5.3 + 17.28x1.6 + 22.68x5.3 + 15.93x8.875 + 19.7625x12.675 + 15x2.5 + 7.2x6.2 + 6.6x8.5 + 29.97x12.3] / 157.5225

X_g = 1169.021438 / 157.5225

X_g = 7.42 m

Y_g = [23.1x2.75 + 17.28x8.2 + 22.68x8.2 + 15.93x8.2 + 19.7625x8.775 + 15x12.4 + 7.2x12.4 + 6.6x12.4 + 29.97x13.675] / 157.5225

Y_g = 1462.198688 / 157.5225

Y_g = 9.28 m

Normal kat kütle merkezi ;

X_g = [6.075x9.7 + 23.1x9.7 + 7.7x15.675 + 17.28x13.4 + 22.68x9.7 + 15.93x6.125 + 19.7625x2.325 + 15x12.5 + 7.2x8.8 + 6.6x6.5 + 29.97x2.7 + 7.7x2.7] / 178.9975

X_g = 1394.231063 / 178.9975

X_g = 7.79 m.

Sap2000’ de kullanılacak değer : 15 – 7.79 = 7.21m

Y_g = [6.075x0.675 + 23.1x4.1 + 7.7x9.55 + 17.28x9.55 + 22.68x9.55 + 15.93x9.55 + 19.7625x10.125 + 15x13.75 + 7.2x13.75 + 6.6x13.75 + 29.97x15.025 + 7.7x18.475] / 178.9975

Y_g = 1894.747188 / 178.9975

Y_g = 10.59 m

Sap2000’ de kullanılacak değer : 10.59 – 1.35 = 9.24 m.

Tablo 7.3: Yapının kütle ve rijitlik merkezleri

	Kütle Merkezi		Rijitlik Merkezi	
Kat	X	Y	X	Y
Bodrum	7,42	9,28	9,12	12,08
Zemin	7,21	9,24	9,25	12,13
1	7,21	9,24	9,36	12,18
2	7,21	9,24	9,36	12,18
3	7,21	9,24	9,45	12,21
4	7,21	9,24	9,45	12,21
5	7,21	9,24	9,45	12,21
6	7,21	9,24	9,53	12,25
7	7,42	9,28	9,53	12,25

7.3. Kat Ağırlıklarının Bulunması

Çatı katı ağırlığının bulunması ;

$g_ç$ = [4.78x5.2x3.9 + 4.78x2.9x5.1 + 4.78x3.9x5.1 + 4.78x1.5x2.65 + 4.78x2.65x3.3 + 4.78x3.95x4.35 + 4.78x5.25x5.1 + 4.78x1.9x2.7 + 0.35x2.7x2.1 + 5.56x2.7x4.7 + 104.6x4.5 + (0.3x0.5x0.9x10x25 + 1.45x0.3x0.9x25 + 1.05x0.3x0.9x25 + 2.4x0.3x2x0.9x25 + 2.85x0.3x0.9x25)] = 1203.66 kN

$q_ç$ = [0.75x5.5x4.5 + 0.75x5.4x10.65 + 0.75x4.25x4.65 + 3.5x3.3x5.3 + 0.75x4.45x3.3 + 5.85x5.7x0.75] = 173.76 kN

$W_ç = g_ç + nq_ç$ = 1203.66 + 0.3x173.76

$W_ç$ = 1255.788 kN

Normal kat ağırlığının bulunması ;

g_n = [5.3x5.2x3.9 + 5.44x2.9x5.1 + 5.3x3.9x5.1 + 5.44x1.5x2.65 + 5.44x2.65x3.3 + 5.3x4.35x3.95 + 5.3x5.25x5.1 + 5.44x1.9x2.7 + 0.35x2.7x2.1 + 5.56x2.7x4.7 + 104.6x4.5 (0.3x0.7x2.4x10x25 + 1.45x0.3x2.4x25 + 1.05x0.3x2.4x25 + 2.4x0.3x2x2.4x25 + 2.85x0.3x2.4x25) + 1.2x4.5x5.44 + 2x1.2x5.7x5.44 + 1.92x23.1 + 87.45x7.86] = 2310.88 kN

q_n = [2x5.2x3.9 + 2x2.9x5.1 + 2x3.9x5.1 + 2x1.5x2.65 + 2x2.65x3.3 + 2x4.35x3.95 + 2x5.25x5.1 + 2x2.7x1.9 + 3.5x4.7x2.7 + 1.1x4.3x5 + 2x1.1x5.5x5] = 362.1 kN

$W_n = g_n + nq_n = 2310.88 + 0.3x362.1$

$W_n = 2419.51$ kN

Bodrum kat ağırlığının bulunması ;

g_b = [5.3x5.2x3.9 + 5.44x2.9x5.1 + 5.3x3.9x5.1 + 5.44x1.5x2.65 + 5.44x2.65x3.3 + 5.3x4.35x3.95 + 5.3x5.25x5.1 + 5.44x1.9x2.7 + 0.35x2.7x2.1 + 5.56x2.7x4.7 + 104.6x4.5 + (0.3x0.9x2.65x10x25 + 1.45x0.3x2.65x25 + 1.05x0.3x2.65x25 + 2.4x0.3x2x2.65x25 + 2.85x0.3x2.65x25) + 83.65x7.86] = 2204.78 kN

q_b = [2x5.2x3.9 + 2x2.9x5.1 + 2x3.9x5.1 + 2x1.5x2.65 + 2x2.65x3.3 + 2x4.35x3.95 + 2x5.25x5.1 + 2x2.7x1.9 + 3.5x4.7x2.7] = 277.95 kN

$W_b = g_b + nq_b$ = 2204.78 + 0.3x277.95 = 2288.17 kN

7.4. Kat Kütlesinin ve Dönme Atalet Kütlesinin Bulunması

Yapının kütlesi kat ağırlığının yerçekimi ivmesine bölünmesiyle bulunur. Dönme atalet kütlesi ise aşağıdaki formüle göre bulunur.

$$m_i = \frac{W_i}{9} \qquad \textbf{(7.8)}$$

$$m_Q = \frac{m_i\left(lx^2 + ly^2\right)}{12} \qquad \textbf{(7.9)}$$

Çatı katı ;

$$m_ç = \frac{1255.788}{9.81} = 128.011 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_Q = 128.011 * \frac{\left(15^2 + 16.45^2\right) - \left[\left(3.2^2 + 5.5^2\right) + \left(7.6^2 + 5.5^2\right) + \left(4.65^2 + 1.15^2\right) + \left(2.55^2 + 9.6^2\right)\right]}{12}$$

$$= \frac{128.011 * 245.493}{12} = 2618.82 \text{ kNm/ s}^2$$

Normal katlar ;

$$m_n = \frac{2419.51}{9.81} = 246.64 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_Q = \frac{246.64 * 245.493}{12} = 5045.70 \text{ kNm/s}^2$$

Bodrum kat ;

$$m_b = \frac{2288.17}{9.81} = 233.25 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$m_Q = \frac{233.25 * 245.493}{12} = 4771.77 \text{ kNm/s}^2$$

7.5. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Sap2000 programıyla yapılan analiz sonucu bulunan periyotlar tablo 7.4' te verilmiştir.

Tablo 7.4: Yapısal analiz sonucu bulunan periyotlar ve kütle katılım oranları

		Periyot	**UX**	**UY**	**UZ**
Mod	1	0,895033	0,36121	0,39787	0
Mod	2	0,860261	0,39505	0,37082	0
Mod	3	0,609175	0,01029	0,00236	0
Mod	4	0,279763	0,04488	0,06977	0
Mod	5	0,259004	0,07217	0,05251	0
Mod	6	0,191064	0,01088	0,00137	0
Mod	7	0,153816	0,01892	0,01878	0
Mod	8	0,131441	0,0194	0,02843	0
Mod	9	0,104571	0,00404	0,0058	0
Mod	10	0,096106	0,01804	0,00379	0
Mod	11	0,081023	0,00958	0,01308	0
Mod	12	0,078272	0,00077	0,00708	0
Mod	13	0,063919	0,0038	0,00125	0
Mod	14	0,057907	0,00727	0,00147	0
Mod	15	0,055913	0,00457	0,00905	0
Mod	16	0,054497	0,00183	0,00198	0
Mod	17	0,048242	0,00124	0,00071	0
Mod	18	0,042274	0,00242	0,00446	0
Mod	19	0,041411	0,00138	0,00259	0
Mod	20	0,039577	0,00482	0,00046	0
Mod	21	0,034387	0,00093	0,00336	0
Mod	22	0,029798	0,00024	0,00186	0
Mod	23	0,029597	0,0032	0,0000783	0
Mod	24	0,027256	0,00023	0,00079	0
Mod	25	0,02404	0,00171	0,00016	0
Mod	26	0,020732	0,00078	8,189E-05	0
Mod	27	0,019007	0,00034	3,677E-05	0

Modlara karşı gelen yapı hareketleri ve modlara karşı gelen kütle katılım oranları incelendiğinde 'x' yönündeki en fazla kütle katılım oranının ve yapı hareketinin 2.

modda gerçekleştiği, ‘y’ yönündeki en fazla kütle katılım oranının ve yapı hareketinin 1. modda gerçekleştiği görülmektedir.

T_x = 0.860 sn.

T_y = 0.895 sn. dir.

7.5.1. X yönünde eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılacak değerler A.B.Y.Y.H.Y’ de verilen formüllere göre aşağıda hesaplanmıştır.

Yapının x yönündeki doğal periyodu ;

T_x = 0.860 sn.

Spektrum katsayısı ;

$T_x > T_B = 0.4$ olduğu için,

$$S(T) = 2.5(T_B/T)^{0.8} \quad \textbf{(7.10)}$$

$S(T)= 2.5 (0.4/0.860)^{0.8} = 1.355$

Spektral ivme katsayısı ;

$$A(T) = A_0 \, I \, S(T) \quad \textbf{(7.11)}$$

A(T) = 0.4x1x 1.355 = 0.542

Eşdeğer deprem yükü ;

$$V_{tx} = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.1A_0IW \quad \textbf{(7.12)}$$

$$V_{tx} = \frac{20480.528x0.542}{7} = 1585.78 \text{ kN} \geq 0.1x0.4x1x20480.528 = 819.22 \text{ kN}$$

Ek eşdeğer deprem yükü ;

$$\Delta F_N = 0.07 \, T_{1x} \, V_t \leq 0.2 \, V_t \quad \textbf{(7.13)}$$

ΔF_N = 0.07x0.860x1585.78= 95.46 kN $\leq$ 0.2x1585.78= 317.156 kN

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız statik

yerdeğiştirme bileşenleri göz önüne alınacaktır. Eşdeğer deprem yükleri kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezlerinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5' i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır.

Örneğin çatı katındaki toplam eksantirisitenin bulunması ;

y_g = 9.28 m. ; y_r = 12.25 m.

ekdışmerkezlik : 0.05x16.45 = 0.823 m.

Toplam eksantirisite : 0.823 + (12.25 – 9.28) = 3.793 m.

Tablo 7.5' da 'x' yönünde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan kuvvetler ve momentler bulunmaktadır.

Tablo 7.5: X yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fix (kN)	e (m)	Mix (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,2	1490,32	0,1132	168,7112	3,793	639,9215
6	3	24,5	2419,51	59278	1490,32	0,19432	289,5932	3,833	1110,0107
5	3	21,5	2419,51	52019,5	1490,32	0,17052	254,1328	3,793	963,9257
4	3	18,5	2419,51	44760,9	1490,32	0,14673	218,6724	3,793	829,42444
3	3	15,5	2419,51	37502,4	1490,32	0,12293	183,212	3,793	694,92318
2	3	12,5	2419,51	30243,9	1490,32	0,09914	147,7516	3,763	555,98937
1	3	9,5	2419,51	22985,3	1490,32	0,07535	112,2912	3,763	422,55192
Z	3	6,5	2419,51	15726,8	1490,32	0,05155	76,83085	3,713	285,27293
B	3,5	3,5	2288,17	8008,6	1490,32	0,02625	39,12471	3,623	141,74884
Toplam			20480,53	305060					

Tablo 7.5: X yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fix (kN)	e (m)	Mix (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,2	1490,32	0,1132	168,7112	2,147	362,2229
6	3	24,5	2419,51	59278	1490,32	0,19432	289,5932	2,187	633,3403
5	3	21,5	2419,51	52019,5	1490,32	0,17052	254,1328	2,147	545,62311
4	3	18,5	2419,51	44760,9	1490,32	0,14673	218,6724	2,147	469,48966
3	3	15,5	2419,51	37502,4	1490,32	0,12293	183,212	2,147	393,3562
2	3	12,5	2419,51	30243,9	1490,32	0,09914	147,7516	2,117	312,79019
1	3	9,5	2419,51	22985,3	1490,32	0,07535	112,2912	2,117	237,72055
Z	3	6,5	2419,51	15726,8	1490,32	0,05155	76,83085	2,067	158,80936
B	3,5	3,5	2288,17	8008,6	1490,32	0,02625	39,12471	1,977	77,349558
Toplam			20480,53	305060					

7.5.2. Y yönünde eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılacak değerler A.B.Y.Y.H.Y' de verilen formüllere göre aşağıda hesaplanmıştır.

Yapının y yönündeki doğal periyodu ;

$T_y = 0.895$ sn.

Spektrum katsayısı ;

$T_y > T_B = 0.4$ olduğu için,

$S(T) = 2.5(T_B/T)^{0.8} = 2.5\ (\ 0.4 / 0.895\ )^{0.8}$

$S(T) = 1.313$

Spektral ivme katsayısı ;

$A(T) = A_0\ I\ S(T) = 0.4x1x\ 1.313$

$A(T) = 0.525$

Eşdeğer deprem yükü ;

$$V_{ty} = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.1A_0IW$$

$$V_{ty} = \frac{20480.528x0.525}{7} = 1536.04\ \text{kN} \geq 0.1x0.4x1x20480.528 = 819.22\ \text{kN}$$

Ek eşdeğer deprem yükü ;

$\Delta F_N = 0.07\ T_{1y}\ V_t \leq 0.2\ V_t$

$\Delta F_N = 0.07x0.895x1536.04 = 96.23\ \text{kN} \leq 0.2x1536.04 = 307.21\ \text{kN}$

Kütle merkezine etkiyecek olan 'z' ekseni etrafındaki moment bulunurken yapıda bulunan eksantiriteye ek olarak yönetmelikte bulunan ± 0.05 ekdışmerkezlikte eklenmiştir.

Örneğin çatı katındaki toplam eksantirisitenin bulunması ;

$x_g = 7.42$ m. ; $x_r = 9.53$ m.

ekdışmerkezlik : $0.05x15 = 0.75$ m.

Toplam eksantirisite : $0.75 + (\ 9.53 - 7.42\ ) = 2.86$ m.

Tablo 7.6’ da ‘y’ yönünde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan kuvvetler ve momentler bulunmaktadır.

Tablo 7.6: Y yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fiy (kN)	e (m)	Miy (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,2	1439,81	0,1132	162,9932	2,86	466,16058
6	3	24,5	2419,51	59278	1439,81	0,19432	279,7783	3,07	858,91932
5	3	21,5	2419,51	52019,5	1439,81	0,17052	245,5197	2,99	734,10395
4	3	18,5	2419,51	44760,9	1439,81	0,14673	211,2611	2,99	631,67084
3	3	15,5	2419,51	37502,4	1439,81	0,12293	177,0026	2,99	529,23773
2	3	12,5	2419,51	30243,9	1439,81	0,09914	142,744	2,9	413,95766
1	3	9,5	2419,51	22985,3	1439,81	0,07535	108,4855	2,9	314,60782
Z	3	6,5	2419,51	15726,8	1439,81	0,05155	74,22689	2,79	207,09302
B	3,5	3,5	2288,17	8008,6	1439,81	0,02625	37,7987	2,45	92,606806
Toplam			20480,53	305060					

Tablo 7.6: Y yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fiy (kN)	e (m)	Miy (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,2	1439,81	0,1132	162,9932	1,36	221,67076
6	3	24,5	2419,51	59278	1439,81	0,19432	279,7783	1,57	439,2519
5	3	21,5	2419,51	52019,5	1439,81	0,17052	245,5197	1,49	365,82437
4	3	18,5	2419,51	44760,9	1439,81	0,14673	211,2611	1,49	314,77911
3	3	15,5	2419,51	37502,4	1439,81	0,12293	177,0026	1,49	263,73385
2	3	12,5	2419,51	30243,9	1439,81	0,09914	142,744	1,4	199,84163
1	3	9,5	2419,51	22985,3	1439,81	0,07535	108,4855	1,4	151,87964
Z	3	6,5	2419,51	15726,8	1439,81	0,05155	74,22689	1,29	95,752689
B	3,5	3,5	2288,17	8008,6	1439,81	0,02625	37,7987	0,95	35,908761
Toplam			20480,53	305060					

7.5.3. Yük kombinasyonları

Sap2000 programında aşağıda verilen yük kombinasyonları kullanılmıştır.

1. 1.4G + 1.6 Q
2. 1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E_x (+%5)
3. 1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E_x (-%5)
4. 1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E_y (+%5)
5. 1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E_y (-%5)
6. 1.0 G + 1.0 Q - 1.0 E_x (+%5)
7. 1.0 G + 1.0 Q - 1.0 E_x (-%5)
8. 1.0 G + 1.0 Q - 1.0 E_y (+%5)
9. 1.0 G + 1.0 Q - 1.0 E_y (-%5)
10. 0.9G + 1.0 E_x (+%5)

11. 0.9G + 1.0 E_x (-%5)
12. 0.9G + 1.0 E_y (+%5)
13. 0.9G + 1.0 E_y (-%5)
14. 0.9G - 1.0 E_x (+%5)
15. 0.9G - 1.0 E_x (-%5)
16. 0.9G - 1.0 E_y (+%5)
17. 0.9G - 1.0 E_y (-%5)
18. Tüm kombinasyonların zarfı

18 nolu kombinasyon kiriş kesitlerin boyutlandırılmasında kullanılacak olan maksimum ve minimum kesit zorlarını vermesi için oluşturulmuştur. Yük kombinasyonları oluşturulurken yapımızda bulunan eksantiriteye ek olarak kütle merkezi hem 'x' hem de 'y' yönünde ±%5 kaydırılarak A.B.Y.Y.H.Y' te verilen ek eksantirisite de göz önüne alınmıştır.

7.6. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Düzensizlik Kontrolleri

Tablolar da verilen yük kombinezyonlarının açılımları aşağıdaki gibidir,

EXP : Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme

EXN : Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme

EYP : Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme

EYN : Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme

7.6.1. Kat deplasmanları ve A1 burulma düzensizliği kontrolü

Yapı birinci derecede deprem bölgesinde olduğundan A1 burulma düzensizliğinin yapılması gerekmektedir. Burulma düzensizliği, yönetmelikte; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını şeklinde tanımlanmıştır.

Burulma düzensizliği katsayıları,

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad \textbf{(7.14)}$$

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min}$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\left[(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}\right]$$

denklemlerine göre hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucu elde edilen X ve Y yönündeki maksimum, minimum, ortalama göreli kat ötelemeleri ve burulma düzensizliği katsayıları Tablo 7.7 , Tablo 7.8, Tablo 7.9, Tablo 7.10'da verilmiştir.

Tablo 7.7: EXN yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	$\Delta_{\min}$ m	$\Delta_{\max}$ m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00121	0,00213	0,00167	1,275449102
6	0,00108	0,00356	0,00232	1,534482759
5	0,00112	0,00459	0,002855	1,607705779
4	0,00113	0,0057	0,003415	1,669106881
3	0,0011	0,00657	0,003835	1,713168188
2	0,00112	0,00671	0,003915	1,713920817
1	0,000877	0,00699	0,0039335	1,777043346
Z.K.T	0,000492	0,00816	0,00432605	1,886247269
B.K.T.	0,000715	0,00499	0,0028525	1,749342682

Tablo 7.8: EXP yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	$\Delta_{\min}$ m	$\Delta_{\max}$ m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00158	0,0018	0,00169	1,065088757
6	0,0016	0,00293	0,002265	1,293598234
5	0,00176	0,00375	0,002755	1,361161525
4	0,0019	0,00463	0,003265	1,418070444
3	0,00198	0,00532	0,00365	1,457534247
2	0,00201	0,00544	0,003725	1,460402685
1	0,00175	0,00563	0,00369	1,525745257
Z.K.T	0,001262	0,0052	0,003231	1,609408852
B.K.T.	0,000448	0,00398	0,002214	1,79765131

Tablo 7.9: EYN yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00096	0,00242	0,00169	1,431952663
6	0,00116	0,00301	0,002085	1,443645084
5	0,00136	0,00367	0,002515	1,459244533
4	0,00159	0,00433	0,00296	1,462837838
3	0,00176	0,00482	0,00329	1,465045593
2	0,00178	0,00496	0,00337	1,471810089
1	0,00172	0,00482	0,00327	1,474006116
Z.K.T	0,001394	0,00406	0,002727	1,488815548
B.K.T.	0,000766	0,0025	0,001633	1,530924679

Tablo 7.10: EYP yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00119	0,00209	0,00164	1,274390244
6	0,00161	0,00253	0,00207	1,222222222
5	0,00193	0,00307	0,0025	1,228
4	0,00232	0,00358	0,00295	1,213559322
3	0,00262	0,00397	0,003295	1,204855842
2	0,00265	0,00409	0,00337	1,213649852
1	0,00263	0,00394	0,003285	1,199391172
Z.K.T	0,00224	0,00326	0,00275	1,185454545
B.K.T.	0,00143	0,00194	0,001685	1,151335312

7.6.2. B2 yumuşak katlar arası rijitlik (Yumuşak Kat) düzensizliği kontrolü

Yapı 1. derece deprem bölgesinde bulunduğundan ve H_N > 25 m. olduğundan B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği, yönetmelikte, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, i' inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanmıştır.

Komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları,

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max} \qquad \textbf{(7.15)}$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min}$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\left[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}\right]$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} < 1.5$$

denklemlerine göre hesaplanmıştır.

Yapılan analiz sonucu elde edilen X ve Y yönündeki maksimum, minimum, ortalama göreli kat ötelemeleri değerleri ve komşu katlar arası rijitlik (yumuşak kat) düzensizliği katsayıları Tablo 7.11, Tablo 7.12, Tablo 7.13, Tablo 7.14' de verilmiştir.

Tablo 7.11: EXN yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00121	0,00213	0,00167	
6	0,00108	0,00356	0,00232	1,389221557
5	0,00112	0,00459	0,002855	1,230603448
4	0,00113	0,0057	0,003415	1,19614711
3	0,0011	0,00657	0,003835	1,122986823
2	0,00112	0,00671	0,003915	1,020860495
1	0,000877	0,00699	0,0039335	1,004725415
Z.K.T	0,000492	0,00816	0,00432605	1,099796619
B.K.T.	0,000715	0,00499	0,0028525	0,659377492

Tablo 7.12: EXP yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00158	0,0018	0,00169	
6	0,0016	0,00293	0,002265	1,340236686
5	0,00176	0,00375	0,002755	1,216335541
4	0,0019	0,00463	0,003265	1,185117967
3	0,00198	0,00532	0,00365	1,117917305
2	0,00201	0,00544	0,003725	1,020547945
1	0,00175	0,00563	0,00369	0,990604027
Z.K.T	0,001262	0,0052	0,003231	0,875609756
B.K.T.	0,000448	0,00398	0,002214	0,685236769

Tablo 7.13: EYN yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00096	0,00242	0,00169	
6	0,00116	0,00301	0,002085	1,233727811
5	0,00136	0,00367	0,002515	1,206235012
4	0,00159	0,00433	0,00296	1,17693837
3	0,00176	0,00482	0,00329	1,111486486
2	0,00178	0,00496	0,00337	1,024316109
1	0,00172	0,00482	0,00327	0,970326409
Z.K.T	0,001394	0,00406	0,002727	0,833944954
B.K.T.	0,000766	0,0025	0,001633	0,598826549

Tablo 7.14: EYP yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00119	0,00209	0,00164	
6	0,00161	0,00253	0,00207	1,262195122
5	0,00193	0,00307	0,0025	1,207729469
4	0,00232	0,00358	0,00295	1,18
3	0,00262	0,00397	0,003295	1,116949153
2	0,00265	0,00409	0,00337	1,02276176
1	0,00263	0,00394	0,003285	0,974777448
Z.K.T	0,00224	0,00326	0,00275	0,837138508
B.K.T.	0,00143	0,00194	0,001685	0,612727273

7.6.3. Göreli kat ötelemeleri kontrolü

Yönetmeliğe göre, göreli kat ötelemesi, herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade etmektedir. Δ_i, aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$(\Delta_i)_{max} = d_i - d_{i-1} \quad \textbf{(7.16)}$$

d_i ve d_{i-1}, binanın i'inci ve (i-1)' inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.0035 \quad \textbf{(7.17)}$$

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0.02}{R} = 0.00286 \quad \textbf{(7.18)}$$

Verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb.), elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

Yapılan analiz sonucunda, Tablo 7.15, Tablo 7.16, Tablo 7.17, Tablo 7.18' de maksimum göreli kat ötelemeleri ve göreli kat ötelemeleri değerleri verilmiştir.

Tablo 7.15: EXN yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00213	0,00071
6	3	0,00356	0,001186667
5	3	0,00459	0,00153
4	3	0,0057	0,0019
3	3	0,00657	0,00219
2	3	0,00671	0,002236667
1	3	0,00699	0,00233
Z.K.T	3	0,00816	0,00272
B.K.T.	3,5	0,00499	0,001425714

Tablo 7.16: EXP yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,0018	0,0006
6	3	0,00293	0,000976667
5	3	0,00375	0,00125
4	3	0,00463	0,001543333
3	3	0,00532	0,001773333
2	3	0,00544	0,001813333
1	3	0,00563	0,001876667
Z.K.T	3	0,0052	0,001733333
B.K.T.	3,5	0,00398	0,001137143

Tablo 7.17: EYN yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00242	0,000806667
6	3	0,00301	0,001003333
5	3	0,00367	0,001223333
4	3	0,00433	0,001443333
3	3	0,00482	0,001606667
2	3	0,00496	0,001653333
1	3	0,00482	0,001606667
Z.K.T	3	0,00406	0,001353333
B.K.T.	3,5	0,0025	0,000714286

Tablo 7.18: EYP yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00209	0,000696667
6	3	0,00253	0,000843333
5	3	0,00307	0,001023333
4	3	0,00358	0,001193333
3	3	0,00397	0,001323333
2	3	0,00409	0,001363333
1	3	0,00394	0,001313333
Z.K.T	3	0,00326	0,001086667
B.K.T.	3,5	0,00194	0,000554286

7.6.4. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtildiği gibi göz önüne alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe gösterge değeri, θ_i' nin aşağıda belirtilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} * \sum_{j=1}^{N} W_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \qquad \textbf{(7.19)}$$

Burada $(\Delta_i)_{ort}$, i' inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeridir.

Tablo 7.19, Tablo 7.20, Tablo 7.21, Tablo 7.22' de ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmıştır.

