

**ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**RİJİTLİK VE SÜREKSİZLİK DÜZENSİZLİKLERİNE SAHİP
BETONARME BİNALARDA SİMETRİK PERDELERLE YAPISAL
DAVRANIŞIN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Selçuk ÖZYER

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZİNCAN
2016**

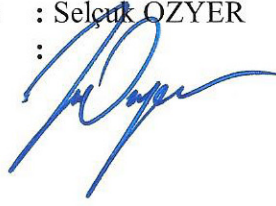
Her Hakkı Saklıdır

Bilimsel etiğe uygunluk sayfası

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı : Selçuk ÖZYER

İmza :



Yönergeye uygunluk sayfası

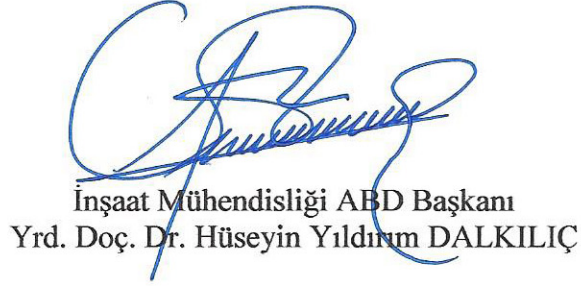
Rijitlik ve Süreksizlik Düzensizliklerine Sahip Betonarme Binalarda Simetrik Perdelerle Yapısal Davranışın İyileştirilmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erzincan Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan
Selçuk ÖZYER



Danışman
Yrd. Doç. Dr. Faah Mehmet ÖZKAL



İnşaat Mühendisliği ABD Başkanı
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

Kabul ve Onay Sayfası

Yrd. Doç. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL danışmanlığında, Selçuk ÖZYER tarafından hazırlanan bu çalışma 29/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Habib UYSAL

İmza: 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL

İmza: 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Atilla KUMBASAROĞLU

İmza: 

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

29.12.2016



Prof. Dr. Paşa YALÇIN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

RİJİTLİK VE SÜREKSİZLİK DÜZENSİZLİKLERİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA SİMETRİK PERDELERLE YAPISAL DAVRANIŞIN İYİLEŞTİRİLMESİ

Selçuk ÖZYER

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL

Gerçekleştirilen tez çalışmasında; ülkemizde de sıkça karşılaşıldığı üzere betonarme binalarda ticari veya mimari kaygılarla ortaya çıkan, B2 (rijitlik/yumuşak kat) ve B3 (düşey taşıyıcı elemanlarının süreksizliği) şeklinde yapısal tasarım yönetmeliklerinde de tanımlanmış olan taşıyıcı sistem düzensizlikleri dikkate alınmıştır. Bu amaçla, muhtelif kat planı ve kat sayısına sahip betonarme binalarda söz konusu düzensizliklerin tek başına veya birlikte bulunması halinde görülen etkileri incelenmiştir. Buna ilaveten, taşıyıcı sistem düzensizliği bulunan binalarda simetrik perde duvarlar teşkil edilmesi durumunda yapısal davranışın ne kadar iyileştirilebileceğine dair de değerlendirmeler sunulmuştur. Betonarme binaların yapısal çözümlemesi için ideCAD programı tercih edilmiştir. Tez çalışmasında depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri ve yapısal düzensizlikler ile daha önce yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiş; belirlenen betonarme binaların yapısal çözümlemesi gerçekleştirilerek B2 ve B3 düzensizliği katsayısı hesaplamaları yapılmıştır. Çözümlemelerden elde edilen sonuçlar da birbirleriyle karşılaştırmalı şekilde ele alınarak önerilen iyileştirme yönteminin yapısal davranış üzerindeki başarımı üzerinde değerlendirmeler sunulmuştur.

2016, 87 sayfa

Anahtar Kelimeler Betonarme binalar, Betonarme perdeler, Rijitlik düzensizliği, Süreksizlik düzensizliği, Taşıyıcı sistem düzensizlikleri

ABSTRACT

Master Thesis

**STRUCTURAL BEHAVIOUR REHABILITATION OF REINFORCED
CONCRETE BUILDINGS THAT HAVE RIGIDITY AND DISCONTINUITY
IRREGULARITIES BY SYMMETRICAL SHEAR-WALLS**

Selçuk ÖZYER

Erzincan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL

Two types of load-bearing system irregularities in reinforced concrete buildings, which are often encountered in our country as a result of commercial or architectural concerns, were studied in this thesis. Those are defined as B2 (rigidity/soft-story) and B3 (discontinuity of vertical load-bearing members) irregularities in structural design instructions. For this purpose, effects of those irregularities when they exist alone or together in reinforced concrete buildings, which have various story plans and number of floors, were investigated. Additionally, evaluations with respect to the rehabilitation level of the structural behavior, in case symmetrically shear-walls are implemented to the buildings with load-bearing irregularities, were carried out. ideCAD software was used for the structural analysis of reinforced concrete buildings. In addition to the commentary on earthquake resistant structural design and structural irregularities, structural analysis of particular reinforced concrete buildings were performed and coefficients of B2 and B3 irregularities were calculated in this thesis. Yielded results of structural analyses were compared with each other in order to present evaluations on the structural performance of proposed rehabilitation technique.

2016, 87 pages**Keywords:** Discontinuity irregularity, Load-Bearing system irregularities, Reinforced concrete buildings, Rigidity irregularity, Reinforced concrete Shear-walls

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı bana öneren, tezimin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Değerli Hocam Yrd. Doç. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca, bilgi ve deneyimleri ile beni her zaman destekleyen iş arkadaşlarım Öğr. Gör. Fatih İrfan BAŞ, Araştırma Gör. Muhammed Ali ÇOLAK ve Mustafa ÇAKI'ya teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, maddi ve manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen aileme, her konuda sabırla yardımcı olan sevgili eşime minnet ve şükranlarımı sunarım.

Selçuk ÖZYER

Aralık, 2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	11
2.1. Düzensiz Taşıyıcı Sistem Nedir?	11
2.2. Deprem Yönetmeliği Düzensiz Binalarla İlgili Açıklama ve Yönergeler.....	12
2.2.1. Düzensiz binaların tanımı	12
2.2.2. Düzensiz binalara ilişkin koşullar	12
2.2.3. Komşu katlar arası rijitlik/yumuşak kat (B2) düzensizliği	15
2.2.4. Yönetmelikteki yumuşak kat kriterinin eksikliği	17
2.2.5. Yumuşak kat düzensizliği etkileri nasıl giderilebilir?	18
2.2.6. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) düzensizliği	22
2.3. Analiz Yöntemleri	25
2.3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi	26
2.3.2. Mod birleştirme yöntemi	29
2.3.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemi	31
2.4. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı	32
2.4.1. Etkin yer ivmesi katsayısı	33
2.4.2. Bina önem katsayısı.....	33
2.4.3. Spektrum katsayısı.....	34
2.4.4. Özel tasarım ivme spektrumları	34
2.5. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sağlanması Gereken Ana İlkeler	35
2.5.1. Yapı tasarımında geometri	35
2.5.2. Taşıyıcı sistemin sürekliliği	36

	Sayfa
2.5.3. Taşıyıcı sistemde süneklik	36
2.5.4. Taşıyıcı sistemde rijitlik.....	37
3. MATERYAL ve YÖNTEM	38
3.1. İncelenen Betonarme Yapıların Özellikleri	39
3.2. Binaların Modellenmesi	48
3.3. Yapısal Çözümleme Bilgileri.....	55
3.4. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması	56
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	57
4.1. Tasarımı Gerçekleştirilen Binaların Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Alınması	60
4.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	70
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	76
EKLER	79
EK-1 Deplasman değişim grafikleri	79
EK-2 Modellerin mod şekillerine ait örnek modal yer değiştirmeleri	82
EK-3 Modellerde kullanılan modal periyot ve frekans örnekleri.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	87

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

$A(T)$	Spektral İvme Katsayısı
A_o	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
B_B	Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D	B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
D_i	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i .inci katta \pm %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_i	Binanın i 'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_{i-1}	Binanın $(i-1)$. inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
F	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i .inci kata etkiyen deprem yükü
G	Sabit yük
H_N	Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
h_i	Binanın i .inci katının kat yüksekliği
I	Bina Önem Katsayısı
M_n	n .inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
M_{xn}	Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
N	Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
n	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
q	Hareketli yük
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$Ra(T)$	Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
$S(T)$	Spektrum Katsayısı
$S_{ae}(T)$	Elastik spektral ivme [m/s^2]

$S_{aR}(Tr)$	r .inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m/s^2]
T_A, T_B	Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
Vt_B	Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
δ_i	Binanın i .inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	Binanın i .inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
Δi	Binanın i .inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta i)_{max}$	Binanın i .inci kattaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta i)_{min}$	Binanın i .inci kattaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta i)_{ort}$	Binanın i .inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesidir
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

Kısaltmalar

A1	Burulma Düzensizliği
A2	Döşeme Süreksizliği
A3	Planda çıkıntıların bulunmasından dolayı oluşan düzensizlik
B1	Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği
B2	Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği
B3	Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanları Süreksizliği

DBYBHY-2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kolonların konsol ve guselere oturması durumu (DBYBHY-2007)	14
Şekil 2.2. Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu (DBYBHY-2007)	14
Şekil 2.3. Perdelerin kolona oturması durumu (DBYBHY-2007)	15
Şekil 2.4. Perdelerin kirişe oturması durumu (DBYBHY-2007)	15
Şekil 2.5. Rijitlik koşulu için görelî kat ötelemesi (Doğangün, 2016)	16
Şekil 2.6. Yumuşak kat göçme mekanizması	17
Şekil 2.7. Zemin kat yüksekliği diğer katlardan fazla ve camekân olan bir yapı.	20
Şekil 2.8. Zemin katta dolgu duvarı olmaması, zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan fazla olması durumu	20
Şekil 2.9. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde B2 düzensizliğinden dolayı hasar gören binalar.	21
Şekil 2.10. Van depreminde B2 düzensizliğinden dolayı hasar gören bir bina.	21
Şekil 2.11. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Url, 2013)	24
Şekil 2.12. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Topçu, 2011). ..	24
Şekil 2.13. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu Tokat 2016	25
Şekil 2.14. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Topçu, 2011). ..	25
Şekil 2.15. İvme spektrumu	34
Şekil 2.16. Yapı geometri şekilleri	36
Şekil 3.1. 4x3 açıklıklı 4 katlı çerçevesel referans modelin zemin kat planı	41
Şekil 3.2. 4x5 açıklıklı 4 katlı çerçevesel referans modelin zemin kat planı	42
Şekil 3.3. 8 katlı perde çerçevesel B3 düzensizliği olan modelin zemin kat planı	43
Şekil 3.4. 8 katlı perde çerçevesel B3 düzensizliği olan modelin zemin kat planı	44
Şekil 3.5. 12 katlı perde çerçevesel B3 düzensizliği olan modelin zemin kat planı	45
Şekil 3.6. Zemin kat yüksekliği 5m olan 4 katlı betonarme çerçevesel bina	50
Şekil 3.7. Zemin kat yüksekliği 5m olan 4 katlı betonarme çerçevesel B3 düzensizliği olan bina	51
Şekil 3.8. Zemin kat yüksekliği 5m olan 8 katlı betonarme çerçevesel bina	51
Şekil 3.9. Z. kat yüksekliği 5m, B3 düzensizliği olan 8 katlı perde-çerçevesel bina ...	52
Şekil 3.10. Zemin kat yüksekliği 4m olan 12 katlı betonarme çerçevesel bina	52

Sayfa

Şekil 3.11. Z.kat yüksekliği 4m B3 düzensizliği olan 12 katlı perde-çerçeve bina	.53
Şekil 3.12. Hesaba katılan tipik mod şekilleri	.....53
Şekil 4.1. 4 katlı, zemin kat yüksekliği 5 m olan ve B3 düzensizliği bulunan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....57
Şekil 4.2. 4 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan ve B3 düzensizliği bulunan yapının $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....58
Şekil 4.3. 8 katlı zemin kat yüksekliği 5 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....58
Şekil 4.4. 8 katlı, zemin kat yüksekliği 5 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....59
Şekil 4.5. 12 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....59
Şekil 4.6. 12 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı	.....60
Şekil 4.7. 4x3 Açıklıklı 4 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....62
Şekil 4.8. 4x5 Açıklıklı 4 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....63
Şekil 4.9. 4x3 açıklıklı 8 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....65
Şekil 4.10. 4x5 açıklıklı 8 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....67
Şekil 4.11. 4x3 açıklıklı 12 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....68
Şekil 4.12. 4x5 açıklıklı 12 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi	.....70

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Yumuşak kat kriteri η_k 'ya göre yapılacak işlemler, DBYBHY-2007.....	17
Tablo 2.2. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	26
Tablo 2.3. Hareketli yük katılım katsayısı (n)	27
Tablo 2.4. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_o)	33
Tablo 2.5. Bina önem katsayısı (I).....	33
Tablo 2.6. Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	34
Tablo 3.1. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 4 katlı modeller	46
Tablo 3.2. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 8 katlı modeller	47
Tablo 3.3. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 12 katlı modeller	48
Tablo 3.4. Bina özellikleri.....	54
Tablo 4.1. 4x3 açıklıklı 4 katlı modellerin analiz sonuçları.....	61
Tablo 4.2. 4x5 Açıklıklı-4 katlı modellerin analiz sonuçları	62
Tablo 4.3. 4x3 Açıklıklı 8 katlı modellerin analiz sonuçları.....	64
Tablo 4.4. 4x5 Açıklıklı 8 Katlı modellerin analiz sonuçları.....	65
Tablo 4.5. 4x3 Açıklıklı 12 katlı modellerin analiz sonuçları.....	67
Tablo 4.6. 4x5 Açıklıklı 12 katlı modellerin analiz sonuçları.....	69

1. GİRİŞ

Son yıllarda yapı düzensizlikleri üzerine ülkemizde birçok bilimsel çalışma yapılmış ve yapı düzensizliklerini gidermek adına çözüm önerileri ortaya konmuştur. Taşıyıcı sistemde temel kural, yapıya gelen yüklerin yapı içinde dolaşmadan en kısa yolu izleyerek temele aktarılmasıdır. Mimar için estetik ve kullanışlı yapı ön planda iken mühendis için güvenlik ön plandadır.

Ülkemizde ve dünyada daha önce yaşanan depremlerden elde edilen tecrübeler göstermiştir ki birçok binanın yıkılma nedeni tercih edilen yanlış tasarım ve daha önce çok fazla dikkate alınmayan yapı düzensizlikleridir. Genellikle kesit ve planlarında düzenli olan yapıların deprem davranışı önceden kestirilebilmekte ve alınacak önlemlerle ortaya çıkabilecek sıkıntılar en aza indirilebilmektedir.

Tamamına yakını deprem kuşağında bulunan ülkemizde yapılar ekonomik ömrü boyunca bir veya birçok kez deprem yüküne maruz kalmaktadır. Yapıya gelmesi muhtemel yüklerin iyi hesaplanması ve yüklerin yapıya güvenli bir şekilde taşınması en önemli husustur.

Günümüzde yapı sahibinin istekleri, arsa düzensizlikleri, kişisel çıkar kaygısı, özellikle mimar ve mühendisin birlikte hareket etmemesi gibi nedenlerden ötürü yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle gerek tasarım aşamasında, gerekse imalat aşamasında mutlaka kaçınılması gereken düzensizlikler ortaya çıkmaktadır. Taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan bir binada, zemin kat yüksekliğinin normal katlardan fazla olması, özellikle zemin katta muhtelif işyerleri (mağaza, banka, restoran vb.) için geniş alanlar sağlayabilmek adına zemin katta dolgu duvarların azaltılması veya hiç yapılmaması yumuşak kat düzensizliğine sebep olmaktadır.

Yeteri kadar dikkate alınmadıkları durumlarda ağır hasarlara ve hatta göçmelere sebebiyet veren bu düzensizlikleri, Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007),

planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ayrı ana grupta incelemektedir. Deprem yönetmeliğinde bazı düzensizlikler hesap yöntemi seçiminde etken olup bazı düzensizliklerin yapılması kesinlikle yasaktır.

Bu çalışmada, muhtelif plan yerleşimine, kat yüksekliğine ve kat sayısına sahip betonarme binalarda, rijitlik/yumuşak kat düzensizliği oluşumu ve etkileri ile düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği (B3) bulunması halinde yapısal davranışta ortaya çıkan olumsuzluklar incelenmiş ve simetrik perde duvarlar eklenerek yapısal davranışın ne seviyede iyileştirilebildiği üzerine kıyaslamalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada ki hesaplamalar ülkemizde kullanılan statik hesap programı ideCAD7 ile yapılmış, çıkan sonuçlar karşılıklı olarak değerlendirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Yatay yer değiştirmeleri azaltan perdeler yapının dış kenarlarına ve x ve y eksenlerine simetrik olacak biçimde yerleştirilmiştir.

