İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DÖŞEME SİSTEMLERİNE SAHİP ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DİNAMİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Hüseyin AKGÜN
(501031121)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 Eylül 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Ekim 2007

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

EKİM 2007

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada amaçlanan; yapıların taşıyıcı sistemlerinin kat döşemelerinin farklı döşeme sistemleri ile oluşturulduğunda ne gibi değişik sonuçlarla karşılaşılacağının incelenmesidir. Yapılardaki kat döşemelerinin farklı sistemlerle oluşturulmasının yanında, bu çalışmada bir de rijit ve esnek diyafram modellerinin yapının taşıyıcı sisteminde ve genel olarak yapıda ne gibi farklılıklar doğuracağı araştırılmıştır.

Tezin hazırlanmasında bana ışık tutan ve değerli bilimsel katkılarını esirgemeyen hocam Sayın. Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu tezin hazırlanması sırasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anne ve babam Sayın Nihal ve İsmet AKGÜN'e, kardeşim Sayın Duyunç AKGÜN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ekim 2007 İnş. Müh. Hüseyin AKGÜN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
KISALTMA LİSTESİ	**v**
TABLO LİSTESİ	**vi**
ŞEKİL LİSTESİ	**vii**
SEMBOL LİSTESİ	**ix**
ÖZET	**xi**
SUMMARY	**xii**
1. GİRİŞ	**1**
2. DÖŞEMELER	**2**
2.1 Kirişsiz Döşemeler	3
2.2 Kirişli Plak Döşemeler	4
2.3 Dişli Döşemeler	7
2.4 DBYBHY'ne Göre Çerçeveli, Perdeli ve Kirişsiz Döşemeli Sistemlerin Süreklik Düzeyleri	10
2.4.1 Kirişsiz Döşemeli Sistemler	11
2.4.2 Çerçeveli Sistemler	12
2.4.3 Perdeli Sistemler	14
3. DÜZENSİZLİK TÜRLERİ	**16**
3.1. Düzensizlik Türleri	16
3.1.1 A-1 Burulma Düzensizliği	18
3.1.2 A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği	19
3.1.3. A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği	21
3.1.4 A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği	21
3.1.5 B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	22
3.1.6 B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	23
3.1.7 B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	24

4. KAT DÖŞEMELERİNİN RİJİT DİYAFRAM OLARAK VEYA DÖŞEME ESNEKLİĞİ İLE MODELLENMESİ 25

4.1 Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi 25

4.2 Kat Döşemelerinin Döşeme Esnekliği İle Modellenmesi 26

4.3 Rijit Diyafram Modeliyle Esnek Döşeme Modellerinin Karşılaştırılması 26

5. ÇOK KATLI BETONARME BİR BİNADA ÇÖZÜME ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İRDELENMESİ 28

6. SONUÇ 59

KAYNAKÇA 64

EKLER 65

ÖZGEÇMİŞ 74

KISALTMA LİSTESİ

DBYBHY **:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
CQC **:** Tam Karesel Birleştirme Yöntemi
A.D. **:** Esnek Döşeme
R.D. **:** Rijit Diyafram
SSBDA **:** Specification for Structures to be Built in Diaster Areas

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri 15
Tablo 3.1 : Planda düzensiz olan yapılar 17
Tablo 3.2 : Düşeyde düzensiz olan yapılar
Tablo 5.1 : Bina-1, Bina-2, Bina-3 Kat sayısına göre kolon boyutları 36
Tablo 5.2 : Bina-1, Bina-2, Bina-3 Katsayısına Göre Perde Boyutları 37
Tablo 5.3 : Bina-1, Bina-2, Bina-3 Kiriş Boyutları 38
Tablo 5.4 : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) 40
Tablo 5.5 : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) 41

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Tek doğrultuda yük aktaran kirişli plak döşeme 4
Şekil 2.2 : Her iki doğrultuda da yük aktaran kirişli plak döşeme 5
Şekil 2.3 : Izgara kirişlerle bölünmüş kirşli plak döşeme 7
Şekil 2.4 : Dişli döşeme 8
Şekil 2.5 : Süneklik düzeyi yüksek perdeli – çerçeveli sistemlerde R katsayısının değişimi 13
Şekil 2.6 : Süneklik düzeyi karma sistemlerde R katsayısının α_s değerine bağlı olarak değişmesi 14
Şekil 3.1 : (a) Deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi (b) Rijitlik merkezi etrafında dönmesi (c) İki merkezin çakışması durumu 19
Şekil 3.2 : A-2 düzensizlik durumu (I) 20
Şekil 3.3 : A-2 türü düzensizlik durumu (II ve III) 20
Şekil 3.4 : A-3 türü düzensizlik durumu 21
Şekil 3.5 : A-4 türü düzensizlik durumu 22
Şekil 3.6 : B-1 düzensizliği 23
Şekil 3.7 : B-2 düzensizliği 23
Şekil 3.8 : B-3 düzensizliği 24
Şekil 5.1 : Bina-1 normal kat kalıp planı 28
Şekil 5.2 : Bina-2 normal kat kalıp planı 29
Şekil 5.3 : Bina-3 normal kat kalıp planı 30
Şekil 5.4 : Bina-2 Normal Kat Kesiti 32
Şekil 5.5 : Bina-2 Çatı Katı Kesit 32
Şekil 5.6 : Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi 39
Şekil 5.7 : (x) Doğrultusu 1. Doğal Periyotları 42
Şekil 5.8 : (y) Doğrultusu 1. Doğal Periyotları 43
Şekil 5.9 : Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 44
Şekil 5.10 : Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 44
Şekil 5.11 : Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 45
Şekil 5.12 : Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 46
Şekil 5.13 : Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 47
Şekil 5.14 : Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Derem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 48

Şekil 5.15: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 49
Şekil 5.16: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 49
Şekil 5.17: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 1. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri 50
Şekil 5.18: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 1. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri 50
Şekil 5.19: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 2. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri 51
Şekil 5.20: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 2. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri 51
Şekil 5.21 : Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 48
Şekil 5.22 : Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 49
Şekil 5.23 : Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri 50
Şekil 5.24 : Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri 51
Şekil 5.25 : Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrusu Taban Kesme Kuvvetleri 52
Şekil 5.26 : Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrusu Taban Kesme Kuvvetleri 53
Şekil 5.27 : Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 54
Şekil 5.28 : Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 54
Şekil 5.29 : Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 55
Şekil 5.30 : Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri 56
Şekil 5.31 : Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi 56
Şekil 5.32 : Dişli Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi 57
Şekil 5.33 : Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi 57
Şekil 5.34 : En Üst Kat C45 Kolonu (x) Doğrultusu Deplasmanları 58
Şekil 5.35 : En Üst Kat C45 Kolonu (y) Doğrultusu Deplasmanları 58

SEMBOL LİSTESİ

A_c : Kirişlerde gövde, kolonlarda ise tüm kesit alanı
A_e : Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı
A_g : Perde kesit alanı
A_k : Kagir duvar kesit alanı
A_w : Kolon kesit alanı
d : Faydalı yükseklik
F : Kuvvet
F_a : Zımbalama çevresinin (u_p) içinde kalan plak yüklerinin toplamı
f_{ck} : Beton karakteristik basına dayanımı
f_{ctd} : Beton tasarım çekme dayanımı
g : Kalıcı (sabit) yük etkisi
h_f : Döşeme kalınlığı
h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği [m]
H_w : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I : Bina önem katsayısı
L_k : Döşemenin kısa kenarı
l_n : Kiriş serbest (net, temiz) açıklığı, kolon serbest boyu, döşemenin serbest açıklığı
L_u : Döşemenin uzun kenarı
l_w : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M : Eğilme momenti
N : Eksenel kuvvet, bina kut adedi
N_d : Tasarım eksenel kuvveti
N_{dm} : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basına kuvveti
p : Döşeme yayılı yükü
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_{NÇ}$: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_{YP} : Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S(T) : Spektrum katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu [S]
T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [S]
T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotları [S]
U_p : Zımbalama çevresi
V_{pd} : Tasarım zımbalama kuvveti
V_{pr} : Zımbalama dayanımı
W : Binanın toplam ağırlığı
γ : Eğilme etkisini yansıtan katsayı

α_s **:** Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı

η_{bi} **:** i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

η_{ci} **:** i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

η_{ki} **:** i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

Δ_i **:** Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

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

$(\Delta_i)_{min}$**:** Binanın i'inci katındaki minimum göreli kat ötelemesi

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

FARKLI DÖŞEME SİSTEMLERİNE SAHİP ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DİNAMİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

Modern yaşamın bilinen en belirleyici özelliği, herşeyin en büyüğüne ulaşmak şeklinde karşımıza çıkıyor. En yüksek binayı tasarlamak, inşa etmek, en uzun yolu katetmek, en yükseğe tırmanmak, en derine dalmak ve en büyük yapıda yaşamak gibi birçok şey sıralayabiliriz. Ülkemizde ve dünyada büyük şehirlerdeki yaşama alanlarının gün geçtikçe kısıtlı hale gelmesi ve insanoğlunun yapısındaki gökyüzüne ulaşma arzusu gibi nedenlerden dolayı, ekonomik patlamanın yaşandığı yıllarda yüksek yapılarda artış gözleniyor, fakat ekonomik çöküşün başladığı yıllarda ise yüksek yapılarda ciddi azalma görülüyor.

Ülkemizin önemli deprem kuşakları üzerinde bulunması, sadece matematiksel hesapların çok doğru ve bilgisayar teknolojisinin de yardımıyla yapılara kolay ve hızlı uygulanmasının değil, bu matematiksel hesapların dayandığı ülkemizde genel olarak kullanılan betonarme malzemesinin davranışının çok iyi bilinmesi gerekliliğini doğurmaktadır.

Bu çalışmada önemli dinamik yüklerin etkisine maruz kalan çok katlı binaların farklı döşeme sistemleriyle oluşturulmasının, yapının taşıyıcı sisteminde ne gibi değişiklikler doğuracağı ve DBYBHY'teki döşeme sistemleri hakkındaki maddeler irdelenmiştir. Özellikle yapılarda çok dikkat edilmesi gereken konulardan biri de yapıların deprem davranışına çok büyük etkileri olan düzensizliklerdir. Bu çalışmada yapılardaki düzensizlik türleri ve bu konuda DBYBHY'deki şartlarda gözönünde bulundurulmuştur.

Beş bölümden oluşmuş olan bu çalışmada;

Birinci bölümde çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde döşemeler hakkında genel bir bilgi verilmiş ve değişik döşeme sistemleri tanıtılmış ve farklı yapı sistemlerinin süneklik düzeyleri hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde ise, binaların plandaki ve düşeydeki değişik düzensizlik türleri anlatılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, döşemelerin rijit diyafram ve esnek modelleri ve davranış kabulleri açıklanmış, bu davranış ve modellemeler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde ise çok katlı betonarme bir binada çözüme etki eden değişik parametrelerin irdelemesi yapılmıştır.

ANALYSIS OF DYNAMIC ATTITUDE OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION THROUGH DIFFERENT FLOORING SYSTEMS

SUMMARY

Getting the most out of everything seems to be the most distinctive mark of modern life. We can list as many things as designing and building the highest building, covering the longest route, to climb the highest peak, to dive into the greatest depth and to live in the largest building. Due to reasons such as the shrinkage in the living areas in our country and in the big cities of the world, a rise in the number of high buildings is observed during the years of economic boom, whereas a significant decrease is recorded in the number of high buildings at the outset of the economic downturn.

The fact that our country is located along important seismic belts results in, not only in the correct and, thanks to the computer technology, fast and easy application of mathematical calculations to the constructions, but also in the necessity to get to know the behavior of the reinforced concrete material widely used in our country and on which the mathematical calculations are based.

This paper discusses what changes would it make in the conveyor system of the construction if we equipped multi storey buildings receiving significant dynamic load with different flooring systems and also the articles on flooring systems in DBYBHY. One of the issues that should be especially observed is the irregularity in the buildings which has outstanding effects on the behavior of earthquakes. This study takes into consideration the kinds of irregularities in the buildings and the requirements of DBYBHY relating thereto.

Of the five parts this study is made up of:

The First part explains the aim and scope of the investigation.

The second part provides us with general information as to the floorings and introduces different flooring systems and informs us on ductility levels of different construction systems.

The third part describes different types of irregularities in the planning and the portraits of buildings.

The fourth part of the study defines the rigid diaphragms and flexible models and behavior acceptance of floorings, and makes a comparison between such modellings and behaviors.

On the fifth section,the different parameters,that are effective on the evoluationof amulti-storey armoured-concrete building, are examined.

1. GİRİŞ

Betonarme binalar projelendirme aşamasında yapının kullanım amacı, ekonomik düşünceler, deprem bölgesi ve zemin cinsi gibi faktörler nedeniyle farklı döşeme sistemleri kullanılarak oluşturulabilmektedir. Bu nedenle döşeme sistemlerinin özellikle ülkemiz gibi birinci derece deprem kuşakları üzerinde bulunan yerlerde tasarlanırken deprem davranışlarının çok iyi araştırılıp kavrandıktan ve bu döşeme sistemlerinin meydana getirildiği betonarme malzemenin davranışının çok iyi incelenip değerlendirildikten sonra projelendirilmesi ve projenin çok doğru şekilde uygulanması son derece büyük önem taşır.

Ülkemizde yapıların proje aşamasında önemli eksiklikler yaşandığı gibi, maalesef uygulama aşamasında da çok önemli sorunlar ve yanlışlıklarla karşılaşmaktayız. Özellikle uygulama konusunda yaşanan sıkıntıların, projelendirme konusunda yaşanan sıkıntılara göre oldukça büyük olduğu bilinen bir gerçektir.

Bu çalışmada amaç, ülkemizde ve dünyada uygulamalarının sıklaştığını gördüğümüz çok katlı yapıların deprem bölgesi ve zemin cinsine göre hangi döşeme sistemleri kullanıldığında, taşıyıcı sistemlerinin nasıl etkilere maruz kaldığı ve hangi döşeme sisteminin nasıl bir davranış sergilediğinin incelenmesidir.

Ayrıca yapıda kullanılan döşemelerin esnek ve rijit diyafram modelleme kabullerinin yatay statik ve dinamik yükler altındaki çözümlemelerde ne gibi değişiklikler meydana getirdiği araştırılmıştır. Çünkü tasarı aşamasındaki bir mühendisin tasarlayacağı yapının amacını, yapıda kullanacağı taşıyıcı sistemin değişik iklimsel, jeolojik etkilere nasıl cevap vereceğini çok iyi bilmesi gereklidir ve daha sonra uygulama aşamasının oldukça sağlıklı bir şekilde yapılması çok önemlidir.

2. DÖŞEMELER

Döşemeler, yapıların bir boyutu (kalınlığı) diğer iki boyutuna göre (uzunluk ve genişlik) ihmal edilebilecek düzeyde küçük olan ve bu nedenle iki boyutlu olarak kabul edilen taşıyıcı elemanlarıdır.

Yapıda döşemelerin temel olarak üstlendiği görev düşey yükleri kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara iletmektir. Ayrıca döşemeler deprem veya makine titreşimleri gibi büyük dinamik yükleri de yapının düşey taşıyıcı elemanlarına aktarırlar.

Döşemeler maruz kaldıkları yatay yükleri karşılarken genel olarak rijit diyafram davranışı yaptıkları kabul edilir. Bu durumda yatay yükün düşey taşıyıcı elemanlara emniyetli bir şekilde dağıtılma işi tümüyle düşey taşıyıcı elemanların rijitliğine dayanır. Bu durumun tersi olan elastik döşeme davranışına pratikte pek rastlanmaz.

Döşeme türleri üçe ayrılır:

1) Kirişli plak döşemeler: Kalınlıkları açıklığın boyutlarına ve yükün büyüklüğüne göre belirlenen ve mesnetlenme durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten döşemelerdir.
2) Dişli plak döşemeler: Birbirine yakın ve doğrultuları birbirine paralel olan sık kirişlerden ve bunların arasındaki plak döşemelerden oluşan döşeme sistemleridir.
3) Kirişsiz döşemeler: Yükünü kiriş diye adlandırılan taşıyıcı elemanlar aracılığıyla değil de, doğrudan doğruya kendisi kolon ve perdelere aktaran döşemelerdir.

2.1. Kirişsiz Döşemeler

Çeşitli depolar veya bölme duvarları bulunmayan büyük çalışma alanlarında tercih edilen bu döşeme türünde yük doğrudan doğruya kolon ve perdelere aktarılır.

Yapıdaki düşey ve yatay yüklerin taşınmasında kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlarla döşeme şeritlerinin meydana getirdiği çerçeveler görev alır.
Bundan dolayı kolonların yerleştirildiği aks sisteminin düzgün eksenler üzerinde olması çok önemlidir.

Kirişsiz döşemelerde plak kalınlığının belirlenmesinde kolon başlarında meydana gelen zımbalama etkisi çok önemli bir rol oynar. Bu tür döşemelerde yükün kolon ve perdelere aktarılmasının daha elverişli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için, kolon başlarında plak kalınlığı arttırılarak kolonlarda boşluk oluşturulur.

Bu bölgede donatı çok yoğun olduğundan betonun yerleştirilmesinde büyük hassasiyet gösterilmeli ve bu bölgede betonda yeterli dayanım sağlanmadan kesinlikle kalıp sökülmemelidir. Bu bölgelerde meydana gelen göçmeler oldukça gevrek olduklarından, oldukça büyük can ve mal kaybına neden olmaktadır.

Kirişsiz döşemelerin hesap ve tasarımında uyulması gereken kurallar TS 500'de belirtilmiştir.

Kirişsiz döşemelerin avantaj ve dezavantajları:

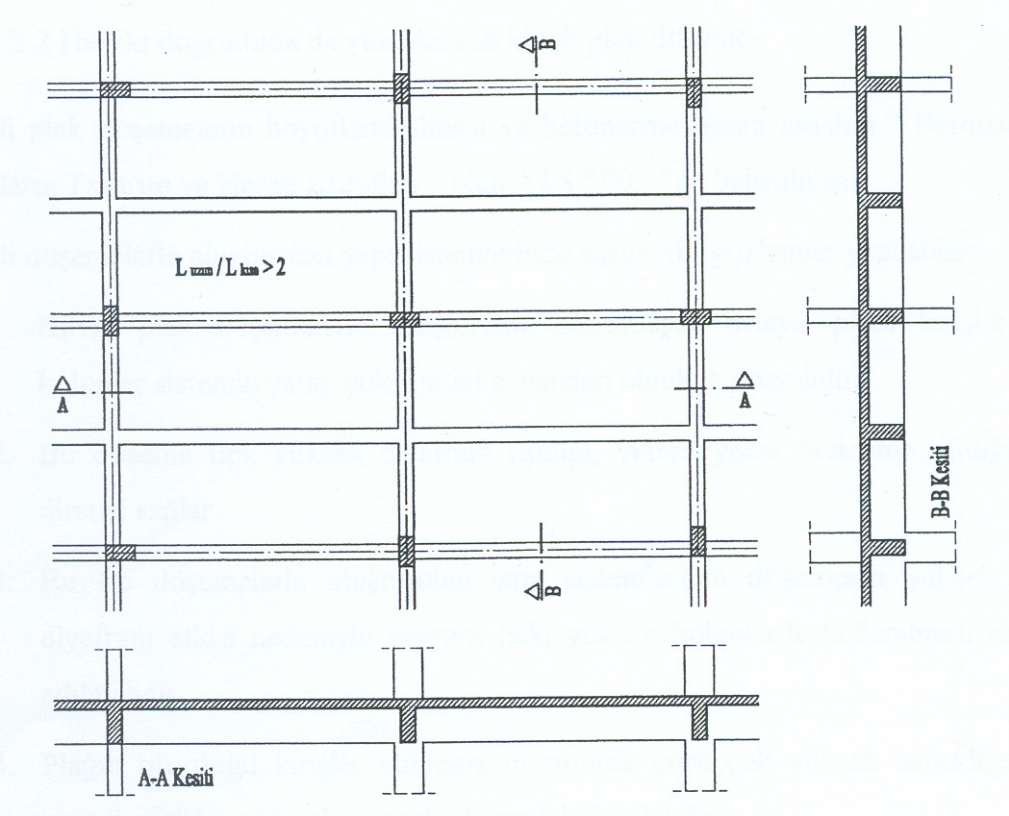
1) Kirişsiz döşemelerde meydana gelen zımbalama olayı, bu döşemelerin deprem bölgelerinde uygulanması konusunda tereddütler oluşturmaktadır.
2) Kirişsiz döşemelerde kullanılan malzeme oldukça fazladır, ancak buna karşılık kalıp maliyeti düşüktür.
3) Kirişsiz döşemeler kaset döşemelerden sonra büyük açıklıkları geçebilen 2. döşeme sistemidir.
4) Yük taşıma açısından dişli döşemeler kadar etkili bir döşeme çeşidi değildir.
5) Döşeme bir deponun tavanında bulunuyorsa ve depoya malzeme almak ya da boşaltmak için araçlar girip çıkıyorsa, bu durum için en uygun döşeme sistemi kirişsiz döşemedir.

6) Yapının kullanımdaki değişiklerine bağlı olarak kimi zaman duvarların yerlerinin değişmesi gerekmektedir. Kirişsiz döşeme sistemi bu durum için en uygun döşeme sistemlerinden biridir.
7) Yapılardaki her çeşit plan geometrisine uygundur.
8) Kirişsiz döşemelerde döşeme kalınlığı fazla olduğundan döşeme sistemi yeterince rijittir. Bu yüzden titreşime ve sehime duyarlı cihazlar rahatlıkla taşınabilir.
9) Kirişli plak döşemeler kadar alışkın olunan bir döşeme sistemi değildir.
10) Kirişsiz döşemelerle uzun ve ağır konsolları tasarlamak oldukça zordur.

2.2 Kirişli Plak Döşemeler

Kirişli plak döşeme sistemlerinde kirişler ve duvarlar döşemeye mesnetlik yapar ve yükü düşey taşıyıcı elemanlara iletirler.

Kirişli döşemler dört kenarından kirişlere mesnetlenebileceği gibi bir veya birden çok kenarından mesnetlenip diğer kenarları boşta kalabilir. Kirişli döşemeler uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranına (m) göre 2 sınıfa ayrılırlar.



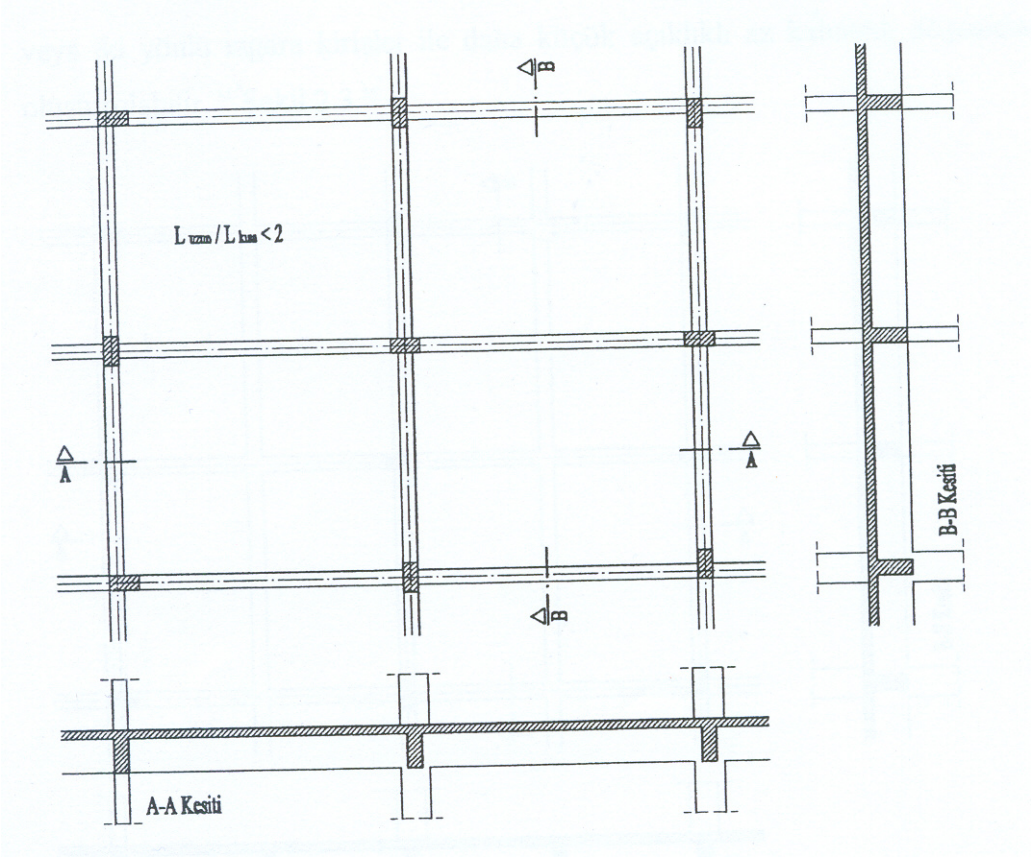
Şekil 2.1: Tek doğrultuda yük aktaran kirişli plak döşeme

$$m = \frac{\ell_{uzun}}{\ell_{kısa}} > 2 \Rightarrow \text{Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeler}$$

$$m = \frac{\ell_{uzun}}{\ell_{kısa}} \leq 2 \Rightarrow \text{İki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler}$$

diye adlandırılırlar.

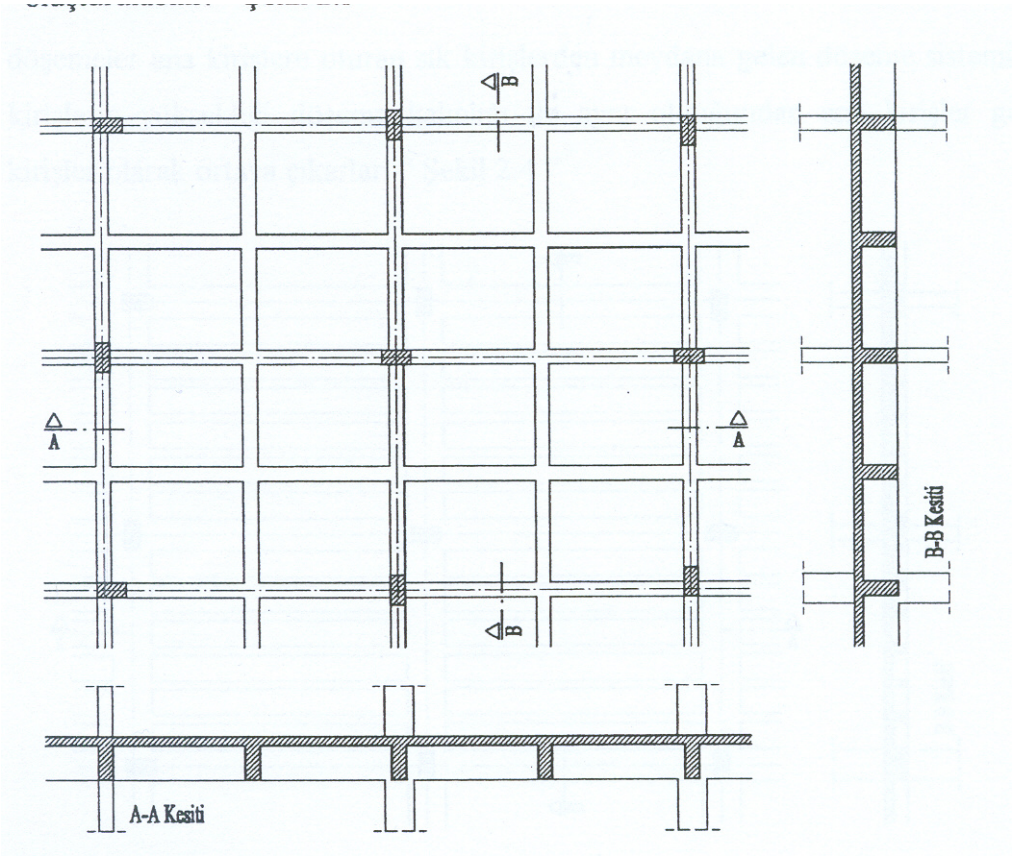
Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde yükün büyük bir kısmı kısa kenar doğrultusunda taşındığından dolayı bir doğrultuda çalışan döşemelerde donatı hesabı sadece kısa kenar doğrultusunda yapılmaktadır. Hesabı yapılan donatı çekme donatısı olarak kısa kenar doğrultusunda yerleştirilmektedir. Diğer yönde ise, dağıtma donatısı konulmaktadır. Dağıtma donatısının görevi büzülme, sıcaklık değişimi gibi etkiler sonucu oluşabilecek gerilmeleri karşılamaktır.



