

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÜTLE VE DÖŞEME DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN
ÇOK KATLI KASET DÖŞEMELİ BİR YAPININ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Erdem Mustafa ORMAN

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Deprem Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Kadir GÜLER

ŞUBAT 2003

**KÜTLE VE DÖŞEME DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN ÇOK
KATLI KASET DÖŞEMELİ BİR YAPININ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Erdem Mustafa ORMAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 6 Ocak 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2003

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Kadir GÜLER
Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)
Prof.Dr. Metin AYDOĞAN (İ.T.Ü.)

ŞUBAT 2003

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Planda Düzensizlik Durumları	3
1.1.1. Burulma düzensizliği	3
1.1.2. Döşeme süreksizlikleri	6
1.1.3. Planda çıkıntılar bulunması	6
1.1.4. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması	7
2. DÖŞEME HESAPLARI	9
2.1. Kaset Döşeme (İki Doğrultuda Dişli Döşeme)	12
2.2. Kaset Döşeme İçin Yük Analizi	13
2.3. Kaset Döşemelerde Yük Taşıma Oranları	14
2.4. X Doğrultusunda Hesap	17
2.5. 2. Katta Bulunan Döşeme Süreksizliği Nedeniyle Kaset Döşeme İç Kuvvetlerinde Oluşan Değişimler	18
2.6. X Doğrultusunda Betonarme Hesap	20
2.7. X Doğrultusunda Kayma Hesabı	21
2.8. Y Doğrultusunda Hesap	23
2.9. Y Doğrultusunda Betonarme Hesap	24
2.10. Y Doğrultusunda Kayma Hesabı	25
2.11. Kaset Döşeme İçin Plak Dağıtma Donatısı	26
2.12. Kirişli Plak Döşemesi İçin Yük Analizi Ve Hesap	26
2.13. Kaset Plagının Tekil Olarak İncelenmesi	27
3. TAŞIYICI ELEMANLARIN BOYUTLANDIRILMASI VE DÜŞEY YÜKLERE GÖRE HESAP	29
3.1. Kolonların Yaklaşık Olarak Boyutlandırılması	29
3.1.1. Kolonlara etkiyen düşey yükler	30
3.1.2. Düşey yüklere göre boyutlandırma	33
3.2. Kirişler	34
3.2.1. Etkili tabla genişlikleri	34
3.2.2. Kirişlere gelen yüklerin bulunması	36

4. YATAY YÜKLERE GÖRE HESAP	38
4.1. Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi	39
4.1.1. Toplam eşdeğer statik deprem yükünün belirlenmesi	39
4.1.2. Rijitlik merkezinin yeri	42
4.1.3. Katlara etkiyen eşdeğer statik deprem yükünün belirlenmesi	44
4.1.3.1. Düzensizlik durumlarının belirlenmesi	44
4.1.3.2. Spektral ivme katsayısı	46
4.1.3.3. Beton sınıfı ile yapı doğal titreşim periyotlarının değışimi	47
4.1.3.4. Kütle ve döşeme düzensizliklerinin yapı doğal titreşim periyoduna etkileri	48
4.1.3.5. Eşdeğer statik deprem yükü	50
4.1.3.6. Katlara etkiyen tasarım deprem yükleri	50
4.1.4. Gözönüne alınacak yerdeğıştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkime noktaları	51
4.2. Kat Deplasmanları	53
4.3. Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesaplanması	55
4.4. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	57
4.5. Dinamik Hesap	57
5. SÜPERPOZİSYON TABLOLARI	59
6. BETONARME HESAPLAR	60
6.1. Kirişlerde Betonarme Hesap	60
6.2. Kirişlerde Kesme Güvenliğinin Sağlanması	61
6.2.1. Kayma donatısının hesabı	61
6.3. Kolon Betonarme Hesabı	64
6.4. Kolon Kayma Hesabı	64
6.5. Perde Betonarme Hesabı	67
7. RADYE TEMEL BOYUTLANDIRMASI	75
7.1. Radye Temeller	75
7.2. Temel Boyutlandırması	76
7.2.1. Zemin gerilmesi tahkiki	76
7.2.2. Temel betonarme hesabı	77
8. SONUÇLAR	81
KAYNAKLAR	85
EKLER	86
ÖZGEÇMİŞ	107

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Planda düzensizlik durumları	2
Tablo 1.2. Düşeyde düzensizlik durumları.....	3
Tablo 2.1. X-X yönündeki kaset nervürleri için iç kuvvet değerleri.....	18
Tablo 2.2. Y-Y yönündeki kaset nervürleri için iç kuvvet değerleri.....	23
Tablo 3.1. Kolonlara gelen normal kuvvet değerleri	33
Tablo 3.2. Kolon boyutlandırma tablosu.....	34
Tablo 3.3. Etkili tabla genişlikleri.....	35
Tablo 4.1. Bina ağırlık merkezinin hesabı.....	39
Tablo 4.2. Hareketli yük katılım katsayıları.....	41
Tablo 4.3. Y-Y doğrultusunda rijitlik merkezinin yeri.....	43
Tablo 4.4. X-X doğrultusunda rijitlik merkezinin yeri.....	43
Tablo 4.5. X-X doğrultusunda burulma düzensizliğinin belirlenmesi.....	45
Tablo 4.6. Y-Y doğrultusunda burulma düzensizliğinin belirlenmesi.....	45
Tablo 4.7. Kütle ve döşeme düzensizliği durumunda 1. doğal titreşim periyodu.....	49
Tablo 4.8. Kütle düzensizliği olmama durumunda 1. doğal titreşim periyodu.	49
Tablo 4.9. Döşeme boşluğu olmama durumunda 1. doğal titreşim periyodu....	49
Tablo 4.10. Katlara etkiyen eşdeğer statik deprem yükleri ve kat kütleleri.....	51
Tablo 4.11. %5 dış merkezlik durumunda kat kütle merkezine etkiyen burulma momentleri.....	52
Tablo 4.12. Kat deplasmanları.....	53
Tablo 4.13. Birinci moda ait titreşim periyotları.....	56
Tablo 8.1. Temel ek donatıları.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Kattaki maksimum ve minimum görelî kat ötelenmeleri	4
Şekil 1.2 : Planda çıkıntılar bulunma hali.....	7
Şekil 2.1 : 1,3,4,5,6 katlara ait kalıp planı.....	10
Şekil 2.2 : İkinci kat kalıp planı.....	11
Şekil 2.3 : Kaset döşeme tipik plan ve kesiti.....	12
Şekil 4.1 : Beton sınıfı ile 1. doğal titreşim periyotlarının değışimi.....	47
Şekil 4.2 : İlk 6 moda göre beton sınıfı - titreşim periyodu değışimi.....	48
Şekil 4.3 : Beton sınıfı ile kat deplasmanlarının değışimi.....	55
Şekil 4.4 : Elastik tasarım ivme spektrumu.....	58

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_c	: Beton kesit alanı
A_s	: Donatı kesit alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı katsayısı
d_i	: Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
E	: Elastisite Modülü
e_x	: X eksenindeki egzantisite
e_y	: Y eksenindeki egzantisite
F_t	: Eşdeğer statik deprem yükü yönteminde i. kata etkiyen tasarım deprem yükü
f_{cd}	: Beton hesap dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Sabit yük
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_i	: Temel üst kotundan itibaren ölçülen toplam yükseklik
I	:Yapı önem katsayısı
I_x	: X eksen etrafındaki atalet momenti
I_y	: Y eksen etrafındaki atalet momenti
l	: Açıklık
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
M	: Moment
M_{ac}	: Açıklık Momenti
M_{max}	: Maksimum moment
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N	: Normal kuvvet
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_x	: X yönünde bina doğal titreşim periyodu
T_y	: Y yönünde bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V_t	: Eşdeğer deprem yükü yönetiminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
(Δ_i)_{max}	: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
(Δ_i)_{ort}	: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
ρ	: Donatı oranı (A _s /bh)

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada kaset döşeme tipine sahip, düzensizlikler içeren altı katlı betonarme bir yapının yeni deprem yönetmeliğine göre projelendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışmanın oluşmasında gösterdiği yardımlardan dolayı değerli hocam Doç.Dr. Kadir GÜLER' e ve bilgilerinden yararlandığım diğer Yapı Anabilim Dalı öğretim üyesi ve yardımcılara teşekkür ederim.

OCAK 2003

Erdem Mustafa ORMAN

KÜTLE VE DÖŞEME DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN ÇOK KATLI KASET DÖŞEMELİ BİR YAPININ TASARIMI

ÖZET

Bu çalışmada planda düzenli bir geometriye sahip kaset döşemeli 6 katlı bir betonarme binanın statik ve betonarme hesabı yapılarak projelendirilmiştir. Projelendirilen bina 2 simetri eksenine bulunan, tüm katlarında aynı açıklıklara sahip olan bir binadır. Binanın tüm katlarında tek tip kat planı mevcuttur. Yalnız yapıda, ikinci katta bir döşeme boşluğu bulunmaktadır. Bu döşeme boşluğu bu tez kapsamında incelenen düzensizliklerden birini oluşturmaktadır.

Taşıyıcı sistem kolon ve perdelerden oluşan çerçeve ve perde - çerçeve sistemidir. X-X doğrultusunda her katta ve her iki kenarında konsollar teşkil edilmiştir. Binanın X eksenine doğrultusunda en uzak iki noktası arasındaki mesafe 28,60 m., Y eksenine doğrultusunda ise bu mesafe 20.85 m.'dir.

Yapı malzemesi olarak beton ve donatı için sırasıyla BS 30 ve için BÇIII kullanılmıştır.

Binanın birinci derece deprem bölgesinde bulunduğu varsayılarak bu etkiler altında projelendirilmiştir. Bina yerel zemin sınıfının Z3 olduğu kabul edilmiş, yapı önem katsayısı $I=1.0$ (işyeri) alınmıştır.

Tüm çözümler için sistemin SAP 2000 programında üç boyutlu modeli kurulmuştur. Döşeme sistemi yüklerin mesnetlenme şartları ve açıklıklarına göre dağılımı yöntemiyle çözülmüş ve en elverişsiz yüklemeler bu sistem üzerine etkililerek kaset dışları donatılmıştır. Ayrıca döşeme süreksizliğinin kaset nervürlerinin iç kuvvetlerinde oluşan değişiklikler incelenmiş ve bunlar kesit tesiri diyagramları çizilerek karşılaştırılmıştır.

Yatay yüklerin daha kolay bir biçimde karşılanmasını sağlamak amacıyla binanın merkezinde, çekirdekte her iki yönde de deprem perdeleri oluşturulmuştur. Bu perdeler aynı zamanda asansör boşlukları ve merdiven kovanını oluşturmaktadır.

Yatay yüklere göre hesap "Eşdeğer Statik Deprem Yüğü", "Mod Birleştirme Yöntemi İle Spektral Dinamik Analiz" ve bu iki yöntemin verdiği sonuçların karşılaştırılması mümkün olmuştur. 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre bu tip bir yapıda sadece "Eşdeğer Statik Deprem Yüğü"ne göre hesap yapılması yeterli olup "Dinamik Analiz" yapılması zorunlu değildir.

Mod Birleştirme Yöntemi İle Dinamik Analiz; sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine maksimum cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesi ile bulunabileceği kabulüne dayanır. Binada kat kütlelerinin kat kütle merkezinde toplanmış tekil kütleler olarak alınarak, her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketi ile katlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste çakışmamasının etkisi de göz önüne alınmış olur. Her bir mod için hesaplanan *etkin kütle*'lerin toplamının toplam kütleinin %90'ından az olmaması şartı

göz önüne alınarak her bir deprem doğrultusu için ilk 6 mod kullanılmıştır.

Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"te de açıklanan hesap yöntemi olup, yukarıda anılan diğer yöntemlerden daha büyük kesit zorları verdiği görülmüştür.

Binanın işyeri olarak kullanılacağı ve dolayısıyla hareketli yük yoğunluğunun fazla olacağı göz önüne alınarak hareketli yük 5 KN/m^2 olarak alınmıştır. Ancak ilk üç katta bu hareketli yüklerin daha da fazla olacağı varsayılarak 10 kN/m^2 olarak yatay hareketteki değişimler incelenmiştir.

Temel hesabında kirişsiz radye plak temel tipi seçilmiş elastik zemine oturan plak kabulü yapılarak modellenmiştir. Bu durumlarda zemin türüne bağlı olarak zemin gerilmelerinde farklı değişimler elde edilmektedir. Tez konusu projede de kabul edildiği gibi plak rijitliğine göre yumuşak, rijitliği az olan zeminlerde düzgün yayılışa benzer zemin gerilmeleri ortaya çıkar. Yani bir noktadaki zemin gerilmesi bütün kolon yüklerinden etkilenir. Temel hesaplarında temel üst yapı etkileri temele indirilip, üst yapı çözümlemesinden elde edilen kolon veya perde alt uç etkileri esas alınarak temel ile üst yapı arasındaki denge sağlanır.

İlk bölümde düzensizliklere değinilmiş, döşeme düzensizliği ve buna bağlı olarak planda düzensizlikler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde döşemeler ile ilgili hesaplara yer verilmiştir. Bu hesaplar sonucu ortaya çıkan iç kuvvetler kullanılarak kaset döşemelerin ve kirişli plak döşemenin betonarme hesapları yapılmıştır. Ayrıca bu tez konusunu oluşturan döşeme süreksizliğinin kaset nervürlerindeki iç kuvvetlerinde oluşan değişimler incelenmiştir. Bunun yanında kaset döşemedeki plak boyutlarının büyük olmasından dolayı plakların kaset nervürlerine mesnetlendiği bölgelerde ek donatı gerekliliği incelenmiştir.

Bundan sonraki bölümde düşey yüklere göre çerçeve sistemin boyutlandırılması yapılmıştır. Kolon ön boyutlandırması ve kirişlere gelen yükler hesaplanarak düşey yüklere göre kiriş zorlarının tayini hesaplanmıştır.

Dördüncü bölümde yatay yüklere göre hesaplar yapılmış, Eşdeğer Statik Deprem Yüğü ve Modların Süperpozisyonu yöntemlerine göre yapıdaki deprem etkisinin sonuçları belirlenmiştir. Tez konusunu oluşturan döşeme kütle düzensizliğinin deprem halinde yapıdaki değişimleri incelenmiş, bu süreksizliklerin bina periyodu ve iç kuvvetlerde nasıl bir değişim meydana getirdiği belirlenmiştir.

Beşinci bölümde yapı betonarme hesaplarında kullanılacak iç kuvvet süperpozisyonları gösterilmiştir.

Altıncı bölümde çerçeve sistemin betonarme hesapları yer almaktadır. Burada elemanlar boyutlandırılırken ve donatımı yapılırken hangi hesapların yapıldığı konusunda özet bilgiler verilmiş, bunlarla ilgili hesaplar tablolar halinde eklerde sunulmuştur.

Yedinci bölümde radye plak temel boyutlandırması yapılmıştır. Burada elastik zemine oturan plak kabulü yapılarak hesaplara başlanmış ve buradan elde edilen değerlerle temel donatıları hesaplanmıştır.

Son bölümde ise bu tez kapsamında incelenen kütle ve döşeme düzensizliğine sahip çok katlı kaset döşemeli bir yapının incelenmesi sonucu elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

DESIGN OF A MULTI STOREY GRID SLABBED BUILDING HAVING A SLAB AND MASS IRREGULARITY

SUMMARY

In this study, a reinforced concrete building having six - storeys and a regular plan has been designed. The building has two axes of symmetry. All the storeys of the building have the same type of plan except second storey's. At the second floor there is a slab spacing that is considered the slab irregularity. Structural system consists of shear wall and frame system. Cantilever slabs are replaced only at the two sides of the each storey at x direction. The plan sizes of the building are 28.60 m and 20.85 m for x and y directions respectively.

The concrete class is BS 30 (C 30) and reinforcement for the all members of structure is BC III (S420).

The building is designed assuming that it will be built in the first earthquake zone. The local soil conditions are considered as the soil class Z3 in Turkish Earthquake Resistant Design Code (Specifications For Structures to be Built in Disaster Areas).

In the structural analysis, the SAP 2000 computer program is used. The three-dimensional model of the building is considered. The grid slab system is analysed by using the method of considering the supporting situations and distribution of the vertical loads according to the axis length. Several loading conditions are applied to this system and the sectional analysis of grid slab beams are carried out. In addition to this, the effects of the slab irregularity, the distribution of the internal forces are studied and compared by drawing internal force diagrams.

The building has a structural system which consist of shear walls located at the inner region in two direction in order to resist the earthquake forces.

The internal forces due to the lateral earthquake loading are obtained using two different methods called "Equivalent Static Earthquake Load" and "Spectral Dynamic Analysis". It is compared the results of that two methods. The 1997 Turkish Earthquake Resistant Design Code allows to use the equivalent static earthquake load method, no necessary to dynamic analysis if the irregularities are unimportant.

Mod superposition method is used for dynamic analysis. For each storey, assuming the rigid diaphragm, two displacement and one rotation are considered. The Turkish Earthquake Resistant Design Code requires that total participating mass value must be more than 90% of the total mass of the building for each considered direction.

Equivalent static earthquake load method given in Turkish Earthquake Resistant Design Code, usually gives the higher value of inner force results than that dynamic analyze produces

Assuming the building is to be used as a mid level industry or business purposes the density of live load is considered 5 kN per square meter. However on first three storeys, by assuming of live loads can be much higher, it is considered as 10 kN per square meter

By assuming the irregularity on slab and mass, in the numerical analysis the first six vibration modes are considered.

On the analyse of base mat, it is assumed that the base mat resting on an elastic soil. Differentiating the soil type, the obtained soil reactions (stresses) are compared. It is seen that by considering the foundation mat resting on soft soil the stress variation is quite close to uniform distribution.

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar depremde maruz kaldıkları yatay yükler dolayısıyla düzensizliği olmayan yapılar olarak projelendirilmeye çalışılmaktadır. Zaten Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te [1] davranışı beklenen türden olan yapısal düzensizliği olmayan yapıların yapımını teşvik etmektedir. Betonarme yapılar çeşitli amaçlara göre kullanılabilmeleri için tasarlanmakta ve bu kullanım amaçlarına göre hesap edilmektedir. Dolayısıyla davranışlarındaki olumsuzluklardan dolayı deprem kuvvetleri arttırılarak, ek boyutlandırma esasları ve bazı konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmiş fakat yine de bunların seçiminden kaçınılması tavsiye edilmiştir. [3],[4]

Ülkemizde şimdiye kadar yapı tasarımlarında genelde mimar - mühendis koordinasyonu pek sağlanamamıştır. Genelde taşıyıcı sistem açısından boyutlandırılması istenen mimari projelerde, yapının deprem etkisi karşısında kararlı bir davranışta bulunmasını gerektiren tasarım kıstaslarının bulunmayışı ve bu meslekteki kişilerin betonarme taşıyıcı sistemlerin düzenlenmesi konusunda fazla bilgi sahibi olmamaları nedeniyle türlü düzensizlikler olabilmekte ve bu düzensizliklere uygun olarak taşıyıcı sistemin düzenlenmesi istenilmektedir. Dolayısı ile A.B.Y.Y.H.Y.' te bu türlü düzensizlikler ile ilgili olarak bazı koşullar getirmiştir.

A.B.Y.Y.H.Y.' te düzensizlikler "yatayda düzensizlikler" ve "düşeyde düzensizlikler" olmak üzere 2' ye ayrılmıştır. Bunlar aşağıda tablolarda gösterilmektedir [1].

Bu tez konusu incelenen projede olabilecek düzensizlikler ile ilgili olarak bu düzensizliklerle ilgili bilgi verilmektedir. Bu projede özellikler planda düzensizlik durumlarından başlıca A1 ve A2 durumları üzerinde durulmuştur.

Tablo 1.1 Planda düzensizlik durumları

A - PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<u>A1 - Burulma Düzensizliği</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu. $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2]$ Görelî kat ötelemelerinin hesabı %5 ek dışmerkezlîk etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.
<u>A2 - Döşeme Süreksizlikleri</u> Herhangi bir kattaki döşemede I- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
<u>A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması</u> 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
<u>A4 - Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması</u> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu

Tablo 1.2 Düşeyde düzensizlik durumları

B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<u>B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)</u> Betonarme binalarda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>Etkili Kesme Alanı</i>'nın bir üst kattaki <i>Etkili Kesme Alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu $[h_{ci} = (T_{Ae})_i / (T_{Ae})_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $T_{Ae} = T_{aw} + T_{ag} + 0,15T_{ak}$
<u>B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> h_{ki}'nin 0,80'den küçük olması durumu $[\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5]$ <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılacaktır.</i>
<u>B3 - Taşıyıcı sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği</u> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alttaki kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu

1.1 Planda Düzensizlik Durumları

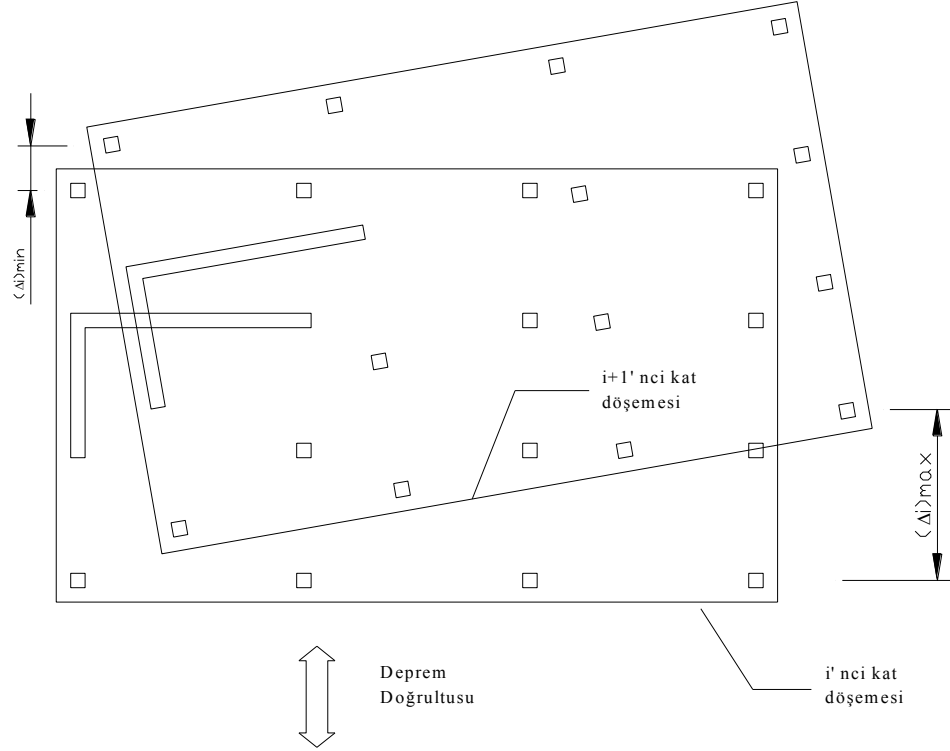
1.1.1 Burulma Düzensizliği

Yapının birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin, o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranını ifade eden "Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} "nın 1.2 değerinden büyük olması halinde söz konusu olan düzensizlik durumudur [1].