Çerçeve sistemli betonarme yapıların zemin kat yüksekliğinin yapıya olan etkisi, zemin kat yüksekliğine bağlı olarak düşeyde düzensizlik bulunması durumunda kat yüksekliğinin etkisi ve rehabilitasyon amaçlı yapıya simetrik perde eklendiğinde yapıda oluşan değişimler ele alınmıştır. Belirlenen farklı planlara ve çerçeve sisteme sahip yapı modeli üzerinde gerçekleştirilen yapısal çözümlerinde, yükleme koşulları, malzeme özellikleri, dolgu duvarın cinsi ve kalınlığı sabit tutulmuştur. Referans binaların zemin katından bir adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuştur. Yapılan çok sayıda analiz neticesinde düzenli referans binalar ile B3 düzensizliği olan binalar karşılıklı kıyaslanmış; zemin kat yüksekliğine bağlı olarak B2 düzensizliği katsayısı, zemin kat deplasmanı ve görelî kat ötelenme oranı değerlerinin değişimi incelenmiştir.

Bu çalışmada ülkemizde maalesef çok fazla dikkate alınmayan, deprem yönetmeliğinde bazı kısıtlamalar olsa da yapılmaya devam edilen, düşey doğrultuda düzensizlikler başlığı altında geçen B2 ve B3 düzensizliklerinin ilişkisi incelenmiştir. Düzensizliklerin beraber olduğu durumda yapıya simetrik deprem perdeleri eklenerek yapı davranışı ele alınmış ve perdelerin yapıya getirmiş olduğu

olumlu/olumsuz durumlar incelenmiştir. Bu amaçla muhtelif kat planı ve kat sayısına sahip binalarda söz konusu düzensizliklerin tek başına veya birlikte bulunması halinde görülen etkiler değerlendirilmiştir. DBYBHY-2007 dikkate alınarak doğrusal elastik hesap yöntemlerinden mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapısal çözümler gerçekleştirilmiştir.

Betonarme binalarda rijitlik ve süreksizlik düzensizlikleri hakkında daha önce yapılan çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir.

Doğangün ve Livaoğlu (2002), çalışmalarında rijitlik ya da yumuşak kat düzensizliği olarak adlandırılan düzensizliğin oluşmasını engelleyecek olan tasarım ilkelerini açıklamayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, 6 ve 10 katlı çerçeve taşıyıcı sistemine sahip yapılar ile 12 katlı perde-çerçeve taşıyıcı sistemine sahip bir yapıda zemin kat yüksekliğini değiştirerek analizler yapmışlardır. Bu yüksekliğin farklı değerlerinde yapılarda oluşabilecek yumuşak kat düzensizliği değerlerinin değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak, perde çerçeve sistemlerde doğru yerleştirilen perdenin yumuşak kat düzensizliğinin ortaya çıkmasını engellediğini, ayrıca zemin kat yüksekliğinin diğer katların yüksekliğinden fazla olması halinde yumuşak kat davranışının oluşacağını gözlemlemişlerdir.

Kaya (2004) çalışmasında yapı taşıyıcı sistemlerinde (düzlem ve uzay), kolonların konsol kirişlere oturması durumunda, konsol açıklığının artışına göre, statik ve dinamik etkileri inceleyebilmek ve karşılaştırabilmek amacı ile 6 katlı konsol kirişsiz bir ana model belirlemiştir. Ana modele bağlı olarak, 1,50m, 1,75m, 2,00m, 2,25m, 2,50m, 2,75m konsol kirişli düzlem sistemler oluşturmuş ve bu konsol kirişlerin uçlarına kolonlar oturtmuştur. Yapıda taşıyıcı sistemindeki süreksizlik nedeniyle, aynı akstaki kirişlerde, farklı kiriş boyutları gerilme yığınlarına neden olur. Plastik mafsallı oluşumunun, kolonu kaldırılan katta oluşacağı dikkate alınarak, kolonların eğilme momentlerinde artış olacağından, kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumuna meydan verilmemelidir.

Karşlıoğlu (2005) yapmış olduğu çalışmasında çok katlı binalarda tuğla duvarların bina davranışına olan etkisini araştırmıştır. 2 bodrum katı, 1 zemin katı, 1 asma katı ve 10 normal katı bulunan yapının çerçeve sistemini SAP2000 programı kullanarak modelleme yapmış ve bu model doğrultusunda dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız iki ayrı modelin dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, tuğla dolgu duvarın yapıya eklenmesiyle, periyot, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve yumuşak kat oluşumunda farklılıklar olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Evcil (2005), Deprem yönetmeliğin de bulunan, bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemlerin seçiminde etkin düzensizliklerden biri olan A1 Burulma düzensizliğini yaptığı çalışmada incelemiştir. Bu yapı modelleri çözülerek burulma düzensizliği katsayısının aks sayılarına ve kat sayılarına göre değişimleri incelenmiştir. Yapıda burulma düzensizliği ($\eta_{bi} > 2.00$) oluşmaması için mevcut kolon boyutları arttırılarak, mevcut perde elemanlara simetrik perde elemanları yerleştirilerek ve perdelerin yapı içerisindeki konumları değiştirilerek değişik çözümler yapılmıştır. Özellikle yüksek yapılarda, perde eleman kullanımı ile yapının yatay yönde rijitliği arttırılır. Yapılan tüm çalışmalar perde elemanların yapı içerisindeki yerleşimlerinin ve miktarlarının çok önemli olduğunu göstermiştir.

Işık (2006), çalışmasında dolgu duvarların varlığının ve farklı zemin kat yüksekliklerinin, yapı davranışı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Zemin kat seviyesinde dolgu duvar yüksekliklerini kademeli bir şekilde arttırarak kısa kolon oluşumunu, zemin kat yüksekliklerini arttırarak da yumuşak kat oluşumunu incelemiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarlar uygun ve düzenli olarak kullanılmadığında, yatay kuvvetler altındaki yapıların davranışlarında ciddi anlamda olumsuz etkiler meydana geldiğini gözlemiştir. Zemin kat yüksekliğinin arttırılmasının ise, yapıyı yumuşak kat düzensizliği riskine soktuğunu görmüştür.

Korkmaz ve Uçar (2006), yaptıkları çalışmada betonarme binaların deprem davranışlarında dolgu duvar etkilerini incelemişlerdir. Bu doğrultuda çerçeve ve dolgu duvarların mevcut olduğu betonarme binaların deprem davranışındaki

değişiklikleri araştırmıştır. Bu doğrultuda sadece çerçeve sistemin olduğu ve dolgu duvarların yapının tüm katlarında bulunduğu düzenli yapıların analizleri yapılarak, deprem davranışına etkileri incelenmiştir. Elastik ötesi statik itme analizi yöntemi ile yapıların kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmeleri, göreceli kat ötelenmeleri, katlardaki maksimum plastik dönmeler ve plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımlarını belirlenmiştir. Çalışma da, binanın deprem etkisi altındaki kapasitesi, kat yatay yer değiştirmeleri, göreceli kat ötelenmesi değerleri, sistemde oluşan plastik kesitlerin dağılımları (yerleri) ve her plastik kesitin olduğu yük değerleri üzerinde önemli etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Altıntop (2007), çalışmasında, yumuşak kat düzensizliği bulunan yapıların doğrusal olmayan davranışlarını, artımsal itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile analiz edip, çözümlenmelerin bu tür katlı binalar için etkinlik ve doğruluklarını değerlendirmiştir. İki boyutlu, farklı kat ve açıklık sayısına sahip sayısal modelleri, değişken hasar seviyeleri ve ilk kat yükseklikleri dikkate alınarak artımsal itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Çözümlenmeler sonucunda, B2 düzensizliğini inceleyerek bu düzensizliğin sebep ve sonuçlarını açıklamıştır. Ek olarak farklı yönetmeliklerdeki B2 düzensizliği tanımlarını irdelemiş ve ilgili yönetmeliklerdeki bu düzensizliğe sahip yapıların tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken kuralları özetlemiştir.

Beklen (2009), yapmış olduğu çalışmasında taşıyıcı eleman olmayan dolgu duvarların deprem davranışına olan olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmıştır. Bu doğrultuda, farklı düzlem çerçevelerin yatay yükler altında, dolgu duvarlar için eşdeğer basınç çubuğu modeli ve sonlu elemanlar modeli kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan model 5 katlı ve 10 katlı modellenerek farklı kolon kesitleri için deprem çözümlenmeleri yapılmıştır. Yapılarda dolgu duvar ürünleri olarak tuğla ve gaz beton kullanılmıştır. Düzlem çerçeve ve üç boyutlu çerçevede dolgu duvarın olumsuz etkileri olan kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliği araştırılmıştır. Yapılan çalışma da, yapıda bulunan dolgu duvarların rijitlik, periyod, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve bina davranışını etkilediği sonucu ortaya çıkmıştır.

Şengöz ve Sucuoğlu (2009) DBYBHY-2007’de verilen yöntemleri kullanarak iki farklı konut yapısının mevcut hal ve güçlendirilmiş hallerinin karşılıklı değerlendirmesini yapmış, değerlendirme sonuçlarını ayrıca binalardan tekinin etkilendiği 1999 Düzce depremde gözlenen performansı ışığında irdelemiştir. Yapılan çalışmadan bulunan sonuçlar doğrultusunda DBYBHY-2007’nin güçlü ve zayıf yanları belirlenmeye çalışmıştır. Sonuç olarak, DBYBHY-2007’de verilen mevcut binaları değerlendirme yöntemlerinin oldukça tutucu olduğunu ortaya koymuşlardır.

Birol (2010), çalışmasında doğrusal elastik analiz yöntemi ile komşu katlar arası rijitlik düzensizliğinin (yumuşak kat) betonarme binaların performanslarının belirlenmesinde etkisini incelemiştir. Farklı karakteristik özelliklere sahip 3, 5 ve 7 katlı toplam üç adet bina boyutlandırılmış ve orta akslarına ait düzlem çerçeveler ele alınmıştır. İncelenen çerçevelerin DBYBHY-2007’deki iki farklı deprem seviyesi için doğrusal elastik hesap yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ile analizleri yapılarak kiriş ve kolon elemanların uç kesitlerinde oluşan etki/kapasite oranları (r) ile çerçevelerin görelilik kat öteleme talepleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, düzenli çerçevelerin performansının belirlenmesinde eleman hasar düzeyleri etkili olurken, yumuşak kat düzensizliğinin olduğu çerçevelerde görelilik kat ötelemelerinin etkili olduğu gözlenmiştir.

Aktan ve Kırac (2010), çalışmalarında binaya gelen yatay yüklerin karşılanmasında etkin bir eleman olan betonarme perde duvarları araştırmışlardır. Depreme dayanıklı yapılar tasarlamak için gerekli olan rijitlik, dayanım ve süneklik kriterlerini incelemişlerdir. Perde duvar elemanlarının planda doğru yerleştirilmesinin önemini vurgulamışlardır. Farklı konumlarda bulunan perde elemanlarının yapı davranışını ne şekilde etkilediğini araştırmışlardır. Yapıda perdelerin her iki doğrultuda ve yüksek burulma rijitliği oluşturacak şekilde yerleştirildiği durumda oluşan deplasman, görelilik öteleme ve burulma katsayısı değerlerinin tek taraflı şekilde yerleştirildiği duruma göre azaldığını belirtmişlerdir. Betonarme perdeli-çerçeve tipi yapıların incelenen

kriterlere göre daha uygun sonuçlara ulaştığı, depreme dayanıklı yapılar tasarlanmak istendiğinde perde duvarların önemini yapılan çalışma açıkça ortaya koymaktadır.

Yedikardeş (2010), yaptığı çalışmasında DBYBHY-2007 incelenmekte ve perde duvarlı sistemler ile A2 düzensizliği (döşeme süreksizliği) durumu ve bu düzensizliklerin düzeltilmesi için perde duvar konumunun etkisini incelemektedir. DBYBHY-2007’de önerilen eşdeğer deprem yükü yöntemine göre rijit diyafram modeli ve kabuk modeli kullanılmıştır. Tüm modellerin çözümlemesi için SAP2000 paket programı ile yapılmıştır. Perde duvarlar yapının kütle merkezinden uzaklaştıkça, yapı emniyeti de artmış ve daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Simetrik olarak yerleştirilmiş perde duvarlı yapıların, perdesiz veya perdeleri simetrik olarak yerleştirilmemiş olan yapılardan daha güvenli olduğu ve depreme karşı daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir.

Başlı (2011), çalışmasında 2007 deprem yönetmeliğini irdelemiş, A1 (burulma), B1 (zayıf kat) ve B2 (yumuşak kat) düzensizlik durumlarını incelemiştir. Yumuşak kat düzensizliği değişiminin incelenebilmesi için de dolgu duvarları modelleyerek analizler gerçekleştirmiştir. Bu yapı tipleri çözülerek burulma ve yumuşak kat düzensizliği değerlerinin açıklık ve kat sayılarına göre değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak, perde elemanlarının sayılarının ve konumlarının burulma düzensizliği oluşumu açısından oldukça önemli olduğu anlaşılmış; dolgu duvarların ise yapının periyot, yatay deplasman, rijitlik, taban kesme kuvveti ve yumuşak kat davranışını etkilediği görülmüştür.

Öztürkçü (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış olan mevcut betonarme yapıların performansları incelenmiştir. 1975 deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış bu yapılarda; beton dayanımının C20’den C16, C14, C10, C8’e azalmasının, donatı dayanımının S420’den S220’e azalmasının, kat adedinin 4-5-6-7-8 olarak artışının, yumuşak kat ve güçlü kiriş – zayıf kolon yapı performanslarına olan etkileri araştırılmıştır. SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak yapıların doğrusal olmayan statik itme analizi ile yapı kapasite eğrileri

elde edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucu malzeme kalitesindeki düşüklüğün, yumuşak kat, güçlü kiriş – zayıf kolon gibi tasarım olumsuzluklarının ve kat adedi değişiminin yapı performansını olumsuz etkilediği gösterilmiştir. Bu tür olumsuzlukların yapıların yatay yük taşıma kapasitelerinde ve sünekliklerinde önemli derecede azalmalara neden olduğu gözlenmiştir.

Karasu (2011) doğrusal elastik yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemini kullanarak, ele alınan üç katlı ve düşey doğrultuda rijitlik düzensizliği (B2– yumuşak kat) içeren binaların performans analizlerini yapmıştır. Analizlerin yapılmasında, SAP2000 programı kullanılmıştır. B2 düzensizliği doğrultusunda ilk katı yükseltilmiş bina ele alınarak, dolgu duvar etkisinin yapının performansına etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda binalar, dolgu duvarsız, iki ve üçüncü katları dolgu duvarlı ve tüm katları dolgu duvarlı olarak modellenmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, binalara yerleştirilen dolgu duvarların, bina performansını önemli ölçüde arttırdığı ortaya konmuştur.

Orak (2012) çalışmasında, betonarme perde-çerçevesel binalardaki plan ve düşey doğrultudaki düzensizliklerin farklı yönetmeliklere göre incelenerek davranışa etkisini araştırmıştır. Taşıyıcı sistemde perde duvarların yerleştirilmesine belirli bir kattan sonra son verilmiştir. Düşey doğrultudaki süreksizliklerde binanın perde duvar olmayan katlarında, perde duvarlı katlara göre daha olumsuz sonuçlar göstermiştir. Düşey doğrultudaki perde duvarlarından kaynaklı süreksizliklerde, binada perde duvarının olduğu katlar perde-çerçeve sistem olarak çalışması sadece çerçeve sistem olarak çalıştığı duruma göre daha az yanal yer değiştirme yapmıştır. Yüksek katlı binaları perde-çerçeve taşıyıcı sistemli, simetrik planlı ve iyi zemin sınıfı koşullarında projelendirmeye gayret edilmelidir.

Gezmiş (2012), gerçekleştirdiği çalışmada, taşıyıcı sistem elemanlarından perde duvarların plandaki konumunun yapılarda deprem kuvvetleri altındaki davranışa olan etkisinin araştırmıştır. Bu amaç doğrultusunda planda perde yerleşimi bakımından

biri düzensiz, diğeri düzenli olan iki betonarme yapı ele alınarak deprem etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Yapılara deprem kuvvetleri altında büyük hasarlar verebilecek burulma düzensizliğinden kaçınmak ve taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımın üstünde iç kuvvetlere maruz kalmasını önlemek amacı ile perde elemanlarının planda yerleşimine çok dikkat edilmeli ve planda mümkün olduğunca simetrik ve her iki doğrultuda rijitlikleri birbirine yakın olacak şekilde düzenlenmelidir.

Urtimür (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, SAP2000 kullanarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile perde kalınlığının, perde konumunun ve perde sayısının yapı davranışına etkilerini DBYBHY-2007'de verilen kıstaslara göre incelenmiştir. Çalışma sonunda tasarım yapılırken perdelerin, yapının kütle merkezinden uzakta, simetrik ve depremin hangi yönden geleceği belli olmadığından her iki eksen doğrultusunda yerleştirilmesi önerilmektedir.