Tablo 7.19: EXN yüklemesinde x yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Kat	h m	W kN	Δ_{ort} m	Kat Kuvvetleri kN	Kat Kesme Kuvvetleri kN	ϑ_i m
7	3	1255,78	0,00167	168,7112	168,7112	0,004143476
6	3	2419,51	0,00232	289,5932	458,3044	0,004082631
5	3	2419,51	0,002855	254,1328	712,4372	0,003231958
4	3	2419,51	0,003415	218,6724	931,1096	0,002957986
3	3	2419,51	0,003835	183,212	1114,3216	0,002775626
2	3	2419,51	0,003915	147,7516	1262,0732	0,002501805
1	3	2419,51	0,0039335	112,2912	1374,3644	0,002308253
Z.K.T	3	2419,51	0,00432605	76,83085	1451,1953	0,002404207
B.K.T	3,5	2288,17	0,002853	39,12471	1490,32	0,001251534

Tablo 7.20: EXP yüklemesinde x yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Kat	h m	W kN	Δ_{ort} m	Kat Kuvvetleri kN	Kat Kesme Kuvvetleri kN	ϑ_i m
7	3	1255,78	0,00169	168,7112	168,7112	0,004193099
6	3	2419,51	0,002265	289,5932	458,3044	0,003985844
5	3	2419,51	0,002755	254,1328	712,4372	0,003118754
4	3	2419,51	0,003265	218,6724	931,1096	0,00282806
3	3	2419,51	0,00365	183,212	1114,3216	0,00264173
2	3	2419,51	0,003725	147,7516	1262,0732	0,002380389
1	3	2419,51	0,00369	112,2912	1374,3644	0,002165363
Z.K.T	3	2419,51	0,003231	76,83085	1451,1953	0,001795632
B.K.T	3,5	2288,17	0,002214	39,12471	1490,32	0,000971222

Tablo 7.21: EYN yüklemesinde y yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Kat	h m	W kN	Δ_{ort} m	Kat Kuvvetleri kN	Kat Kesme Kuvvetleri kN	ϑ_i m
7	3	1255,78	0,00169	162,9932	162,9932	0,004340198
6	3	2419,51	0,002085	279,7783	442,7715	0,003797804
5	3	2419,51	0,002515	245,5197	688,2912	0,002946944
4	3	2419,51	0,00296	211,2611	899,5523	0,00265382
3	3	2419,51	0,00329	177,0026	1076,5549	0,00246471
2	3	2419,51	0,00337	142,744	1219,2989	0,002229081
1	3	2419,51	0,00327	108,4855	1327,7844	0,001986215
Z.K.T	3	2419,51	0,002727	74,22689	1402,0113	0,0015687
B.K.T	3,5	2288,17	0,001633	37,7987	1439,81	0,000741483

Tablo 7.22: EYP yüklemesinde y yönünde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü

Kat	h m	W kN	Δ_{ort} m	Kat Kuvvetleri kN	Kat Kesme Kuvvetleri kN	ϑ_i m
7	3	1255,78	0,00164	162,9932	162,9932	0,00421179
6	3	2419,51	0,00207	279,7783	442,7715	0,003770482
5	3	2419,51	0,0025	245,5197	688,2912	0,002929368
4	3	2419,51	0,00295	211,2611	899,5523	0,002644854
3	3	2419,51	0,003295	177,0026	1076,5549	0,002468456
2	3	2419,51	0,00337	142,744	1219,2989	0,002229081
1	3	2419,51	0,003285	108,4855	1327,7844	0,001995327
Z.K.T	3	2419,51	0,00275	74,22689	1402,0113	0,00158193
B.K.T	3,5	2288,17	0,001685	37,7987	1439,81	0,000765094

7.7 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüklerinin Bulunması

Eşdeğer deprem yükü yönteminde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak da kabul edilebilir. Mod birleştirme yönteminde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir.

Yapı Sap2000' de çözülürken Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' de verilen olan mod birleştirme yönteminde göz önüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri maddesindeki ifadeye göre kütle merkezleri kaydırılmıştır. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Kat kütleleri, her katın merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisi' nin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezleri'nde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. Ancak herhangi bir i'nci katın kütle eylemsizlik momenti, kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanacaktır.

Deprem yönetmeliğinde verilen ifadeye göre kat kütle merkezlerine x ve y yönünde kat kütleleri ile kütle eylemsizlik momenti etkitilmiştir. Ayrıca bunlara ek olarak kaydırılmış kütle merkezlerine de kat kütleleri etkitilmiştir.

7.7.1. Mod birleştirme yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Tablolar da verilen yük kombinezyonlarının açılımları aşağıdaki gibidir,

DepremX : Modların süperpozisyonu yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılması ile yapılan yükleme

-DepremX : Modların süperpozisyonu yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılması ile yapılan yükleme

DepremY : Modların süperpozisyonu yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılması ile yapılan yükleme

-DepremY : Modların süperpozisyonu yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılması ile yapılan yükleme

Mod birleştirme yönteminde bulunan düzensizlikler Tablo 7.23.'den Tablo 7.34.' e kadar verilmiştir.

Tablo 7.23: -DepremX yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00168	0,00269	0,002185	1,231121281
6	0,0025	0,00295	0,002725	1,082568807
5	0,00307	0,00335	0,00321	1,043613707
4	0,00364	0,00373	0,003685	1,012211669
3	0,00402	0,00411	0,004065	1,011070111
2	0,0041	0,00426	0,00418	1,019138756
1	0,00382	0,00444	0,00413	1,075060533
Z.K.T	0,00303	0,00414	0,003585	1,154811715
B.K.T.	0,00157	0,00314	0,002355	1,333333333

Tablo 7.24: DepremX yüklemesinde x yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00188	0,00228	0,00208	1,096153846
6	0,00243	0,00292	0,002675	1,091588785
5	0,00273	0,0036	0,003165	1,137440758
4	0,00302	0,00435	0,003685	1,18046133
3	0,00321	0,00494	0,004075	1,212269939
2	0,00328	0,00511	0,004195	1,218116806
1	0,00302	0,00538	0,0042	1,280952381
Z.K.T	0,00233	0,00505	0,00369	1,368563686
B.K.T.	0,00111	0,00389	0,0025	1,556

Tablo 7.25: -DepremY yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00181	0,00242	0,002115	1,144208038
6	0,00253	0,00279	0,00266	1,04887218
5	0,00301	0,00331	0,00316	1,047468354
4	0,00358	0,00381	0,003695	1,031123139
3	0,00405	0,0042	0,004125	1,018181818
2	0,00413	0,00438	0,004255	1,029377203
1	0,00423	0,00424	0,004235	1,001180638
Z.K.T	0,00353	0,00374	0,003635	1,028885832
B.K.T.	0,00204	0,00254	0,00229	1,109170306

Tablo 7.26: DepremY yüklemesinde y yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{bi}
7	0,00196	0,00204	0,002	1,02
6	0,00228	0,00281	0,002545	1,104125737
5	0,0027	0,00338	0,00304	1,111842105
4	0,0031	0,00405	0,003575	1,132867133
3	0,00339	0,0046	0,003995	1,151439299
2	0,00354	0,00468	0,00411	1,138686131
1	0,00338	0,00485	0,004115	1,178614824
Z.K.T	0,00276	0,00434	0,00355	1,222535211
B.K.T.	0,00152	0,00304	0,00228	1,333333333

Tablo 7.27: -DepremX yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rij. düz. k.

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00168	0,00269	0,002185	
6	0,0025	0,00295	0,002725	1,247139588
5	0,00307	0,00335	0,00321	1,177981651
4	0,00364	0,00373	0,003685	1,147975078
3	0,00402	0,00411	0,004065	1,10312076
2	0,0041	0,00426	0,00418	1,028290283
1	0,00382	0,00444	0,00413	0,988038278
Z.K.T	0,00303	0,00414	0,003585	0,868038741
B.K.T.	0,00157	0,00314	0,002355	0,656903766

Tablo 7.28: DepremX yüklemesinde x yönünde komşu katlar arasında rij. düz. k.

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00188	0,00228	0,00208	
6	0,00243	0,00292	0,002675	1,286057692
5	0,00273	0,0036	0,003165	1,18317757
4	0,00302	0,00435	0,003685	1,164296998
3	0,00321	0,00494	0,004075	1,105834464
2	0,00328	0,00511	0,004195	1,029447853
1	0,00302	0,00538	0,0042	1,001191895
Z.K.T	0,00233	0,00505	0,00369	0,878571429
B.K.T.	0,00111	0,00389	0,0025	0,677506775

Tablo 7.29: -DepremY yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rij. düz. k.

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00181	0,00242	0,002115	
6	0,00253	0,00279	0,00266	1,257683215
5	0,00301	0,00331	0,00316	1,187969925
4	0,00358	0,00381	0,003695	1,169303797
3	0,00405	0,0042	0,004125	1,116373478
2	0,00413	0,00438	0,004255	1,031515152
1	0,00423	0,00424	0,004235	0,995299647
Z.K.T	0,00353	0,00374	0,003635	0,858323495
B.K.T.	0,00204	0,00254	0,00229	0,629986245

Tablo7.30: DepremY yüklemesinde y yönünde komşu katlar arasında rij. düz. k.

Kat	Δ_{min} m	Δ_{max} m	Δ_{ort} m	η_{ki}
7	0,00196	0,00204	0,002	
6	0,00228	0,00281	0,002545	1,2725
5	0,0027	0,00338	0,00304	1,194499018
4	0,0031	0,00405	0,003575	1,175986842
3	0,00339	0,0046	0,003995	1,117482517
2	0,00354	0,00468	0,00411	1,028785982
1	0,00338	0,00485	0,004115	1,001216545
Z.K.T	0,00276	0,00434	0,00355	0,862697448
B.K.T.	0,00152	0,00304	0,00228	0,642253521

Tablo 7.31: -DepremX yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00269	0,000896667
6	3	0,00295	0,000983333
5	3	0,00335	0,001116667
4	3	0,00373	0,001243333
3	3	0,00411	0,00137
2	3	0,00426	0,00142
1	3	0,00444	0,00148
Z.K.T	3	0,00414	0,00138
B.K.T.	3,5	0,00314	0,000897143

Tablo 7.32: DepremX yüklemesinde x yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00228	0,00076
6	3	0,00292	0,000973333
5	3	0,0036	0,0012
4	3	0,00435	0,00145
3	3	0,00494	0,001646667
2	3	0,00511	0,001703333
1	3	0,00538	0,001793333
Z.K.T	3	0,00505	0,001683333
B.K.T.	3,5	0,00389	0,001111429

Tablo 7.33: -DepremY yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00242	0,000806667
6	3	0,00279	0,00093
5	3	0,00331	0,001103333
4	3	0,00381	0,00127
3	3	0,0042	0,0014
2	3	0,00438	0,00146
1	3	0,00424	0,001413333
Z.K.T	3	0,00374	0,001246667
B.K.T.	3,5	0,00254	0,000725714

Tablo 7.34: DepremY yüklemesinde y yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h m	Δ_{max} m	Δ_{max} / h
7	3	0,00204	0,00068
6	3	0,00281	0,000936667
5	3	0,00338	0,001126667
4	3	0,00405	0,00135
3	3	0,0046	0,001533333
2	3	0,00468	0,00156
1	3	0,00485	0,001616667
Z.K.T	3	0,00434	0,001446667
B.K.T.	3,5	0,00304	0,000868571

7.8. Mod Birleştirme Yöntemi ile Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Karşılaştırılması

Eşdeğer deprem yükü yönteminde ve mod birleştirme yönteminde bulunan sonuçlar Tablo 7.35’ de X yönündeki yerdeğiştirmeler, Tablo 7.36’ da Y yönünde

yerdeğiştirmeler, Tablo 7.37’ de taban kesme kuvvetleri, Tablo 7.38’ de periyotlar verilip karşılaştırılmıştır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemi’ nde birbirlerini karşılayan yük kombinezyonları aşağıdaki gibidir,

EXP = DepremX

EXN = -DepremX

EYP = DepremY

EYN= -DepremY

Tablo 7.35: X Yönünde Yerdeğiştirmelerin Karşılaştırılması

Kat	Düğüm Noktası	EXP	EXN	DEPREMX	_DEPREMX
7	2352=2353	0,03868	0,04771	0,03715	0,03098
7	2354=2355=2356=2357	0,03052	0,03445	0,03247	0,03038
7	2373	0,02967	0,03307	0,03198	0,03032
7	2358=2359	0,02882	0,03168	0,03149	0,03026
7	2362=2363=2372=2364=2365	0,02252	0,02144	0,02794	0,02982
7	2366	0,01807	0,0142	0,02547	0,02951
7	2369	0,01429	0,00806	0,02341	0,02926
6	2063=2064	0,03688	0,04558	0,03527	0,0293
6	2065=2066=2067=2068	0,0288	0,03263	0,03045	0,02836
6	2084	0,02795	0,03128	0,02995	0,02827
6	2069=2070	0,02711	0,02992	0,02945	0,02817
6	2073=2074=2083=2075=2076	0,02086	0,01991	0,0258	0,02747
6	2077	0,01645	0,01285	0,02325	0,02698
6	2080	0,01271	0,00685	0,02113	0,02657
5	1774=1775	0,03395	0,04202	0,03235	0,0268
5	1776=1777=1778=1779	0,02632	0,0299	0,02771	0,02572
5	1795	0,02552	0,02863	0,02723	0,02561
5	1780=1781	0,02472	0,02736	0,02675	0,0255
5	1784=1785=1794=1786=1787	0,01882	0,018	0,02322	0,02468
5	1788	0,01465	0,01139	0,02076	0,0241
5	1791	0,01111	0,00577	0,0187	0,02362
4	1485=1486	0,0302	0,03743	0,02872	0,02373
4	1487=1488=1489=1490	0,02323	0,02647	0,0244	0,02256
4	1506	0,0225	0,02532	0,02395	0,02244
4	1491=1492	0,02177	0,02418	0,0235	0,02232
4	1495=1496=1505=1497=1498	0,01638	0,01571	0,0202	0,02143
4	1499	0,01258	0,00973	0,0179	0,0208
4	1502	0,00935	0,00465	0,01597	0,02027
3	1196=1197	0,02557	0,03173	0,02437	0,02009
3	1198=1199=1200=1201	0,01951	0,0223	0,02051	0,01889
3	1217	0,01888	0,02132	0,0201	0,01877
3	1202=1203	0,01824	0,02033	0,0197	0,01864
3	1206=1207=1216=1208=1213	0,01356	0,01304	0,01675	0,01772
3	1210	0,01026	0,0079	0,01468	0,01708
3	1213	0,00745	0,00352	0,01295	0,01654
					_

Kat	Düğüm Noktası	EXP	EXN	DEPREMX	DEPREMX
2	907=908	0,02025	0,02516	0,01943	0,01598
2	909=910=911=912	0,01531	0,01756	0,01615	0,01482
2	928	0,01479	0,01676	0,01581	0,0147
2	913=914	0,01428	0,01597	0,01547	0,01457
2	917=918=927=919=920	0,01046	0,01009	0,01296	0,01368
2	921	0,00776	0,00594	0,01121	0,01305
2	924	0,00547	0,00242	0,00974	0,01252
1	618=619	0,01481	0,01845	0,01432	0,01172
1	620=621=622=623	0,01102	0,01271	0,01165	0,01061
1	639	0,01062	0,01211	0,01138	0,01049
1	624=625	0,01022	0,01151	0,0111	0,01038
1	628=629=638=630=631	0,00729	0,00708	0,00906	0,00953
1	632	0,00522	0,00395	0,00764	0,00893
1	635	0,00346	0,0013	0,00646	0,00842
Z	18=19	0,00918	0,01146	0,00894	0,00728
Z	25=26=333=334	0,00668	0,00777	0,00707	0,00638
Z	350	0,00642	0,00738	0,00688	0,00628
Z	335=336	0,00616	0,007	0,00669	0,00619
Z	339=340=349=341=342	0,00423	0,00415	0,00526	0,0055
Z	343	0,00287	0,00213	0,00427	0,00501
Z	346	0,00171	0,000423	0,00344	0,0046
B	1=2	0,00398	0,00499	0,00389	0,00314
B	3=4=5=6	0,0028	0,0033	0,00295	0,00261
B	46		0,00312	0,00285	0,00256
B	7=8	0,00255	0,00295	0,00275	0,0025
B	11=14=35=15=16	0,00164	0,00164	0,00203	0,00209
B	17	0,000996	0,000715	0,00152	0,00181
B	22	0,000448	-0,0000691	0,00111	0,00157

Tablo 7.36: Y Yönünde Yerdeğiştirmelerin Karşılaştırılması

Kat	Düğüm Noktası	EYP	EYN	DEPREMY	_DEPREMY
7	2354=2362=2366	0,01862	0,01249	0,03369	0,02962
7	2352=2355	0,02073	0,0172	0,03173	0,02984
7	2353=2356	0,02348	0,02339	0,02919	0,03013
7	2363	0,02493	0,02663	0,02788	0,0303
7	2372	0,02517	0,02718	0,02766	0,03033
7	2357=2373=2358=2364	0,02542	0,02774	0,02743	0,03035
7	2359=2365=2369	0,02847	0,03459	0,02471	0,03072
6	2065=2073=2077	0,01743	0,01153	0,03175	0,02781
6	2063=2066	0,01934	0,01593	0,02977	0,02789
6	2064=2067	0,02184	0,02171	0,0272	0,02802
6	2074	0,02316	0,02474	0,02587	0,0281
6	2083	0,02338	0,02525	0,02564	0,02811
6	2068=2084=2069=2075	0,0236	0,02577	0,02542	0,02812
6	2070=2076=2080	0,02638	0,03217	0,02267	0,0283

Kat	Düğüm Noktası	EYP	EYN	DEPREMY	_DEPREMY
5	1776=1784=1788	0,01582	0,01037	0,02894	0,02528
5	1774=1777	0,01754	0,01438	0,02707	0,02531
5	1775=1778	0,01978	0,01964	0,02466	0,02537
5	1785	0,02096	0,02239	0,0234	0,02541
5	1794	0,02116	0,02286	0,02319	0,02541
5	1779=1795=1780=1786	0,02136	0,02333	0,02298	0,02542
5	1781=1787=1791	0,02385	0,02916	0,02039	0,02551
4	1487=1495=1499	0,01389	0,00901	0,02556	0,02227
4	1485=1488	0,01536	0,01253	0,02384	0,02224
4	1486=1489	0,01729	0,01714	0,02162	0,02221
4	1496	0,0183	0,01955	0,02046	0,02221
4	1505	0,01847	0,01997	0,02027	0,02221
4	1490=1506=1491=1497	0,01865	0,02038	0,02007	0,0222
4	1492=1498=1502	0,02078	0,02549	0,01769	0,0222
3	1198=1206=1210	0,01157	0,00742	0,02151	0,01869
3	1196=1199	0,01277	0,01035	0,02	0,01861
3	1197=1200	0,01435	0,0142	0,01804	0,01852
3	1207	0,01517	0,01621	0,01703	0,01848
3	1216	0,01531	0,01656	0,01686	0,01847
3	1201=1217=1202=1208	0,01545	0,0169	0,01669	0,01846
3	1203=1209=1213	0,0172	0,02116	0,01459	0,01839
2	909=917=921	0,00895	0,00566	0,01691	0,01464
2	907=910	0,00986	0,00794	0,01566	0,01453
2	908=911	0,01106	0,01093	0,01405	0,0144
2	918	0,01169	0,0125	0,01321	0,01433
2	927	0,0118	0,01276	0,01307	0,01432
2	912=928=913=919	0,0119	0,01303	0,01293	0,01431
2	914=920=924	0,01323	0,01634	0,0112	0,01419
1	620=628=632	0,0063	0,00388	0,01223	0,01051
1	618=621	0,00691	0,00548	0,01122	0,01035
1	619=622	0,0077	0,00758	0,00992	0,01014
1	629	0,00812	0,00868	0,00925	0,01004
1	638	0,00819	0,00887	0,00914	0,01002
1	623=639=624=630	0,00826	0,00905	0,00903	0,01001
1	625=631=635	0,00914	0,01138	0,00766	0,00981
Z	25=339=343	0,00367	0,00216	0,00738	0,00628
Z	18=26	0,004	0,0031	0,00669	0,00611
Z	19=333	0,00443	0,00433	0,0058	0,00591
Z	340	0,00465	0,00497	0,00535	0,00581
Z	349	0,00469	0,00508	0,00527	0,00579
Z	334=350=335=341	0,00473	0,00519	0,0052	0,00577
Z	336=342=346	0,0052	0,00656	0,00428	0,00557
B	3=11=17	0,00143	0,000766	0,00304	0,00254
B	1=4	0,00154	0,00114	0,00269	0,00242
B	2=5	0,00168	0,00162	0,00225	0,00228
B	14	0,00175	0,00188	0,00203	0,00221
B	35	0,00177	0,00192	0,00199	0,0022
B	6=46=7=15	0,00178	0,00196	0,00196	0,00218
B	8=16=22	0,00194	0,0025	0,00152	0,00204

Tablo 7.37: Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Yük Şekli	Global Fx (kN)	Global Fy (kN)	Global Mx (kNm)	Global My (kNm)	Global Mz (kNm)
EXP	-1490,32			-26888,5107	10588,1684
EXN	-1490,32			-26888,5104	8135,1011
EYP		-1439,81	25977,2031		-12511,8392
EYN		-1439,81	25977,2031		-14671,5539
-DEPREM Y	404,964	1957,153	33025,7522	6418,9637	15402,2328
DEPREM Y	602,129	1889,483	31934,5995	9495,7187	14076,7215
DEPREM X	1896,34	569,936	8842,6246	31892,9193	16692,594
-DEPREM X	1961,482	445,561	7116,0549	32997,3841	18606,5573

Tablo 7.38: Periyotların karşılaştırılması

MOD	**EXP,EXN EYP,EYN**	**-DEPREMY**	**DEPREM Y**	**DEPREM X**	**-DEPREM X**
1	0,895033	1,254564	1,270549	1,271142	1,255107
2	0,860261	1,219837	1,214323	1,219954	1,214159
3	0,609175	0,618628	0,613998	0,611886	0,621938
4	0,279763	0,383	0,39421	0,392675	0,385238
5	0,259004	0,366398	0,362145	0,367767	0,360418
6	0,191064	0,209976	0,217126	0,21682	0,211187
7	0,153816	0,191835	0,191384	0,18954	0,194079
8	0,131441	0,184945	0,181274	0,185112	0,180245
9	0,104571	0,132904	0,140651	0,141132	0,132925
10	0,096106	0,114768	0,112147	0,114522	0,111913
11	0,081023	0,105093	0,105641	0,105728	0,107045
12	0,078272	0,097049	0,099856	0,098681	0,096788
13	0,063919	0,079666	0,083587	0,084221	0,078355
14	0,057907	0,078399	0,077503	0,079136	0,077275
15	0,055913	0,06708	0,07125	0,071936	0,066936
16	0,054497	0,06441	0,063105	0,063614	0,065701
17	0,048242	0,060023	0,062237	0,061037	0,058624
18	0,042274	0,059046	0,058585	0,059697	0,058485
19	0,041411	0,051415	0,054414	0,05507	0,050814
20	0,039577	0,048884	0,047759	0,0487	0,047799
21	0,034387	0,044928	0,043356	0,042311	0,046332
22	0,029798	0,042252	0,041303	0,042015	0,041338
23	0,029597	0,038746	0,037899	0,0386	0,037931
24	0,027256	0,033981	0,032738	0,031846	0,035112
25	0,02404	0,027707	0,026661	0,025921	0,028648
26	0,020732	0,023947	0,023024	0,022385	0,024759
27	0,019007	0,021908	0,021073	0,020493	0,022648

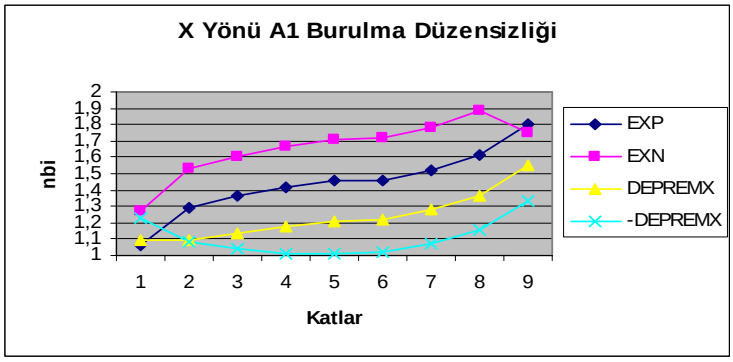
7.8.1. Burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması

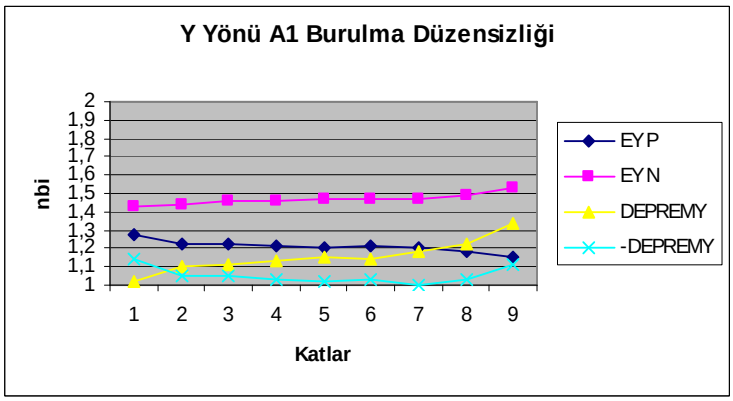
Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan burulma düzensizlikleri değerleri Tablo 7.39’ da karşılaştırılmıştır. Sonuçlar

karşılaştırıldığı zaman rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar birbirinden çok farklıdır. Fakat rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar nispeten birbirine daha yakındır.

Tablo 7.39: Burulma düzensizliklerinin karşılaştırılması

KAT	EXP	EXN	EYP	EYN	DEPREMX	-DEPREMX	DEPREMY	-DEPREMY
7	1,065	1,275	1,27439	1,431953	1,09615385	1,231121281	1,02	1,144208038
6	1,294	1,534	1,222222	1,443645	1,09158879	1,082568807	1,104125737	1,04887218
5	1,361	1,608	1,228	1,459245	1,13744076	1,043613707	1,111842105	1,047468354
4	1,418	1,669	1,213559	1,462838	1,18046133	1,012211669	1,132867133	1,031123139
3	1,458	1,713	1,204856	1,465046	1,21226994	1,011070111	1,151439299	1,018181818
2	1,46	1,714	1,21365	1,47181	1,21811681	1,019138756	1,138686131	1,029377203
1	1,526	1,777	1,199391	1,474006	1,28095238	1,075060533	1,178614824	1,001180638
Z.K.	1,609	1,886	1,185455	1,488816	1,36856369	1,154811715	1,222535211	1,028885832
B.K.	1,798	1,749	1,151335	1,530925	1,556	1,333333333	1,333333333	1,109170306



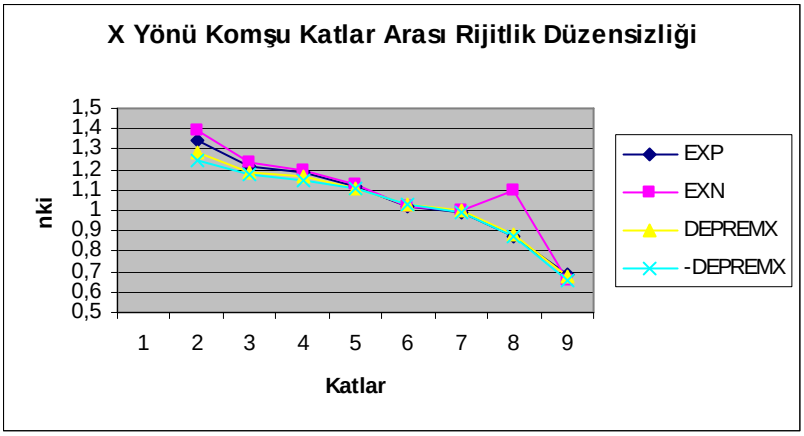


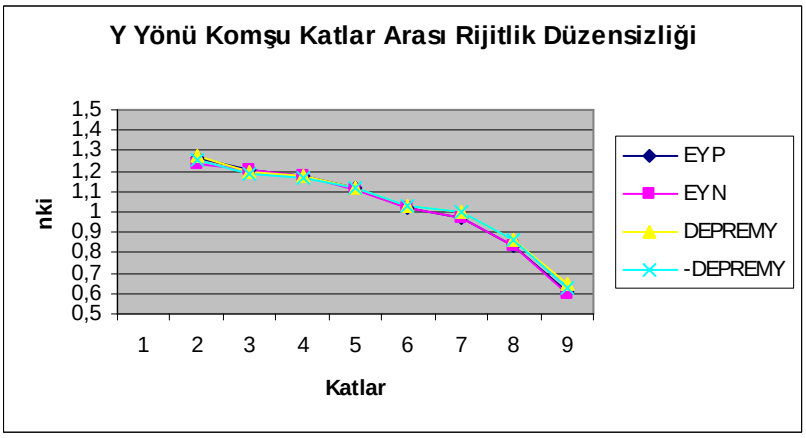
7.8.2. Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği karşılaştırılması

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan komşu katlar arasında rijitlik düzensizlikleri değerleri Tablo 7.40' da karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman rijitlik merkezinin -%5 ve +%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar birbirinden çok yakındır.