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (1.1)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \quad (1.2)$$

Burulma türü düzensizlikler yapı ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden ayrı yerlerde olması ile meydana gelir. Bu düzensizlik durumunun belirlenmesi için gerekli olan göreceli kat ötelemelerinin hesabında %5 dış merkezlikli deprem yüklemeleri göz önüne alınmalıdır. Bu dış merkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa dahi $\eta_{bi} > 1.00$ olacaktır. Yapıda ek düzensizliklerin bulunması bu oranı daha da arttıracaktır.



Şekil 1.1 Kattaki maksimum ve minimum göreceli kat ötelemeleri

Yalnız aşağıdaki tablodan da anlaşılabileceği üzere Y-Y doğrultusunda durum biraz farklıdır. Bu yönde etken bir süreksizlik nedeniyle kütle ve rijitlik merkezlerinde bir ayrıklık söz konusu olmamasına rağmen bir burulma düzensizliği görülmektedir.

Burulma düzensizliği yapıların deprem hesaplarında kullanılacak olan yöntemin seçiminde etken olan düzensizliklerdendir. A.B.Y.Y.H.Y. 'te dinamik hesap yöntemi daha etkili bir yöntem olarak kabul edildiği için $\eta_{bi} > 2.0$ olması durumunda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır. Bu katsayının $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ olması durumunda ise eşdeğer deprem yükü yönteminde uygulanan %5 dışmerkezliğin aşağıda denk. 1.3 ile gösterilen D_i katsayısı kadar

arttırılması gerekmektedir [3],[4].

$$D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2 \quad (1.3)$$

Böylece %5 dışmerkezlikten daha fazla bir dış merkezliğin uygulanması ile burulma düzensizliği daha belirgin ortaya çıkmakta ve taşıyıcı sistem daha fazla zorlanmış olmaktadır. Ayrıca böyle bir taşıyıcı sistem düzenlenmesinde çözümleme zorlaştırılarak caydırma yoluna gidilecektir.

Burulma düzensizliği bulunan yapılar dört sınıfa ayrılabilir [8],[9]:

1. Geometrik Bakımdan Düzensiz Yapılar,
2. Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar,
3. Hem Geometrik Hem de Rijitlik Yerleşimi Bakımından Düzensiz Yapılar
4. Gizli Burulma Düzensizliği Bulunan Yapılar

Geometrik bakımdan düzensiz binalarda burulma düzensizliği çok yüksek mertebelerde değildir. Bu tür yapıların zayıf akslarındaki taşıyıcı elemanların boyutlarının arttırılması ile burulma düzensizliği büyük ölçüde giderilebilir. Uygulamada karşılaşılan simetrik olmayan yapılarda rijitlik dağılımı düzensiz değilse burulma düzensizliği makul seviyelerde kalmaktadır.

Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz binalarda burulma düzensizliği yüksek mertebelerde olabilir. Yapılan araştırmalarda en elverişsiz durumlarda bile bu tür yapılarda burulma düzensizliği katsayısının 2.0 nin üstüne çıktığı gözlenmemiştir. Zayıf akslardaki düşey ve yatay taşıyıcıların rijitliklerinin arttırılması veya bu akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde eklenmesi burulma düzensizliğini engelleyebilir.

Hem geometri hem de rijitlik dağılımının düzensiz olduğu yapılar burulma düzensizliğinin en elverişsiz olduğu yapılardır. Ancak yapılan araştırmalarda bu tür yapılarda dahi burulma katsayısının 2.00 ı geçtiği gözlenmemiştir. Zayıf akslardaki düşey ve yatay taşıyıcıların rijitliklerinin arttırılması veya bu akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde eklenmesi burulma düzensizliğini engelleyebilir.

Geometrik ve rijitlik dağılımı açısından düzensiz olmayan yapılarda da burulma düzensizliği ortaya çıkabilir. Kenar aks rijitliklerinin düşük olması, yatay yük etkilerini

taşıyan perdelerin orta kısımlarda yoğunlaşması ve ek dış merkezliğin etkisi ile bu tür yapılarda burulma düzensizliği ortaya çıkabilir. Yapılarda genelde rijitlik dağılımının düzgün yapılması burulma düzensizliğini engeller veya büyük değerlere ulaşmasını engeller [8],[9].

1.1.2 Döşeme Süreksizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının, kat brüt alanının 1/3 'ünden daha fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu,

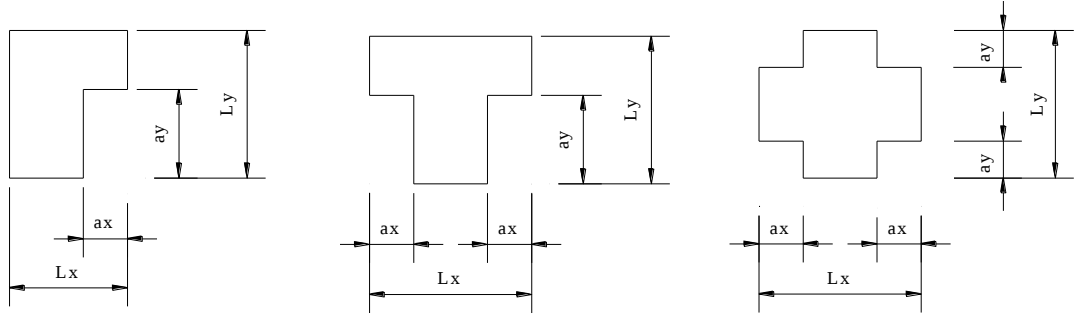
döşeme süreksizliği olarak adlandırılır [1].

Kata etkiyen deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmada, döşemeler çok önemli rol oynarlar. Bütün düşey taşıyıcılar kat düzeyinde döşemeler tarafından birbirine bağlanırlar. Kendi düzlemi içine paralel yüklenen döşeme plağı, deprem yükü altında ihmal edilebilecek kadar küçük eğilme sehimini oluşturur. Ancak bütün düşey taşıyıcıların ötelenmelerini sağlar. Başka bir deyişle, döşeme rijit kütle hareketi göstererek ötelenir. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarması görevine "Diyafram Görevi" adı verilir. Etkin bir diyafram görevi için döşeme kendi düzlemi içinde etkiyen deprem yükü altında çok küçük sehim yapmalıdır. Bunun sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliğinin çok büyük olması lazımdır. Döşeme boşluklarının bu rijitliği azalttığı açıktır [3],[4].

1.1.3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam boyutlarının %20' sini geçmemesi gerekmektedir [1].

A3 türü düzensizlik durumu



$$a_x > 0,2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0,2 L_y$$

Şekil 1.2 Planda çıkıntılar bulunma hali

Bu tür düzensizliğe sahip L, T, U ve H şeklindeki döşemeler deprem kuvvetlerini diğer elemanlara iletirken rijit diyafram gibi davrandığı kabulü doğru olmayabilir. Bu durumda döşemenin kollarında düzlemleri içinde birbirine göre rölatif yerdeğiştirme oluşabilir. Döşemede oluşan deprem yüklerinin kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara paylaştırılmasında düzlem içi eğilmenin de göz önüne alınması ve bu kuvvetlerin güvenle elemanlara aktarılabilmesinin gösterilmesi gerekir [3],[4].

1.1.4 Taşıyıcı Elemanların Eksenlerinin Paralel Olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması "Taşıyıcı Elemanların Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği" olarak adlandırılır [1].

Genellikle binalar taşıyıcı sistem elemanlarının eksenleri birbirine dik doğrultularda yerleştirilerek Ortogonal Taşıyıcı Sistemler düzenlenir. Deprem yükleri ise iki asal doğrultuda birbirinden bağımsız olarak etki ettiği varsayılarak çözüm yapılır. Bu durumda döşeme ve kiriş gibi elemanlar sürekli olduklarından, moment, kesme kuvveti gibi iç kuvvetler dengeli bir biçimde dağılır ve taşıyıcı elemanlarda ek olarak ortaya çıkan burulma etkileri önemli değerlere ulaşmaz [3],[4],[9].

Taşıyıcı sistemde birbirine dik iki asal eksenin bulunmaması bir düzensizlik meydana getirmektedir. Bu tür taşıyıcı sistemlerde deprem etkisindeki elemanlarda asal etkiler artar ve ek burulma meydana gelirken, ikinci doğrultuda da kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur. Sistemde belirli asal eksenler bulunmadığı için depremin seçilen X ve

Y doğrultularında ayrı ayrı etkidiği kabul edilir. Daha sonra bu iki çözüm, en elverişsiz etkilerin elde edilmesi için Denk 1.4 'teki gibi birleştirilerek, kesit etkilerinde kullanılacak değerler bulunur.

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad (1.4a)$$

$$B_a = \pm B_{ay} \pm 0.30 B_{ax} \quad (1.4b)$$

2. DÖŞEME HESAPLARI

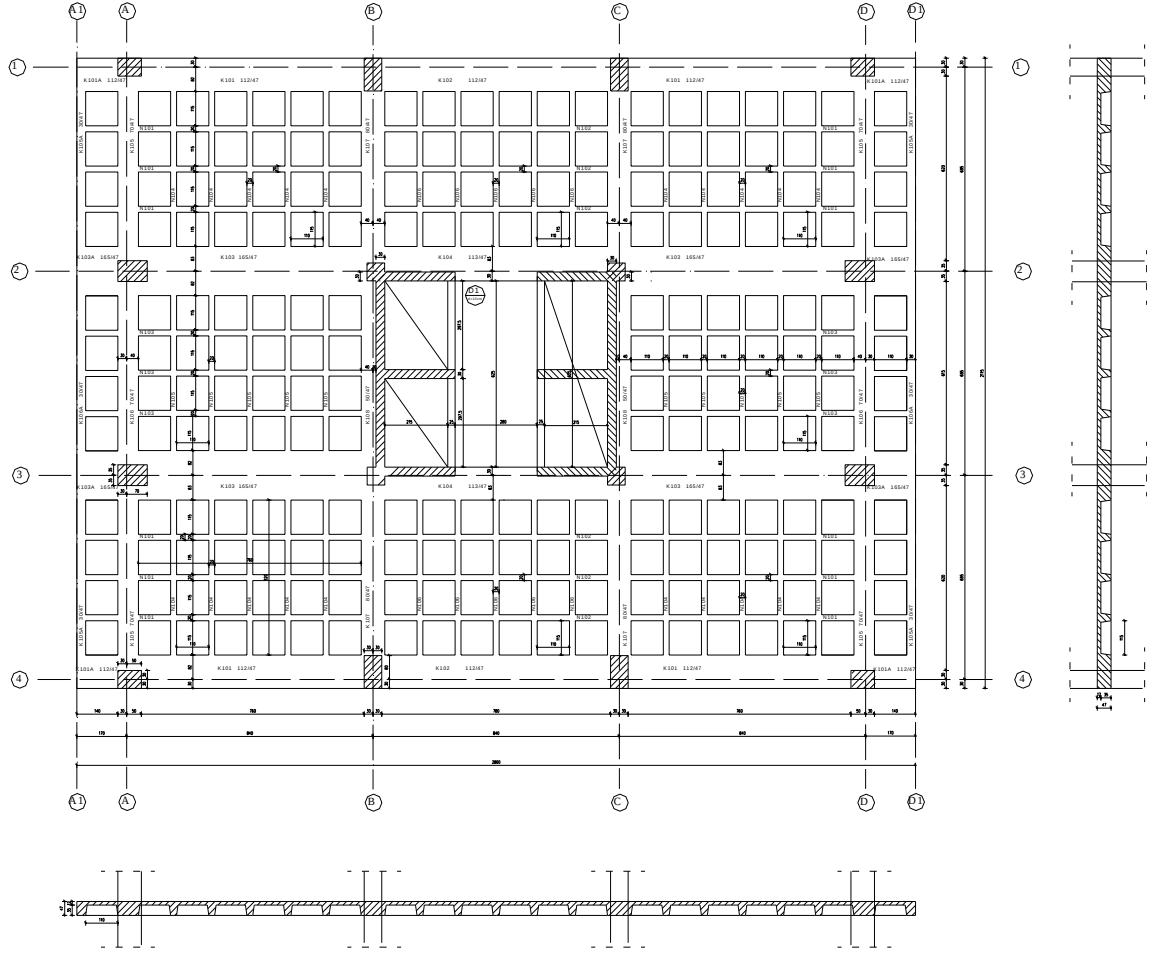
Sistemde kaset ve kirişli plak döşeme olmak üzere iki tip döşeme bulunmaktadır. Kaset döşemeler X yönünde 8.40m, Y yönünde 6.85m açıklığa sahiptir. Bu kaset döşemelerin konstrüksiyon yüksekliği $12+35=47$ cm' dir. Hesaplamalarda kaset döşemeyi oluşturan dişler birbirinden bağımsız olarak çözülmüştür. Planda da görüleceği üzere her açıklıktaki kaset dişleri birbirleri ile sürekli kirişler meydana getirecek şekilde seçilmiş ve yerleştirilmişlerdir. Bu durumda X yönünde 5, Y yönünde 3 açıklıklı sürekli kaset döşeme sistemi oluşmaktadır. Elverişsiz yüklemeler altında çözümlenerek kaset döşemelerin nervürleri birlikte donatılmıştır.

Burada söz konusu sistemin döşeme yapısının bu şekilde seçilmesinin nedeni yapı aks açıklıklarının yukarıda da belirtildiği üzere X ve Y doğrultularında oldukça büyük açıklıklardan teşkil edilmiş olmasıdır. Ayrıca kalıp ve işçiliği maliyeti yönünden de daha avantajlı bir durum sergilemektedir. Tek yönde dişli döşemeden daha avantajlı yanı ise tek yönlü dişli döşemede kullanılan dolgu bloklarının kullanılmaması ile kat ağırlıklarında önemli bir azalma sağlanmış olmasıdır.

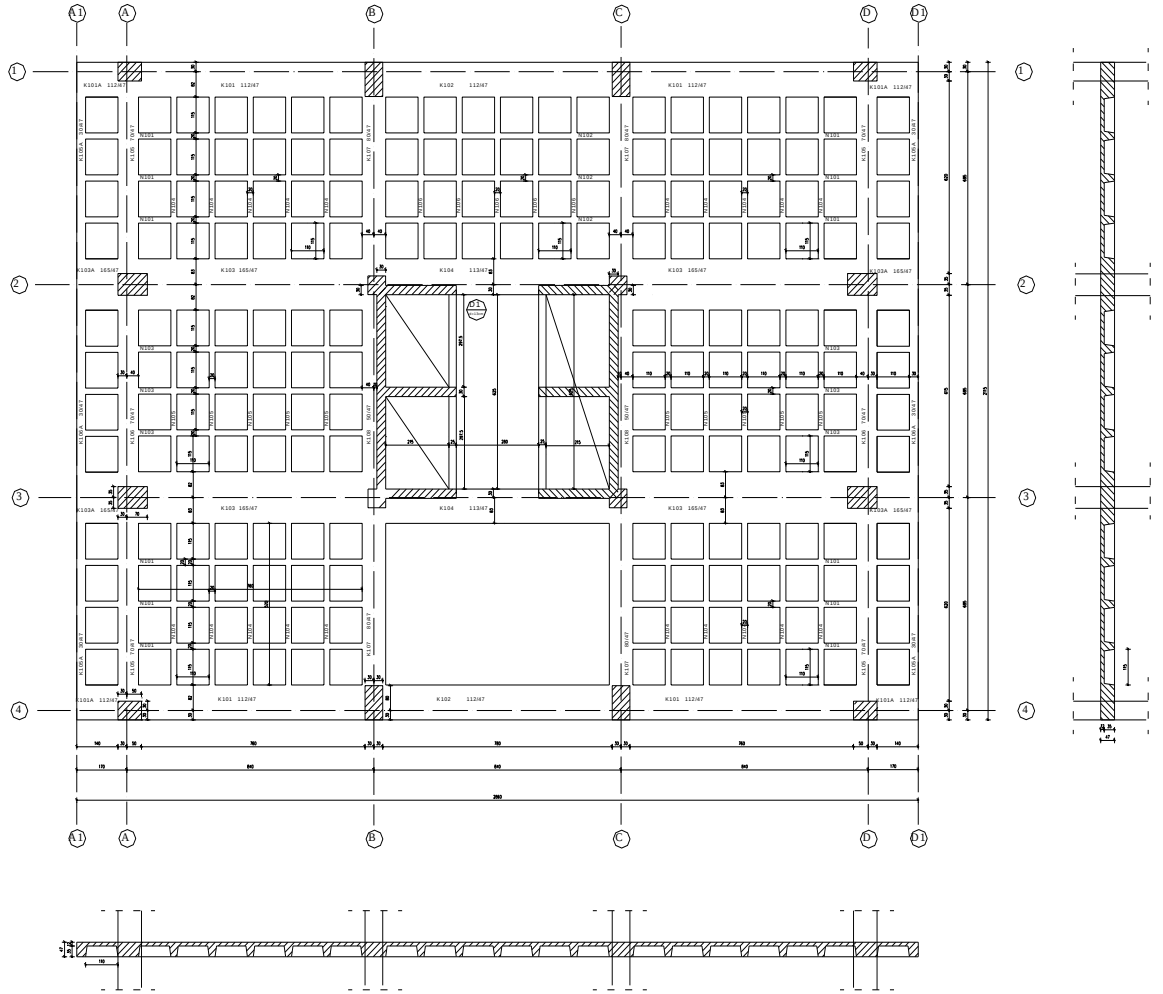
Tez konusu olan sistemin açıklıklarının büyük olmasından dolayı, kirişli plak döşeme yapıldığı takdirde döşeme kalınlığı büyük değerler alacaktır. Açıklık ortalarında kesitlerin taşıma gücüne etkisi az olan çekme bölgesindeki beton pek çalışmayan durumda kalacak ve döşemenin öz ağırlığında gereksiz bir fazlalık söz konusu olmuş olacaktır. Bunun yerine dişli döşeme tipi seçilerek hem bu çekme bölgesindeki beton kaldırılmış olur, hem de döşemenin öz ağırlığında azalma meydana gelmiş olacaktır.

Kalıp planında (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2) orta kısımda bulunan kirişli döşeme plağının yüksekliği 13 cm' dir.

Binanın işyeri olarak kullanılacağı ve dolayısıyla hareketli yük yoğunluğunun fazla olacağı göz önüne alınarak hareketli yük 5 kN/m^2 olarak alınmıştır.



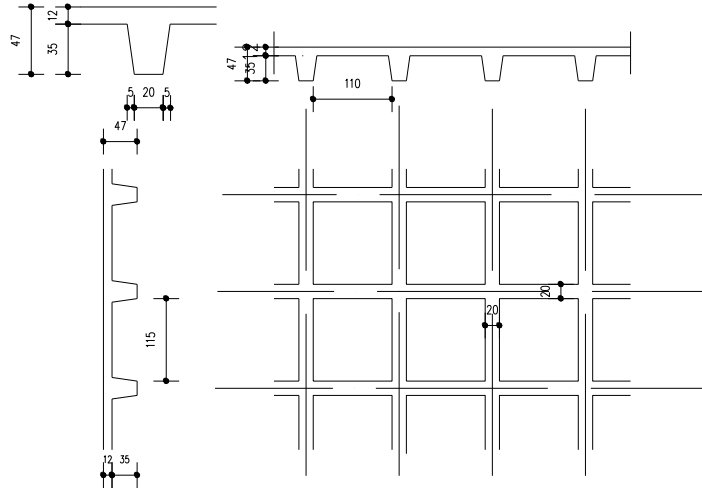
Şekil 2.1 1,3,4,5,6 Katlara Ait Kalıp Planı



Şekil 2.2 İkinci kat kalıp planı

2.1 Kaset Döşeme (İki Doğrultuda Dişli Döşeme)

Açıklıkların ve hareketli yüklerin fazla olduğu durumlarda kullanılır. Yük iki doğrultudaki dişlerle paylaşılarak taşınır. Paylaşma oranı döşemenin süreklilik durumuna ve kenarlarının oranına bağlıdır. Dişlerin yük taşıma durumu plakta bulunduğu yere bağlı olarak değişirse de bu genellikle hesaba katılmaz. Dişler arası boşluk olarak bırakılacağı gibi, düz bir döşeme kalıbı yapılarak dolgu blokları da kullanılabilir

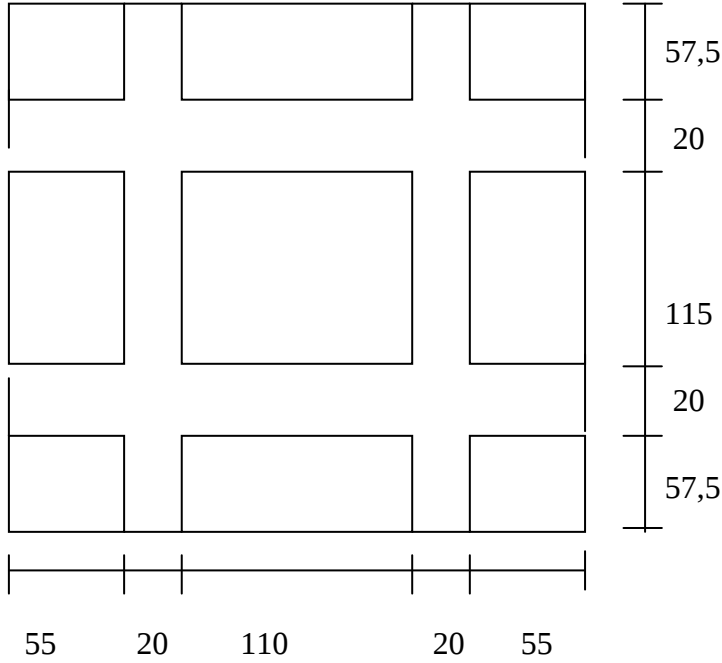


Şekil 2.3 Kaset döşeme tipik plan ve kesiti

Bir doğrultuda dişli döşemede olduğu gibi, burada da dişler arası boşluklarda dolgu blokları kullanılacaksa, diş temiz aralıklarının buna uygun olarak belirlenmesi ve kolonlar arasında tam diş sayısı ve bu sayıdan bir fazla ara mesafenin çıkmasına dikkat etmek gerekir. İki doğrultuda kolonları bağlayan kirişlerin dişlere mesnetlik yapabilmesi için kesit atalet momentinin dişlerinkinden çok daha büyük olması önemlidir. Bu kirişlerin ayrıca kolonlarla çerçeve oluşturarak yatay etkilere de karşı koyması gerektiği de unutulmamalıdır.

Bir döşeme parçasına ait plan ve kesit Şekil 1.1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi dişler toplam 47 cm, üstteki plak kalınlığı ise 12 cm'dir.