Şekil 2.2: Her iki doğrultuda da yük aktaran kirişli plak döşeme

Kirişli plak döşemelerinin avantaj ve dezavantajları:

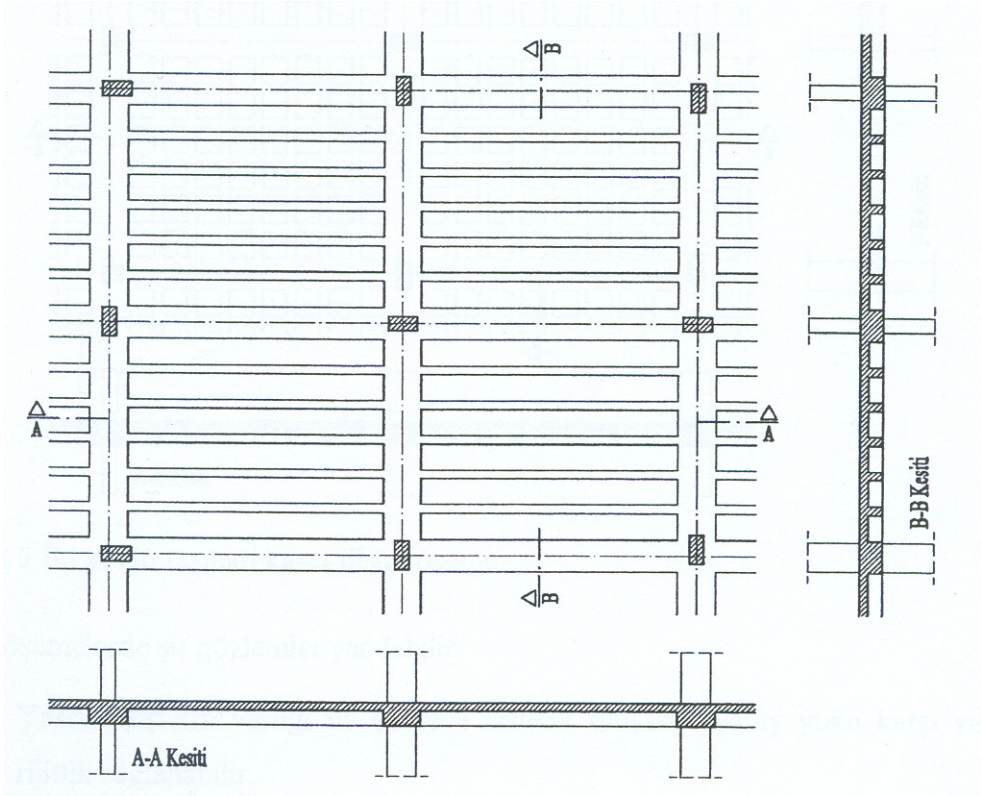
1) Depreme dayanıklılık açısından en elverişli döşeme sistemidir.
2) Kirişli plak döşemelerde kalıp için kullanılan malzeme miktarı az fakat kalıp maliyeti yüksektir.
3) Kirişli plak döşemeler büyük açıklıklar geçme açısından diğer döşeme çeşitlerine göre daha elverişsiz sitemlerdir.
4) Yük taşıma açısından bu döşeme sistemi dişli döşemelere göre daha elverişsizdir.
5) Döşeme bir deponun tavanında ise depoya malzeme almak veya boşaltmak için araçlar girip çıkıyorsa kirişler kat yüksekliğini azaltarak kullanımı olumsuz olarak etkilemektedir.
6) Yapının kullanımındaki değişikliklere bağlı olarak duvarların yerlerinin değiştirilmesi gibi durumlarda kirişli döşemeler pek uygun olmamaktadır. Hesaplarda dikkate alınmayan durumlarda döşemenin orta bölgesine yapılacak bir duvar, döşemede sehim ve hasara neden olabilir.
7) Yapıların çeşitli plan geometrilerine elverişli bir döşeme sistemidir.
8) Kirişli plak döşemelerde plak kalınlığı az olduğundan döşemenin yeterli rijitlikte olmasını gerektiren titreşime ve sehime duyarlı eşyaların taşınması gibi durumlarda bu tip döşeme çok elverişli değildir.
9) Kirişli plak döşemelerin yapım şekli yapılarla ilgili hemen hemen her teknik personelin alışkın olduğu ve kısa sürede yapabileceği türdendir.
10) Konsol döşemeler için kirişli plak döşemeler uygun bir döşeme şeklidir.



Şekil 2.3: Izgara kirişlerle bölünmüş kirişli plak döşeme

2.3 Dişli Döşemeler

İnce bir tabla ve açıklıkları 70 cm'yi geçmeyecek şekilde sıralanmış dişlerden oluşan dişli döşeme sistemleri açıklığın büyük olması gereken durumlarda veya tekil ve şerit yüklerin döşemeye etkilediği durumlarda çokça tercih edilen döşeme sistemleridir.



Şekil 2.4: Dişli döşeme

Dişli döşeme sistemlerinde en çok dikkat edilmesi gereken konulardan biri dişli döşemelerin DBYBHY'te süreklik düzeyi yüksek kolonlar, kirişler ve kolon kiriş birleşim bölgeleri için belirtilen koşullardan herhangi birini sağlamadıkları ve süneklik düzeyi normal sistemler olarak kabul edildiklerinden ve deprem davranışlarının kirişli döşemelere göre daha zayıf olmasından dolayı eğer yapıda perde kullanılmaz ise sadece 3. ve 4. deprem bölgelerinde uygulanabildiği ve yapının toplam yüksekliği (H_N)'nin 13 m'den küçük olması gerektiğidir.

Bu tür döşemelerde dişlerin araları tamamen boş bırakılabilir ya da muhtelif dolgu malzemeleri ile doldurularak düz bir yüzey elde edilebilir. Dolgu malzemesini mümkün olduğu kadar hafif malzemeden seçmenin yararı büyüktür.
Böyle dişlerin arası doldurulmuş ve düz bir tavan elde edilmiş sistemler asmolen döşeme sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Açıklıkları (9-14 m) ve yükün ağır olması durumunda ve mimari açıdan hoş bir görüntü elde edilmek istenmesi durumunda iki doğrultuda çalışan dişli (kaset) döşemeler, açıklıkların 9-14 m'den küçük olması durumunda genellikle bir doğrultuda dişli döşemeler tercih edilmektedir.

Bir doğrultuda dişli döşemeler yüklerin diş doğrultusunda bu dişlere dik kirişlere iletildi döşemelerdir ve 4,0 m'ye kadar enine dişsiz olarak yapılabilir. Enine dişler döşemede yük dağılımını sağlamakta ve yanal rijitliği artırmaktadır. Açıklıkların 4,0 m'yi geçmesi durumunda enine diş yapmak DBYBHY gereği zorunludur.

İki doğrultuda dişli döşemeler yükün iki doğrultuda paylaşılması ile taşınır. Paylaşma oranı döşemenin süreklilik durumuna ve kenarlarının oranına bağlıdır. Plak döşeme şeritlerinde her noktada ortaya çıkan şeritler arası burulma etkileşimi, bu tür döşemelerde ana boşluklardan dolayı ancak diş kesişme noktalarında meydana gelir.

Bir doğrultuda dişli döşemelerin hesap ve tasarım kuralları TS 500'de belirtilmiştir, fakat kaset döşemelerin yapısal çözümlemesi ile ilgili herhangi bir yöntem verilmemekte, sadece "bu döşemelerin yapısal çözümlemelerinde yapı mekaniği ilkelerine uyulmalıdır" ifadesi kullanılmaktadır.

Kaset döşemeler için, uygulamada kullanılan yöntemlerden biri Sonlu Elmanlar Yöntemi'dir. Bir diğer yöntem ise Sonlu Elemanlar Yöntemini temel alan bilgisayar programlarıdır.

Dişli döşeme sistemlerinin avantaj ve dezavantajları:

1) Depreme dayanıklılık açısından oldukça kötü bir performans göstermektedir.
2) Bu tür döşeme sistemlerinde kalıp maliyeti düşük, ancak kullanılan malzeme miktarı oldukça fazladır.
3) Kaset döşemeler betonarme döşemeler arasında büyük açıklıkları geçme açısından en elverişli döşeme sistemidir.
4) Yükün büyük olması ya da tekil yük bulunması durumunda dişli döşemeler diğer döşemelere göre daha uygundur.
5) Yapıda zaman zaman duvarların yerlerinin değişmesi gibi durumlarda kaset döşemeler oldukça elverişli döşemelerdir.

6) Dişli döşemeler genellikle dikdörtgen dışındaki plan geometrileri açısından uygun değildir.
7) Dişli döşemeler yapım açısından kirişli döşemeler kadar alışkın olunan döşeme sistemleri değildir.
8) Dişli döşemelerde dolgu malzemesi kullanmanın; kalıp maliyetini azaltmak, ısı ve ses yalıtımını arttırmak, düz bir tavan elde edilmesini sağlamak, sıva masraflarını azaltmak, toz tutan köşeleri ortadan kaldırmak gibi yararlarının yanında; deprem açısından son derece kötü bir performans sergilemek, dolgu malzemesi nedeniyle ek masraf gerektirmek, döşeme ağırlığını arttırmak, döşemede kullanılacak donatı miktarını arttırmak gibi sakıncalı olan tarafları da bulunmaktadır.

2.4 DBYBHY'ğe Göre Çerçeveli, Perdeli ve Kirişsiz Döşemeli Sistemlerin Süneklik Düzeyleri

Betonarme binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri DBYBHY'te **Süneklik Düzeyi Yüksek** ve **Süneklik Düzeyi Normal Sistemler** olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır.

Bu iki sınıftan ayrı olarak bir de Süneklik Düzeyi Karma Olan Sistemler de vardır.

Süneklik Düzeyi Yüksek ve Süneklik Düzeyi Normal ve Süneklik Düzeyi Karma Olan Sistemler hakkında uyulması gereken yapım kuralları DBYBHY'te belirtilmiştir.

DBYBHY'ğe göre bina önem katsayısı (I) 1,5 ve 1,4 olan binalarda Süneklik Düzeyi Normal Sistemler kullanılması yasaktır.

Süneklik Düzeyi Normal olan kolon ve kirişlerle Süneklik Düzeyi Yüksek perdelerin bir arada kullanılmasıyla Süreklik Düzeyi Karma Sistemler meydana gelir.
Şiddetli depremlerde yapının hasar görmemesi için, yapının elastik davranışı oldukça iyi olmalıdır, yani enerjinin tamamı plastik aşamaya geçmeden elastik aşamada sönümlenmelidir. Bunun gerçekleşebilmesi için yapıda son derece büyük kesitler seçilmelidir. Bu ise hiç de ekonomik olmayan bir yapım şeklidir.

Yapıda maliyeti azaltmak, enerjinin bir kısmını plastik aşamada tüketmekle mümkün olacak ve bunun için de yapının sünek bir davranış gösterecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Süneklik, bir malzeme, bir kesit, bir eleman ya da bir yapının taşıma gücünde önemli bir azalma meydana gelmeden tekrarlı yükler etkisinde enerji sönümleyebilme ve deformasyon yapabilme kapasitesine denilmektedir.

2.4.1 Kirişsiz Döşemeli Sistemler

Kirişsiz döşemeli sistemlerin yüksek süneklikte yapılmasına DBYBHY'te izin verilmemektedir. Bu yüzden kirişsiz döşemeli yapılacak olan binalar, ancak normal süneklik düzeyinde veya süneklik düzeyi karma olarak yapılabilirler. Taşıyıcı sistemde perde bulunması durumunda, kirişsiz döşemeli sistem taşıyıcı sistem bakımından süneklik düzeyi normal olarak yapılmış demektir. Bu tür yapılar ancak ve ancak üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde yapılabilirler, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yapılabilmesi için mutlaka taşıyıcı sisteme perdelerin eklenmesi gerekir.

Bununla beraber, bu tür yapıların üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde yapılması için $Hn \leq 25$ m olması şartı vardır.

Eğer yapıda süneklik düzeyi yüksek perdeler varsa, böyle yapıların oluşturulabilmesi için perdelere gelen deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentleri toplamı, binanın tabanında meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden fazla olması gereklidir. ($\alpha_s > 0{,}75$)

Süneklik düzeyi normal perdeler değil de süneklik düzeyi yüksek perdeler kullanılırsa, $\alpha_s \geq 0.40$ olması yeterlidir. Bu durumda yapı süneklik düzeyi karma olarak oluşturulmuş olur.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) süneklik düzeyi normal yapılarda 4'tür. Süneklik düzeyi karma yapılarda ise, aynı yapı için Denk. (2.3) ve Denk.(2.4)'e göre değişiklik gösterir.

2.4.2 Çerçeveli Sistemler

Kolon, kiriş ve perdelerden meydana gelen yapı sistemlerine çerçeveli yapı sistemi denir.

Deprem yüklerinin çerçeveler ve boşluksuz veya bağ kirşli (boşluklu) perdeler tarafından beraber taşındığı yapılar ve deprem yüklerinin tümünün çerçeveler tarafından taşındığı yapılar olmak üzere çerçeveli yapı sistemleri ikiye ayrılır.

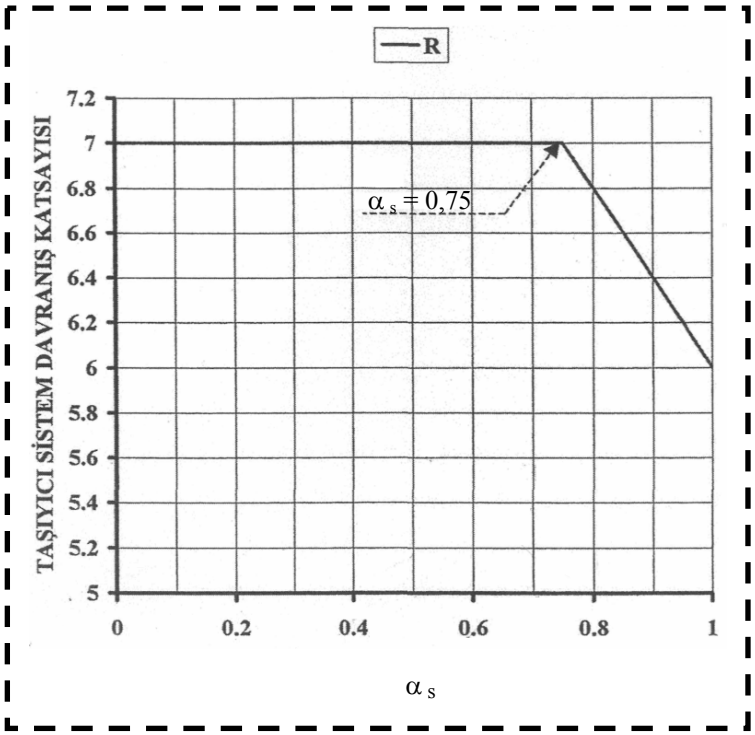
Çerçeveli yapı sistemlerinde taşıyıcı sistemin perde bulundurması durumunda yapının süneklik düzeyi yüksek, normal ya da karma olmak üzere üç farklı şekilde olabilir.

a) Süneklik düzeyi yüksek çerçeveli yapılar:
DBYBHY'te bütün yapılar hakkında herhangi bir kısıtlama göze çarpmamaktadır. Bu tür yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) $\alpha_s < 0,75$ ve $0,75 < \alpha_s < 1.00$ olmasına göre farklılık gösterir.

$$\alpha_s < 0,75 \quad \Rightarrow \quad R = 7 \tag{2.1}$$

$$0,75 < \alpha_s < 1.00 \Rightarrow \quad R = 10 - 4 * \alpha_s \tag{2.2}$$

olur.



Şekil 2.5: Süneklik düzeyi yüksek perdeli – çerçeveli sistemlerde R katsayısının değişimi

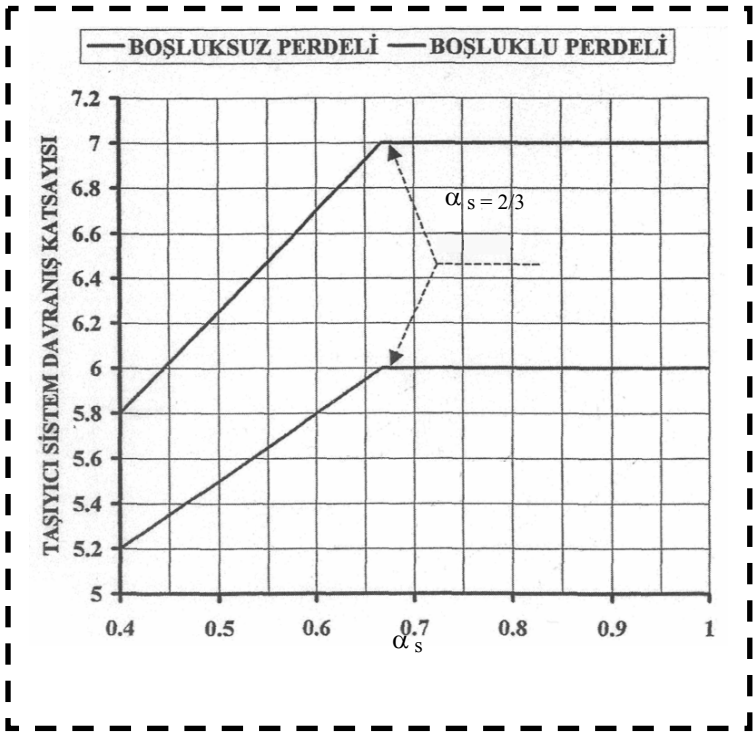
b) Süneklik düzeyi normal çerçeveli yapılar:

Bütün yapıların taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 4'tür. Süneklik düzeyi normal çerçeveli yapılarda kullanılan perde elemanlarının normal sünekliğe sahip olabilmesi için $\alpha_s > 0,75$ şartının sağlanması gereklidir.

Süneklik düzeyi normal kiriş ve kolonların oluşturduğu çerçevelerin süneklik düzeyi yüksek perdelerle beraber kullanılıp süneklik düzeyi bakımından karma yapılar oluşturmaları da olanak dahilindedir. Fakat bunun olabilmesi için $\alpha_s \geq 0,40$ şartının mutlaka sağlanması gereklidir. Bu tür yapıların taşıyıcı sistem davranış katsayısı şu şekilde ifade edilir:

$$0.40 < \alpha_s < 2/3 \text{ ise } R = R_{NÇ} + 1.5 * \alpha_s (R_{YP} - R_{NÇ}) \quad (2.3)$$

$$\alpha_s \geq 2/3 \text{ ise } R = R_{YP} \quad (2.4)$$



Şekil 2.6: Süneklik düzeyi karma sistemlerde R katsayısının α_s değerine bağlı olarak değişmesi

2.4.3 Perdeli Sistemler

Perdeli sistemler taşıyıcı sistemin deprem yüklerinin tümünü boşluksuz ya da bağ kirişli (boşluklu) perdelerin taşınmasına bağlı olarak ikiye ayrılır. Böyle perdeli sistemler hem süneklik düzeyi yüksek hem de normal taşıyıcı sistemlerden oluşturulabilirler.

Bina önem katsayısı I = 1.4 ve I = 1.5 olan binalar süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlerle oluşturulamazlar.

Boşluklu perdeli sistemlerde taşıyıcı sistemin sünekliği yüksek ise taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 7, sistemin sünekliği normal ise R = 4 değerini alır.

Boşluksuz perdeli sistemlerde taşıyıcı sistemin sünekliği yüksek ise R = 6, normal ise R = 4 değerini alır.

DBYBHY'te yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1: Yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri

TAŞIYICI SİSTEM	PERDE	SÜNEKLİK DÜZEYİ	DAVRANIŞ KATSAYISI	KOŞULLAR	
Çerçeveli Sistemler	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	1.^{o} ve 2.^{o} de yapılamaz 3^{o} ve 4^{o} için Hn ≤ 25 m
	Var	Yüksek	6-7*	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	$\alpha_s > 0.75$
		Karma	5.2-7*	$\alpha_s \geq 0.40$	
Dişli (Kaset) Döşemeli Sistemler	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	1.^{o} ve 2.^{o} de yapılamaz 3^{o} ve 4^{o} için Hn ≤ 13 m
	Var	Yüksek	6-7*	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	$\alpha_s > 0.75$
		Karma	5.2-7*	$\alpha_s \geq 0.40$	
Boşluksuz Perdeli Sistemler	Var	Yüksek	6	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	
Boşluklu Perdeli Sistemler	Var	Yüksek	7	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I < 1.4	
Kirişsiz Döşemeli Sistemler	Yok	Normal	4	I < 1.4	1.^{o} ve 2.^{o} de yapılamaz 3^{o} ve 4^{o} için Hn ≤ 13 m
		Normal	4	I < 1.4	$\alpha_s > 0.75$
	Var	Karma	5.2-7*	$\alpha_s \geq 0.40$	

* Denk 2.1 ve Denk. 2.2

** Denk. 2.3 ve Denk. 2.4

3. DÜZENSİZLİK TÜRLERİ

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımdan ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar DBYBHY'te belirtilmiştir.

DBYBHY'te düzensiz yapıların davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizliklerden dolayı deprem kuvvetleri arttırılarak ve ek boyutlama esasları ve konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmiş ve düzensiz yapıların seçiminden caydırma esas alınmıştır.

Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli ölçüde etkilidir. Bu ayırım taşıyıcı sistemin yatay ve düşey kesitlerinin değerlendirilmesiyle yapılır. Sözü edilen düzensizlikler, taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesi için daha fazla kabuller ve belirsizlik getirirken, taşıyıcı sistem elemanlarının daha fazla zorlanmasına sebep olur.

Yukarıdaki sebeplerden dolayı genel olarak yapının mümkün olduğu az düzensizliğe sahip olmasına dikkat edilmelidir.

3.1 Düzensizlik Türleri

Düzensiz yapılar **planda düzensiz olan yapılar** ve **düşeyde düzensiz yapılar** olmak üzere ikiye ayrılır.

Planda ve düşeyde düzensiz yapıların düzensizlik türleri aşağıdaki tablolarda sıralanmıştır.

Tablo 3.1: Planda düzensiz olan yapılar

Düzensizlik	Tanım	Önlem
A-1 Burulma Düzensizliği	Bir katta %5'lik yatay kuvvet dış merkezliği altında öteleme ve burulma sonucu oluşan en büyük relatif yer değiştirmesinin ortalama öteleme yer değiştirmesine oranının 1.2'den büyük olması.	$\eta_{bi} > 1.2$ ise ek dış merkezlik arttırılır.
		$\eta_{bi} > 2.0$ dinamik hesap yapılır.
A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği	Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %33'den fazla boşluk bulunması ($A_b/A > 1/3$)	Deprem yükünün döşemelerden kolon ve perdelere iletildiği hesapla gösterilir.
A-3 Planda Çıkıntı Düzensizliği	Plandaki her iki doğrultudaki çıkıntıların bu doğrultudaki yapı boyutunun %20'sinden fazla olması ($a_x > \ell_x /5$; $a_y > \ell_y /5$	
A-4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Paralel Olmama Düzensizliği	Yatay yükleri taşıyan elemanların, yapıya deprem etkidiğinin kabul edildiği eksenlere paralel olmaması	Dik iki doğrultudaki deprem etkisinden bulunan iç kuvvetler birleştirilir.

Tablo 3.2: Düşeyde düzensiz olan yapılar

Düzensizlik	Tanım	Önlem
B-1 Dayanım (Zayıf Kat) Düzensizliği	Bir katın etkili kesme alanının (kolon+perde+0.15 x kagir duvar alanı) üst katınkine oranının 0.80'den küçük olması (η_{ci} min < 0.80)	$0.60 < \eta_{ci}$ min < 0.80 ise, R katsayısı 1.25 x η_{ci} min ile çarpılarak küçültülür.
		η_{ci} min < 0.60 olmasına izin verilmediği için, kolon ve perde kesitleri artırılarak bu oran büyültülür..
B-2 Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği	Bir katta %5'lik yatay kuvvet dış merkezliği altında oluşan ortalama relatif yer değiştirmenin üst katınkine oranının 2'den fazla olması ($\eta_{ki} > 2$)	Dinamik hesap yapılır.
B-3 Süreksizlik Düzensizliği	Yatay yük taşıyan düşey elemanların alt katlarda devam etmemesi	Kolon konsola oturamaz. Perde kirişe mesnetlenemez.
		Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumunda veya perdenin iki ucunda kolona oturması durumunda iç kuvvet %50 arttırılır.

3.1.1 A-1 Burulma Düzensizliği

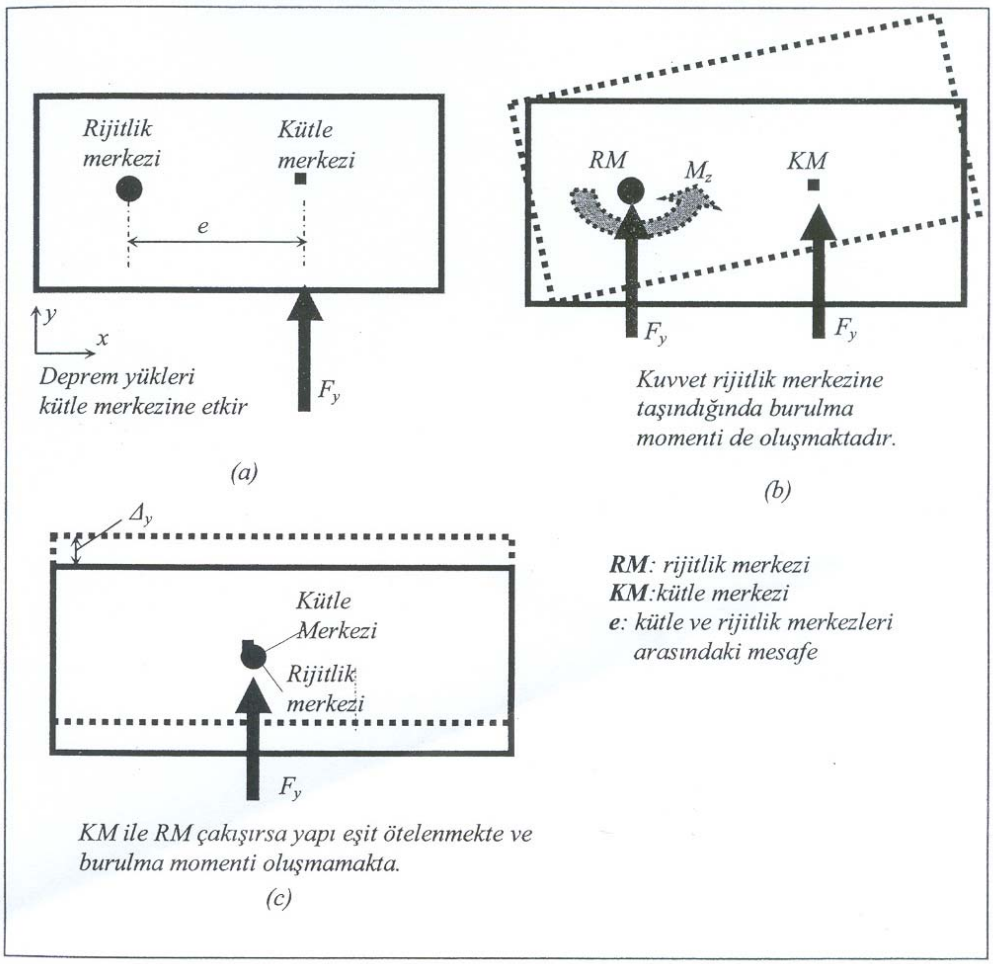
Burulma düzensizliği DBYBHY'te

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i\,max}}{\Delta_{i\,ortalasa}} = \frac{\Delta_{i\,max}}{(\Delta_{i\,max} + \Delta_{i\,min})/2} \quad > 1.2 \text{ olarak formüle edilmiş}$$

ve yapının birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük rölatif yatay kat ötelemesinin ortalama rölatif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanmıştır.