Tablo 7.40: Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği karşılaştırılması

KAT	EXP	EXN	EYP	EYN	DEPREMX	-DEPREMX	DEPREMY	-DEPREMY
7								
6	1,34	1,389	1,262195	1,233728	1,28605769	1,247139588	1,2725	1,257683215
5	1,216	1,231	1,207729	1,206235	1,18317757	1,177981651	1,194499018	1,187969925
4	1,185	1,196	1,18	1,176938	1,164297	1,147975078	1,175986842	1,169303797
3	1,118	1,123	1,116949	1,111486	1,10583446	1,10312076	1,117482517	1,116373478
2	1,021	1,021	1,022762	1,024316	1,02944785	1,028290283	1,028785982	1,031515152
1	0,991	1,005	0,974777	0,970326	1,0011919	0,988038278	1,001216545	0,995299647
Z.K.	0,876	1,1	0,837139	0,833945	0,87857143	0,868038741	0,862697448	0,858323495
B.K.	0,685	0,659	0,612727	0,598827	0,67750678	0,656903766	0,642253521	0,629986245



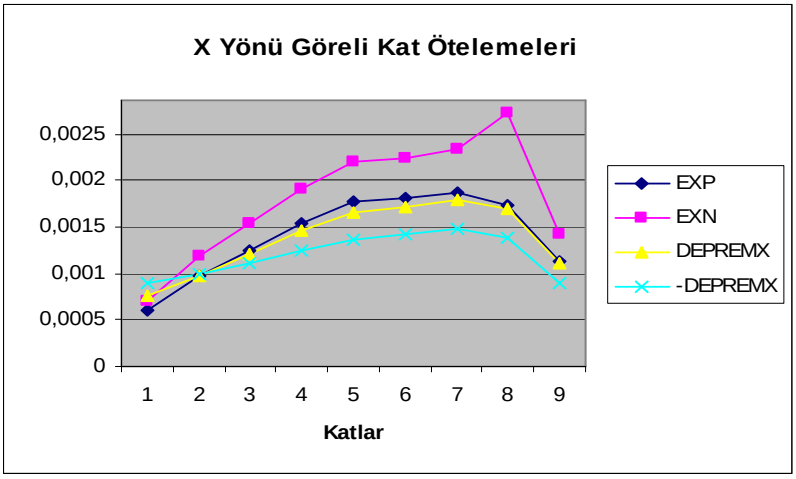


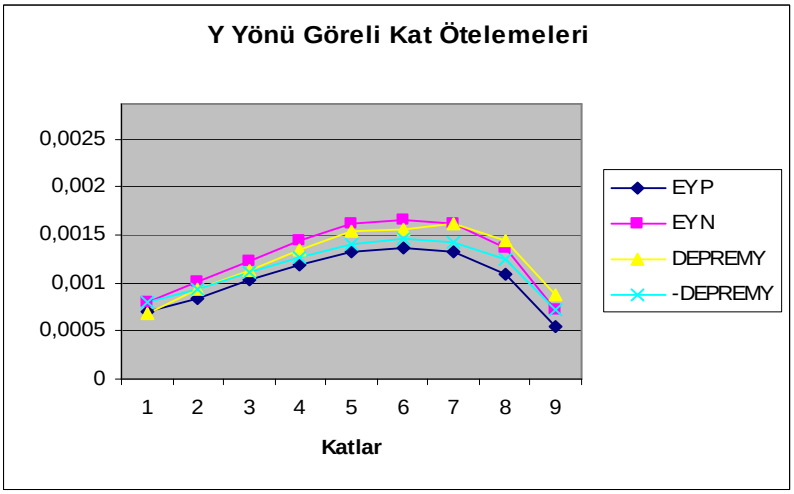
7.8.3. Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan göreli kat ötelemeleri değerleri Tablo 7.41' de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman y yönündeki göreli kat ötelemeleri birbirine yakınken x yönünde -%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar birbirinden çok farklıdır.

Tablo 7.41: Göreli kat ötelemelerinin karşılaştırılması

KAT	EXP	EXN	EYP	EYN	DEPREMX	-DEPREMX	DEPREMY	-DEPREMY
7	6E04	7E04	0,000697	0,000807	0,00076	0,000896667	0,00068	0,000806667
6	1E03	0,001	0,000843	0,001003	0,00097333	0,000983333	0,000936667	0,00093
5	0,001	0,002	0,001023	0,001223	0,0012	0,001116667	0,001126667	0,001103333
4	0,002	0,002	0,001193	0,001443	0,00145	0,001243333	0,00135	0,00127
3	0,002	0,002	0,001323	0,001607	0,00164667	0,00137	0,001533333	0,0014
2	0,002	0,002	0,001363	0,001653	0,00170333	0,00142	0,00156	0,00146
1	0,002	0,002	0,001313	0,001607	0,00179333	0,00148	0,001616667	0,001413333
Z.K.	0,002	0,003	0,001087	0,001353	0,00168333	0,00138	0,001446667	0,001246667
B.K.	0,001	0,001	0,000554	0,000714	0,00111143	0,000897143	0,000868571	0,000725714



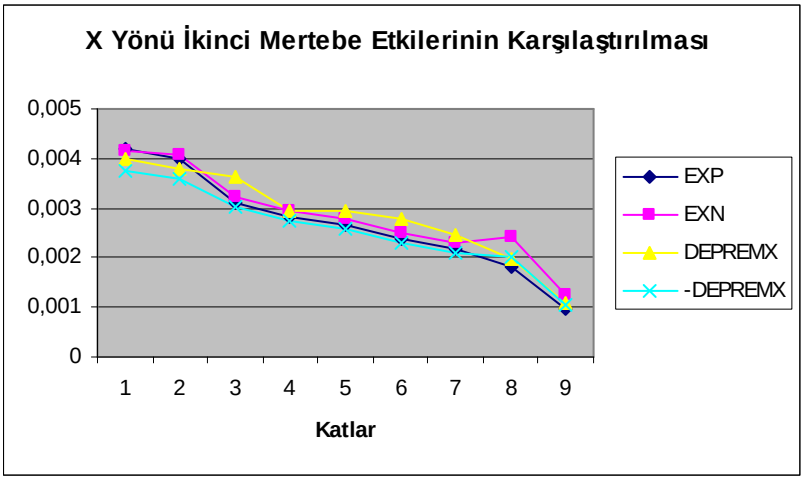


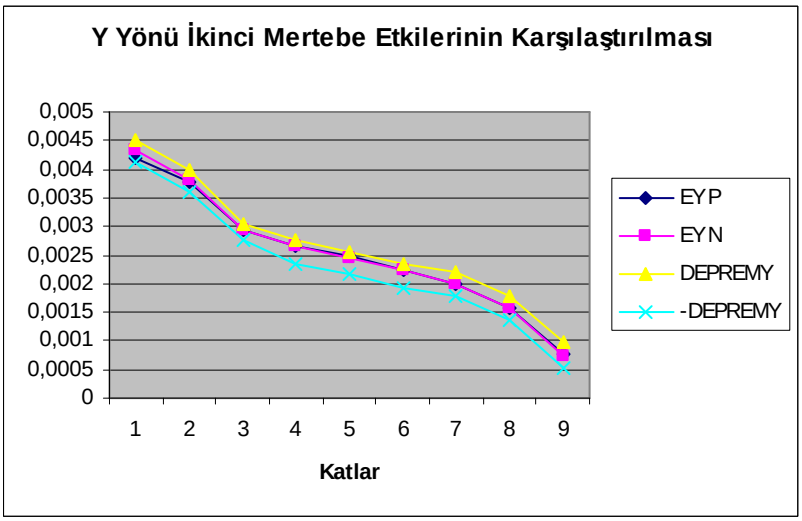
7.8.4. İkinci mertebe etkilerinin karşılaştırılması

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan ikinci mertebe etkilerinin değerleri Tablo 7.42' de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman hem eşdeğer deprem yükü hem de modların süperpozisyonu yöntemine göre bulunan sonuçlar birbirlerine yakındır.

Tablo 7.42: İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması

KAT	EXP	EXN	EYP	EYN	DEPREMX	_DEPREMX	DEPREMY	_DEPREMY
7	0,004	0,004	0,004212	0,00434	0,0039931	0,003743476	0,00451179	0,004140198
6	0,004	0,004	0,00377	0,003798	0,00378584	0,003582631	0,003970482	0,003597804
5	0,003	0,003	0,002929	0,002947	0,00361875	0,003031958	0,003029368	0,002746944
4	0,003	0,003	0,002645	0,002654	0,00292806	0,002757986	0,002744854	0,00235382
3	0,003	0,003	0,002468	0,002465	0,00294173	0,002575626	0,002568456	0,00216471
2	0,002	0,003	0,002229	0,002229	0,00278039	0,002301805	0,002329081	0,001929081
1	0,002	0,002	0,001995	0,001986	0,00246536	0,002108253	0,002195327	0,001786215
Z.K.	0,002	0,002	0,001582	0,001569	0,00199563	0,002004207	0,00178193	0,0013687
B.K.	1E03	0,001	0,000765	0,000741	0,00107122	0,001052	0,000965094	0,000541483





8. BETONARME HESAPLAR

Sap2000 programıyla analizi yapılan yapının eşdeğer deprem yükü yöntemine göre betonarme hesabı yapılacaktır. Fakat 'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' gereği binanın herhangi bir katında burulma düzensizliği bulunması durumunda, $1{,}2 < \eta_{bi} < 2{,}0$ olmak koşulu ile, bu kata uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için aşağıda denklem 8.1' de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\eta_{bi} / 1{,}2\right)^2 \qquad \textbf{(8.1)}$$

Eşdeğer deprem yükü yönteminde kullandığımız ek dışmerkezlikler bu katsayıyla artırılarak tekrar hesap edilip sonuçlar Tablo 8.1, Tablo 8.2, Tablo 8.3 ve Tablo 8.4' de verilmiştir.

Tablo 8.1: X yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fix (kN)	e (m)	Mix (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,17	1490,32	0,1132	168,711	3,8912	656,48893
6	3	24,5	2419,51	59278	1490,32	0,1943	289,593	4,354	1260,8887
5	3	21,5	2419,51	52019,47	1490,32	0,1705	254,133	4,446	1129,8744
4	3	18,5	2419,51	44760,94	1490,32	0,1467	218,672	4,561	997,36484
3	3	15,5	2419,51	37502,41	1490,32	0,1229	183,212	4,648	851,56945
2	3	12,5	2419,51	30243,88	1490,32	0,0991	147,752	4,618	682,31701
1	3	9,5	2419,51	22985,35	1490,32	0,0753	112,291	4,743	532,59733
Z	3	6,5	2419,51	15726,82	1490,32	0,0516	76,8308	4,93	378,77607
B	3,5	3,5	2288,17	8008,595	1490,32	0,0263	39,1247	4,544	177,7827
Toplam			20480,53	305059,6					

Tablo 8.2: X yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fix (kN)	e (m)	Mix (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,17	1490,32	0,1132	168,711	2,147	362,2229
6	3	24,5	2419,51	59278	1490,32	0,1943	289,593	2,056	595,40359
5	3	21,5	2419,51	52019,47	1490,32	0,1705	254,133	1,912	485,90191
4	3	18,5	2419,51	44760,94	1490,32	0,1467	218,672	1,822	398,42112
3	3	15,5	2419,51	37502,41	1490,32	0,1229	183,212	1,758	322,08672
2	3	12,5	2419,51	30243,88	1490,32	0,0991	147,752	1,723	254,57605
1	3	9,5	2419,51	22985,35	1490,32	0,0753	112,291	1,611	180,90118
Z	3	6,5	2419,51	15726,82	1490,32	0,0516	76,8308	1,411	108,40832
B	3,5	3,5	2288,17	8008,595	1490,32	0,0263	39,1247	0,958	37,481475
Toplam			20480,53	305059,6					

Tablo 8.3: Y yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (-%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fiy (kN)	e (m)	Miy (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,17	1439,81	0,1132	162,993	3,178	517,99242
6	3	24,5	2419,51	59278	1439,81	0,1943	279,778	3,405	952,64504
5	3	21,5	2419,51	52019,47	1439,81	0,1705	245,52	3,35	822,49104
4	3	18,5	2419,51	44760,94	1439,81	0,1467	211,261	3,35	707,72485
3	3	15,5	2419,51	37502,41	1439,81	0,1229	177,003	3,358	594,37468
2	3	12,5	2419,51	30243,88	1439,81	0,0991	142,744	3,278	467,9149
1	3	9,5	2419,51	22985,35	1439,81	0,0753	108,485	3,281	355,94078
Z	3	6,5	2419,51	15726,82	1439,81	0,0516	74,2269	3,195	237,15491
B	3,5	3,5	2288,17	8008,595	1439,81	0,0263	37,7987	2,92	110,37219
Toplam			20480,53	305059,6					

Tablo 8.4: Y yönündeki katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün bulunması (+%5)

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	$V_t - \Delta F_n$	Oran	Fiy (kN)	e (m)	Miy (kN)
7	3	27,5	1255,788	34534,17	1439,81	0,1132	162,993	1,264	206,02342
6	3	24,5	2419,51	59278	1439,81	0,1943	279,778	1,542	431,41811
5	3	21,5	2419,51	52019,47	1439,81	0,1705	245,52	1,454	356,98566
4	3	18,5	2419,51	44760,94	1439,81	0,1467	211,261	1,474	311,39893
3	3	15,5	2419,51	37502,41	1439,81	0,1229	177,003	1,484	262,67184
2	3	12,5	2419,51	30243,88	1439,81	0,0991	142,744	1,384	197,55772
1	3	9,5	2419,51	22985,35	1439,81	0,0753	108,485	1,4	151,87964
Z	3	6,5	2419,51	15726,82	1439,81	0,0516	74,2269	1,29	95,752689
B	3,5	3,5	2288,17	8008,595	1439,81	0,0263	37,7987	0,95	35,908761
Toplam			20480,53	305059,6					

8.1. Kiriş Betonarme Hesapları

8.1.1. Kiriş eğilme (boyuna) donatısı hesabı

Kirişlerin eğilme donatısı hesabı eğilmeye çalışan tablalı kesitler için geliştirilen tablo yardımı ile yapılacaktır. Tablonun kullanılması için birtakım değerlerin hesaplanması gerekmektedir.

$$m = \frac{M}{b * d^2 * f_{cd}} \qquad \textbf{(8.2)}$$

$$A_s = w \frac{b * d}{f_{yd} / f_{cd}} \qquad \textbf{(8.3)}$$

Burada;

M : Hesap eğilme momenti,

m : Katsayı

w : Katsayı

b_w : Tablalı kesit genişliği

d : Faydalı yükseklik,

A_s : Hesap donatı alanı

f_{cd} : Beton hesap dayanımı,

f_{yd} : Donatı hesap dayanımını,

temsil etmektedir.

'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' kirişlerde kullanılacak boyuna donatı için

1. Kiriş mesnetlerinde üstteki çekme donatısının minimum oranı

$$\rho_{ü} \geq f_{ctd} / f_{yd} \qquad \textbf{(8.4)}$$

$$\rho_{ü} \geq 1150 / 365000$$

$$\rho_{ü} \geq 0{,}00315$$

$$A_{sü-\min} = \rho_{ü} * b_w * d \qquad \textbf{(8.5)}$$

$$A_{sü-\min} = 0{,}00315 * 0{,}30 * 0{,}56$$

$$A_{sü-\min} = 0{,}0005292 m^2 = 5{,}30 cm^2$$

2. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50' sinden fazla olamaz.

3. Açıklık ve mesnetlerdeki çekme donatısı oranı T.S.500' de verilen maksimum değerden ve %2' den fazla olmayacaktır.

$$\rho_{\min} = 0{,}8 * f_{ctd} / f_{yd} \qquad \textbf{(8.6)}$$

$$\rho_{\min} = 0{,}8 * 1150 / 365000$$

$$\rho_{\min} = 0{,}00252$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} * b_w * d \qquad \textbf{(8.7)}$$

$$A_{s\min} = 0{,}00252 * 0{,}30 * 0{,}56$$

$$A_{s\min} = 0{,}0004234 m^2 = 4{,}23 cm^2$$

$$\rho - \rho' \leq 0{,}85 * \rho_b \qquad \textbf{(8.8)}$$

$$\rho - \rho' \leq 0{,}85 * 0{,}02056$$

$$\rho - \rho' \leq 0{,}0175$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 365 / 200000 = 0{,}00182$$

$$k_{cb} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} = \frac{0{,}0035}{0{,}00182 + 0{,}0035} = 0{,}658$$

$$c_b = k_{cb} * d = 0{,}658 * 560 = 368{,}42 mm$$

$$a_b = k_1 * c_b = 0{,}85 * 368{,}42 = 313{,}16$$

$$F_{cb} = F_{sb} \qquad 0{,}85 f_{cd} * b * a_b = A_{sb} * f_{yd}$$

$$A_{sb} = 0{,}85 * \frac{16{,}7}{365} * 300 * 313{,}16 = 3653{,}7 mm^2$$

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b * d} = \frac{3653{,}7}{300 * 560} = 0{,}00217$$

Koşullarına uyulması tavsiye etmektedir.

Bu açıklamalar ışığında zemin kat tavan kirişleri boyuna donatısı Ek 4' de gösterilmiştir.

8.1.2. Kiriş kesme (enine) donatısı hesabı

Çift donatılı kesitlerin taşıma gücü momenti, basınç bölgesindeki donatı merkezine göre moment alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M_r = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) + F_c * \left(a/2 - d'\right) \qquad \textbf{(8.9)}$$

Bu bağıntıda ikinci terim birincinin yanında küçük bir değer alacaktır. Bu terim dikkate alınmazsa taşıma gücü momenti yaklaşık olarak

$$M_r = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) \qquad \textbf{(8.10)}$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

<u>K17 kirişi enine donatısı;</u>

K17 kirişi 'i' ucu taşıma gücü momentleri;

$$M_r^{-} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 18{,}85 * 3650 * \left(56 - 4\right) = 357{,}77 kNm$$

$$M_r^+ = A_s * f_{yd} * (d - d') = 13,7 * 3650 * (56 - 4) = 260,03 kNm$$

K17 kirişi ‘j’ ucu taşıma gücü momentleri;

$$M_r^- = A_s * f_{yd} * (d - d') = 18,85 * 3650 * (56 - 4) = 357,77 kNm$$

$$M_r^+ = A_s * f_{yd} * (d - d') = 13,7 * 3650 * (56 - 4) = 260,03 kNm$$

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ enine donatı hesabı için

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n = V_{dy} \pm 1,4 * (M_{ri} + M_{rj}) / l_n \quad \textbf{(8.11)}$$

bağıntısı ile hesaplanacak kesme kuvvetinin kullanılması koşulunu öngörmektedir.

Burada;

V_{dy} : Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti,

M_{pi}, M_{pj} : Kirişin sol (veya sağ) ucu i (veya j)’ de ki kolon yüzünde f_{ck}, f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif ya da negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti,

M_{ri}, M_{rj} : i ve j uçları taşıma gücü momenti,

l_n : Kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

sembolize etmektedir.

$$V_{dy} = (1,4 * g + 1,6 * q) * l_n / 2 \quad \textbf{(8.12)}$$

$$V_{dy} = (1,4 * 16,07 + 1,6 * 6,09) * 3,9 / 2 = 62,88 kN$$

$$V_{e1} = 62,88 + 1,4 * (357,77 + 260,3) / 3,9 = 284,75 kN$$

$$V_{e2} = 62,88 + 1,4 * (357,77 + 260,3) / 3,9 = 284,75 kN = V_e$$

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ uyarınca

$$V_e \le 0,22 * b_w * d * f_{cd} \quad \textbf{(8.13)}$$

olması zorunludur. Aksi taktirde kirişin boyutları büyütülmelidir.

$V_e - V_{dy} \ge 0,5 * V_d$ ise V_c=0 alınacaktır. **(8.14)**

V_c : Beton tarafından karşılanacak kesme kuvveti:

$284,75 \le 0,22*30*56*170 = 628,32$ kN

$284,75 - 34,6 \ge 0,5*213,73 = 106,9$ kN

Enine donatı tarafından karşılanacak kesme kuvveti:

$$V_w = n * A_o / s * f_{ywd} * d > V_e \qquad \textbf{(8.15)}$$

bağıntısını sağlamalıdır. Burada;

V_w : Enine donatı tarafından karşılanacak kesme kuvveti

n : Etriye kol sayısı

A_o : Etriye çapı

s : Etriye aralığı

f_{ywd} : Enine donatı hesap akma dayanımı

sembolize etmektedir.

Etriye olarak iki kollu $\phi 10$ çapında donatı seçilirse;

2*0,79 / s*3650*56>28475

s<11,34cm

olarak hesaplanır.

s=11 cm olarak seçilirse

V_w=2*0,79 / 11*3650*56=293,59kN>284,75 kN

'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' uyarınca kolon yüzlerinden '2*h_k' uzaklığındaki mesafeler boyunca etriye sıkılaştırılması yapılması gerekmektedir.

2*h_k = 2*60 = 120cm uzunluğunda ve kirişin her iki ucunda da sıkılaştırılma yapılacaktır.

Sıkılaştırılma bölgesi boyunca etriye aralığı 's_k' ,

$s_k \le h_k / 4 = 60 / 4 = 15cm$

$s_k \le 8 * \phi = 8 * 1{,}2 = 9{,}6cm$ (ϕ: en küçük boyuna donatı çapı)

$s_k \le 15cm$

koşullarından en elverişsiz olanını sağlayacaktır.

Sıklaştırma bölgesinde ϕ10/9 cm arayla etriye konacak, diğer bölgelerde ise ϕ10/20 cm arayla etriye konacaktır.

Zemin kat tavanı kirişleri enine donatısı hesabı Tablo 8.5' de gösterilmiştir.

Tablo 8.5: Kat kirişleri enine donatı hesabı

Kiriş No	Ve (kN)	sk (cm)	s (cm)	Vw (kN)	Etriye çapı (mm)	Etriye Tipi
K17	284,75	9	20	293,59	10	İki kollu
K18	370,23	8	20	403,69	10	İki kollu
K27	188,49	10	20	204,4	8	İki kollu
K28	248,9	9	20	269,13	10	İki kollu
K29	272	9	20	293,59	10	İki kollu
K44	143,4	11	20	146	8	İki kollu
K45	145,51	11	20	157,23	8	İki kollu
K46	464,73	6	20	538,25	10	İki kollu
K47	179,48	11	20	185,82	8	İki kollu
K48	97,3	11	20	136,27	8	İki kollu
K49	167,75	11	20	170,33	8	İki kollu
K50	83,056	11	20	136,27	8	İki kollu
K51	213,53	9	20	227,11	8	İki kollu
K52	243,09	8	20	255,5	8	İki kollu
K53	148,87	11	20	157,23	8	İki kollu
K54	167,95	11	20	170,33	8	İki kollu
K55	147,7	11	20	157,23	8	İki kollu
K56	166,27	11	20	170,33	8	İki kollu
K57	185,17	11	20	185,82	8	İki kollu
K58	163,81	11	20	170,33	8	İki kollu
K59	296,7	9	20	322,95	10	İki kollu
K60	186,52	10	20	204,4	8	İki kollu
K61	235,85	8	20	255,5	8	İki kollu
K62	196,04	10	20	204,4	8	İki kollu

8.2. Kolon Betonarme Hesapları

8.2.1. Kolon boyuna donatı hesabı

Kolonların boyutlandırılmasında kirişlerden farklı olarak eksenel kuvvet ve eğilme momentleri etkindir. Bu sebepten ötürü kolonlar birleşik eğilme etkisindeki elemanlar olarak adlandırılırlar. Yine birleşik eğilme etkisindeki elemanlarda dengeli durum (göçmenin sünek ya da gevrek biçimde oluşmasını sağlamak) donatı yüzdesinin değil doğrudan doğruya e = M / N eksantrikliğinin bir fonksiyonudur. Fark önemlidir; çünkü basit eğilmede (kirişlerin boyuna donatısının seçilmesinde geçerli olan durum) çekme donatısı sınırlanarak kırılma biçimi denetlenebilirken bileşik eğilme etkisinde ki elemanlarda düktil (sünek) davranışın sağlanabilmesi için konstrüktif önlemler alınır. Örneğin kolon kiriş birleşim bölgesinde etriye aralıkları sıklaştırılarak beton kesit sarılır ve böylece kesitin dönme kapasitesi artırılarak düktil bir davranış elde edilir.

Kesit ve donatı miktarı bilinen bir kolonu güç tükenmesi durumuna getiren bir tane normal kuvvet ve moment çifti yoktur. Çünkü kesite etkiyen momentler ve normal kuvvet karşılıklı bir etkileşim içerisindedir ve bunun neticesinde de 'karşılıklı etki diyagramı' denilen tablolar geliştirilmiştir. Ayrıca karşılıklı etki diyagramlarının oluşturulmasında donatının yerleştirme biçimi ve paspayları da etkindir.

Karşılıklı etki diyagramları da kendi içlerinde iki grupta düşünülebilir. Bunlar bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları ve eğik eğilme karşılıklı etki diyagramları' dır. Aslında bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları da eğik eğilme karşılıklı etki diyagramlarından türetilmiştir. Çünkü gerçekte yapılar üç boyutludurlar ve yapı içerisinde bulunan kolonlarda üç ana kesit tesirlerinin (N, M_x, M_y) etkisi altındadırlar.

Aynı normal kuvvet düzleminde kesiti güç tükenmesi durumuna getiren moment çiftleri tek değildir. Buradan şu sonuca varılabilir; N, M_x, M_y eksenlerinden oluşan koordinat sisteminde sabit bir donatı oranı için oluşan hacim içerisinde ki tüm kuvvetler (N, M_x, M_y), kolon tarafından taşınabilir, yüzey üzerindeki noktalarda ise güç tükenmesi durumuna karşı gelinir. Ancak bu yüzey dışına çıkan normal kuvvet-moment çifti yönetmelikte öngörülen güvenlikle taşınamaz.

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramları da eğik eğilme durumuna karşı gelen karşılıklı etki yüzeyinden N, M_x, veya N, M_y düzlemlerinin çıkarılması ile elde edilir.

Kolonlar boyuna donatısının betonarme hesabı eğik eğilmeye göre yapılacak ve uygun karşılıklı etki diyagramları kullanılacaktır.

Bu amaçla kullanılacak karşılıklı etki diyagramı incelendiğinde diyagramın çeşitli normal kuvvet oranları için sekiz değişik parçaya ayrıldığı görülecektir. Bunun nedeni simetrik donatılı kolon kesitlerinde herhangi bir normal kuvvet düzeyi için oluşan kuvvet çiftleri düzleminin de açıortayına göre simetrik olmasındadır.

Karşılıklı etki diyagramı kullanılmak istendiğinde birtakım değerlerin hesap edilmesi gerektiği görülür. Bunlar;

$$m_y = M_y / b * h^2 * f_{cd} \qquad \textbf{(8.16)}$$

$$m_z = M_z / h * b^2 * f_{cd} \qquad \textbf{(8.17)}$$

$$n = N / b * h * f_{cd} \qquad \textbf{(8.18)}$$

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ kolon boyuna donatıları için

I. $\rho_{\min} \geq 0{,}01 * A_c$ **(8.19)**

II. $\rho_{\max} \leq 0{,}04 * A_c$ **(8.20)**

III. En az donatı olarak dikdörtgen kesitli kolonlarda 4ϕ 16 veya 6 ϕ 14, dairesel kolonlarda ise 6 ϕ 14 kullanılacaktır.

IV. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı %6’ yı geçmeyecektir.

koşullarını öngörmektedir.

T.S. 500 – 2000 kolonlarda minimum dışmerkezlik için

e_{min} = 15 mm + 0,03*h **(8.21)**

koşulunu öngörmektedir. Burada h, kolonun eğilme düzlemindeki kesit boyutudur.

Bu açıklamalar ışığında kolon boyuna donatısı hesabı Tablo 8.6’ da gösterilmiştir.