2.2 Kaset Döşeme İçin Yük Analizi



Kaset döşeme sisteminde bir parça yukarıda verilmiştir. Buna göre sabit ve hareketli yük için birim yükler aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

- 12 cm'lik tabladan: $25 \times 0,12 \times 1,2 \times 1,25 = 4,5 \text{ KN}$

- Kaset kirişlerinden: $25 \times b_w \times (h - h_f) \times (a + b - b_w)$

$$25 \times 0,20 \times (47 - 12) \times (1,2 + 1,25 - 0,20) = 3,94 \text{ KN}$$

- Kaplamadan: $0,22 \times 8 \times 1,2 \times 1,25 = 2,64 \text{ KN}$

TOPLAM SABİT YÜK : $G = 11,08 \text{ KN}$

$$1,4G = 15,085 \text{ KN}$$

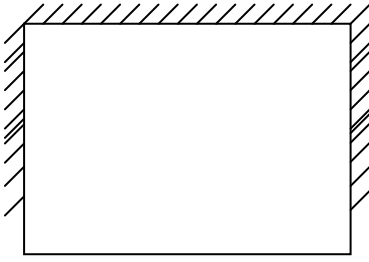
TOPLAM HAREKETLİ YÜK: $Q = 5 \times 1,2 \times 1,25 = 7,5 \text{ KN}$

$$1,6Q = 12 \text{ KN}$$

Sap2000 programı kullanılarak hem kaset nervürlerine açıklık ve mesnetlenme şartlarına bağlı olarak yüklerin dağıtılması yöntemi ile yukarıda hesaplanan yükler elverişsiz biçimde sisteme yüklenerek iç kuvvetler hesaplanmıştır. Bununla ilgili değerler Tablo1.1 ve Tablo1.2'de sunulmuştur. Her durumda sistem 1.4G yükleme ile yüklüdür. Elverişsiz iç kuvvet değerini elde etmek için göre gereken açıklıklara 1.6Q yüklemeleri eklenmektedir.

2.3 Kaset Döşemelerde Yük Taşıma Oranları

KN101 Kaset döşemesi



$$L_x/l_y = 8,4/6,85 = 1,2263$$

Betonarme Yapılar Kitabı [2] Tablo 10.2 → Tip 8

İterasyon ile kenar oranı 1,2263 'e karşı gelen yük oranı 0,5298 olur

$$Y = \frac{P_y}{P} = 0,5298$$

$$X = 1 - Y = 1 - 0,5298 = 0,4702$$

$$g = G/\text{alan} , q = Q/\text{alan}$$

$$g = 11,08/(1,25 \times 1,20) = 7,385 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 5 \text{ kN/m}^2$$

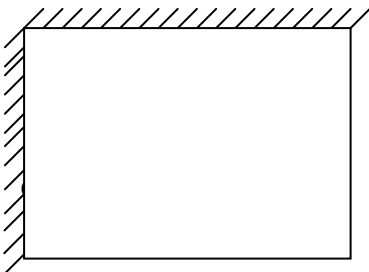
$$g_x = 7,385 \times 0,4702 = 3,4724 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_x^* = 3,4724 \times 1,25 = 4,340 \text{ kN/m}$$

$$g_y = 7,385 \times 0,5278 = 3,9126 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_y^* = 3,9126 \times 1,20 = 4,695 \text{ kN/m}$$

$$q_x = 5,0 \times 0,4702 = 2,351 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_x^* = 2,351 \times 1,25 = 2,939 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 5,0 \times 0,5278 = 2,649 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_y^* = 2,649 \times 1,20 = 3,179 \text{ kN/m}$$

KN101* Kaset döşemesi (Döşeme Boşluğunun Bulunduğu Kattaki KN101 Kaset Döşemesi)



$$L_x/l_y = 8,4/6,85 = 1,2263$$

Betonarme Yapılar Kitabı [2] Tablo 10.2 → Tip 4

İterasyon ile kenar oranı=1,2263 → yük oranı 0,6924

$$Y = \frac{P_y}{P} = 0,6924$$

$$X = 1 - Y = 1 - 0,6924 = 0,3076$$

$$g = G/\text{alan} , q = Q/\text{alan}$$

$$g=11,08/(1,25*1,20)=7,385 \text{ kN/m}^2$$

$$q=5 \text{ kN/m}^2$$

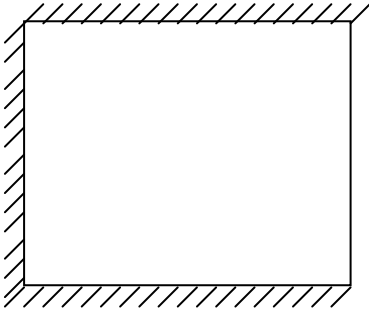
$$g_x = 7,385 \times 0,6924 = 5,113 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_x^* = 5,113 \times 1,25 = 6,392 \text{ kN/m}$$

$$g_y = 7,385 \times 0,3076 = 2,272 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_y^* = 2,272 \times 1,20 = 2,725 \text{ kN/m}$$

$$q_x = 5,0 \times 0,6924 = 3,808 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_x^* = 3,808 \times 1,25 = 4,760 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 5,0 \times 0,3076 = 1,692 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_y^* = 1,692 \times 1,20 = 2,030 \text{ kN/m}$$

KN102 Kaset döşemesi



$$L_x/L_y = 8,4/6,85 = 1,2263$$

Betonarme Yapılar Kitabı [2] Tablo 10.2 $\longrightarrow$ Tip 7

İterasyon ile 1,2263 $\longrightarrow$ 0,8178 olur.

$$Y = \frac{P_y}{P} = 0,8178$$

$$X = 1 - Y = 1 - 0,8178 = 0,1822$$

$$g=G/\text{alan} , q=Q/\text{alan}$$

$$g=11,08/(1,25*1,20)=7,385 \text{ kN/m}^2$$

$$q=5 \text{ kN/m}^2$$

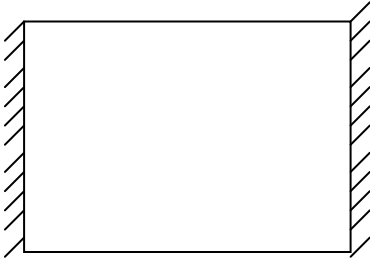
$$g_x = 7,385 \times 0,1822 = 1,346 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_x^* = 1,346 \times 1,25 = 1,682 \text{ kN/m}$$

$$g_y = 7,385 \times 0,8178 = 6,039 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_y^* = 6,039 \times 1,20 = 7,247 \text{ kN/m}$$

$$q_x = 5,0 \times 0,1822 = 0,911 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_x^* = 0,911 \times 1,25 = 1,139 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 5,0 \times 0,8178 = 4,089 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_y^* = 4,089 \times 1,20 = 4,907 \text{ kN/m}$$

KN103 Kaset döşemesi



$$L_x/l_y = 8,4/6,85 = 1,2263$$

Betonarme Yapılar Kitabı [2] Tablo 10.2 → Tip 6

İterasyon ile 1,2263 → 0,3117 olur.

$$Y = \frac{P_y}{P} = 0,3117$$

$$X = 1 - Y = 1 - 0,3117 = 0,6883$$

$$g = G/\text{alan} , q = Q/\text{alan}$$

$$g = 11,08 / (1,25 \times 1,20) = 7,385 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_x = 7,385 \times 0,6883 = 5,0831 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_x^* = 5,0831 \times 1,25 = 6,354 \text{ kN/m}$$

$$g_y = 7,385 \times 0,3117 = 2,3019 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow g_y^* = 2,3019 \times 1,20 = 2,762 \text{ kN/m}$$

$$q_x = 5,0 \times 0,6883 = 3,4435 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_x^* = 3,4435 \times 1,25 = 4,304 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 5,0 \times 0,3117 = 1,5585 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow q_y^* = 1,5585 \times 1,20 = 1,8702 \text{ kN/m}$$

KN104 Döşemesi

- 12 cm'lik tabladan: $25 \times 0,12 = 3 \text{ kN/m}^2$
- Kaplamadan: $0,22 \times 8 = 1,76 \text{ kN/m}^2$

$$g_{\text{döş}} = 4,76 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{döş}} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

- Nervür kendi Ağırlığı: $25 \times b_w \times (h - h_f)$

$$25 \times 0,20 \times (0,47 - 0,12) = 1,75 \text{ kN/m}$$

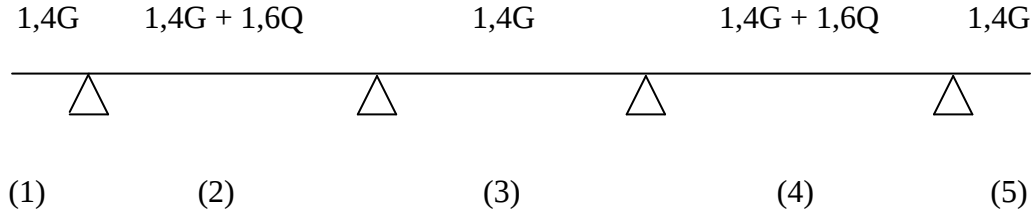
Nervüre Gelen Yükler

$$g = g_{d\ddot{o}ş} + g_{ner} = 2 \times 4,76 \times 1,10 / 2 + 1,75 = 6,986 \text{ kN/m}$$

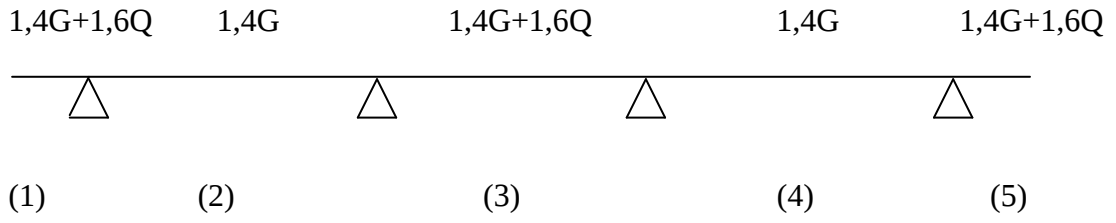
$$q = q_{d\ddot{o}ş} = 2 \times 5,00 \times 1,10 / 2 = 5,5 \text{ kN/m}$$

2.4 X Doğrultusunda Hesap

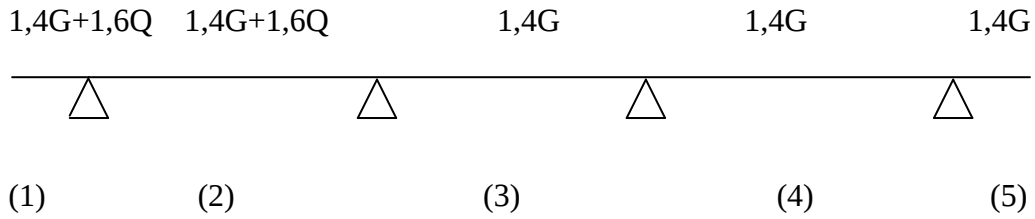
- **(2) ve (4) numaralı elemanlardaki en elverişsiz açıklık momenti için**



- **(1), (3) ve (5) numaralı elemanlardaki en elverişsiz açıklık momenti için**



- **(1) - (2) numaralı elemanlar arasında kalan mesnetteki en elverişsiz mesnet momenti**



Yukarıda belirtilen yüklemeler sonucunda ortaya çıkan en elverişsiz moment ve kesme kuvvetleri elde edilerek bu doğrultuda nervürlerin betonarme hesabı yapılabilir.

Tablo 2.1 X-X yönündeki nervürler için iç kuvvet değerleri

ELEMAN	M/V	Sol Mesnet	Açıklık	Sağ Mesnet
1	M (kNm)	0	-	-26,85
	V (kN)	-	-	-31,59
2	M (kNm)	-26,85	55,31	-96,28
	V (kN)	-40,84	-	55,05
3	M (kNm)	-96,28	67,49	-96,28
	V (kN)	-69,56	-	69,56
4	M (kNm)	-96,28	55,31	-26,85
	V (kN)	-55,05	-	40,84
5	M (kNm)	-26,85	-	-
	V (kN)	-31,59	-	0

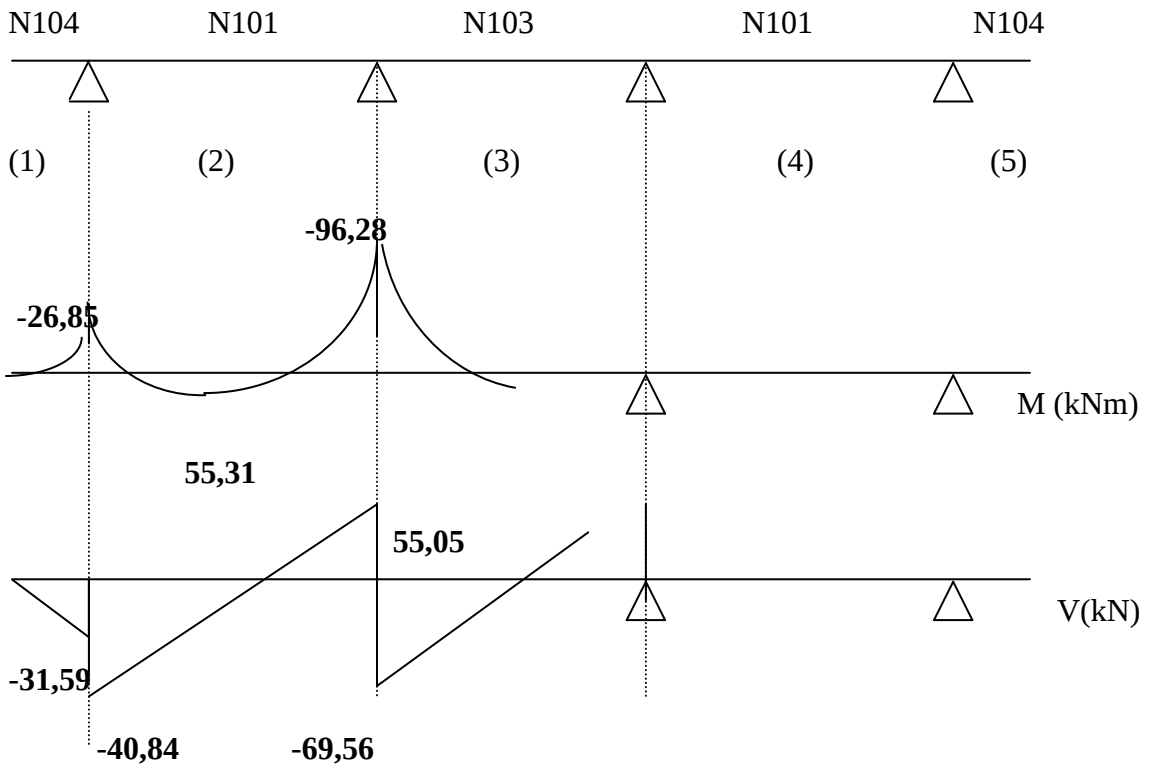
2.5 2. Katta Bulunan Döşeme Süreksizliği Nedeniyle Kaset İç Kuvvetlerinde Oluşan Değişimler

Zemin kattaki döşeme süreksizliğinden dolayı KN101 kaset döşemesindeki iç kuvvetlerinde, normal katlardaki döşeme süreksizliğinin bulunmadığı durumlarla karşılaştırılması durumunda değişimler olduğu belirlenmiştir. Zemin kattaki KN103 kaset döşemesinin bulunmamasından dolayı tesir çizgilerinde bir değişim meydana gelmekte ve dolayısıyla moment ve kesme kuvveti değerlerinde önemli ölçüde değişimler oluşmaktadır. Bu farklar aşağıda gösterilmiştir.



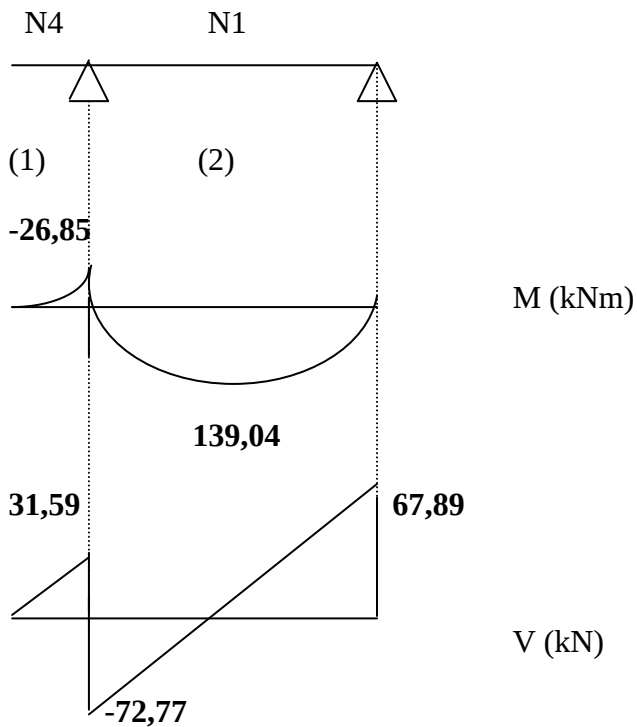
- Döşeme Süreksizliği Bulunmaması Durumu

(Elverişsiz Yüklemler Etkitildiğinde.....) (Süperpozisyonu göz önüne alınmıştır))



- Döşeme Süreksizliğinin Olması Durumu

(Elverişsiz Yüklemler Etkitildiğinde.....)



Yukarıdaki diyagramlardan da anlaşılacağı üzere döşeme boşluğunun etkisi bu döşemenin sağında ve solunda bulunan komşu kaset döşeme nervürlerinin iç kuvvetlerinde belirli değişiklikler oluşturmaktadır. Bu döşeme süreksizliğinin etkisiyle mesnetlenme şartları değişmiş olan N1 döşemesinin X ve Y doğrultularındaki kaset nervürlerine etkiyen kuvvetler de değişmiş olup X doğrultusunda Süreksizliğin olmadığı durumdan daha fazla yük aldığı belirlenmiştir. Yukarıdaki yük analizinde de görülebileceği gibi, süreksizliğin olmadığı katlardaki kaset döşemesi (KN101) ile süreksizliğin olduğu kattaki kaset döşemenin (KN101*), X ve Y doğrultularındaki aldıkları yükler birbirinden farklıdır.

2.6 X Doğrultusunda Betonarme Hesap

Dengeli donatı oranı: $\rho_b = 0,85 k_1 f_{cd} / f_{yd} (0,003 E_s / 0,003 E_s + f_{yd})$

(BS30 için $k_1 = 0,82$ 'dir) $BS30 \longrightarrow f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$

$B\check{C}III \longrightarrow f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$

$\rho_b = 0,0237$ (ayrıca Betonarme Yapılar Kitabı [2] Çizelge 5.1 'den de bulunabilir.)

Deprem yüklerini içeren hesaplarda $\rho \leq 0,60 \rho_b$ olmalıdır. Dolayısıyla $\rho = 0,01422$ alınır.

$$A_{s \max} = b \times d \times \rho = 20 \times 44 \times 0,01422 = 12,514 \text{ cm}^2$$

(2) ve (4) elemanlarının açıklık donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{1,35 \times 0,44^2}{63,61} = 410,88 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,789$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,789 \cdot 63,61}{0,44} = 403,20 \text{ mm}^2$$

$$= 4,03 \text{ cm}^2 \longrightarrow 3\Phi 14$$

(3) elemanının açıklık donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{1,35 \times 0,44^2}{77,61} = 336,76 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,795$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,795 \cdot 77,66}{0,44}, = 492,99 \text{ mm}^2$$

$$= 4,93 \text{ cm}^2 \longrightarrow 4\Phi 14$$

(2) - (3) elemanları mesnet donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{0,20 \times 0,44^2}{83,72} = 46,25 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,956$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,956 \cdot 83,72}{0,44}, = 562,45 \text{ mm}^2$$

$$= 5,62 \text{ cm}^2$$

ek donatı $\longrightarrow 3\Phi 16$ ek

(1) - (2) elemanları mesnet donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{0,20 \times 0,44^2}{26,85} = 144,21 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,838$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,838 \cdot 26,85}{0,44}, = 173,18 \text{ mm}^2$$

$$= 1,73 \text{ cm}^2$$

ek donatı $\rightarrow 2\Phi 12$

2.7 X Doğrultusunda Kayma Hesabı

V_{cr} : eğik çatlamayı oluşturan kritik kesme kuvveti

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,25 \times 200 \times 440 = 71500 \text{ N} = 71,500 \text{ kN}$$

1. Eğer $V_d < V_{cr}$ ise hesap gerekli değildir. Beton hesap kesme kuvvetini tek başına taşıyor demektir. Sünek davranış için minimum etriye yeterlidir.

$V_{\max}$: kesme kuvveti taşıma gücü

$$V_{\max} = 0,22 f_{cd} b_w d = 0,22 \times 20 \times 200 \times 440 = 387200 \text{ N} = 387,2 \text{ kN}$$

2. Eğer $V_{cr} < V_d < V_{res}$ ise beton kesiti uygun yalnız kayma donatısı hesapla bulunmalıdır.

3. $V_d > V_{max}$ ise kesit büyütülmelidir.

(2) ve (4) elemanları için

$$V_d = 55,05 - (55,05 + 40,84) / 8,40 \times 0,44 = 50,02 \text{ kN}$$

$V_d < V_{cr}$ olduğundan minimum etriye yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0,30 \frac{12,5}{3650} = 1,027 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Ø8/22 ile sağlanan } \rho = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{0,50}{20 \times 22} = 1,13 \cdot 10^{-3} > 1,027 \cdot 10^{-3}$$

(3) elemanı için

$$V_d = 69,56 - (69,56 + 69,56) / 8,40 \times 0,44 = 62,27 \text{ kN}$$

$V_d < V_{cr}$ olduğundan minimum etriye yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0,30 \frac{12,5}{3650} = 1,027 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Ø8/22 ile sağlanan } \rho = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{0,50}{20 \times 22} = 1,13 \cdot 10^{-3} > 1,027 \cdot 10^{-3}$$

(1) ve (5) elemanları için

$$V_d = 31,59 - 31,59 / 8,40 \times 0,44 = 29,94 \text{ kN}$$

$V_d < V_{cr}$ olduğundan minimum etriye yeterlidir.