Yaylalı (2012) çalışmasında 1975 deprem yönetmeliği koşullarına göre boyutlandırılmış ve can güvenliği performans düzeyini sağlayan iki doğrultuda simetrik, 5 katlı, düzenli bir bina seçilmiştir. Sonra da bu yapıdan türetilen ve düzensizlik içeren 3 ayrı yapı ele alınarak, bilgisayar ortamında modellenmiş ve ayrı ayrı doğrusal elastik yöntem yardımıyla performans analizleri yapılmıştır. Düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği durumlarının, yapı deprem performans analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilediği ve deprem performanslarını önemli ölçüde düşürdüğü gösterilmiştir. Düşey süreksizlik durumunda, düşeyde süreksizlik oluşturan kolonlar kadar, bunlara komşu iç kirişlerin hasar durumlarının da çok ciddi oranda arttığı, dolayısıyla bina deprem performans seviyesinin azaldığı tespit edilmiştir.

Bozat (2013) tarafından sunulan çalışma kapsamında, kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması nedeni ile oluşan düzensizlik durumu incelenmiştir. Çalışma sonucunda süreksiz kolonların mesnetlendiği yüksek kirişte moment ve kesme kuvveti değerlerinde artış olmadığı görülmüştür. Süreksiz kolonlar ile yüksek kirişin

mesnetlendiği kolonların moment, kesme kuvveti ve maksimum eksenel kuvvet değerlerinde artış olmadığı, minimum eksenel kuvvet değerlerinde %10~55 aralığında artış olduğu görölmüştür.

Sandıkçı (2014) çalışmasında betonarme yapılarda oldukça sık görölen yumuşak kat düzensizliği ve burulma düzensizliğinin bir betonarme yapının deprem davranışına etkileri incelemiştir. Bu amaçla belirlenen betonarme bir yapı üzerinde betonarme perdeli ve perdesiz olmak üzere, 3, 6 ve 12 katlı ve zemin kat yükseklikleri 3,0 m, 4,0 m ve 5,0 m olan toplam 54 farklı yapı modelinin dinamik analizleri SAP2000 programıyla gerçekleştirilmiştir. Çözömlenen çerçeve tipi betonarme yapılardaki komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği olarak tanımlanan yumuşak kat düzensizliğinin kattaki dolgu duvar varlığı ile doğrudan ilişkili olduğu, dolgu duvarların varlığının burulma düzensizliği oluşumu üzerinde önemli bir etki yapmadığı görölmüştür.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Düzensiz Taşıyıcı Sistem Nedir?

Düzensiz taşıyıcı sistemler, kuvvetlerin yapı içinde dolanmasına izin veren ve zayıf noktalarda hasara neden olan taşıyıcı sistem türü olarak tanımlanmaktadır (Topçu, 2011). Zira taşıyıcı bir sisteme etkiyen yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılması, yapı mühendisliğinin temel amaçlarından biridir. Yapı düzensizliği bulunan binaların depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile buna yol açacak tasarım ve yapım usullerinden kaçınılması gerekmektedir. Düzensizlikler, yapının boyutlarının ve seklinin gelişigüzel olması, kat yüksekliklerinin farklı olması, kütle ve rijitlik dağılımı, kısa kolonların oluşturulması, çekiçlemeye olanak sağlaması, kolonların veya perde duvarların ortogonal olmayacak şekilde yerleştirilmesi gibi birçok nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Düzensizlik türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Burulma düzensizliği (A1),
- Döşeme süreksizliği (A2),
- Planda girinti-çıkıntı düzensizliği (A3),
- Taşıyıcı eleman eksenlerinin birbirine paralel olmaması,
- Komşu katlar arası dayanım farklılığı (Zayıf kat-B1),
- Komşu katlar arası rijitlik farklılığı (Yumuşak kat-B2),
- Yatay ve düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği (B3).

Düzensizlik nedenleri ise aşağıdaki gibi sıralandırılabilir;

- Yapı sahibinin istekleri,
- Arsanın düzensizliği,
- Mimarın sadece kullanışlılığı ve estetik görünüşü önemsemesi, eser hayali,
- Mimar ve mühendisin neredeyse hiç işbirliği yapmaması,

- Mühendisin deneyimsizliği, taşıyıcı sistem çözümlemesi için yeterli zaman ayırmaması, mimari nedenlerle çaresiz kalması,
- Mühendisin paket programlarına aşırı güvenmesi ve sonuçları kontrol etmemesi,
- Yüklenicinin projeye uymaması,
- İnşaat ustalarının “ben daha iyi bilirim” düşüncesi,
- Denetim eksikliği,
- Yapı sigorta sisteminin bulunmayışı,
- Yasaların yetersiz kalması veya uygulanmayışı,
- Kişisel çıkarın ön plana çıkması.

2.2. Deprem Yönetmeliği Düzensiz Binalarla ilgili Açıklama ve Yönergeler

2.2.1. Düzensiz binaların tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar olarak yönetmelikte tanımlanmaktadır.

2.2.2. Düzensiz binalara ilişkin koşullar

Burulma düzensizliği (A1) ve komşu katlar arası rijitlik farklılığı (B2) türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. Döşeme süreksizliği (A2) ve planda girinti-çıkıntı düzensizliği (A3) türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

Komşu katlar arası dayanım farklılığı (B1) türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i 'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarlar göz önüne alınmamalıdır.

$0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), $1,25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanmalıdır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmamalıdır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabının tekrarlanması gerektiği belirtilmiştir.

Yatay ve düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği (B3) türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

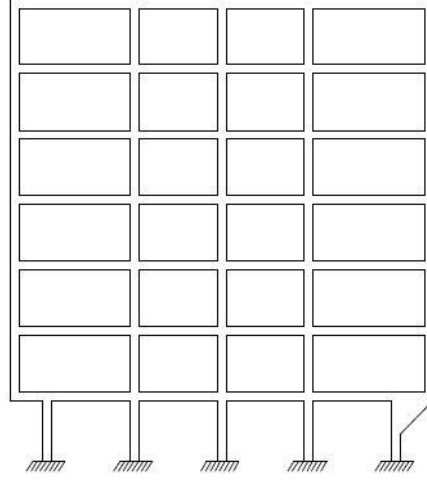
(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılmalıdır.

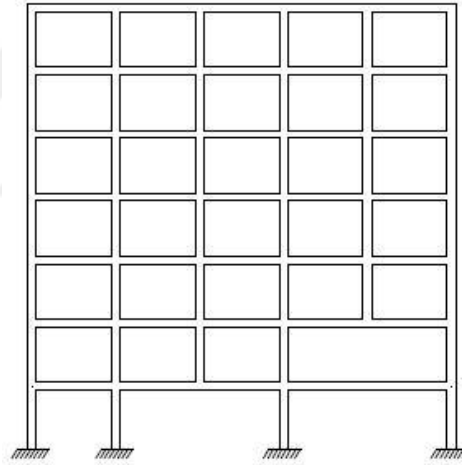
(c) Üst katlardaki perde duvarların altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

(d) Perde duvarların binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

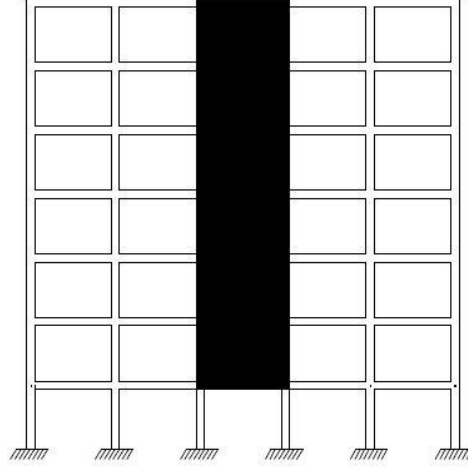
Şekil 2.1, 2.3, 2.4'te gösterilen durumlara izin verilmez ve yapımı yasaktır. Şekil 2.2'de gösterilen şekilde yapılacak düzensizliğe belirli şartlar altında yapımına izin verilir.



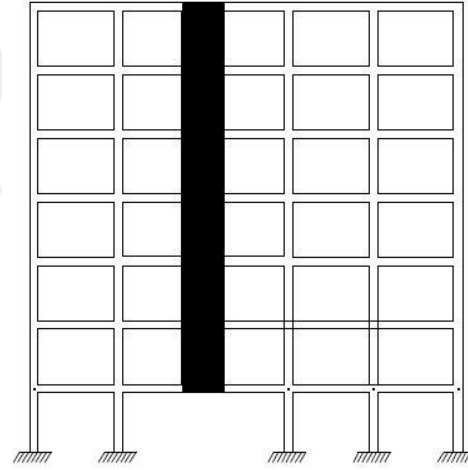
Şekil 2.1. Kolonların konsol ve guselere oturması durumu (DBYBHY-2007)



Şekil 2.2. Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu (DBYBHY-2007)



Şekil 2.3. Perdelerin kolona oturması durumu (DBYBHY-2007)



Şekil 2.4. Perdelerin kirişe oturması durumu (DBYBHY-2007)

2.2.3. Komşu katlar arası rijitlik/yumuşak kat (B2) düzensizliği

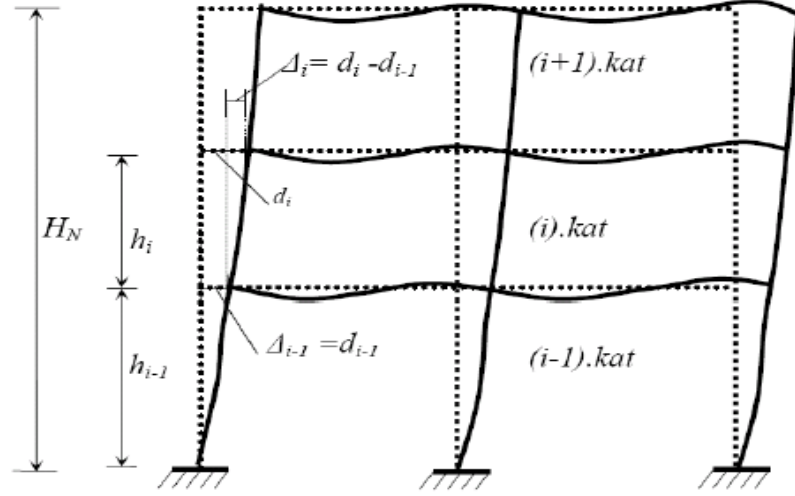
Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i . nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısının (η_{ki}) 2.0' den fazla olması durumu olarak açıklanmıştır. B2 türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{\text{ort}} \quad (2.1)$$

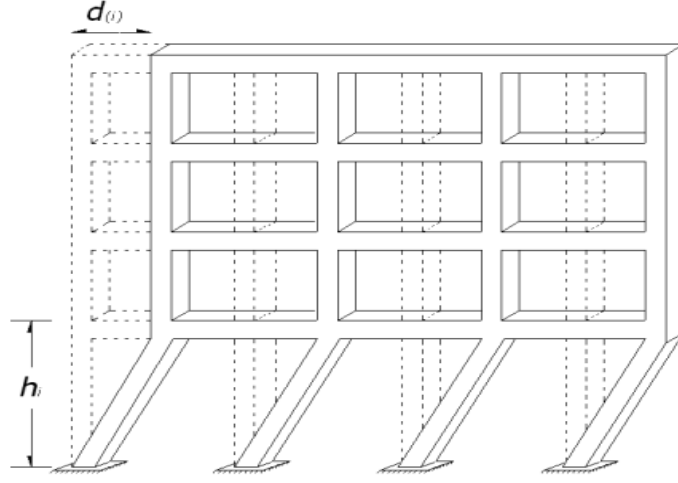
veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{\text{ort}} > 2,00 \quad (2.2)$$

Denklem 2.1 ve denklem 2.2’de; Δ_i , binanın i ’ inci katındaki görelî kat ötelemesini, h_i ; binanın i ’ inci katının kat yüksekliğini, $(\Delta_i)_{\text{ort}}$; binanın i ’ inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesini ifade etmektedir. Şekil 2.5’te görelî kat ötelemesi örnek gösterimi verilmektedir. Şekil 2.6’da yapının deprem kuvveti altında yumuşak kat göçme mekanizması sunulmaktadır.



Şekil 2.5. Rijitlik koşulu için görelî kat ötelemesi (Doğangün, 2016)



Şekil 2.6. Yumuşak kat göçme mekanizması

Yapıların çoğunlukla zemin katı bazen de üst katlarından bazıları otopark veya cam vitrinli dükkân yapılmakta, diğer katlarda ise dolgu duvar bulunmaktadır. Ülkemizde çok sık karşılaşılan bir uygulama şeklidir. Dolgu duvarlı katlar, duvarsız veya camekânlı katlara göre daha rijit olup duvarsız veya camekânlı katlar zayıf kalmaktadır. Bu tür katlara yumuşak kat denir. Bir katın diğer katlara göre yüksekliğinin fazla olması da yumuşak kata yol açar. (Topçu, 2014).

2.2.4. Yönetmelikteki yumuşak kat kriterinin eksikliği

Türkiye deprem yönetmeliğine (DBYBHY-2007) göre, yumuşak katın mevcut olabilmesi için $\eta_k > 2$ olmalıdır.

Tablo 2.1. Yumuşak kat kriteri η_k 'ya göre yapılacak işlemler, DBYBHY-2007

η_{ki}	Yapılacak İşlem
$\eta_{ki} \leq 2$	Düzensizlik yok. Bir şey yapma!
$\eta_{ki} > 2$	Düzensizlik var. Ama yine hiçbir şey yapma sadece bina yüksekliği $H > 25$ ise dinamik analiz yap!

Zemin katta yığma dolgu duvar bulunmaması dolayısıyla ortaya çıkan olumsuz etkilerin göz önüne alınabilmesi için 1.inci ve 2. nci katlarda mevcut olan yığma dolgu duvar hesaba katılmalı, kısaca matematik modele dâhil edilmelidir. Yığma dolgu duvarları muhakkak surette matematik modele dâhil etmek gerekir. Ancak, bu durumda zemin katta yığma dolgu duvar bulunmayışı hesaplara yansıtılabilmekte ve binadaki önemli ve hayati bir düzensizliğe parmak basılabilmektedir. Düşey rijitlik düzensizliğinin mevcudiyeti saptanmış olsa bile, Tablo 2.1’den görüleceği üzere, Türkiye deprem yönetmeliğinde (DBYBHY-2007) bu düzensizliği giderecek ve/veya ona karşı önlem aldırarak hiçbir uyarı ve yaptırım yoktur. Bu uyarı ve yaptırım noksanlığı, can güvenliğini tehdit eden önemli bir eksikliklerdir.

“Bir binada komşu katlar arasındaki rijitlik düzensizliğini yani ‘yumuşak’ katın varlığını tayin etmeye yarayan η_k sayısı hesaplanırken, yığma dolgu duvarlar muhakkak surette taşıyıcı sistemin matematik modeline dâhil edilmelidir. Rijitlik düzensizliği katsayısı η_k ’nin 2,0’ den fazla olması durumunda, ‘yumuşak’ katın kolon, perde ve/veya yığma dolgu duvarlarının boyutları $\eta_k \leq 2$ oluncaya kadar artırılır. Ayrıca, böyle bir katın kolonları, sadece uçlarında değil, tüm boyca sarılma etriyeleri ile sarılır” (Tezcan vd., 2007).

2.2.5. Yumuşak kat düzensizliği etkileri nasıl giderilebilir?

Yumuşak kat oluşma sebepleri, uygun yaklaşımlarla ortadan kaldırılabılır. Camekân yerine duvar yapılabileceği gibi, yapının taşıyıcı sistemi sadece kolonlardan oluşmamalı perde duvara taşıyıcılık verilmeli deprem kuvveti mutlaka perde duvarlar ile karşılanmalıdır. Yumuşak kat düzensizliği olan kattaki tüm kolonlar kat yüksekliği boyunca sık etriye ile sarılmalıdır. R katsayısı düşük alınabilir. ($R=4$) veya yumuşak kat kolonları tasarım kuvvetleri 2,5 kat artırarak betonarme hesap yapılabilir (Topçu, 2014).

Zayıf kat düzensizliğinde olduğu gibi yumuşak kat düzensizliğini önlemek için de birçok yöntem başvurulabilir. Zemin kat kolonlarının daha rijit bir davranışa sahip

olunmasını sağlamak için kat kolonlarının kesitlerini arttırmak, ilave kolonlar tasarlamak veya çapraz çelik çubuklar ilave etmek, bunların haricinde zemin katta kemerler oluşturmak ve payandalar ilave etmek yumuşak kat düzensizlik oluşumunu önleyici önlemlerdir (İnan ve Korkmaz 2012).