η_{bi} = burulma düzensizlik katsayısı

Depreme maruz kalan bir yapıda burulma oluşmaması için, kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması gerekmektedir. Deprem kuvvetleri kat kütle merkezine etkimektedir. Eğer rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmıyorsa, yapı rijitlik merkezi etrafında dönecektir (Şekil 3.1.a). Çünkü kütle merkezine etkiyen yatay kuvvet rijitlik merkezine taşındığı zaman, rijitlik merkezine F_y kuvvetinin yanında $M_z = F_{ye}$ değerinde bir burulma momenti de etkiyecektir (Şekil 3.1.b). Oysa, deprem yükünün doğrudan rijitlik merkezine etkimesi durumunda, yani kütle ve rijitlik merkezleri çakışması durumunda, yapı kuvvet etkiyen doğrultuda eşit öteleme yapacağından burulma momenti oluşmayacaktır (Şekil 3.1.c).



Şekil 3.1: (a) Deprem yüklerinin kütle merkezine etkimesi (b) Rijitlik merkezi etrafında dönmesi (c) İki merkezin çakışması durumu

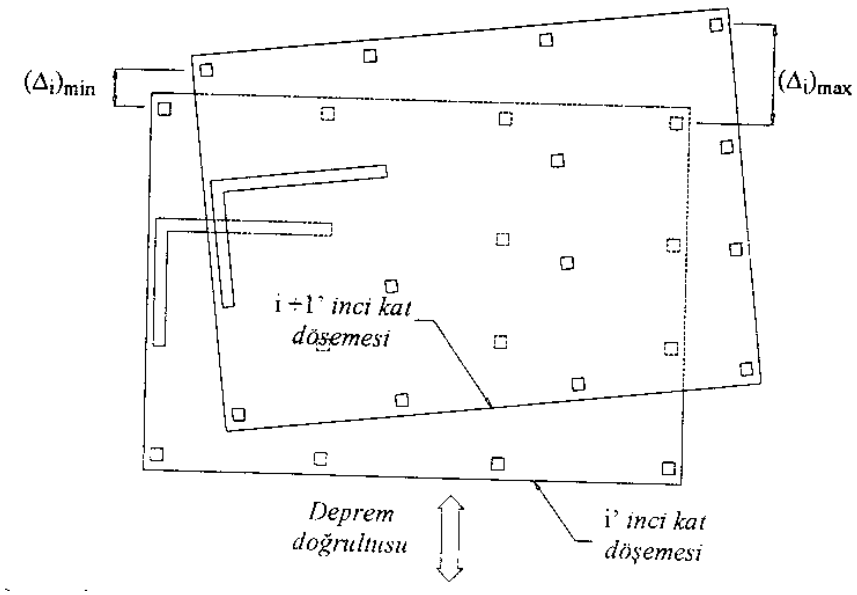
3.1.2 A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2)

I. Merdiven ve asansör boşlukları dahi, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

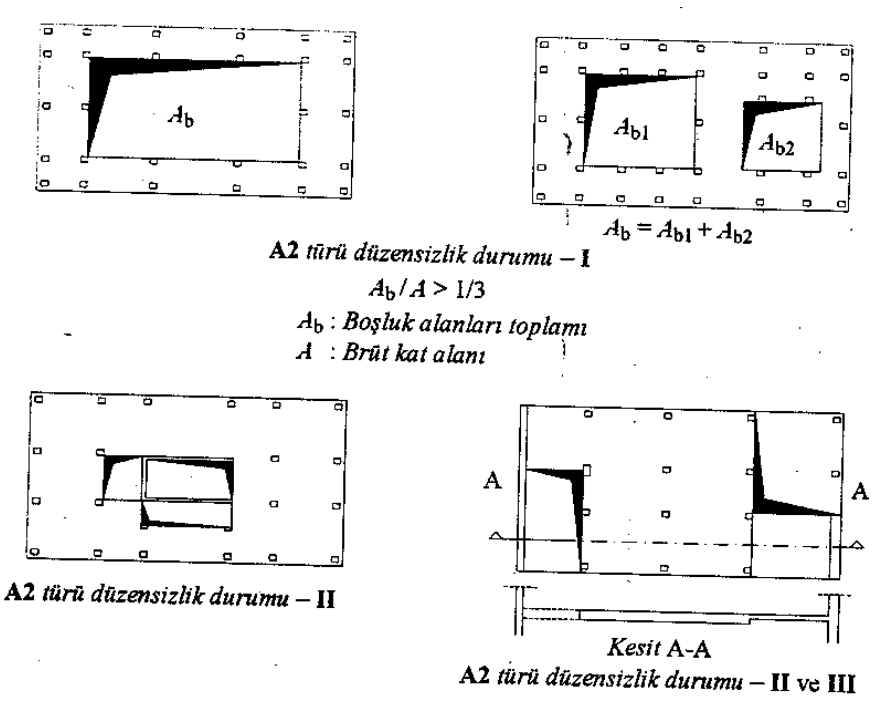
$$(\Delta_i)ort = 1/2[(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

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

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

Şekil 3.2: A-2 düzensizlik durumu



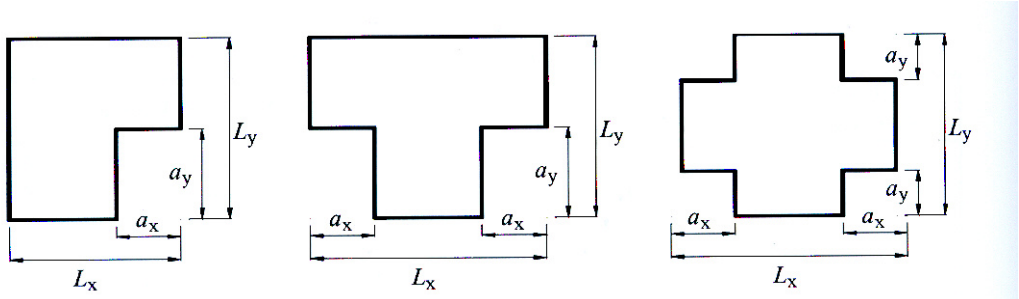
Şekil 3.3: A2 türü düzensizlik durumu

Deprem yönetmeliğine göre birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde kat döşemelerinin kendi düzlemler içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır. Ayrıca döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte, bağımsız statik yer değiştirme bileşeninin hesapta gözönüne alınması öngörülmektedir. Bunun anlamı döşemelerin şekil değiştirmelerini de dikkate alarak ayrıntılı hesap yapılmasıdır.

Bunun için sonlu elemanlar tekniğini kullanan bir programla, döşemenin davranışını temsil edebilecek uygun modelleme yapılarak hesaplar yapılabilir.

3.1.3 A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği

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.



$a_x > 0.2L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2Ly$

Şekil 3.4: A-3 türü düzensizlik durumu

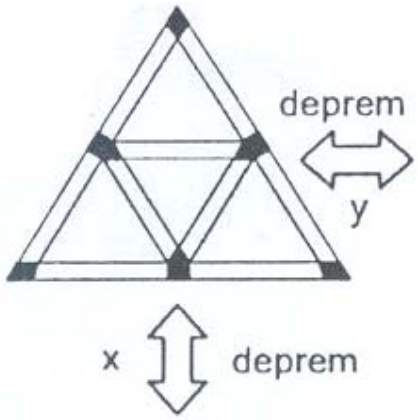
3.1.4 A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması, taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 3.5). Genellikle binalarda taşıyıcı sistem elemanları birbirine dik iki doğrultuda yerleştirilerek

Ortogonal Taşıyıcı Sistemler düzenlenir. Bu tür sistemlerde, deprem yüklerinin iki asal doğrultuda ayrı ayrı, birbirinden bağımsız olarak etkidiği kabul edilerek çözümleme yapılır. Bu durumda döşeme ve kiriş gibi elemanlar sürekli olduklarından, kesme kuvveti ve eğilme momenti gibi kesit etkileri dengeli biçimde dağılır. Kiriş, kolon ve perde gibi elemanlarda ek olarak ortaya çıkan burulma etkileri önemli değerlere ulaşmaz. Depremin herhangi bir doğrultuda etkimesi durumu, iki asal doğrultuya göre daha az elverişsiz olduğu için gözönüne alınmaz. Taşıyıcı sistemde birbirine dik iki asal doğrultunun bulunmaması bir düzensizlik nedenidir. Bu tür düzensiz taşıyıcı sistemlerde, deprem etkisinde elemanlardaki asal etkiler artar ve ek burulma meydana gelirken, ikinci doğrultuda da kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur. Sistemde belirli asal doğrular bulunmadığı için, depremin seçilen x ve y doğrultularında ayrı ayrı etkidiği kabul edilir ve daha sonra bu iki çözümleme, elverişsiz etkinin elde edilmesi için

$$B = \pm B_x \pm 0.30\, B_y \qquad\qquad B = \pm B_y \pm 0.30\, B_x$$

şeklinde birleştirilerek, kesit hesaplarında kullanılacak değerler bulunur.



Şekil 3.5: A-4 türü düzensizlik durumu

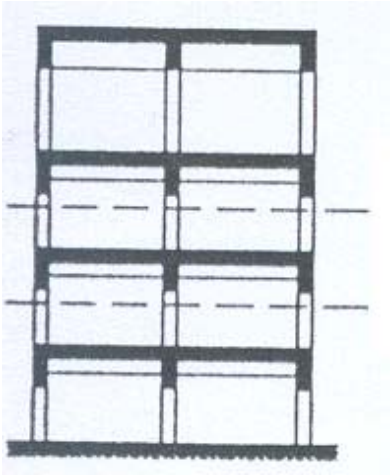
3.1.5 B-1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

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

$[\eta_{ci}(\Sigma Ae)_i /(\Sigma Ae)_{i+1} 0.80]$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15\,\Sigma A_k$$



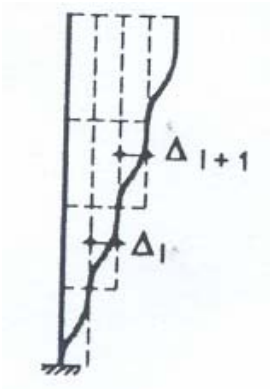
ΣA_e = kolon + perde +0.15 kagir duvar kesit alanı

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

Şekil 3.6: B-1 düzensizliği

3.1.6 B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizlik Katsayısı η_{ci}'nin 2.0'den fazla olması durumu

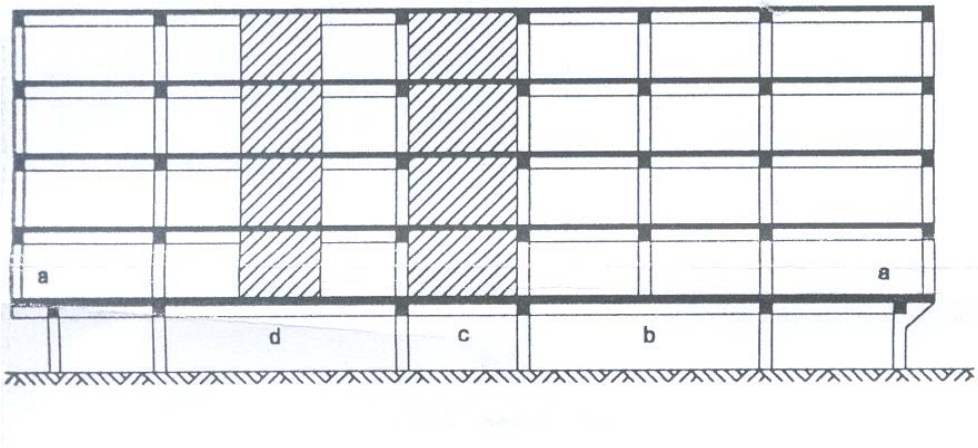


$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} /(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2 \text{ veya } \eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} /(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2$$

Şekil 3.7: B-2 düzensizliği

3.1.7 B-3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: B-3 düzensizliği

4. KAT DÖŞEMELERİNİN RİJİT DİYAFRAM OLARAK VEYA DÖŞEME ESNEKLİĞİ İLE MODELLENMESİ

4.1. Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi

Döşemeler genellikle kendi düzlemleri içinde rijit olarak kabul edilirler. Genel olarak döşemelerin mesnetleri rijit olarak düşünülürler ve çerçevelerden, perdelerden bağımsız boyutlandırılırlar. Dinamik yüklerin yapının taşıyıcı elemanlarına aktarılmasında döşemelerin rolü oldukça büyüktür. Döşemeler kendi düzlemleri içinde bulunan yükleri taşıyıcı sisteme verimli bir şeklide aktarabilmeleri bu dinamik etkiler altında elastik sınırlar içinde kalmalarına ve yeterli dayanıma sahip olmalarına bağlıdır. Döşemelerde düğüm noktaları tanımlanırken, bu düğüm noktalarının her kat düzleminde düzlemin içinde iki ve düzleme dik eksen etrafında bir dönme bileşeni olmak üzere üç serbestlik derecesi olduğu gözönüne alınır.

Binalardaki döşemelerin rijit diyafram kabulü ile modellenmesi için, öncelikle döşemeleri modellenecek olan binanın yeterli rijitlikte olması gereklidir. Genel olarak bu türdeki binalarda çözümleme yapabilmek için deprem hareketinin düşey bileşeninin gözardı edilmesi, yapının kitleleri ve atalet momentlerinin döşemelere karşılık gelen serbestlik derecelerinde toplanmış kabul edilmesi, kat döşemelerinin iki yatay ötelenme ve bir düşey eksen etrafında dönmek olmak üzere üç serbestlik derecesine sahip olduğunun düşünülmesi, düğüm noktasının düşey eksen doğrultusunda yaptığı ötelemeye karşılık gelen yatay eksen etrafındaki dönmenin ve atalet kuvvetlerinin atalet momentlerinin çok küçük mertebelerde olmasından dolayı ihmal edilmesi gibi kabuller yapılır. Daha önce de bahsedildiği gibi döşemelerdeki düğüm noktalarının 3 serbestlik derecesi vardır ve rijit cisim hareketini temsil eden 3x3'lük dönüşüm matrisi, düğüm noktalarının 3 serbestlik derecesini birbiri ile ilişkilendirmek için kullanılır.

4.2. Kat Döşemelerinin Döşeme Esnekliği İle Modellenmesi:

Kat döşemelerinin döşeme esnekliği ile modellenmesi, Elastik Plak Teorisi'ne dayanmaktadır.

Özellikle döşemenin mesnet koşullarının farklı olması döşemenin matematik olarak modellenmesinde zorluklar yaratmakta ve Elastik Plak Teorisi ile çözümlemede sorunlar çıkmasına sebep olmaktadır. Aslında sorun zor matematiksel ifadeleri kolayca hesaplamamıza değil, esnek döşeme modelinin dayanmış olduğu ve Elastik Plak Teorisi'ne temel olan elastik davranış biçimi kabulüdür.

Döşemeler gerçekte tam olarak elastik davranmadığından, Elastik Plak Teorisi'ne dayanan esnek modelle çözüm son derece gelişmiş teknoloji ürünü olan bilgisayarlarda sonlu eleman temeline dayanan bilgisayar programlarıyla yapılmasına rağmen, gerçek değerlerden oldukça farklı sonuçlar verebilmektedir.

4.3. Rijit Diyafram Modeliyle Esnek Döşeme Modelinin Karşılaştırılması

Döşemelerin binalardaki yeri genelde dinamik yüklerin bulunduğu ve sabit yüklerin yoğun olduğu yerler olduğundan dolayı, deprem yüklerinin meydana geldiği ve binanın taşıyıcı sistemine iletildiği bölgeler oldukları kabul edilir. Bu yükler kolon ve perdelere iletilirken, döşemeler kendi düzlemi içinde hareket ederler. Genel olarak döşemeler kendi düzlem içinde rijit olarak kabul edildiklerinden, sabit yük ve deprem yükünün taşıyıcı sisteme güvenle ve verimli bir şekilde aktarılması bu elemanların rijitliğine bağlı olmaktadır.

Bu durumda döşemenin kendi düzlemi içinde şekil değiştirmesi diğer elemanların yanında çok küçük mertebelerde kaldığından ihmal edilir.

Döşeme sisteminin oldukça büyük şekil değiştirmeler yapabilmesi kabulüne Elastik Teori denir ve bu teori döşemelerin esnek kabul edilerek çözümlenmesine temel olan bir teoridir, ancak betonarmenin gerçek davranışının elastik olmaması ve bu gerçeğe çok yakın olmayan davranış kabulünün bizi yanlış yönlendirebilecek matematiksel ifadeler üretmemize neden olmasından dolayı, gerçeğe daha yakın ve daha sağlıklı sonuçlar elde etmemize yardımcı olan rijit diyafram kabulü bizi daha sağlıklı sonuçlara götürmektedir.

5. ÇOK KATLI BETONARME BİR BİNADA ÇÖZÜME ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İRDELENMESİ

Yapılardaki farklı tasarım çeşitleri sayesinde yapıların daha ekonomik olmasının yanı sıra yapıya etki edecek olan yatay ve düşey yüklerin bina tarafından karşılanması esnasında yapının bu yüklere daha sağlıklı bir şekilde yanıt vermesi sağlanabilir.

Çok katlı yapılarda farklı döşeme sistemlerinin kullanılması ile yapıların yatay yükler altında davranışları oldukça değişkenlik gösterir.

Bu kısımda örnek olarak seçilen çok katlı betonarme bir binanın üç farklı döşeme sistemi (1. Kirişsiz Döşemeye sahip bina, 2. Dişli Döşemeye sahip bina, 3. Kirişli Plak döşemeye sahip bina) ile ve her bir döşeme sisteminin 10 – 15 – 20 ve 25 katlı olarak, aynı zamanda 4 farklı zemin türünde ve 4 farklı deprem bölgesindeki x ve y doğrultusu spektrum değerleri, taban kesme kuvveti değerleri, 1. doğal periyotları ve α_S değeri değişim diyagramları gözönüne sunulmaktadır.

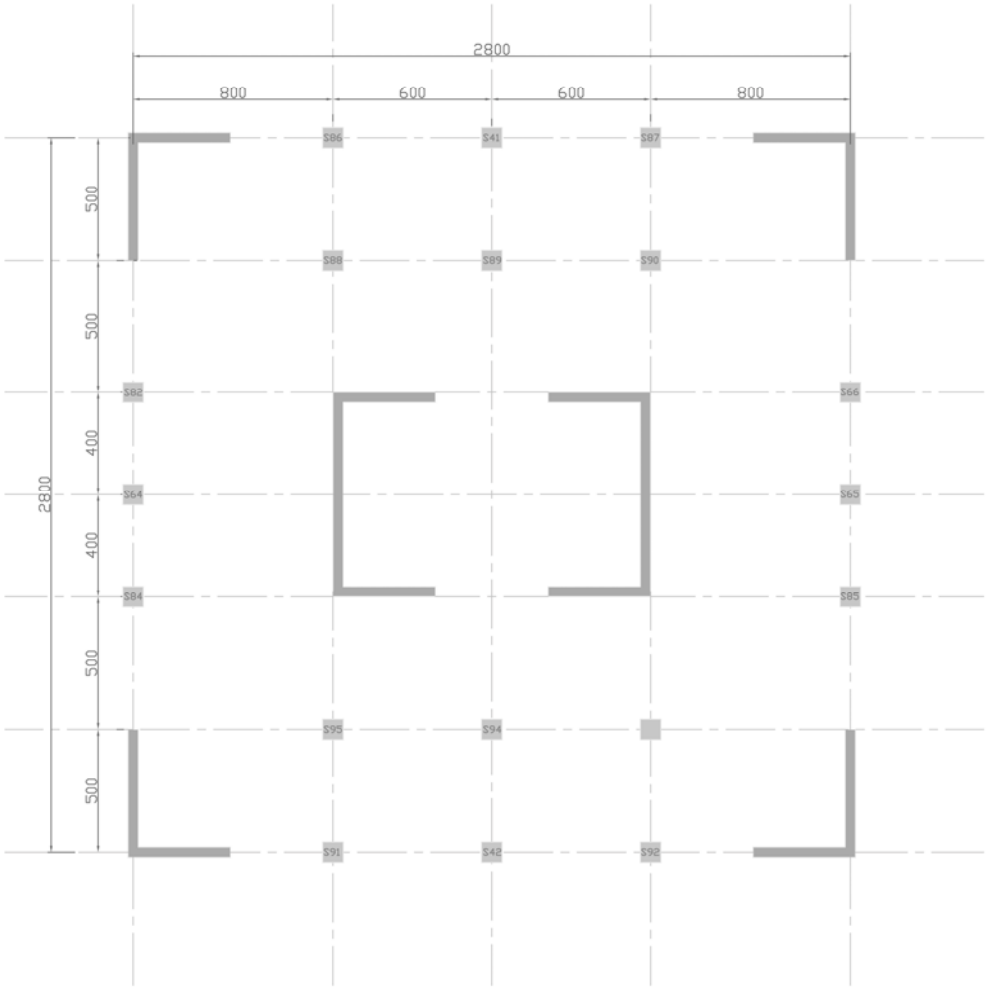
Örnek olarak seçilen ve incelenecek olan binanın genel karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

- Bina, Zemin Kat ve 1-25 Normal Kat'tan oluşmak üzere 10-15-20-25 katlı olarak incelenecektir.
- Yapı, 28x28 = 784.00 m^2 oturma alanına sahip olup, planı karedir.
- Bina işyeri amaçlı ve katlarda büro alanları oluşturulabilecek biçimde tasarlanmıştır.
- Projede öngörülen malzeme C40 (BS40) ve St420 (BÇ IIIa) dır.
- Yapının taşıyıcı sisteminde, düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonlar dikdörtgen, perdeler ise poligon şeklinde oluşturulmuştur. Kirişli plak döşemeli ve dişli döşemeye sahip tasarımlarda, kirişler yönetmeliklerin gerektirdiği şartları sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.
- Binanın tüm kat yükseklikleri 3.20 m. olarak tasarlanmıştır.

- Yapı 4 farklı deprem bölgesi ve 4 farklı zemin türünde ayrı ayrı incelenecektir.
- Yapının her türlü analizi ETABS programı kullanılarak yapılmıştır.

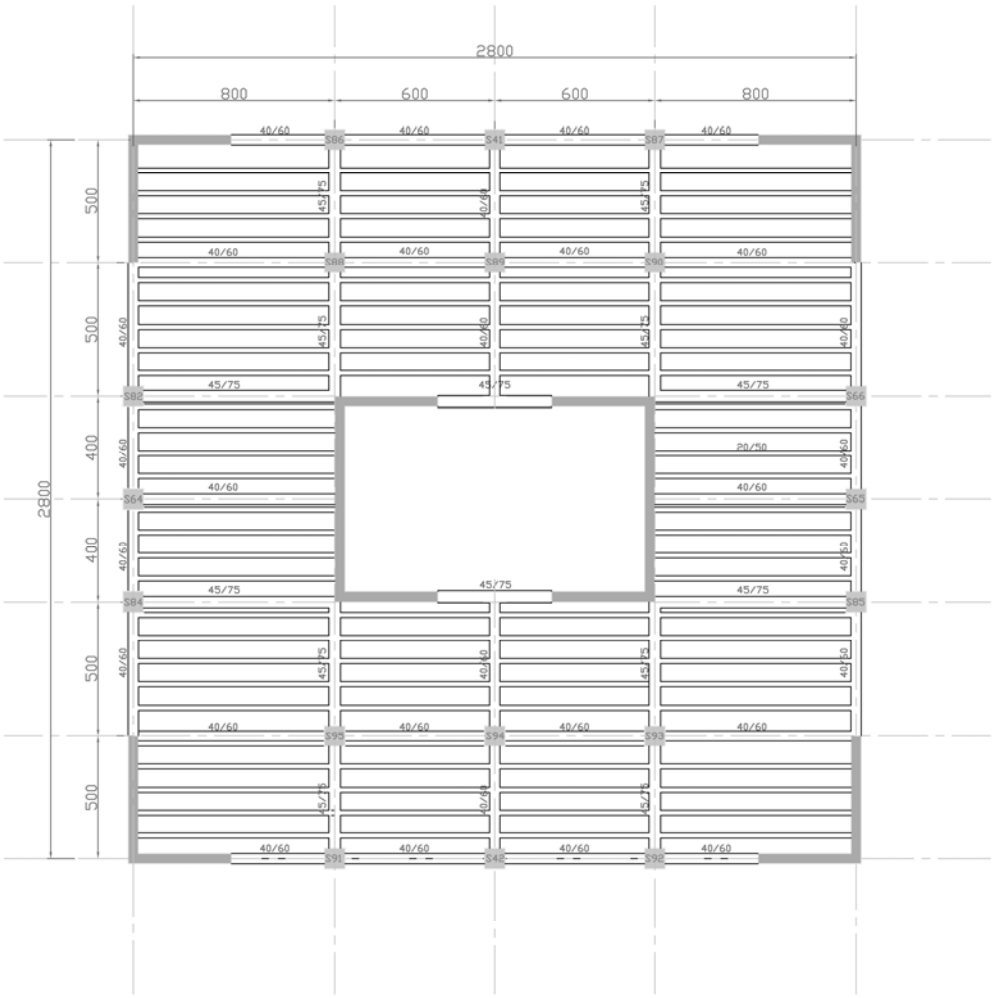
Bina değişik tasarımlar şeklinde inceleneceği için, bu tasarımların isimlendirilmesi uygun görülmüştür. Böylece yapı;

- (Bina-1): Kirişsiz Döşemeli
- (Bina-2): Dişli Döşemeli
- (Bina-3): Kirişli Plak Döşemeli olarak üç farklı şekilde incelenecektir.