8.2.2. Kolon Enine Donatı Hesabı

SZ01

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 307{,}66 = 430{,}72 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{9 * 3^3}{12 * 3.5} = 5.79 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{8 * 3^3}{12 * 3} = 6 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7 * 3^3}{12 * 3} = 5{,}25 dm^4 / m$$

$$M_a = 430.72 \left[\frac{5.79}{5.79 + 6} \right] = 211.52 kNm$$

$$M_{ü} = 430{,}72 \left[\frac{6}{6 + 5.25} \right] = 229{,}7 kNm$$

$$V_e = \frac{211.52 + 229.7}{3 - 0.6} = 183.4 kN$$

$$V_e = 183.4 \leq 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6 kN$$

$$V_d = 106.82 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \geq 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 183.4kN > 0.5 * 106.82 = 53.41kN$

$N_d = 1420.1kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 800 * 260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \leq \min(b_{min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \geq 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \leq 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1420.1 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 800-2*40 = 720 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 720 * \left[\left(\frac{300 * 800}{177600} \right) - 1 \right] \frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) = 0.075 * 100 * 720 * 25 / 420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (6 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 124.4 + 449.8=574.2 kN > V_e =183.4 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ02

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \quad ; \quad M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj}$; $M_{pi} = 1.4 * M_{ri}$; $M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$

$\sum M_p = 1.4 * 321.92 = 450.7kNm$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{9 * 3^3}{12 * 3.5} = 5.79dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{8*3^3}{12*3} = 6dm^4/m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7*3^3}{12*3} = 5{,}25dm^4/m$$

$$M_a = 450.7\left[\frac{5.79}{5.79+6}\right] = 221.34kNm$$

$$M_{ü} = 450{,}7\left[\frac{6}{6+5.25}\right] = 240.37kNm$$

$$V_e = \frac{221.34+240.37}{3-0.6} = 192.38kN$$

$$V_e = 192.38 \le 0.22*A_w*f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22*300*800*17*10^{-3} = 897.6kN$$

$$V_d = 110.9kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5*V_d$ ve $N_d < 0.05*A_c*f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 183.4kN > 0.5*110.9 = 55.45kN$

$N_d = 1551.27kN > 0.05*300*800*25*10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8*(0.65*f_{ctd}*b_w*d) = 0.8*0.65*1.15*10^{-3}*800*260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min}/3;100mm)$ $\min(300/3;100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \ge 0.2*A_c*f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2*A_c*f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1551.27 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 800-2*40 = 720 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \ge 0.3*s_c*b_k*\left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right)-1\right]*\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3*100*720*\left[\left(\frac{300*800}{177600}\right)-1\right]\frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \ge 0.075*s_c*b_k*\left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075*100*720*25/420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh}/s)*f_{ywd}*d = (6*79/100)*365*10^{-3}*260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c+V_w$ = 124.4 + 449.8=574.2 kN > V_e =183.4 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \le \min(200mm, b_{\min}/2 = 300/2 = 150mm)$

SZ03

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1}+k_{c2}}\right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2}+k_{c3}}\right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 347.7 = 486.78kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{3 * 9^3}{12 * 3.5} = 52.07dm^4/m$$

$$k_{c2} = \frac{3 * 8^3}{12 * 3} = 42.67dm^4/m \quad , \quad k_{c3} = \frac{3 * 7^3}{12 * 3} = 28.58dm^4/m$$

$$M_a = 486.78\left[\frac{52.07}{52.07+42.67}\right] = 267.5kNm$$

$$M_{ü} = 486.78\left[\frac{42.67}{42.67+28.58}\right] = 291.52kNm$$

$$V_e = \frac{267.5 + 291.52}{3 - 0.6} = 232.93kN$$

$$V_e = 232.93 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6kN$$

$$V_d = 129.15kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 232.93kN > 0.5 * 129.15 = 64.58kN$

$N_d = 1600.22kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \ne 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 300 * 760 = 136.34kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min}/3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20) = 177600mm^2$

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık ($b-2.d'$)

$b_k = 800-2*40 = 720$ mm ; $b_k = 300-2*40 = 220$ mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1600.22 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN
b_k= 300-2*40 = 220 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right) - 1\right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 220 * \left[\left(\frac{300 * 800}{177600}\right) - 1\right] \frac{25}{420} = 138.03 mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075 * 100 * 220 * 25 / 420 = 98.21 mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) A_{sh} = 2*79=158 mm^2> 138.03 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (2 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 760 = 438.3$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 136.34 + 438.3=574.64 kN > V_e =232.93 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{\min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ04

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}}\right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}}\right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 168.07 + 1.4 * 127.79 = 414.2 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{9 * 3^3}{12 * 3.5} = 5.79 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{8 * 3^3}{12 * 3} = 6 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7 * 3^3}{12 * 3} = 5{,}25 dm^4 / m$$

$$M_a = 414.2\left[\frac{5.79}{5.79 + 6}\right] = 203.41 kNm$$

$$M_{ü} = 414.2\left[\frac{6}{6 + 5.25}\right] = 220.91 kNm$$

$$V_e = \frac{203.41 + 220.91}{3 - 0.6} = 176.8 kN$$

$$V_e = 176.8 \leq 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6 kN$$

$$V_d = 119.56 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \geq 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 176.8 kN > 0.5 * 119.56 = 59.78 kN$

$N_d = 2240.69kN > 0.05*300*800*25*10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8*(0.65* f_{ctd} * b_w * d) = 0.8*0.65*1.15*10^{-3}*800*260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \leq \min(b_{min}/3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2$

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

$b_k = 800-2*40= 720$ mm ; $b_k = 300-2*40 = 220$ mm

$N_d \geq 0.2*A_c*f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \leq 0.2*A_c*f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

$N_d = 2240.69$ kN> $0.2*300*800*25*10^{-3}=1200$kN

$b_k= 800-2*40 = 720$ mm ve $s_c=100$ mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3*s_c*b_k*\left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right)-1\right]*\frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3*100*720*\left[\left(\frac{300*800}{177600}\right)-1\right]\frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075*s_c*b_k*\left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075*100*720*25/420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz $A_{sh} = 6*79=474$ mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh}/s)*f_{ywd}*d = (6*79/100)*365*10^{-3}*260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c+V_w = 124.4 + 449.8=574.2$ kN > $V_e =176.8$ kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{min}/2 = 300/2 = 150mm)$

SZ05

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p\left[\frac{k_{c1}}{k_{c1}+k_{c2}}\right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p\left[\frac{k_{c2}}{k_{c2}+k_{c3}}\right]$$

$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj}$; $M_{pi} = 1.4*M_{ri}$; $M_{pj} = 1.4*M_{rj}$

$\sum M_p = 1.4*149.9 + 1.4*157.26 = 430.03kNm$

$$k_{c1} = \frac{b*h^3}{12*l} = \frac{9*3^3}{12*3.5} = 5.79dm^4/m$$

$$k_{c2} = \frac{8*3^3}{12*3} = 6dm^4/m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7*3^3}{12*3} = 5{,}25dm^4/m$$

$$M_a = 430.03\left[\frac{5.79}{5.79+6}\right] = 211.19kNm$$

$$M_{ü} = 430.03\left[\frac{6}{6+5.25}\right] = 229.35kNm$$

$$V_e = \frac{211.19+229.35}{3-0.6} = 183.56kN$$

$$V_e = 183.56 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6kN$$

$$V_d = 113.88kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 183.56kN > 0.5 * 113.88 = 56.94kN$

$N_d = 1914.44kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \ne 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 800 * 260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1914.44 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 800-2*40 = 720 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \ge 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right) - 1\right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 720 * \left[\left(\frac{300*800}{177600}\right) - 1\right]\frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \ge 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075 * 100 * 720 * 25/420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh}/s) * f_{ywd} * d = (6 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 124.4 + 449.8=574.2 kN > V_e =176.8 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \le \min(200mm, b_{\min}/2 = 300/2 = 150mm)$

SZ06

$$V_e = \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \; ; \; M_{\ddot{u}} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 234.85 + 1.4 * 191.65 = 597.1 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{14.5 * 3^3}{12 * 3.5} = 9.32 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{14.5 * 3^3}{12 * 3} = 10.87 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{14.5 * 3^3}{12 * 3} = 10.87 dm^4 / m$$

$$M_a = 597.1 \left[\frac{9.32}{9.32 + 10.87} \right] = 275.63 kNm$$

$$M_{\ddot{u}} = 597.1 \left[\frac{10.87}{10.87 + 10.87} \right] = 298.55 kNm$$

$$V_e = \frac{275.63 + 298.55}{3 - 0.6} = 239.24 kN$$

$$V_e = 239.24 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 1450 * 17 * 10^{-3} = 1626.9 kN$$

$$V_d = 218.47 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 239.24 kN > 0.5 * 218.47 = 109.24 kN$

$N_d = 2176.03 kN > 0.05 * 300 * 1450 * 25 * 10^{-3} = 543.75 kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 1450 * 260 = 225.45 kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$A_{ck} = (1450-2*40+20)*(300-2*40+20)=333600 mm^2$

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık ($b-2.d'$)

$b_k = 1450-2*40= 1370$ mm ; $b_k = 300-2*40 = 220$ mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

$N_d = 2176.03$ kN $\le 0.2*300*1450*25*10^{-3}=2176$ kN

$b_k= 1450-2*40 = 1370$ mm ve $s_c=100$ mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 1370 * \left[\left(\frac{300 * 1450}{333600} \right) - 1 \right] \frac{25}{420} = 743.61 mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) = 0.075 * 100 * 1370 * 25 / 420 = 611.6 mm^2$$

(2/3)A_{sh}=495mm^2

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 495 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (6 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 225.45 + 449.8=675.25 kN > V_e =239.24 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{\min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ07

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 340.34 = 476.48 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{3 * 9^3}{12 * 3.5} = 52.07 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{3 * 8^3}{12 * 3} = 42.67 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{3 * 7^3}{12 * 3} = 28.58 dm^4 / m$$

$$M_a = 476.48 \left[\frac{52.07}{52.07 + 42.67} \right] = 261.88 kNm$$

$$M_{ü} = 476.48 \left[\frac{42.67}{42.67 + 28.58} \right] = 285.35 kNm$$

$$V_e = \frac{261.88 + 285.35}{3 - 0.6} = 228.01 kN$$

$$V_e = 228.01 \leq 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6 kN$$

$$V_d = 127.08 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \geq 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 228.01 kN > 0.5 * 127.08 = 63.54 kN$

$N_d = 1099.05 kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300 kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 300 * 760 = 136.34kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1099.05 kN< 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 300-2*40 = 220 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \ge 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 220 * \left[\left(\frac{300 * 800}{177600} \right) - 1 \right] \frac{25}{420} = 138.03mm^2$$

$$A_{sh} \ge 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) = 0.075 * 100 * 220 * 25 / 420 = 98.21mm^2$$

$(2/3)A_{sh}$=92.02 mm^2

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) A_{sh} = 2*79=158 mm^2> 92.02 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (2 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 760 = 438.3$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 136.34 + 438.3=574.64 kN > V_e =228.01 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \le \min(200mm, b_{min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ08

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \quad ; \quad M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 177.82 = 248.95kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{9 * 3^3}{12 * 3.5} = 5.79dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{8 * 3^3}{12 * 3} = 6dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7 * 3^3}{12 * 3} = 5{,}25dm^4 / m$$

$$M_a = 248.95 \left[\frac{5.79}{5.79 + 6} \right] = 122.26kNm$$

$$M_{ü} = 248.95\left[\frac{6}{6+5.25}\right] = 132.77kNm$$

$$V_e = \frac{122.26+132.77}{3-0.6} = 106.26kN$$

$$V_e = 106.26 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6kN$$

$$V_d = 163.79kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 106.26kN > 0.5 * 163.79 = 81.9kN$

$N_d = 2133.77kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 800 * 260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d$'$)

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 2133.77 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 800-2*40 = 720 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \ge 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right) - 1\right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 720 * \left[\left(\frac{300*800}{177600}\right) - 1\right]\frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \ge 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075 * 100 * 720 * 25/420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh}/s) * f_{ywd} * d = (6 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 124.4 + 449.8=574.2 kN > V_e =106.66 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \le \min(200mm, b_{\min}/2 = 300/2 = 150mm)$

SZ09

$$V_e = \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \; ; \; M_{\ddot{u}} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 318.08 + 1.4 * 147.22 = 651.42 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{3 * 10.5^3}{12 * 3.5} = 82.69 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{3 * 10.5^3}{12 * 3} = 96.47 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{3 * 10.5^3}{12 * 3} = 96.47 dm^4 / m$$

$$M_a = 651.42 \left[\frac{82.69}{82.69 + 96.47} \right] = 300.66 kNm$$

$$M_{\ddot{u}} = 651.42 \left[\frac{96.47}{96.47 + 96.47} \right] = 325.71 kNm$$

$$V_e = \frac{300.66 + 325.71}{3 - 0.6} = 260.99 kN$$

$$V_e = 260.99 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 1050 * 17 * 10^{-3} = 1178.1 kN$$

$$V_d = 240.08 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 260.99 kN > 0.5 * 240.08 = 120.04 kN$

$N_d = 1886.62 kN > 0.05 * 300 * 1050 * 25 * 10^{-3} = 393.75 kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 300 * 1010 = 181.19 kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$A_{ck} = (1050-2*40+20)*(300-2*40+20)=237600 mm^2$

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık ($b-2.d'$)

$b_k = 1050-2*40= 970$ mm ; $b_k = 300-2*40 = 220$ mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

$N_d = 1886.62$ kN> $0.2*300*1050*25*10^{-3}=1575$kN

$b_k= 300-2*40 = 220$ mm ve $s_c=100$ mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right) - 1\right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 220 * \left[\left(\frac{300 * 1050}{237600}\right) - 1\right] \frac{25}{420} = 127.98 mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075 * 100 * 220 * 25 / 420 = 98.21 mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) $A_{sh} = 2*79=158$ mm^2> 127.98 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (2 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 1010 = 582.47$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w = 181.19 + 582.47 = 763.66$ kN > $V_e = 260.99$ kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{\min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ10

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}}\right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}}\right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 179.09 = 250.73 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{9 * 3^3}{12 * 3.5} = 5.79 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{8 * 3^3}{12 * 3} = 6 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{7 * 3^3}{12 * 3} = 5{,}25 dm^4 / m$$

$$M_a = 250.73 \left[\frac{5.79}{5.79 + 6}\right] = 123.13 kNm$$

$$M_{ü} = 250.73 \left[\frac{6}{6 + 5.25}\right] = 133.72 kNm$$

$$V_e = \frac{123.13 + 133.72}{3 - 0.6} = 107.02 kN$$

$$V_e = 107.02 \leq 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6 kN$$

$$V_d = 181.45 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \geq 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 107.02 kN > 0.5 * 181.45 = 90.73 kN$

$N_d = 1742.11kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 800 * 260 = 124.4kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \leq \min(b_{min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \geq 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \leq 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1742.11 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 800-2*40 = 720 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 720 * \left[\left(\frac{300 * 800}{177600} \right) - 1 \right] \frac{25}{420} = 451.7mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) = 0.075 * 100 * 720 * 25/420 = 321.4mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) ve 4 adet çiroz A_{sh} = 6*79=474 mm^2> 451.7 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (6 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 260 = 449.8$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 124.4 + 449.8=574.2 kN > V_e =107.02 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye ve 4 adet $\phi 10/100$ çiroz uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

SZ11

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \quad ; \quad M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj}$; $M_{pi} = 1.4 * M_{ri}$; $M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$

$\sum M_p = 1.4 * 136.18 = 190.65kNm$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{3 * 9^3}{12 * 3.5} = 52.07dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{3 * 8^3}{12 * 3} = 42.67dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{3 * 7^3}{12 * 3} = 28.58dm^4 / m$$

$$M_a = 190.65\left[\frac{52.07}{52.07+42.67}\right] = 104.78kNm$$

$$M_{ü} = 190.65\left[\frac{42.67}{42.67+28.58}\right] = 114.18kNm$$

$$V_e = \frac{104.78+114.18}{3-0.6} = 91.23kN$$

$$V_e = 91.23 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6kN$$

$$V_d = 59.48kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 91.23kN > 0.5 * 59.48 = 29.74kN$

$N_d = 1325.56kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300kN$ olduğuna göre $V_c \ne 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 300 * 760 = 136.34kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100mm)$ $\min(300/3; 100mm)$
- $s_c = 100mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600mm^2

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

b_k = 800-2*40= 720 mm ; b_k = 300-2*40 = 220 mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

N_d = 1325.66 kN> 0.2*300*800*25*10^{-3}=1200kN

b_k= 300-2*40 = 220 mm ve s_c=100 mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \ge 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}}\right) - 1\right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 220 * \left[\left(\frac{300*800}{177600}\right) - 1\right]\frac{25}{420} = 138.03mm^2$$

$$A_{sh} \ge 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) = 0.075 * 100 * 220 * 25/420 = 98.21mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) A_{sh} = 2*79=158 mm^2> 138.03 mm^2

$V_w = (A_{sh}/s) * f_{ywd} * d = (2 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 760 = 438.3$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 136.34 + 438.3=574.64 kN > V_e =91.23 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \le \min(200mm, b_{\min}/2 = 300/2 = 150mm)$

SZ12

$$V_e = \frac{M_a + M_{ü}}{l_n} \quad ; \quad M_a = \sum M_p \left[\frac{k_{c1}}{k_{c1} + k_{c2}} \right] \; ; \; M_{ü} = \sum M_p \left[\frac{k_{c2}}{k_{c2} + k_{c3}} \right]$$

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \quad ; \quad M_{pi} = 1.4 * M_{ri} \quad ; \quad M_{pj} = 1.4 * M_{rj}$$

$$\sum M_p = 1.4 * 189.51 = 265.31 kNm$$

$$k_{c1} = \frac{b * h^3}{12 * l} = \frac{3 * 9^3}{12 * 3.5} = 52.07 dm^4 / m$$

$$k_{c2} = \frac{3 * 8^3}{12 * 3} = 42.67 dm^4 / m \quad , \quad k_{c3} = \frac{3 * 7^3}{12 * 3} = 28.58 dm^4 / m$$

$$M_a = 265.31 \left[\frac{52.07}{52.07 + 42.67} \right] = 145.82 kNm$$

$$M_{ü} = 265.31 \left[\frac{42.67}{42.67 + 28.58} \right] = 158.89 kNm$$

$$V_e = \frac{145.82 + 158.89}{3 - 0.6} = 126.96 kN$$

$$V_e = 126.96 \le 0.22 * A_w * f_{cd}$$

$$V_{e,\max} = 0.22 * 300 * 800 * 17 * 10^{-3} = 897.6 kN$$

$$V_d = 78.08 kN$$

Kolon sarılma bölgelerinde enine donatı hesabında

$V_e \ge 0.5 * V_d$ ve $N_d < 0.05 * A_c * f_{ck}$ ise $V_c = 0$

$V_e = 126.96 kN > 0.5 * 78.08 = 39.04 kN$

$N_d = 1768.26 kN > 0.05 * 300 * 800 * 25 * 10^{-3} = 300 kN$ olduğuna göre $V_c \neq 0$ alınabilir.

$V_r = V_c + V_w$;

$V_c = 0.8 * (0.65 * f_{ctd} * b_w * d) = 0.8 * 0.65 * 1.15 * 10^{-3} * 300 * 760 = 136.34 kN$

Etriyenin kolon sarılma bölgesinde taşıyabileceği kesme kuvveti (V_w)

- $s_c \le \min(b_{\min} / 3; 100 mm)$ $\min(300/3; 100 mm)$
- $s_c = 100 mm$ ve $\phi 10$ seçildi. Minimum etriye kontrolü:

A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

$A_{ck} = (800-2*40+20)*(300-2*40+20)=177600 mm^2$

b_k : En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık (b-2.d')

$b_k = 800-2*40= 720$ mm ; $b_k = 300-2*40 = 220$ mm

$N_d \ge 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise aşağıda verilen iki formüle göre hesaplanan enine donatı alanlarından büyük olanı $(A_{sh})_{max}$ olacaktır. $N_d \le 0.2 * A_c * f_{ck}$ ise $2/3(A_{sh})_{max}$ yeterlidir.

$N_d = 1768.26$ kN> $0.2*300*800*25*10^{-3}=1200$kN

$b_k= 300-2*40 = 220$ mm ve $s_c=100$ mm seçilmesi durumunda;

$$A_{sh} \geq 0.3 * s_c * b_k * \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] * \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} = 0.3 * 100 * 220 * \left[\left(\frac{300 * 800}{177600} \right) - 1 \right] \frac{25}{420} = 138.03 mm^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 * s_c * b_k * \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) = 0.075 * 100 * 220 * 25 / 420 = 98.21 mm^2$$

Seçilen etriye (iki kollu $\phi 10$) A_{sh} = 2*79=158 mm^2> 138.03 mm^2

$V_w = (A_{sh} / s) * f_{ywd} * d = (2 * 79/100) * 365 * 10^{-3} * 760 = 438.3$ kN olduğuna göre

$V_r = V_c + V_w$ = 136.34 + 438.3=574.64 kN > V_e =126.96 kN uygun

Sarılma bölgesinde $\phi 10/100$ etriye uygun

Orta bölgede $\phi 10/150$ mm etriye seçilmiştir.

$s_0 \leq \min(200mm, b_{\min} / 2 = 300/2 = 150mm)$

Tablo 8.6: Kolon enine donatısı

Kolon No	Sarılma Bölgesinde Etriye cm	Orta Bölgede Etriye cm	Çiroz cm-cm
SZ01	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ02	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ03	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ04	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ05	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ06	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ07	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ08	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ09	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ10	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ11	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15
SZ12	Φ10/10	Φ10/15	4Φ10/10-15

Tablo 8.7: Zemin ve 1.kat kolonları boyuna donatısı hesabı													
Kolon No	b m	h m	fcd kN/m2	N kN	Mx kNm	My kNm	n	mx	my	w	As cm2	Açıklama	Seçilen
SZ01	0,8	0,3	17000	1420,1	138,87	160,25	0,3481	0,0425	0,1309	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ02	0,8	0,3	17000	1551,3	157,6	166,71	0,3802	0,0483	0,1362	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ03	0,3	0,8	17000	1600,2	104,1	205,56	0,3922	0,085	0,063	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ04	0,8	0,3	17000	2240,7	193,18	149,25	0,5492	0,0592	0,1219	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ05	0,8	0,3	17000	1914,4	187,95	152,43	0,4692	0,0576	0,1245	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ06	1,5	0,3	17000	2176	533,34	204,23	0,2943	0,0497	0,0921	okunamıyor	43,5	Asmin	16 Φ 20
SZ07	0,3	0,8	17000	1099,1	106,4	206,37	0,2694	0,0869	0,0632	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ08	0,8	0,3	17000	2133,8	262	87,5	0,523	0,0803	0,0715	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ09	0,3	1,05	17000	1886,6	164,64	412,54	0,3523	0,1025	0,0734	okunamıyor	31,5	Asmin	16 Φ 18
SZ10	0,8	0,3	17000	1742,1	294,68	85,26	0,427	0,0903	0,0697	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ11	0,3	0,8	17000	1325,6	90,1	113,56	0,3249	0,0736	0,0348	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
SZ12	0,3	0,8	17000	1768,3	120,8	122,32	0,4334	0,0987	0,0375	okunamıyor	24	Asmin	16 Φ 16
S101	0,7	0,3	17000	1236,6	114,4	153,6	0,3464	0,0458	0,1434	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S102	0,7	0,3	17000	1286,7	128,3	162,6	0,3604	0,0513	0,1518	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S103	0,3	0,7	17000	1408,6	100,9	182,3	0,3946	0,0942	0,0729	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S104	0,7	0,3	17000	1911	162,8	141,2	0,5353	0,0651	0,1318	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S105	0,7	0,3	17000	1616,5	157,8	154,4	0,4528	0,0631	0,1442	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S106	1,5	0,3	17000	1939	429	228	0,2622	0,04	0,1028	okunamıyor	43,5	Asmin	16 Φ 20
S107	0,3	0,7	17000	931,2	104,9	179,5	0,2608	0,0979	0,0718	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S108	0,7	0,3	17000	1814	233,1	79,1	0,5081	0,0933	0,0739	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S109	0,3	1,05	17000	1607,5	191,6	416,4	0,3002	0,1193	0,0741	okunamıyor	31,5	Asmin	16 Φ 18
S110	0,7	0,3	17000	1493,7	251,4	83,5	0,4184	0,1006	0,078	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S111	0,3	0,7	17000	1130,9	81,7	79,3	0,3168	0,0763	0,0317	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16
S112	0,3	0,7	17000	1518,5	118,4	104,6	0,4254	0,1106	0,0419	okunamıyor	21	Asmin	16 Φ 16

8.2.3. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ kolon ve kirişlerin kesişiminden oluşan düğüm noktalarında (bazı özel düğüm noktaları hariç),

I. Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentleri toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır.

$$\left(M_{ra} + M_{rü}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right) \qquad \textbf{(8.22)}$$

II. Denklem (8.22), her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır. Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en küçük yapan N_d eksenel kuvvetleri göz önüne alınacaktır.

koşullarının sağlanması öngörmektedir.