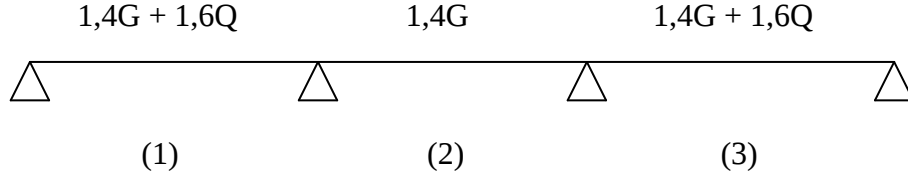
$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0,30 \frac{12,5}{3650} = 1,027 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Ø8/22 ile sağlanan } \rho = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{0,50}{20 \times 22} = 1,13 \cdot 10^{-3} > 1,027 \cdot 10^{-3}$$

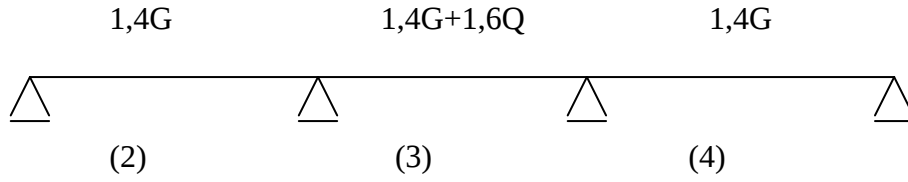
Hesaplar sonucu bulunan etriye, uygulamada Ø8/22 yerine Ø8/20 olarak alınmıştır.

2.8 Y Doğrultusunda Hesap

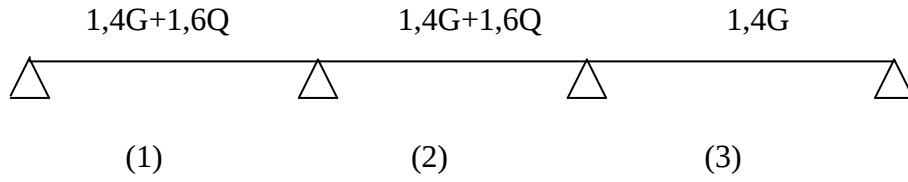
- (1) ve (3) numaralı elemanlardaki en elverişsiz açıklık momenti için



- (3) numaralı elemandaki en elverişsiz açıklık momenti için



- (1) - (2) numaralı elemanlar arasında kalan mesnetteki en elverişsiz mesnet momenti



Tablo 2.2 Y-Y yönündeki nervürler için iç kuvvet değerleri

ELEMAN	M/V	Sol mesnet	Açıklık	Sağ mesnet
(1)	M (kNm)	0	53,24	-83,78
	V (kN)	-38,54	-	59,75
(2)	M (kNm)	-83,78	50,60	-83,78
	V (kN)	-72,11	-	72,11
(3)	M (kNm)	-83,78	53,24	0
	V (kN)	-59,75	-	38,54

2.9 Y Doğrultusunda Betonarme Hesap

Dengeli donatı oranı: $\rho_b = 0,85 k_1 f_{cd} / f_{yd} (0,003 E_s / 0,003 E_s + f_{yd})$

(BS30 için $k_1 = 0,82$ 'dir) $\text{BS30} \longrightarrow f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$

$\text{BÇIII} \longrightarrow f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$

$\rho_b = 0,0237$ (ayrıca Betonarme Yapılar Kitabı [2] çizelge 5.1 'den de bulunabilir.)

Deprem yüklerini içeren hesaplarda $\rho \leq 0,60 \rho_b$ olmalıdır. Dolayısıyla $\rho = 0,01422$ alınır.

$$A_{s \max} = b \times d \times \rho = 20 \times 44 \times 0,01422 = 12,514 \text{ cm}^2$$

(1) ve (3) elemanlarının açıklık donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{1,30 \times 0,44^2}{61,23} = 411,04 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,786$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,786 \cdot 61,23}{0,44} = 387,70 \text{ mm}^2 \\ = 3,88 \text{ cm}^2 \longrightarrow 5\phi 10$$

(2) elemanının açıklık donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{1,30 \times 0,44^2}{58,19} = 432,51 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,785$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,785 \cdot 58,19}{0,44} = 368,31 \text{ mm}^2 \\ = 3,68 \text{ cm}^2 \longrightarrow 5\phi 10$$

(1) - (2) elemanları mesnet donatıları

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{0,20 \times 0,44^2}{72,85} = 53,15 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,93$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,93 \cdot 72,85}{0,44} = 485,11 \text{ mm}^2$$

$$= 4,85 \text{ cm}^2$$

ek donatı $\rightarrow 5\phi 12$ ek

2.10 Y Doğrultusunda Kayma Hesabı

V_{cr} : eğik çatlamayı oluşturan kritik kesme kuvveti

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d = 0,65 \times 1,25 \times 200 \times 440 = 71500 \text{ N} = 71,500 \text{ kN}$$

4. Eğer $V_d < V_{cr}$ ise hesap gerekli değildir. Beton hesap kesme kuvvetini tek başına taşıyor demektir. Sünek davranış için minimum etriye yeterlidir.

V_{max} : kesme kuvveti taşıma gücü

$$V_{max} = 0,22 f_{cd} b_w d = 0,22 \times 20 \times 200 \times 440 = 387200 \text{ N} = 387,2 \text{ kN}$$

5. Eğer $V_{cr} < V_d < V_{max}$ ise beton kesiti uygun yalnız kayma donatısı hesapla bulunmalıdır.

6. $V_d > V_{max}$ ise kesit büyütülmelidir.

(1) ve (3) elemanları için

$$V = 59,75 - (59,75 + 38,54) / 6,85 \times 0,44 = 53,44 \text{ kN}$$

$V_d < V_{cr}$ olduğundan minimum etriye yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0,30 \frac{12,5}{3650} = 1,027 \cdot 10^{-3}$$

$$\underline{\text{Ø8/22}} \text{ ile sağlanan } \rho = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{0,50}{20 \times 22} = 1,13 \cdot 10^{-3} > 1,027 \cdot 10^{-3}$$

(1) elemanı için

$$V=72,11-72,11/6,85 \times 0,44= 67,48 \text{ kN}$$

$V < V_{cr}$ olduğundan minimum etriye yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 0,30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0,30 \frac{12,5}{3650} = 1,027 \cdot 10^{-3}$$

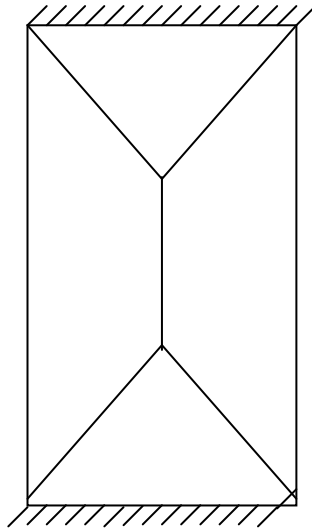
$$\text{Ø8/22 ile sağlanan } \rho = \frac{A_{sw}}{b_w s} = \frac{0,50}{20 \times 22} = 1,13 \cdot 10^{-3} > 1,027 \cdot 10^{-3}$$

2.11 Kaset Döşeme İçin Plak Dağıtma Donatısı

$$A_{s,d}=0,0015 \times b \times d = 0,0015 \times 100 \times 10,5 = 1,575 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Buradan her bir doğrultu için seçilen dağıtma donatısı : **Φ8 / 25** ($A_s=2,01 \text{ cm}^2$)

2.12 Kirişli Plak Döşeme İçin Yük Analizi ve Hesap



$$l_{uzun} / l_{kısa} = 625/280 = 2,23 > 2 \text{ Tek Doğr.Çalışan Döşeme}$$

$$h_f > l_p / 35 = 8\text{cm} \longrightarrow h_f = 13 \text{ cm seçilmiştir.}$$

$$\text{Plak ağırlığı: } g_1 = 0,13 \times 25 = 3,25 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\text{Kaplama + Sıva: } g_2 = 1,76 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\text{TOPLAM SABİT YÜK: } g = 5,01 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\text{TOPLAM HAREKETLİ YÜK: } q = 5,00 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$p = 1,4g + 1,6q = 15,014 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Bu kirişli döşeme plağı Sap2000 programında modellenerek oluşan iç kuvvet değerleri elde edilmiştir. Buradan elde edilen değerlerle;

Kısa açıklık doğrultusundaki maksimum açıklık momenti $M_{a\text{çıklık}} = 10,60 \text{ kNm}$

Bu iç kuvvet değerleri doğrultusunda plak betonarme hesabı:

$$K = \frac{b_w d^2}{M_d} = \frac{1,00 \times 0,110^2}{10,60} = 53,15 \cdot 10^{-5} \quad k_s = 2,83$$

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} = \frac{2,83 \cdot 10,60}{0,11} = 230,75 \text{ mm}^2 \\ = 2,72 \text{ cm}^2$$

$A_{s,min} = 0,002 \times b \times d = 0,002 \times 100 \times 11 = 2,2 \text{ cm}^2/\text{m} < 2,72 \text{ cm}^2/\text{m}$ Buradan **Φ8/18** olarak seçilir.

$$s = 18 < 1,5hf=19,5\text{cm}$$

$$< 20 \text{ cm}$$

Plak dağıtma donatısı: $A_{s,d}=0,001 \times b \times d = 0,001 \times 100 \times 11 = 1,1 \text{ cm}^2/\text{m}$ **Φ8/25**

2.13 Kaset Plağının Tekil Olarak İncelenmesi

Kaset döşeme sisteminde oluşan ızgara sistem arasında kalan plak boyutlarının büyük olmasından dolayı (1.10m x 1.15m) ve hareketli yük değerinin büyük seçilmesinden dolayı, bu plakların kaset nervürleri ile mesnetlendiği noktalarda oluşabilecek negatif moment değerlerini karşılaması açısından ek donatı konulmasına gerek olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla;

$$m=l_u/l_k = 1,15/1,10=1,0454$$

$$p=1,4g + 1,6q = 14,664 \text{ kN (bkz Bölüm 2.2)} \quad hf=12 \text{ cm} \quad (d=10\text{cm})$$

$$M=\alpha_p l_k^2 \quad m=1.0454 \text{ için} \quad \text{mesnet momenti için } \alpha_1=0,0365,$$

açıklık momenti için $\alpha_2=0,0275$ olmaktadır.

$$M_{\text{mesnet}}=0,0365 \times 14,664 \times 1,1^2=0,647 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{açıklık}}=0,0275 \times 14,664 \times 1,1^2=0,488 \text{ kNm/m}$$

Mesnet momenti için gerekli donatı $K=b_w d^2/M=1704,02 \cdot 10^{-5} \quad k_s=2,77$

$A_s=k_s M/d=2,77 \times 0,647/0,100=17,05 \text{ mm}^2$ olmaktadır. Bu çok küçük bir değerdir. Ancak çerçeve kirişleri ile birleştiği bölgelere minimum donatı oranı kadar ek üst donatı konulmuştur.

3. TAŞIYICI YÜKLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE DÜŞEY YÜKLERE GÖRE HESAP

3.1 Kolonların Yaklaşık Olarak Boyutlandırılması

Kolonlara gelen düşey yüklerin bulunması için döşemelerden kirişlere, kirişlerden de mesnetlendikleri kolonlara yük aktarıldığı düşünülmüş ve hesaplamalar bu varsayım altında yapılmıştır. Buna göre kolonlara yük veren elemanlar ve bunların yük değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Kirişli Döşemeler: $g=5,01 \text{ kN/m}^2$ $q=5,00 \text{ kN/m}^2$

Kaset Döşemeler: $g=7,39 \text{ kN/m}^2$ $q=5,00 \text{ kN/m}^2$

Kirişler:

- 30x47: $g=3,525 \text{ kN/m}$
- 112x47: $g=13,16 \text{ kN/m}$
- 165x47: $g=19,39 \text{ kN/m}$
- 80x47: $g=9,400 \text{ kN/m}$
- 70x47: $g=8,225 \text{ kN/m}$
- 113x47: $g=13,28 \text{ kN/m}$
- 50x47: $g=5,875 \text{ kN/m}$
- 25x47: $g=2,940 \text{ kN/m}$

Duvarlar (h=4,50 m kat yüksekliği için)

- tam duvar: 4,2 x 4,03 $g=16,926 \text{ kN/m}$
- yarım duvar: 2,5 x 4,03 $g=10,075 \text{ kN/m}$

Kolon Kendi Ağırlığı

- 60x80: $g=54 \text{ kN}$
- 70x100: $g=78,75 \text{ kN}$
- 60x110: $g=74,25 \text{ kN}$
- 60x60: $g=40,5 \text{ kN}$
- perde1 (240x30): $g=81 \text{ kN}$
- perde2 (625x30) $g=210,94 \text{ kN}$

Elemanlardan gelen yükler kolona aktarılırken etkileşim alanlarının birim alana gelen yük değerleri ile çarpılması sonucu elde edilen yüklerin toplamı kolona etkiyen yük olarak alınmıştır.

3.1.1 Kolonlara Etkiyen Düşey Yükler

S1 Kolonu (60x80)

$$\begin{aligned} \text{Kaset Döşemeden: } & 7,385 \times [(6,85/2-1,12)(8,40/2-0,80)] + 7,385 \times [(6,85/2-1,12)(1,7/2-,6)] \\ & =76,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kirişlerden: } & 13,16 \times (8,40/2+1,7-0,8) + 8,225 \times (6,85/2-0,6) + 3,525 \times (6,85/2-1,12) \\ & =98,48 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Duvardan: } 16,926 \times (6,85/2 + 8,40/2 + 1,70 - 0,20) = 154,44 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Kendi Ağırlığı: } =54 \text{ kN}$$

$$\text{Hareketli Yük: } 5 \times [(1,70+8,40/2) \times 6,85/2]=101,04 \text{ kN}$$

$$\Sigma g= 383,52 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g= 536,93 \text{ kN}$$

$$\Sigma q = 101,04 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 161,66 \text{ kN}$$

$$1,4g + 1,6q = 698,59 \text{ kN}$$

S2 Kolonu (60x110)

$$\text{Kaset Döşemeden: } 7,385 \times [(6,85/2 - 1,12)(8,40 - 0,80)] = 129,37 \text{ kN}$$

$$\text{Kirişlerden: } 13,16 \times (8,40 - 0,6) + 9,4 \times (6,85/2 - 1,12) = 124,315 \text{ kN}$$

$$\text{Duvardan: } 16,926 \times (8,40 - 0,60) = 132,02 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Kendi Ağırlığı: } = 74,25 \text{ kN}$$

$$\text{Hareketli Yük: } 5 \times [8,40 \times 6,85/2] = 143,85 \text{ kN}$$

$$\Sigma g = 459,96 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g = 643,94 \text{ kN}$$

$$\Sigma q = 143,85 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 233,16 \text{ kN}$$

$$1,4g + 1,6q = 874,10 \text{ kN}$$

S3 Kolonu (70x100)

$$\text{Kaset Döşemeden: } 7,385 \times [(6,85 - 1,65)(8,40/2 + 1,70 - 0,70 - 0,3)] = 188,17 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Kirişlerden: } & 8,225 \times (6,85 - 1,65) + 19,39 \times (1,7 + 8,40/2) + 3,525 \times (6,85 - 1,65) \\ & = 175,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Duvardan: } 16,926 \times 6,85 = 115,94 \text{ kN}$$

$$\text{Kolon Kendi Ağırlığı: } = 78,75 \text{ kN}$$

$$\text{Hareketli Yük: } 5 \times [(1,70 + 8,40/2) \times 6,85] = 202,075 \text{ kN}$$

$$\Sigma g = 558,36 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g = 781,70 \text{ kN}$$

$$\Sigma q = 202,075 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 323,32 \text{ kN}$$

$$1,4g + 1,6q = 1105,02 \text{ kN}$$

S4 Kolonu (60x60), P1 Perdesi (240x30) ve P2 Perdesi (625x30)

Kaset Döşemeden: $7,385 \times [(6,85/2-1,65)(8,40-0,80)] + 7,385 \times [(6,85/2-1,65)(8,40/2-0,80)]$
 $= 144,19 \text{ kN}$

Kirişlerden: $13,28 \times (8,40/2-0,6) + 5,87 \times (6,85/2-1,65) + 19,39 \times (8,40/2-0,5)$
 $+ 9,40 \times (6,85/2-1,65) + 2,94 \times 2,975 = 155,40 \text{ kN}$

Kolon Kendi Ağırlığı: $40,5 + 81 + 81/2 + 210,94/2 = 267,47 \text{ kN}$

Hareketli Yük: $5 \times (8,40 \times 6,85/2 + 8,40/2 \times 6,85/2 + 2,80 \times 6,25) = 303,275 \text{ kN}$

$\Sigma g = 654,735 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g = 916,63 \text{ kN}$

$\Sigma q = 303,275 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 485,24 \text{ kN}$

$1,4g + 1,6q = 1401,87 \text{ kN}$

S4 Kolonu (60x60), P1* Perdesi (240x30) ve P2* Perdesi (625x30)

Kaset Döşemeden: $7,385 \times [(6,85/2-1,65)(8,40-0,80)] + 7,385 \times [(6,85/2-1,65)(8,40/2-0,80)]$
 $= 144,19 \text{ kN}$

Kirişlerden: $13,28 \times (8,40/2-0,6) + 5,87 \times (6,85/2-1,65) + 19,39 \times (8,40/2-0,5)$
 $+ 9,40 \times (6,85/2-1,65) + 2,94 \times 2,975 = 155,40 \text{ kN}$

Kolon Kendi Ağırlığı: $40,5 + 81 + 210,94/2 = 226,97 \text{ kN}$

Hareketli Yük: $5 \times (8,40 \times 6,85/2 + 8,40/2 \times 6,85/2 + 2,80 \times 6,25) = 303,275 \text{ kN}$

$\Sigma g = 614,235 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g = 859,93 \text{ kN}$

$\Sigma q = 303,275 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 485,24 \text{ kN}$

$1,4g + 1,6q = 1345,17 \text{ kN}$

Zemin Kat için S2* Kolonu (60x110)

Kaset Döşemeden: $7,385 \times [(6,85/2-1,12)(8,40/2-0,80)] = 57,86 \text{ kN}$

Kirişlerden: $13,16 \times (8,40-0,6) + 9,4 \times (6,85/2-1,12) = 124,315 \text{ kN}$

Duvardan: $16,926 \times (8,40 - 0,60) = 132,02 \text{ kN}$

Kolon Kendi Ağırlığı: $=74,25 \text{ kN}$

Hareketli Yük: $5 \times [8,40/2 \times 6,85/2] = 71,925 \text{ kN}$

$\Sigma g = 388,448 \text{ kN} \longrightarrow 1,4g = 543,83 \text{ kN}$

$\Sigma q = 71,925 \text{ kN} \longrightarrow 1,6q = 115,08 \text{ kN}$

$1,4g + 1,6q = 658,91 \text{ kN}$

3.1.2 Düşey yüklere Göre Boyutlandırma

Birinci kat kolonları taşıdıkları normal kuvvete göre boyutlandırılacak, kalıp kolaylığı sağlanması açısından diğer tüm katlarda bu boyutlar kullanılacaktır. Normal kuvvete göre gerekli olan net beton alanı moment etkisini de kısmen göz önüne alabilmek amacıyla köşe kolonlarda 1.4, kenar kolonlarda 1.3, orta kolonlarda 1.2 değeri ile büyütülmüştür.

Tablo 3.1 Kolonlara gelen normal kuvvet değerleri (kN)

KAT/KOLON	S1	S2	S3	S4+P1+P2	S4+P1*+P2*	S2*
6	698,59	874,1	1105,02	1401,87	1345,17	874,1
5	1397,18	1748,2	2210,04	2803,74	2690,34	1748,2
4	2095,77	2622,3	3315,06	4205,61	4035,51	2622,3
3	2794,36	3496,4	4420,08	5607,48	5380,68	3496,4
2	3492,95	4370,5	5525,1	7009,35	6725,85	4155,31
1	4191,54	5244,6	6630,12	8411,22	8071,02	5029,41

$$N_d \leq 0,5 f_{ck} A_c$$

$$N_d \leq 0,5 3 A_c$$

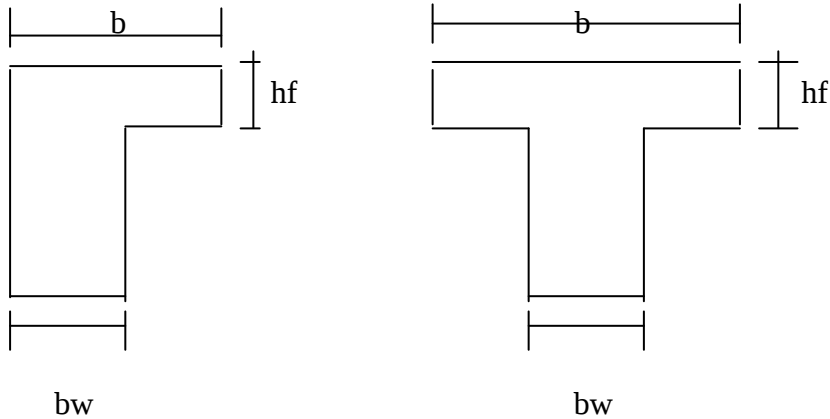
$$N_d \leq 1,5 A_c$$

Tablo 3.2 Kolon boyutlandırma tablosu

	P(kN)	A _c (cm ²)	a	A _c	Seçilen	Sağlanan Alan
S1	4191,54	2794,36	1,4	3912,104	60X80	4800
S2	5244,6	3496,4	1,3	4545,32	60X110	6600
S3	6630,12	4420,08	1,3	5746,104	70X100	7000
S4+P1+P2	8411,22	5607,48	1,2	6728,976	60X60+...	19425
S4*+P1*+P2*	8071,02	5380,68	1,2	6456,816	60X60+...	19425
S2*	5029,41	3352,94	1,3	4358,822	60X110	6600

3.2 Kirişler

3.2.1 Etkili Tabla Genişlikleri



$$(b - b_w) \leq 6 h_f$$

$$\leq a_n / 2$$

T kesitli kirişlerde: $b = b_w + \frac{l_p}{5}$

Γ kesitli kirişlerde: $b = b_w + \frac{l_p}{10}$

$$l_p = \alpha l$$

TS500/84'te önerilen α değerleri:

Tek açıklıklı basit kirişlerde: $\alpha = 1$

Sürekli kirişlerde

Kenar açıklık için: $\alpha = 0,8$

İç açıklık için: $\alpha = 0,6$

Konsol kirişlerde: $\alpha = 1,5$

KİRİŞ KESİTLERİ	KESİT TİPİ	bw	L	α	lp	b	b-bw	6hf	an/2	(b-bw)'	b'
30x47	Γ	30	171	0,8	136,8	43,68	13,68	72	85,5	13,68	43,68
112x47	Γ	112	685	0,8	548	166,8	54,8	72	342,5	54,8	166,8
113x47	T	113	685	0,6	411	195,2	82,2	72	342,5	72	185
80x47	T	80	840	0,6	504	180,8	100,8	72	420	72	152
165x47	T	165	685	0,6	411	247,2	82,2	72	342,5	72	237
70x47	T	70	840	0,6	504	170,8	100,8	72	420	72	142
25x47	Γ	25	280	0,8	224	47,4	22,4	72	140	22,4	47,4

*Konsol
kirişlerde*

KİRİŞ KESİTLERİ	KESİT TİPİ	bw	L	α	lp	b	b-bw	6hf	an/2	(b-bw)'	b'
112x47	Γ	112	685	1,5	1027,5	214,75	102,8	72	342,5	72	184
165x47	T	165	685	1,5	1027,5	370,5	205,5	72	342,5	72	237

3.2.2 Kirişlere Gelen Yüklerin Bulunması

Sadece dış cephedeki kirişler üzerinde tam duvar olduğu kabul edilmiştir. Tam tuğla duvar (20 cm kalınlık) için birim alan yükü 4,2 kN/m² olarak alınmıştır. Kirişlere gelen yükler kN/m cinsinden hesaplanarak kiriş açıklığı boyunca düzgün etkidikleri kabul edilmiştir. Tüm katlarda aynı yük analizi sonucunda kirişlere aynı yükler etkimektedir. Katlar arasında fark eden tek durum zemin kat tavanındaki kaset döşeme süreksizliğidir. Kirişlere aşağıdaki kaynaklardan yük gelmektedir.