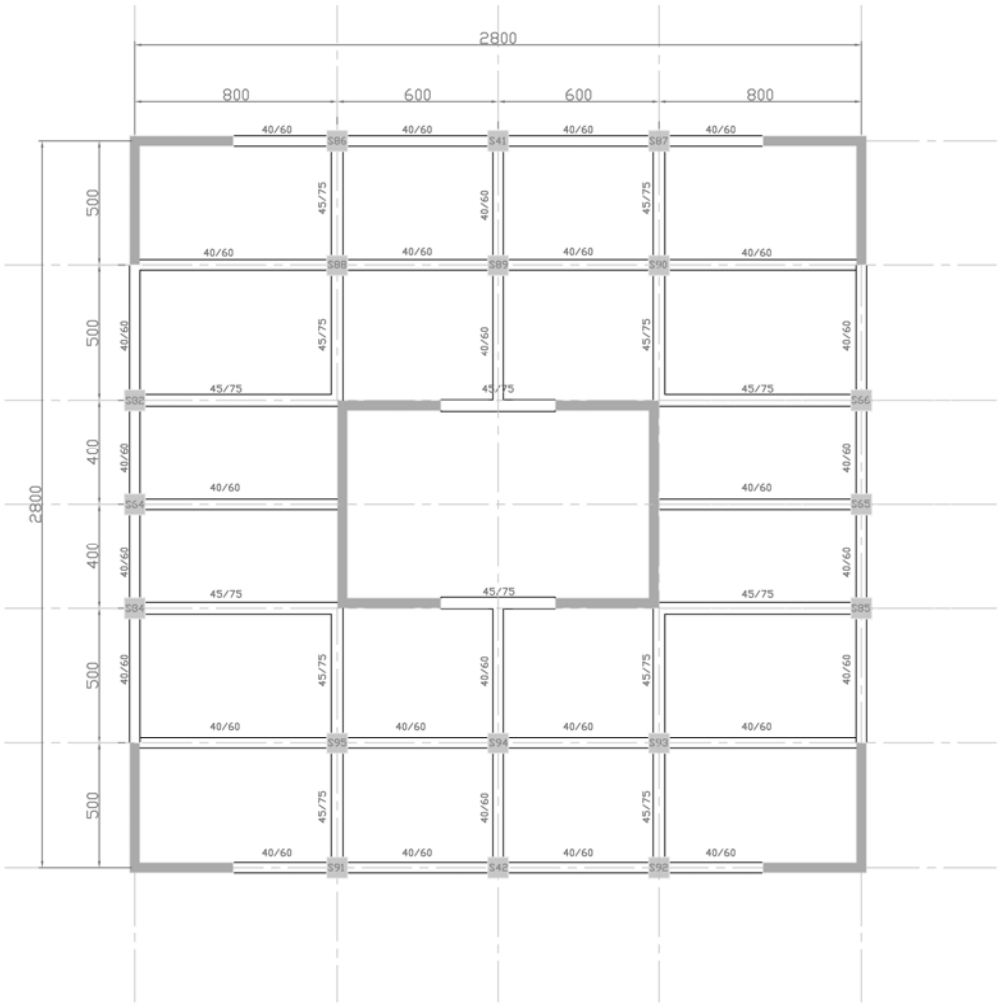
Şekil 5.1. Bina-1 normal kat kalıp planı

Yukarıda görülen şekilde kirişsiz döşeme sistemi kullanılarak yapılan binanın normal kat kalıp planı görülmektedir.Birimler (cm) cinsindendir.



Şekil 5.2. Bina-2 normal kat kalıp planı

Yukarıda görülen şekilde dişli döşeme sistemi kullanılarak yapılan binanın normal kat kalıp planı görülmektedir.Birimler (cm) cinsindendir.



Şekil 5.3. Bina-3 normal kat kalıp planı

Yukarıda görülen şekilde dişli döşeme sistemi kullanılarak yapılan binanın normal kat kalıp planı görülmektedir.Birimler (cm) cinsindendir.

Bina-1, Bina-2, Bina-3'e ait ETABS proramından alınan (renkli) Normal Kat Kalıp Planları ve 25 katlı modellere ait 1. mod şekilleri Ekler bölümünde Şekil A.1, A.2 , A.3, A.4, A.5, A.6'da verilmiştir.Ayrıca Bina ağırlık ve periyotları Ekler bölümünde Tablo.A.1 de verilmiştir.

Hesap Yüklerinin Bulunması

Yapı analizinde gözönüne alınan yük değerleri TS 498'den alınmıştır. Katlarda döşeme yüklerinin birbirinden farklı olmasından dolayı, döşeme yükleri Zemin Kat, Normal Kat ve Çatı Katı olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hesap yüklerinin doğru olarak belirlenebilmesi için, sistemlerdeki döşeme özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bina-1 Döşeme Yüklerinin Bulunması

"Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları" olan TS-500'de, iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı için şartlar belirtilmiştir.

$$\text{minhf} = \ell n \ /30 \text{ ve minhf} = 180 \text{ mm}$$

TS-500'e göre kirişsiz döşeme kalınlığı, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir. Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki genişliği, aynı doğrultudaki eksen açıklığının 1/20'sinden ve 300 mm'den az olmamalıdır.

Bina-1'deki maksimum eksen açıklığı 8.00 m'dir. Denk. 5.3'e göre 8.00/30 = 0,266 mm olduğundan, döşeme kalınlığı hf = 300 mm olarak seçilecektir. Ayrıca sistemdeki kolon boyutları, 8000/20 = 400 mm olduğundan 500 mm'den daha küçük seçilmeyecektir.

Zemin Kat Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0 = 0{,}22$ kN/m^2
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0 = 1.10$ kN/m^2
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0 = 0{,}40$ kN/m^2
- Duvar yükü $= 5.00$ kN/m^2
- Giydirme cephe ağırlığı $= \underline{0{,}62 \text{ kN/m}^2}$

$g = 7{,}34$ kN/m^2

$q = 5.00$ kN/m^2

Normal Katlarda Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0$ = 0,22 kN/m^2
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0$ = 1.10 kN/m^2
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0$ = 0,40 kN/m^2
- Duvar yükü = 5.00 kN/m^2
- Giydirme cephe ağırlığı = 0,62 kN/m^2

g = 7,34 kN/m^2

q = 3.50 kN/m^2

Çatı Katı Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0$ = 0,22 kN/m^2
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0$ = 1.10 kN/m^2
- 5 cm Isı ve Ses İzolasyonu $0.05 * 1{,}50$ = 0,08 kN/m^2
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0$ = 0,40 kN/m^2
- Duvar yükü = 5.00 kN/m^2
- Giydirme cephe ağırlığı = 0,62 kN/m^2

g = 7,42 kN/m^2

q = 2.00 kN/m^2

Diğer Yükler :

Merdiven Yükü: g = 0,67 kN/m^2

q = 0,42 kN/m^2

Merdiven yükü çekirdek perdelerine uygulanmıştır.

Bina-2 Döşeme Yüklerinin Bulunması

Bina-2'de bir yönde çalışan dişli döşemelerin boyutlandırılması TS-500'e göre yapılmıştır. Böylece dişlerin boyutları 20/50 olarak belirlenmiştir. Kirişlerin tablasını oluşturacak plak kalınlığı da 10 cm olarak belirlenmiştir.

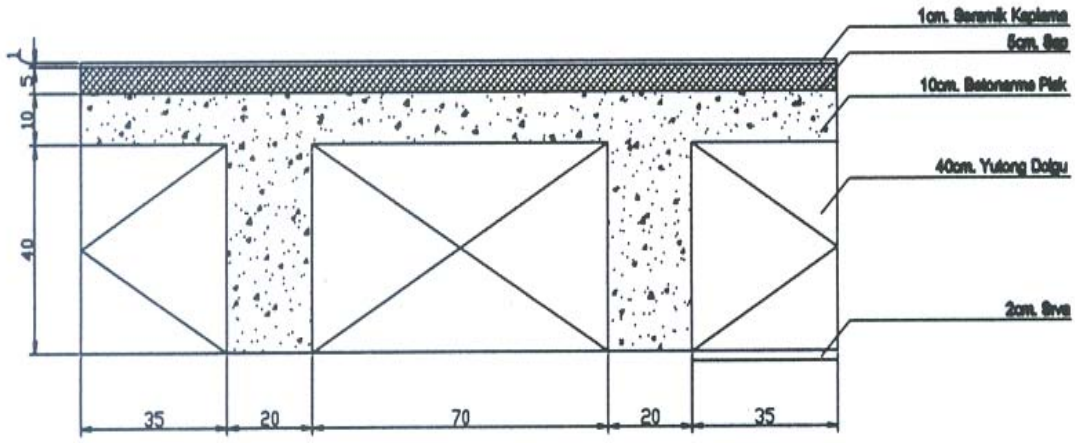
Zemin Kat Yük Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0$ = 0,22 kN/m^2

- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0$ = 1.10 kN/m^2
- Duvar yükü = 5,00 kN/m^2
- 70 cm Ytong Dolgu $0{,}40 * 0.70 * 6/0{,}90$ = 1,87 kN/m^2
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0$ = 0.40 kN/m^2
- Giydirme cephe ağırlığı = 0,62 kN/m^2

g = 9,21 kN/m^2

q = 5.00 kN/m^2



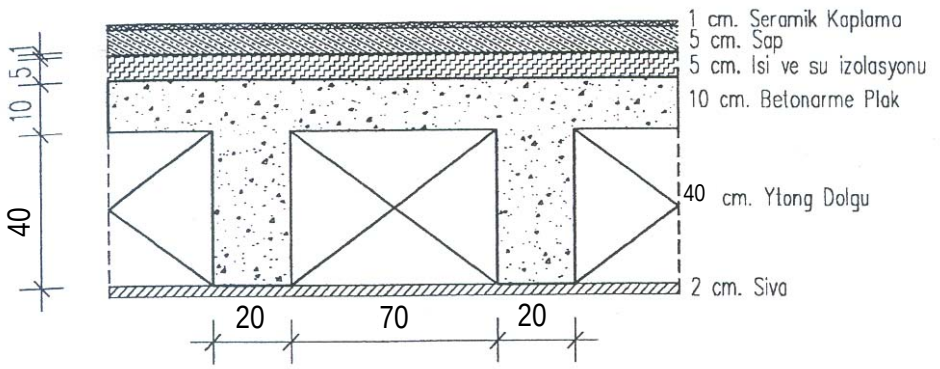
Şekil 5.4: Bina-2 Normal Kat Kesiti

Normal Katlar Yük Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0$ = 0,22 kN/m^2
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0$ = 1,10 kN/m^2
- Duvar yükü = 5,00 kN/m^2
- 70 cm Ytong Dolgu $0{,}40 * 0.70 * 6/0{,}90$ = 1,87 kN/m^2
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0$ = 0,40 kN/m^2
- Giydirme cephe ağırlığı = 0,62 kN/m^2

g = 9,21 kN/m^2

q = 3,50 kN/m^2



Şekil 5.5: Bina-2 Çatı Katı Kesit

Çatı Katı Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0 = 0{,}22\ kN/m^2$
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0 = 1{,}10\ kN/m^2$
- 5 cm Isı ve Ses İzolasyonu $0{,}05 * 1{,}50 = 0{,}08\ kN/m^2$
- Duvar Yükü $= 5.00\ kN/m^2$
- 70 cm Ytong Dolgu $0{,}40 * 0.70 * 6/0{,}90 = 1{,}87\ kN/m^2$
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0 = 0{,}40\ kN/m^2$
- Giydirme cephe ağırlığı $= \underline{0{,}62\ kN/m^2}$

$g = 9{,}29 kN/m^2$

$q = 3{,}50\ kN/m^2$

Bina-3 Döşeme Yüklerinin Bulunması:

"Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuraları" olan TS-500 çift ve tek doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlıklarının sağlaması gereken sehim şartları belirtilmiştir. Bu nedenle döşeme kalınlığının belirlenmesi için bütün döşemeler çift doğrulturda çalıştığından dolayı,

$$minhf = \ell n / 30$$

kuralı Bina-3 için uygundur. En geniş açıklık 5 cm olduğundan, döşeme kalınlığı 5/30 = 0,166 olduğundan 17 cm seçilecektir.

İmalatın kolay olması açısından tüm döşemelerde aynı döşeme kalınlığı kullanılmıştır.

Zemin Kat Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0 = 0{,}22\ kN/m^2$
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0 = 1{,}10\ kN/m^2$
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0 = 0{,}40\ kN/m^2$
- Duvar Yükü $= 5.00\ kN/m^2$
- Giydirme cephe ağırlığı $= \underline{0{,}62\ kN/m^2}$

$g = 7{,}34 kN/m^2$

$q = 5{,}00\ kN/m^2$

Normal Katlar Kaplama Yükü Analizleri:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0 = 0{,}22\ kN/m^2$
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0 = 1{,}10\ kN/m^2$
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0 = 0{,}40\ kN/m^2$
- Duvar Yükü $= 5.00\ kN/m^2$
- Giydirme cephe ağırlığı $= \underline{0{,}62\ kN/m^2}$

$g = 7{,}34\ kN/m^2$

$q = 3{,}50\ kN/m^2$

Çatı Kaplama Yükü Analizi:

- 1 cm Seramik Karo $0{,}01 * 22.0 = 0{,}22\ kN/m^2$
- 5 cm Şap $0{,}05 * 22.0 = 1{,}10\ kN/m^2$
- 5 cm Isı ve Ses İzolasyonu $0{,}05 * 1{,}50 = 0{,}08\ kN/m^2$
- 2 cm Sıva $0{,}02 * 20.0 = 0{,}40\ kN/m^2$
- Duvar Yükü $= 5.00\ kN/m^2$
- Giydirme cephe ağırlığı $= \underline{0{,}62\ kN/m^2}$

$g = 7{,}42\ kN/m^2$

$q = 2{,}00\ kN/m^2$

Kolonların Boyutlandırılması

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 tasarımlarına ait 10-25 katlı çözümlerin her biri için kolon boyutlandırılması ayrı ayrı yapılmıştır. Örnek olması amacı ile bina ağırlığı (W) en

fazla olan Bina-2'ye ait 25 katlı çözümün kolonlarının boyutlandırılması anlatılacaktır.

Kolonlar boyutlandırılırken ilk olarak üzerlerine gelen düşey yükler ölü ve hareketli olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bu yüklerin hesaplanmasında alınan yük değerleri aşağıda çıkarılmıştır.

Döşemeler:	Zemin Kat	g = 9,21 kN/m2	q = 5.00 kN/m2
	Normal Katlar	g = 9,21 kN/m^2	q = 3,50 kN/m^2
	Çatı Katı	g = 9,29 kN/m^2	q = 2,00 kN/m^2
	Duvarlar	g = 5,00 kN/m^2	
	Giydirme cephe	g = 0,62 kN/m^2	

Döşemelerden kolonlara gelen yükler, kolon etki alanında bulunan döşeme alanının ağırlığı hesaplanarak, kirişlerden kolonlara gelen yükler kolon etki alanında bulunan kirişlerin ağırlıkları hesaplanarak bulunmuştur.

Kolonların Düşey Yüklere Göre Ön Boyutlarının Belirlenmesi

Üzerlerine gelen yükler belirlenecek olan kolonların taşıdıkları toplam normal kuvvetler ve kolonların en kesit boyutları bu bölümde hesaplanmıştır.

Bu hesaplar yapılırken; DBYBHY'de bulunan kolonlarla ilgili "En Kesit Koşulları"ndan faydalanmıştır.

En Kesit Koşulları: Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve en kesit alanı 75000 mm^2'den az olmayacaktır. Kolonun brüt en kesit alanı N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere $Ac \geq N_{dm} / (0{,}50\ fck)$ koşulunu sağlayacaktır.

Yukarıdaki en kesit koşullarına uyularak Bina-2'nin tabanında meydana gelen en büyük normal kuvvete göre kolon boyutları belirlenmiştir.

Tablo 5.1: Bina-1, Bina-2, Bina-3 Kat sayısına göre kolon boyutları

KAT	25	20	15	10
25	70x70			
24	70x70			
23	70x70			
22	70x70			
21	70x70			
20	80x80	70x70		
19	80x80	70x70		
18	80x80	70x70		
17	80x80	70x70		
16	80x80	80x80		
15	90x90	80x80	70x70	
14	90x90	80x80	70x70	
13	90x90	80x80	70x70	
12	90x90	80x80	70x70	
11	90x90	80x80	70x70	
10	100x100	90x90	80x80	70x70
9	100x100	90x90	80x80	70x70
8	100x100	90x90	80x80	70x70
7	100x100	90x90	80x80	70x70
6	100x100	90x90	80x80	70x70
5	110x110	100x100	90x90	80x80
4	110x110	100x100	90x90	80x80
3	110x110	100x100	90x90	80x80
2	110x110	100x100	90x90	80x80
1	110x110	100x100	90x90	80x80

Perde Boyutlarının Belirlenmesi

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'ün perde duvarlarının boyutlandırılması yapılırken, DBYBHY'te belirtilen "Süneklik Düzeyi Yüksek Perdelerin Enkesit Koşulları"ndan faydalanılmıştır.

Bu koşullardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır.
- Gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Tablo 5.2 Bina-1,Bina-2,Bina-3 Kat sayısına göre perde boyutları(cm)

KAT SAYISI	PERDE İSMİ											
	P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8				P9,P10				P11,P12,P13,P14			
	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10
25	40x400				40X80				40X500			
24	40x400				40X80				40X500			
23	40x400				40X800				40X500			
22	40x400				40X800				40X500			
21	40x400				40X800				40X500			
20	40x400	40x400			40x400	40X800			40X500	40X500		
19	40x400	40x400			40x400	40X800			40X500	40X500		
18	40x400	40x400			40x400	40X800			40X500	40X500		
17	40x400	40x400			40x400	40X800			40X500	40X500		
16	40x400	40x400	40x400		40x400	40X800	40X800		40X500	40X500	40X500	
15	40x400	40x400	40x400		40x400	40X800	40X800		40X500	40X500	40X500	
14	40x400	40x400	40x400		40x400	40X800	40X800		40X500	40X500	40X500	
13	40x400	40x400	40x400		40x400	40X800	40X800		40X500	40X500	40X500	
12	40x400	40x400	40x400		40x400	40X800	40X800		40X500	40X500	40X500	
11	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
10	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
9	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
8	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
7	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
6	40x400	40x400	40x400	40x400	40x400	40X800	40X800	40X800	40X500	40X500	40X500	40X500
5	45x400	40x400	40x400	40x400	45X800	40X800	40X800	40X800	45X500	40X500	40X500	40X500
4	45x400	40x400	40x400	40x400	45X800	40X800	40X800	40X800	45X500	40X500	40X500	40X500
3	45x400	40x400	40x400	40x400	45X800	40X800	40X800	40X800	45X500	40X500	40X500	40X500
2	45x400	40x400	40x400	40x400	45X800	40X800	40X800	40X800	45X500	40X500	40X500	40X500
1	45x400	40x400	40x400	40x400	45X800	40X800	40X800	40X800	45X500	40X500	40X500	40X500

Kiriş Boyutlarının Belirlenmesi

Kiriş boyutları belirlenirken "TS 500"de belirtilmiş olan "Eğilme Elemanlarının Boyutları İle İlgili Koşullar" gözönüne alınmıştır.

Bu koşullar aşağıda açıklanmıştır.

Hesap eksenel basınç değeri aşağıdaki sınırı aşmayan elemanlar, eğilme elemanları olarak tanımlanmıştır.

$$N_d \leq 0{,}1 \text{ fck Ac}$$

Kiriş toplam yüksekliği 300 mm'den ve döşeme kalınlığının üç katından daha küçük olamaz. Kiriş gövde genişliği 200 mm'den az, kiriş toplam yüksekliği ile kolon genişliği toplamından fazla olamaz.

Dişli Döşeme dişleri, çerçeve kirişi olmayan ikincil kirişler, öngerilmeli ve önüretimli kirişler, kiriş boyutlarıyla ilgili yukarıdaki koşullara uymak zorunda değildir.

Kirişlerde net beton örtüsü, özel yapılar dışında, dıştaki elemanlarda 25 mm'den, içteki elemanlarda 20 mm'den az olmamalıdır. Elverişsiz çevre koşulları durumunda ve daha fazla yangın güvenliği gerektiren durumlarda bu değerler arttırılmalıdır.

Tablo 5.3: Bina-1, Bina-2, Bina-3 Kiriş Boyutları

B70	B71	B72	B107	40/60
B78	B79	B80	B81	40/60
B114	B115	B89	B90	40/60
B91	B92	B98	B99	40/60
B100	B101	B110	B111	40/60
B77	B110	B111	B85	40/60
B86	B87	B88	B93	40/60
B94	B95			40/60
B74	B75	B82	B83	45/75
B76	B108	B84	B96	45/75
B97	B102	B104	B105	45/75
B106				45/75

Kolon, kiriş ve perdelerin yer ve isimleri Ekler Bölümünde Şekil A.7'de gösterilmiştir.

Kirişsiz Döşemelerde Zımbalama Etkisi

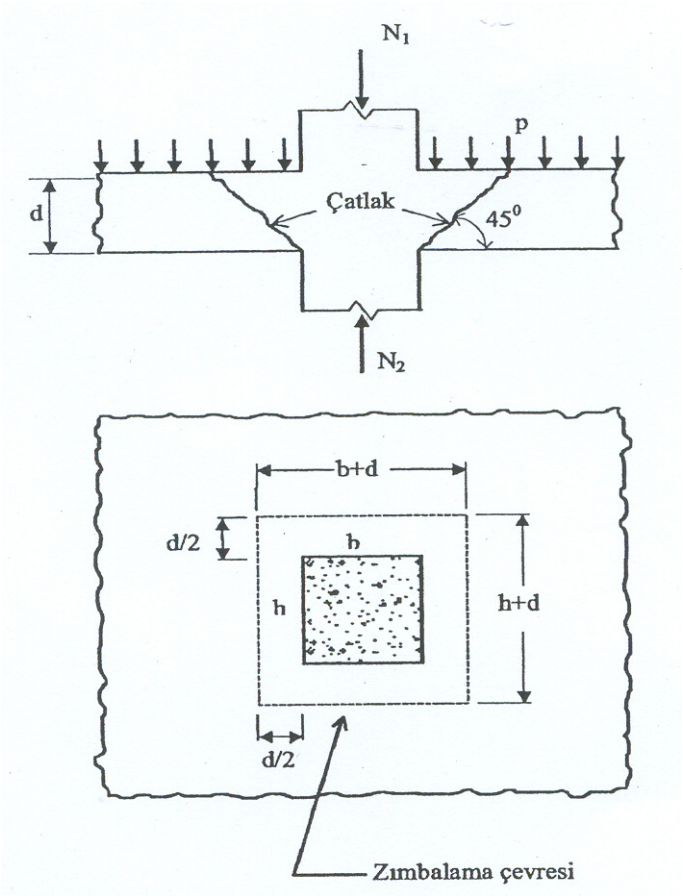
"Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" olan TS-500'de zımbalama dayanımı (Şekil 5.6) Vpr Denk 5.10 ile tarif edilmiştir.

$$Vpr = \gamma\ fctd * Up * d \tag{6.1}$$

γ eksenel yükleme durumunda 1.00 alınacaktır. TS-500'de zımbalama kuvveti Vpd'nin Denk 5.11 ve Denk. 5.12'deki ifadeler ile hesaplanması söylenmiştir.

$$Vpd = N_2 - N_1 - F_s \tag{6.2}$$

$$Fa = p * (b+d) * (h+d) \tag{6.3}$$



Şekil 5.6: Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi

Tablo 5.4: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar.	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	-	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar	-	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	6

Bina-1, Bina-2, Bina-3 10-25 Katlı Modellerde R Katsayısı

Deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek boşluksuz (bağ kirişsiz) betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme ve çelik çerçeveler tarafından birlikte taşındığı binalara ilişkin koşullar DBYBHY'te açıklanmıştır.

Bu tür sistemlerde, Tablo 5.4'te yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen R = 7'nin veya prefabrike betonarme çerçeve durumu için verilen R = 6'nın kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmayacaktır. ($\alpha s \leq 0,75$)

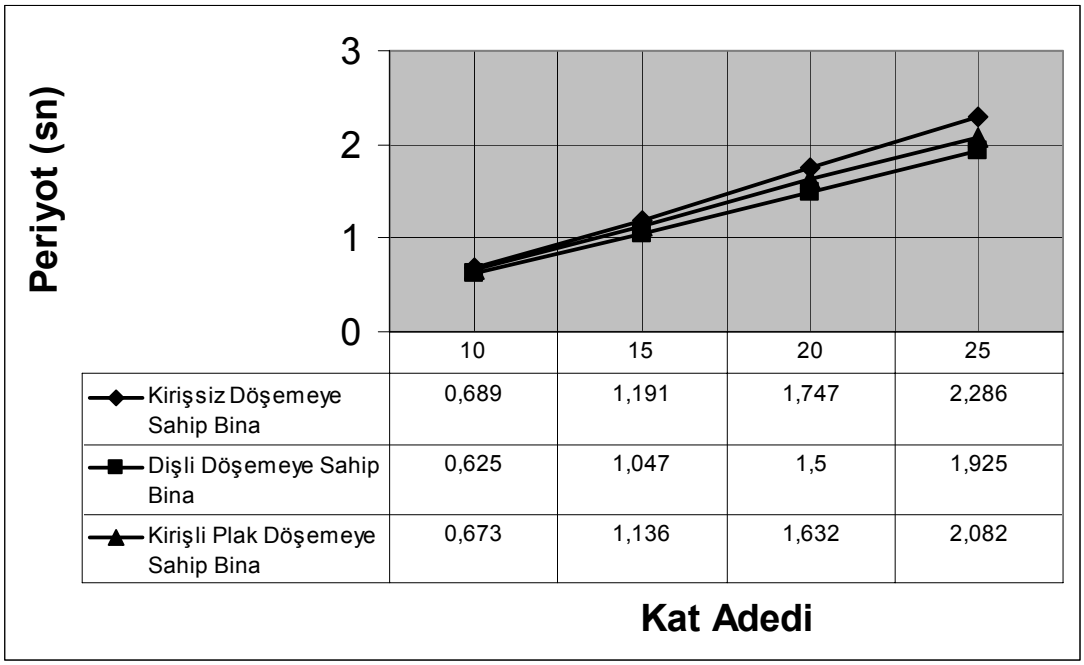
Yukarıdaki koşulun sağlanamaması durumunda 0,75 < αs < 1.0 aralığında kullanılacak R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için R = 10 - 4αs bağıntısı ile belirlenir.

Hw/lw ≤ 2.0 olan perdelerde, yukarıda tanımlanan R katsayılarına göre hesaplanan iç kuvvetler, [3/(1+Hw/lw)] katsayısı il çarpılarak büyütülecektir. Ancak bu katsayı, 2'en büyük alınmayacaktır.

Tablo 5.5: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

Bina-1 için αs ve buna bağlı olarak R değerleri		
KAT SAYISI	αs	αs > 0,75 → R = 10-4αs
25	0,974	6,104
20	0,926	6,296
15	0,964	6,144
10	0,.996	6,016
Bina-2 için αs ve buna bağlı olarak R değerleri		
KAT SAYISI	αs	αs > 0,75 → R = 10-4αs
25	0,97	6,12
20	0,965	6,14
15	0,969	6,124
10	0,975	6,1
Bina-3 için αs ve buna bağlı olarak R değerleri		
KAT SAYISI	αs	αs > 0,75 → R = 10-4αs
25	0,959	6,164
20	0,770	6,92
15	0,824	6,704
10	0,896	6,416

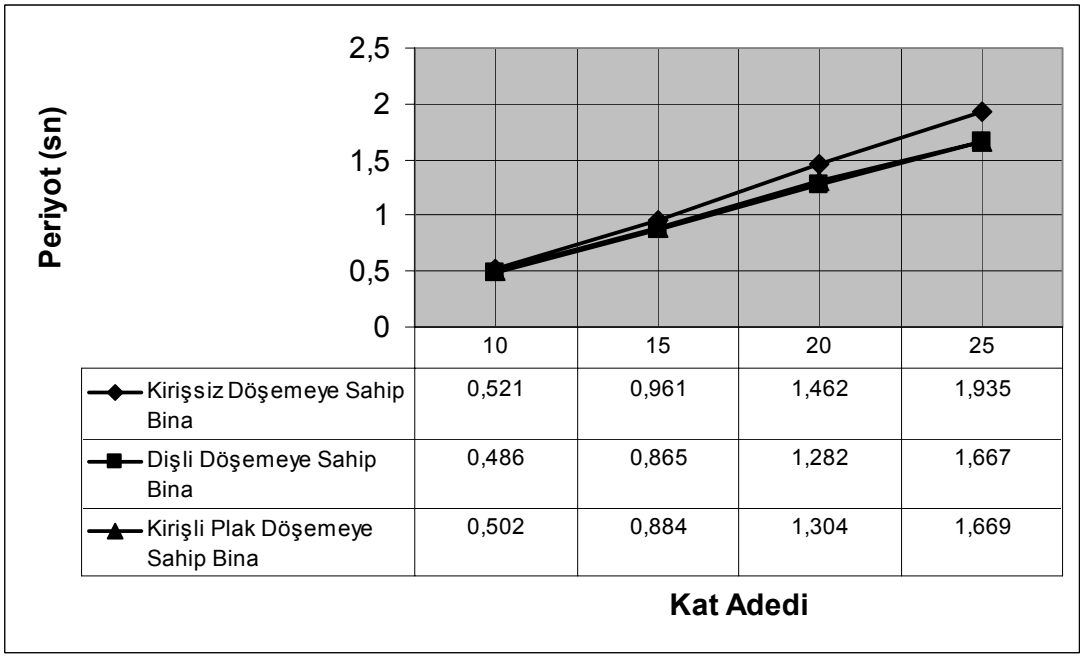
Şekil 5.4 ve 5.5'de Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x ve y doğrultularındaki periyot değerlerinin kat adedine göre değişim diyagramları görülmektedir. DBYBHY'de taban kesme kuvveti değerinin aşırı derece küçük değerlere inmesini önlemek amacıyla yapı periyotlarının çok fazla büyük değerlere çıkmasının önüne geçilmiştir.