<u>SZ01 – S101 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ01 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 697,7 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 69770 / (30*80*170)

n= 0,171

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18{,}85 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}169$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,1 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}1 * 80 * 30^2 * 170 = 2570{,}4kNm$$

$$M_{rü-y} = 2570{,}4kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 615{,}6kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{61560}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}151$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}44 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}111$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,6 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 1{,}6 * 80^2 * 30 * 170 = 5222{,}4kNm$$

$$M_{rü-x} = 5222{,}4kNm$$

S101 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 633{,}3kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{63330}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0{,}177$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18{,}85 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}193$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}5 * 30 * 70^2 * 170 = 6247{,}5 kNm$$

$$M_{ra-y} = 6247{,}5 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 555{,}2 kN$$

$$n = \frac{55520}{30 * 70 * 170} = 0{,}156$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}44 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}127$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,4 olarak okunur.

$$M_x = 1{,}4 * 70^2 * 30 * 170 = 3498{,}6 kNm$$

$$M_{ra-x} = 3498{,}6 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K17 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * (d - d') = 18{,}85 * 3650 * 52 = 357{,}8 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K53 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * (d - d') = 12{,}44 * 3650 * 52 = 236{,}11 kNm$$

SZ01 ve S101 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$(M_{ra-y} + M_{rü-y}) \geq 1{,}2 * (M_{ri} + M_{rj})$$

$$(2570{,}4 + 6247{,}5) \geq 1{,}2 * (357{,}8)$$

$$8817{,}9 kNm \geq 429{,}36 kNm$$

$$(M_{ra-x} + M_{rü-x}) \geq 1{,}2 * (M_{ri} + M_{rj})$$

$$(5222{,}4 + 3498{,}6) \geq 1{,}2 * (236{,}11)$$

$$8721 kNm \geq 283{,}33 kNm$$

<u>SZ02 – S102 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ02 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1408,1 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 140810 / (30*80*170)

n= 0,345

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18,85 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0,169$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,4 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2,4 * 80 * 30^2 * 170 = 2937,6kNm$$

$$M_{rü-y} = 2937,6kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 715,4kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{71540}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0,175$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{13,98 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0,125$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,55 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 1,55 * 80^2 * 30 * 170 = 5059,2kNm$$

$$M_{rü-x} = 5059,2kNm$$

S102 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1181,7kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{118170}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0,331$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18,85 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,193$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,6 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}6 * 30 * 70^2 * 170 = 6497{,}4 kNm$$

$$M_{ra-y} = 6497{,}4 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 635{,}2 kN$$

$$n = \frac{63520}{30 * 70 * 170} = 0{,}18$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{13{,}98 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}143$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,1 olarak okunur.

$$M_x = 2{,}1 * 70^2 * 30 * 170 = 5247{,}9 kNm$$

$$M_{ra-x} = 5247{,}9 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K17 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 18{,}85 * 3650 * 52 = 357{,}8 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K56 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 13{,}98 * 3650 * 52 = 265{,}34 kNm$$

SZ02 ve S102 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2937{,}6 + 6497{,}4\right) \geq 1{,}2 * \left(357{,}8\right)$$

$$9435 kNm \geq 429{,}36 kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(5059{,}2 + 5247{,}9\right) \geq 1{,}2 * \left(265{,}34\right)$$

$$10307{,}1 kNm \geq 318{,}41 kNm$$

<u>SZ03 – S103 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ03 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 739,8 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 73980 / (30*80*170)

n= 0,181

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{21{,}99 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}197$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}5 * 80^2 * 30 * 170 = 8160 kNm$$

$$M_{rü-y} = 8160 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 928{,}2 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{92820}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}23$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}57 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}112$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,7 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 1{,}7 * 80 * 30^2 * 170 = 2080{,}8 kNm$$

$$M_{rü-x} = 2080{,}8 kNm$$

S103 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 688{,}5kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{68850}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0{,}193$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{21{,}99 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}225$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,6 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}6 * 30^2 * 70 * 170 = 2784{,}6kNm$$

$$M_{ra-y} = 2784{,}6kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 839{,}2kN$$

$$n = \frac{83920}{30 * 70 * 170} = 0{,}235$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}57 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}13$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2 olarak okunur.

$$M_x = 2 * 70 * 30^2 * 170 = 2142kNm$$

$$M_{ra-x} = 2142kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K18 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 21{,}99 * 3650 * 52 = 417{,}37kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K51 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 12{,}57 * 3650 * 52 = 238{,}6kNm$$

SZ03 ve S103 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(8160 + 2784{,}6\right) \geq 1{,}2 * \left(417{,}37\right)$$

$$10944{,}6kNm \geq 500{,}84kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2080{,}8 + 2142\right) \geq 1{,}2 * \left(238{,}6\right)$$

$$4222{,}8kNm \geq 286{,}32kNm$$

SZ04 – S104 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

SZ04 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1656,61 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 165661 / (30*80*170)

n= 0,406

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{15{,}58 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}139$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,1 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}1 * 80 * 30^2 * 170 = 2570{,}4kNm$$

$$M_{rü-y} = 2570{,}4kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1641{,}4kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{164140}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}402$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18{,}6 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}166$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,3 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$
$$M_x = 2,3 * 80^2 * 30 * 170 = 7507,2kNm$$
$$M_{rü-x} = 7507,2kNm$$

S104 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1376,8kN$$
$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$
$$n = \frac{137680}{30 * 70 * 170}$$
$$n = 0,386$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{15,58 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,159$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,4 olarak okunur.

$$M_y = 2,4 * 30 * 70^2 * 170 = 5997,6kNm$$
$$M_{ra-y} = 5997,6kNm$$
$$N_{g+q+ey} = 1378,9kN$$
$$n = \frac{137890}{30 * 70 * 170} = 0,386$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{18,6 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,19$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,6 olarak okunur.

$$M_x = 2,6 * 70^2 * 30 * 170 = 6497,4kNm$$
$$M_{ra-x} = 6497,4kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K18 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * (d - d') = 14,04 * 3650 * 52 = 266,48kNm$$

K27 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * (d - d') = 18,73 * 3650 * 52 = 355,5$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K53 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 12{,}44 * 3650 * 52 = 236{,}11 kNm$$

K54 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 6{,}16 * 3650 * 52 = 116{,}92 kNm$$

SZ04 ve S104 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2570{,}4 + 5997{,}6\right) \geq 1{,}2 * \left(621{,}8\right)$$

$$8568 kNm \geq 746{,}38 kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(7507{,}2 + 6497{,}4\right) \geq 1{,}2 * \left(353{,}03\right)$$

$$14004 kNm \geq 423{,}64 kNm$$

<u>SZ05 – S105 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ05 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1259,7 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 125970 / (30*80*170)

n= 0,309

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{17{,}66 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}16$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,1 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}1 * 80 * 30^2 * 170 = 2570{,}4 kNm$$

$$M_{rü-y} = 2570{,}4 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1268{,}62 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{126862}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}31$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{21{,}68 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}194$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,6 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 2{,}6 * 80^2 * 30 * 170 = 8486{,}4 kNm$$

$$M_{rü-x} = 8486{,}4 kNm$$

S105 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1077{,}9 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{107790}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0{,}302$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{17{,}66 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}181$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,35 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}35 * 30 * 70^2 * 170 = 5872{,}7 kNm$$

$$M_{ra-y} = 5872{,}7 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1063{,}5 kN$$

$$n = \frac{106350}{30 * 70 * 170} = 0{,}298$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{21{,}68 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}222$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,7 olarak okunur.

$$M_x = 2{,}7 * 70^2 * 30 * 170 = 6747{,}3 kNm$$

$$M_{ra-x} = 6747{,}3 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K27 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 9{,}24 * 3650 * 52 = 175{,}38 kNm$$

K28 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 8{,}42 * 3650 * 52 = 159{,}81 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K56 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 13{,}98 * 3650 * 52 = 265{,}34 kNm$$

K57 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 7{,}7 * 3650 * 52 = 146{,}15 kNm$$

SZ05 ve S105 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2570{,}4 + 5872{,}7\right) \geq 1{,}2 * \left(335{,}19\right)$$

$$8443{,}1 kNm \geq 402{,}2 kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(8486{,}4 + 6747{,}3\right) \geq 1{,}2 * \left(411{,}49\right)$$

$$15233{,}7 kNm \geq 493{,}8 kNm$$

SZ06 – S106 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

SZ06 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1609,5 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 160950 / (30*145*170)

n= 0,218

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{26,61 * 3650}{30 * 145 * 170} = 0,13$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,7 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 1,7 * 145 * 30^2 * 170 = 3771,5 kNm$$

$$M_{rü-y} = 3771,5 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1052 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{105200}{30 * 145 * 170}$$

$$n = 0,142$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{23,97 * 3650}{30 * 145 * 170} = 0,118$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,6 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 1,6 * 145^2 * 30 * 170 = 17156,4 kNm$$

$$M_{rü-x} = 17156,4 kNm$$

S106 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1443{,}9kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{144390}{30 * 145 * 170}$$

$$n = 0{,}195$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{26{,}61 * 3650}{30 * 145 * 170} = 0{,}131$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=1,9 olarak okunur.

$$M_y = 1{,}9 * 30 * 145^2 * 170 = 20373{,}2kNm$$

$$M_{ra-y} = 20373{,}2kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 966{,}1kN$$

$$n = \frac{96610}{30 * 145 * 170} = 0{,}131$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{23{,}97 * 3650}{30 * 145 * 170} = 0{,}118$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,5 olarak okunur.

$$M_x = 1{,}5 * 145^2 * 30 * 170 = 16084{,}1kNm$$

$$M_{ra-x} = 16084{,}1kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K28 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 17{,}19 * 3650 * 52 = 326{,}3kNm$$

K29 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 12{,}57 * 3650 * 52 = 238{,}6kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K59 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 23{,}97 * 3650 * 52 = 455kNm$$

SZ06 ve S106 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(3771{,}5 + 20373{,}2\right) \geq 1{,}2 * \left(564{,}9\right)$$

$$24144{,}7kNm \geq 677{,}88kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(17156{,}4 + 16084{,}1\right) \geq 1{,}2 * \left(455\right)$$

$$33240{,}5kNm \geq 546kNm$$

<u>SZ07 – S107 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ07 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1057,85 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 105785 / (30*80*170)

n= 0,259

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{21{,}99 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}197$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}5 * 80^2 * 30 * 170 = 8160kNm$$

$$M_{rü-y} = 8160kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 349{,}9kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{34990}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}09$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}5 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}112$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,6 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$
$$M_x = 1{,}6 * 80 * 30^2 * 170 = 1958{,}4 kNm$$
$$M_{rü-x} = 1958{,}4 kNm$$

S107 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 913{,}6 kN$$
$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$
$$n = \frac{91360}{30 * 70 * 170}$$
$$n = 0{,}256$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{21{,}99 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}225$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,7 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}7 * 30^2 * 70 * 170 = 2891{,}7 kNm$$
$$M_{ra-y} = 2891{,}7 kNm$$
$$N_{g+q+ey} = 327{,}9 kN$$
$$n = \frac{32790}{30 * 70 * 170} = 0{,}09$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{12{,}5 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}128$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,65 olarak okunur.

$$M_x = 1{,}65 * 70 * 30^2 * 170 = 1767{,}2 kNm$$
$$M_{ra-x} = 1767{,}2 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K29 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 21{,}99 * 3650 * 52 = 417{,}37 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K61 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d^{'}\right) = 12{,}5 * 3650 * 52 = 237{,}3kNm$$

SZ07 ve S107 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(8160 + 1958{,}4\right) \geq 1{,}2 * \left(417{,}37\right)$$

$$10118{,}4kNm \geq 500{,}84kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(1958{,}4 + 1767{,}2\right) \geq 1{,}2 * \left(237{,}3\right)$$

$$3725{,}6kNm \geq 284{,}76kNm$$

<u>SZ08 – S108 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ08 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1329,43 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 1329,43 / (30*80*170)

n= 0,326

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{9{,}24 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}08$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,6 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 1{,}6 * 80 * 30^2 * 170 = 1958{,}4kNm$$

$$M_{rü-y} = 1958{,}4kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1479{,}57kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{147957}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}362$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{25,54 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0,228$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,7 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$
$$M_x = 2,7 * 80^2 * 30 * 170 = 8812,8kNm$$
$$M_{rü-x} = 8812,8kNm$$

S108 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1119,4kN$$
$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$
$$n = \frac{111940}{30 * 70 * 170}$$
$$n = 0,314$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{9,24 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,094$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=1,7 olarak okunur.

$$M_y = 1,7 * 30 * 70^2 * 170 = 4248,3kNm$$
$$M_{ra-y} = 4248,3kNm$$
$$N_{g+q+ey} = 1270,1kN$$
$$n = \frac{127010}{30 * 70 * 170} = 0,356$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{25,54 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,26$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=3,1 olarak okunur.

$$M_x = 3,1 * 70^2 * 30 * 170 = 7746,9kNm$$
$$M_{ra-x} = 7746,9kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K45 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d^{'}\right) = 9{,}24 * 3650 * 52 = 175{,}4kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K51 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d^{'}\right) = 16{,}3 * 3650 * 52 = 309{,}4kNm$$

K52 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d^{'}\right) = 9{,}24 * 3650 * 52 = 175{,}4kNm$$

SZ08 ve S108 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(1958{,}4 + 4248{,}3\right) \geq 1{,}2 * \left(175{,}4\right)$$

$$6206{,}7kNm \geq 210{,}48kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(8812{,}8 + 7746{,}9\right) \geq 1{,}2 * \left(484{,}8\right)$$

$$16559{,}7kNm \geq 581{,}76kNm$$

<u>SZ09 – S109 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ09 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1676,99 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 167699 / (30*105*170)

n= 0,313

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{28{,}09 * 3650}{30 * 105 * 170} = 0{,}191$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2{,}5 * 105^2 * 30 * 170 = 14056{,}9 kNm$$

$$M_{rü-y} = 14056{,}9 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1443{,}38 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{144338}{30 * 105 * 170}$$

$$n = 0{,}27$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{19{,}1 * 3650}{30 * 105 * 170} = 0{,}13$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 2 * 105 * 30^2 * 170 = 3213 kNm$$

$$M_{rü-x} = 3213 kNm$$

S109 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1398{,}5 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{139850}{30 * 105 * 170}$$

$$n = 0{,}261$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{28{,}09 * 3650}{30 * 105 * 170} = 0{,}191$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = 2{,}5 * 30^2 * 105 * 170 = 4016{,}3kNm$$

$$M_{ra-y} = 4016{,}3kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1215{,}6kN$$

$$n = \frac{121560}{30 * 105 * 170} = 0{,}227$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{19{,}1 * 3650}{30 * 105 * 170} = 0{,}13$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2 olarak okunur.

$$M_x = 2 * 105 * 30^2 * 170 = 3213kNm$$

$$M_{ra-x} = 3213kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K46 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 18{,}85 * 3650 * 52 = 357{,}8kNm$$

K47 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 9{,}42 * 3650 * 52 = 178{,}8kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K59 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 11{,}4 * 3650 * 52 = 216{,}4kNm$$

K60 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 7{,}7 * 3650 * 52 = 146{,}1kNm$$

SZ09 ve S109 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(14056{,}9 + 4016{,}3\right) \geq 1{,}2 * \left(536{,}6\right)$$

$$18073{,}2kNm \geq 643{,}92kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(3213 + 3213\right) \geq 1{,}2 * \left(362{,}5\right)$$

$$6426kNm \geq 435kNm$$

SZ10 – S110 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,

SZ10 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1685,44 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 168544 / (30*80*170)

n= 0,413

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18,85 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0,17$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,4 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 2,4 * 80 * 30^2 * 170 = 2937,6 kNm$$

$$M_{rü-y} = 2937,6 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1302,35 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{130235}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0,319$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{31,42 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0,281$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=3,3 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 3,3 * 80^2 * 30 * 170 = 10771,2 kNm$$

$$M_{rü-x} = 10771,2 kNm$$

S110 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1429,6kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{142960}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0,4$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{18,85 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,193$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=2,5 olarak okunur.

$$M_y = 2,5 * 30 * 70^2 * 170 = 6247,5kNm$$

$$M_{ra-y} = 6247,5kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1106,8kN$$

$$n = \frac{110680}{30 * 70 * 170} = 0,31$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{31,42 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0,32$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=3,5 olarak okunur.

$$M_x = 3,5 * 70^2 * 30 * 170 = 8746,5kNm$$

$$M_{ra-x} = 8746,5kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K47 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 9,24 * 3650 * 52 = 175,4kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K61 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 12,5 * 3650 * 52 = 237,3kNm$$

K62 kirişi ‘i’ ucu pozitif taşıma gücü momenti

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 9,42 * 3650 * 52 = 178,8kNm$$

SZ10 ve S110 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2937{,}6 + 6247{,}5\right) \geq 1{,}2 * \left(175{,}4\right)$$

$$9185{,}1kNm \geq 210{,}48kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(10771{,}2 + 8746{,}5\right) \geq 1{,}2 * \left(416{,}1\right)$$

$$19517{,}7kNm \geq 499{,}32kNm$$

<u>SZ11 – S111 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ11 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 596,64 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 59664 / (30*80*170)

n= 0,146

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{7{,}7 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}07$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,4 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 1{,}4 * 80^2 * 30 * 170 = 4569{,}6kNm$$

$$M_{rü-y} = 4569{,}6kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1235{,}33kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{123533}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}303$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{9{,}36 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}08$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,6 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$
$$M_x = 1{,}6 * 80 * 30^2 * 170 = 1958{,}4 kNm$$
$$M_{rü-x} = 1958{,}4 kNm$$

S111 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 556{,}4 kN$$
$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$
$$n = \frac{55640}{30 * 70 * 170}$$
$$n = 0{,}16$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{7{,}7 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}08$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=1,6 olarak okunur.

$$M_y = 1{,}6 * 30^2 * 70 * 170 = 1713{,}6 kNm$$
$$M_{ra-y} = 1713{,}6 kNm$$
$$N_{g+q+ey} = 1054{,}5 kN$$
$$n = \frac{105450}{30 * 70 * 170} = 0{,}295$$
$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$
$$w = \frac{9{,}36 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}1$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,8 olarak okunur.

$$M_x = 1{,}8 * 70 * 30^2 * 170 = 1927{,}8 kNm$$
$$M_{ra-x} = 1927{,}8 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K48 kirişi ‘i’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{ri} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 7{,}7 * 3650 * 52 = 146{,}15 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K52 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 9{,}36 * 3650 * 52 = 177{,}7 kNm$$

SZ11 ve S111 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(4569{,}6 + 1713{,}6\right) \geq 1{,}2 * \left(146{,}15\right)$$

$$6283{,}2 kNm \geq 175{,}32 kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(1958{,}4 + 1927{,}8\right) \geq 1{,}2 * \left(177{,}7\right)$$

$$3886{,}2 kNm \geq 213{,}24 kNm$$

<u>SZ12 – S112 kolonlarının birleştiği düğüm noktası,</u>

SZ12 kolonu moment taşıma gücü

N_{g+q+ex}= 1538,62 kN eksenel kuvvet için

n= N / (b*h*fcd)

n= 153862 / (30*80*170)

n= 0,377

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{10{,}9 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}1$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,65 olarak okunur.

$$M_y = m * b * h^2 * f_{cd}$$

$$M_y = 1{,}65 * 80^2 * 30 * 170 = 5385{,}6 kNm$$

$$M_{rü-y} = 5385{,}6 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1548{,}62 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{154862}{30 * 80 * 170}$$

$$n = 0{,}38$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}57 * 3650}{30 * 80 * 170} = 0{,}112$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=1,9 olarak okunur.

$$M_x = m * b^2 * h * f_{cd}$$

$$M_x = 1{,}9 * 80 * 30^2 * 170 = 2325{,}6 kNm$$

$$M_{rü-x} = 2325{,}6 kNm$$

S112 kolonu moment taşıma gücü,

$$N_{g+q+ex} = 1313{,}3 kN$$

$$n = \frac{N}{b * h * f_{cd}}$$

$$n = \frac{131330}{30 * 70 * 170}$$

$$n = 0{,}37$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{10{,}9 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}111$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı işe m=1,8 olarak okunur.

$$M_y = 1{,}8 * 30^2 * 70 * 170 = 1927{,}8 kNm$$

$$M_{ra-y} = 1927{,}8 kNm$$

$$N_{g+q+ey} = 1317 kN$$

$$n = \frac{131700}{30 * 70 * 170} = 0{,}37$$

$$w = \frac{A_{s1,2} * f_{yd}}{b * h * f_{cd}}$$

$$w = \frac{12{,}57 * 3650}{30 * 70 * 170} = 0{,}13$$

Bileşik eğilme karşılıklı etki diyagramı içeren uygun abak yardımı ile m=2,1 olarak okunur.

$$M_x = 2{,}1 * 70 * 30^2 * 170 = 2249{,}1 kNm$$

$$M_{ra-x} = 2249{,}1 kNm$$

Düğüm noktasına x doğrultusunda saplanan kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K50 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 10{,}9 * 3650 * 52 = 206{,}9 kNm$$

Düğüm noktasına y doğrultusunda saplana kirişlerin taşıma gücü momentleri;

K62 kirişi ‘j’ ucu negatif taşıma gücü momenti,

$$M_{rj} = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right) = 12{,}57 * 3650 * 52 = 238{,}6 kNm$$

SZ12 ve S112 kolonları kesişiminden oluşan düğüm noktasında ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu,

$$\left(M_{ra-y} + M_{rü-y}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(5385{,}6 + 1927{,}8\right) \geq 1{,}2 * \left(206{,}9\right)$$

$$7313{,}4 kNm \geq 248{,}28 kNm$$

$$\left(M_{ra-x} + M_{rü-x}\right) \geq 1{,}2 * \left(M_{ri} + M_{rj}\right)$$

$$\left(2325{,}6 + 2249{,}1\right) \geq 1{,}2 * \left(238{,}6\right)$$

$$4574{,}7 kNm \geq 286{,}32 kNm$$

8.2.4. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ gereğince, süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerinde, kolon-kiriş birleşimleri,

a. Kirişlerin kolon dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3/4' ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi 'kuşatılmış birleşim'

b. Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, 'kuşatılmamış birleşim' olarak tanımlanacaktır.

Yönetmelikteki açıklamalara göre yapıdaki tüm kolonlar 'kuşatılmamış birleşim' sınıfına girmektedir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti,

$$V_e = 1{,}25 * f_{yk} * \left(A_{s1} + A_{s2}\right) - V_{kol} \qquad \textbf{(8.30)}$$

denklemi ile hesaplanacaktır ve kuşatılmamış birleşimlerde,

$$V_e \le 0{,}45 * b_j * h * f_{cd} \qquad \textbf{(8.31)}$$

X doğrultusunda kuşatılmamış birleşim kontrolleri

SZ01-S101 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 18{,}85 - 102{,}2 = 887{,}4kN$

$V_e = 887{,}4 \le 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ02-S102 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 18{,}85 - 108 = 881{,}63kN$

$V_e = 881{,}63 \le 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ03-S103 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 21{,}99 - 120{,}52 = 1034kN$

$V_e = 1034 \le 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ04-S104 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 14{,}04 - 93{,}95 = 643{,}15kN$

$V_e = 643{,}15 \le 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ05-S105 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 17{,}66 - 102{,}2 = 824{,}95kN$

$V_e = 824{,}95 \le 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ06-S106 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 21{,}81 - 132{,}4 = 1012{,}6kN$

$V_e = 1012{,}6 \le 0{,}45 * 30 * 145 * 170 = 3327{,}8kN$

SZ07-S107 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 21{,}99 - 118{,}61 = 1035{,}87kN$

$V_e = 1035{,}87 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ08-S108 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 9{,}24 - 52{,}35 = 432{,}75kN$

$V_e = 432{,}75 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ09-S109 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 31{,}42 - 266{,}07 = 1383{,}48kN$

$V_e = 1383{,}48 \leq 0{,}45 * 30 * 105 * 170 = 2409{,}8kN$

SZ10-S110 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 9{,}42 - 55{,}3 = 439{,}25kN$

$V_e = 439{,}25 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ11-S111 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 7{,}7 - 48{,}5 = 404{,}25kN$

$V_e = 404{,}25 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ12-S112 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 10{,}9 - 63{,}85 = 508{,}4kN$

$V_e = 508{,}4 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

Y doğrultusunda kuşatılmamış birleşim kontrolleri,

SZ01-S101 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 12{,}44 - 74{,}57 = 578{,}53kN$

$V_e = 578{,}53 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ02-S102 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 13{,}98 - 83{,}3 = 650{,}65kN$

$V_e = 650{,}65 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ03-S103 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 12{,}57 - 66{,}6 = 593{,}3kN$

$V_e = 593{,}3 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ04-S104 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 18{,}6 - 107{,}8 = 868{,}7kN$

$V_e = 868{,}7 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5kN$

SZ05-S105 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 21{,}68 - 102{,}2 = 1036 kN$

$V_e = 1036 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

SZ06-S106 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 23{,}97 - 236 = 1022{,}4 kN$

$V_e = 1022{,}4 \leq 0{,}45 * 30 * 145 * 170 = 3327{,}8 kN$

SZ07-S107 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 12{,}5 - 70{,}1 = 586{,}2 kN$

$V_e = 586{,}2 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

SZ08-S108 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 25{,}54 - 150{,}3 = 1190{,}55 kN$

$V_e = 1190{,}55 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

SZ09-S109 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 19{,}1 - 127{,}8 = 874{,}95 kN$

$V_e = 874{,}95 \leq 0{,}45 * 30 * 105 * 170 = 2409{,}8 kN$

SZ10-S110 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 28{,}27 - 165{,}9 = 1318{,}3 kN$

$V_e = 1318{,}3 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

SZ11-S111 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 9{,}36 - 53{,}7 = 437{,}7 kN$

$V_e = 437{,}7 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

SZ12-S112 no' lu düğüm noktası için,

$V_e = 1{,}25 * 42 * 12{,}57 - 78{,}6 = 581{,}3 kN$

$V_e = 581{,}3 \leq 0{,}45 * 30 * 70 * 170 = 1606{,}5 kN$

8.3. Perde Betonarme Hesapları

Perdelerde kolonlar gibi bileşik eğilme etkisindeki elemanlardır ve boyutlandırma da kolonlar için verilen birçok bilgi aynen geçerlidir.

Perdelerin betonarme hesabı yapılırken kolonlardan farklı olarak bileşik eğilme abakları kullanılmıştır. Belirtilen abaklar incelendiği taktirde perde boyuna donatısını belirlemek için gerekli olan, perdeye gelen eksenel kuvvet ve perde güçlü ekseni etrafındaki eğilme momentidir.

‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ te perdeler ile alakalı koşullar:

a. Enkesit koşulları

b. Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği

c. Gövde donatısı koşulları

d. Gövde donatılarının düzenlenmesi

e. Perde uç bölgelerinde donatı koşulları

f. Tasarım eğilme momentleri

g. Perdelerin kesme güvenliği

başlıkları altında toplanmıştır.

PZ01 Perdesi betonarme hesabı

b_w=30 cm.

l_w=h=270 cm.

H_w=2400cm.

Kritik perde yüksekliğinin belirlenmesi;

$l_w \le H_{cr} \le 2 * l_w$, $\quad 270 \le H_{cr} \le 540$

$H_w / 6 \le H_{cr} \le 2 * l_w$, $\quad 400 \le H_{cr} \le 540$

$H_{cr} = 540cm = 5{,}4m$

Perde uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi

PZ01 perdesi bulunduğu kat itibari ile bütünüyle kritik perde yüksekliği içerisindedir ve uç bölgesi uzunluğu;

$l_u \ge 2 * b_w$, $\quad l_u \ge 60cm$

$l_u \ge 0{,}2 * l_w$, $\quad l_u \ge 54cm$

$l_u = 60cm$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin her birinde kullanılacak minimum donatı oranı $\rho_{\min} = 0{,}002$ olacaktır.

Hesap kesit tesirleri;

$N_d = 2361{,}26kN$

$M_d = 444{,}21kNm$

$V_d = 472{,}25kN$

$n = N_d / (b * h * f_{cd}) = 236126 / (30 * 270 * 170) = 0{,}171$

$m = M_d / (b * h^2 * f_{cd}) = 4442100 / (30 * 270^2 * 170) = 0{,}012$

Bileşik eğilme tablosu yardımı ile yukarıdaki (n,m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde uç bölgelerinin her birinde A_{smin} kullanılacaktır.

$A_{s\min} = 0{,}002 * b_w * l_w = 0{,}002 * 30 * 270 = 16{,}2cm^2$

Seçilen boyuna donatı $10\phi 16 = 20{,}11cm^2 \geq 16{,}2cm^2$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi;

Perdenin her iki yüzünde kullanılacak olan gövde donatılarının her biri için bu donatıların toplam enkesit alanının perde uç bölgeleri arasında kalan brüt perde enkesit alanına oranı 0,0025' den az olmayacaktır.

$\sum A_{s\min-gövde} = 0{,}0025 * 30 * 150 = 11{,}25cm^2$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$A_{s\min-gövde} / 2 = 11{,}25 / 2 = 5{,}63cm^2$

Secilen gövde donatısı ve alanı,

$\phi 12 / 20 = 5{,}65cm^2 / m \geq 5{,}63cm^2 / m$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$s \leq b_w / 2 = 30 / 2 = 15cm$

$s \leq 10cm$

$s \geq 5cm$

Koşulları gereği s=10 cm olarak seçilir.

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * s * b_k * (f_{ck} / f_{ywk})$

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * 10 * 57 * (250 / 4200)$

$A_{sh} \geq 1{,}7cm^2$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$\phi 12 / 10 = 2{,}26cm^2 \geq 1{,}7cm^2$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$V_d \le V_r = A_{ch} * (0{,}65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{ywd})$

$472{,}25 \le 30 * 270 * (0{,}65 * 11{,}5 + 0{,}00251 * 3650) = 1347{,}6kN$

$V_d \le 0{,}22 * A_{ch} * f_{cd}$

$472{,}25 \le 0{,}22 * 30 * 270 * 170 = 3029{,}4kN$

PZ02 Perdesi betonarme hesabı

b_w=30 cm.

l_w=h=270 cm.

H_w=2400cm.

Kritik perde yüksekliğinin belirlenmesi;

$l_w \le H_{cr} \le 2 * l_w, \qquad 270 \le H_{cr} \le 540$

$H_w / 6 \le H_{cr} \le 2 * l_w, \qquad 400 \le H_{cr} \le 540$

$H_{cr} = 540cm = 5{,}4m$

Perde uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi

PZ02 perdesi bulunduğu kat itibari ile bütünüyle kritik perde yüksekliği içerisindedir ve uç bölgesi uzunluğu;

$l_u \ge 2 * b_w, \qquad l_u \ge 60cm$

$l_u \ge 0{,}2 * l_w, \qquad l_u \ge 54cm$

$l_u = 60cm$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin her birinde kullanılacak minimum donatı oranı $\rho_{\min} = 0{,}002$ olacaktır.

Hesap kesit tesirleri;

$N_d = 1473{,}76kN$

$M_d = 326{,}05kNm$

$V_d = 327{,}61kN$

$n = N_d / (b * h * f_{cd}) = 147376 / (30 * 270 * 170) = 0{,}107$

$m = M_d / (b * h^2 * f_{cd}) = 3260500 / (30 * 270^2 * 170) = 0{,}0088$

Bileşik eğilme tablosu yardımı ile yukarıdaki (n,m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde uç bölgelerinin her birinde A_{smin} kullanılacaktır.

$A_{s\min} = 0{,}002 * b_w * l_w = 0{,}002 * 30 * 270 = 16{,}2cm^2$

Seçilen boyuna donatı $10\phi 16 = 20{,}11 cm^2 \geq 16{,}2 cm^2$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi;

Perdenin her iki yüzünde kullanılacak olan gövde donatılarının her biri için bu donatıların toplam enkesit alanının perde uç bölgeleri arasında kalan brüt perde enkesit alanına oranı 0,0025' den az olmayacaktır.