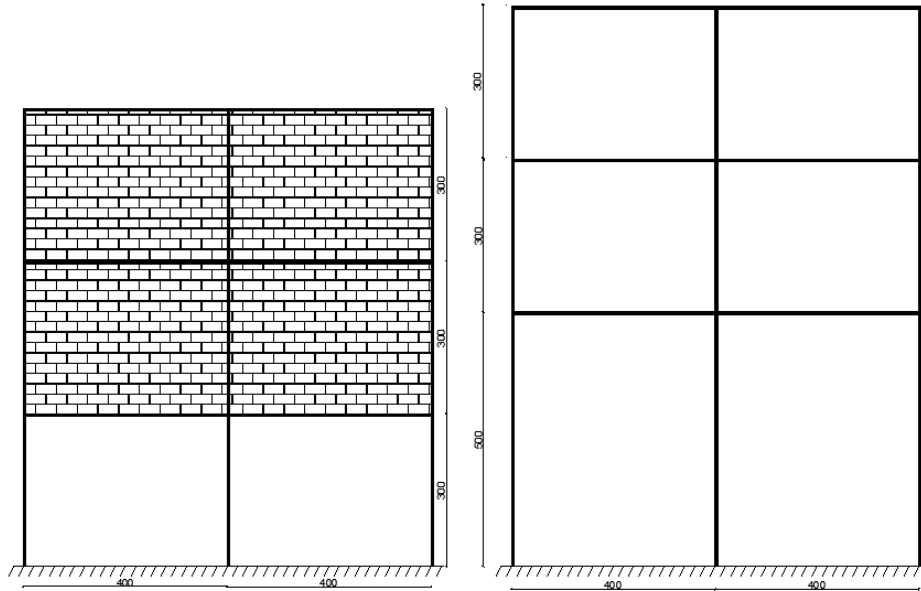
Yatay rijitlik eksikliğinden dolayı oluşan yumuşak kat durumlarında, bu kattaki rijitliği diğer kattaki rijitliklerle aynı seviyeye getirmek en uygun çözümdür. Bunun için ilgili katta cepheye veya cephe gerisine, yatay yüklere karşı dayanım sağlayacak, her iki yönde de, rijitliği arttıracak elemanlar koymak gerekir. Perdelerin ve çaprazlama elemanların, yapının deprem sırasında burulma etkisinde kalmaması için, ağırlık merkezine oranla, simetrik olarak yerleştirilmeleri gerekmektedir. Literatürdeki önemli çalışmalar incelendiğinde, kolonlara sık aralıklarla yatay donatı konulması, bir guse veya başlığın bulunması, özellikle deprem etkilerine karşı yapı davranışını çok iyi hale getirmesede nispeten iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Yumuşak kat düzensizliği için TDY 2007 de kolonların yüksekliği boyunca sık etriyelerle kuşatılmasını tavsiye etmektedir.

Bu düzensizlik yurdumuzda en çok karşılaşılan düzensizliklerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yapıların zemin katlarının ticari olarak kullanılması sebebiyle daha çok çalışma alanı elde etmek, ferah bir ortam elde etmek amacıyla bu kat diğer katlardan daha yüksek, vitrinli, dolgu duvarsız tasarlanmaktadır.

Yapı sahipleri, kullanıcılar, mimarlar ve tasarımcılar, estetik ve kullanım açısından zemin katı yüksek veya dolgu duvarsız istemekte, bilinçsizde olsa yumuşak kat oluşumuna yol açmaktadırlar. Şekil 2.7.'de zemin katı camekân olarak tasarlanan ve yüksekliği diğer katlardan fazla ve dolgu duvarsız olan betonarme bir yapı görülmektedir. Şekil 2,8'de zemin katı dolgu duvarsız ve zemin kat yüksekliği diğer katlardan fazla olan yapı görselleri verilmiştir.



Şekil 2.7. Zemin kat yüksekliği diğer katlardan fazla ve camekân olan bir yapı.



Şekil 2.8. Zemin katta dolgu duvarı olmaması, zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan fazla olması durumu

Yurdumuzda yaşanan Kocaeli, Van depremlerinde yapılan incelemeler sonucunda yumuşak kat düzensizliğine yol açan faktörlerin olması durumunda, üst katlardaki ötelenmenin zemin kata göre çok daha az ötelenme yaptığı görülmüştür. Yapı hasarının zemin kata yoğunlaştığı üst katlarda camların dahi kırılmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da Kocaeli ve Van depremlerinde yumuşak kat (B2) düzensizliğinden dolayı hasar gören betonarme yapı örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.9. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde B2 düzensizliğinden dolayı hasar gören binalar.



Şekil 2.10. Van depreminde B2 düzensizliğinden dolayı hasar gören bir bina.

2.2.6. Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) düzensizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon, perde) bazı katlardan kaldırılarak kirişlerin veya guselerin üzerine oturtulması veya perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu B3 düzensizliği olarak adlandırılır. Doğru olan, düşey taşıyıcı elemanların alttan başlayarak en üste kadar devam etmesidir. Bu durumda, yapıya gelen yükler güvenle temele, temelden de zemine aktarılabilir. Ancak yönetmelik bazı durumlarda kolonların sürekliliğini şart koşmaz. Bunu süreksizlik olarak kabul eder. Bunun şartları vardır ki ancak bu şartlar tamamlandığında kiriş üzerine kolon konulabilir. Yönetmelik incelendiğinde bir takım B3 düzensizlik durumlarının ise tamamen yasaklandığı görülür.

Düşey taşıyıcı elemanların süreksiz olması belirli kıstaslar altında serbest olsa da deprem açısından istenmeyen bir durumdur. Betonarme kolon ya da perde duvar, bir katta kesilmekte veya yapı yüksekliği boyunca şaşırtılarak yerleştirilmektedir. Bu tip yapıların deprem karşısında ayakta kalmaları mümkün olmamaktadır. Düşey taşıyıcı elemanda herhangi bir süreksizlik olmasa bile yapı rijitliğin belirli bir düzeyde aniden değişmesi sebebiyle, deprem hareketinden olumsuz etkilenmektedir (Arslan, 2007).

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmelikte (DBYBHY, 2007) B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler

ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmalıdır.

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.

Taşıyıcı sistemde yatay ve düşeyde bulunan elemanların düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi, yapı davranışını olumlu yönde etkilemektedir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önlemektedir (Döker, 2010). Düşey yöndeki taşıyıcılar temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkezli şekilde mesnetlenmeleri durumundan kesinlikle kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde kolon rijitlikleri kiriş rijitliklerinden büyük olacak şekilde eleman seçilmelidir.

Kolon ve kolona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik mümkün olduğu kadar önlenmeli, elemanların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Bu şekilde, betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilmektedir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın yanı sıra taşıma kapasitesi de artırılmaktadır. Ayrıca, bu esnada kirişlerde ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı arttığından dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmektedir.

Şekil 2.11, 2.12, 2.13 ve 2.14'te düşey doğrultuda düzensizliklerin görselleri verilmiştir. Şekil 2.13'te 2016 yılında ülkemizde yasak olmasına karşın yapılan bir bina görseli verilmiştir.



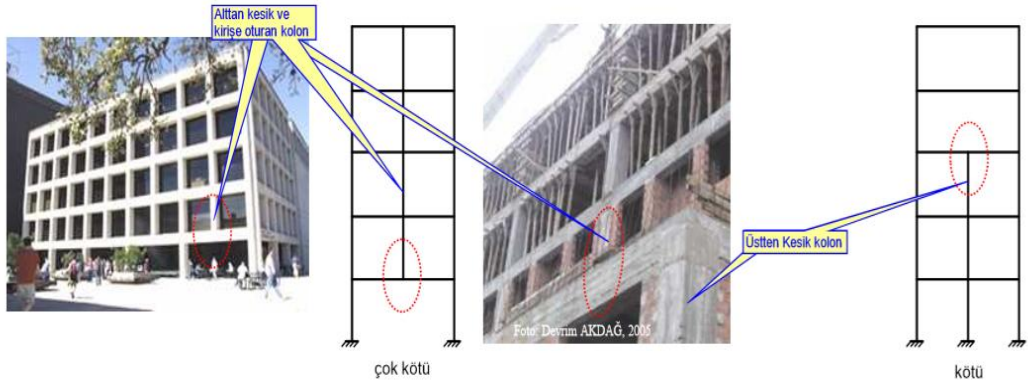
Şekil 2.11. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Anonim, 2013)



Şekil 2.12. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Topçu, 2011)



Şekil 2.13. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu, Tokat 2016



Şekil 2.14. Taşıyıcı sistem düşey elemanların süreksizliği durumu (Topçu, 2011)

2.3. Analiz Yöntemleri

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler DBYBHY-2007 de üçe ayrılmıştır.

- Eşdeğer deprem yükü yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi
- Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

2.3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu çözümlene yönteminde taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan yapılara etkiyen deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik iki asal eksenini doğrultularında ayrı ayrı etkidiği varsayılarak, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Tablo 2.2’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1-2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,00$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25m$
1-2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,00$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40m$
3-4	Tüm binalar	$H_N \leq 40m$

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t , denklem(2.3) ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W \quad (2.3)$$

Denklem (2.3)’te yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W , denklem (2.4) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.4)$$

Denklem (2.4)'deki w_i kat ağırlıkları ise denklem(2.5) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (2.5)$$

Denklem (2.5)'te bulunan hareketli yük katılım katsayısı, (n) Tablo 2.3'te verilmiştir. Endüstri binalarında sabit donanım ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u göz önüne alınacaktır.

Tablo 2.3. Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

Eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkileyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (2.6) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.6)$$

Binanın N 'inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri denklem (2.7) ile belirlenecektir

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (2.7)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N 'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem (2.8) ile dağıtılacaktır

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.8)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perde duvarlarının bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

(a) Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu dikkate alınacaktır. Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üstteki katların ağırlıkları kullanılacaktır

(b) Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları dikkate alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak $S(T) = 1$ alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $Ra(T) = 1,5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

(c) Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perde duvarları ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.

2.3.2. Mod birleştirme yöntemi

Yapının davranışının, yeterli sayıda doğal serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı bulunmasından sonra, uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bir çözüm yöntemidir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanmaktadır.

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Herhangi bir n 'inci titreşim modunda göz önüne alınacak, azaltılmış ivme spektrumu ordinatı denklem(2.9) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (2.9)$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, denklem (2.9)'da $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm\%5$ kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birine, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin $\%90$ 'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$
(2.10)

Denklem(2.10)'da yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'nin ifadesi, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin}$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)$$
(2.11)

Yapıya etkileyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görelî kat ötelenmesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir;

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0,80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için karelerin toplamının karekökü kuralı uygulanabilir.

Yukarıdaki durumun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için tam karesel birleştirme (CQC) kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda

($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, denklem (2.12)'ye göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (2.12)$$

A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda denklem (2.10)'da $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularında birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler için birleştirme kuralı ayrıca uygulanacaktır.

2.3.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Çözümü zaman alıcı olan bu yöntemde, gerçek deprem kayıtları veya onu temsil edebilecek kayıtlar kullanılarak, yapının dinamik analizi yapılmaktadır. 2007 deprem yönetmeliği bu yöntemin, nükleer santraller gibi çok önemli yapıların tasarımında kullanılmasını önermektedir.

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollar ile üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılmaktadır.

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

- Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.

- Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerinin ortalaması A_{0g} 'den daha küçük olmamalıdır.
- Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hâkim) periyod T_1 'e göre $0,20T_1$ ile $2,00T_1$ arasındaki periyodlar için yönetmeliğe göre tanımlanmış olan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmamalıdır.

Zaman tanım alanı çözüm yönteminde yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak veya dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde dikkate alınmalıdır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elamanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışlarını temsil eden iç kuvvet şekil değiştirme bağıntıları, kuramsal ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanmalıdır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların en büyüğü, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınmalıdır.

2.4. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, denklem (2.13) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir

$$\begin{aligned} A(T) &= A_0 I S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T) g \end{aligned} \tag{2.13}$$

2.4.1. Etkin yer ivmesi katsayısı

Denklem (2.13)'de bulunan etkin yer ivmesi katsayısı, A_0 , Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

2.4.2. Bina önem katsayısı

Denklem (2.13)'te bulunan bina önem katsayısı, I , Tablo 2.5'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Bina önem katsayısı (I)

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u>	
a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)	1.5
b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u>	
a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.	1.4
b) Müzeler	
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u>	
Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u>	
Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

2.4.3. Spektrum katsayısı

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak denklem (2.14) ile hesaplanacaktır.

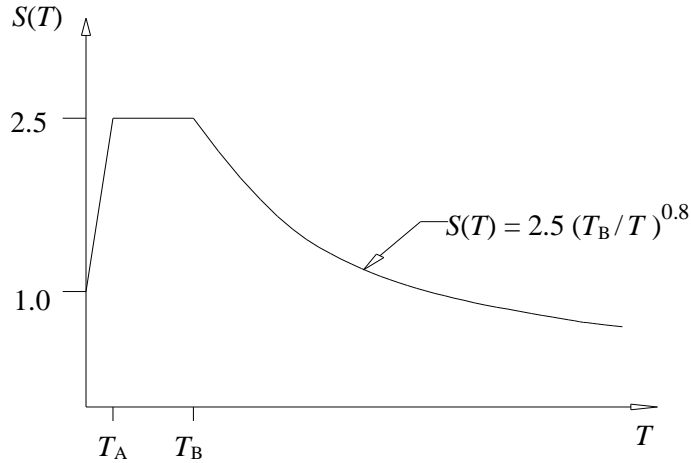
$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (2.14)$$

Tablo 2.6. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

2.4.4. Özel tasarım ivme spektrumları

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Bu şekilde belirlenen ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, karakteristik periyotlar gözönüne alınarak denklem (2.14)'ten bulunan değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmamalıdır.



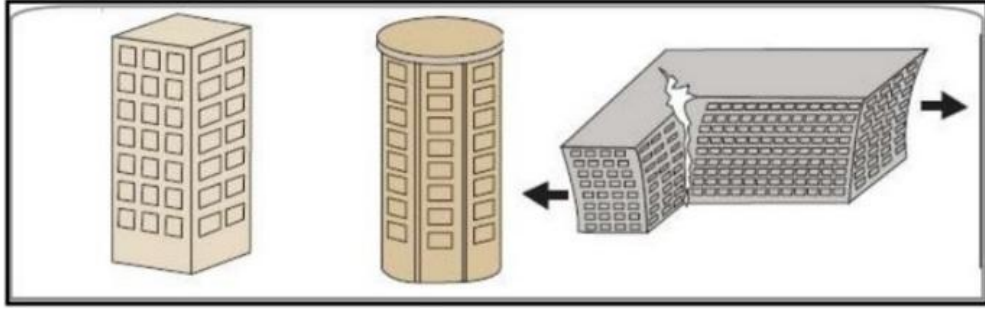
Şekil 2.15. İvme spektrumu

2.5. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sağlanması Gereken Ana İlkeler

Bir yapının ortaya çıkması için öncelikle mimari tasarım, daha sonra statik tasarım olmak üzere iki aşama gereklidir. Yapıya gelen, gelmesi muhtemel yüklerin yapı tarafından ekonomik ömrü boyunca sorunsuz ve güvenli bir şekilde taşınması için taşıyıcı sistem tasarımının iyi yapılması, düzensizliklerin en aza indirilmesi, yapının analizi kadar önemlidir. Tasarımı yapacak tüm teknik çalışanların, özellikle mimar ve inşaat mühendisinin tasarım aşamasında işbirliği çok önemlidir. Aksi takdirde ülkemizde örnekleri çokça olan kötü tasarlanmış yapılar ortaya çıkar. Kötü modellenmiş bir yapının taşıyıcı sistemini, çözümleme ile veya yapımda alınacak önlemlerle düzeltmek mümkün değildir. Buna karşılık iyi tasarlanmış, tasarımda düzensizlikler en aza indirgenerek yapılmış bir sistemi kolay yöntemlerle çözümlemek mümkündür.

2.5.1. Yapı tasarımında geometri

Deprem yükü altında yapının davranışını etkileyen önemli husulardan bir tanesi de yapının plandaki ve düşeydeki geometrisidir. Planda kare, kareye yakın dikdörtgen yâda daire kesitli yapıların depremde iyi bir davranış sergilediği görülmüştür. Basit ve düzenli yapıların imalatı basit ve inşası sırasında hata yapma olasılığı düşüktür. Böyle yapıların depremdeki davranışını önceden kestirmek ve buna göre bir analiz gerçekleştirmek daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları tasarlamak ve ilaveten ortaya çıkan burulma etkisini göz önüne almak daha uzun işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları ile burulma etkisi hesaba katılabilse de ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmemek, onu göz önüne almaktan her bakımdan daha mantıklıdır (Celep ve Kumbasar, 2004). Şekil 2.16 da düzgün geometriye sahip kare ve dairesel yapılar ile geometrisi sakıncalı bina görseli verilmiştir.