	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	0,689	1,191	1,747	2,286
Dişli Döşemeye Sahip Bina	0,625	1,047	1,5	1,925
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	0,673	1,136	1,632	2,082

Şekil 5.7: (x) Doğrultusu 1. Doğal Periyotları

Şekil 5.4'de görüldüğü gibi tüm kat adetlerinde Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın yapı periyodu diğer binaların üzerinde seyretmektedir.



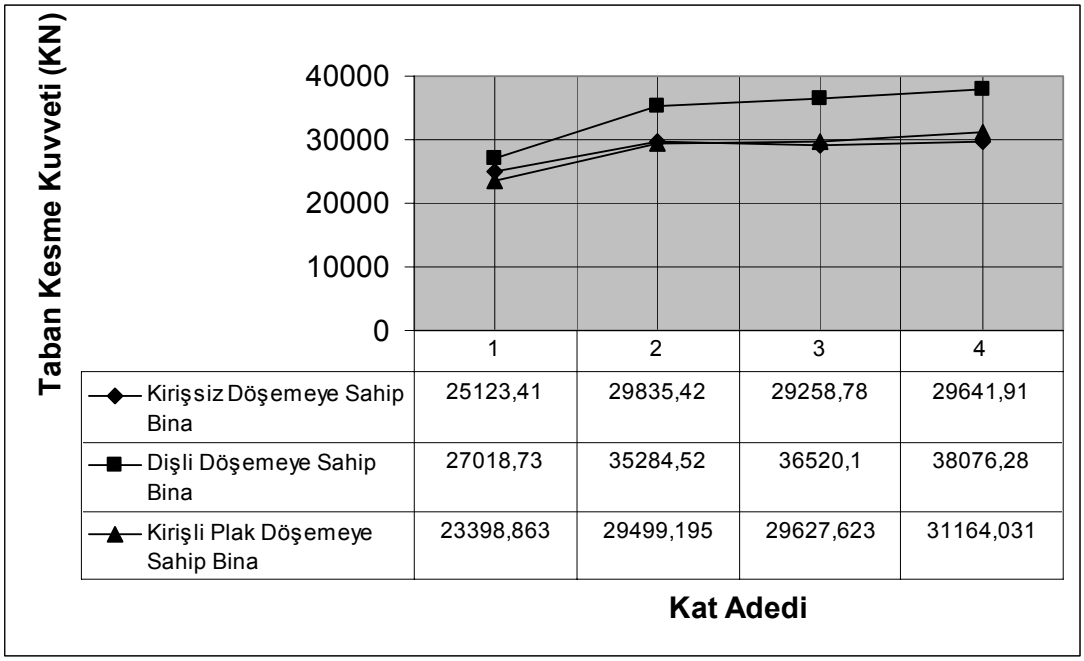
	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	0,521	0,961	1,462	1,935
Dişli Döşemeye Sahip Bina	0,486	0,865	1,282	1,667
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	0,502	0,884	1,304	1,669

Şekil 5.8: (y) Doğrultusu 1. Doğal Periyotları

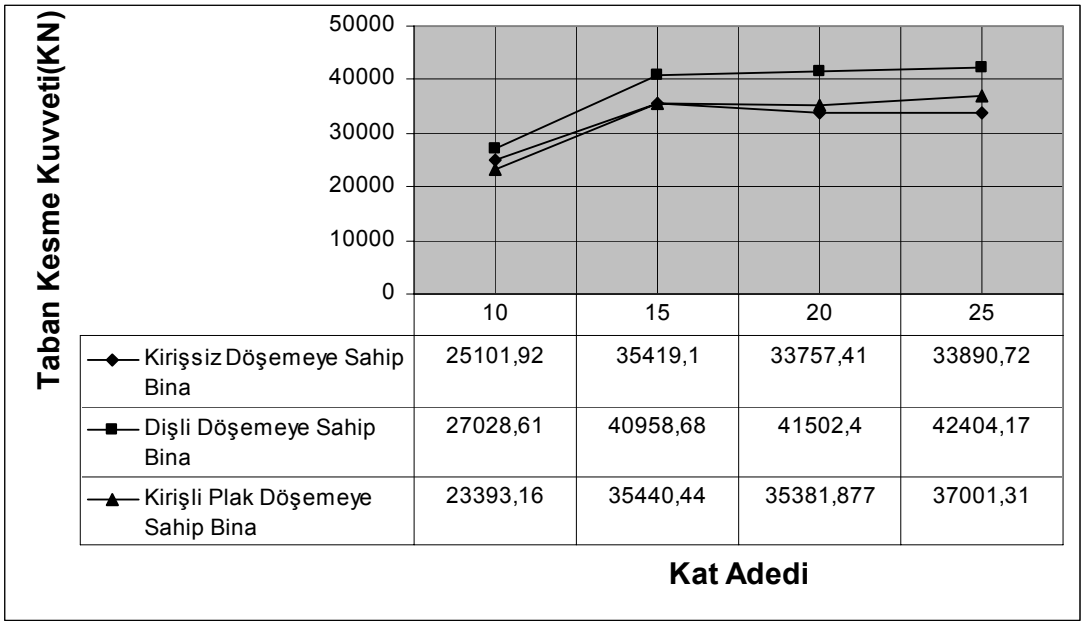
Şekil 5.5'de görüldüğü üzere tüm kat adetlerinde y doğrultusundaki 1. doğal yapı periyodunun Bina-1 için en yüksek daha sonra sırasıyla Bina-3 ve Bina-2'nin periyotlarının geldiği görülmektedir.

Ayrıca diyagramlardan da açık olarak anlaşılacağı gibi, binanın çekirdek perdelerinin uzun kenarlarının y doğrultusuna paralel olmasından dolayı y doğrultusundaki yapı periyotları doğal olarak x doğrultusundaki periyotlara göre daha küçük değerlerde seyretmektedir.

Şekil 5.6 ve 5.7'da Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait yapı modellerinin x ve y doğrultularında 1. Derece Deprem Bölgesi ve 4. derece zemin türünde kat adeti ile taban kesme kuvveti değerlerinin değişimi görülmektedir.



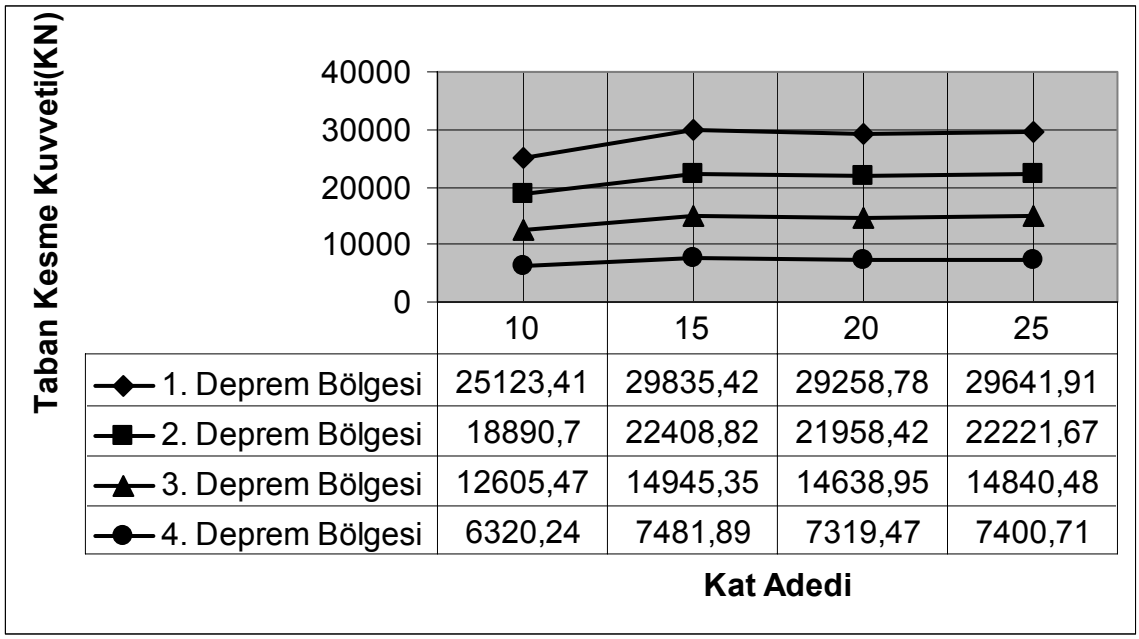
Şekil 5.9: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri



Şekil 5.10: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

Diyagramları incelediğimiz de x doğrultusunda ve y doğrultusunda bina ağırlığı fazla olan dişli döşeme türündeki yapının taban kesme kuvvetinin diğer iki modelden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki doğrultu içinde görülmektedir ki, 10 katlı modelde Kirişsiz Döşemeye sahip bina yapı ağırlığı fazla olduğundan dolayı, Kirişli Plak Döşemeye sahip binaya göre taban kesme kuvveti olarak daha büyük değerdedir. Fakat 15 ve daha fazla katlı modellerde Bina-1 ve Bina-3 arasındaki periyot farkı düzenli olarak arttığından dolayı, Bina-1'in taban kesme kuvveti Bina-3'ün taban kesme kuvvetinin önüne geçmektedir.

Şekil 5.8 ve 5.9'da Kirişsiz Döşeme türündeki yapının taban kesme kuvveti değerlerinin 4. zemin ve 1., 2., 3., 4. derece deprem bölgelerinde, x ve y doğrultularındaki kat adeti ile birlikte değişim diyagramları görülmektedir.

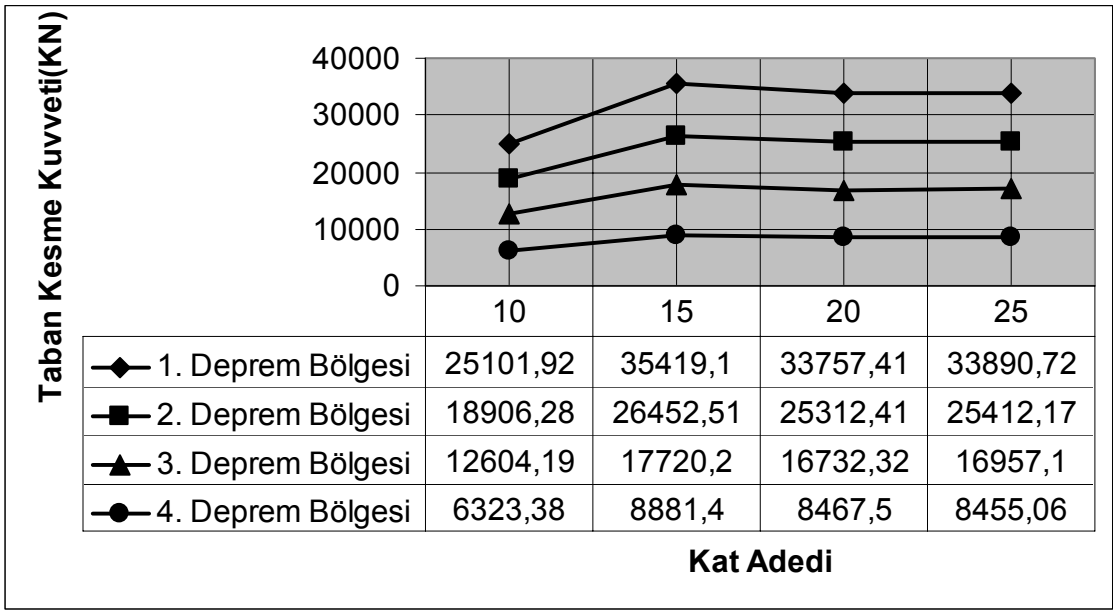


Şekil 5.11: Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

x ve y doğrultularındaki diyagramlar incelendiğinde, her iki doğrultuda da 10. kattan 15. kata doğru taban kesme kuvvetlerinde keskin eğimli bir yükseliş, fakat 15. kattan sonra taban kesme kuvvetinin hemen hemen sabit bir değer aldığı gözlemlenmektedir.

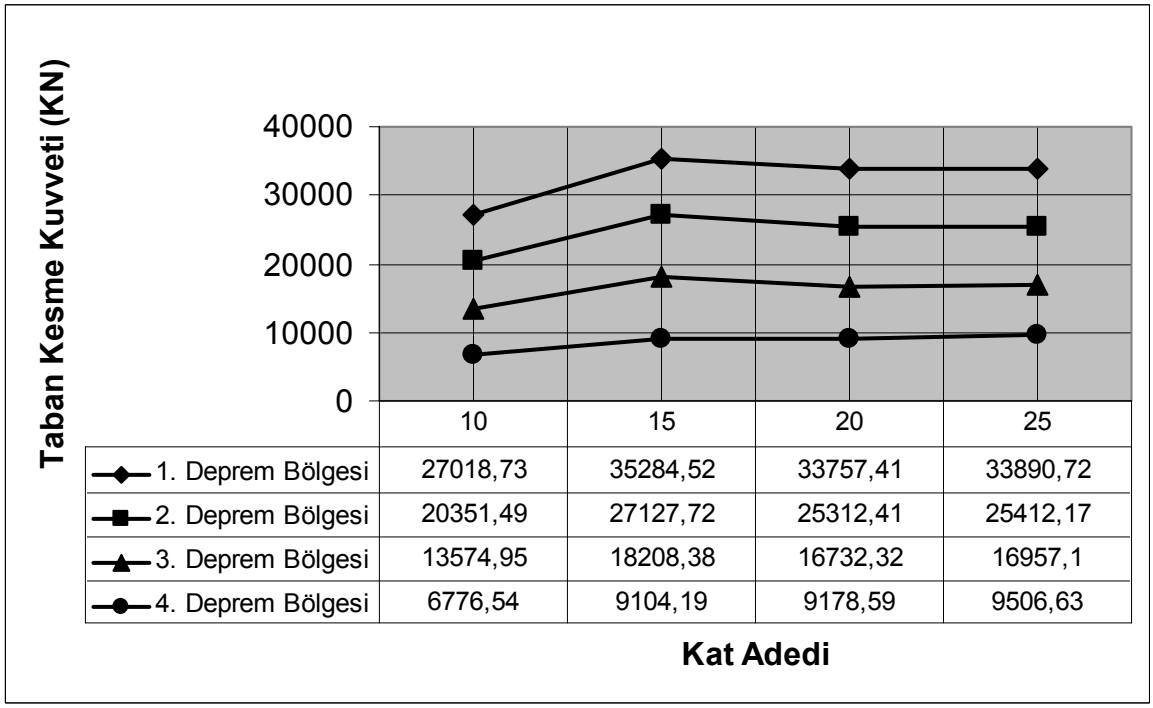
Ayrıca, 4. deprem bölgesine doğru düzenli olarak taban kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir.

Bina-1'e ait y doğrultusundaki diyagramda taban kesme kuvvetlerinin x doğrultusundaki diyagramda görülen değerlere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi y doğrultusuna paralel olan uzun çekirdek perdelerdir. Bu perdeler yapının y doğrultusundaki periyodunu azalttığından dolayı bu doğrultudaki taban kesme kuvvetleri daha büyük değerler almaktadır.



Şekil 5.12: Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

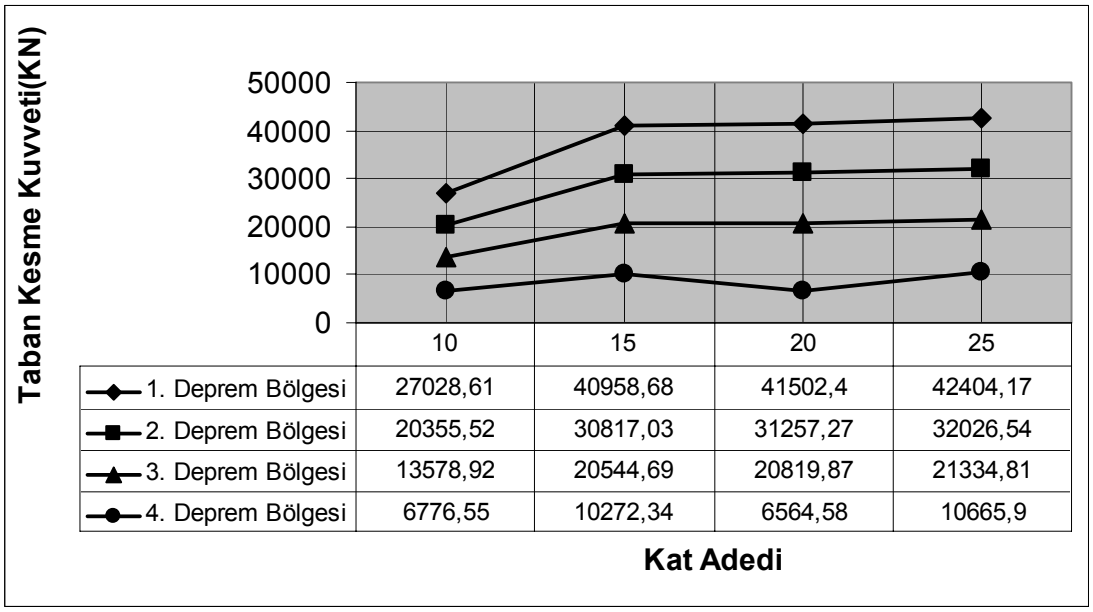
Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de Dişli Döşemeye sahip yapının 4. zemin türünde ve 1., 2., 3., 4. deprem bölgelerinde x ve y doğrultularındaki taban kesme kuvvetinin kat adedi ile birlikte değişim grafikleri görülmektedir.



Şekil 5.13: Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

Şekil 5.10 ve 5.11'deki diyagramlara bakıldığında diyagramların karakterleri bütün döşeme türlerinde ve her iki doğrultudaki diyagramlarla oldukça benzerlik göstermektedir. Yine 10 katlı modelden 15 katlı modele doğru keskin bir artış 15 katlı modelden sonra taban kesme kuvveti değerinin hemen hemen değişmediği görülmektedir.

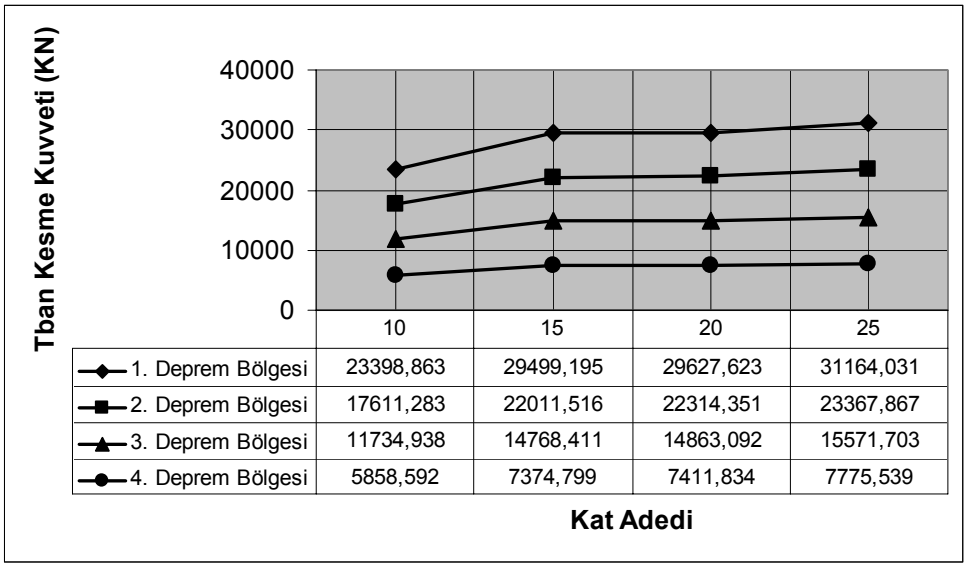
y doğrultusundaki diyagramda 4. deprem bölgesine ait diyagramın 20 katlı modele denk gelen bölümünde ani fakat küçük bir iniş-çıkış noktası göze çarpmaktadır.



	10	15	20	25
1. Deprem Bölgesi	27028,61	40958,68	41502,4	42404,17
2. Deprem Bölgesi	20355,52	30817,03	31257,27	32026,54
3. Deprem Bölgesi	13578,92	20544,69	20819,87	21334,81
4. Deprem Bölgesi	6776,55	10272,34	6564,58	10665,9

Şekil 5.14: Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

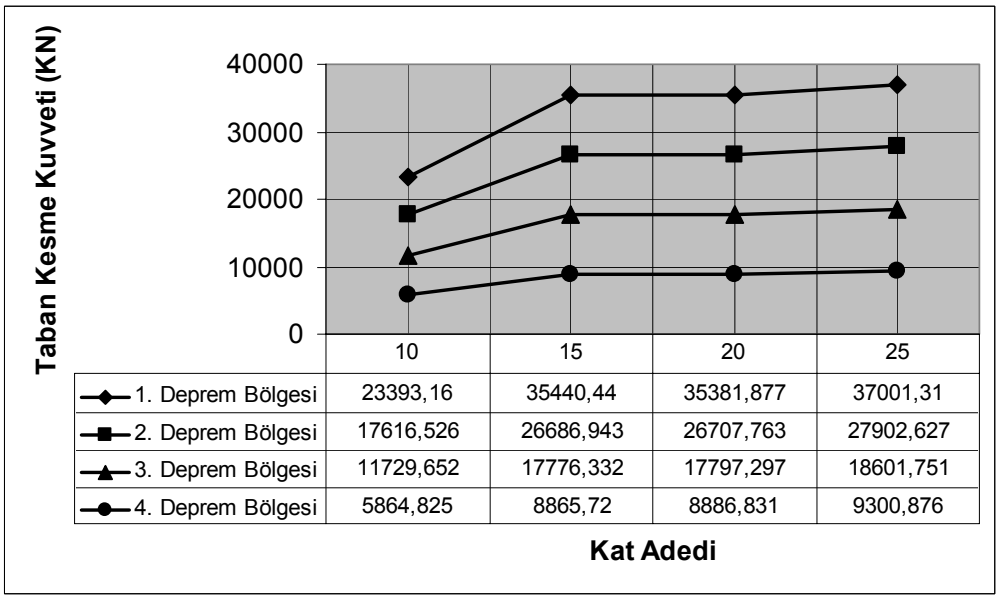
Şekil 5.12 ve 5.13'deki grafiklerde Kirişli Plak Döşeme türüne sahip binanın 4. zemin türünde ve 1., 2., 3., 4. deprem bölgelerinde x, y doğrultularındaki taban kesme kuvvetlerinin kat adedi ile birlikte değişim grafikleri görülmektedir.



Şekil 5.15: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

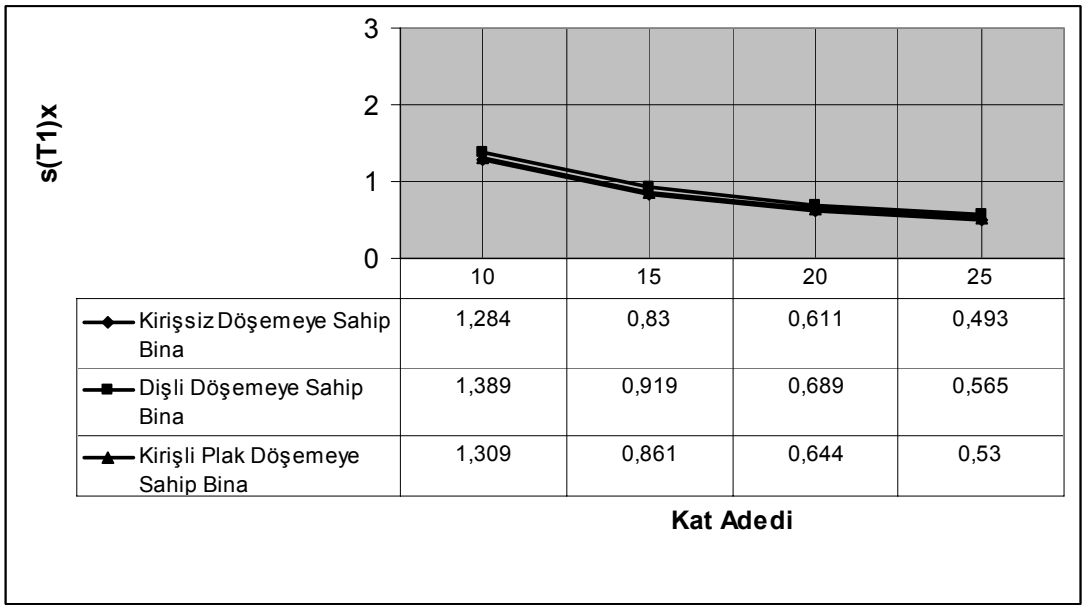
Kirişli plak döşemeye sahip binanın x doğrultusundaki grafiğinde 4. deprem bölgesine ait diyagramda, Dişli Döşemeye sahip yapının y doğrultusundaki ve 4. deprem bölgesine ait diyagramında ve 20 katlı modele denk gelen bölgedeki iniş-çıkışına benzer bir iniş-çıkış yine Bina-3'ün 20 katlı modelinde görülmektedir.

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'ün 4. zemin türü ve 1., 2., 3., 4. deprem bölgelerinde incelene kat adedi ile birlikte değişim grafiklerinin hepsinde görülen ortak özellik

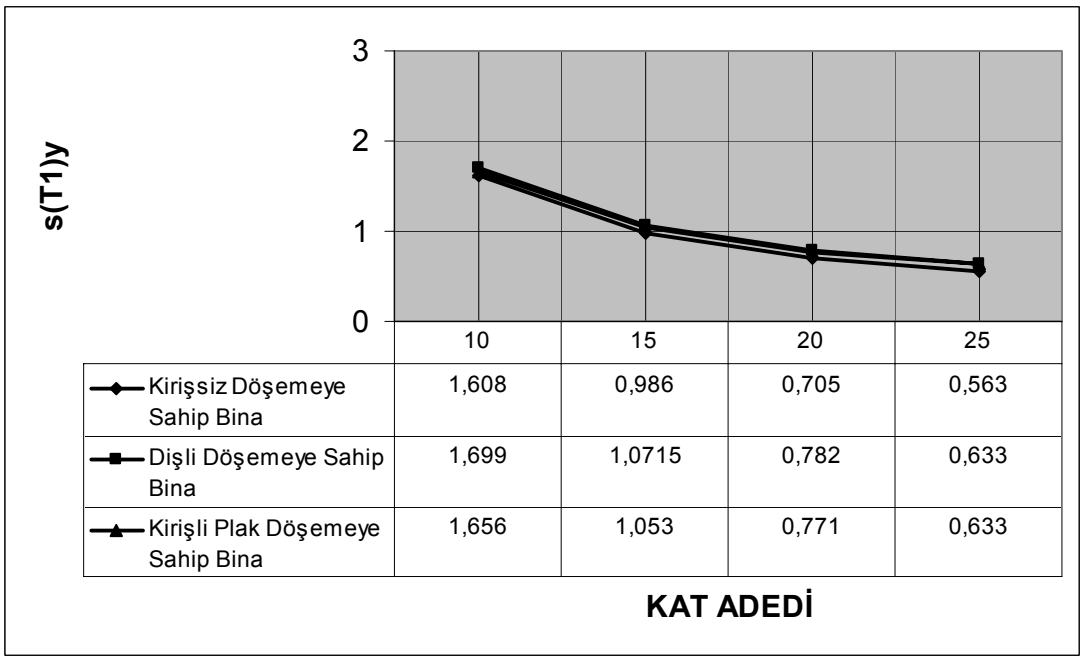


Şekil 5.16: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1., 2., 3., 4. Deprem Bölgelerinde (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

Aşağıdaki şekillerde Kirişli Plak, Dişli ve Kirişsiz Döşeme türündeki yapıların 1. deprem bölgesi ve değişik zemin türlerindeki x ve y doğrultusu spektrum değerlerinin kat adedinin artmasıyla değişimi gözlenmektedir.