1. Zati Ağırlık

- 30x47: $g_1 = 3,525 \text{ kN/m}$
- 112x47: $g_1 = 13,16 \text{ kN/m}$
- 165x47: $g_1 = 19,39 \text{ kN/m}$
- 80x47: $g_1 = 9,400 \text{ kN/m}$
- 70x47: $g_1 = 8,225 \text{ kN/m}$
- 113x47: $g_1 = 13,28 \text{ kN/m}$
- 50x47: $g_1 = 5,875 \text{ kN/m}$
- 25x47: $g_1 = 2,940 \text{ kN/m}$

2. Duvar Yükü

- tam duvar: 4,2 x 4,03 $g_2 = 16,926 \text{ kN/m}$
- yarım duvar: 2,5 x 4,03 $g_2 = 10,075 \text{ kN/m}$

3. Döşeme yükleri

- Kirişli Döşemeden $g_3 = 5,01 \times \text{alan} / l_{\text{kiriş}}$ $q_3 = 5,00 \times \text{alan} / l_{\text{kiriş}}$

- Kaset döşemeden

- N1 kaset döşemesi (N3)

- ◆ -x yönündeki kaset kirişinden: $g_4 = (4,34 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_4 = (2,94 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- ◆ -y yönündeki kaset kirişinden: $g_5 = (4,695 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_5 = (3,179 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- N2 kaset döşemesi

- ◆ -x yönündeki kaset kirişinden: $g_6 = (1,682 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_6 = (1,139 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- ◆ -y yönündeki kaset kirişinden: $g_7 = (7,247 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_7 = (4,907 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- N3 kaset döşemesi

- ◆ -x yönündeki kaset kirişinden: $g_8 = (4,340 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_8 = (2,939 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- ◆ -y yönündeki kaset kirişinden: $g_9 = (4,695 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$

$$q_9 = (3,179 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

- N4 kaset döşemesi

$$g_{10} = (4,340 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

$$q_{10} = (2,939 \times l_{kaset} / 2) / l_{kiriş} \times n$$

Kirişlere gelen yükler ve düşey yüklere göre kiriş hesapları EK-1'de sunulan Tablo-A1, Tablo-A2, Tablo-A3 ve Tablo-A4'te belirtilmiştir.

4. YATAY YÜKLERE GÖRE HESAP

Yapıların deprem yükü altındaki davranışlarını ve depremten dolayı oluşan iç kuvvetlerin hesaplanması için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan birincisi "Eşdeğer Deprem Yükü" yöntemidir. Bu yöntemle deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetler katlara etkitilen yatay kuvvetler altında yapının statik çözümünün yapılması ile bulunmaktadır. Deprem bölgesi, bina türü, taşıyıcı sistem davranış katsayısı gibi birtakım özellikler göz önüne alınarak toplam yatay deprem yükü hesaplanmakta ve bu kuvvet değerleri katlara dağıtılmaktadır. 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği 75m'den küçük olan binalarda bu yöntem uygulanabilir. Ancak 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde bu yöntemin uygulanabilmesi için bina yüksekliğinin 60m'den küçük olması ve katlarda burulma düzensizliğinin bulunmaması gerekmektedir. Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği bulunan binalarda bu yöntemin uygulanabilmesi için bina yüksekliğinin 25m'den az olması gerekmektedir.

Eşdeğer deprem yükünün kullanılmadığı binalarda dinamik analiz yapılması zorunludur. Dinamik analiz için Mod Birleştirme Yöntemi kullanılabilir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde birbirine dik iki doğrultunun (X ve Y) herbiri için üçer adet olmak üzere toplam altı yükleme yapılmıştır. Bir doğrultudaki deprem hesabı için birinci yükleme katlara dağıtılan deprem yüklerinin kat kütle merkezlerine etkitilmesiyle oluşmaktadır. Diğer iki yükleme ise sağdan ve soldan %5 dış merkezlikli yüklemelerdir. Bu yüklemeler için katlara deprem yükünün yanı sıra dış merkezliği sağlayacak bir de burulma momenti etkitilmektedir.

4.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

4.1.1 Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Belirlenmesi

Tablo 4.1 Bina ağırlık merkezinin hesabı

Eleman	m_i	X	Y	m_{ix}	m_{iy}
K101	25,27224	5,9	0,56	149,106216	14,1524544
K101A	5,11462	0,85	0,56	4,347427	2,8641872
K102	25,27224	14,3	0,56	361,393032	14,1524544
K103	16,2876	5,9	7,15	96,09684	116,45634
K103A	3,2963	0,85	7,15	2,801855	23,568545
K104	11,1552	14,3	7,15	159,51936	79,75968
K105	4,277	1,75	3,72	7,48475	15,91044
K105A	13,42731	0,15	3,72	2,0140965	49,9495932
K106	4,277	1,75	10,575	7,48475	45,229275
K106A	13,59657	0,15	10,575	2,0394855	143,783728
K107	4,888	10,1	3,72	49,3688	18,18336
K108	4,888	10,1	10,575	49,3688	51,6906
K110	1,8228	12,775	10,575	23,28627	19,27611
KİRİŞLER	412,2759			2451,06333	1672,12337
S1	4,836	1,8	0,3	8,7048	1,4508
S2	6,6495	10,1	0,55	67,15995	3,657225
S3	7,0525	1,9	7,15	13,39975	50,425375
S4	3,627	10,1	7,15	36,6327	25,93305
P1	7,254	11,7	7,3	84,8718	52,9542
P2	18,891	10,35	10,575	195,517969	199,768359
P3	7,254	11,7	10,575	84,8718	76,71105

KOLON+PERD	169,96525			1403,85554	1090,64142
D1 Döşemesi	8,768	14,3	10,575	125,37525	92,7163125
N1 Kaset Döş.	28,93	5,9	3,72	170,678976	107,614541
N2 Kaset Döş.	28,93	5,9	10,575	170,678976	305,920368
N3 Kaset Döş.	28,93	14,3	3,72	413,679552	107,614541
N4 Kaset Döş.	4,187	0,85	3,72	3,558984	15,5757888
N5 Kaset Döş.	4,187	0,85	10,575	3,558984	44,277948

NORMAL KATLAR İÇİN					
	$\underline{m}_i$		$\underline{m}_{ix}$	$\underline{m}_{iy}$	
TOPLAM	847,899		12195,958	8966,29934	
x yönündeki ağır. merkezi=		14,3037473 m			
y yönündeki ağır. merkezi=		10,5747316 m			

ZEMİN KAT İÇİN					
	$\underline{m}_i$		$\underline{m}_{ix}$	$\underline{m}_{iy}$	
TOPLAM	818,970		11782,279	8858,685	
x yönündeki ağır. merkezi=		14,3067056 m			
y yönündeki ağır. merkezi=		10,8168626 m			

Katlara ait net kat alanları: Normal Katlarda = 538,59 m²

Zemin Katta = 499,07 m²

İlk üç katta hareketli yükün 1 t/m², diğer katlarda ise 0,5 t/m² olduğu düşünülerek her katın ağırlığı hesaplanmıştır.

1. Kat Tavanı için	$g_1 = 847,90 \text{ t}$	$q_1 = 538,59 \times 1 = 538,59 \text{ t}$
2. Kat Tavanı için	$g_2 = 818,97 \text{ t}$	$q_2 = 499,07 \times 1 = 499,07 \text{ t}$
3. Kat Tavanı için	$g_3 = 847,90 \text{ t}$	$q_3 = 538,59 \times 1 = 538,59 \text{ t}$
4. Kat Tavanı için	$g_4 = 847,90 \text{ t}$	$q_4 = 538,59 \times 0,5 = 269,295 \text{ t}$
5. Kat Tavanı için	$g_5 = 847,90 \text{ t}$	$q_5 = 538,59 \times 0,5 = 269,295 \text{ t}$
6. Kat Tavanı için	$g_6 = 847,90 \text{ t}$	$q_6 = 538,59 \times 0,5 = 269,295 \text{ t}$

Hareketli Yük Katılım Katsayısı, **n**, **Tablo 3.2'** de verilmiştir.

Tablo 4.2 Hareketli Yük Katılım Katsayıları

<i>Binanın Kullanım Amacı</i>	n
Depo, antrepo, v.b.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, konser salonu, garaj, lokanta, <u>mağaza</u> , v.b.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, v.b.	0.30

Bu tez konusu olan proje için **n=0,60** olarak alınacaktır.

$$W_i = g_i + 0,6q_i \quad (4.1)$$

Bodrum Kat Tavanı için $W_1 = 1171,054 \text{ t}$

Zemin Kat Tavanı için $W_2 = 1118,412 \text{ t}$

1. Normal Kat Tavanı için $W_3 = 1171,054 \text{ t}$

2. Normal Kat Tavanı için $W_4 = 1009,477 \text{ t}$

3. Normal Kat Tavanı için $W_5 = 1009,477 \text{ t}$

4. Normal Kat Tavanı için $W_6 = 1009,477 \text{ t}$

$$W_{toplam} = 6488,951 \text{ t} : \text{BİNA AĞIRLIĞI}$$

4.1.2 Rijitlik Merkezinin Yeri

Rijitlik merkezinin belirlenmesi için her bir doğrultudaki eleman rijitlikleri hesaplanarak Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir.

Eleman Rijitlikleri:

- 60x80 kolon (S1) $I_x = 256 \text{ dm}^4$
 $I_y = 144 \text{ dm}^4$
- 60x110 kolon (S2) $I_x = 198 \text{ dm}^4$
 $I_y = 665,5 \text{ dm}^4$
- 70x100 kolon (S3) $I_x = 583,33 \text{ dm}^4$
 $I_y = 285,83 \text{ dm}^4$
- 60x60 kolon (S1) $I_x = 108 \text{ dm}^4$
 $I_y = 108 \text{ dm}^4$
- 240x30 perde (P1 - P3) $I_x = 3456 \text{ dm}^4$
 $I_y = 54 \text{ dm}^4$
- 625x30 perde (P2) $I_x = 140,625 \text{ dm}^4$
 $I_y = 61035,16 \text{ dm}^4$

Tablo 4.3 Y-Y doğrultusunda rijitlik merkezinin yeri

Adet	Y (m)	I_x (dm ⁴)	$I_x*y*adet$	I_x*adet
2	0,3	256	153,6	512
2	0,3	198	118,8	396
2	7,15	583,333	8341,662	1166,666
2	7,15	108	1544,4	216
2	14	583,333	16333,32	1166,666
2	14	108	3024	216
2	20,85	198	8256,6	396
2	20,85	256	10675,2	512
2	7,15	3456	49420,8	6912
2	14	3456	96768	6912
2	10,575	3456	73094,4	6912
2	10,575	140,625	2974,219	281,25
			270705	25598,58
			Y _{or} = 10,575 m	

Tablo 4.4 X-X Doğrultusunda Rijitlik Merkezinin Yeri

Adet	X (m)	I_y (dm ⁴)	$I_y*x*adet$	I_y*adet
2	1,7	144	489,6	288
2	1,7	285,7333	971,4932	571,4666
2	10,1	665,5	13443,1	1331
2	10,1	108	2181,6	216
2	18,5	665,5	24623,5	1331
2	18,5	108	3996	216
2	26,9	144	7747,2	288
2	26,9	285,7333	15372,45	571,4666

3	10,1	54	1636,2	162
3	18,5	54	2997	162
1	10,1	61035,16	616455,1	61035,16
1	18,5	61035,16	1129150	61035,16
			1819064	127207,3
			$x_{or} = 14,30 \text{ m}$	

Normal katlarda her iki yönde kütleler açısından simetri söz konusu olduğu için rijitlik merkezi, ağırlık merkezi ile aynı yerdedir.

Dolayısı ile normal katlarda rijitlik merkezinin yeri;

$$x_{or} = 14,30 \text{ m}$$

$$y_{or} = 10,575 \text{ m}$$

Zemin katta (döşeme süreksizliği bulunan katta);

$$x_{or} = 14,30 \text{ m}$$

$$y_{or} = 10,816 \text{ m}$$

Zemin kattaki süreksizlikten oluşan dış merkezlik:

$$e_x = 0$$

$$e_y = 10,816 - 10,575 = 0,241 \text{ m}$$

4.1.3 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

4.1.3.1 Düzensizlik Durumlarının Belirlenmesi

Aşağıdaki tablodan da anlaşılabacağı üzere bu tez konusu projede X-X doğrultusundaki %5 dışmerkezlikli yüklemeler sonucu "Burulma Düzensizliği Katsayısı" her iki yönde de 1,2 değerinden küçük olup burulma düzensizliği söz konusu değildir.

Tablo 4.5 X-X Doğrultusunda Burulma Düzensizliğinin Belirlenmesi

	X-X Doğrultusu							
	+%5 Dış Merkezlik Yükleme ile				-%5 Dış Merkezlik Yükleme ile			
Kat	$U_{x_{max}}$	$(\Delta x)_{max}$	$U_{x_{min}}$	$(\Delta x)_{min}$	$U_{x_{max}}$	$(\Delta x)_{max}$	$U_{x_{min}}$	$(\Delta x)_{min}$
6	2,9304	0,5019	2,4456	0,4252	2,9259	0,5012	2,4486	0,4257
5	2,4285	0,5571	2,0204	0,4684	2,4248	0,5562	2,0229	0,4691
4	1,8714	0,5916	1,5520	0,4971	1,8686	0,5906	1,5538	0,4979
3	1,2798	0,5770	1,0549	0,4828	1,2779	0,5753	1,0559	0,4840
2	0,7028	0,4728	0,5722	0,3909	0,7026	0,4722	0,5719	0,3912
1	0,2300	0,2300	0,1812	0,1812	0,2305	0,2305	0,1807	0,1807

$$(\Delta x)_{max} = 0,5916$$

$$(\Delta x)_{max} = 0,5906$$

$$(\Delta x)_{min} = 0,4971$$

$$(\Delta x)_{min} = 0,4979$$

$$(\Delta x)_{ort} = 0,54436$$

$$(\Delta x)_{ort} = 0,5443$$

$$\eta_{bi} = 1,08678 < 1,2$$

$$\eta_{bi} = 1,0852 < 1,2$$

Tablo 4.6 Y-Y Doğrultusunda Burulma Düzensizliğinin Belirlenmesi

	Y-Y Doğrultusu							
	+%5 Dış Merkezlik Yükleme ile				-%5 Dış Merkezlik Yükleme ile			
Kat	$U_{x_{max}}$	$(\Delta x)_{max}$	$U_{x_{min}}$	$(\Delta x)_{min}$	$U_{x_{max}}$	$(\Delta x)_{max}$	$U_{x_{min}}$	$(\Delta x)_{min}$
6	2,0666	0,3820	0,9063	0,2005	2,0666	0,3820	0,9063	0,2005
5	1,6846	0,4079	0,7059	0,1971	1,6846	0,4079	0,7059	0,1971
4	1,2767	0,4083	0,5088	0,1826	1,2767	0,4083	0,5088	0,1826
3	0,8685	0,3802	0,3262	0,1555	0,8685	0,3802	0,3262	0,1555
2	0,4883	0,3105	0,1708	0,1129	0,4883	0,3105	0,1708	0,1129
1	0,1778	0,1778	0,0578	0,0578	0,1778	0,1778	0,0578	0,0578

$$(\Delta x)_{\max} = 0,4083$$

$$(\Delta x)_{\max} = 0,4083$$

$$(\Delta x)_{\min} = 0,2005$$

$$(\Delta x)_{\min} = 0,2005$$

$$(\Delta x)_{\text{ort}} = 0,3044$$

$$(\Delta x)_{\text{ort}} = 0,3044$$

$$\eta_{bi} = 1,3414 > 1,2$$

$$\eta_{bi} = 1,3414 > 1,2$$

Bu tez kapsamında incelen proje kapsamında ikinci katta bulunan döşeme boşluğu ve asansör - merdiven boşluklarının toplam alanı = $39,52 + 4 \times 6,40 = 65,12 \text{ m}^2$

Kat brüt alanı = $604,89 \text{ m}^2$

Dolayısıyla boşluk alanlarının kat brüt alanına oranı = $65,12 / 604,89 = 0,1076 < 1/3$ olduğundan döşeme süreksizliği söz konusu değildir.

4.1.3.2 Spektral İvme Katsayısı

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (4.2)$$

$A_0 = 0,40$: 1.derece deprem bölgesi için etkin yer ivme katsayısı

$I = 1$: Bina önem katsayısı

Z3 tipi zemin için spektrum karakteristik periyotları:

$$T_A = 0,15 \text{ s} ; T_B = 0,6 \text{ s}$$

X ve Y doğrultularında yapı periyotları Sap 2000 programında yapının 3 boyutlu modelinden alınarak:

$$T_{1x} = 0,8311 ; T_{1y} = 0,5187$$

X ve Y doğrultularında deprem yükü azaltma katsayıları:

$R_{ax} = 7$ $R_{ay} = 7$: Süneklik düzeyi yüksek perde - çerçeve sistem için

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı: $R = 7$

X ve Y doğrultularında Spektrum katsayıları

$$T_{1x} > T_B \quad \text{olduğuna göre} \quad S(T_x) = 2,5 (T_B / T)^{0,8} \quad S(T_x) = 1.92841$$

$$T_A < T_{1y} < T_B \quad \text{olduğundan} \quad S(T_y) = 2.5$$

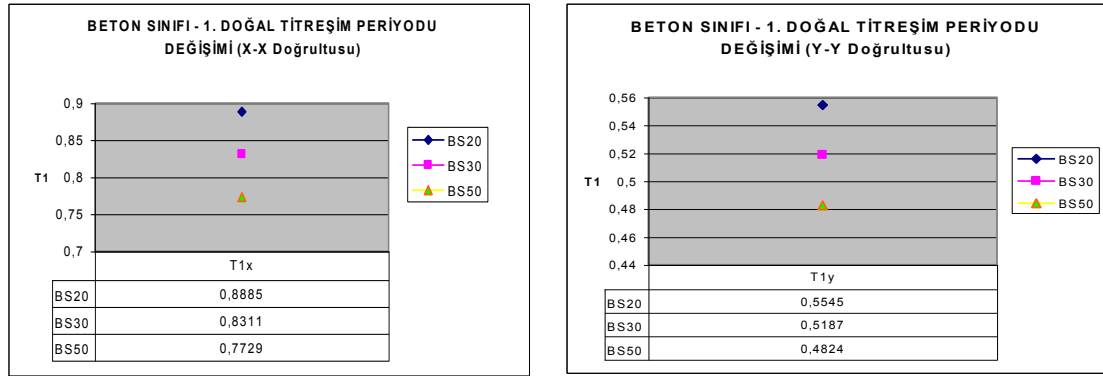
$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (4.3)$$

$$A(T_x) = 0,4 \times 1 \times 1.92841 = 0,7714$$

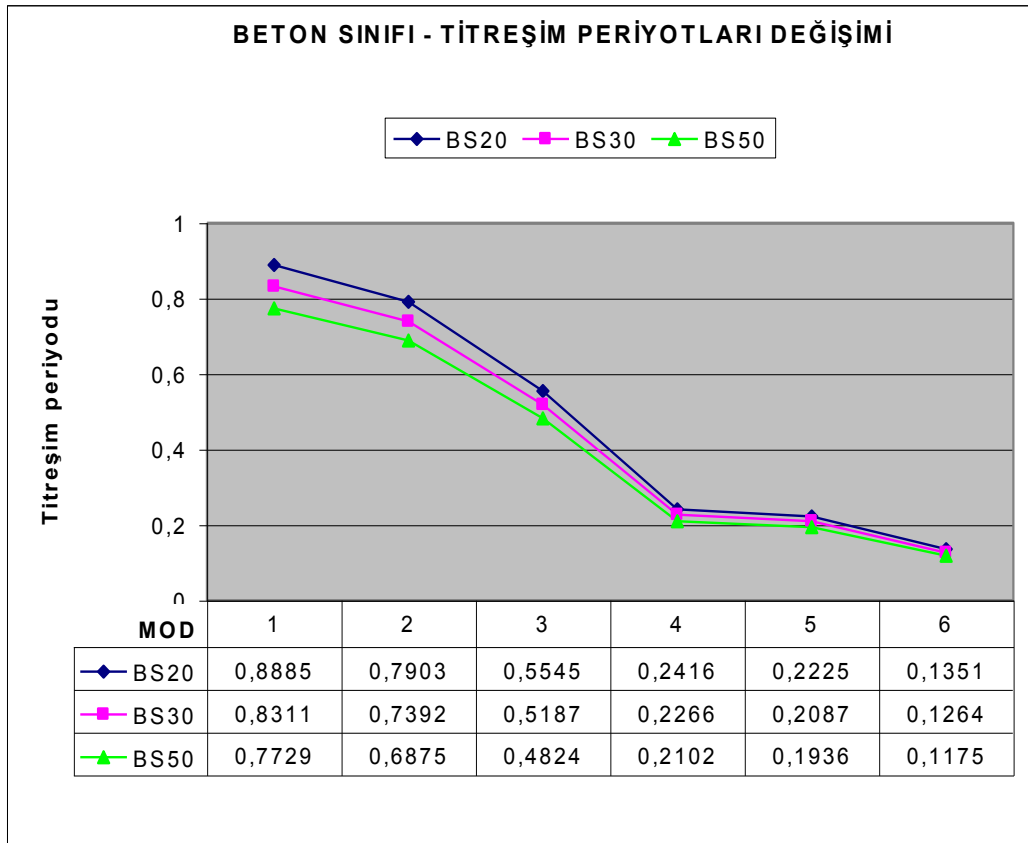
$$A(T_y) = 0,4 \times 1 \times 2,5 = 1$$

4.1.3.3 Beton Sınıfı İle Yapı Doğal Titreşim Periyotlarının Değişimi

Yapı doğal titreşim periyotlarının beton sınıfı ile ilişkisinin incelendiği bu bölümde yapının beton sınıfının BS20, BS50 ve bu tez dahilinde ele alınan proje kapsamındaki beton sınıfı olan BS30 olması durumunda hangi değerler aldığı hem 1. doğal titreşim periyoduna göre hem de ilk 6 mod göz önüne alınarak incelenmiş ve grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1 Beton sınıfı ile 1.doğal titreşim periyotlarının değişimi



Şekil 4.2 İlk 6 Moda Göre Beton Sınıfı - Titreşim Periyodu Değişimi

4.1.3.4 Kütle Ve Döşeme Düzensizliklerinin Yapı Doğal Titreşim Periyoduna ve İç Kuvvetlere Etkileri

Tez dahilinde söz konusu olan kütle ve döşeme düzensizliklerinin yapı titreşim periyodundaki ve bazı kolonlardaki etkilerinin değişimi incelenmiştir. Bu etkilerin;

- Kütle Düzensizliği ve Döşeme Süreksizliğinin Olmaması,
- Kütle ve Döşeme Düzensizliğinin Bulunması,
- Kütle düzensizliğinin Olmaması, Döşeme Süreksizliğinin Sadece 2. Katta Bulunması ,
- Kütle düzensizliğinin Olmaması, Döşeme Süreksizliğinin Her Katta Bulunması,

durumunda ilk 6 moddaki yapı periyotlarında ve bazı kolonlardaki iç kuvvetlerdeki değişimleri incelenmiş ve tablolar halinde EK-3'te sunulmuştur.