Düzgün ve Sakıncalı geometriye sahip binalar (AFAD)

Şekil 2.16. Yapı geometri şekilleri

2.5.2. Taşıyıcı sistemin sürekliliği

Betonarme taşıyıcı sistemde mevcut elemanların tasarımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi yapı davranışını olumlu yönde etkiler. Kolon ve kirişlerin planda düzgün olarak sisteme yerleştirilmesi, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını önler. Bütün düşey taşıyıcılar temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dış merkezli mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yük aktarımı kolaylıkla sağlanırken, elastik davranışın yanı sıra taşıma kapasitesi de arttırılmış olur. Ayrıca, bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı artacağından dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur (Celep ve Kumbasar, 2004).

2.5.3. Taşıyıcı sistemde süneklik

Yapı ve yapı taşıyıcı elemanlarının taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan deformasyon yapabilme ve tekrarlı yükler etkisinde enerji yutabilme özelliğine o yapının veya yapı elemanlarının sünekliği denilmektedir (Doğangün, 2011). Yeterli süneklik projelendirmenin ekonomik olması açısından önemlidir. Bir projeye başlarken yapının süneklik düzeyine karar verilmektedir. Bu karar deprem bölgesine, taşıyıcı elemanların özelliklerine ve binanın kullanım amacına göre verilmektedir.

Sonuçta yapının inşa edilmiş hali bu projede dikkate alınan sünek davranışı gösterebilmelidir. Bunun olmaması durumunda yapı ağır hasarlar alabilir ve hatta yıkılabilir (Sandıkçı, 2014).

Bir kesitin, elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, yer değiştirme yapma ölçüsü süneklik, göçme sırasındaki toplam şekil değiştirmelerin lineer şekil değiştirmelere oranı ise; sistem süneklik oranı olarak tanımlanmaktadır. Göçmeden önce yapı yeterli düzeyde doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilmeli, yani sistem süneklik oranı büyük değerler almalıdır (Darcan, 2005).

2.5.4. Taşıyıcı sistemde rijitlik

Yatay yükler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik, yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay yüklerin büyümesiyle donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hâkim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltır. Yapıda taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı olan elemanlara göre daha az elastik olup, gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür (Celep ve Kumbasar, 2004).

Rijitlik yapı taşıyıcı sistemine, büyük oranda da düşey taşıyıcı elemanların malzeme kalitesine, kesit boyutlarına ve mesnetlenme koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak kütleleri aynı olan çerçeveli yapıların periyodu, perde duvarlı yapıların periyodundan daha büyük olmaktadır. Periyot değiştiğinde periyodun değerine ve değişimine bağlı olarak, yapıya etkiyecek deprem yükünün değeri de değişebilmektedir (Doğangün, 2016).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında binaların çözümlenmesi ideCAD7 programı ile yapılmış, deprem hesaplarında ise modal analiz yöntemlerinden modların birleştirilmesi yöntemi kullanılmıştır.

Deprem yönetmeliğinde düşey doğrultuda düzensizlik başlığı altında bulunan komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) (B2), taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği (B3) düzensizliklerinin zemin kat yüksekliği, kat sayısı, farklı plan ve açıklık sayılarına göre ilişkisi incelenmiştir. Düzensizliklerin getirdiği olumsuzlukların giderilmesi için bina cephelerine iki doğrultuda simetrik perdelerle iyileştirme çalışması yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Perde duvarları yapıya simetrik olarak yerleştirilmiş yapıların, betonarme çerçeveli veya perdeleri simetrik olarak yerleştirilmemiş olan yapılardan daha emniyetli olduğu ve depreme karşı daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu nedenle yapılarda perde duvarların, yapının kütle merkezinden uzakta, simetrik ve depremin hangi yönden geleceği belli olmadığından her iki eksen doğrultusunda yerleştirilmesi önerilmektedir (Urtimür, 2012).

Kat sayısı ikiden fazla olan binalarda, binaya gelen deprem yüklerini karşılamak için, perde duvarlar gerekmektedir. Kolonlardan uygun görülenleri perde duvara dönüştürülebilir. Perde duvarlar elden geldiğince bina cephelerine ve simetrik yerleştirilmeye çalışılmalıdır (Topçu, 2010).

Yapılara deprem kuvvetleri altında büyük hasarlar verebilecek burulma düzensizliğinden kaçınmak ve taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımın üstünde iç kuvvetlere maruz kalmasını önlemek amacı ile perde elemanlarının planda yerleşimine çok dikkat edilmeli ve planda mümkün olduğunca simetrik ve her iki doğrultuda rijitlikleri birbirine yakın olacak şekilde düzenlenmelidir (Gezmiş, 2012).

Tasarımları gerçekleştirilen yapıların analizleri ülkemizde statik proje bürolarında sıklıkla kullanılmakta olan İdeCAD7 statik hesap paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu tür paket programların birinin tercih edilme sebebi, çok sayıda modelimizin olması ve çalışmada kullanılacak parametrelerin daha hızlı elde edilmesi gerektiğidir.

İdeCAD7 statik hesap paket programı ile 2 farklı kalıp planına göre 72 adet yapı analizi gerçekleştirilmiş, sonuçlar alınmış ve karşılıklı şekilde incelenerek değerlendirilmiştir.

3.1. İncelenen Betonarme Yapıların Özellikleri

Belirlenen betonarme çerçeve türü yapılar üzerinde farklı plan yapısı, kat adedi, zemin kat yüksekliği, betonarme perde ilavesi gibi parametrelere bağlı olarak yapıda ortaya çıkabilen B2 yumuşak kat düzensizliği ve B3 süreksizlik düzensizliği durumları incelenmiş, bu iki durumun birbiriyle etkileşimi araştırılmıştır.

Bu amaçla, planda bir doğrultuda 4, diğer doğrultuda 3 açıklığa sahip ve planda bir doğrultuda 4, diğer doğrultuda 5 açıklığa sahip olmak üzere 2 adet yapı modeli seçilmiştir.

Üst katların tamamının yüksekliği 3,0 m olarak dikkate alındığı modellerde zemin kat yüksekliği değiştirilerek ($h_z=3,0$ m, $h_z=4,0$ m ve $h_z=5,0$ m) kısaca “yumuşak kat düzensizliği” olarak tanımlanan, “komşu katlar arası rijitlik düzensizliği” oluşumunun incelenmesinde kat yüksekliğinin değişiminin etkisi, modelin kat adedi de arttırılarak (4, 8 ve 12 katlı binalar) kat sayısının etkisi incelenmiş, tekrarlı analizler gerçekleştirilmiştir.

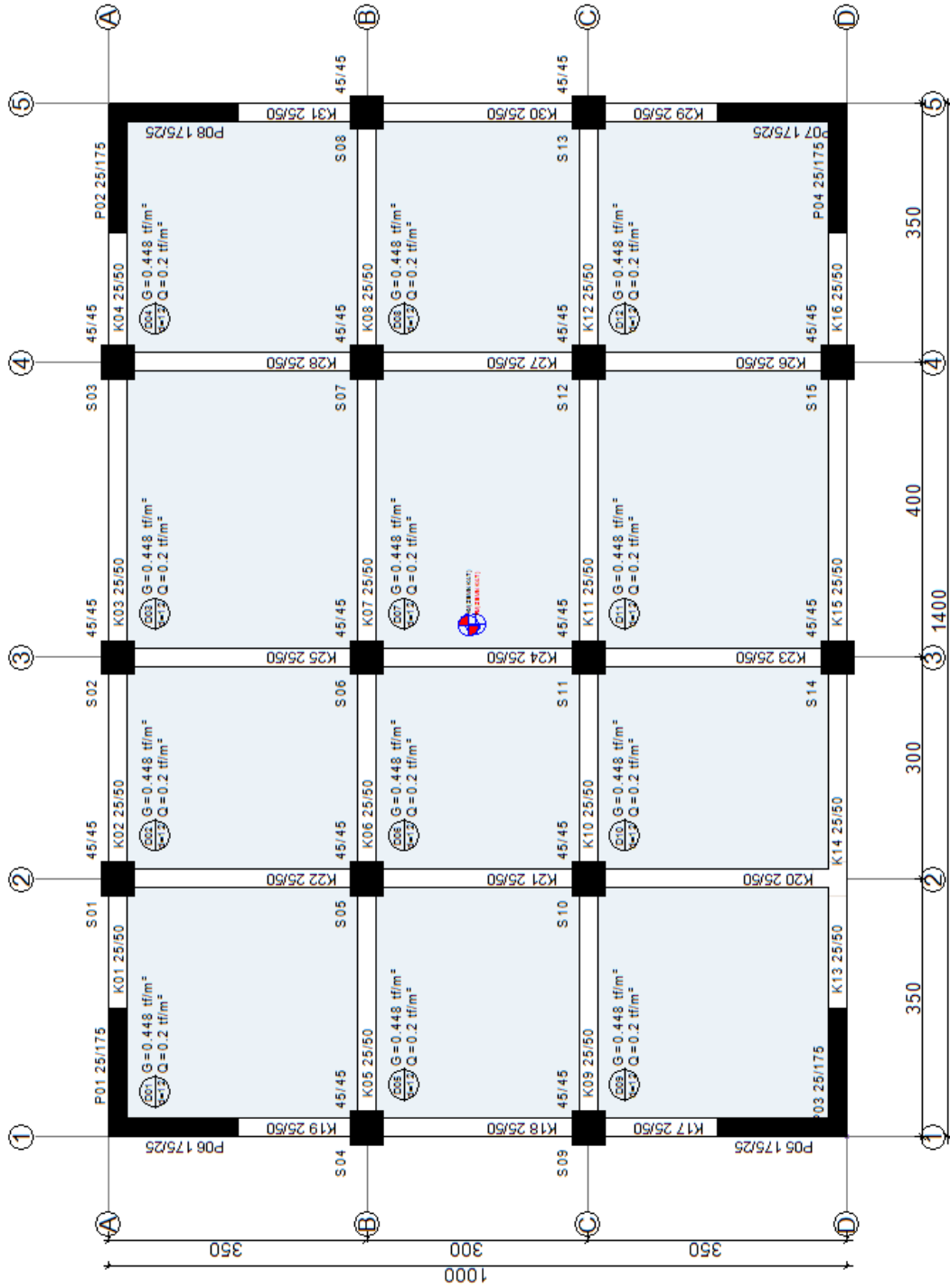
Yapısal analizlerin ikinci kısmında ise, betonarme çerçeve yapılarda B2 ve B3 düzensizlikleri aralarındaki ilişki incelenmiştir. Son olarak betonarme çerçeve binaya simetrik perde eklenerek perde duvarın etkisi incelenmiştir. Binalar, Deprem

Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)'te tanımlanan Z2 türü yerel zemin üzerine, temelde ankastre bağlı olması kabulüyle ve 2.nci derece deprem bölgesine göre modellenmiştir. Yapı sistemlerinin deprem hesaplarında ise modal analiz yöntemlerinden modların birleştirilmesi yöntemi kullanılmıştır. 4 katlı yapılar betonarme çerçeve, perdeli-çerçeve sistem olarak toplamda 24; 8 katlı yapılar betonarme çerçeve, perdeli-çerçeve sistem olarak toplamda 24; 12 katlı yapılar betonarme çerçeve, perdeli-çerçeve sistem olarak toplamda 24 genel toplamda ise 72 adet modelleme ve analiz yapılmıştır.

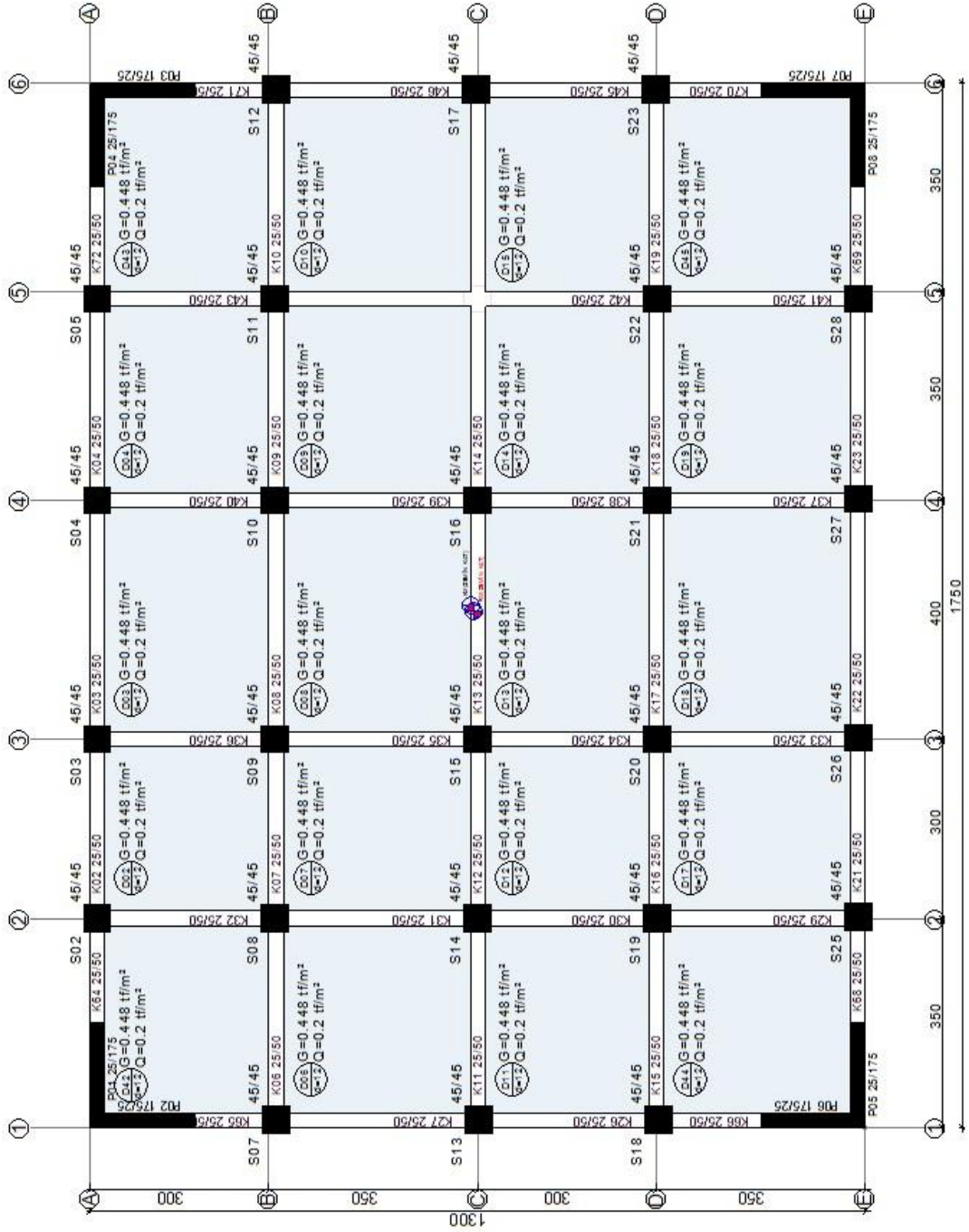
Betonarme çerçeve sistem olarak seçilen yapıların kolon boyutları; tüm 4 katlı modellerde ve tüm katlarda 40cm x 40cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cmx50cm olarak alınmıştır. Tüm 8 katlı modellerde ve tüm katlarda kolonlar 45cm x 45cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cmx50cm olarak alınmıştır. Tüm 12 katlı modellerde ve tüm katlarda kolonlar 50cm x 50 cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cmx50cm olarak alınmıştır. Betonarme perdeli-çerçeve sistemlere eklenen perde duvar, tüm modellerde asgari koşul olan 25x175 ölçüleri olarak her iki doğrultuda yapıya eklenmiştir. Simetrik olarak yapıya eklenen perdenin asgari en kesit koşullarında bile yapıdaki olumsuz koşullara etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kirişlerin hesaba katılması sırasında kendi öz ağırlığına sıva yükü, kaplama yükleri ilave edilmiştir. Bu yükler TS498'den alınmıştır. Tüm katlarda döşeme kalınlığı 12 cm olarak kabul edilmiştir. Belirlenen farklı planlara ve çerçeve sisteme sahip yapı modeller üzerinde gerçekleştirilen yapısal çözümlerinde, yükleme koşulları, malzeme özellikleri, dolgu duvarın cinsi ve kalınlığı sabit tutulmuştur. Gerçekleştirilen çözümlerdeki modellerin anlaşılması amacıyla betonarme binaların 3 boyutlu gösterimleri ve kat planları ise Şekil 3.1-3.11'de gösterilmiştir.