$\sum A_{s\,min-gövde} = 0{,}0025 * 30 * 150 = 11{,}25 cm^2$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$A_{s\,min-gövde} / 2 = 11{,}25 / 2 = 5{,}63 cm^2$

Secilen gövde donatısı ve alanı,

$\phi 12 / 20 = 5{,}65 cm^2 / m \geq 5{,}63 cm^2 / m$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$s \leq b_w / 2 = 30 / 2 = 15 cm$

$s \leq 10 cm$

$s \geq 5 cm$

Koşulları gereği s=10 cm olarak seçilir.

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * s * b_k * (f_{ck} / f_{ywk})$

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * 10 * 57 * (250 / 4200)$

$A_{sh} \geq 1{,}7 cm^2$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$\phi 12 / 10 = 2{,}26 cm^2 \geq 1{,}7 cm^2$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$V_d \leq V_r = A_{ch} * (0{,}65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{ywd})$

$327{,}61 \leq 30 * 270 * (0{,}65 * 11{,}5 + 0{,}00251 * 3650) = 1347{,}6 kN$

$V_d \leq 0{,}22 * A_{ch} * f_{cd}$

$327{,}61 \leq 0{,}22 * 30 * 270 * 170 = 3029{,}4 kN$

<u>PZ03 Perdesi betonarme hesabı</u>

b_w=30 cm.

l_w=h=285 cm.

H_w=2400cm.

Kritik perde yüksekliğinin belirlenmesi;

$l_w \le H_{cr} \le 2 * l_w, \qquad 270 \le H_{cr} \le 570$

$H_w / 6 \le H_{cr} \le 2 * l_w, \qquad 400 \le H_{cr} \le 570$

$H_{cr} = 570cm = 5,7m$

Perde uç bölgesi uzunluğunun belirlenmesi

PZ03 perdesi bulunduğu kat itibari ile bütünüyle kritik perde yüksekliği içerisindedir ve uç bölgesi uzunluğu;

$l_u \ge 2 * b_w, \qquad l_u \ge 60cm$

$l_u \ge 0,2 * l_w, \qquad l_u \ge 57cm$

$l_u = 60cm$

Perde uç bölgesi boyuna donatısının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin her birinde kullanılacak minimum donatı oranı $\rho_{\min} = 0,002$ olacaktır.

Hesap kesit tesirleri;

$N_d = 2585,76kN$
$M_d = 257,51kNm$
$V_d = 517,15kN$

$n = N_d / (b * h * f_{cd}) = 258576 / (30 * 285 * 170) = 0,178$
$m = M_d / (b * h^2 * f_{cd}) = 2575100 / (30 * 285^2 * 170) = 0,0062$

Bileşik eğilme tablosu yardımı ile yukarıdaki (n,m) ikilisine karşı gelen w değeri okunamamaktadır. Dolayısı ile perde uç bölgelerinin her birinde A_{smin} kullanılacaktır.

$A_{s\min} = 0,002 * b_w * l_w = 0,002 * 30 * 285 = 17,1cm^2$

Seçilen boyuna donatı $10\phi 16 = 20,11cm^2 \ge 17,1cm^2$

Perde boyunca kullanılacak yatay ve düşey gövde donatılarının belirlenmesi;

Perdenin her iki yüzünde kullanılacak olan gövde donatılarının her biri için bu donatıların toplam enkesit alanının perde uç bölgeleri arasında kalan brüt perde enkesit alanına oranı 0,0025' den az olmayacaktır.

$\sum A_{s\min - gövde} = 0,0025 * 30 * 165 = 12,4cm^2$

Perdenin bir yüzünde kullanılacak miktar,

$A_{s\min - gövde} / 2 = 12,4 / 2 = 6,2cm^2$

Secilen gövde donatısı ve alanı,

$\phi 12/15 = 7{,}54 cm^2/m \geq 6{,}2 cm^2/m$

Perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatının belirlenmesi;

Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinde kullanılacak enine donatı arası mesafe;

$s \leq b_w/2 = 30/2 = 15 cm$

$s \leq 10 cm$

$s \geq 5 cm$

Koşulları gereği s=10 cm olarak seçilir.

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * s * b_k * (f_{ck} / f_{ywk})$

$A_{sh} \geq (2/3) * 0{,}075 * 10 * 57 * (250/4200)$

$A_{sh} \geq 1{,}7 cm^2$

Seçilen enine donatı ve aralığı,

$\phi 12/10 = 2{,}26 cm^2 \geq 1{,}7 cm^2$

Perdenin kesme dayanımının belirlenmesi;

$V_d \leq V_r = A_{ch} * (0{,}65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{ywd})$

$517{,}15 \leq 30 * 285 * (0{,}65 * 11{,}5 + 0{,}00305 * 3650) = 1590{,}94 kN$

$V_d \leq 0{,}22 * A_{ch} * f_{cd}$

$517{,}15 \leq 0{,}22 * 30 * 285 * 170 = 3197{,}7 kN$

8.4. Temel Betonarme Hesapları

8.4.1. Temel plağı kalınlığı hesabı

Temel plağı kalınlığı ‘zımbalama kontrolünü’ sağlayacak biçimde belirlenecektir. Bu kontrol gereğince,

$V_{pr} \geq V_{pd}$ **(8.32)**

$V_{pr} = \gamma * f_{ctd} * u_p * d$ **(8.33)**

koşulu sağlanmalıdır. Burada;

V_{pr} : Plak zımbalama taşıma gücü,

V_{pd} : Hesap zımbalama kuvveti,

γ : Katsayı

f_{ctd} : Beton hesap çekme dayanımı,

u_p : Zımbalama çevresi

d : İki doğrultudaki etkili derinliğin ortalamasını,

sembolize etmektedir.

‘1,4.g + 1,6.q’ arttırılmış düşey yükleri altında en büyük eksenel kuvvete sahip olan SB04 kolonu baz alınarak radye temelin ortalama etkili derinliği,

$V_{pd} = 2587,9kN$

$V_{pr} = 1 * 11,5 * 2 * (120 + 2 * d) * d$

$V_{pr} = 46 * d^2 + 2760 * d$

$V_{pr} \geq V_{pd}$

$46 * d^2 + 2760 * d = 258790$

$d = 50,8cm.$

olarak bulunur.

Hesaplanan d=50,8 cm. değeri bir alt sınırdır. Radye temel kalınlığı;

h= 60 cm olarak seçilebilir.

8.4.2. Temel alanının belirlenmesi ve gerilme tahkikleri

Temel alanı belirlenirken kenar elemanlarda zımbalama çevresinin arttırılması ve zemin gerilmelerinin düşürülebilmesi açısından konsol düzenlemesine gidilir. Yani temel alanı yapı alanından daha büyük bir şekilde belirlenir. Genellikle konsolun boyu için tavsiye edilen ilgili doğrultudaki en büyük açıklığın 1/4’ ü ila 1/5’ i arasında olmasıdır. Buradan hareketle temelde konsol boyu 1m olarak seçilecek ve tüm yapı çevresince uygulanacaktır. Buna göre oluşan temel alanı;

$A_{temel} = 17,3 * 18,75 = 324,38m^2$

olarak hesaplanır.

<u>Gerilme kontrolü,</u>

Her bir yükleme için yapının yapmış olduğu yerdeğiştirmelere bakınca en büyük yerdeğiştirmenin MAX yüklemesinde olduğu saptanmıştır. Radye temel yüksekliği 60 cm.’ ye göre Sap2000’de hesap yapılınca maksimum gerilmenin zemin emniyet gerilmesini aştığı gözlemlenmiştir. O yüzden temel yüksekliği 80 cm.’ ye göre hesap yapılmıştır.

h_{radye}= 80 cm seçildi.

$u_{max} = 0,002884m$

$$\sigma_{\max} = C_z * u_{\max} \quad \textbf{(8.34)}$$

$$\sigma_{\max} = 100000 * 0{,}002884$$
$$\sigma_{\max} = 288{,}4 kN/m^2 < 300 kN/m^2$$

Burada;

U_{max} : yükleme sonucunda oluşan en büyük yer değiştirme,

C_z : zemin yatak katsayısı (kN/m^3),

$\sigma_{\max}$: en büyük normal gerilme,

σ_{zemn} : zemin emniyet gerilmesini,

temsil etmektedir.

8.4.3. Temel eğilme (boyuna) donatısı hesabı

Radye temeller basit eğilmeye maruz elemanlardır. Boyutlandırma kiriş ve döşemelerde olduğu gibi kesite etkiyen en büyük eğilme momentleri baz alınarak yapılır.

Temellerde boyuna donatı için çift doğrultuda çalışan döşemelerde ki minimum koşullara uyulması tavsiye edilir. Çift doğrultuda çalışan döşemeler için ise T.S. 500-2000' de 'iki doğrultuda ki donatı oranları toplamı S420 için 0,0035' den az olamaz. Donatı aralığı ise, tablasız döşeme kalınlığının 1,5 katından ve kısa doğrultuda 200mm, uzun doğrultuda 250mm,' den fazla olamaz' koşulunu öngörmektedir.

Buna göre;

Radye temelde kullanılmak zorunda olan minimum donatı oranı ve donatı miktarları;

$$\rho_{\min} = 0{,}0035$$
$$\rho_{x\min} = \rho_{y\min} = 0{,}00175$$
$$A_{s-x\min} = A_{s-y\min} = 0{,}00175 * 100 * 75 = 13{,}125 cm^2$$

Radye temelin tümünde alt ve üste yerleştirilecek olan boyuna donatı,

$$\phi 18/15 = 16{,}96 cm^2$$

Seçilen boyuna donatı ile karşılanabilecek eğilme momenti,

$$M_r = A_s * f_{yd} * \left(d - d'\right)$$
$$M_r = 16{,}96 * 3650 * \left(75 - 5\right)$$
$$M_r = 433{,}3 kNm/m$$

Sap 2000 programı aracılığı ile temel, üst yapı ile birlikte analiz edilmiştir. Temel boyunca $\phi 18/15$ aralıkla yerleştirilen alt ve üst donatının karşılayabileceği eğilme

momenti değerini (M_r=433,3 kNm/m) aşan bölgelerde ek donatı hesabı yapılacaktır.

x doğrultusunda ek donatı hesabı;

SB03 kolonu altında,

$$M_d = 513,2kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{513,2}$$

K=109,6*10^{-5} için k_s=2,87

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,87 * 513,2}{0,75} = 19,63cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 19,63 - 16,96 = 2,67cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 14/33 = 4,67cm^2 \geq 2,67cm^2$$

SB04 kolonu altında,

$$M_d = 666,8kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{666,8}$$

K=84,4*10^{-5} için k_s=2,888

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,888 * 666,8}{0,75} = 25,68cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 25,68 - 16,96 = 8,72cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/20 = 10,05cm^2 \geq 8,72cm^2$$

SB06 kolonu altında,

$$M_d = 702,3kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{702,3}$$

K=80,1*10^{-5} için k_s=2,892

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,892 * 702,3}{0,75} = 27,1cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 27,1 - 16,96 = 10,14cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/19 = 10,58cm^2 \geq 10,14cm^2$$

SB08 kolonu altında,

$$M_d = 616,5kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{616,5}$$

K=91,2*10^{-5} için k_s=2,88

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,88 * 616,5}{0,75} = 23,67cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 23,67 - 16,96 = 6,71cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/30 = 6,7cm^2 \geq 6,71cm^2$$

PB01 perdesi altında,

$$M_d = 847,2kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{847,2}$$

K=66,4*10^{-5} için k_s=2,92

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,92 * 847,2}{0,75} = 32,98cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 32,98 - 16,96 = 16,02cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 18/15 = 16,96cm^2 \geq 16,02cm^2$$

PB03 perdesi altında,

$$M_d = 526,8kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{526,8}$$

K=106,8*10^{-5} için k_s=2,872

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,872 * 526,8}{0,75} = 20,17cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 20,17 - 16,96 = 3,21cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 14/33 = 4,67cm^2 \geq 3,21cm^2$$

y doğrultusunda ek donatı hesabı;

SB01 kolonu altında,

$$M_d = 492,4kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{492,4}$$

K=114,2*10^{-5} için k_s=2,866

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,866 * 492,4}{0,75} = 18,81cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 18,81 - 16,96 = 1,85cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 14/33 = 4,67cm^2 \geq 1,85cm^2$$

SB02 kolonu altında,

$$M_d = 537,3kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{537,3}$$

K=104,7*10^{-5} için k_s=2,872

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,872 * 537,3}{0,75} = 20,58cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 20,58 - 16,96 = 3,62cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 14/33 = 4,67cm^2 \geq 3,62cm^2$$

SB04 kolonu altında,

$$M_d = 601 kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{601}$$

K=93,6*10^{-5} için k_s=2,88

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,88 * 601}{0,75} = 23,08 cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 23,08 - 16,96 = 6,12 cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/30 = 6,7 cm^2 \geq 6,12 cm^2$$

SB05 kolonu altında,

$$M_d = 617,3 kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{617,3}$$

K=91,1*10^{-5} için k_s=2,88

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,88 * 617,3}{0,75} = 23,70 cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 23,70 - 16,96 = 6,74 cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/30 = 6,7 cm^2 \geq 6,74 cm^2$$

SB06 kolonu altında,

$$M_d = 632,3kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{632,3}$$

K=89*10^{-5} için k_s=2,88

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,88 * 632,3}{0,75} = 24,28cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 24,28 - 16,96 = 7,32cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/26 = 7,74cm^2 \geq 7,32cm^2$$

PB01 perdesi altında,

$$M_d = 579kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0,75^2}{579}$$

K=97,2*10^{-5} için k_s=2,88

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2,88 * 579}{0,75} = 22,23cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 22,23 - 16,96 = 5,27cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 16/33 = 6,1cm^2 \geq 5,27cm^2$$

SB09 kolonu altında,

$$M_d = 551{,}3 kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0{,}75^2}{551{,}3}$$

K=102*10^{-5} için k_s=2,877

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2{,}877 * 551{,}3}{0{,}75} = 21{,}15 cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 21{,}15 - 16{,}96 = 4{,}19 cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 14/33 = 4{,}67 cm^2 \geq 4{,}19 cm^2$$

PB03 perdesi altında,

$$M_d = 944{,}72 kNm$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d}$$

$$K = \frac{1 * 0{,}75^2}{944{,}72}$$

K=59,5*10^{-5} için k_s=2,94

$$A_s = \frac{k_s * M_d}{d}$$

$$A_s = \frac{2{,}94 * 944{,}72}{0{,}75} = 37{,}03 cm^2$$

$$A_{s-ger} = A_s - A_{s-mevcut}$$

$$A_{s-ger} = 37{,}03 - 16{,}96 = 20{,}07 cm^2$$

Seçilen ek donatı,

$$\phi 20/15 = 20{,}94 cm^2 \geq 20{,}07 cm^2$$

Tablo 8.8: Temel donatı hesabı

Kolon No	x yönü	y yönü	ek x yönü	ek y yönü
Tüm bölgede	ϕ 18/15	ϕ 18/15		
SB01 Kolonu				ϕ 14/33
SB02 Kolonu				ϕ 14/33
SB03 Kolonu			ϕ 14/33	
SB04 Kolonu			ϕ 16/20	ϕ 16/30
SB05 Kolonu				ϕ 16/30
SB06 Kolonu			ϕ 16/19	ϕ 16/26
SB07 Kolonu				
SB08 Kolonu			ϕ 16/30	
SB09 Kolonu				ϕ 14/33
SB10 Kolonu				
SB11 Kolonu				
SB12 Kolonu				
PB01 Perdesi			ϕ 18/15	ϕ 16/33
PB02 Perdesi				
PB03 Perdesi			ϕ 14/33	ϕ 20/15

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, her zaman depremle yaşayan ülkemizde yapılan yapıların düzensizlik durumlarında oluşabilecek hasarlar ve bu hasarların oluşmaması için gerekli önlemler anlatılmıştır.

Ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliği ve diğer birçok ülkelerin deprem yönetmeliklerinin ortak noktası insan hayatının korunmasıdır. İnsan hayatını korumak içinde yapının toptan göçmesini önlemek gerekmektedir. Bu toptan göçmeyi önlemek için de deprem yönetmelikleri bir takım kısıtlamalar (güçlü kolon-zayıf kiriş, etriye sıklaştırılması vb.) getirmiştir. Böylelikle yapı olabildiğince sünek bir yapı haline getirilmiş olmaktadır.

Üzerinde çalışılan yapı planda düzensiz bir yapı olup, söz konusu yapı hem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi hem de Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre Sap2000 programıyla modellendiğinde yapının büyük deformasyonlar yaptığını görülmüştür. Yapıda böyle büyük deformasyonların oluşması, yapının taşıyıcı sistemlerinin boyutlarının gereğinden fazla olmasına ya da donatı miktarının gereğinden fazla oluşmasına neden olmaktadır.

Burulma düzensizliği incelendiği zaman Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde bulunan burulma düzensizliği katsayısının Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan burulma düzensizliği katsayısından hem x hem de y yönünde daha büyük değerler olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar birbirinden çok farklıdır. Fakat rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar nispeten birbirine daha yakındır. Ayrıca Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre bulunan burulma düzensizliği katsayısının yönetmelikte verilen sınır katsayısından daha büyük değer almıştır. Bunun sonucunda da yapının Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre yapılan betonarme hesabında artırılmış burulma düzensizliği katsayısı kullanılmıştır.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği karşılaştırıldığı zaman, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yönteminde bulunan sonuçlar birbirine çok yakındır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan göreli kat ötelemeleri değerleri karşılaştırıldığı zaman y yönündeki göreli

kat ötelemeleri birbirine yakınken x yönünde -%5 kaydırılmasıyla bulunan sonuçlar birbirinden çok farklıdır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre bulunan ikinci mertebe etkilerinin değerleri karşılaştırıldığı zaman hem eşdeğer deprem yükü hem de modların süperpozisyonu yöntemine göre bulunan sonuçlar birbirlerine yakındır.

KAYNAKLAR

[1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.,** 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı , Beta Dağıtım, İstanbul.

[2] **Karaman, M., E.,** 2003. " Yerleşim Alanlarında Deprem Hasarlarını Arttırıcı Yönde Rol Oynayan Risk Faktörleri ", Pof. Dr. Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı, İnternet Araştırması

[3] **İnternet Araştırması,** www.benkoltd.com

[4] **A national İnstitute of Building Sciences Council,** 1995. A Nontechnical Explanation of the 1994 NEHRP Recommended Provisions.

[5] **Zacek, M.,** 2002. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ön Proje Aşaması , Yıldız Teknik Üniversitesi Basım, İstanbul.

[6] **Ansal, A.,** 1999. Depremde Yerel Zemin Davranışları . Bilim ve Teknik Dergisi.

[7] **Emin Tuna, M.,** 2001. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

[8] **Celep, Z., Kumbasar, N.,** 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.

[9] **Ersoy, U., Çıtıpıtıoğlu, E.,** 1998. Yüksek Yapıların Tasarım ve Yapımında İzlenecek Temel İlkeler , İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.

[10] **Bayülke, N.**,2000. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı , İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.

[11] **Tezcan, S., Alhan, C.,** 1999. Behavior Of İrregular Structures Under Earthquake Loading", TDV/ TR 027-44 Eylül 1999

[12] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 1998. İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi Yayın No:25.

[13] **Eurıcode8- 1998,** 1998**.** Eartquake Resistant Design of Structures**.**

[14] **TS- 500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[15] **TS-498,** 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Turgay AKÇA, 1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Cemal Artüz İlköğretim Okulu'nda, Orta öğrenimini Tülin Manço Ortaokulu'nda ve Lise öğrenimini Şişli Kaptanpaşa Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı Yapı Analizi ve Boyutlandırılması programında yüksek lisans öğrenimine başladı.

EK LİSTESİ

Ek A : Döşemelerden kirişlere gelen yüklerin saptanması

Ek B : Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı

EK A

Tablo A.1: Çatı katı döşemelerinden kirişlere gelen sabit yayılı yüklerin hesaplanması

Kiriş No	Kısa Açıklık (m)	Döşeme Yükü ($kN/m^{2)}$	Merdiven Yükü ($kN/m^{2)}$	Koordinatlar (m)	Trapez Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)	Üçgen Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)
K701	4,2	4,78		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 10,04 / 10,04 / 0
K702	3,2	4,78		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 7,65 / 7,65 / 0
K703	4,2	9,56		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 20,08 / 20,08 / 0
K704	2,95	4,78		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 7,05 / 7,05 / 0
K705	4,25	4,78		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 10,16 / 10,16 / 0	
K706	2,95	4,78		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 7,05 / 7,05 / 0
K706	1,8	4,78		0 / 0,9 / 2,05 / 2,95	0 / 4,3 / 4,3 / 0	
K707	3,2	4,78		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 7,65 / 7,65 / 0
K707	4,2	4,78		3,2 / 5,3 / 5,3 / 7,4		0 / 10,04 / 10,04 / 0
K707	3		5,56	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 8,34 / 8,34 / 0	
K708	1,8	4,78		0 / 0,9 / 1,3 / 2,2	0 / 4,3 / 4,3 / 0	
K708	2,2	4,78		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 5,26 / 5,26 / 0
K709	4,25	4,78		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 10,16 / 10,16 / 0	
K709	5,4	4,78		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 12,91 / 12,91 / 0
K710	3		5,56	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 8,34 / 8,34 / 0	
K711	2,2	4,78		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 5,26 / 5,26 / 0
K712	5,4	4,78		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 12,91 / 12,91 / 0
K713	3,2	4,78		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 7,65 / 7,65 / 0	
K714	3		5,56	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 8,34 / 8,34 / 0
K715	4,2	4,78		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 10,04 / 10,04 / 0	
K716	3,2	4,78		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 7,65 / 7,65 / 0	
K716	4,2	4,78		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 10,04 / 10,04 / 0	
K717	3		5,56	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 8,34 / 8,34 / 0
K718	4,2	4,78		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 10,04 / 10,04 / 0	
K719	4,2	4,78		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 10,04 / 10,04 / 0	
K719	2,95	4,78		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 7,05 / 7,05 / 0	
K719	1,8	4,78		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 4,3 / 4,3 / 0
K720	2,2	4,78		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 5,26 / 5,26 / 0	
K721	2,95	4,78		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 7,05 / 7,05 / 0	
K721	1,8	4,78		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 4,3 / 4,3 / 0
K721	4,25	4,78		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 10,16 / 10,16 / 0
K722	2,2	4,78		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 5,26 / 5,26 / 0	
K722	5,4	4,78		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 12,91 / 12,91 / 0	
K723	4,25	4,78		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 10,16 / 10,16 / 0
K724	5,4	4,78		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 12,91 / 12,91 / 0	

Tablo A.2: Normal kat döşemelerinden kirişlere gelen sabit yayılı yüklerin hesaplanması

Kiriş No	Kısa Açıklık (m)	Döşeme Yükü ($kN/m^{2)}$	Merdiven Yükü ($kN/m^{2)}$	Koordinatlar (m)	Trapez Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)	Üçgen Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)
K101	4,2	5,3		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 11,13 / 11,13 / 0
K102	3,2	5,44		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 8,71 / 8,71 / 0
K103	4,2	10,6		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 22,26 / 22,26 / 0
K104	2,95	5,44		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 8,03 / 8,03 / 0
K105	4,25	5,3		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 11,27 / 11,27 / 0	
K106	2,95	5,44		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 8,03 / 8,03 / 0
K106	1,8	5,44		0 / 0,9 / 2,05 / 2,95	0 / 4,9 / 4,9 / 0	
K107	3,2	5,44		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 8,71 / 8,71 / 0
K107	4,2	5,3		3,2 / 5,3 / 5,3 / 7,4		0 / 11,13 / 11,13 / 0
K107	3		5,56	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 8,34 / 8,34 / 0	
K108	1,8	5,44		0 / 0,9 / 1,3 / 2,2	0 / 4,9 / 4,9 / 0	
K108	2,2	5,44		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 6 / 6 / 0
K109	4,25	5,3		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 11,27 / 11,27 / 0	
K109	5,4	5,3		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 14,31 / 14,31 / 0
K110	3		5,56	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 8,34 / 8,34 / 0	
K111	2,2	5,44		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 6 / 6 / 0
K112	5,4	5,3		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 14,31 / 14,31 / 0
K113	3,2	5,44		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 8,71 / 8,71 / 0	
K114	3		5,56	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 8,34 / 8,34 / 0
K115	4,2	5,3		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 11,13 / 11,13 / 0	
K116	3,2	5,44		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 8,71 / 8,71 / 0	
K116	4,2	5,3		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 11,13 / 11,13 / 0	
K117	3		5,56	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 8,34 / 8,34 / 0
K118	4,2	5,3		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 11,13 / 11,13 / 0	
K119	4,2	5,3		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 11,13 / 11,13 / 0	
K119	2,95	5,44		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 8,03 / 8.03 / 0	
K119	1,8	5,44		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 4,9 / 4,9 / 0
K120	2,2	5,44		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 6 / 6 / 0	
K121	2,95	5,44		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 8,03 / 8,03 / 0	
K121	1,8	5,44		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 4,9 / 4,9 / 0
K121	4,25	5,3		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 11,27 / 11,27 / 0
K122	2,2	5,44		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 6 / 6 / 0	
K122	5,4	5,3		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 14,31 / 14,31 / 0	
K123	4,25	5,3		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 11,27 / 11,27 / 0
K124	5,4	5,3		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 14,31 / 14,31 / 0	

Tablo A.3: Çatı katı döşemelerinden kirişlere gelen hareketli yayılı yüklerin hesaplanması

Kiriş No	Kısa Açıklık (m)	Döşeme Yükü ($kN/m^{2)}$	Merdiven Yükü ($kN/m^{2)}$	Koordinatlar (m)	Trapez Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)	Üçgen Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)
K701	4,2	0,75		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 1,58 / 1,58 / 0
K702	3,2	0,75		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 1,2 / 1,2 / 0
K703	4,2	1,5		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 3,15 / 3,15 / 0
K704	2,95	0,75		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 1,11 / 1,11 / 0
K705	4,25	0,75		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 1,60 / 1,60 / 0	
K706	2,95	0,75		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 1,11 / 1,11 / 0
K706	1,8	0,75		0 / 0,9 / 2,05 / 2,95	0 / 0,68 / 0,68 / 0	
K707	3,2	0,75		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 1,2 / 1,2 / 0
K707	4,2	0,75		3,2 / 5,3 / 5,3 / 7,4		0 / 1,58 / 1,58 / 0
K707	3		3,5	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 5,25 / 5,25 / 0	
K708	1,8	0,75		0 / 0,9 / 1,3 / 2,2	0 / 0,68 / 0,68 / 0	
K708	2,2	0,75		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 0,83 / 0,83 / 0
K709	4,25	0,75		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 1,60 / 1,60 / 0	
K709	5,4	0,75		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 2,03 / 2,03 / 0
K710	3		3,5	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 5,25 / 5,25 / 0	
K711	2,2	0,75		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 0,83 / 0,83 / 0
K712	5,4	0,75		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 2,03 / 2,03 / 0
K713	3,2	0,75		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 1,2 / 1,2 / 0	
K714	3		3,5	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 5,25 / 5,25 / 0
K715	4,2	0,75		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 1,58 / 1,58 / 0	
K716	3,2	0,75		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 1,2 / 1,2 / 0	
K716	4,2	0,75		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 1,58 / 1,58 / 0	
K717	3		3,5	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 5,25 / 5,25 / 0
K718	4,2	0,75		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 1,58 / 1,58 / 0	
K719	4,2	0,75		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 1,58 / 1,58 / 0	
K719	2,95	0,75		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 1,11 / 1,11 / 0	
K719	1,8	0,75		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 0,68 / 0,68 / 0
K720	2,2	0,75		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 0,83 / 0,83 / 0	
K721	2,95	0,75		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 1,11 / 1,11 / 0	
K721	1,8	0,75		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 0,68 / 0,68 / 0
K721	4,25	0,75		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 1,6 / 1,6 / 0
K722	2,2	0,75		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 0,83 / 0,83 / 0	
K722	5,4	0,75		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 2,03 / 2,03 / 0	
K723	4,25	0,75		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 1,6 / 1,6 / 0
K724	5,4	0,75		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 2,03 / 2,03 / 0	

Tablo A.4: Normal kat döşemelerinden kirişlere gelen hareketli yayılı yüklerin hesaplanması