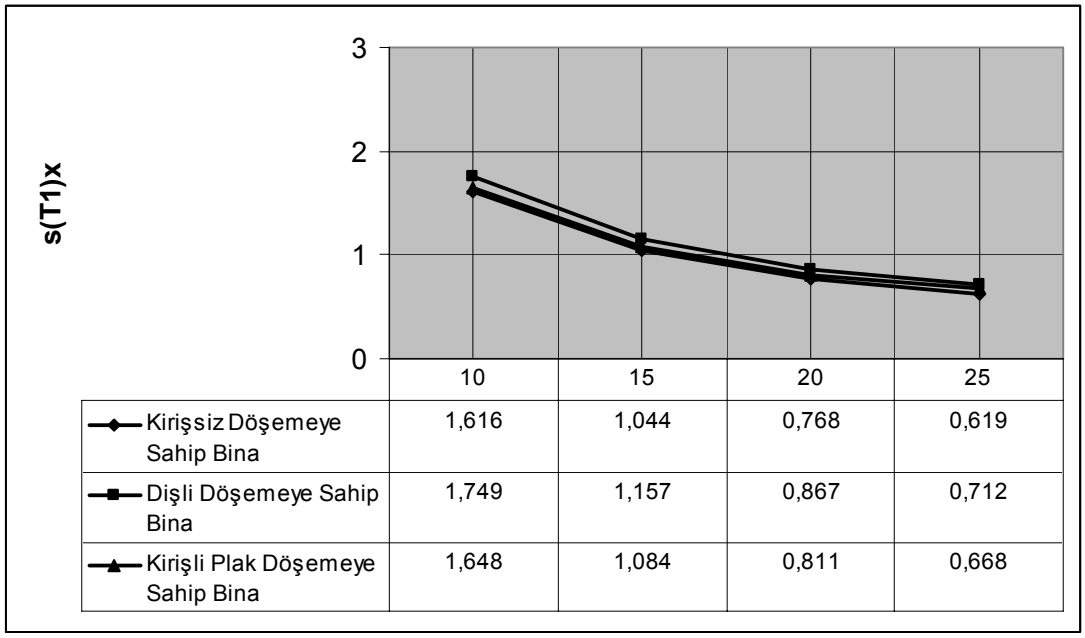
Şekil 5.17: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 1. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri



Şekil 5.18: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 1. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri

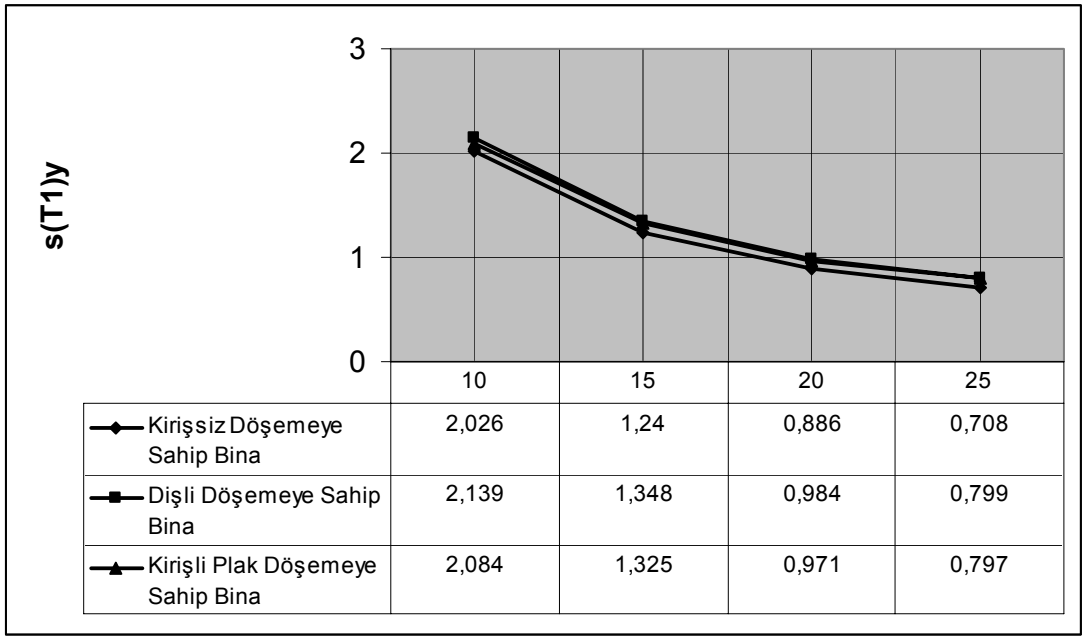
Şekil 5.14 ve 5.15'te 1. deprem bölgesi , 1.zemin cinsi x ve y doğrultusu spektrum değerleri görülmektedir.

Şekillerde kat adedinin artışıyla bir düşüş göze çarpmaktadır.Bunun nedeni bina yükseliğinin artmasıyla birlikte periyodun artmasıdır.



	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	1,616	1,044	0,768	0,619
Dişli Döşemeye Sahip Bina	1,749	1,157	0,867	0,712
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	1,648	1,084	0,811	0,668

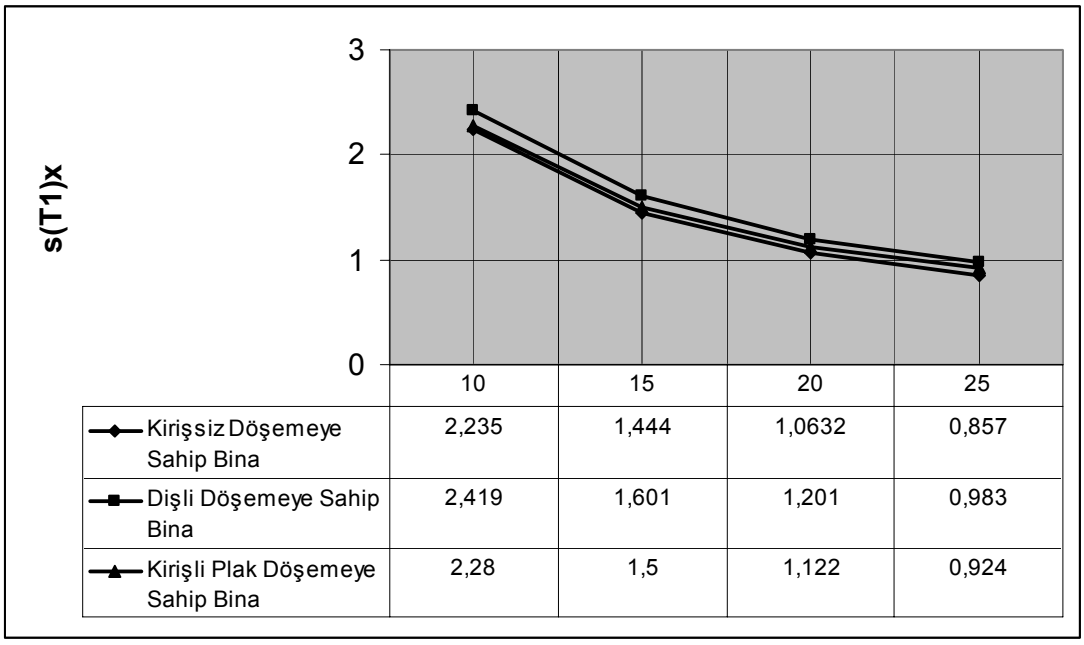
Şekil 5.19: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 2. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri



	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	2,026	1,24	0,886	0,708
Dişli Döşemeye Sahip Bina	2,139	1,348	0,984	0,799
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	2,084	1,325	0,971	0,797

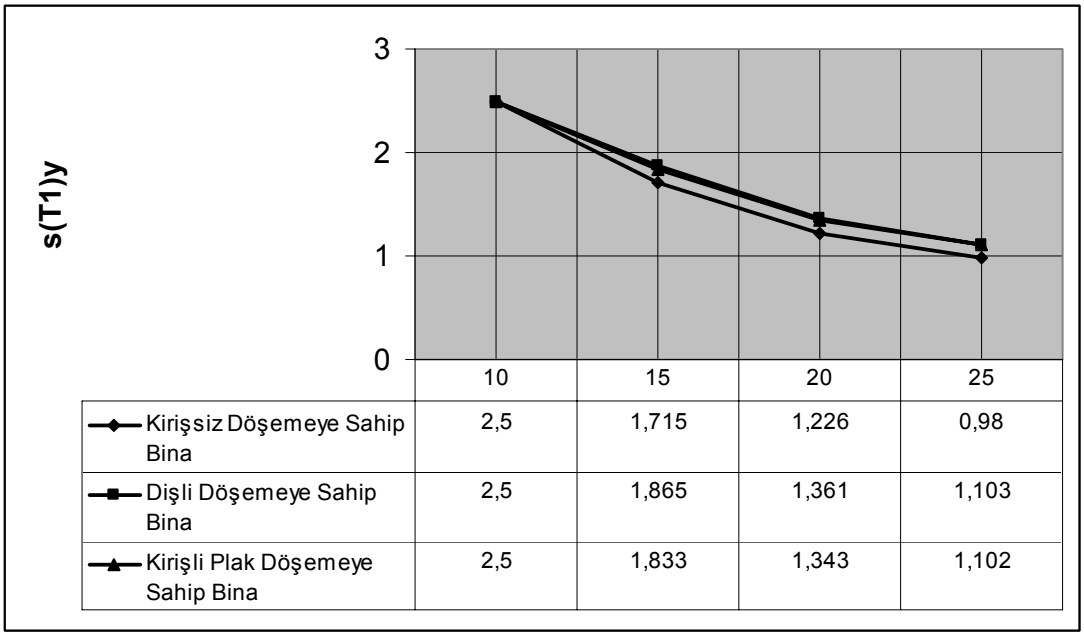
Şekil 5.20: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 2. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri

Şekil 5.16 ve 5.17'de 1.deprem bölgesi ve 2.zemin cinsi, her iki doğrultudaki spektrum değerleri gözlenmektedir.



	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	2,235	1,444	1,0632	0,857
Dişli Döşemeye Sahip Bina	2,419	1,601	1,201	0,983
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	2,28	1,5	1,122	0,924

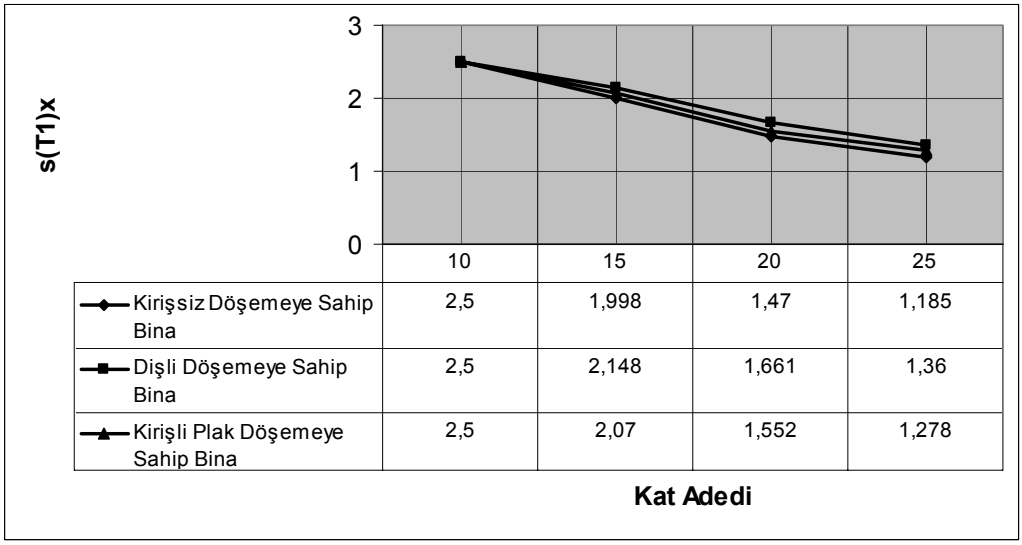
Şekil 5.21: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 3. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri



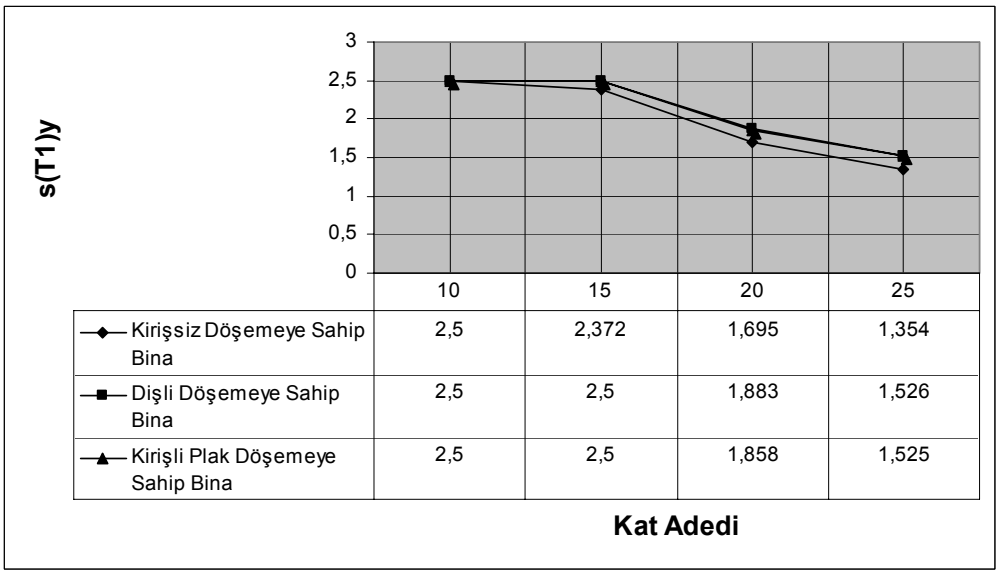
	10	15	20	25
Kirişsiz Döşemeye Sahip Bina	2,5	1,715	1,226	0,98
Dişli Döşemeye Sahip Bina	2,5	1,865	1,361	1,103
Kirişli Plak Döşemeye Sahip Bina	2,5	1,833	1,343	1,102

Şekil 5.22: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 3. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri

Şekil 5.18 ve 5.19'da 1.deprem bölgesi ve 3.zemin cinsi, her iki doğrultudaki spektrum değerleri gözlenmektedir.



Şekil 5.23: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (x) Doğrultusu Spektrum Değerleri



Şekil 5.24: Kirişli Plak, Dişli, Kirişsiz Döşemeye Sahip Binaların 1. Deprem Bölgesi ve 4. Zemin Cinsindeki (y) Doğrultusu Spektrum Değerleri

Şekil 5.20 ve 5.21'de 1.deprem bölgesi ve 4.zemin cinsi, her iki doğrultudaki spektrum değerleri gözlenmektedir.

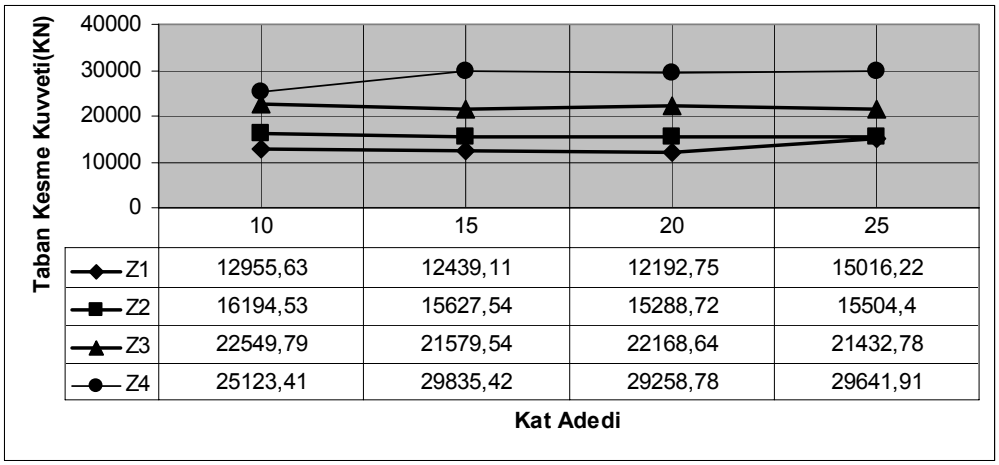
Yukarıdaki diyagramlarda görüldüğü üzere, kat adedinin artması ile spektrum değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Bunun sebebi, kat adedinin artması ile yapı periyodunun artmasıdır. Çünkü periyot spektrumla ters bir orantı ilişkisine sahiptir.

Dikkat edilirse diyagramlarda periyodu en yüksek olan Kirişsiz Döşemenin spektrum değerleri en düşük, daha sonra sırasıyla Kirişli Plak Döşemeye sahip bina ve x ve y doğrultusundaki periyodu en düşük olan Dişli Döşemeye sahip bina gelmektedir.

Görüldüğü gibi, spektrum değerleri kat adedinin artışıyla azalmaktadır. Fakat şekil 5.21'e dikkat edilirse Bina-2 ve Bina-3'e ait diyagramlar 10 ve 15 katlı modellerde aynı değere sahip olmaktadır. Bunun sebebi, bu modellerde $T_A < T < T_B$ olması ve ikisinin de 2,5 değerini almasıdır.

Her iki doğrultudaki spektrum grafiklerinde de periyodun artışı ile spektrum değerleri azalmaktadır. y doğrultusunda perdelerin daha fazla olmasından dolayı her üç binada da periyot x doğrultusuna göre daha azdır. Bu yüzden y doğrultusundaki spektrum değerleri x doğrultusundaki spektrum değerlerine göre daha yüksek değerlerde seyretmektedir.

Şekil 5.22'deki grafikte Kirişsiz Döşemeye sahip binanın 1. deprem bölgesinde ve 1., 2., 3., 4. zemin türünde, x doğrultusundaki kat adedi ile birlikte taban kesme kuvveti değerlerinin değişimini görmekteyiz.

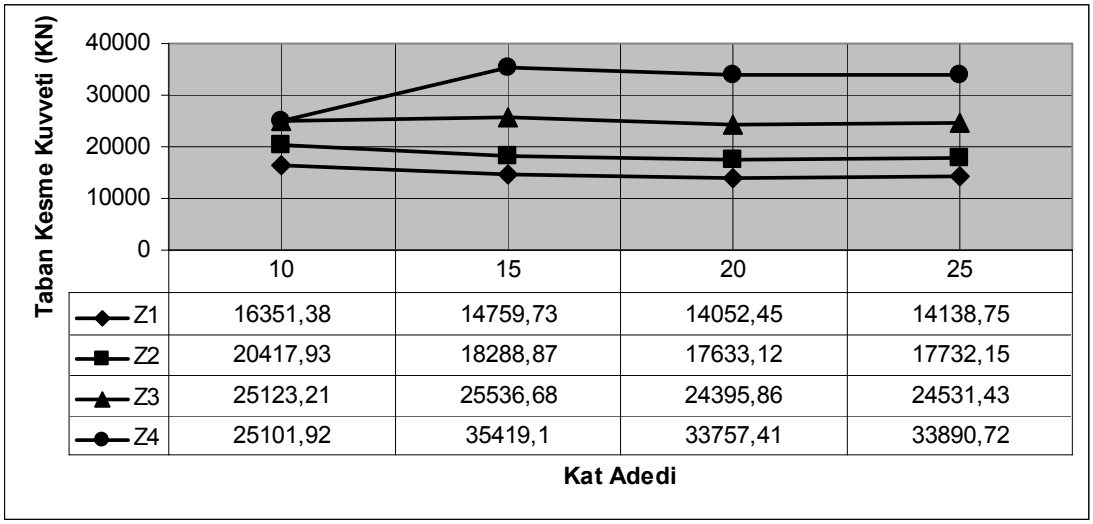


Şekil 5.25: Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrusu Taban Kesme Kuvvetleri

Sırasıyla en yüksek değerler en elverişsiz olan Z_4 zemin türünde daha sonra Z_3, Z_2 ve en düşük değerlerde Z_1 türü zeminde gözlemlenmektedir. 4. zemin türüne ait diyagramda 10 katlı modelden 15 katlı modele doğru hızlı bir yükseliş, devamında ise sabit bir değerde devam eden bir doğru görünmektedir. Yine 1. zemin türüne ait diyagramda 20 katlı modelden 25 katlı modele giderken, hızlı bir yükseliş fakat öncesinde sabit bir seyir gözlemlenmektedir.

Z_2 ve Z_3 türü zeminlerde de sabit bir seyir göze çarpmaktadır. Zemin sınıfı iyileştikçe grafikten de anlaşıldığı gibi, taban kesme kuvveti değerleri azalmaktadır.

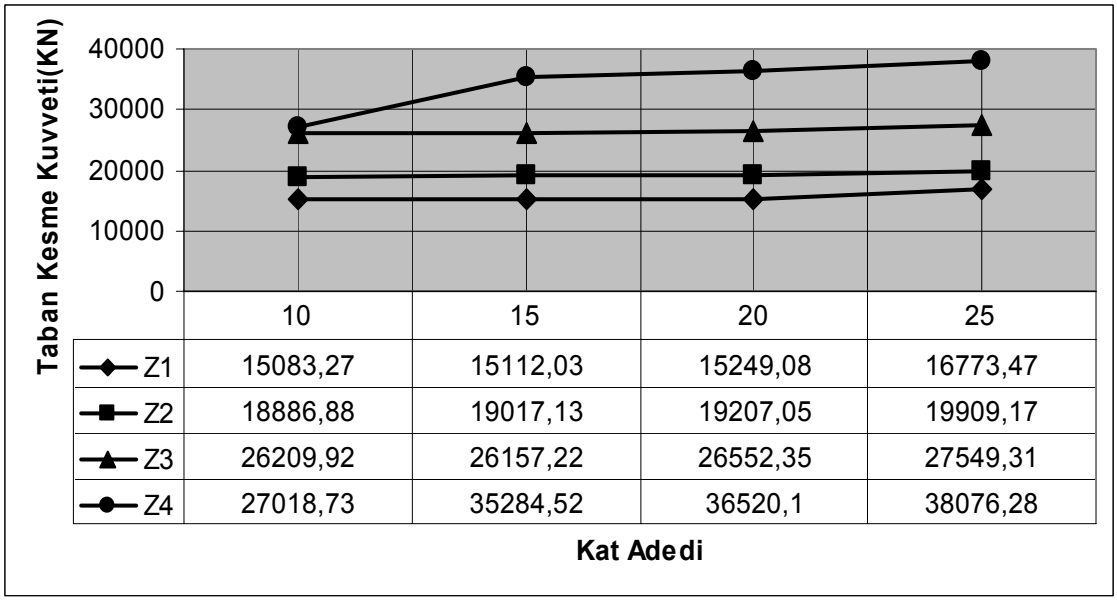
Şekil 5.23'de Kirişsiz Döşeme sistemine sahip binanın 1. derece deprem bölgesi ve 1., 2., 3., 4. zemin türündeki y doğrultusu taban kesme kuvvetlerinin kat adedi ile değişimi görülmektedir.



Şekil 5.26: Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrusu Taban Kesme Kuvvetleri

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere, 4. derece zemin türüne ait diyagramda 10 katlı modelden 15 katlı modele geçerken keskin b ir çıkış görülmekte, fakat 1., 2., 3. zemin türüne ait diyagramlarda hafif bir iniş görülmektedir. 15 katlı modelden sonra tüm diyagramlarda hemen hemen sabit bir gidiş ancak 20 katlı modele gelindiğinde hafif bir iniş-çıkış görülmektedir.

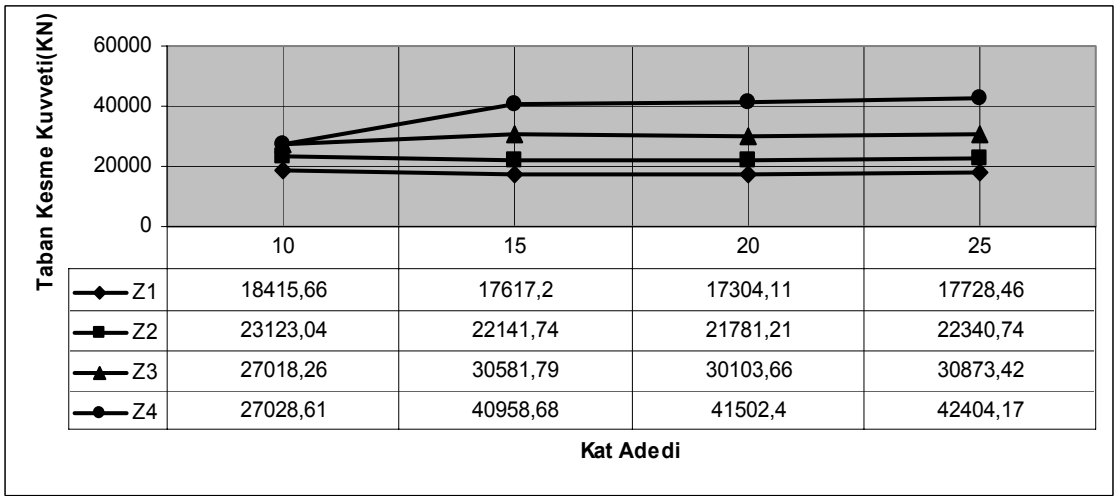
Şekil 5.24 ve Şekil 5.25'de Dişli Döşemeye sahip binanın 1. derece deprem bölgesi ve 1., 2., 3., 4. derece zemin türünde (x) doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerinin kat adedi ile birlikte değişim diyagramları görülmektedir.



	10	15	20	25
Z1	15083,27	15112,03	15249,08	16773,47
Z2	18886,88	19017,13	19207,05	19909,17
Z3	26209,92	26157,22	26552,35	27549,31
Z4	27018,73	35284,52	36520,1	38076,28

Şekil 5.27: Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

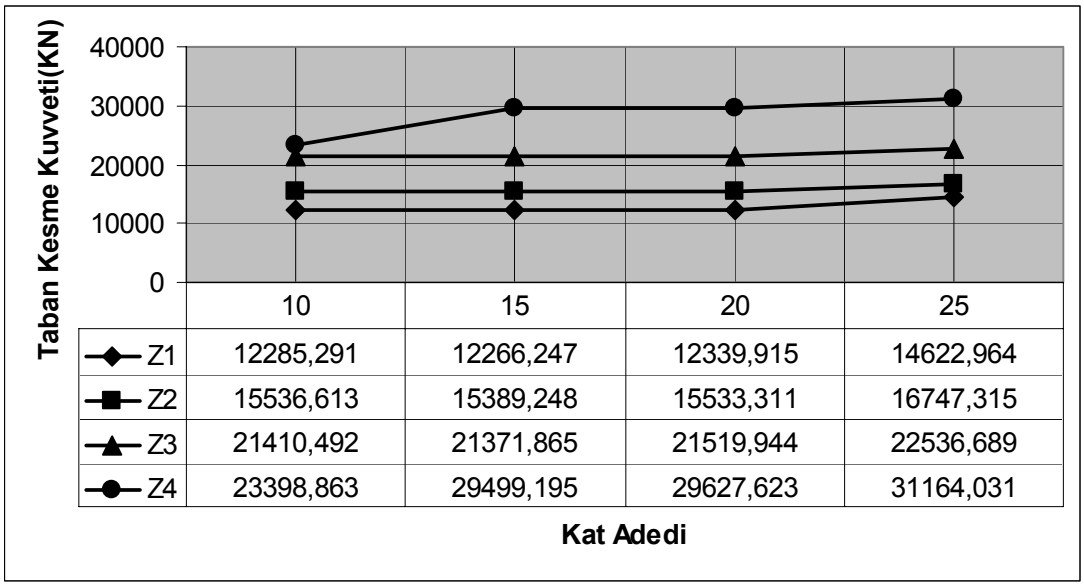
Dişli Döşemeye sahip binanın taban kesme kuvvetleri yukarıdaki grafiklerde görülmektedir. Her iki doğrultuda da 4. derece zemin türüne ait diyagramda 10 katlı modelden 15 katlı modele doğru geçerken yine ani bir çıkış görülmektedir.