Şekil 3.1'de 4x3 açıklıklı 4 katlı referans modelin kalıp planı, Şekil 3.2'de 4x5 açıklıklı 4 katlı modelin kalıp planı, Şekil 3.3'te 8 katlı 4x5 açıklıklı B3 düzensizliği bulunan, her iki doğrultuda perde duvar eklenmiş yapının kalıp planı, Şekil 3.4'te 8 katlı 4x3 açıklıklı B3 düzensizliği bulunan, her iki doğrultuda perde duvar eklenmiş yapının kalıp planı, Şekil 3.5'te 12 katlı 4x5 açıklıklı B3 düzensizliği bulunan, her iki doğrultuda perde duvar eklenmiş yapının kalıp planı verilmiştir.



Şekil 3.3. 8 katlı perde-çerçevesel B3 düzensizliği olan modelin zemin kat planı



Şekil 3.4. 8 katlı perde-çerçevesi B3 düzensizliği olan modelin zemin kat planı

Analizi yapılan binalarda dikkate alınan parametreler Tablo 3.1-3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.1. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 4 katlı modeller

Analizi Yapılan 4 Katlı Modellerin Tablosu							
Model No	Model Adı	Kat Sayısı	Açıklık Sayısı	H(m)	B3 (Yapı içerisinde)	B3 (Yapı Dışında)	Perde
1	R1	4	4x3	3,00			Yok
2	R2	4	4x3	4,00			Yok
3	R3	4	4x3	5,00			Yok
4	D1	4	4x3	3,00	Var		Yok
5	D2	4	4x3	4,00	Var		Yok
6	D3	4	4x3	5,00	Var		Yok
7	D4	4	4x3	3,00		Var	Yok
8	D5	4	4x3	4,00		Var	Yok
9	D6	4	4x3	5,00		Var	Yok
10	R1	4	4x5	3,00			Yok
11	R2	4	4x5	4,00			Yok
12	R3	4	4x5	5,00			Yok
13	D1	4	4x5	3,00	Var		Yok
14	D2	4	4x5	4,00	Var		Yok
15	D3	4	4x5	5,00	Var		Yok
16	D4	4	4x5	3,00		Var	Yok
17	D5	4	4x5	4,00		Var	Yok
18	D6	4	4x5	5,00		Var	Yok
19	DP1	4	4x3	3,00		Var	Var
20	DP2	4	4x3	4,00		Var	Var
21	DP3	4	4x3	5,00		Var	Var
22	DP4	4	4x5	3,00	Var		Var
23	DP5	4	4x5	4,00	Var		Var
24	DP6	4	4x5	5,00	Var		Var

Tablo 3.2. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 8 katlı modeller

Analizi Yapılan 8 Katlı Modellerin Tablosu							
Model No	Model Adı	Kat Sayısı	Açıklık Sayısı	H(m)	B3 (Yapı içerisinde)	B3 (Yapı Dışında)	Perde
25	R1	8	4x3	3,00			Yok
26	R2	8	4x3	4,00			Yok
27	R3	8	4x3	5,00			Yok
28	D1	8	4x3	3,00	Var		Yok
29	D2	8	4x3	4,00	Var		Yok
30	D3	8	4x3	5,00	Var		Yok
31	D4	8	4x3	3,00		Var	Yok
32	D5	8	4x3	4,00		Var	Yok
33	D6	8	4x3	5,00		Var	Yok
34	R1	8	4x5	3,00			Yok
35	R2	8	4x5	4,00			Yok
36	R3	8	4x5	5,00			Yok
37	D1	8	4x5	3,00	Var		Yok
38	D2	8	4x5	4,00	Var		Yok
39	D3	8	4x5	5,00	Var		Yok
40	D4	8	4x5	3,00		Var	Yok
41	D5	8	4x5	4,00		Var	Yok
42	D6	8	4x5	5,00		Var	Yok
43	DP1	8	4x3	3,00		Var	Var
44	DP2	8	4x3	4,00		Var	Var
45	DP3	8	4x3	5,00		Var	Var
46	DP4	8	4x5	3,00	Var		Var
47	DP5	8	4x5	4,00	Var		Var
48	DP6	8	4x5	5,00	Var		Var

Tablo 3.3. Gerçekleştirilen analizlerde dikkate alınan 12 katlı modeller

Analizi Yapılan 12 Katlı Modellerin Tablosu							
Model No	Model Adı	Kat Sayısı	Açıklık Sayısı	H(m)	B3 (Yapı içerisinde)	B3 (Yapı Dışında)	Perde
49	R1	12	4x3	3,00			Yok
50	R2	12	4x3	4,00			Yok
51	R3	12	4x3	5,00			Yok
52	D1	12	4x3	3,00	Var		Yok
53	D2	12	4x3	4,00	Var		Yok
54	D3	12	4x3	5,00	Var		Yok
55	D4	12	4x3	3,00		Var	Yok
56	D5	12	4x3	4,00		Var	Yok
57	D6	12	4x3	5,00		Var	Yok
58	R1	12	4x5	3,00			Yok
59	R2	12	4x5	4,00			Yok
60	R3	12	4x5	5,00			Yok
61	D1	12	4x5	3,00	Var		Yok
62	D2	12	4x5	4,00	Var		Yok
63	D3	12	4x5	5,00	Var		Yok
64	D4	12	4x5	3,00		Var	Yok
65	D5	12	4x5	4,00		Var	Yok
66	D6	12	4x5	5,00		Var	Yok
67	DP1	12	4x3	3,00		Var	Var
68	DP2	12	4x3	4,00		Var	Var
69	DP3	12	4x3	5,00		Var	Var
70	DP4	12	4x5	3,00	Var		Var
71	DP5	12	4x5	4,00	Var		Var
72	DP6	12	4x5	5,00	Var		Var

3.2. Binaların Modellenmesi

Betonarme çerçeve sistem olarak seçilen yapıların kolon boyutları; tüm 4 katlı modellerde ve tüm katlarda 40cm x 40cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cm x 50cm olarak alınmıştır. Tüm 8 katlı modellerde ve tüm katlarda kolonlar 45cm x 45cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cm x 50cm olarak alınmıştır. Tüm 12 katlı modellerde ve

tüm katlarda kolonlar 50cm x 50 cm olarak, kiriş kesitleri ise 25cm x 50cm olarak alınmıştır.

Yapı tasarımında dikkate alınan kriterler şöyle sıralanabilir;

Zemin kat yüksekliklerinin seçimi için ülkemizde en çok uygulaması olan kat yükseklikleri seçilmiştir. Normal kat yükseklikleri için 3m sabit yükseklik alınmıştır.

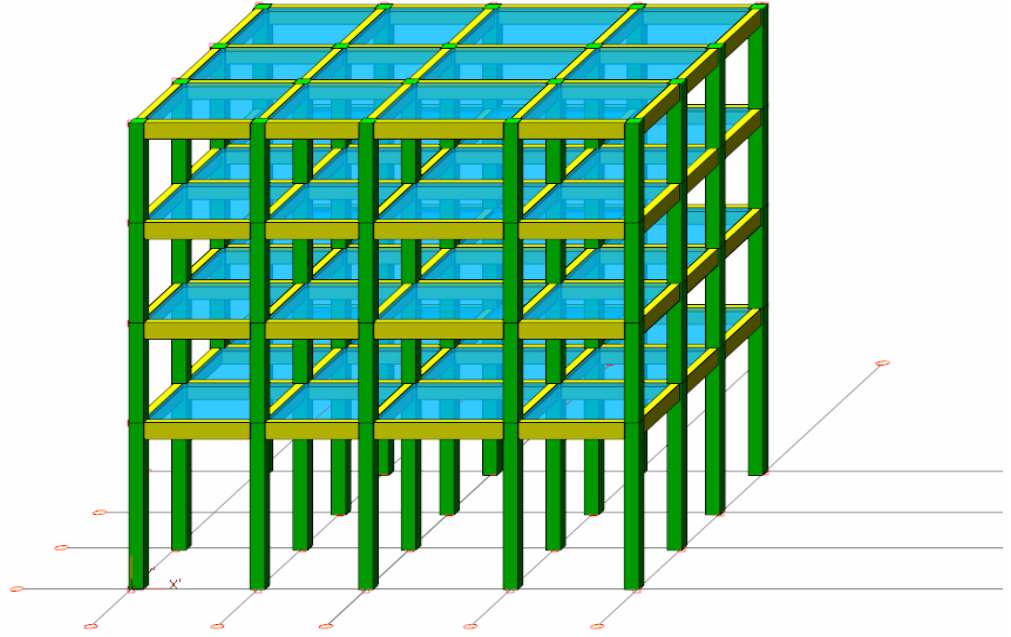
Tasarımlarda her plan için öncelik olarak kütle merkezi ve rijitlik merkezi üst üste çakıştırılmaya çalışılmış ve rijitlik merkezinin yapı geometrik merkezinde olması sağlanmıştır. Kalıp planında perde elemanlar yapı dış kenarlarına her iki doğrultuda simetrik bir şekilde yerleştirilmiştir. Modellerde kiriş ve kolonlar çubuk elemanlar, perdeler kabuk olarak idealize edilmiştir

Ön tasarımı bu kıstaslar doğrultusunda oluşturulan modeller aynı zemin sınıfı, zemin emniyet gerilmesi, deprem bölgesi, beton ve donatı türleri gibi değerleri sabit tutulmuştur. Programda kat hizalarındaki plaklar rijit diyafram kabulü yapılmış, mod birleştirme yöntemi ile deprem etkisi sonuçları görülmek üzere analiz gerçekleştirilmiştir. 4 katlı yapılar için toplam 12 mod, 8 ve 12 katlı yapılar için ise toplam 18 mod hesaba katılmıştır. Şekil 3.6'da tipik mod şekilleri verilmiştir. Ek-2'de binalarda kullanılan modlara örnek görseller verilmiştir. Ek-3'te bazı modellerin periyot ve frekansları tablolar halinde verilmiştir.

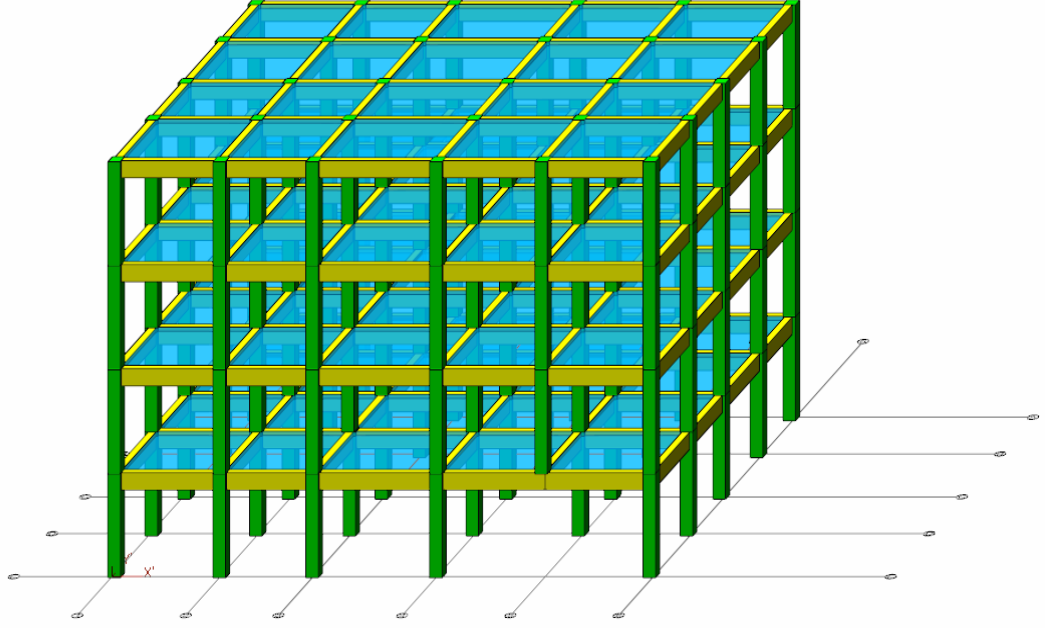
Değerlendirme kıstası olarak yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasında etken olabileceğini düşündüğümüz, zemin kat yüksekliği, açıklık sayısı ve kat sayısı parametreleri incelenmiştir. Her iki deprem doğrultusu zemin kat deplasmanları, ortalama görelî kat ötelenmeleri, rijitlik düzensizliği kat sayısı ile mod birleştirme hesap yöntemine göre elde edilen zemin kata gelen deprem kuvvetleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Yapı sisteminde kullanılan yükler, kiriş dış duvarların sabit, 19 cm tuğla duvar birim yükü; $g = 0,8$ t/m, kiriş iç duvarların sabit, 12 cm gazbeton duvar birim yükü; $g = 0,19075$ t/m seramik kaplama birim yükü; $g = 0,17$ t/m² Marley kaplama 0,14815 t/m² hareketli yükü; $q = 0,2$ t / m² olarak hesaba katılmıştır.

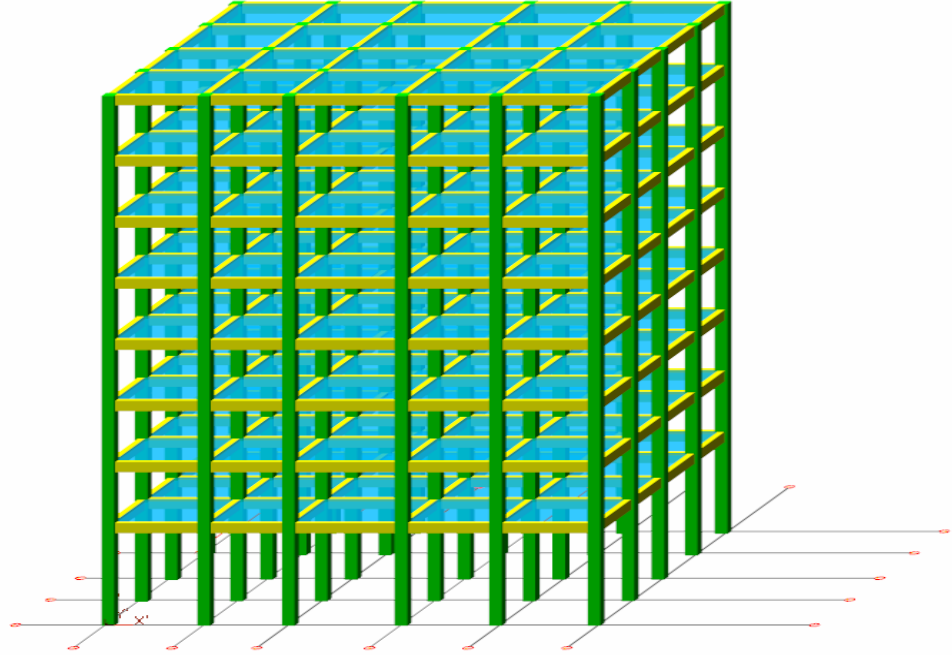
Bu çalışma kapsamında ideCAD programı kullanılarak toplam 72 adet modelleme ve analiz gerçekleştirildiğinden çözümlenmesi yapılan yapıların farklı açıklık sayısı, farklı kat yükseklikleri, farklı kat sayıları ile betonarme çerçevesi, perdeli-çerçeve modellerin B3 düzensizliği bulunan/bulunmayan modellerinin bazılarının üç boyutlu görselleri Şekil 3.6-3.11'de gösterilmiştir.