Tablo 4.7 Kütle ve döşeme düzensizliği durumunda 1. doğal titreşim periyodu

Kat	G (t)	q (t)	G+0,6q (t)	mi (tsn ² /m)
1	847,90	538,59	1171,05	119,373
2	818,97	499,07	1118,41	114,007
3	847,90	538,59	1171,05	119,373
4	847,90	269,30	1009,48	102,903
5	847,90	269,30	1009,48	102,903
6	847,90	269,30	1009,48	102,903

$$T_{1x} = 0,8311 \text{ S}$$

$$T_{1y} = 0,5187 \text{ S}$$

Tablo 4.8 Kütle düzensizliği olmama durumunda 1. doğal titreşim periyodu

Kat	G (t)	q (t)	g+0,6q (t)	mi (tsn ² /m)
1	847,90	269,30	1009,48	102,903
2	818,97	249,54	968,69	98,745
3	847,90	269,30	1009,48	102,903
4	847,90	269,30	1009,48	102,903
5	847,90	269,30	1009,48	102,903
6	847,90	269,30	1009,48	102,903

$$T_{1x} = 0,8203 \text{ S}$$

$$T_{1y} = 0,5143 \text{ s}$$

Tablo 4.9 Döşeme boşluğu olmama durumu

Kat	G (t)	q (t)	g+0,6q (t)	mi (tsn ² /m)
1	847,90	269,30	1009,48	102,903
2	847,90	269,30	1009,48	102,903
3	847,90	269,30	1009,48	102,903
4	847,90	269,30	1009,48	102,903
5	847,90	269,30	1009,48	102,903
6	847,90	269,30	1009,48	102,903

$$T_{1x} = 0,8197 \text{ s}$$

$$T_{1y} = 0,5140 \text{ s}$$

4.1.3.5 Eşdeğer Statik Deprem Yüğü

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \quad (4.4)$$

X ve Y doğrultularında taban kesme kuvvetleri

$$V_{tx}=6488 \times 0,7714 / 7 = 714,833 \text{ t}$$

$$V_{ty}=6488 \times 1 / 7 = 926,848 \text{ t}$$

Taban kesme kuvvetlerinin alt sınır değeri:

$$V_{tmin}=0.10 A_0 I W =259,52 \text{ t}$$

Taban kesme kuvvetlerinin yapı ağırlığına oranları:

$$V_{tabanx}/W=0.110195$$

$$V_{tabany}/W=0.142857$$

4.1.3.6 Katlara Etkiyen Tasarım Deprem Yüğüleri

$H_N = 27 > 25 \text{ m}$ için binanın 6'ıncı katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü ΔF_N 'in değeri hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağılı olarak, aşağıdaki bağıntı ile belirlenmiştir. $H_N > 25 \text{ m}$ için tepeye etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü

$$\Delta F_{N_x}=41.5318 \text{ t} \quad \Delta F_{N_y}=33.7324 \text{ t}$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (4.5)$$

yatay yükün yapı yüksekliği boyunca değişimi 1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [1] ile tanımlanmıştır.

Tablo 4.10 Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kat kütleleri

----- X Doğrultusu -----			
Kat[i]	F _x [i]	V _x [i]	m[i]
=====			
6	184.818	184.818	102.902
5	154.015	338.833	102.902
4	123.212	462.045	102.902
3	107.246	569.291	119.374
2	68.2612	637.552	114.008
1	35.748	673.301	119.374

F toplam: 714.833

----- Y Doğrultusu -----			
Kat[i]	F _y [i]	V _y [i]	m[i]
=====			
6	245.12	245.12	102.902
5	204.266	449.386	102.902
4	163.413	612.799	102.902
3	142.237	755.036	119.374
2	90.5331	845.569	114.008
1	47.5474	893.116	119.374

F toplam:926.848

4.1.4 Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca *ek dışmerkezlik etkisi*'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, *kaydırılmış kütle merkezleri*'ne

tekil yatay yükler olarak uygulanmıştır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki boyutun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır. Yalnız Y-Y doğrultusundaki "Burulma Düzensizliği Katsayısı" $\eta_{bi} = 1,34 > 1,2$ olduğu için Denk 1.3'te belirtilen D_i katsayısı kadar dışmerkezlilik büyütülmüştür.

$$D_i = (1,34 / 1,2)^2 = 1,25$$

Böylece Y-Y doğrultusundaki dışmerkezlilik değeri $5 + 1,25 = 6,25$ olmuştur.

%5 dış merkezlikli deprem yüklemesi durumunda dış merkezlikler ve burulma momentleri:

x yönünde deprem etkisi için dış merkezlik

$$e_y = 21,15 \times 0,05 = 1,0575 \text{ m}$$

y yönünde deprem etkisi için dış merkezlik

$$e_x = 28,60 \times 0,0625 = 1,7875 \text{ m}$$

Tablo 4.11 %5 Dış Merkezlik Durumunda Kat Kütle Merkezine Etkiyen Burulma Momentleri

	X yönünde	E= e_y
KAT	F_{ix} (t)	M_{bx} (tm)
6	184,818	195,445
5	154,015	162,871
4	123,212	130,297
3	107,246	113,412
2	68,2612	72,1862
1	35,7486	37,8147
ΔF_{nx}	41,5318	43,9199

	Y yönünde	$E=e_x$
KAT	F_{iy} (t)	M_{by} (tm)
Bodrum	245,12	438,152
5	204,266	365,125
4	163,413	292,101
3	142,237	254,249
2	90,5331	161,828
1	47,4125	84,750
ΔF_{ny}	33,7324	60,297

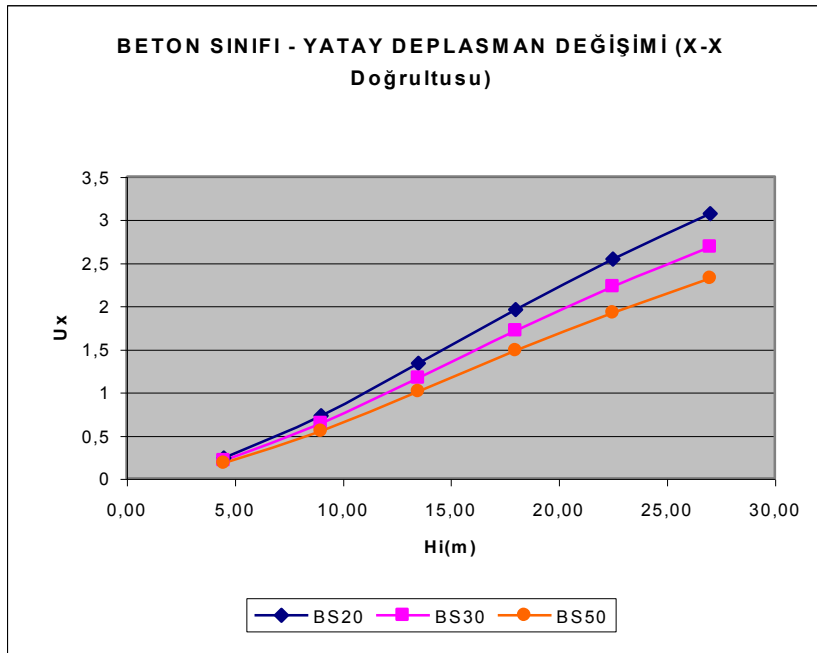
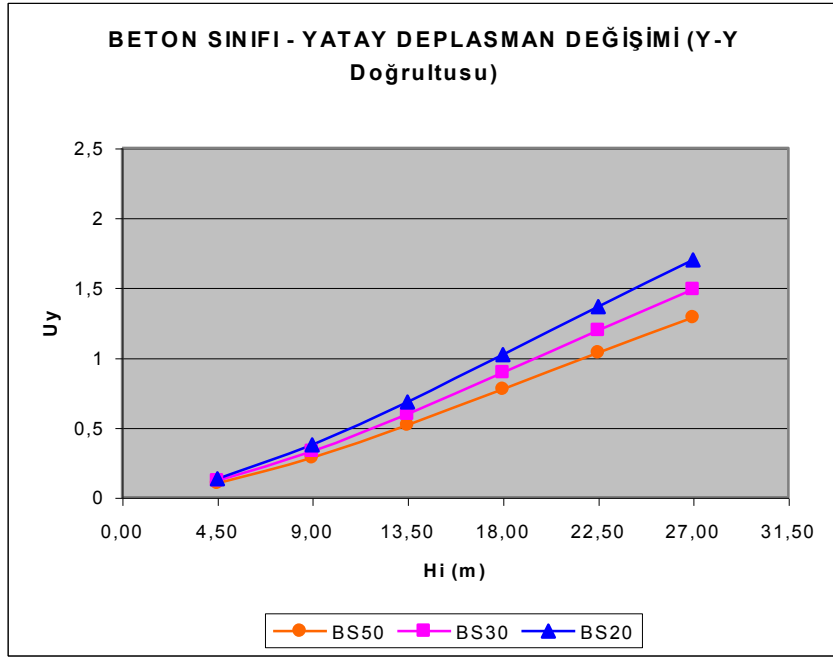
4.2 Kat Deplasmanları

Yatay yükün rijitlik merkezine etkimesi durumunda x ve y doğrultusundaki kat deplasmanları aşağıda Tablo 4.12 'de verilmiştir. Burada beton sınıfı ile kat deplasmanlarının değişimi incelenmiş ve bir grafik ile belirtilmiştir.

Tablo 4.12 Kat Deplasmanları

BETON SINIFI - YATAY DEPLASMAN DEĞİŞİMİ			
	H_i (m)	U_x	U_y
BS50	27,00	2,3244	1,2856
	22,50	1,9236	1,0337
	18,00	1,4802	0,7721
	13,50	1,0094	0,5166
	9,00	0,5512	0,285
	4,50	0,1778	0,1019
	H_i (m)	U_x	U_y

BS30	27,00	2,6876	1,4865
	22,50	2,2242	1,1953
	18,00	1,7115	0,8928
	13,50	1,1671	0,5973
	9,00	0,6374	0,3295
	4,50	0,2056	0,1178
	Hi (m)	U _x	U _y
BS20	27,00	3,0716	1,6988
	22,50	2,5419	1,366
	18,00	1,956	1,0203
	13,50	1,3338	0,6827
	9,00	0,7284	0,3766
	4,50	0,235	0,1346



Şekil 4.3 Beton sınıfı ile kat deplasmanlarının değişimi

Relatif (görelî) kat ötelemelerinin aşılmadığının gösterildiği kısım Bölüm 4.4 'te verilmiştir.

4.3 Birinci Doğal Periyodun Hesaplanması

Deprem Yönetmeliği'nde [1] verilen Rayleigh oranı ile birinci moda ait titreşim

periyodu aşağıdaki gibi hesaplanabilir

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum d_i^2 m_i}{\sum F_i d_i} \right]^{1/2} \quad (4.6)$$

Tablo 4.13 Birinci moda ait titreşim periyotları

KAT	X yönünde deprem durumu					
	mi (t)	Fi(t)	di	Δi	mi*di ²	fi*di
6	102,902	226,350	0,026876		0,074328	6,083383
5	102,902	154,015	0,022242	0,004634	0,050906	3,425602
4	102,902	123,212	0,017115	0,005127	0,030142	2,108773
3	119,374	107,246	0,011671	0,005444	0,01626	1,251668
2	114,008	68,261	0,006374	0,005297	0,004632	0,435097
1	119,374	35,749	0,0020565	0,004318	0,000505	0,073517
T_x=			0,722258	Σ	0,176774	13,37804

KAT	Y yönünde deprem durumu					
	mi (t)	Fi(t)	di	Δi	mi*di ²	fi*di
6	102,902	278,852	0,014865		0,022738	4,145141
5	102,902	204,266	0,011953	0,002912	0,014702	2,441591
4	102,902	163,413	0,008928	0,003025	0,008202	1,458951
3	119,374	142,237	0,005973	0,002955	0,004259	0,849582
2	114,008	90,533	0,003295	0,002678	0,001238	0,298307
1	119,374	47,413	0,001178	0,002117	0,000166	0,055852
T_y=			0,467952	Σ	0,051305	9,249424

4.4 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad \text{i. kat için göreli kat ötelemesi}$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i = 0,0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i = 0,02 / R = 0,02 / 7 = 0,00285714$$

yukarıdakilerden en elverişsiz olanı alınarak

$$(\Delta_i)_{\max} = 0,00285714 \times 450 = 1,2857 \text{ cm}$$

X yönünde deprem durumunda en büyük göreli kat ötelemesi

$$\Delta_i = 0,5115 \text{ cm}$$

Y yönünde deprem durumunda en büyük göreli kat ötelemesi

$$\Delta_i = 0,3225 \text{ cm}$$

Her iki deprem doğrultusuna göre elde edilen en büyük göreli kat ötelemeleri, maksimum göreli kat ötelemesi değerinden $((\Delta_i)_{\max} = 1,2857 \text{ cm})$ küçüktür.

4.5 Dinamik Hesap

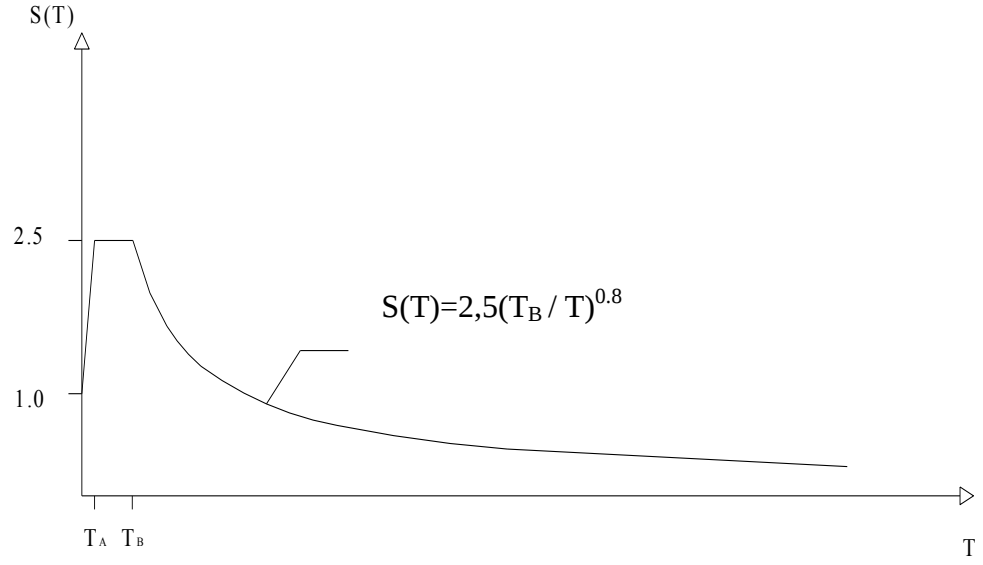
Sistemin kütleleri eşdeğer statik deprem yükü yönteminde olduğu gibi kat kütle merkezlerinde toplanmış altı adet noktasal kütleden oluşmaktadır. Sistem dinamik deprem etkisi altında aşağıdaki dinamik tepki spektrumu kullanılarak mod süperpozisyonu yöntemiyle çözülmüş ve iç kuvvetler bulunmuştur.

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların çeşitli yöntemlerle birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi göz önüne alınmaktadır.

Mod süperpozisyonu ile dinamik hesap yapılması durumunda her bir deprem

doğrultusunda modlar için hesaplanan etkin kütleler toplamının toplam kütlenin %90'ından az olmaması gerekmektedir. Mod şekilleri Ek' te verilmiştir.



Şekil 4.4 Elastik Tasarım İvme Spektrumu

5. SÜPERPOZİSYON TABLOLARI

Bu bölümde göz önüne alınan dış kuvvetlerden dolayı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvetler ve bu kuvvetlerin süperpozisyonları tablolar halinde verilmiştir. Tablolarda her elemanın kalıp planındaki adına göre iç kuvvet değerleri gösterilmiştir. Kirişlerde her kiriş için sol mesnette, açıklıkta ve sağ mesnette olmak üzere iç kuvvet değerleri belirtilmiştir. Bu değerler yük katsayıları ile çarpılmamış doğrudan yükün etkilmesiyle oluşan iç kuvvet değerleridir.

Süper pozisyon tablolarında yukarıda anılan yüklemelerden oluşan iç kuvvet durumları aşağıdaki yükleme kombinasyonları kullanılarak süperpoze edilmiştir.

COMBO	YÜKLEME	
1 DUSEY	$1,4G+1,6Q$	
2 DEPREMEX1	$G+Q+Ex$	Deprem yüklerinin X doğrultusunda ve doğrudan kat kütle merkezlerine doğrudan iletilmesi ile oluşan yükleme
3 DEPREMEX2	$G+Q-Ex$	Deprem yüklerinin X doğrultusunda ve doğrudan kat kütle merkezlerine ters yönden doğrudan iletilmesi ile oluşan yükleme
4 DEPREMEX3	$G+Q+E_{0,05x}$	Deprem yüklerinin X doğrultusunda ve %5 egzantisite ile sağdan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
5 DEPREMEX4	$G+Q-E_{0,05x}$	Deprem yüklerinin -X doğrultusunda ve %5 egzantisite ile sağdan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
6 DEPREMEX5	$G+Q+E_{-0,05x}$	Deprem yüklerinin X doğrultusunda ve %5 egzantisite ile soldan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
7 DEPREMEX6	$G+Q-E_{-0,05x}$	Deprem yüklerinin -X doğrultusunda ve %5 egzantisite ile soldan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
8 DEPREMEY1	$G+Q+E_y$	Deprem yüklerinin Y doğrultusunda ve doğrudan kat kütle merkezlerine doğrudan iletilmesi ile oluşan

yükleme

9	DEPREMEY2	$G+Q-E_y$	Deprem yüklerinin Y doğrultusunda ve doğrudan kat kütle merkezlerine ters yönden doğrudan iletilmesi ile oluşan yükleme
10	DEPREMEY3	$G+Q+E_{0,05y}$	Deprem yüklerinin Y doğrultusunda ve %5 egzantrisine ile sağdan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
11	DEPREMEY4	$G+Q-E_{0,05y}$	Deprem yüklerinin -Y doğrultusunda ve %5 egzantrisine ile sağdan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
12	DEPREMEY5	$G+Q+E_{-0,05y}$	Deprem yüklerinin Y doğrultusunda ve %5 egzantrisine ile soldan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
13	DEPREMEY6	$G+Q-E_{-0,05y}$	Deprem yüklerinin -Y doğrultusunda ve %5 egzantrisine ile soldan yüklenmesi sonucu oluşan yükleme
14	DEPREMED1	$G+Q+Ed_x$	X doğrultusunda dinamik analiz yüklemesi
15	DEPREMED2	$G+Q-Ed_x$	-X doğrultusunda dinamik analiz yüklemesi (ters yönden)
16	DEPREMED3	$G+Q+Ed_y$	Y doğrultusunda dinamik analiz yüklemesi
17	DEPREMED4	$G+Q-Ed_y$	-Y doğrultusunda dinamik analiz yüklemesi

Bu on yedi adet süperpozisyon sonucunda her elemanda en elverişsiz negatif ve pozitif momentler seçilmektedir. Yani herhangi bir kirişin mesnedinde beklendiği gibi hem negatif hem pozitif momentler oluşabilmektedir. Tablolarda verilen tüm iç kuvvetlerin birimleri aksi belirtilmedikçe moment için kNm, kesme kuvveti ve normal kuvvet için kN'dur. Tablolar EK-1'de sunulmuştur.

6. BETONARME HESAPLAR

6.1 Kirişlerde Betonarme Hesap

Kiriş betonarme hesabında her kiriş için süperpozisyon tablolarından elde edilen elverişsiz yükleme durumları göz önüne alınmıştır. Her durumda kirişte bir açıklık momenti, iki de mesnet momenti bulunmaktadır. Her kirişte açıklık momenti pozitifdir ve altta donatı gerektirmektedir. Mesnet momentleri ise negatif çıkmakta ve bu momentler üst donatı ile karşılanmaktadır. Fakat bazı durumlarda deprem momentlerinin baskın olması sonucunda kiriş mesnedinde de altta donatı gerektiren pozitif momentler bulunmaktadır. Mesnet momentlerinin tümü kolon yada perde mesnet yüzündeki momentlerdir. Pozitif momentlerin karşılanması sırasında (altta donatı) basınç bölgesinin dikdörtgen olduğu varsayılarak kesit tablalı kesit olarak hesaba katılmıştır. Hesap sonucunda basınç bölgesinin her durumda tabla içerisinde kaldığı görülmektedir.

$$x = k_x \cdot d < \text{tabla yüksekliği} \quad (5.1)$$

x: basınç bölgesinin yüksekliği

k_x : tablodan okunan değer

d: kiriş faydalı yüksekliği

Tablo ile hesapta bilinen değerler kullanılarak (b_w , d, M_d , malzeme sınıfı),

$$K = \frac{b_w d}{M_d} \quad (5.2)$$

ile k_x ve k_s belirlenmektedir. Donatı alanı A_s ,

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d} \quad (5.3)$$

ile belirlenebilir.

Negatif momentlerin karşılanması ise basınç bölgesinin genişliği kiriş genişliği kadar alınmıştır

Minimum donatı alanı $A_{s,min.} = \rho_{min} b_w d$ ile hesaplanmıştır. $\rho_{min} = 0,8 f_{ctd} / f_{yd}$ olarak alınmış, mesnette üstte çekme yapan donatı için bu oran $\rho_{min} = f_{ctd} / f_{yd}$ olarak hesaplanmıştır.

Kiriş betonarme hesabının ayrıntıları Tablo B.1 'de verilmektedir.