Kiriş No	Kısa Açıklık (m)	Döşeme Yükü ($kN/m^{2)}$	Merdiven Yükü ($kN/m^{2)}$	Koordinatlar (m)	Trapez Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)	Üçgen Yayılı Yük Plx / 2 (kN/m)
K101	4,2	2		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 4,2 / 4,2 / 0
K102	3,2	2		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 3,2 /3,2 / 0
K103	4,2	2		0 / 2,1 / 2,1 / 4,2		0 / 4,2 / 4,2 / 0
K104	2,95	2		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 2,95 / 2,95 / 0
K105	4,25	2		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 4,25 / 4,25 / 0	
K106	2,95	2		0 / 1,475 / 1,475 / 2,95		0 / 2,95 / 2,95 / 0
K106	1,8	2		0 / 0,9 / 2,05 / 2,95	0 / 1,8 / 1,8 / 0	
K107	3,2	2		0 / 1,6 / 1,6 / 3,2		0 / 3,2 / 3,2 / 0
K107	4,2	2		3,2 / 5,3 / 5,3 / 7,4		0 / 4,2 / 4,2 / 0
K107	3		3,5	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 5,25 / 5,25 / 0	
K108	1,8	2		0 / 0,9 / 1,3 / 2,2	0 / 1,8 / 1,8 / 0	
K108	2,2	2		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 2,2 / 2,2 / 0
K109	4,25	2		0 / 2,125 / 2,525 / 4,65	0 / 4,25 / 4,25 / 0	
K109	5,4	2		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 5,4 / 5,4 / 0
K110	3		3,5	0 / 1,5 / 3,5 / 5	0 / 5,25 / 5,25 / 0	
K111	2,2	2		0 / 1,1 / 1,1 / 2,2		0 / 2,2 / 2,2 / 0
K112	5,4	2		0 / 2,7 / 2,7 / 5,4		0 / 5,4 / 5,4 / 0
K113	3,2	2		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 3,2 / 3,2 / 0	
K114	3		3,5	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 5,25 / 5,25 / 0
K115	4,2	2		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 4,2 / 4,2 / 0	
K116	3,2	2		0 / 1,6 / 3,8 / 5,4	0 / 3,2 / 3,2 / 0	
K116	4,2	2		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 4,2 / 4,2 / 0	
K117	3		3,5	0 / 1,5 / 1,5 / 3		0 / 5,25 / 5,25 / 0
K118	4,2	2		0 / 2,1 / 3,4 / 5,5	0 / 4,2 / 4,2 / 0	
K119	4,2	2		0 / 2,1 / 3,3 / 5,4	0 / 4,2 / 4,2 / 0	
K119	2,95	2		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 2,95 / 2,95 / 0	
K119	1,8	2		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 1,8 / 1,8 / 0
K120	2,2	2		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 2,2 / 2,2 / 0	
K121	2,95	2		0 / 1,475 / 2,125 / 3,6	0 / 2,95 / 2,95 / 0	
K121	1,8	2		3,6 / 4,5 / 4,5 / 5,4		0 / 1,8 / 1,8 / 0
K121	4,25	2		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 4,25 / 4,25 / 0
K122	2,2	2		0 / 1,1 / 1,9 / 3	0 / 2,5 / 2,5 / 0	
K122	5,4	2		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 5,4 / 5,4 / 0	
K123	4,25	2		0 / 2,125 / 2,125 / 4,25		0 / 4,25 / 4,25 / 0
K124	5,4	2		0 / 2,7 / 2,85 / 5,55	0 / 5,4 / 5,4 / 0	

EK B

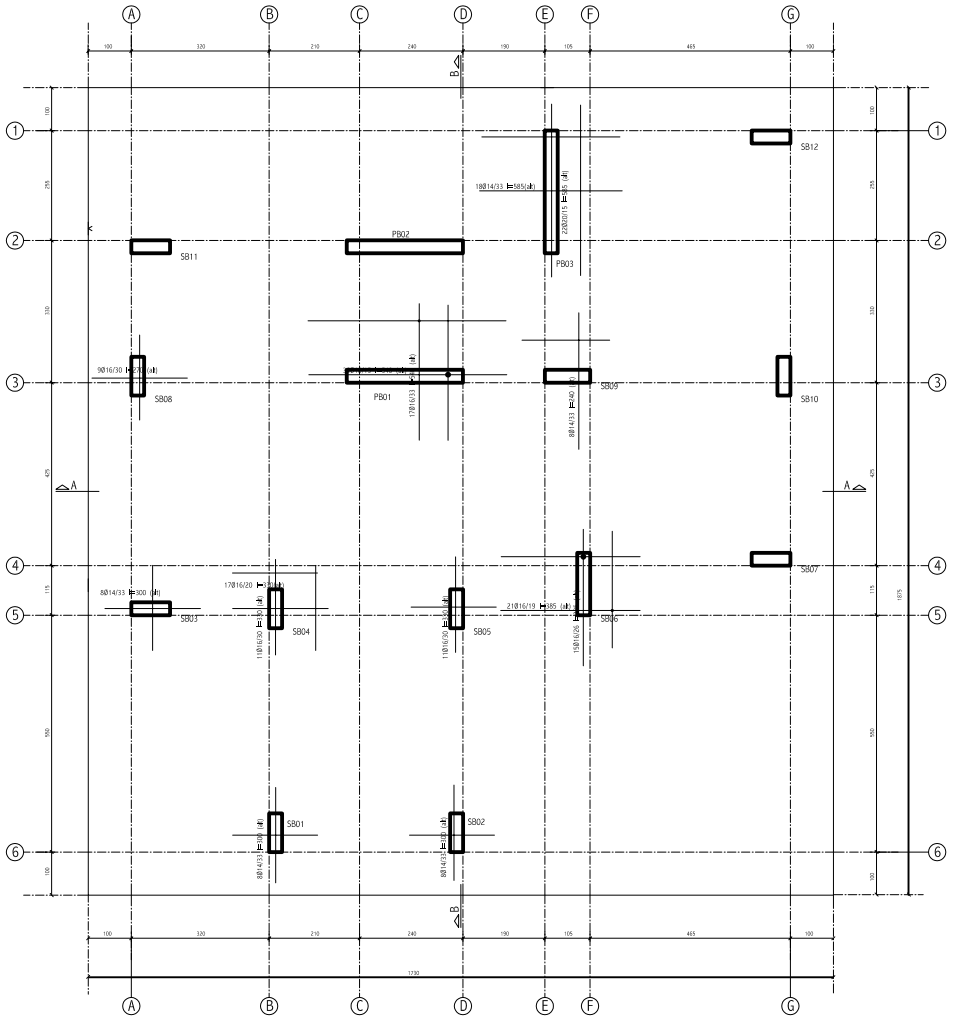
Tablo B.1: Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı										
	Mesnet	Konum	Md (kNm)	hf/d	b/bw	m	w	As (cm2)	Seçilen	Açıklama
K17	i	Üst	307,66	0,25	2,4	0,08015	0,085	15,962739	3 Φ 20 + 3 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	265,6	0,25	2,4	0,06919	0,074	13,896973	4 Φ 20 + 1 Φ 12	Alt Donatı + Ek
	Açıklık	Üst	143,32	0,25	2,4	0,03734	0,039	7,3240801	3 Φ 20	Montaj
		Alt	215,41	0,25	2,4	0,05612	0,057	10,704425	4 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	321,92	0,25	2,4	0,08387	0,087	16,338333	3 Φ 20 + 3 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	255,41	0,25	2,4	0,06654	0,068	12,770191	4 Φ 20 + 1 Φ 12	Alt Donatı + Ek
K18	i	Üst	347,7	0,25	1,87	0,11646	0,125	18,258034	3 Φ 20 + 3 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	281,81	0,25	1,87	0,09439	0,1	14,606428	4 Φ 20 + 2 Φ 14	Alt Donatı + Ek
	Açıklık	Üst	180,48	0,25	1,87	0,06045	0,063	9,2020494	3 Φ 20	Montaj
		Alt	227,61	0,25	1,87	0,07624	0,08	11,685142	4 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	168,07	0,25	1,87	0,0563	0,057	8,3256637		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	165,21	0,25	1,87	0,05534	0,056	8,1795994		Alt Donatı Yeterli
K27	i	Üst	127,79	0,25	2,67	0,02996	0,031	6,4685608		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	93,74	0,25	2,67	0,02198	0,023	4,7992548		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	55,71	0,25	2,67	0,01306	0,013	2,7126223	3 Φ 14	Montaj
		Alt	87,22	0,25	2,67	0,02045	0,021	4,3819283	4 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	149,9	0,25	2,67	0,03515	0,035	7,3032138	3 Φ 14 + 3 Φ 14	Montaj + Ek
		Alt	86,1	0,25	2,67	0,02019	0,021	4,3819283		Alt Donatı Yeterli
K28	i	Üst	146,76	0,25	1,8	0,05098	0,052	7,3240801	3 Φ 14 + 3 Φ 14	Montaj+ Ek
		Alt	157,26	0,25	1,8	0,05463	0,056	7,8874709	4 Φ 14 + 2 Φ 12	Alt Donatı + Ek
	Açıklık	Üst	85,14	0,25	1,8	0,02957	0,03	4,2254308	3 Φ 14	Montaj
		Alt	103,38	0,25	1,8	0,03591	0,037	5,2113647	4 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	234,85	0,25	1,8	0,08158	0,086	12,112902	3 Φ 14 + 3 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	139,74	0,25	1,8	0,04854	0,05	7,0423847	4 Φ 14 + 1 Φ 12	Alt Donatı + Ek
K29	i	Üst	247,42	0,25	2,57	0,06027	0,052	10,443596	4 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	191,65	0,25	2,57	0,04669	0,048	9,6402422		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	197,1	0,25	2,57	0,04801	0,049	9,8410806	4 Φ 20	Montaj
		Alt	215,7	0,25	2,57	0,05255	0,054	10,845272	4 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	340,34	0,25	2,57	0,08291	0,087	17,472939	4 Φ 20 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	248,16	0,25	2,57	0,06045	0,063	12,652818		Alt Donatı Yeterli

Tablo B.1: Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı										
	Mesnet	Konum	Md (kNm)	hf/d	b/bw	m	w	As (cm2)	Seçilen	Açıklama
K44	i	Üst	12,21	0,25	3	0,00257	0,01	2,3213787	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	13,93	0,25	3	0,00294	0,01	2,3213787		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	13,24	0,25	3	0,00279	0,01	2,3213787	2 Φ 14	Montaj
		Alt	39,23	0,25	3	0,00827	0,01	2,3213787	3 Φ 14	Alt Donatı (Asmin)
	j	Üst	37,85	0,25	3	0,00798	0,01	2,3213787	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	22,07	0,25	3	0,00465	0,01	2,3213787		Alt Donatı Yeterli
K45	i	Üst	177,82	0,25	2,33	0,04765	0,048	8,7638565	3 Φ 14 + 3 Φ 14	Montaj + Ek
		Alt	58,04	0,25	2,33	0,01555	0,016	2,9212855		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	71,68	0,25	2,33	0,01921	0,02	3,6516069	3 Φ 14	Montaj
		Alt	172,06	0,25	2,33	0,04611	0,048	8,7638565	6 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	27,73	0,25	2,33	0,00743	0,01	1,8258034	3 Φ14 + 1 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	1,43	0,25	2,33	0,00038	0,01	1,8258034		Alt Donatı Yeterli
K46	i	Üst	44,73	0,25	1,87	0,01498	0,016	2,3370284		Üst Donatı Yeterli
		Alt	29,96	0,25	1,87	0,01004	0,01	1,4606428		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	168,53	0,25	1,87	0,05645	0,058	8,471728	3 Φ 20	Montaj
		Alt	249,96	0,25	1,87	0,08373	0,088	12,853656	4 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	318,08	0,25	1,87	0,10654	0,107	15,628878	3 Φ 20 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	313,17	0,25	1,87	0,1049	0,107	15,628878		Alt Donatı Yeterli
K47	i	Üst	266,21	0,25	3,47	0,04801	0,05	13,563111	3 Φ 20 + 2 Φ 20	Montaj+ Ek
		Alt	147,22	0,25	3,47	0,02655	0,028	7,5953423		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	133,36	0,25	3,47	0,02405	0,027	7,3240801	3 Φ 20	Montaj
		Alt	138,38	0,25	3,47	0,02496	0,027	7,3240801	6 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	179,09	0,25	3,47	0,0323	0,034	9,2229157		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	119,67	0,25	3,47	0,02158	0,023	6,2390312		Alt Donatı Yeterli
K48	i	Üst	136,18	0,3	0,56	69,085	2,914	7,0862236	2 Φ 14 + 3 Φ 14	Montaj + Ek
		Alt	40,82	0,3	0,56	230,475	2,819	2,0548496		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	61,08	0,3	0,56	154,028	2,842	3,09981	2 Φ 14	Montaj
		Alt	83	0,3	0,56	113,349	2,868	4,2507857	3 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	9,79	0,3	0,56	960,981	2,78	0,4860036	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	7,82	0,3	0,56	1203,07	2,776	0,3876486		Alt Donatı Yeterli

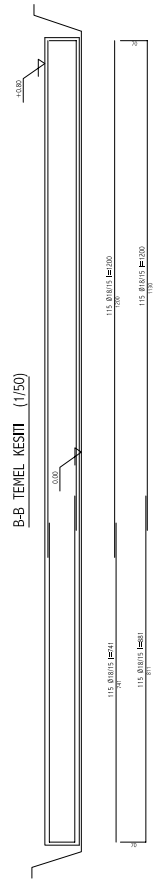
Tablo B.1: Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı										
	Mesnet	Konum	Md (kNm)	hf/d	b/bw	m	w	As (cm2)	Seçilen	Açıklama
K49	i	Üst	15,85	0,25	1,6	0,00619	0,01	1,2519795		
		Alt	14,44	0,25	1,6	0,00564	0,01	1,2519795		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	41,1	0,25	1,6	0,01606	0,017	2,1283652	2 Φ 14	Montaj
		Alt	66,25	0,25	1,6	0,02589	0,027	3,3803447	3 Φ 14	Alt Donatı (Asmin)
	j	Üst	86	0,25	1,6	0,03361	0,035	4,3819283	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	76,33	0,25	1,6	0,02983	0,031	3,8811365		Alt Donatı Yeterli
K50	i	Üst	81	0,25	4,6	0,01101	0,011	3,9593852	3 Φ 14 + 1 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	18,55	0,25	4,6	0,00252	0,01	3,5994411		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	69	0,25	4,6	0,00938	0,01	3,5994411	3 Φ 14	Montaj
		Alt	123,77	0,25	4,6	0,01682	0,017	6,1190498	4 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	189,51	0,25	4,6	0,02576	0,027	9,7184909	3 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	29,65	0,25	4,6	0,00403	0,01	3,5994411		Alt Donatı Yeterli
K51	i	Üst	208,71	0,25	3,87	0,03375	0,034	10,287098	3 Φ 20 + 1 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	116,94	0,25	3,87	0,01891	0,019	5,7486726		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	137,09	0,25	3,87	0,02217	0,023	6,9589194	3 Φ 20	Montaj
		Alt	135,28	0,25	3,87	0,02188	0,022	6,6563577	5 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	291,26	0,25	3,87	0,0471	0,049	14,825524	3 Φ 20 + 2 Φ 14 + 1 Φ 20	Üst Donatı + Ek
		Alt	133,82	0,25	3,87	0,02164	0,022	6,6563577		Alt Donatı Yeterli
K52	i	Üst	152,5	0,3	0,56	61,6918	2,932	7,9844643		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	172,24	0,3	0,56	54,6215	2,955	9,0887357	5 Φ 14 + 1 Φ 14	Alt Donatı + Ek
	Açıklık	Üst	52	0,3	0,56	180,923	2,833	2,6306429	2 Φ 14	Montaj
		Alt	128,92	0,3	0,56	72,9755	2,906	6,6900271	5 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	162,42	0,3	0,56	57,9239	2,945	8,5415518	2 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	102,01	0,3	0,56	92,2263	2,88	5,2462286		Alt Donatı Yeterli
K53	i	Üst	219,7	0,25	2,47	0,05569	0,057	11,00177	4 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	115,31	0,25	2,47	0,02923	0,031	5,9834187		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	111,23	0,25	2,47	0,02819	0,03	5,7904052	4 Φ 14	Montaj
		Alt	108,69	0,25	2,47	0,02755	0,029	5,5973917	4 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	215,3	0,25	2,47	0,05457	0,056	10,808756	4 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	106,47	0,25	2,47	0,02699	0,028	5,4043782		Alt Donatı Yeterli

Tablo B.1: Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı										
	Mesnet	Konum	Md (kNm)	hf/d	b/bw	m	w	As (cm2)	Seçilen	Açıklama
K54	i	Üst	229,47	0,25	3,87	0,03711	0,039	11,799907		
		Alt	22,24	0,25	3,87	0,0036	0,01	3,0256171		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	112,99	0,25	3,87	0,01827	0,02	6,0512343	4 Φ 14	Montaj
		Alt	105,81	0,25	3,87	0,01711	0,018	5,4461109	4 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	32,74	0,25	3,87	0,00529	0,01	3,0256171		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	15,62	0,25	3,87	0,00141	0,01	3,0256171		Alt Donatı Yeterli
K55	i	Üst	48,51	0,25	2	0,01517	0,016	2,503959	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asümin)
		Alt	53,07	0,25	2	0,01659	0,017	2,6604565		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	14,56	0,25	2	0,00455	0,01	1,5649744	2 Φ 14	Montaj
		Alt	44,06	0,25	2	0,01377	0,014	2,1909641	3 Φ 14	Alt Donatı (Asmin)
	j	Üst	75,72	0,25	2	0,02367	0,024	3,7559385	2 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek (Asümin)
		Alt	44,71	0,25	2	0,01398	0,015	2,3474616		Alt Donatı Yeterli
K56	i	Üst	241,07	0,25	2,47	0,06111	0,064	12,352864	5 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	150,54	0,25	2,47	0,03816	0,04	7,7205403		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	126,22	0,25	2,47	0,03199	0,032	6,1764322	5 Φ 14	Montaj
		Alt	137,77	0,25	2,47	0,03492	0,036	6,9484863	5 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	249,39	0,25	2,47	0,06322	0,066	12,738891	5 Φ 14 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	133,12	0,25	2,47	0,03374	0,035	6,7554728		Alt Donatı Yeterli
K57	i	Üst	200,64	0,25	3,17	0,03962	0,042	10,40708		
		Alt	77,19	0,25	3,17	0,01524	0,016	3,9646018		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	102,36	0,25	3,17	0,02021	0,021	5,2035398	5 Φ 14	Montaj
		Alt	113,1	0,25	3,17	0,02233	0,023	5,699115	5 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	133,96	0,25	3,17	0,02645	0,027	6,6902655		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	7,77	0,25	3,17	0,00153	0,01	2,4778761		Alt Donatı Yeterli
K58	i	Üst	75,75	0,25	1,8	0,02631	0,027	3,8028878		
		Alt	3,31	0,25	1,8	0,00115	0,012	1,6901723		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	32,62	0,25	1,8	0,01133	0,012	1,6901723	2 Φ 14	Montaj
		Alt	36,71	0,25	1,8	0,01275	0,013	1,83102	3 Φ 14	Alt Donatı (Asmin)
	j	Üst	60,75	0,25	1,8	0,0211	0,022	3,0986493	2 O 14 + 2 O 14	Montaj + Ek (Asümin)
		Alt	44,89	0,25	1,8	0,01559	0,017	2,3944108		Alt Donatı Yeterli

Tablo B.1: Kat kirişleri boyuna donatısı hesabı										
	Mesnet	Konum	Md (kNm)	hf/d	b/bw	m	w	As (cm2)	Seçilen	Açıklama
K59	i	Üst	379,68	0,25	3,83	0,06193	0,064	19,197019	3 Φ 22 + 3 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	274,45	0,25	3,83	0,04477	0,046	13,797857	4 Φ 20 + 1 Φ 12	Alt Donatı + Ek
	Açıklık	Üst	199,24	0,25	3,83	0,0325	0,033	9,898463	3 Φ 22	Montaj
		Alt	243,73	0,25	3,83	0,03975	0,042	12,598044	4 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	210,42	0,25	3,83	0,03432	0,036	10,798323		Montaj Donatısı Yeterli
		Alt	143,79	0,25	3,83	0,02345	0,024	7,1988822		Alt Donatı Yeterli
K60	i	Üst	142,6	0,25	3	0,02972	0,031	7,2771309	3 Φ 14 + 2 Φ 14	Montaj + Ek
		Alt	152,02	0,25	3	0,03168	0,033	7,7466232		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	63,69	0,25	3	0,01327	0,014	3,2864462	3 Φ 14	Montaj
		Alt	135,79	0,25	3	0,0283	0,03	7,0423847	5 Φ 14	Alt Donatı
	j	Üst	44,95	0,25	3	0,00937	0,01	2,3474616	3 Φ 14 + 1 Φ 14	Montaj + Ek (Asü-min)
		Alt	29,55	0,25	3	0,00616	0,01	2,3474616		Alt Donatı Yeterli
K61	i	Üst	214,17	0,25	2,13	0,06277	0,065	10,850489	3 Φ 20 + 2 Φ 14	Montaj + Ek
		Alt	179,35	0,25	2,13	0,05256	0,054	9,0142524		Alt Donatı Yeterli
	Açıklık	Üst	150,24	0,25	2,13	0,04403	0,045	7,511877	3 Φ 20	Montaj
		Alt	185,63	0,25	2,13	0,05441	0,056	9,3481136	3 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	286,41	0,25	2,13	0,08394	0,088	14,689893	3 Φ 20 + 2 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	218,65	0,25	2,13	0,06408	0,067	11,18435	3 Φ 20 + 1 Φ 20	Alt Donatı + Ek
K62	i	Üst	280,77	0,25	2,47	0,07117	0,075	14,476013		
		Alt	180,92	0,25	2,47	0,04586	0,047	9,0716348		
	Açıklık	Üst	160,67	0,25	2,47	0,04073	0,042	8,1065673	3 Φ 20	Montaj
		Alt	168,6	0,25	2,47	0,04274	0,044	8,4925943	3 Φ 20	Alt Donatı
	j	Üst	232,25	0,25	2,47	0,05887	0,061	11,773824	3 Φ 20 + 1 Φ 20	Montaj + Ek
		Alt	145,54	0,25	2,47	0,03689	0,038	7,3345133		Alt Donatı Yeterli



RADYE TEMEL APLIKASYON PLANI (1/50)

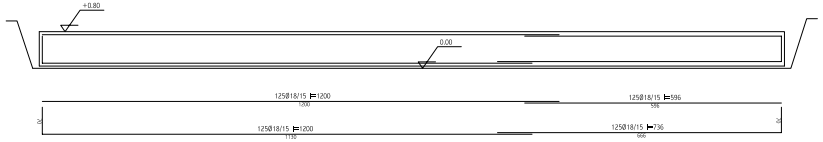


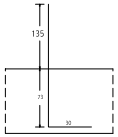
B-B TEMEL KESITI (1/50)



648Ø14 l=178 (sehpa 2 adet/m2)

A-A TEMEL KESITI (1/50)





TIPIK KOLON FILIZI

MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON: C25 f_{ck}=250 kg/cm²	ETKİN YER İVMESİ KATSAYISI: A0 = 0.40
	BİNA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
	TAŞIMA GÜCÜ DAVRANIŞ KATSAYISI: R = 7
ÇELİK: S 420a f_{yk}=4200 kg/cm²	YEREL ZEMİN SINIFI: ZZ2 T_A=0.15 sn, T_B=0.40 sn
	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ: 300 kN/m²
	ZEMİN DÜŞEY YATAK KATSAYISI: k_s= 100000 kN/m³

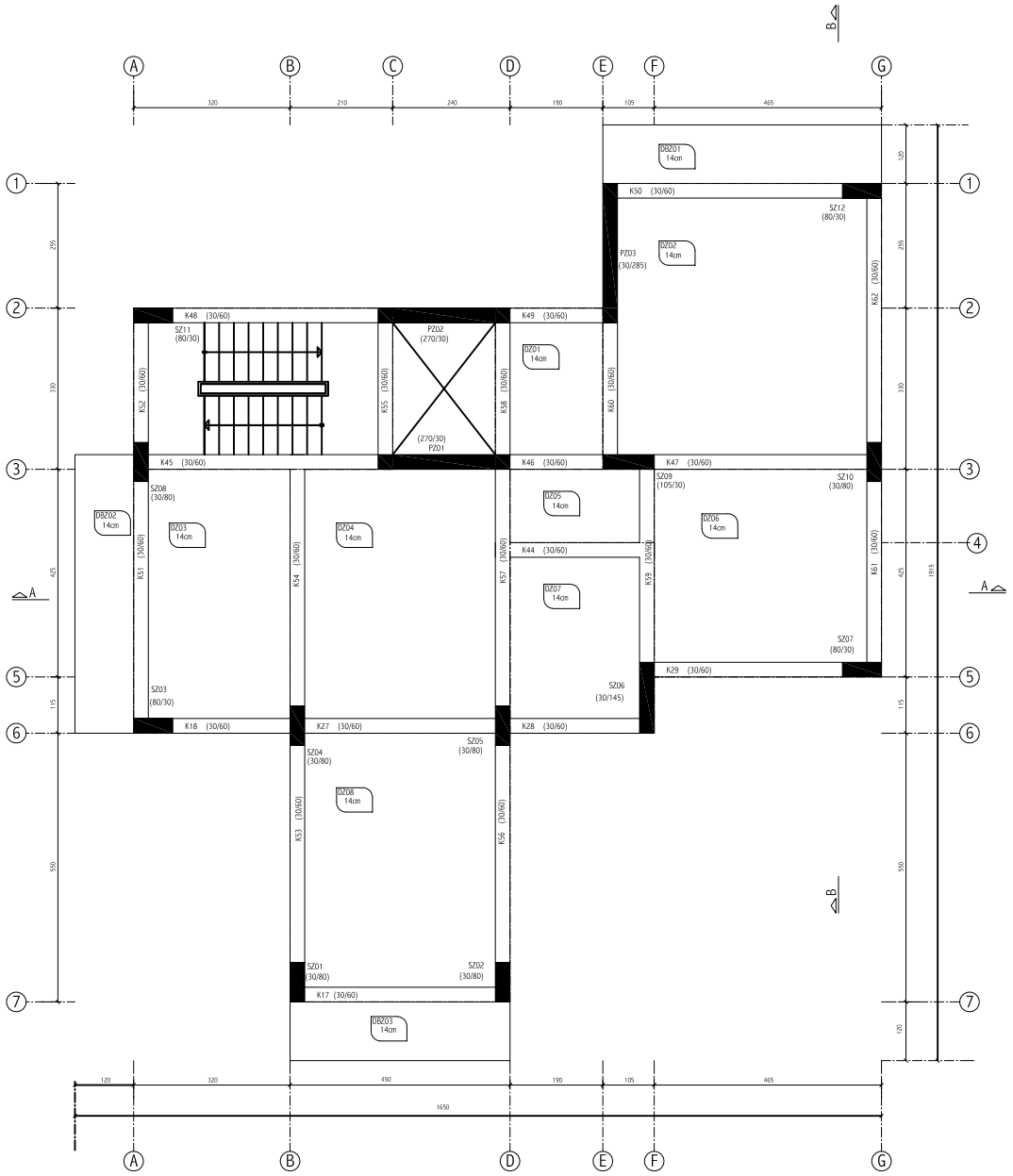
REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description

?STANBUL TEKN?K ÜN?. ?N?. FAK.

YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI

TEMEL KALIP PLANI

İŞ NO Job no	ÖLÇEK Scale	MALZEME Material	SIRA NO.ALT SIRA Sequence no.Subseq.	BOYUT Size	REVİZYON
-	1/50	BC III-C 25	S-01	A0	0
TARİH - Date	YAPAN - Made by	ÇİZİMİ - Drawn by	KONTROL - Checked by	ONAY - Approved by	
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof. Dr. T. AKSU ÖZKUL		



MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON: C25 f_{ck} =250 kg/cm?	ETKN YERVMES KATSAYISI: A_0 = 0.40
	BINA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
	TAKVIYESIZ DAVR. KATSAYISI: F 7
ÇELK: S 420a f_{yk} =4200 kg/cm?	YEREL ZEMINDE T1 = 0.15 sn, T2 = 0.40 sn
	ZEMN EMNYET GERLMES: 300 kN/m?
	ZEMN DEY YATAK KATSAYISI: 4000000 kN/m?