	10	15	20	25
Z1	18415,66	17617,2	17304,11	17728,46
Z2	23123,04	22141,74	21781,21	22340,74
Z3	27018,26	30581,79	30103,66	30873,42
Z4	27028,61	40958,68	41502,4	42404,17

Şekil 5.28: Dişli Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

Kirişli Plak Döşemeye sahip binanın 1. derece deprem bölgesinde ve 1., 2., 3., 4. derece zemin türünde x ve y doğrultularındaki taban kesme kuvvetlerini kat adedi ile değişimi Şekil 5.26 ve 5.27'de gözlenmektedir.



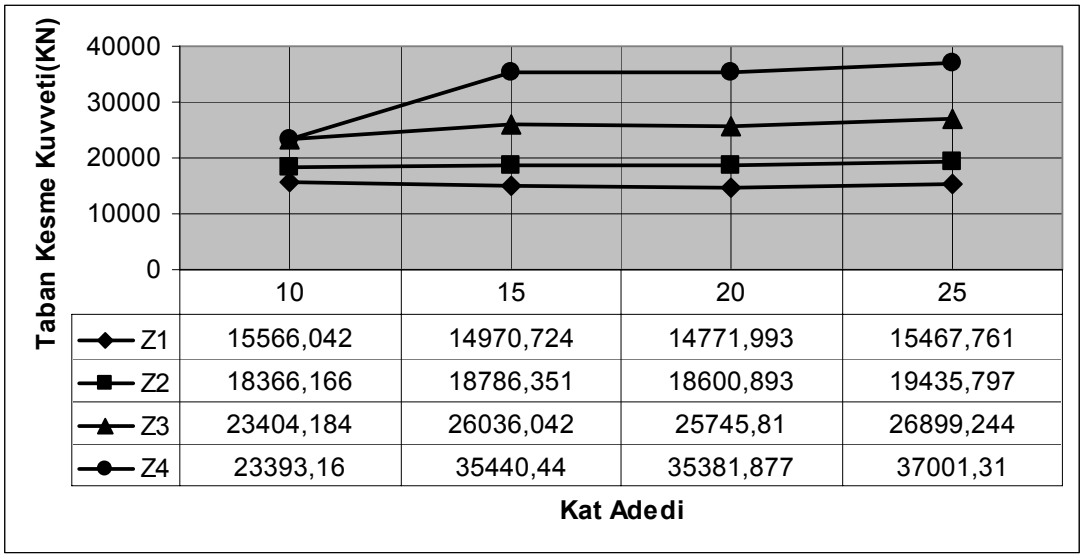
	10	15	20	25
Z1	12285,291	12266,247	12339,915	14622,964
Z2	15536,613	15389,248	15533,311	16747,315
Z3	21410,492	21371,865	21519,944	22536,689
Z4	23398,863	29499,195	29627,623	31164,031

Şekil 5.29: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (x) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

Kat adedi ile birlikte değişen taban kesme kuvveti grafiklerine bakıldığında, keskin iniş ve çıkışların doğal periyodun T_B değerinin altına indiği ve üzerine çıktığı geçiş noktalarında olduğu gözlenmektedir.

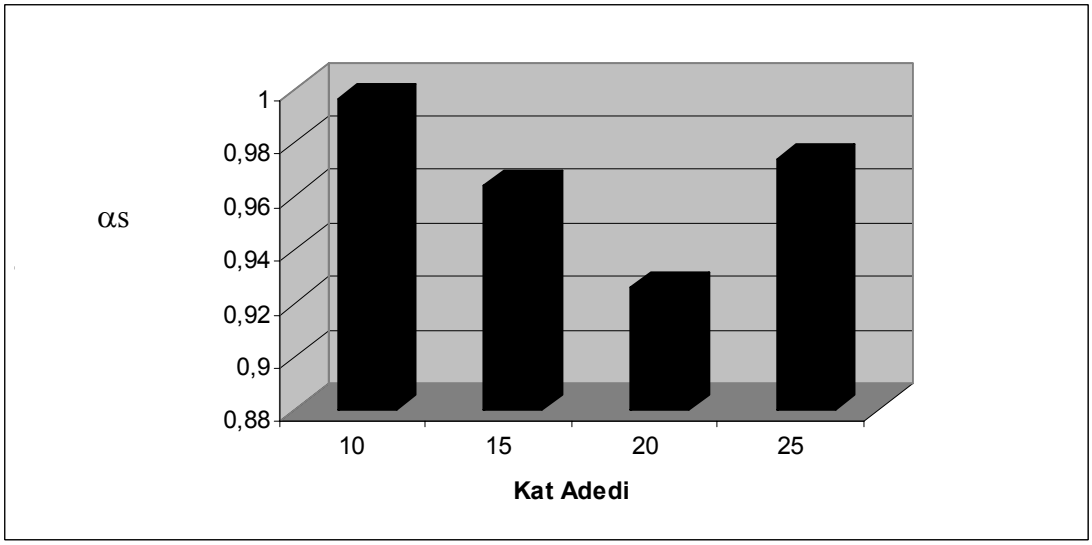
Genel olarak kat sayısı arttıkça grafiklerin sabit bir seyir aldığı ya da yumuşak bir eğimle azaldığı görülmektedir. Ancak Z_4 zemin sınıfının taban kesme kuvveti eğrilerindeki $T > T_B$'den sonraki düşüş çok az olmakta ve tekrar eğriler yükselmekte yani taban kesme kuvvetleri artmaktadır.

$T > T_B$ aralığında devamlı taban kesme kuvvetinde düşüş gözlenmesi periyodun artmasıyla yapı sünekliğinin arttığını göstermektedir.

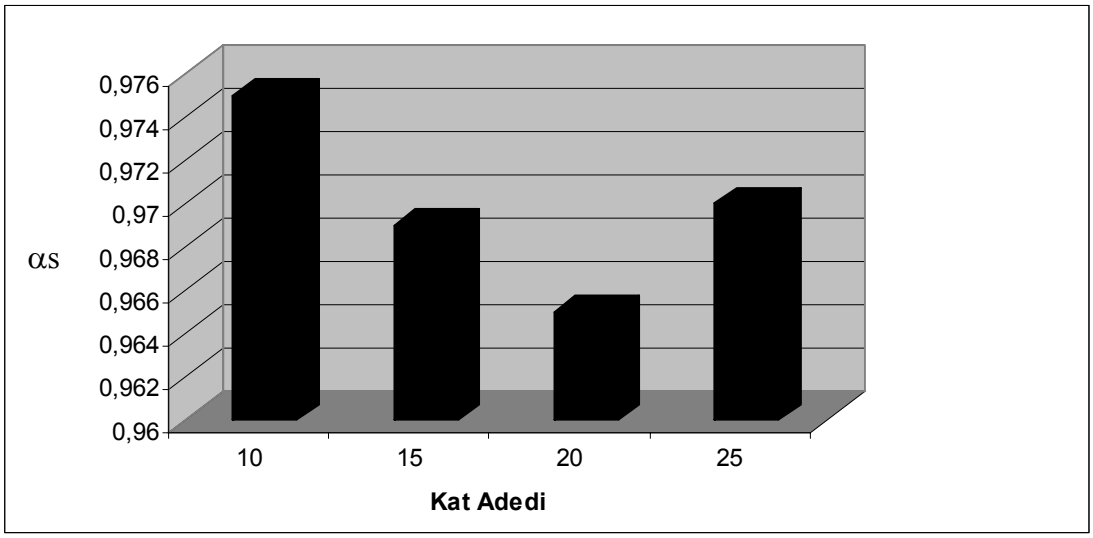


Şekil 5.30: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın 1. Deprem Bölgesinde 1., 2., 3., 4. Zemin Türündeki (y) Doğrultusu Taban Kesme Kuvvetleri

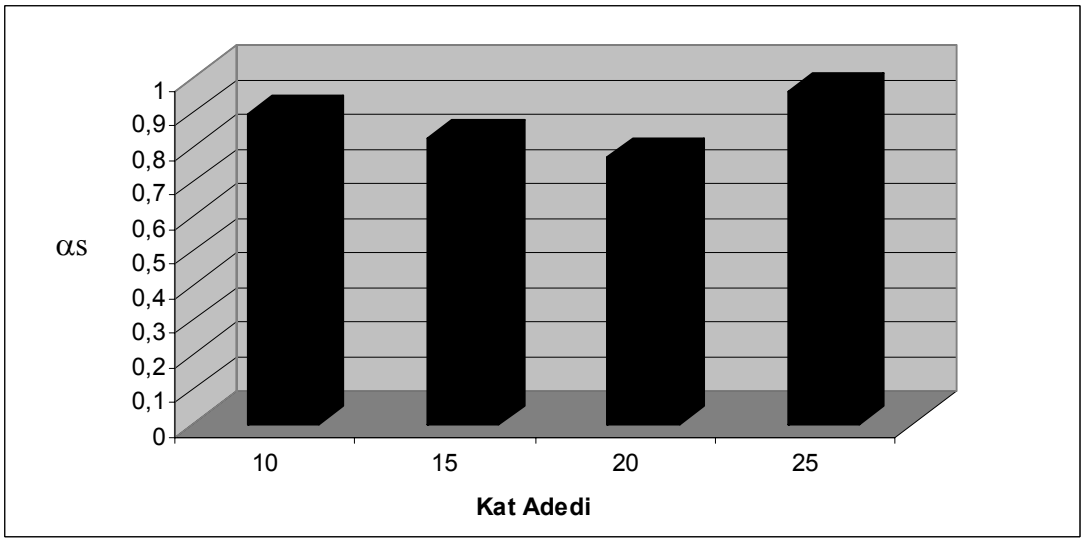
Şekil 5.28, 5.29 ve 5.30'da Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait αs katsayısının kat adedi ile değişimi gözlemlenmektedir.



Şekil 5.31: Kirişsiz Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi



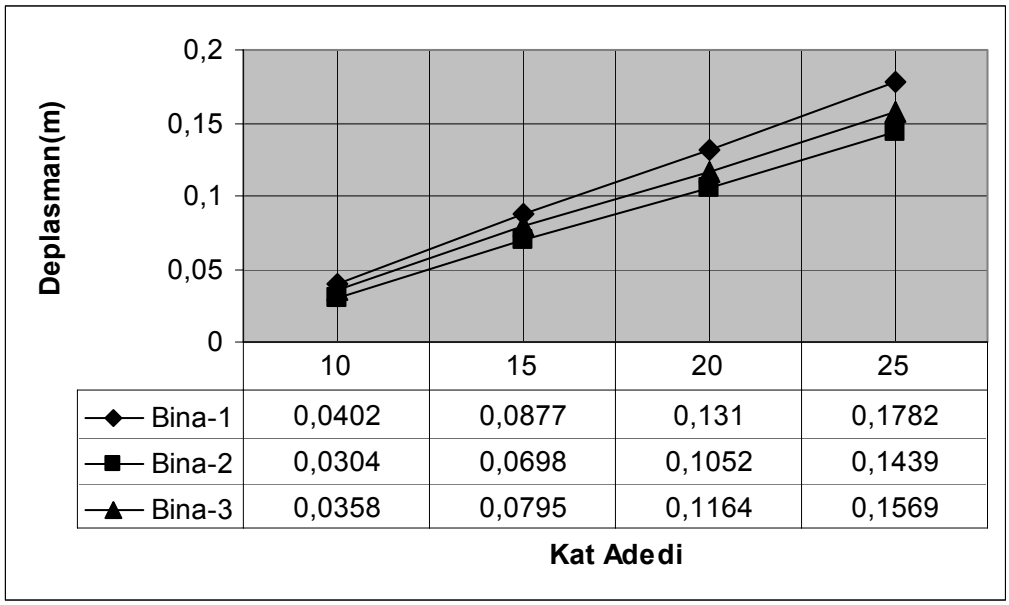
Şekil 5.32: Dişli Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi



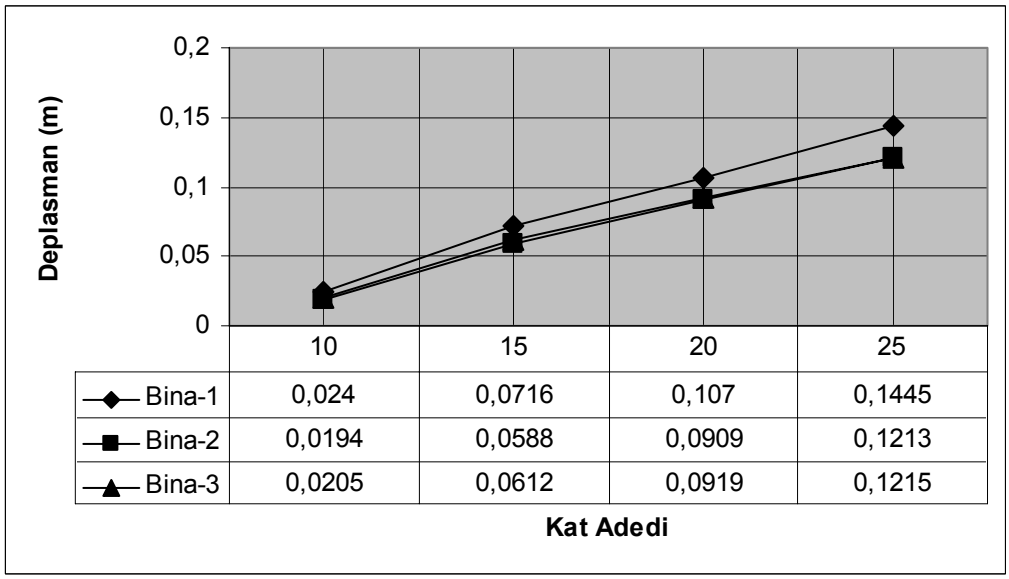
Şekil 5.33: Kirişli Plak Döşemeye Sahip Binanın (αs) Değerinin Kat Adedi ile Değişimi

Grafiklerden de anlaşılacağı gibi, yapılarda kat sayısı arttıkça αs değerinde azalma görülmektedir. Ancak Şekil 5.19 ve 5.20'deki 25 katlı modellerde binanın ilk 5 katında perde kalınlığı diğer katlardan fazla olduğundan dolayı bu düzenli azalma artışa geçmektedir.

Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de En Üst Kat C45 Kolonunun 1.deprem bölgesi 4.zemin türünde x – y Doğrultusu Deplasmanları Bina – 1, Bina – 2, Bina – 3 için karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.34: En Üst Kat S45 Kolonu (x) Doğrultusu Deplasmanları



Şekil 5.35: En Üst Kat S45 Kolonu (y) Doğrultusu Deplasmanları

Şekillerde görüldüğü gibi, her iki doğrultuda da Bina-1'in deplasman değerleri en büyüktür. Yine her iki doğrultudaki grafiktede Bina-3 değerleri Bina-2'den daha fazladır.

6. SONUÇ

Yapılara etkiyen statik ve dinamik yüklerin, yapının bulunduğu bölgenin jeolojik durumunun ve deprem parametrelerinin yapının taşıyıcı sistem modelinin sağlıklı bir şekilde belirlenmesi ile, yapının boyutlandırılması için gerekli olan en doğru bilgilerin elde edileceği bir gerçektir.

Yapının maliyeti ve ekonomik olup olmaması, henüz yapı tasarım aşamasında iken, yapının hangi kritik değerler arasında kaldığı, süneklik düzeyi gibi faktörler sayesinde oldukça gerçeğe yakın şekilde tahmin edilebilmektedir. Yapıdaki değişik döşeme sistemleri taşıyıcı sistemin değişik deprem karakteristikleri göstermesine neden olabilmektedir. Döşeme sistemlerinin seçimi, yapının maliyetini önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Önemli olan hangi zemin cinsinde, deprem bölgesinde kaç katlı yapıya hangi döşeme sistemini uygulamanın, herhangi bir depremde izin verilen hasar sınırları içerisinde kalabileceği ve yapı izin verilen hasar sınırları içerisinde kalırken ne kadar ekonomik olabileceğinin gerçekçi bir şekilde araştırılmasıdır. Yapıların deprem, zemin cinsi, kullanım amacı, deprem yönetmeliğinde belirtilen yapılacak olan binanın hangi önem katsayısına göre gerçekçi ve sağlıklı bir şekilde tasarlanması, ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunduğu, bunun tam tersi şekilde yapının, zemin etüdlerinin kurallarına uygun, deprem bölgesinin parametrelerinin gözönünde bulundurularak ve yapının kullanım amacına uygun olarak tasarlanıp inşa edilmemesi halinde maddi ve manevi büyük yıkımlarla karşılaşmak çok büyük bir olasılıktır.

Döşemelerin diyafram görevini doğru bir şekilde yerine getirdiklerini kabul etmek çoğunlukla gerçeğe oldukça yakın değerler elde etmemize sebep olmaktadır. Döşemelerin diyafram görevlerini sağlıklı bir şekilde yerine getirebilmeleri için yapıların tasarımları oldukça önemlidir. Yapıların kat sayısı arttıkça rijit diyafram kabulü yaparak ortaya çıkan hesap değerleri ile esnek döşeme modellemesi yaparak ortaya çıkan hesap değerleri birbirine oldukça yaklaşır. Bu da esnek döşeme

modellemesi yerine rijit diyafram kabulü yaparak çok katlı yapılarda oldukça fazla olan serbestlik derecelerini azaltabileceğimizi ve hesapların hacimlerini azaltabileceğimiz anlamına gelmektedir. Yapıların analizleri yapılırken doğru kabullerin yapılması, yerinde kararların verilmesi, yapıların doğru parametrelere göre tasarlanıp boyutlanması çok önemlidir. Günümüzde bilgisayar teknolojileri bu tür çok katlı çok serbestlik dereceli yapı sistemlerinin daha rahat çözülmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmanın sonunda varılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yapının döşeme sistemini değiştirdiğimizde yapının yatay yüklerin etkisinde rijitlikleri değişikliğe uğramaktadır. İncelediğimiz farklı döşemelere sahip yapılarda en fazla yer değiştirme yapan yapı sistemi, kirişsiz döşeme sistemine sahip olan yapı sistemidir.
- Yapı sisteminin döşeme sistemlerini değiştirdiğimizde rijitliği en az olan yapı sistemi kirişsiz döşeme sistemine sahip olduğundan dolayı, yatay yüklerin etkisine maruz kalan yapıda en fazla yapı periyotları kirişsiz döşeme sistemde meydana gelmektedir.
- Yapı sistemlerinin süneklik düzeyine göre yüksek, karma veya normal şekilde meydana getirebileceğini daha önce belirtmiştik. Döşeme türünün değişimi yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısının oluşmasında ve yapının süneklik düzeninin ne olması gerektiğine karar verilmesinde oldukça etkin bir yere sahiptir.
- Diyafram özelliğinin dişli döşeme sistemine sahip olan yapılarda da sağlanabileceği görülmektedir. Fakat dişli döşeme sistemine sahip olan yapılarda yapının maruz kaldığı yatay yükler altında yer değiştirmelerin ve yapı periyotlarının oldukça fazla olduğu görülmektedir.
- DBYBHY'te yapı sisteminin içerisinde bulundurulması zorunlu olan perdelerin deprem etkilerini büyük oranda taşıması gerektiği, yapının maruz kaldığı yatay yük etkilerini taşıyan perdeleri bulunmayan yapılarda kirişsiz döşemeli sistemlerin kullanılamaması gibi birtakım kısıtlamalar getirilmiştir. Bunun sebebi kirişsiz döşemeli sistemlerde yapının yatay yük rijitliğini döşeme, kolon ve perde gibi taşıyıcı elemanların oluşturmasıdır.

- Yaptığımız incelemede yapının taşıyıcı elemanlarından biri olan döşemelerin kirişli plak döşemeli sistemlerde, yüksek diyafram rijitliği, gereken yanal direnç ve ötelenme rijitliği gibi olguların var olmasında çok ciddi rol oynadığı görülmektedir. Bu yüzden depremler de yeterli seviye de olmadığından oldukça sıkıntı yaratan bu olguların kaynağı olan döşemelerin oldukça iyi dizayn ve arkasından kurallarına uygun bir şekilde imal edilmesi gerekliliği oldukça açıktır.
- Üç farklı döşeme sistemi üzerinde yaptığımız incelemelerde kiriş, kolon ve perde gibi taşıyıcı sistem elemanlarının meydana getirdiği sistemin dişli plak döşemelerde ve kirişli plak döşemelerde çerçevelerin sistemin yatay yük rijitliği açısından oldukça büyük önem taşıdığı görülmektedir.
- TA ve TB periyotlarının aralıklarının değişmesinden ötürü yapılarda zemin cinsinin değişmesi ile birlikte, yapılardaki taban kesme kuvvetinin değişiminin farklılaştığı görülmektedir. Az katlı yapılarda periyot büyüklüklerinin az olması dolayısıyla zemin cinsinin değişmesi az katlı yapılarda taban kesme kuvveti üzerinde önemli bir farklılık yaratmaz. Bununla beraber çok katlı yapılarda özellikle zayıf zeminlerde önemli derecede artış gösterir.
- Yapılardaki taban kesme kuvvetlerinin değişimi gözlendiğinde zayıf zeminlerde özellikle kirişsiz döşemeli ve dişli döşemeli sistemlerin taban kesme kuvvetlerinin özellikle çok katlı yapılarda oldukça büyük değerlerde seyrettiği gözlemlenebilen bir gerçektir.
- Kirişsiz döşemeli ve süneklik düzeyleri yüksek olan çerçeveli yapı sistemlerinin gerekliliklerini bulundurmayan yapılara DBYBHY tarafından mutlaka perdeli çerçeve sistemlerine salip olma zorunluluğu getirilmiştir. Değişik döşeme sistemleri için DBYBHY'te taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve süneklik düzeylerinin belli aralıklarda olması şartı getirilmiştir. Yapılardaki taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve süneklik düzeyi yapının yatay yüklere maruz kaldığı haldeki davranışı açısından oldukça önemlidir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı dediğimiz yapının sünekliğinin göstergesi olan katsayının belirlenmesinde taşıyıcı sistemde bulunan perde elemanlarının dinamik kuvvetleri ne derecede yüklendiği oldukça büyük rol oynar.
- Oldukça fazla yapı sisteminde serbestlik derecelerinin azalmasına neden olarak hesapları kolaylaştıran rijit diyafram kabulü mühendisin hesap yükünü azaltan

ve hata olasılığını azaltan elverişli bir yöntemdir. Yapı sistemlerinde önemi oldukça fazla olan yapının rijit diyafram özelliği sağlandığının ya da sağlanmadığının kontrol edilmesi döşeme taşıyıcı elemanlarının doğru şekilde sonlu elemanlar metodu ile tanımlanması ile mümkün olabilir. Rijit diyafram kabulü genel olarak yapılarda çok kullanılan bir yöntemdir. Fakat esnek döşeme modeli bazen yapının tasarım ve tahkiki açısından ele alınması gereken bir kabuldür.

- Çok katlı yapılarda birtakım düzensizlikler bulunsa dahi yapının yüksek olmasından ve yapısal ek yerlerinin artmasından dolayı esnek döşeme modeli, rijit diyafram davranışına oldukça yaklaşır. Hesaplarda, serbestlik derecesinin az olması gibi nedenlerle kolaylık sağlandığından çok katlı yapılarda rijit diyafram modeli kullanılır.
- Düzensizlik oluşmasına neden olan tasarımlar binalarda mimari gerekliliklerden dolayı mutlaka kullanılması ise, çözümdeki zorluğa karşılık yapının en doğru hesap değerlerini elde etmemizi sağlayan esnek döşeme modelinin kullanılması zorunluluğu su götürmez bir gerçektir. İç kuvvet ve şekil değiştirme gibi yapıların taşıyıcı sistemlerinde özellikle yapı deprem gibi dinamik etkilere maruz kaldığında meydana gelen zorlanmalar esnek döşeme modeli kabulü sayesinde gözlemlenme olanağına kavuşur.
- Taşıyıcı sistemlerin düzenlenmesine oldukça dikkat edilmesi gerektiği ve mümkün olduğu kadar düzensizliklere neden olmayacak şekilde yerleştirilmesi gerekliliği, hesaplarda kolaylık sağlayan ve mühendisi daha az hatayla hesap yapmaya sevk eden rijit diyafram kabulü olanağı sağladığından dolayı yadsınamaz bir gerçektir.
- Taban kesme kuvveti diyagramlarının kat adedinin artmasıyla çok fazla değişmediği gözlenmetedir.Buradan da bina ağırlığının artmasıyla beraber 3. bölgedeki spektrum değerlerinin azalmakta olduğu ve bu iki faktörün birbirini dengelediği görülmektedir.
- Yapıların 1. doğal periyot diyagramlarında görüldüğü üzere Bina – 1'in x ve y doğrultusundaki 1. doğal periyod değerlerinin Bina – 2 ve Bina – 3'ün 1. doğal periyot değerlerine göre daha yüksek değerlerde seyrettiği görülmektedir.
- Bina – 2'nin x ve y doğrultularındaki taban kesme kuvveti değerlerinin Bina – 1 ve Bina – 3'e göre daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bunun sebebi

dişli döşemeye sahip binanın ağırlığının diğer binalara göre daha fazla olmasıdır.

- Taban kesme kuvveti diyagramlarından anlaşılacağı üzere Bina – 3'ün taban kesme kuvveti değerleri her iki doğrultuda da 10 katlı modelde Bina – 1'den daha azdır. Fakat y doğrultusunda 15 katlı modelden x doğrultusunda ise 10 katlı modelden sonra Bina – 3'ün taban kesme kuvveti değerleri Bina – 1'nin taban kesme kuvveti değerlerinin üzerine çıkmaktadır. Bunun sebebi Bina – 1'in Bina ağırlığının ve periyodunun Bina – 3'e göre daha fazla olması ancak 10 katlı modelden sonra Bina – 3 ile Bina – 1 arasındaki periyot farkının düzenli olarak artmasıdır.

KAYNAKÇA

[1] Celep, Z. Kumbasar, N., 2001. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[2] Celep Z. Kumbasar, N. 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[3] Doğangün, A., 2007. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[4] Ersoy, U. Özcebe, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[5] TS-500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[6] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.

[7] TS-498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[8] ETABS Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems Computers and Structures, Inc. 2002. California.