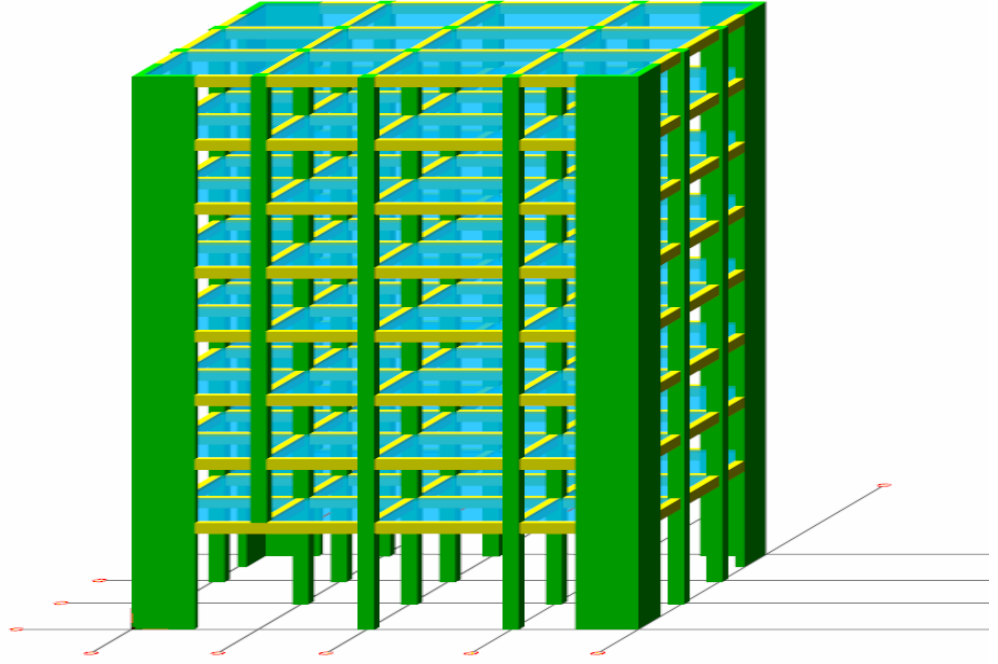
Şekil 3.6. Zemin kat yüksekliği 5m olan 4 katlı betonarme çerçevesi bina



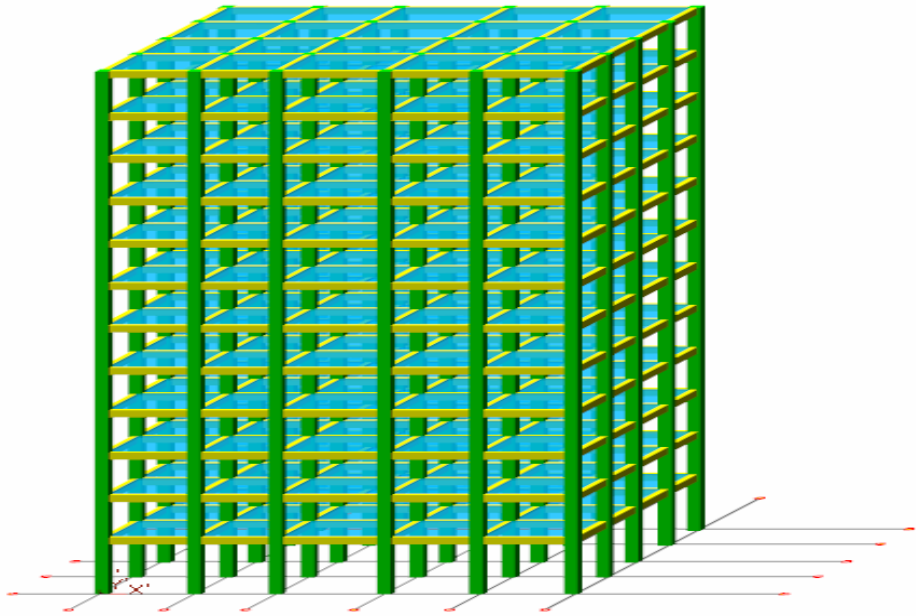
Şekil 3.7. Zemin kat yüksekliği 5m olan 4 katlı betonarme çerçevesel B3 düzensizliği olan bina



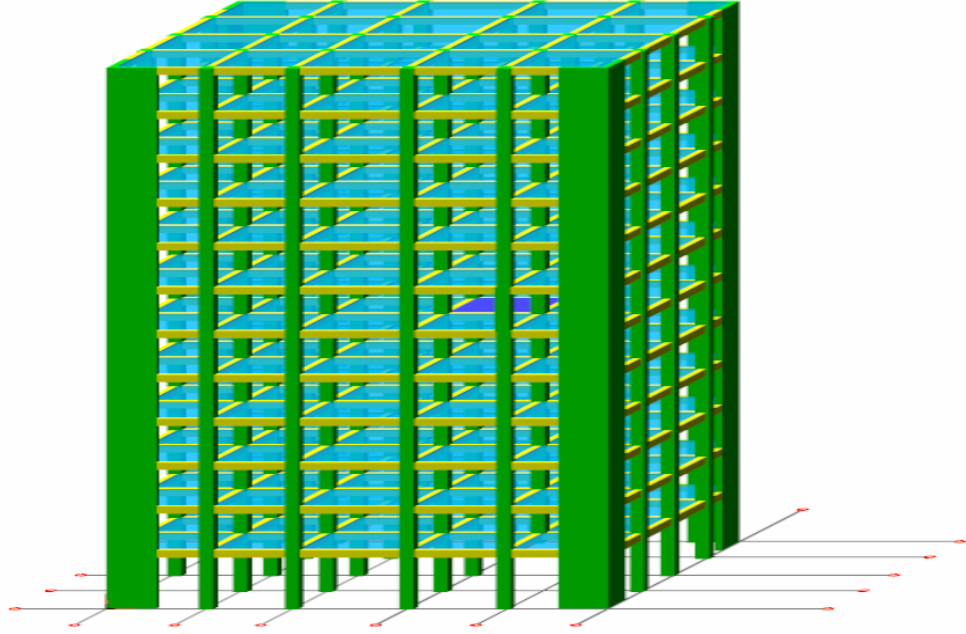
Şekil 3.8. Zemin kat yüksekliği 5m olan 8 katlı betonarme çerçevesel bina



Şekil 3.9. Z. kat yüksekliği 5m, B3 düzensizliği olan 8 katlı perde-çerçevesel bina

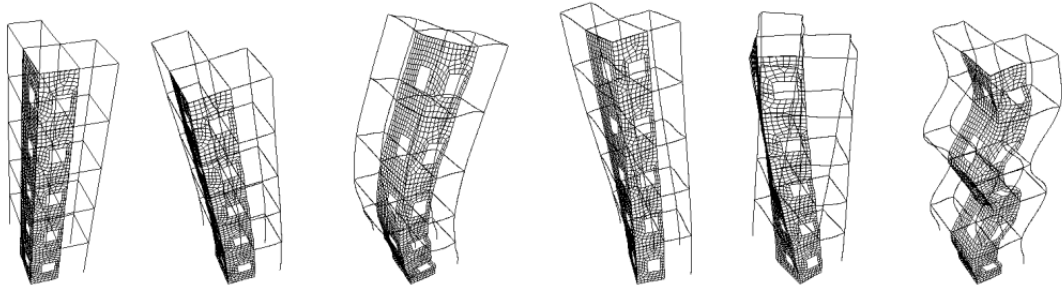


Şekil 3.10. Zemin kat yüksekliği 4m olan 12 katlı betonarme çerçevesel bina



Şekil 3.11. Z.kat yüksekliği 4m B3 düzensizliği olan 12 katlı perde-çerçevesi bina

Şekil 3.12’de hesapta kullanılan mod şekillerinden örnekler gösterilmiştir. Programda dikkate alınan modlara örnek şekiller Ek-2’de verilmiştir.



Tipik mod şekilleri

Şekil 3.12. Hesaba katılan tipik mod şekilleri

Tablo 3.4'te yapıların hesaplamalarında kullanılan parametreler ve binaların genel özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.4. Bina özellikleri

Kat Sayısı	4	8	12
Beton sınıfı	C30	C30	C30
Donatı çeliği	S420	S420	S420
Normal Kat yüksekliği	3 m	3 m	3 m
Kullanım amacı	Konut	Konut	Konut
Deprem bölgesi	2	2	2
Etkin yer ivme katsayısı	0,3	0,3	0,3
Bina önem katsayısı	1	1	1
Yerel zemin sınıfı	Z2	Z2	Z2
Spektrum karakteristik periyotları	$T_a=0.15s_n/T_b=0.4s_n$	$T_a=0.15s_n/T_b=0.4s_n$	$T_a=0.15s_n/T_b=0.4s_n$
Hareketli yük katılım katsayısı	0,3	0,3	0,3
Hesaba katılan mod sayısı	12	18	18
Hesap yöntemi	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
Kolon boyutları	40x40 cm	45x45 cm	50x50 cm
Kiriş boyutları	25x50 cm	25x50 cm	25x50 cm
Döşeme kalınlığı	12 cm	12 cm	12 cm

3.3. Yapısal Çözümleme Bilgileri

Bu çalışmanın uygulama kısmında İdeCAD paket programı kullanılmıştır. İdeCAD 1988 yılından bu yana yapısal çözümleme alanında faaliyet göstermektedir. Sayısal çözüm tekniklerindeki gelişme ve detaylı araştırmaların programa uygulanması sonucunda İdeCAD bugünkü halini almıştır. Bu programla çeşitli tipteki yapıların statik ve dinamik analizini yapmak mümkündür. Ayrıca sonuçları açıklamalı raporlar halinde sunması kullanıcıya büyük ölçüde kolaylık sağlamaktadır (Güneş, 2007). Yapı tasarlanırken, tasarımın güvenilir, hızlı ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu tür paket programlarının proje ofislerinde kullanılması bu sebeplerden dolayı tercih edilir hale gelmiştir (Gelibolu, 2008).

Genel olarak kullanım alanı analiz, tasarım ve çizim olan “ideCAD” betonarme ile katları olan veya olmayan, katlarda rijit diyaframlı, kısmen rijit diyaframlı veya tamamen rijit diyaframsız yapıların çözümlemesi yapılabilir. Çok katlı yapılar, endüstriyel yapılar ve bina türü olmayan gelişigüzel yapılar, deprem yönetmeliğine belirtilen koşullara uygun biçimde modellenebilir. Çubuklar ile birlikte, aynı sistem içine entegre edilmiş kabuk elemanlar kullanılabilir. Döşemelerin, perde duvarların, çubukların, temellerin hepsi bir arada analize dâhil edilebilir.

Sonlu elemanlar yöntemiyle, döşemelerden kiriş, perde ve kolonlara yük aktarılır. Döşeme üzerine denk gelen duvarların çizgisel yük aktarımı yapılır. Kapı ve pencere boşlukları düşülerek hassas yük analizi sağlanır. TS 500 ve Deprem Yönetmeliğinde belirtilen koşullar betonarme elemanlara eksiksiz uygulanır. Proje verileri görsel olarak detaylı şekilde incelenip, görsel sorgulama ile revizyonlar kolayca takip edilir. Yükler, analitik model, mesnetler, link elemanları serbestlikleri kısaca tüm model renkli gruplara ayrılmış haliyle incelenir. Modlar, deplasmanlar, kuvvetler, betonarme sonuçları, eleman yetersizlikleri, donatılar ve yönetmelik kontrolleri görsel olarak detaylı şekilde incelenir.

3.4. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değıştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelenmesi, Δ_i denklem (3.1) ile elde edilir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'de bulunan d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i . inci ve $(i-1)$. inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değıştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i . inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesini ifade eden, δ_i , denklem (3.2) ile elde edilir.

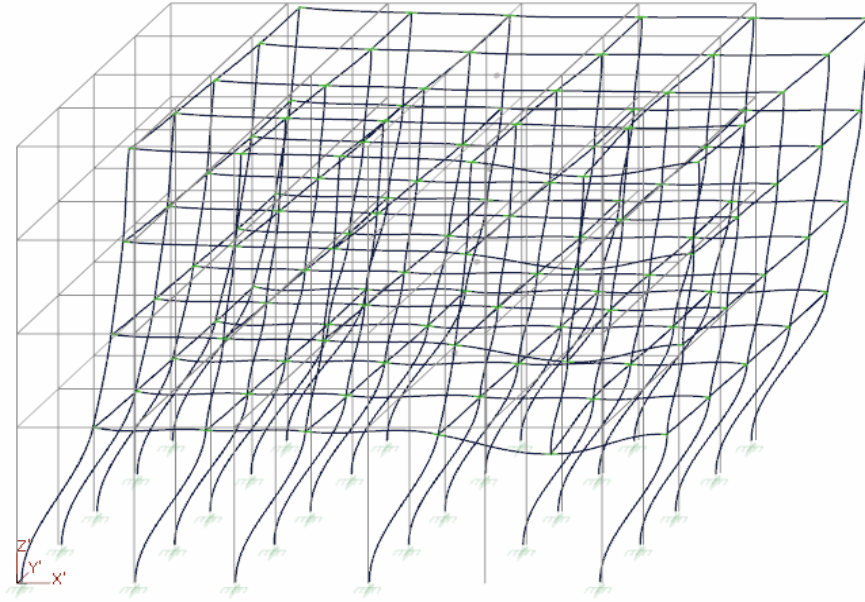
$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (3.2)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i . inci katındaki kolon veya perdelerde denklem (3.2) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$, denklem (3.3)'de verilen koşulu sağlamalıdır.

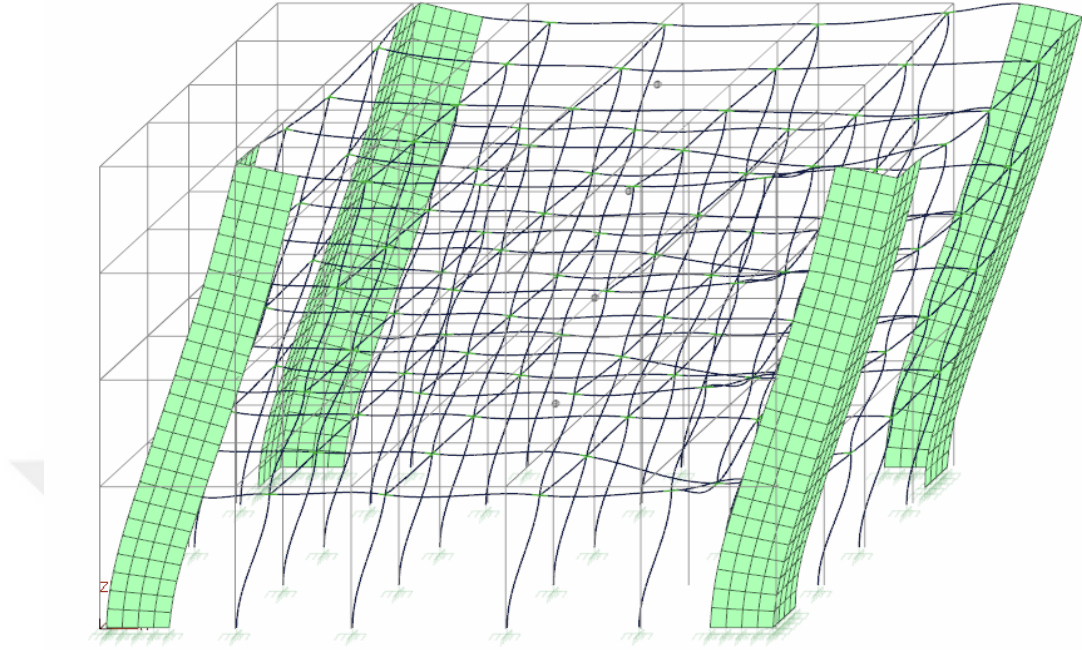
$$\delta_i \max / h_i \leq 0,02 \quad (3.3)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

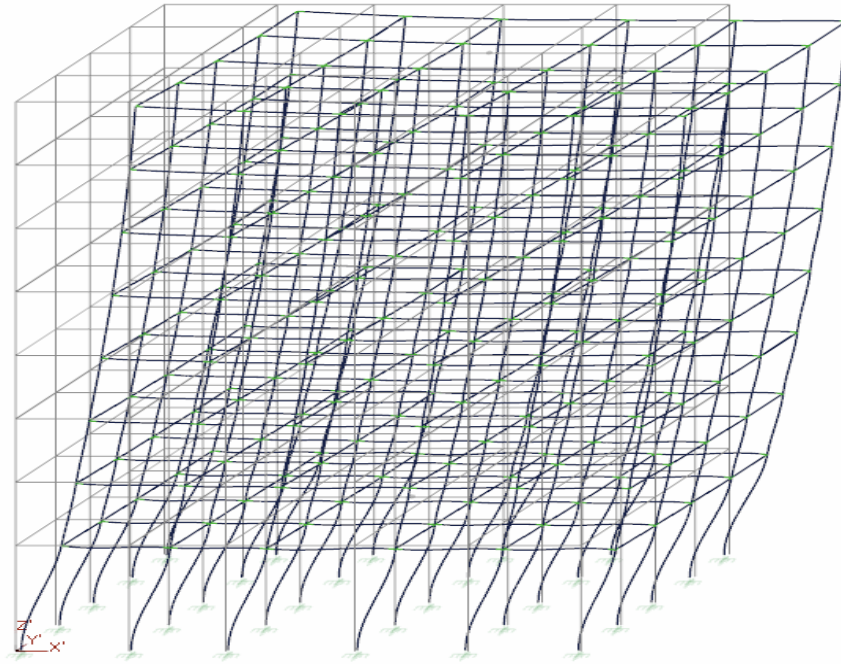
Bu çalışmanın kapsamında değerlendirilen betonarme binaların yapısal çözümlemesi ideCAD betonarme programı ile gerçekleştirilmiş, deprem hesaplarında ise modal analiz yöntemlerinden modların birleştirilmesi yöntemi kullanılmıştır. Betonarme çerçeve sistemler için referans modeller (R) ile, düşey düzensizlik bulunan modeller (D) ile düşey düzensizlik bulunan perdeli çerçeve sistemler ise (DP) ile isimlendirilmiş ve tabloda gösterilmiştir. Tablo 4.1’de 4x3 açıklıklı 4 katlı modellerin, Tablo 4.2’de 4x5 açıklıklı 4 katlı modellerin, Tablo 4.3’te 4x3 açıklıklı 8 katlı modellerin, Tablo 4.4’te 4x5 açıklıklı 8 katlı modellerin, Tablo 4.5’te 4x3 açıklıklı 12 katlı modellerin, Tablo 4.6’da 4x5 açıklıklı 12 katlı modellerin analiz sonuçları verilmiştir. İlgili tablolarda zemin kat yüksekliği (H) değişimine bağlı olarak, B2 düzensizliği katsayısı (η_{ki}), zemin kat deplasmanı (u_i), zemin kat deprem kuvvetleri (F) ve etkin görel kat ötelenme oranı (δ_{maks}) parametreleri incelenmiştir. Yapıların $G+Q+E_{x1}$ yüklemesi altındaki davranışları perspektif olarak örnek 3 boyutlu gösterimlerle Şekil 4.1-Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