6.2 Kirişlerde Kesme Güvenliğinin Sağlanması

Mesnet etrafında beton bir basınç kemeri oluşturmaktadır. Bu nedenle kolonlara bağlanan kirişlerde, kesme kırılması ile göçme kolonun hemen yüzünde olmaz. Bir başka kirişe saplanan kirişlerde dolaylı mesnetlenme ise kırılma mesnet üzerinde ortaya çıkar. Buna göre hesap kesme kuvveti V_d , kolona bağlanan kirişlerde kolon yüzünden d uzaklığındaki kesitteki, saplama kirişlerde ise mesnet yüzündeki kesme kuvvetidir.

6.2.1 Kayma Donatısının Hesabı

Kirişlerde enine donatı (kayma donatısı) hesabına esas olacak kesme kuvveti, V_e , depremin soldan sağa veya sağdan sola etkimesi durumları için ayrı ayrı ve elverişsiz sonuç verecek şekilde Denk. (5.4) ile bulunacaktır.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (5.4)$$

Burada M_{pi} ve M_{pj} ile gösterilen, kiriş uçlarındaki pekleşmeli taşıma gücü momentlerinin hesabında $M_{pi}=1,4 M_{ri}$, $M_{pj}=1,4 M_{rj}$ olarak alınacaktır.

$$M_{ri} = M_{rj} = 0,9 A_{s,mevcut} f_{yd} d \quad (5.5)$$

Çatlak oluşturan kesme kuvveti,

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w d \quad (5.5)$$

ile hesaplanır.

- 1) $V_e \leq 0,5V_{cr}$ ise beton hesap kesme kuvvetini tek başına karşılıyor. Sünek davranış sağlamak için minimum etriye yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s} = 30 \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \quad (A_{sw}=n A_0, \quad s \leq 0,5 d) \quad (5.6)$$

- 2) $V_e > V_{cr}$

a) $V_e > V_{max} = 0,22 f_{cd} b_w d$ (5.7)

ise beton kesit küçüktür. Kesit büyütülmelidir.

- b) $V_{cr} < V_e < V_{max}$ ise beton kesit uygun, kayma donatısı hesapla bulunmalıdır. Bunun için kayma donatısı için gerekli kesme kuvveti bulunur.

$$V_w = V_d - V_c, \quad V_c = 0,80 V_{cr}$$

Beton kalitesine güvenilmeme durumunda Deprem Yönetmeliği'ne göre [1] $V_c=0$ alınabilir. Ayrıca kiriş sarılma bölgelerindeki enine donatı hesabında $V_e - V_{dy} \geq 0,5V_d$ olması durumunda , betonun keme dayanımına katkısı $V_c=0$ alınacaktır.

- i) Kayma donatısı olarak yalnız etriye kullanılıyorsa

$$A_{sw} = n A_0 = \frac{V_w}{f_{ywd}} \frac{s}{d} \quad (5.8)$$

Burada A_0 ve s değerlerini bulmak için A_0 etriye donatı çapı olarak seçilir ve buna göre s bulunur. Bu şekilde hesaplanan etriye (5.5) ile verilen minimum etriye yüzdesinden küçükse kesite minimum etriye yerleştirilir.

- ii) Kayma donatısı olarak etriye ve pliye birlikte kullanılıyorsa

Eğilme donatısı daha önce hesaplandığından pliye çap ve sayısı bilinmektedir.

$$45^\circ \text{ bükülen pliye için: } V_w = 1,414 A_{sw} f_{ywd} \frac{d}{s_{pl}} \quad (5.9)$$

formülünden pliyelelerin karşıladığı kesme kuvveti $V_{w,pl}$ hesaplanır. Etriyelere kalan kesme kuvveti;

$$V_{w,etr} = V_w - V_{w,pl} \quad (5.10)$$

hesaplanır. (5.7)'ten etriye çap ve aralığı bulunur. Buradan çıkan etriye yüzdesi de minimum etriye yüzdesinden büyük olmalıdır.

Deprem Yönetmeliğimize göre enine donatı hesapları yapılırken hiçbir durumda pliyeenin katkısı göz önüne alınmamaktadır.

Minimum etriye koşulları:

$$\rho_{wmin} = 0,30 f_{ctd} / f_{yd} = 0,30 \cdot 1,25 / 365 = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$112 \times 47 \text{ boyutlarındaki kiriş için: } \rho_w = A_{sw} / b_w s = 4 \times 0,79 / (112 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$s = 27,47 \quad s < 40 \text{ cm; } s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 23,5 \rightarrow \Phi 10 / 23$$

$$165 \times 47 \text{ boyutlarındaki kiriş için: } \rho_w = A_{sw} / b_w s = 4 \times 0,79 / (165 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$s = 18,64 \quad s < 40 \text{ cm; } s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 18 \rightarrow \Phi 10 / 18$$

$$30 \times 47 \text{ boyutlarındaki kiriş için: } \rho_w = A_{sw} / b_w s = 2 \times 0,79 / (30 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$s = 51,28 \quad s < 40 \text{ cm; } s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 23,5 \rightarrow \Phi 10 / 23$$

$$70 \times 47 \text{ boyutlarındaki kiriş için: } \rho_w = A_{sw} / b_w s = 4 \times 0,79 / (70 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$s = 43,96 \quad s < 40 \text{ cm; } s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 23,5 \rightarrow \Phi 10 / 23$$

$$80 \times 47 \text{ boyutlarındaki kiriş için: } \rho_w = A_{sw} / b_w s = 4 \times 0,79 / (80 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \times 10^{-4}$$

$$s = 38,46 \quad s < 40 \text{ cm; } s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 23,5 \rightarrow \Phi 10 / 23$$

25x47 boyutlarındaki kiriş için: $\rho_w = A_{sw} / b_w s = 2 \times 0,79 / (25 s) = \rho_{wmin} = 10,27 \cdot 10^{-4}$

$$s = 61,54 \quad s < 40 \text{ cm}; s < 0,5d = 23,5 ; s < 30 \text{ cm}$$

$$s = 23,5 \rightarrow \Phi 10 / 23$$

Ayrıca kiriş orta bölgesindeki enine donatılarda;

$s \leq d/2 = 43/2 = 21,5 \text{ cm}$ ve $s \leq 30 \text{ cm}$ olmalıdır. Dolayısıyla minimum donatının yeterliği olduğu kısımlarda $s = 20 \text{ cm}$ alınmıştır.

Sarılma bölgesinde (kiriş mesnet yüzünden $2h_k$ kadar uzaktaki mesafe içinde)

$$s_k < h_k/4 = 11,75 \text{ cm}$$

$$s_k < 8\phi = 8 \times 1,2 = 9,6 \text{ cm}$$

$$s_k < 15 \text{ cm}$$

Sarılma bölgesindeki etriye: **$\Phi 10/9$**

$V_{w,etr}$ 'ye göre hesaplanan etriye daha elverişsiz sonuç vermedikçe kirişlerde minimum etriye kullanılacaktır. $V_{w,etr}$ 'ye göre hesap EK-1 Tablo B-2'de sunulmuştur.

6.3 Kolon Betonarme Hesabı

Kolonlarda maksimum üç momentleri gözönüne alınmış ve eksenel yüklerle birlikte her iki durumda da iki eksenli eğilmeye göre betonarme hesap yapılmıştır. EK-1 Tablo B-3'te her kolon için normal kuvvet ve alt ve üst uçtaki momentlerin en elverişsiz durumları simetri gözönüne alınarak verilmektedir.

6.4 Kolon Kayma Hesabı

Kolonlarda enine donatı hesabına esas olacak kesme kuvveti;

$$V_e = (M_a + M_u) / l_n \quad (5.11)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Tüm birleşim bölgelerinde kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu sağlandığı için M_a ve M_u momentlerinin hesaplanmasında 1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'teki şu yöntem

uygulanacaktır.

$$\sum M_p = M_{p_i} + M_{p_j} \quad (5.12)$$

denklemleri ile düğüm noktasına birleşen kirişlerin pekleşmeli taşıma gücü momentleri hesaplanacaktır.

$$M_{pi} = 1,4M_{ri}$$

$$M_{pj} = 1,4M_{rj}$$

şeklinde hesaplanabilir. $\sum M_p$ momenti düğüm noktasına birleşen kolonlara yatay yük analizi sonrasında uçlarında oluşan momentler oranında dağıtılacak ve M_a ve $M_{\bar{u}}$ momentleri elde edilecektir.

Temele bağlanan kolonların alt ucundaki M_a pekleşmeli kolon taşıma gücü momentleri olarak hesaplanacaktır.

Güvenli tarafta kalmak açısından gerekmediği halde M_a ve $M_{\bar{u}}$ momentleri için pekleşmeli kolon taşıma momentleri esas alınacaktır.

Bu şekilde hesaplanan V_e kesme kuvveti aşağıdaki şartları sağlamalıdır.

$$V_e > V_d \quad (5.13a)$$

$$V_e < V_r \quad (5.13b)$$

$$V_e < 0,22A_w f_{cd} \quad (5.13c)$$

Kolon enine donatısının V_e kesme kuvvetine göre hesabında betonun katkısı TS500'e göre belirlenecektir.

$V_e > 0,5V_d$ ve aynı zamanda $N_d < 0,05 A_c f_{ck}$ olması durumunda betonun kesme dayanımına etkisi göz önüne alınmayacaktır. ($V_c=0$)

- S1 kolonu için (60x80) :

$$V_{cr} = 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d = 0,65 \times 1,25 \times 600 \times 800 = 390 \text{ kN}$$

$$M_{pa} = M_{p\bar{u}} = 1,4M_{ra} = 1,4M_{r\bar{u}} = 1,4 \times 0,9 \times f_{yd} \times A_{s,mevcut} \times d$$

$$= 1,4 \times 0,9 \times 365 \times 6096 \times (600-30) = 1598,02 \text{ kNm}$$

$$V_e = (M_{pa} + M_{pü}) / l_n = (1598,02 + 1598,02) / 4,03 = 793,06 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = V_e - V_{cr} = 793,06 - 390 = 403,06 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = d \times A_{sw} \times f_{ywd} / s = 60 \times 4 \times 0,79 \times 36,5 / 17 = 407,08 \text{ kN} \quad \text{Etriye: } 2\Phi 10/17$$

- S2 kolonu için (60x110):

$$V_{cr} = 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d = 0,65 \times 1,25 \times 600 \times 1100 = 536,25 \text{ kN}$$

$$M_{pa} = M_{pü} = 1,4M_{ra} = 1,4M_{rü} = 1,4 \times 0,9 \times f_{yd} \times A_{s,mevcut} \times d$$

$$= 1,4 \times 0,9 \times 365 \times 6908 \times (600-30) = 1810,88 \text{ kNm}$$

$$V_e = (M_{pa} + M_{pü}) / l_n = (1810,88 + 1810,88) / 4,03 = 898,70 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = V_e - V_{cr} = 898,70 - 536,25 = 362,45 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = d \times A_{sw} \times f_{ywd} / s = 57 \times 4 \times 0,79 \times 36,5 / 15 = 438,29 \text{ kN} \quad \text{Etriye: } 2\Phi 10/19$$

- S3 kolonu için (70x100):

$$V_{cr} = 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d = 0,65 \times 1,25 \times 700 \times 1000 = 568,75 \text{ kN}$$

$$M_{pa} = M_{pü} = 1,4M_{ra} = 1,4M_{rü} = 1,4 \times 0,9 \times f_{yd} \times A_{s,mevcut} \times d$$

$$= 1,4 \times 0,9 \times 365 \times 7112 \times (700-30) = 2191,44 \text{ kNm}$$

$$V_e = (M_{pa} + M_{pü}) / l_n = (2191,44 + 2191,44) / 4,03 = 1087,564 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = V_e - V_{cr} = 1087,564 - 568,75 = 518,81 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = d \times A_{sw} \times f_{ywd} / s = 70 \times 4 \times 0,79 \times 36,5 / 15 = 538,25 \text{ kN} \quad \text{Etriye: } 2\Phi 10/15$$

- S4 kolonu için (60x60):

$$V_{cr} = 0,65 \times f_{ctd} \times b \times d = 0,65 \times 1,25 \times 600 \times 600 = 292,5 \text{ kN}$$

$$M_{pa} = M_{pü} = 1,4M_{ra} = 1,4M_{rü} = 1,4 \times 0,9 \times f_{yd} \times A_{s,mevcut} \times d$$

$$= 1,4 \times 0,9 \times 365 \times 7112 \times (600-30) = 2191,44 \text{ kNm}$$

$$V_e = (M_{pa} + M_{pü}) / l_n = (2191,44 + 2191,44) / 4,03 = 1087,564 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = V_e - V_{cr} = 1087,564 - 568,75 = 302,30 \text{ kN}$$

$$V_{ws} = d \times A_{sw} \times f_{ywd} / s = 60 \times 4 \times 0,79 \times 36,5 / 20 = 346,02 \text{ kN} \quad \text{Etriye: } 2\Phi 10/20$$

Kolon Sarılma Bölgesindeki Enine Donatı Durumu:

Sarılma Bölgesinde etriye aralığı:

$$s_c \geq 500 \text{ mm}, s_c \leq 1000 \text{ mm}, s_c \leq b_{\min}/3$$

Kolon sarılma bölgesinin uzunluğu :

$$l_k \geq b_{\max}, l_k \geq l_n/6, l_k \geq 500 \text{ mm}$$

Bu koşullara uyan sarılma bölgesindeki sıklaştırma kolon aplikasyon planlarında verilmiştir.

6.5 Perde Betonarme Hesabı

Sistemdeki tüm perdeler için toplam perde yüksekliği

$$H_w = 27 \text{ m'dir.}$$

Her durumda H_w/l_w oranı 2.0 değerinden büyüktür. Buna göre perdenin iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinin uzunluğu perde kritik yüksekliği boyunca perdenin plandaki uzunluğunun %20'si, daha üst kısımlarda %10'u olacak ve perde kalınlığından az olmayacaktır.

Kritik Perde Yüksekliği Boyunca

$$l_u \geq 2 b_w$$

$$l_u \geq 0,2 l_w$$

Kritik perde yüksekliği

$H_{cr} \geq l_w$ ve $H_{cr} \geq H_w / 6$ değerlerinden elverişsiz olanı olarak alınır. Yalnız kritik perde yüksekliği $2l_w$ değerini aşamaz.

Kritik Perde Yüksekliği Dışında

$$l_u \geq b_w$$

$$l_u \geq 0,1 l_w$$

Gövde Donatısı İçin Minimum Koşullar:

Perdenin her iki yüzündeki boyuna gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatılarının her biri için, perde uç bölgeleri arasında kalan *perde gövdesi* brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmamalıdır. Ayrıca boyuna ve enine donatı aralığı 35 cm' den fazla olamaz.

Uç Bölgelerinde Minimum Donatı Koşulları:

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olamaz. Kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'dir. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmayacaktır.

Uç bölgesinde kullanılan enine donatı çapı 8 mm'den az olmamalıdır. Etriye ve/veya çiroz kolları arasındaki uzaklık etriye ve çiroz çaplarının 25 katını geçmemelidir.

Tasarım Eğilme momentleri:

$H_w/l_w \geq 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak perde tabanında süperpozisyon sonucunda bulunan eğilme momenti olarak alınacaktır.

P1 Perdesi:

P1 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 4487,90 \text{ kN/m}$$

$$N_d = 2547,25 \text{ kN}$$

$$V_d = 1072,43 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 280 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 56 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 224 \text{ cm}$$

$$H_{cr} > l_w \text{ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; } H_{cr} = 2 \times h_i = 2 \times 4,5 = 9 \text{ m}$$

$$H_{cr} = 9 \text{ m} > l_w = 2,80 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 9$ m olarak alınmıştır.

P1 perdesi P3 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken P3 perdesinin $3b = 90$ cm uzunluğu da dikkate alınmıştır.

Eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 62$ cm

Boyutsuz m_d , n_d değerleri aşağıda verilmiştir.

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 4,4879 / (0,85 \times 20 \times 0,62 \times 2,24^2) = 0,084$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 2,5472 / (0,85 \times 20 \times 0,62 \times 2,24) = 0,108$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,15$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,15 \times 620 \times 2240 / (365 / 0,85 \times 20) = 9702,58 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 4851,29 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : $16 \Phi 20$ (5024 mm^2)

$$A_{s \text{ min,uç}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 2800 \times 620 = 3472 \text{ mm}^2 < 4851,29 \text{ mm}^2$$

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 \times \Phi 14 / 20$ ($1540 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0051 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$V_r = A_{ch} 0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd} = 2800 \times 300 \times (0,65 \times 1,25 + 0,0025 \times 365) = 1449000 \text{ N} = 1449 \text{ kN}$$

$$V_d = 1072,43 < V_r = 1449$$

$$V_d = 1072,43 < 0,22 \times A_{ch} \times f_{cd} = 0,22 \times 2800 \times 300 \times 20 = 3696 \text{ kN}$$

olduğundan perde kesitleri uygundur.

Seçilen yatay gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12 / 15$

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 154 / 200) \times 0,365 \times 2800 = 1573,88 \text{ kN}$$

$$V_w = 1573,88 \text{ kN} > V_d = 1072,43 \text{ kN}$$

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0051 > \rho_{min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

P2 Perdesi:

P2 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 4099,56 \text{ kN/m}$$

$$N_d = 2547,25 \text{ kN}$$

$$V_d = 900,656 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 280 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 56 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 224 \text{ cm}$$

$$H_{cr} > l_w \text{ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; } H_{cr} = 2 \times h_i = 2 \times 4,5 = 9 \text{ m}$$

$$H_{cr} = 9 \text{ m} > l_w = 2,80 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 9 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

P2 perdesi P3 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken P3 perdesinin $3b = 90 \text{ cm}$ uzunluğu da dikkate alınmıştır.

$$\text{Eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; } b_{w,eş} = 62 \text{ cm}$$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 4,09956 / (0,85 \times 20 \times 0,62 \times 2,24^2) = 0,0775$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 2,5472 / (0,85 \times 20 \times 0,62 \times 2,24) = 0,108$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,145$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,145 \times 620 \times 2240 / (365 / 0,85 \times 20) = 9379,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Bir uç için gerekli donatı alanı ; } A_s = A_s' = 4689,58 \text{ mm}^2$$

$$\text{Seçilen başlık donatısı : } 16 \Phi 20 \text{ (} 5024 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_{s \min, u\check{c}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 2800 \times 620 = 3472 \text{ mm}^2 < 4689,58 \text{ mm}^2$$

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 \times \Phi 14 / 20$ ($1540 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0026 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$V_r = A_{ch} 0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd} = 2800 \times 300 \times (0,65 \times 1,25 + 0,0025 \times 365) = 1449000 \text{ N} = 1449 \text{ kN}$$

$$V_d = 900,656 \text{ kN} < V_r = 1449 \text{ kN}$$

$$V_d = 900,656 \text{ kN} < 0,22 \times A_{ch} \times f_{cd} = 0,22 \times 2800 \times 300 \times 20 = 3696 \text{ kN}$$

olduğundan perde kesitleri uygundur.

Seilen yatay gvde donatısı ; $2 \times \Phi 12 / 15$

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 154 / 200) \times 0,365 \times 2800 = 1573,88 \text{ kN}$$

$$V_w = 1573,88 \text{ kN} > V_d = 900,656 \text{ kN}$$

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0051 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

P3 Perdesi:

P3 perdesinin betonarme hesabı ve kontrol iin en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 22189,73 \text{ kN/m}$$

$$N_d = 6633,46 \text{ kN}$$

$$V_d = 3173,802 \text{ kN}$$

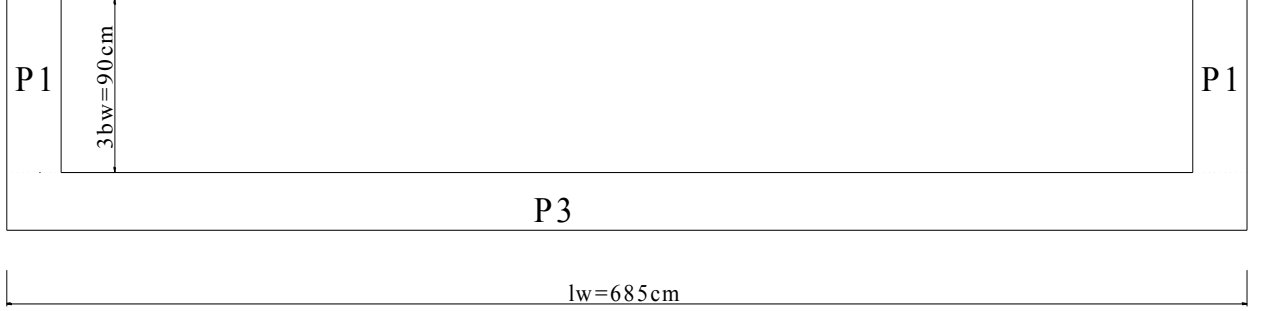
$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 685 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 137 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 548 \text{ cm}$$

$$H_{cr} > l_w \text{ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; } H_{cr} = 2 \times h_i = 2 \times 4,5 = 9 \text{ m}$$

$$H_{cr} = 9 \text{ m} > l_w = 6,85 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 9$ m olarak alınmıştır.

P3 perdesi P1 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken P3 perdesinin $3b = 90$ cm uzunluğu da dikkate alınmıştır.



Eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 52$ cm

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 22,1897 / (0,85 \times 20 \times 0,52 \times 5,48^2) = 0,0836$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 6,63346 / (0,85 \times 20 \times 0,52 \times 5,48) = 0,137$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,16$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,16 \times 520 \times 5480 / (365 / 0,85 \times 20) = 21235,38 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 10617,69 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : $34 \Phi 20$ (10676 mm^2)

$$A_{s \text{ min,uç}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 6850 \times 520 = 7124 \text{ mm}^2 < 10617,69 \text{ mm}^2$$

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 \times \emptyset 14 / 20$ ($1540 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0051 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$V_r = A_{ch} 0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd} = 6850 \times 300 \times (0,65 \times 1,25 + 0,0025 \times 365) = 3544875 \text{ N} = 3545 \text{ kN}$$

$$V_d = 3173,802 \text{ kN} < V_r = 3545 \text{ kN}$$

$$V_d = 3173,802 \text{ kN} < 0,22 \times A_{ch} \times f_{cd} = 0,22 \times 6850 \times 300 \times 20 = 9042 \text{ kN}$$

olduğundan perde kesitleri uygundur.

Seçilen yatay gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 15

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 154 / 200) \times 0,365 \times 6850 = 3850,385 \text{ kN}$$

$$V_w = 3850,385 \text{ kN} > V_d = 3173,802 \text{ kN}$$

$$\rho_g = 2 \times 154 / (300 \times 200) = 0,0051 > \rho_{min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

7. RADYE TEMEL BOYUTLANDIRILMASI

7.1 Radye Temeller

Radye (plak) temeller genelde yapı ağırlığının büyük veya zeminin taşıma gücü çok düşük olduğu durumlarda seçilen temel tipidir. Bu tip temel tipi aynı zamanda bodrum katın tabanını da oluşturmaktadır. Ayrıca bodrum katın yeraltı sularına karşı yalıtımının gerektiği durumlarda plak temel bu nedenle de tercih edilebilir.