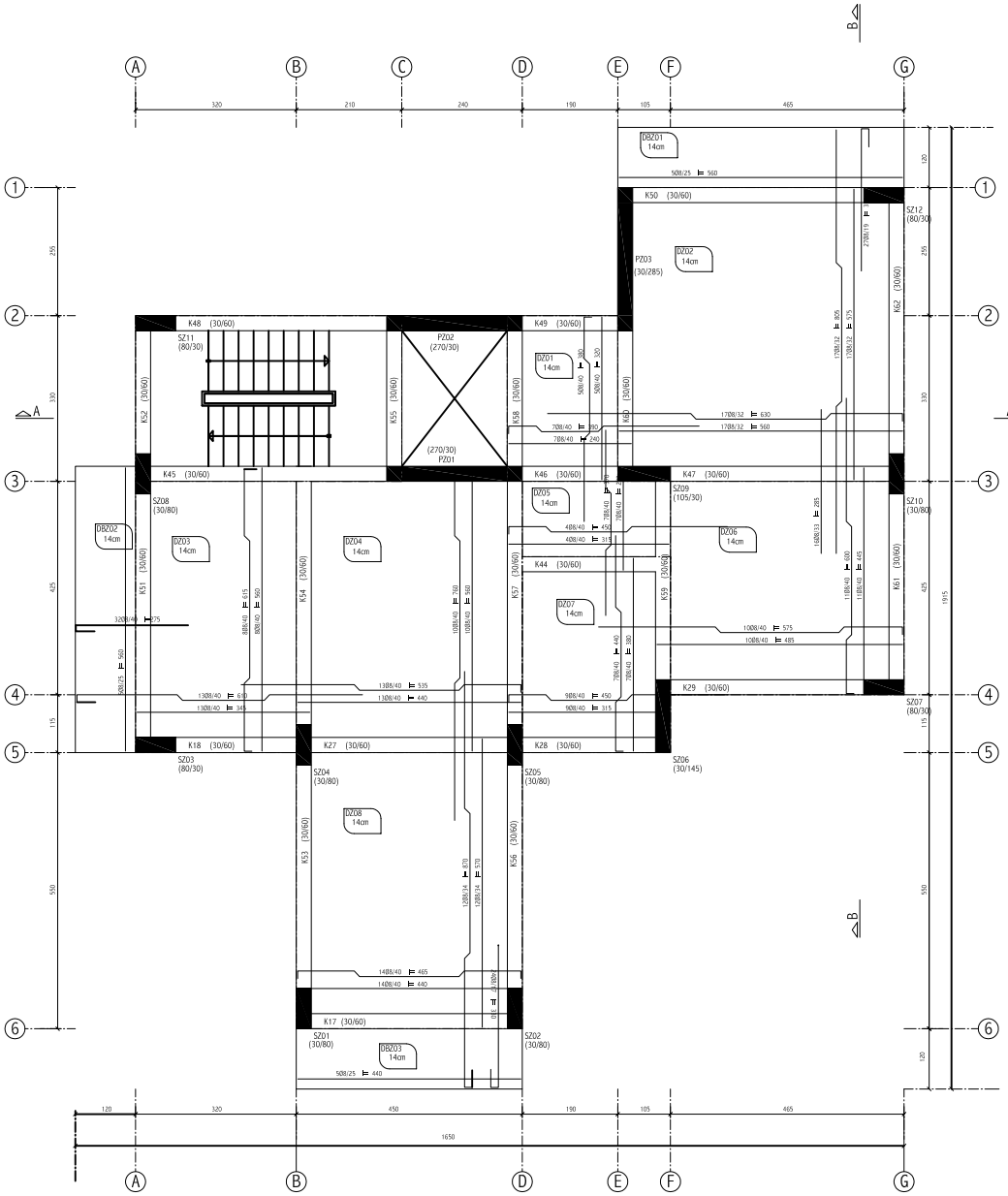
REV. NO.	TAR?H Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description
5				
4				
3				
2				
1				

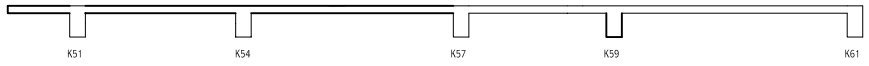
?STANBUL TEKN?K ÜN?. ?N?. FAK.

YÜKSEK L?SANS TEZ ÇALI?MASI

ZEM?N KAT TAVANI KALIP PLANI

?? NO Job no	ÖLÇEK Scale	MALZEME Material	SIRA NO,ALT SIRA Sequence no,Subsequence	BOYUT Size	REVİZYON
-	1/50	BC III-C	25-02	A1	0
TAR?H - Date	YAPAN - Made by ÇİZEN - Drawn by		KONTROL - Checked by ONAY - Approved by		
	TURGAY AKÇA TURGAY AKÇA		Prof. Dr. T. AKSU ÖZKUL		





A-A kesiti (1/50)



B-B kesiti (1/50)

MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON: C25 f_{ck} =250 kg/cm²	ETKİN YERÇEKİMİ İVMESİ KATSAYISI: Ao = 0.40
	BİNA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
	TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI: R= 7
ÇELİK: S 420a f_{yk} =4200 kg/cm²	YEREL ZEMİNE GÖRE S: S=1.15 sn, T=0.40 sn
	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ: 300 kN/m²
	ZEMİN DÜŞEY YATAK KATSAYISI: 40000 kN/m³

REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description
5				
4				
3				
2				
1				

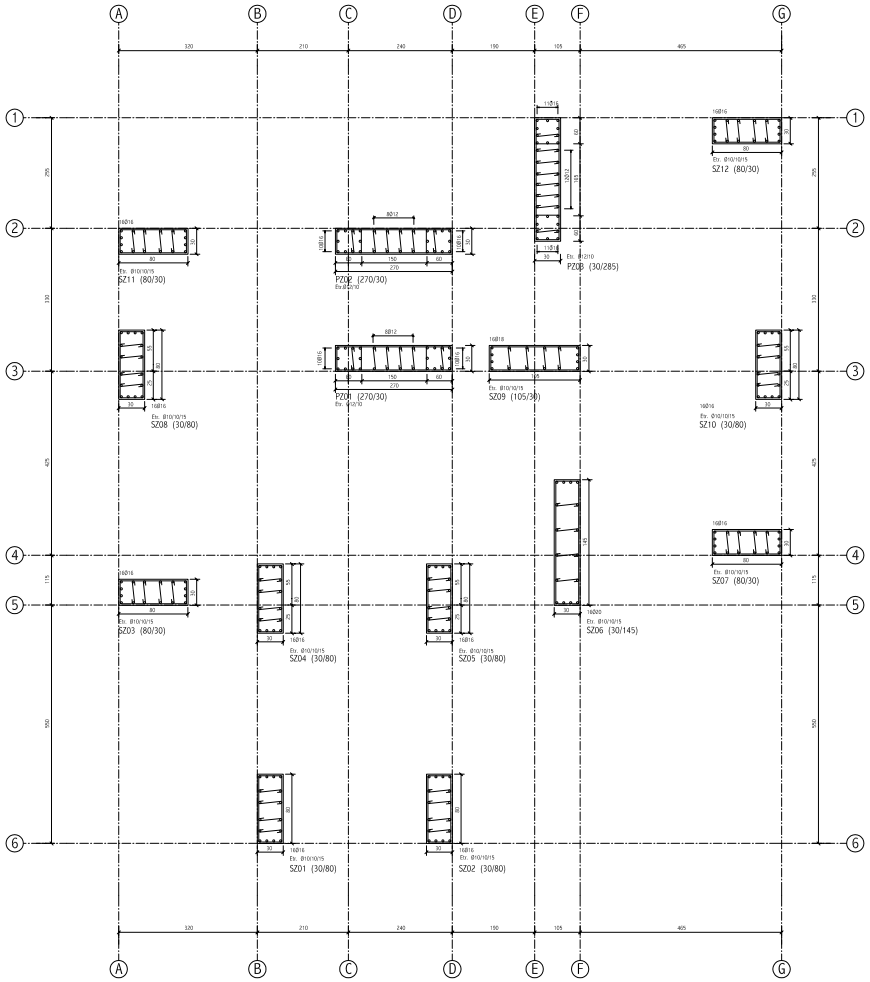
İSTANBUL TEKNİK ÜNİ. İNŞ. FAK.

YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI

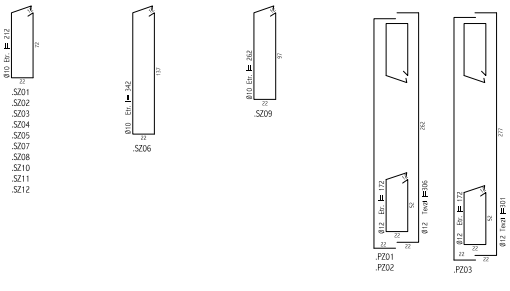
ZEMİN KAT TAVANI DÖNATI PLANI

İŞ NO Job no	ÖLÇEK Scale	MALZEME Material	SIRA NO,ALT SIRA Sequence no,Subsequence	BOYUT Size	REVİZYON
-	1/50	BC III-C	25-03	A1	0

TARİH - Date	YAPAN - Made by	ÇİZEN - Drawn by	KONTROL - Checked by	ONAY - Approved by
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof. Dr. T. AKSU ÖZKUL	



MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON: C25 f_{ck} =250 kg/cm²	BETON YETMEZLİK KATSAYISI: γ_c = 1.50
	ETKİN YERÇEKİMİ İVMESİ KATSAYISI: A0 = 0.40
	BİNA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
	TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI: R = 7
ÇELİK: S 420a f_{yk} =4200 kg/cm²	YEREL ZEMİN SINIFI: Z2 T_A=0.15 sn T_B=0.40 sn
	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ: 300 kN/m²
	ZEMİN DİKEY YATAK KATSAYISI: 100000 kN/m³



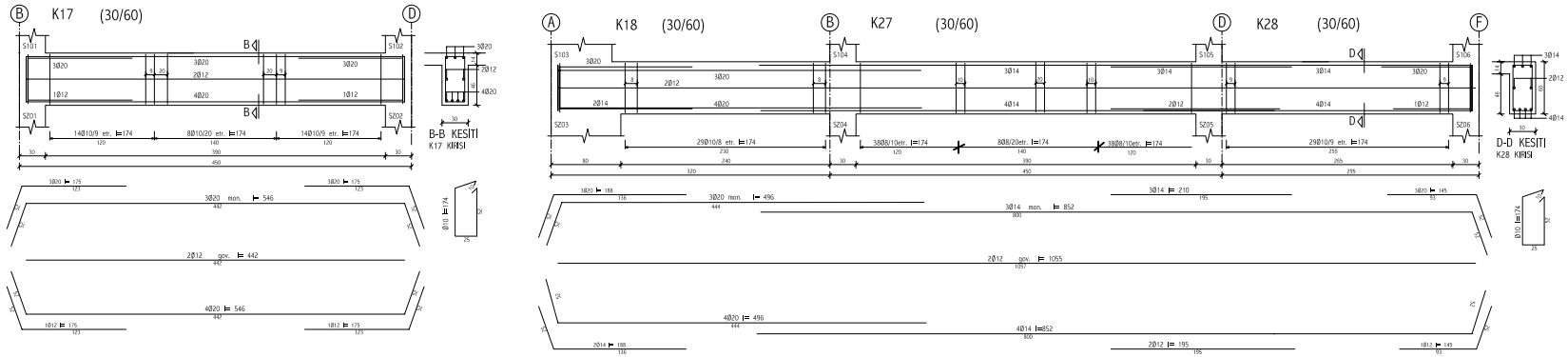
REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description
5				
4				
3				
2				
1				

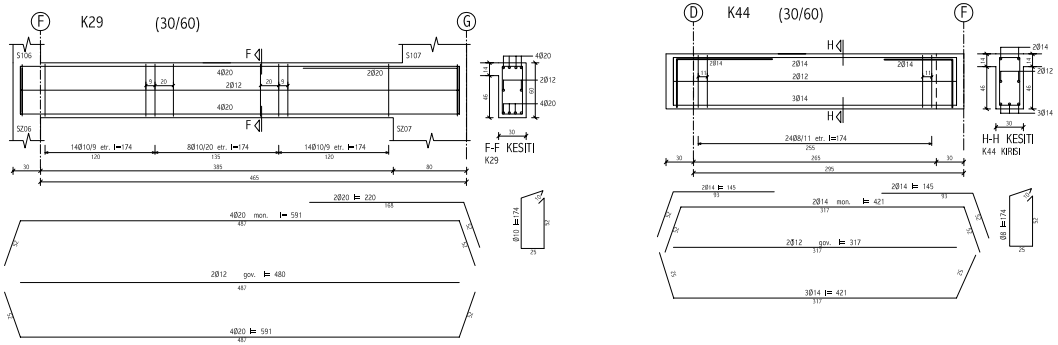
?STANBUL TEKN?K ÜN?. ?N?. FAK.

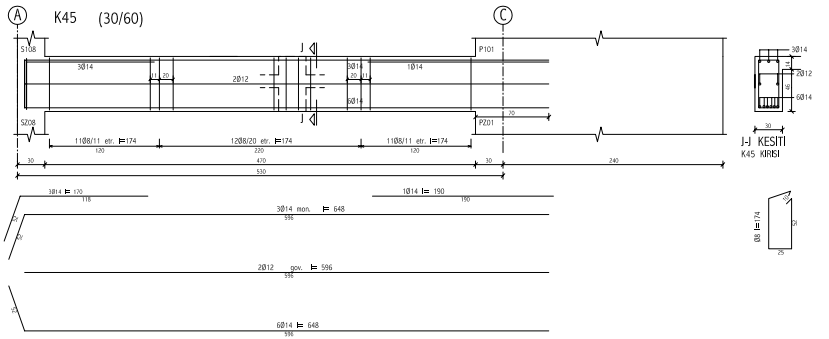
YÜKSEK L?SANS TEZ ÇALI?MASI

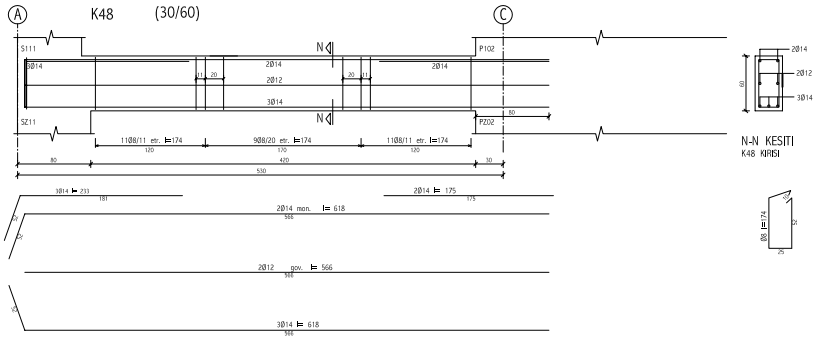
ZEM?N KAT KOLON APL. PLANI

İŞ NO Job no	ÖLÇEK Scale	MALZEME Material	SIRA NO.ALT SIRA Sequence no./subseq.	BOYUT Size	REVİZYON
–	1/50 -1/20	BC III-C 25	S-04	A0	0
TARİH - Date	YAPAN - Made by	ÇİZEN - Drawn by	KONTROL - Checked by	ONAY - Approved by	
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof. Dr. T. AKSU ÖZKUL		









MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON	BETONUN YIĞILMA KATSAYISI: $A_0 = 0,40$
C25 f_{ck}=250 kg/cm²	BİNA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
DEMİR	TAŞIMA GÜCÜ DAVRANIŞ KATSAYISI: R = 7
S 420a f_{yk}=4200 kg/cm²	YERSEL ZEMİN MODELİ: T_A=0,15 sn, T_B=0,40 sn
	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ: 300 kN/m²
	ZEMİN DİNAMİK YATAK KATSAYISI: k_s= 100000 kN/m³

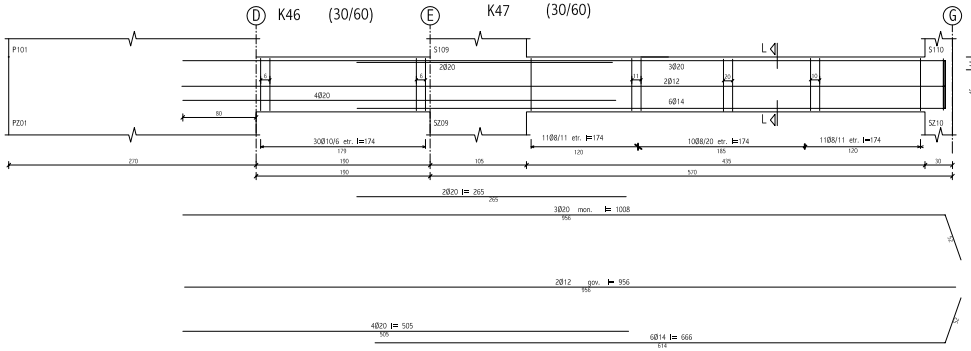
REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description

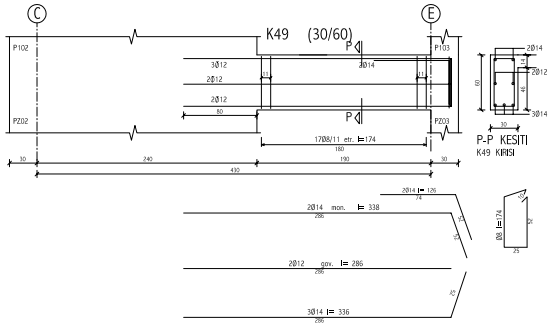
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İNŞ. FAK.

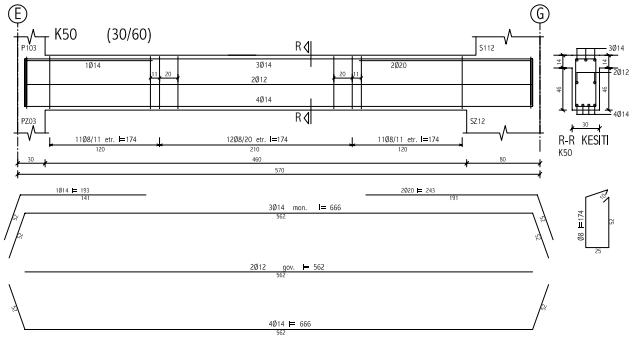
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI

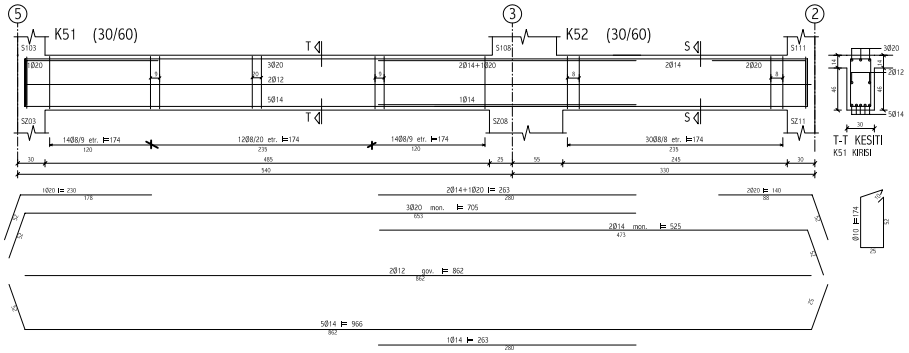
ZEMİN KAT TAVANI
KİRİŞ DETAYLARI 1

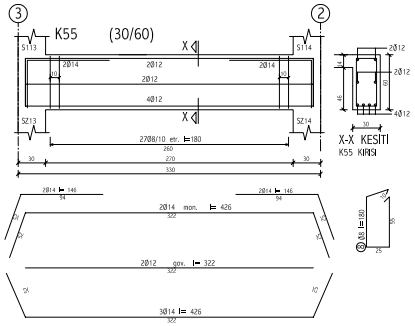
İş NO Job no	Ölçek Scale	MALZEME Material	BINA NO. ALT BINA	BOYUT Size	REVİZYON
-	1/20	BC III-C 25	S-05	A0	0
TARİH • Date	YAPAN • Made by	ÇİZEN • Drawn by	KONTROL • Checked by	ONAY • Approved by	
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof. Dr. T. AKSU DÜZGÜL		

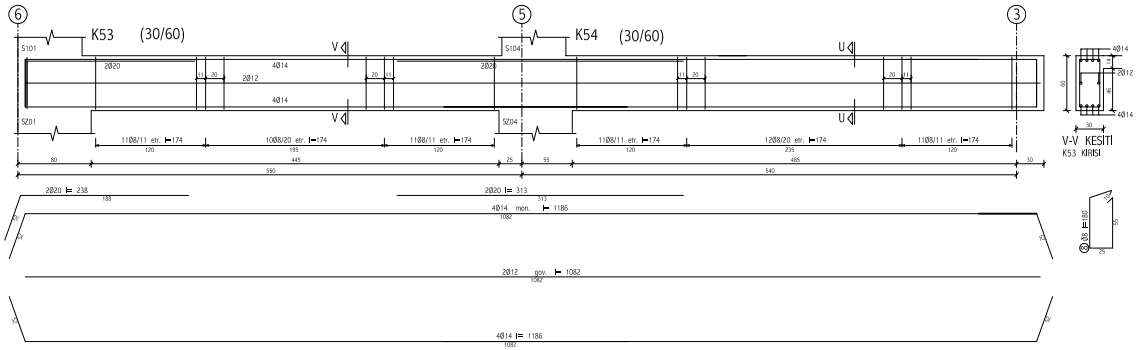












MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON	BETONUN YIRILEŞİ KATSAYISI: A_0 = 0,40
C25 f_{ck}=250 kg/cm²	BİNA ÖNEM KATSAYISI: I = 1
DEMİR	TAŞIMA GÜCÜ DAHİL KATSAYI: R = 7
S 420a f_{yk}=4200 kg/cm²	YERSEL ZEMİN MODELİ: T_A=0,15 sn, T_B=0,40 sn
	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ: 300 kN/m²
	ZEMİN YAY SABİTİ KATSAYISI: k_s= 100000 kN/m³

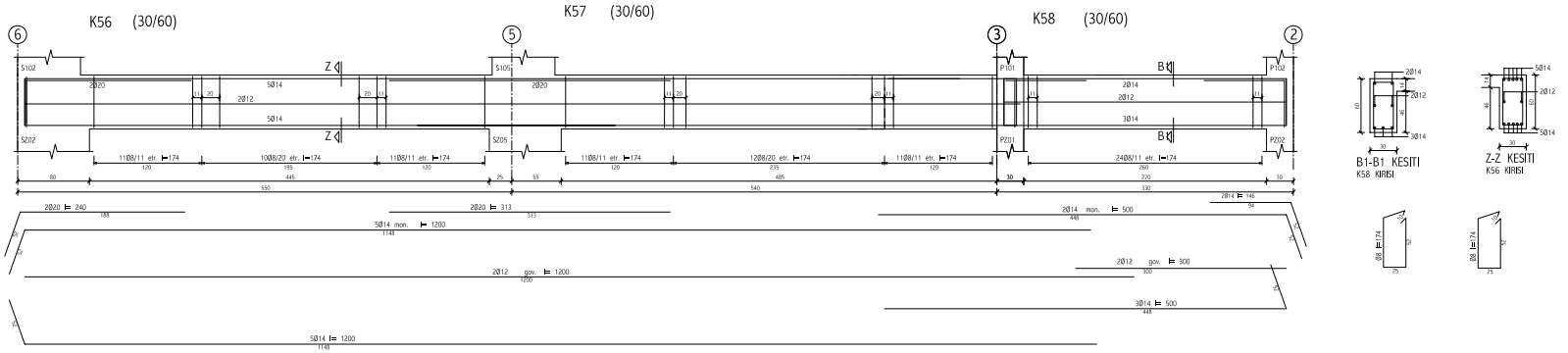
REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description

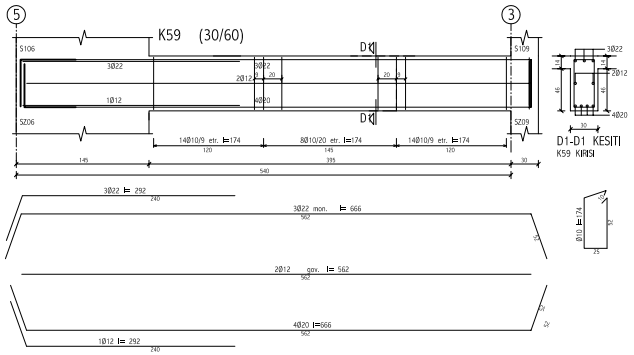
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İNŞ. FAK.

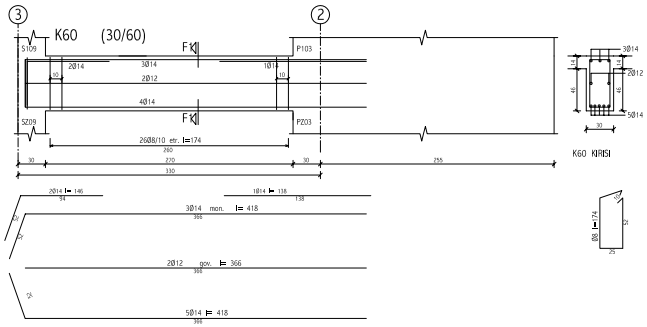
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI

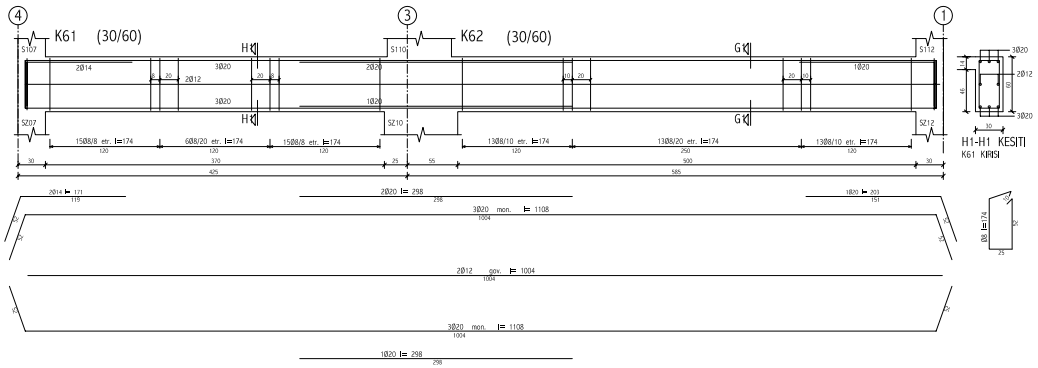
ZEMİN KAT TAVANI
KİRİŞ DETAYLARI 2

İş no Job no	Ölçek Scale	MALZEME Material	BINA NO. ALTBINA Sequence no	BOYUT Size	REVİZYON
	1/20	BC III-C 25	S-06	A0	
TARİH • Date	YAPAN • Made by	ÇİZİM • Drawn by	KONTROL • Checked by	ONAY • Approved by	
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof. Dr. T. AKSU DÜNGÜL		









MALZEME	TASARIM KATSAYILARI
BETON	ETKİN YERÇEKİMİ KATSAYISI α_0 = 0.40
C25 f_{ck} =250 kg/cm²	BİNA ÖNEM KATSAYISI I = 1
	TAŞIYICILIK DAVRANIŞ KATSAYISI R = 7
ÇELİK	YEREL ZEMİNLER İÇİN S=1.15 T_A=0.15 T_B=0.40 sn
S 420a f_{yk} =4200 kg/cm²	ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ 300 kN/m²
	ZEMİN DİKEY YATAK KATSAYISI 100000 kN/m³

REV. NO.	TARİH Date	YAPAN Made by	KONTROL Checked by	AÇIKLAMA Description
5				
4				
3				
2				
1				

?STANBUL TEKN?K ÜN?. ?N?. FAK.

YÜKSEK L?SANS TEZ ÇALI?MASI

ZEM?N KAT TAVANI
K?R?? DETAYLARI 3

İŞ NO Job no	ÖLÇEK Scale	MALZEME Material	BİNA KOAT SİNA Sequence no./Sheets	BOYUT Size	REVİZYON
–	1/20	BC III-C 25	S-07	A0	0
TARİH – Date	YAPAN – Made by	ÇİZEN – Drawn by	KONTROL – Checked by	ONAY – Approved by	
	TURGAY AKÇA	TURGAY AKÇA	Prof Dr. T. AKSU SENOL		