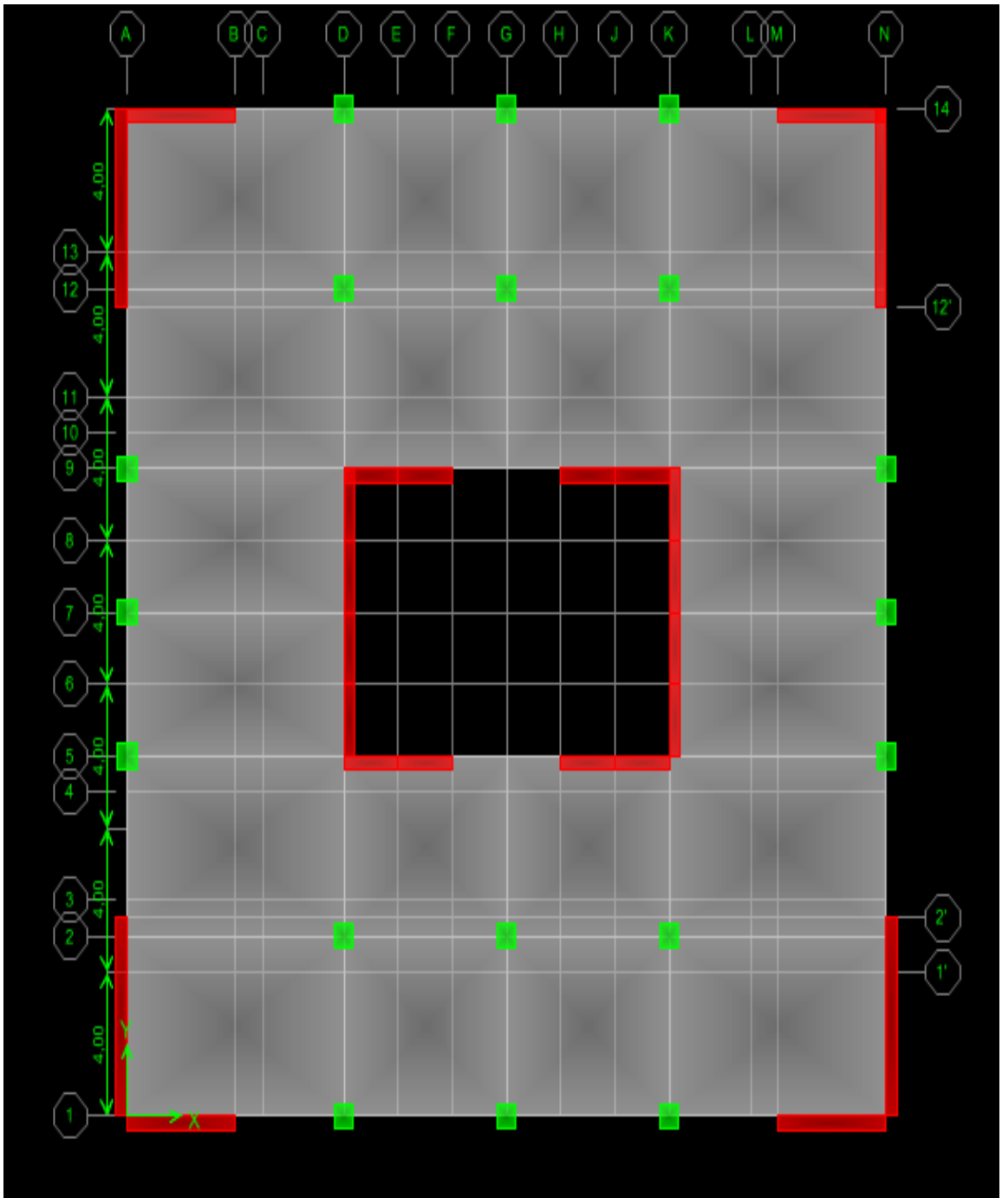
[9] Atımtay, E., 2000. Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarım, Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Cilt I-II, Metu Press, Ankara.

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

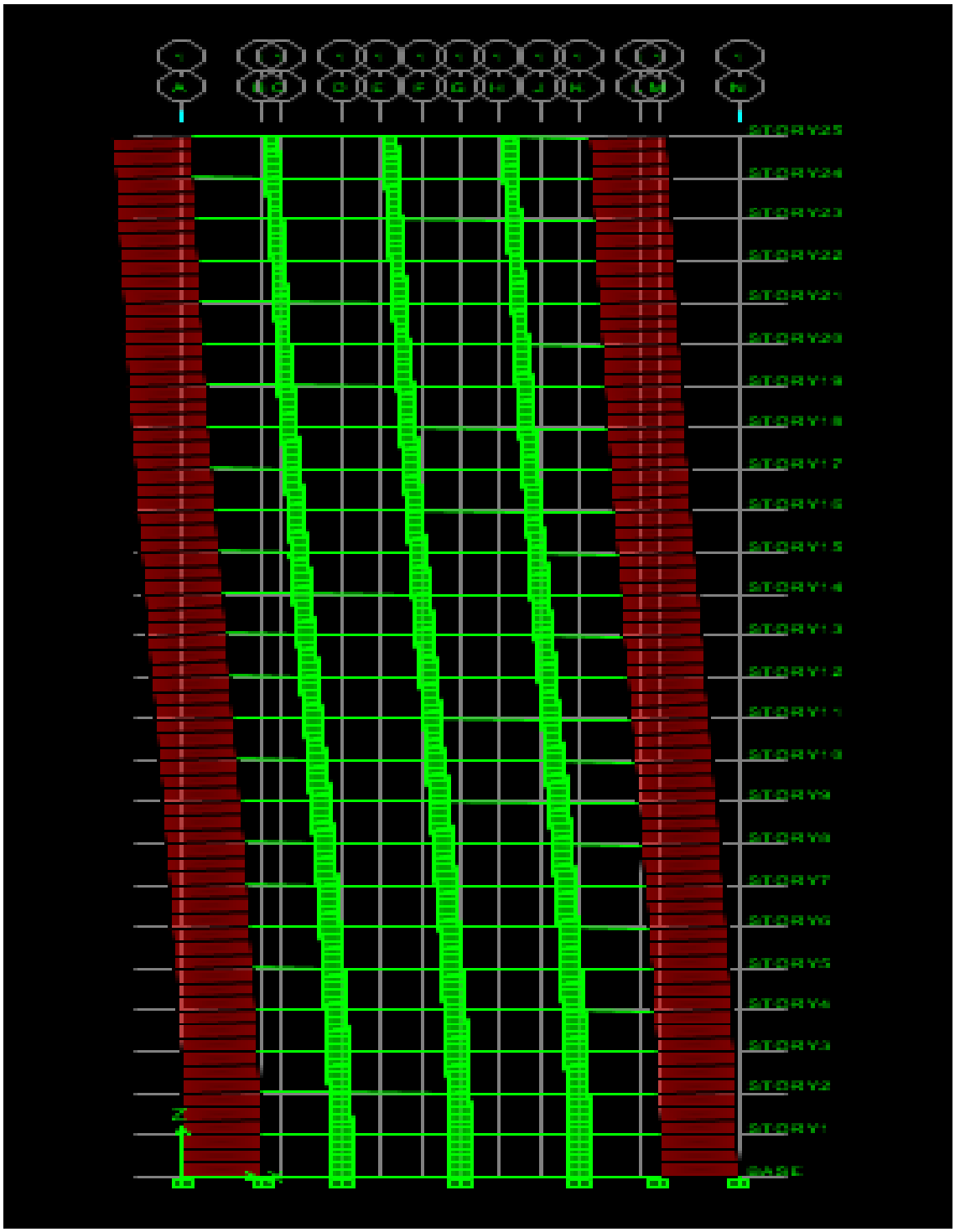
[11] Leylek, İbrahim E. 2005. Yapı Dinamiği Depreme Dayanıklı Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

[12] Eurocode 8: Designs Provisions for Earthquake Resistance of Structures, 1998.

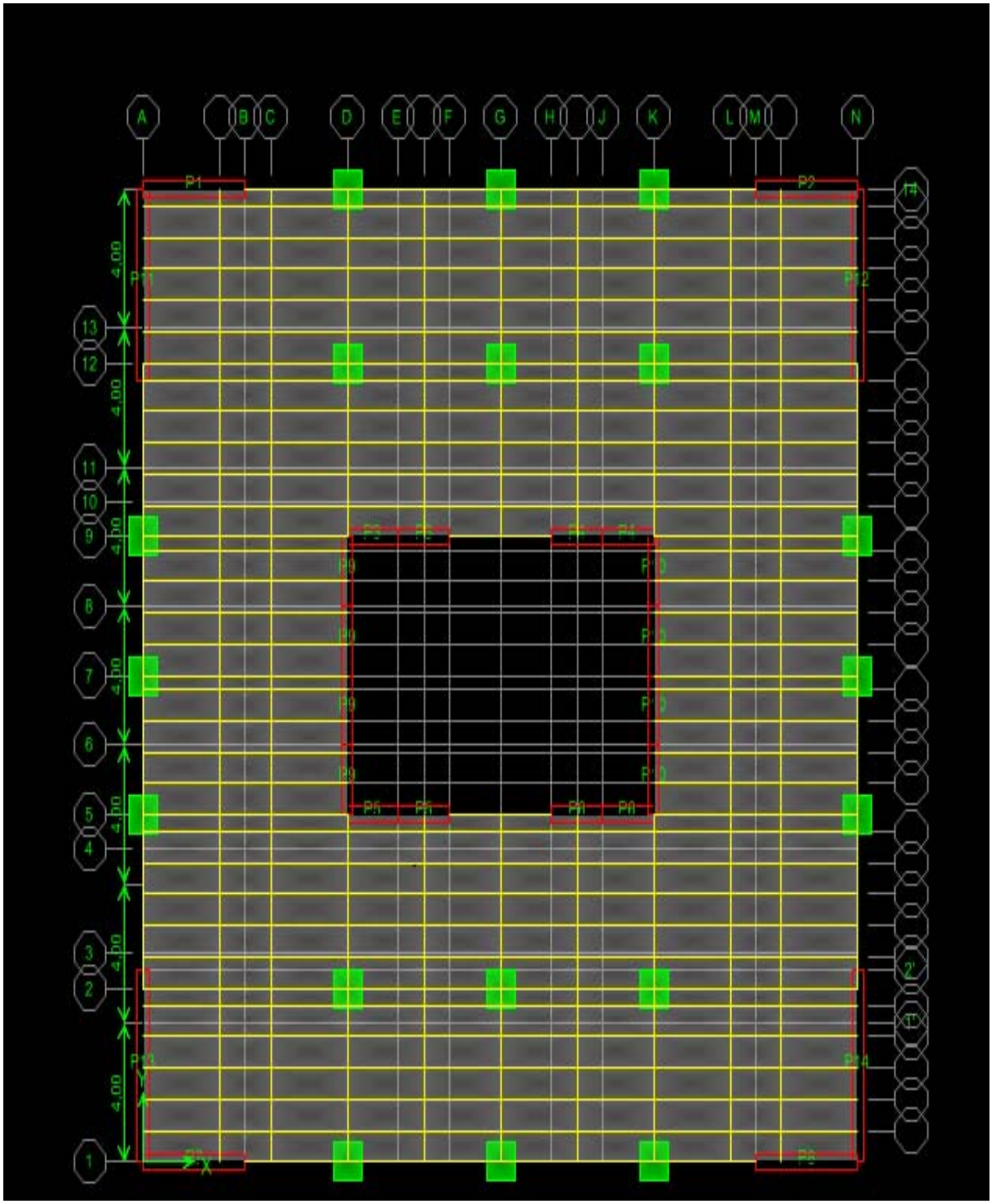
EKLER



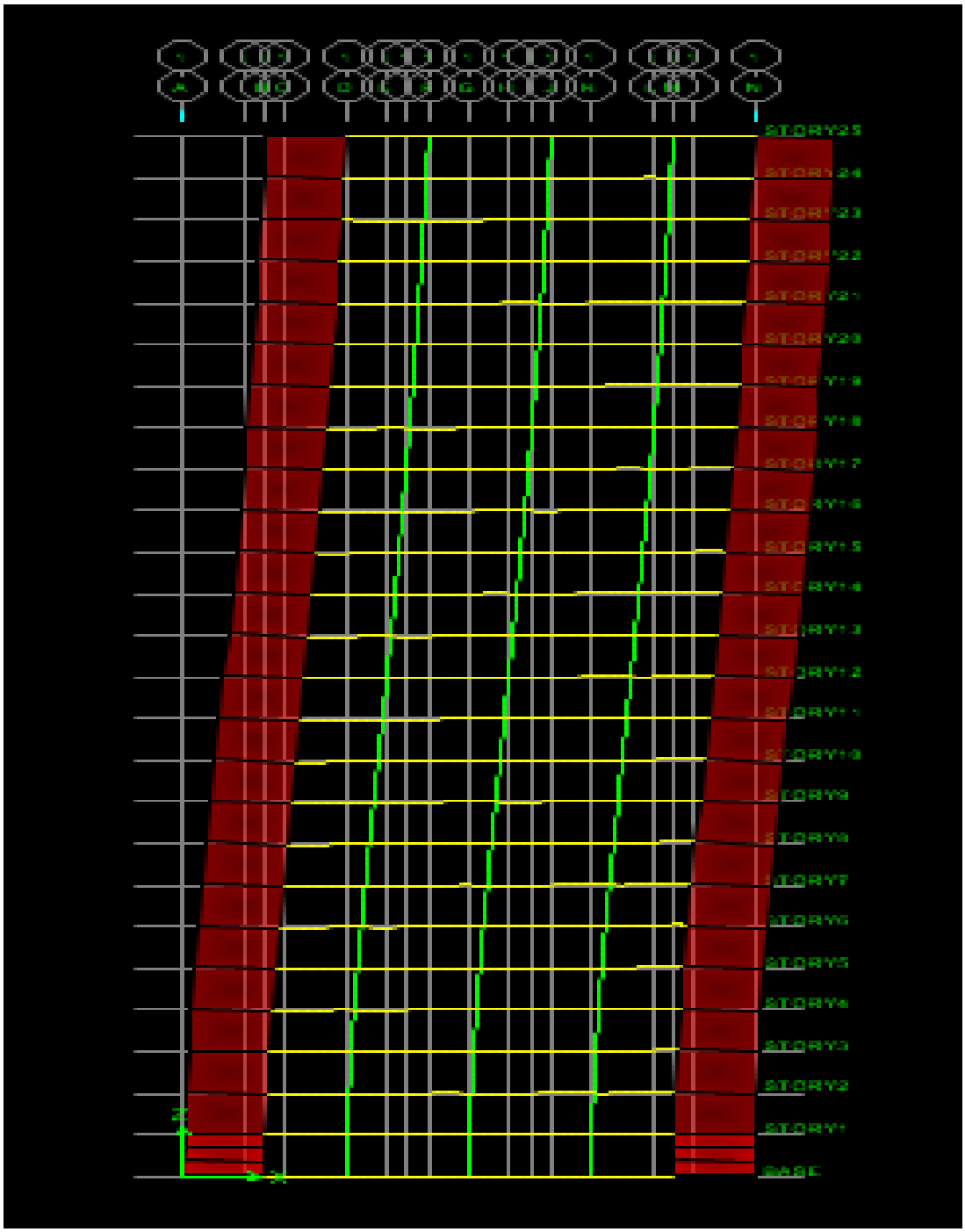
Şekil A.1: Bina-1 Kat Planı



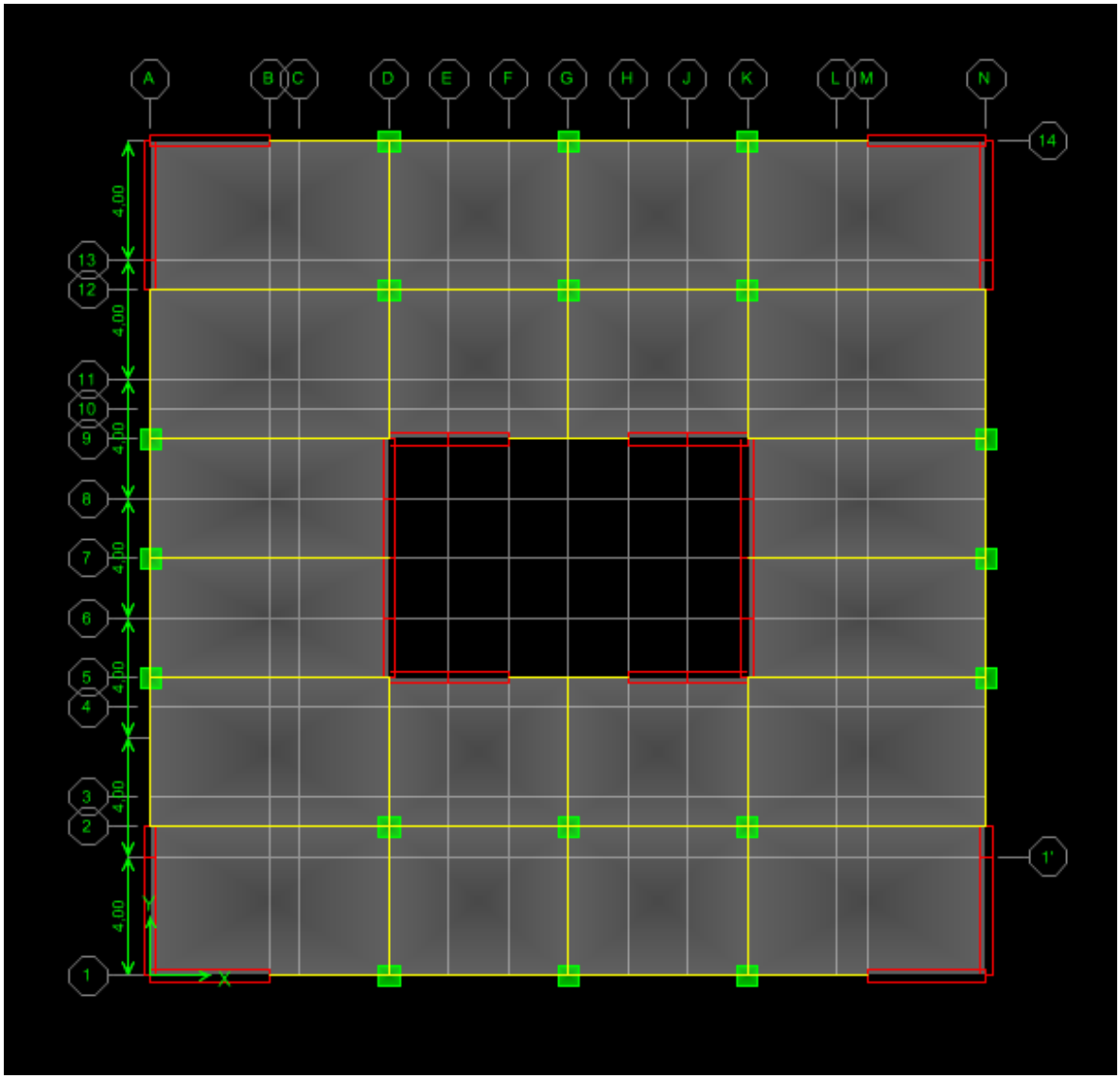
Şekil A.2: Bina-1 1. Doğal Periyot 2,2863 sn



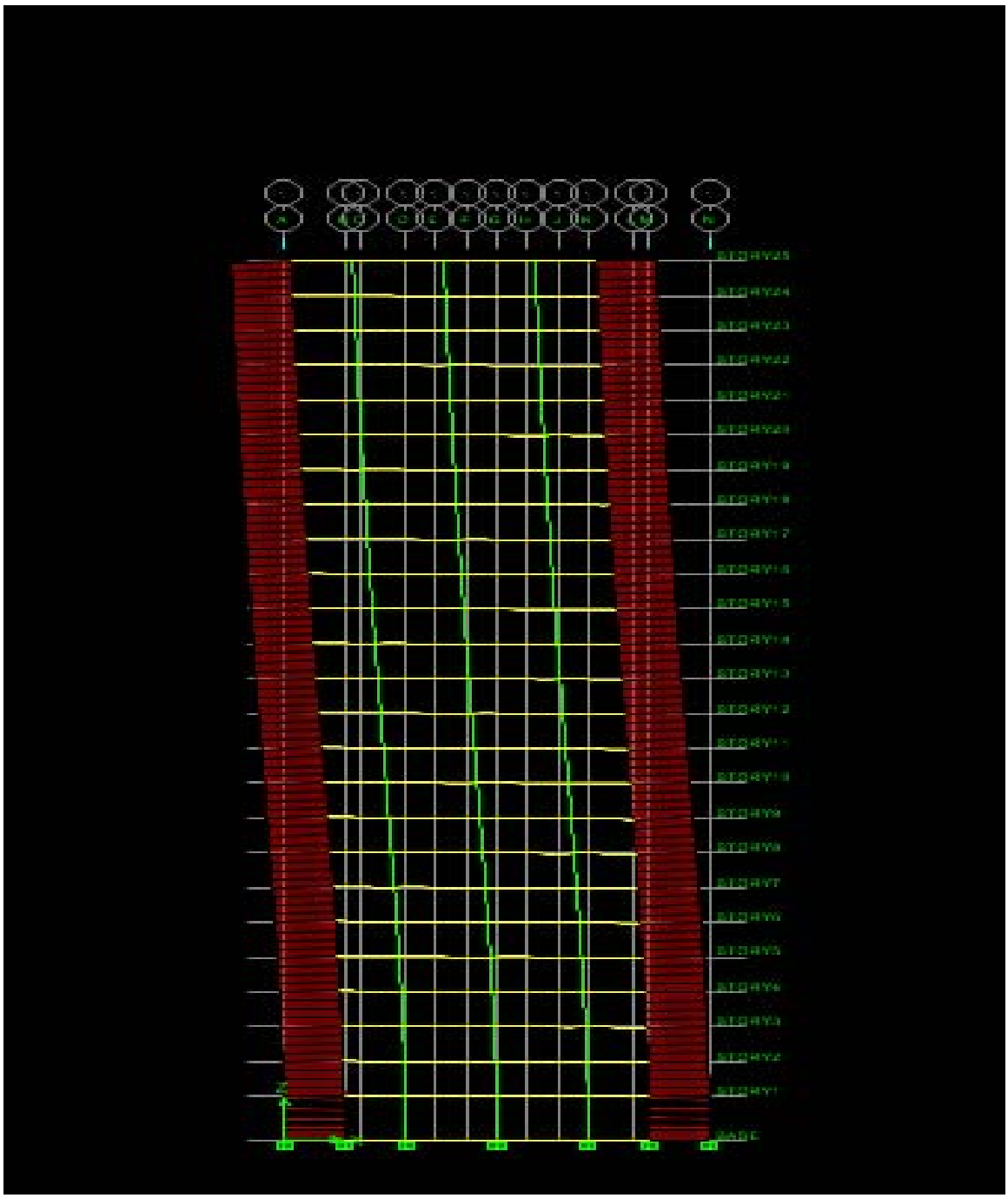
Şekil A.3: Bina-2 Kat Planı



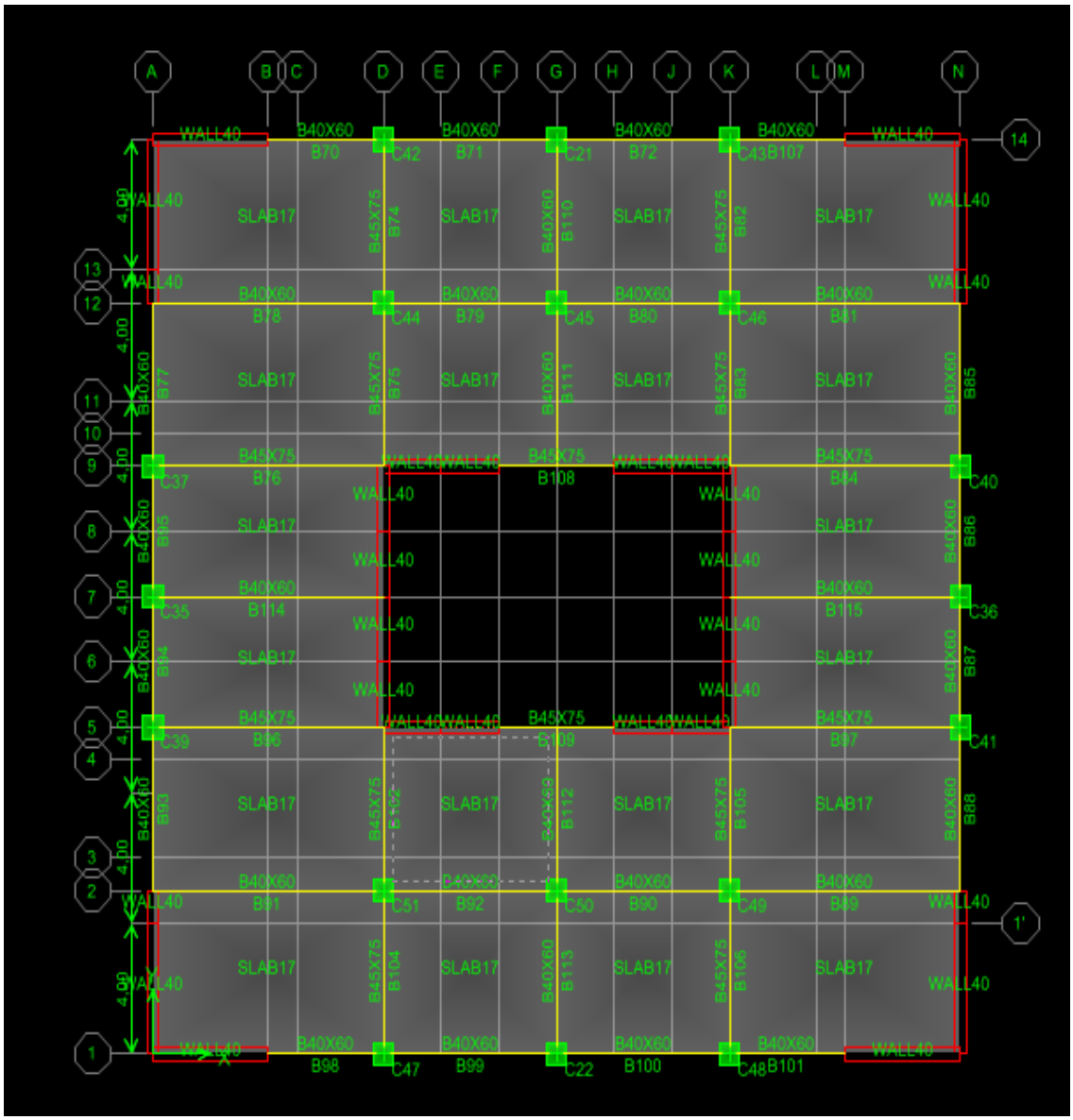
Şekil A.4: Bina-2 1. Doğal Periyot 1,9260 sn



Şekil A.5 Bina-3 Kat Planı



Şekil A.6 Bina-3 1.Doğal Periyot 2,0825 sn



Şekil A.7: Bina-3 Normal Kat Planı Üzerinde Kolon, Perde ve Kiriş Yerleri

Tablo A.1: A Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 10-25 Katlı Modellere Göre Toplam Yapı Ağırlıkları ve 1. Doğal Yapı Periyotları

Bina-1				
KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (KN)
		T1x	T1y	
25	80	2,286	1,935	374685,43
20	64	1,747	1,462	298408,84
15	48	1,191	0,961	224031,90
10	32	0,689	0,521	151226,68

Bina-2				
KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (KN)
		T1x	T1y	
25	80	1,925	1,667	419525,95
20	64	1,5	1,282	331328,99
15	48	1,047	0,865	246315,62
10	32	0,625	0,486	162563,34

Bina-3				
KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (KN)
		T1x	T1y	
25	80	2,082	1,669	365814,65
20	64	1,632	1,304	287373,86
15	48	1,136	0,844	213527,60
10	32	0,673	0,502	140935,61

ÖZGEÇMİŞ

1980'de İzmir'de doğdu. Daha sonra ilkokul eğitimine İstanbul Burak Reis İlkokulu'nda başladı. 1989 yılında İzmir Türkbirliği İlkokulu'na kayıt oldu ve ilkokul eğitimini burada tamamladı.1992'de İzmir Karşıyaka Lisesine kayıt oldu burada orta ve lise eğitimini tamamladı. 1998 yılında Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında mezun oldu ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mekaniği Programı'na kaydoldu. Bir yıl İngilizce hazırlık eğitiminden sonra Yapı Mühendisliği Programı derslerine devam etti.