Plak temeller ters çevrilmiş kirişsiz döşemeye benzer. Kolon tabanı civarında zımbalama önemli bir zorlama olarak ortaya çıkar. Bu etkiyi azaltmak için kolonlar arası temel bağ kirişleri tertip edilerek bu kirişlerin aralarına plak yapılır. Yalnız bu, uygulamada ekonomik olarak önemli bir kalıp ve beton döküm dezavantajı meydana getirmektedir. Ve de bu kirişlerin bodrum katın kullanımı açısından düz tabanı bozması açısından da bir sakınca oluşturabilir.

Plak temellerin boyutlandırılmasında en önemli konu zemin gerilmelerinin elde edilmesidir. Kolon ve perdelerden gelen yüklerin temele iletilmesiyle temel plağının elastik zemine mesnetli olarak çözümü yaygın olarak kullanılmaktadır. Zemin gerilmelerinin düzgün yayılı ortaya çıkmasını sağlamak için temel plağının ağırlık merkezini düşey yüklerin bileşkesine yaklaştırmak uygundur. Çok katlı düzgün çerçeve sistemlerinde eğer düşey yüklerin bileşkesi temel plağının bileşkesine yakın oluyorsa ve özellikle temel plağı kalınsa zemin gerilmelerini kolon momentlerine bakılmaksızın sadece düşey kuvvetleri kullanarak hesaplamak yerinde olur.

Zemin gerilmelerini azaltmak için temeli planda biraz üst yapının dışına taşımak uygun olabilir.

Temele etkiyen zemin gerilmeleri zeminin elastikliği göz önüne alınarak da hesaplanabilir. Bu durumda zemin türüne bağlı olarak zemin gerilmelerinde farklı değişimler elde edilir. Yumuşak, rijitliği az olan zeminlerde düzgün yayılışa benzer

zemin gerilmeleri ortaya çıkarken, sert olan rijit zeminlerde zemin gerilmelerinin kolon altlarında yoğunlaştığı ve açıklıkta azaldığı görülür.

Plak temellerin düzenlenmesinde plak rijitliğinin sağlanması gerektiğinden plak kalınlığı yükler yanına açıklıklara da bağlı olarak seçilmelidir.

7.2 Temel Boyutlandırılması

Bu bitirme tezi kapsamında tasarlanıp hesapları yapılan proje kapsamında üst yapıdan gelen yükleri karşılayabilecek, bunları zemine güvenle aktarabilecek temel, radye plak temel olarak tercih edilmiştir. Bunun seçiminde yukarıda açıklanan durumların etkileri söz konusu olmaktadır. Temel plağı SAP2000 programında modellenmiş ve yükler etkisindeki davranışı gözlemlenmiştir.

Plak kalınlığı ise zemin emniyet gerilmesini karşılayacak rijitliği sağlayacak biçimde 1,00 m olarak alınmıştır. Temelde her iki doğrultuda da 1 m' lik taşmalar oluşturulmuştur. Temel boyutları X doğrultusunda 27,80 m, Y doğrultusunda 23,15 m'dir.

Burada elastik zemine oturan plak tanımı yapılarak zemin yatak katsayısı $E_0=30000$ kN/m³ olarak seçilmiştir. Bu şekilde SAP2000 programında modellenen plak düğüm noktalarına düşey yönde kN/m cinsinden olmak üzere Denk. 8.1 ile belirlenen yay katsayıları tanımlanmıştır.

$$K_{uz}=K_0 \times A \quad (8.1)$$

Burada K_0 zemin yatak katsayısını, A söz konusu düğüm noktasına karşılık gelen zemin alanını ifade etmektedir. Şekil 8.1'de tanımlanan temelin planı görülmektedir.

Beton sınıfı ve donatı çeliğinde bir değişiklik söz konusu olmayıp sırasıyla BS30 ve BÇIII alınmıştır.

Zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{z,em}= 300$ kN/m² olarak alınmıştır.

7.2.1 Zemin Gerilmeleri Tahkiki

Temel plağının boyutlandırılmasında taşıma gücü ilkelerinin kullanılması durumunda, kullanma durumuna karşı gelen $G+Q$ ve $G+Q \pm E$ yükleme durumları göz önüne

alınarak hesap edilen zemin gerilmelerinin zemin emniyet gerilmeleriyle karşılaştırılmaları gerekmektedir. G+Q yüklemesi durumunda oluşan zemin gerilmeleri zemin emniyet gerilmesinin kendisiyle karşılaştırılırken, G+Q±E yüklemesi durumunda Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, bu tez çalışmasında göz önüne alınan zemin sınıfı için zemin emniyet gerilmesini %50 oranına kadar arttırılabilmesine olanak tanımaktadır.

Sap2000 programıyla yapılan çözümlerin sonuçlarında temel düğüm noktalarının maksimum yerdeğiştirme değerleri belirlenmiş ve bu değerler K_0 zemin yatak katsayısı ile çarpılarak oluşan zemin gerilmeleri bulunmuştur. Bu zemin gerilmeleri değerleri zemin emniyet gerilmesi ile karşılaştırılmıştır.

- G+Q yüklemesi için:

$$\sigma_z = \delta_{\max} \times K_0 = 0,00942 \times 30000 = 282,64 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{em} = 300 \text{ kN/m}^2$$

- G+Q±E yüklemesi için

$$\sigma_z = \delta_{\max} \times K_0 = 0,012146 \times 30000 = 364,38 \text{ kN/m}^2 < 1,5 \sigma_{em} = 450 \text{ kN/m}^2$$

7.2.2 Temel Betonarme Hesabı

Sap2000 programında "SHELL" eleman olarak tanımlanan temel plağının elemanlarına ait, y doğrultusunda kesitin altına ve üstüne donatı yerleştirilmesini gerektirecek M11 ile x doğrultusunda kesitin altına ve üstüne donatı yerleştirilmesini gerektirecek M22 kesit tesiri değerleri incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Aşağıda en olumsuz sonucu veren kesit tesirleri ile gerekli donatı miktarı ve oranları görülmektedir.

Y doğrultusunda

$$M_{11 \max} = 1476 \text{ kNm/m}$$

(maksimum pozitif moment)

$$A_{s, \text{gerekli}} = 50,65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

(kesitin altına yerleştirilmesi gereken donatı)

$$\rho_{\text{gerekli}} = 50,65 / (100 \times 85) = 5,9588 \cdot 10^{-3}$$

$M_{11 \max} = -742,93 \text{ kNm/m}$ (maksimum negatif moment)

$A_{s, \text{gerekli}} = 25,10 \text{ cm}^2/\text{m}$ (kesitin üstüne yerleştirilmesi gereken donatı)

$$\rho_{\text{gerekli}} = 25,10 / (100 \times 85) = 2,9529 \cdot 10^{-3}$$

X doğrultusunda

$M_{22 \max} = 1812,26 \text{ kNm/m}$ (maksimum pozitif moment)

$A_{s, \text{gerekli}} = 63,75 \text{ cm}^2/\text{m}$ (kesitin altına yerleştirilmesi gereken donatı)

$$\rho_{\text{gerekli}} = 63,75 / (100 \times 85) = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

$M_{22 \max} = -667,473 \text{ kNm/m}$ (maksimum negatif moment)

$A_{s, \text{gerekli}} = 22,52 \text{ cm}^2/\text{m}$ (kesitin üstüne yerleştirilmesi gereken donatı)

$$\rho_{\text{gerekli}} = 22,52 / (100 \times 85) = 2,6494 \cdot 10^{-3}$$

Radye temel minimum donatısı:

$$A_{s, \min} = 0,002 \times b \times d = 0,002 \times 100 \times 94 = 18,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Buna göre seçilen donatı $\Phi 22/20$ ($19,00 \text{ cm}^2/\text{m}$ her iki doğrultuda).

Ortalama iç kuvvet değerlerini karşılaması için seçilen donatılar:

X-X doğrultusunda: Alt: $\Phi 22/18$ $A_s = 21,10 \text{ cm}^2$

Üst: $\Phi 22/20$ $A_s = 19,00 \text{ cm}^2$

Y-Y doğrultusunda: Alt: $\Phi 22/18$ $A_s = 21,10 \text{ cm}^2$

Üst: $\Phi 22/20$ $A_s = 19,00 \text{ cm}^2$

Seçilen donatıların iç kuvvet değerlerini karşılayamadığı yerlerde ek donatı durumuna gidilmiştir. Böylece optimum ekonomiklik kazanılmış olunur.

Alt Kısımlara Konulacak Ek Donatılar:

Tablo 8.1 Temel ek donatıları

X-X doğrultusunda

YER	M (kNm/m)	$A_{s,gerekli} (cm^2)$	$A_{s,mevcut} (cm^2)$	$A_{s,ek} (cm^2)$	Seçilen Ek Donatı
S1 kolonu altı	634,12	18,95	19,00	ek donatıya gerek yok	
S2 kolonu altı	683,21	19,84	19,00	ek donatıya gerek yok	
S3 kolonu altı	1124,608	34,46	19,00	13,35	Φ20/20
S4 kolonu ve perdelerin altı	1284,472	39,07	19,00	20,07	Φ22/20

Y-Y doğrultusunda

YER	M (kNm/m)	$A_{s,gerekli} (cm^2)$	$A_{s,mevcut} (cm^2)$	$A_{s,ek} (cm^2)$	Seçilen Ek Donatı
S1 kolonu altı	596,859	18,00	19,00	ek donatıya gerek yok	
S2 kolonu altı	635,64	19,50	19,00	ek donatıya gerek yok	
S3 kolonu altı	968,21	29,60	19,00	8,50	Φ18/20
S4 kolonu ve perdelerin altı	1162,64	35,24	19,00	16,24	Φ22/20

Üst Kısımlara Konulacak Ek Donatılar:

Üst kısımlardaki iç kuvvet değerleri genellikle minimum donatı değerini sağlamaktadır. Sadece her iki doğrultudaki negatif maksimum moment değerleri için ek donatılar aşağıda gösterilmiştir.

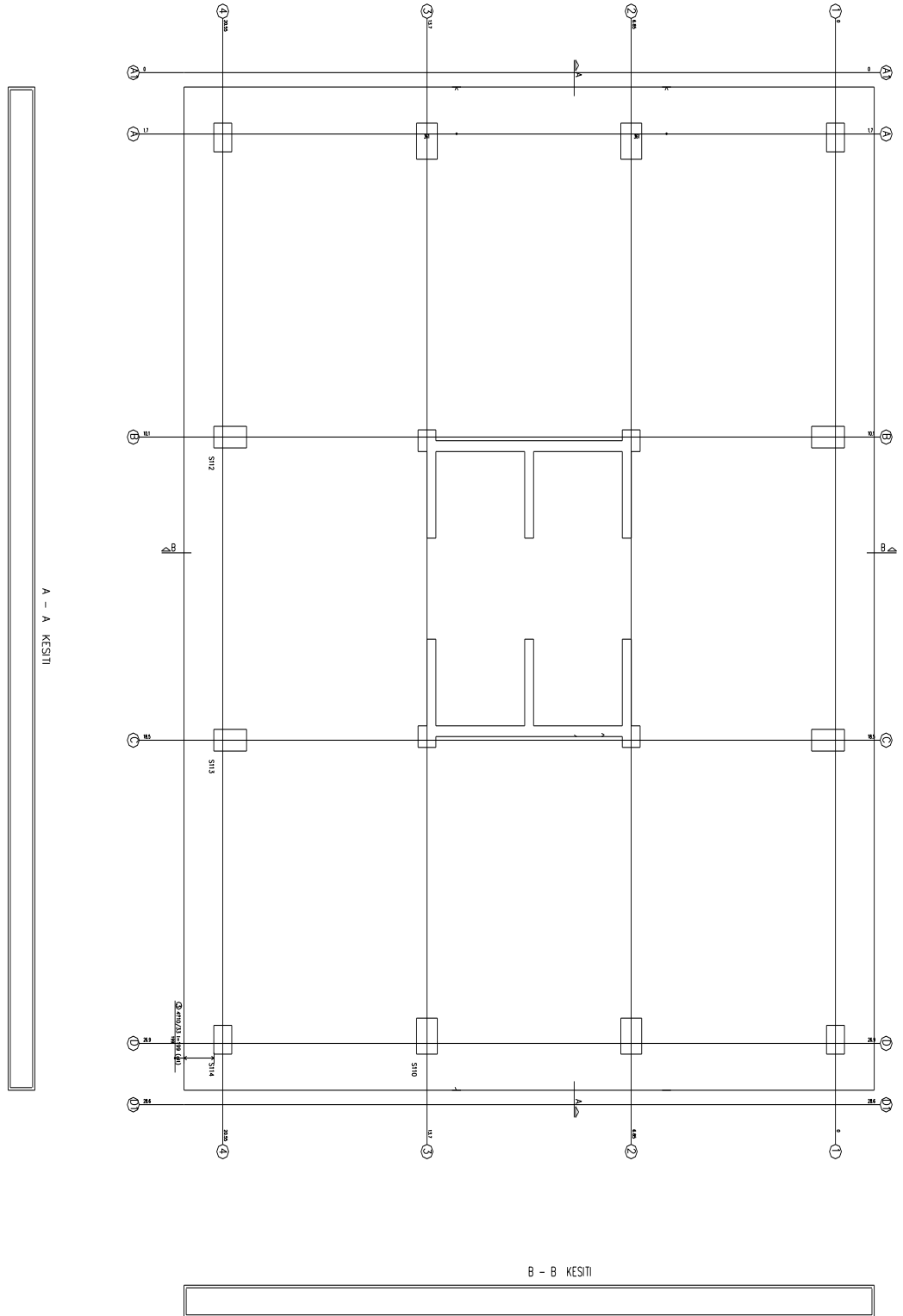
X-X yönü için $M_{max} = -688,299$ kNm/m

$$A_{s,gerekli} = 20,83 \text{ cm}^2/\text{m} \quad A_{s,mevcut} = 19,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad A_{s,ek} = 1,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen ek donatı: **Φ14/30**Y-Y yönü için $M_{max} = -793,144$ kNm/m

$$A_{s,gerekli} = 24,08 \text{ cm}^2/\text{m} \quad A_{s,mevcut} = 19,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad A_{s,ek} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen ek donatı: **Φ14/30**



Şekil 8.1 Temel planı

8. SONUÇLAR

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan yapı taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı sistemin elemanlarında deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli ve güvenli bir biçimde aktarılmasını sağlayacak rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Bu nedenle binanın döşeme sistemleri de yatay yük aktarımı sağlayabilmelidir.

Bu çalışmada kütle ve döşeme düzensizliği bulunan kaset döşemeli bir yapının düşey ve yatay yükler altında hesabı yapılmış ve yapı elemanları boyutlandırılmıştır. Çalışmanın adından da anlaşılacağı üzere, yapıda kütle düzensizliği olarak katlar arası hareketli yük değerinin farklı olma hali, döşeme düzensizliği olarak da ikinci katta bir döşemenin bulunmaması hali söz konusu edilmiştir.

Düşey ve yatay yüklere göre hesap yapılırken sistemin geometrisi uygun olduğundan, yüklemelerin üç boyutlu sistem üzerinde yapılabilmesinin gerçeğe daha yakın sonuçların elde edilmesine imkan verdiği söylenebilir.

Bina için yapılan hesaplamalar sonucu, binanın döşeme sisteminin kaset döşeme olması sonucu zati yüklerin ağır olması, hareketli yüklerin binanın kullanım amacına uygun bir değer olarak seçilmesi nedeniyle ortaya çıkan kesit iç kuvvetlerinin yüksek olmasından dolayı kesitler ön boyutlandırma esnasında bu iç kuvvetleri karşılayacak biçimde büyük seçilmiş ve bu kesitlere uygun olarak donatıları hesaplanmış ve yerleştirilmiştir.

Yatay yüklere göre hesap Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te de belirtildiği gibi "*Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi*" ve "*Dinamik Analiz*" kullanılarak yapılmıştır. Genellikle düzensiz binalarda Dinamik Analiz' in Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre daha elverişsiz sonuç beklenirken, tasarımı ve hesapları yapılan sistemde tam tersi durum gözlenmiştir. Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi'nin sonuçları Dinamik analiz sonuçlarından daha elverişsizdir. Bu durum göz önüne alınan düzensizliklerin sınırlı olmasından

kaynaklanmaktadır. Düzensizlik değerlerinin daha büyük olması halinde değişeceği aşıkardır. Zaten Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik bu durumda eşdeğer statik deprem yükü yöntemini kısıtlamaktadır. Betonarme hesaplarında da Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'teki şartlara uyularak Eşdeğer Statik Deprem Yükü Yöntemi'nde elde edilen sonuçlar esas alınmıştır.

Binaya aktarılan deprem enerjisinin bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için elemanların sünek tasarım ilkelerine uyularak boyutlandırılması ve donatılması gerekmektedir.

Yapının söz konusu olan kütle düzensizliği ve döşeme süreksizlikleri yürürlükteki yönetmelikler ve standartlar çerçevesinde incelenmiş ve bunların yapı deprem davranışı ve iç kuvvetlerindeki etkilerinde hangi farklılıkları yaptığı gözlenmiştir. Bu incelemeler esnasında sistemin bilgisayar ortamında kurulan 3 boyutlu modeli planda rijit diyafram kabulü yapılarak, kütlelerin ağırlık merkezinde toplandığı kabul edilmiş, döşeme düzensizliğinden dolayı ağırlık merkezinde oluşan kaymalar göz önüne alınmıştır. Yapılan inceleme sonucunda elde edilen değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır:

- Yapının düzensizliklerinden olan bir kattaki döşeme düzensizliği, yapıda çok belirgin davranış değişikliklerine neden olmamaktadır. Döşemelerin kesit atalet momentlerinin küçük olması ve dolayısıyla yatay harekete karşı etkin bir rijitliklerinin olmamasından dolayı yapıya büyük bir etkisi olmamaktadır. Bu etki burulma açısından bir kısım artışa neden olmakla beraber, yapı titreşim periyotları ve iç kuvvetleri incelendiğinde bu değerlerde küçük artışlar oluşmaktadır. Döşeme süreksizliğinin yapının yatay harekete karşı daha rijit olduğu yönde etkili olmasının da bu değişimin az olmasında etkisi vardır. Diğer yönde olabilecek şekilde döşeme süreksizliği düzenlenseydi sonuçlar daha farklı olabilirdi.
- Yalnız, döşeme düzensizliğinin bulunduğu katta düşey yüklere göre hesaplamalarda bu döşeme süreksizliğinin kaset dışlarındaki etkileri incelenmiş ve bu etkilerin boşluğun sağında ve solunda bulunan komşu döşemelerin iç kuvvetlerinde oldukça büyük artışlara neden olduğu belirlenmiştir.

- Ayrıca kaset döşeme sistemini oluşturan ızgara sistemin arasında kalan plak elemanların boyutlarının büyük olması nedeniyle bu plaklar tekil olarak ve dört kenarından sürekli olduğu göz önüne alınarak çözülmüş, bu çözümleme sonucunda sürekli kenarlarda oluşan negatif moment değerinin bu bölgelerde ek üst donatı gerektirmeyecek derecede küçük bir değer aldığı görülmüştür. Ancak yinede bu etkiyi bir derecede göz önüne almak için kaset döşeme plaklarının çerçeve kirişleri ile mesnetlendiği bölgelere minimum donatı kadar ek donatı yerleştirilmiştir.
- Bu tez çalışmasına konu olarak üzerinde durulan kütle düzensizliği incelendiğinde, bunun daha belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Deprem kuvvetleri açısından en önemli birim olan kütle birimindeki artış deprem kuvvetlerinde önemli artışlara neden olmakta, bu nedenle yapı elemanlarındaki özellikle düşey taşıyıcı elemanlarda (kolon, perde ..) oluşan kesit zorlarında bu değerler önemli ölçüde değişmektedir.

Yapıda bir burulma düzensizliği mevcuttur. Bu düzensizlik binanın kısa boyutu doğrultusunda olmaktadır. Bu düzensizliğin ana nedeni döşeme süreksizliği olmamakla beraber deprem perdeleri olarak tanımlanan elemanların yapı merkezine yakın olarak yerleştirilmesi, dış akslarda kalan elemanların bu doğrultudaki rijitliklerinin daha az olmasından dolayı "Gizli Burulma Düzensizliği" olarak adlandırılan düzensizlik söz konusu olmaktadır. Bu değer Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılan hesaplarda göz önüne alınarak dış merkezliklerde gerekli değişiklikler uygulanmıştır. Bu düzensizlik yapının dış akslarındaki düşey taşıyıcı elemanların rijitliklerinin arttırılmasıyla giderilebileceği gibi bu etki çok büyük değerlerde de değildir.

Bu tez kapsamında beton sınıfı değişimi ile yapı periyodu değişimi ve yine beton sınıfının değişmesi ile yatay deplasmanların değişimi incelenmiş, bunlarla ilgili grafikler çizilmiştir. Beton dayanımı arttıkça rijitliğinin de artmasından dolayı periyotlarında bir azalma meydana gelmektedir. Ayrıca beton sınıfı yükseldikçe yatay deplasmanlar azalmakta, dolayısıyla iç kuvvetlerde de azalma meydana gelmektedir.

Kirişsiz radye plak olarak seçilen temel hesapları sonucunda ortaya çıkan iç kuvvetler kullanılarak betonarme hesapları yapılmıştır. Burada optimum olarak iç kuvvetlere göre donatı hesapları yapılmış ve iç kuvvet değerlerinin seçilen bu optimum değerden daha büyük olduğu yerlerde ek donatılar yerleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

A) Kitap ve Kitap Bölümleri için gösterim

- [1] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [2] **Özmen, G., Pala, S., Gülay, G., Orakdöğen, E.**, 1998. Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi
- [3] **Berktaş İ.**, 1995. Betonarme 1-Taşıma Gücü Ve Kesit Hesapları, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul

B) Tezler için gösterim

- [4] **Yalçın, Ö.**, 2001 Betonarme Yapıların Deprem Altındaki Davranışına Döşeme Modellemelerinin Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] **Çağlarım, M.**, 2002. Betonarme Çok Katlı Yapılarda Döşeme Türünün Taşıyıcı Sisteme Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

C) Raporlar

- [6] **Özmen, G.**, 2001. Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

Standartlar

- [7] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1998. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
- [8] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [9] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Florya Şenlikköy İlkokulu'nda tamamladı. Orta ve lise eğitimini Florya Tefvık Ercan Lisesi'nde bitirdi. 1994 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1 yıllık ingilizce hazırlık öğreniminden sonra İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde eğitime başladı. 1999 yılında buradan mezun olarak aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans eğitime başlamıştır.