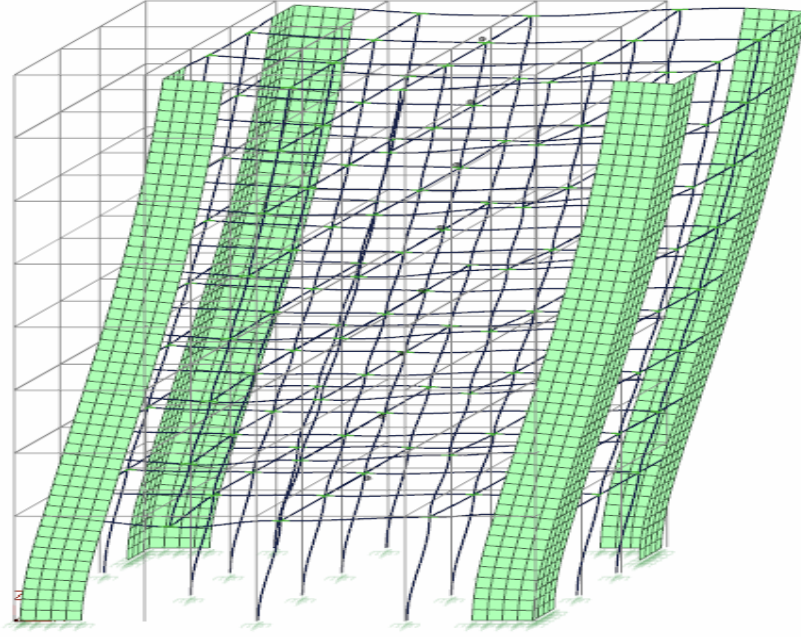
Şekil 4.1. 4 katlı, zemin kat yüksekliği 5 m olan ve B3 düzensizliği bulunan binanın $G+Q+E_{x1}$ yüklemesi altındaki davranışı



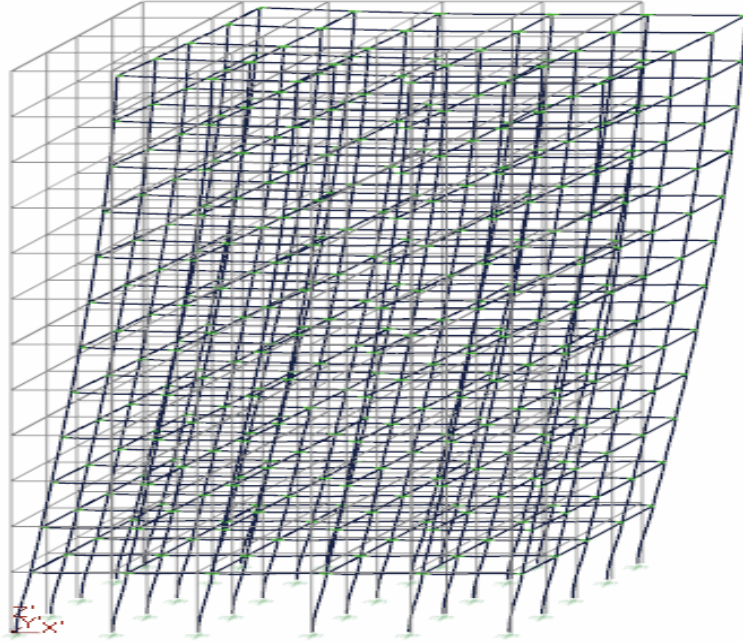
Şekil 4.2. 4 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan ve B3 düzensizliği bulunan yapının $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı



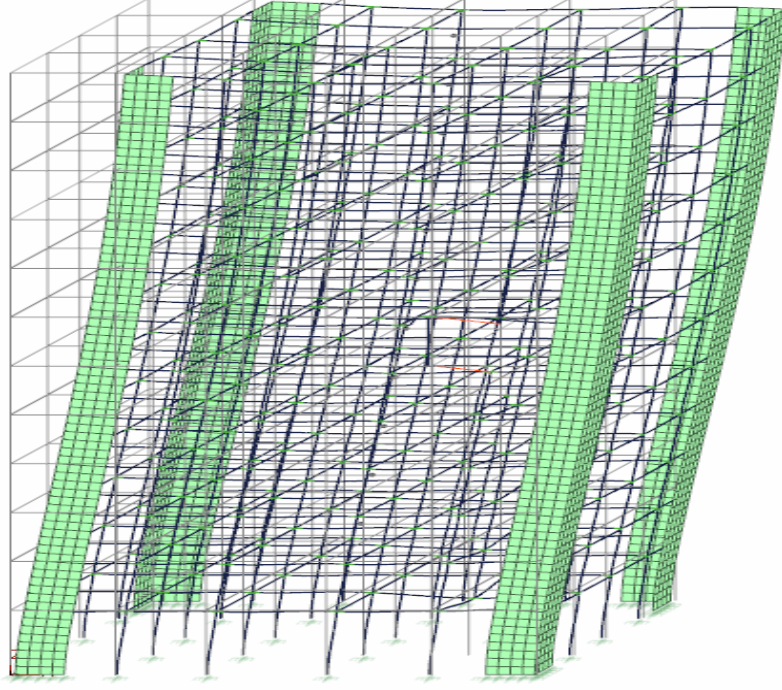
Şekil 4.3. 8 katlı zemin kat yüksekliği 5 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı



Şekil 4.4. 8 katlı, zemin kat yüksekliği 5 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı



Şekil 4.5. 12 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı



Şekil 4.6. 12 katlı, zemin kat yüksekliği 4 m olan binanın $G+Q+Ex_1$ yüklemesi altındaki davranışı

4.1. Tasarımı Gerçekleştirilen Binaların Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Alınması

Tez çalışması için belirlenen 2 farklı kalıp planı ve her bir kalıp planı için zemin kat yüksekliği 3, 4, 5m, normal kat yüksekliği 3m olan 4, 8, 12 katlı yapı modelleri tasarlanmıştır. Tasarlanan modeller ideCAD7 yapısal çözümleme programı ile deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmelik 2007’de belirtilen deprem hesabı yöntemlerine göre analize tabi tutulmuştur. Analiz sonrasında incelediğimiz düzensizlikler olan B2 ve B3 düzensizliklerinin belirlenmesinde etkili olan yumuşak kat düzensizliği katsayıları ve etkin görelî kat ötelemelerinin değerleri her kat için hesaplanmıştır.

Analiz sonuçlarını gösteren tablolarda zemin kat yüksekliği (H), B2 düzensizliği katsayısı (η_{ki}), zemin kat deplasmanı (u_i), zemin kat deprem kuvvetleri (F) ve etkin görelî kat ötelemelerinin zemin kattaki en büyük değeri (δ_{maks}) olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.1. 4x3 açıklıklı 4 katlı modellerin analiz sonuçları

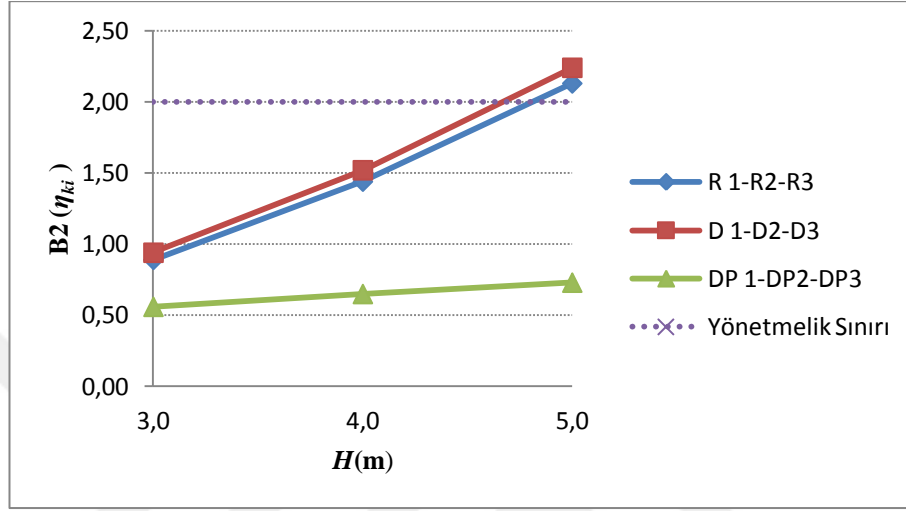
Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	5,58	1,13	10,22	0,89
R2	Zemin Kat	4,00	8,20	2,42	21,90	1,44
R3	Zemin Kat	5,00	9,11	3,97	35,82	2,13
D1	Zemin Kat	3,00	5,67	1,19	11,40	0,94
D2	Zemin Kat	4,00	8,12	2,53	23,45	1,52
D3	Zemin Kat	5,00	8,99	4,12	38,09	2,24
DP1	Zemin Kat	3,00	5,80	0,37	2,70	0,56
DP2	Zemin Kat	4,00	8,06	0,68	4,75	0,65
DP3	Zemin Kat	5,00	10,52	1,12	7,50	0,73

4x3 açıklıklı ve 4 katlı referans modellerimiz arasında, zemin kat yüksekliğine bağlı olarak modeller arasında kıyaslama yapıldığında, zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği gözlemlenmiştir. Yumuşak kat düzensizlik katsayısı deprem yönetmeliği sınır değeri olan 2'nin üzerinde çıkmıştır ($\eta_{ki} = 2,13$). Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi ve deplasman değerleri 3,5 kat F deprem kuvveti ise %60 artmıştır.

4 katlı betonarme çerçevesi 4x3 açıklıklı modeller için 3m, 4m ve 5m yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesi modeller ile referans modeller kıyaslandığında, zemin katlarda (η_{ki}) katsayısı ortalama %6 artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %6-11 arasında, deplasman değeri ise ortalama %5 artmıştır. F deprem kuvveti ise %1-2 azalmıştır.

B2 ve B3 düzensizliğinin aynı anda bulunduğu betonarme çerçevesi modellere simetrik perde eklendiğinde düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesi sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçeve sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında zemin kat yüksekliklerine bağlı olarak " η_{ki} " katsayısı

%40-68 arasında, etkin görel kat ötelemesi %80, kat deplasmanı %73 azalmıştır. Ancak; Betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti $H=5\text{ m}$ olduğu durumda %17 oranda artış göstermiştir.



Şekil 4.7. 4x3 Açıklıklı 4 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

Tablo 4.2. 4x5 Açıklıklı 4 katlı modellerin analiz sonuçları

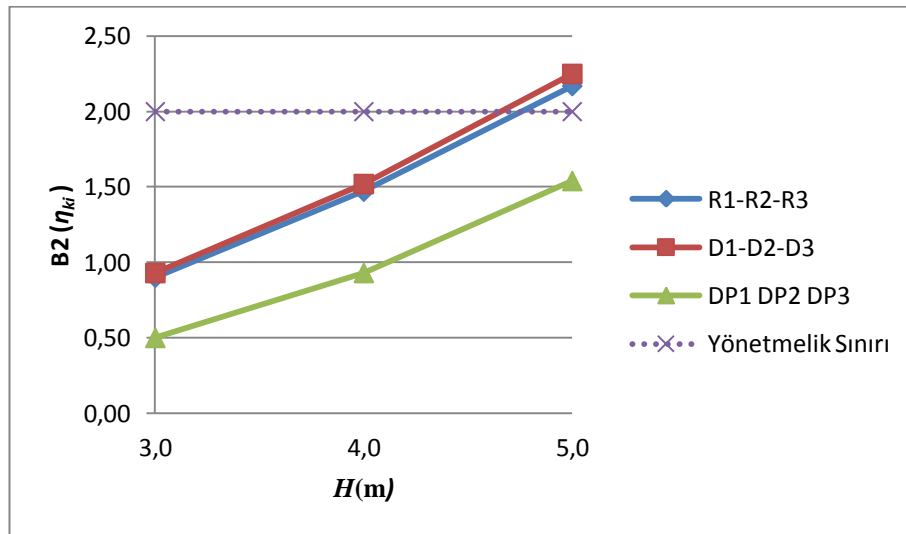
Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	9,00	1,19	10,76	0,90
R2	Zemin Kat	4,00	12,97	2,52	22,85	1,47
R3	Zemin Kat	5,00	14,32	4,12	37,27	2,17
D1	Zemin Kat	3,00	9,15	1,23	11,69	0,93
D2	Zemin Kat	4,00	12,98	2,59	23,95	1,52
D3	Zemin Kat	5,00	14,21	4,23	39,02	2,25
DP1	Zemin Kat	3,00	9,35	0,50	3,49	0,60
DP2	Zemin Kat	4,00	13,07	0,93	6,20	0,70
DP3	Zemin Kat	5,00	17,03	1,54	9,86	0,80

4x5 açıklıklı 4 katlı referans modellerimiz arasında zemin kat yüksekliğine bağlı olarak modeller arasında kıyaslama yapıldığında zemin kat yüksekliğinin 5 m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği gözlemlenmiştir. Yumuşak kat düzensizlik katsayısı deprem yönetmeliği sınır değeri olan 2'nin üzerinde çıkmıştır ($\eta_{ki} = 2,17$).

Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi ve deplasman değerleri 3,5 kat, F deprem kuvveti ise %60 artmıştır.

4 katlı betonarme çerçevesel 4x5 açıklıklı modeller için 3m, 4m ve 5m yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesel modeller ile referans modeller kıyaslandığında zemin katlarda “ (η_{ki}) ” katsayısı ortalama %4 artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %4-8 arasında, deplasman değeri ise ortalama %4 artmıştır. F deprem kuvveti ise %1 azalmıştır.

B2 ve B3 düzensizliğinin aynı anda bulunduğu betonarme çerçevesel modellere simetrik perde eklendiğinde düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesel sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçeve sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında zemin kat yüksekliklerine bağılı olarak (η_{ki}) katsayısı %35-65 arasında, etkin görelî kat ötelemesi %75, kat deplasmanı %64 azalmıştır. Ancak; Betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti, $H=5$ m olduğu durumda %20 oranda artış göstermiştir.



Şekil 4.8. 4x5 Açıklıklı 4 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

Tablo 4.3. 4x3 Açıklıklı 8 katlı modellerin analiz sonuçları

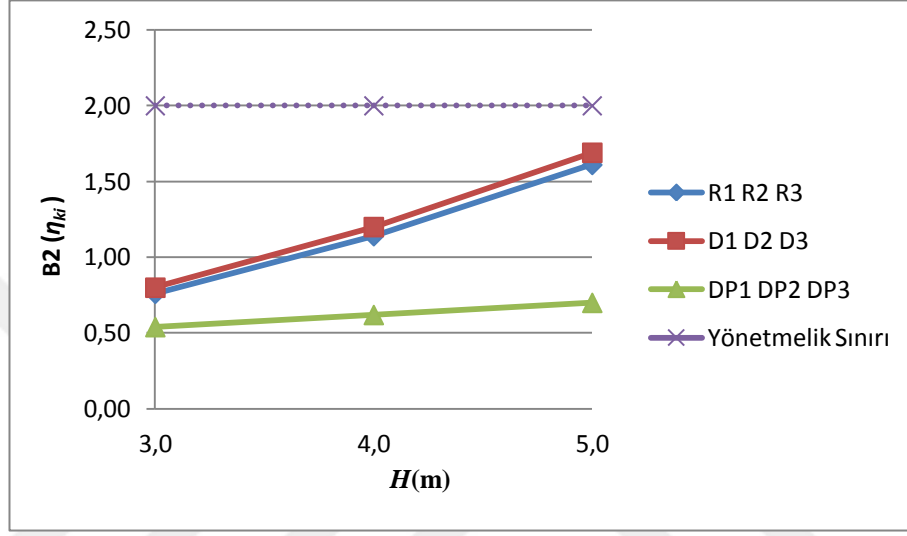
Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	2,40	1,10	9,92	0,76
R2	Zemin Kat	4,00	3,78	2,24	20,27	1,14
R3	Zemin Kat	5,00	4,95	3,91	35,03	1,61
D1	Zemin Kat	3,00	2,32	1,15	11,47	0,80
D2	Zemin Kat	4,00	3,82	2,36	22,17	1,20
D3	Zemin Kat	5,00	4,95	4,06	37,67	1,69
DP1	Zemin Kat	3,00	2,74	0,61	4,40	0,54
DP2	Zemin Kat	4,00	4,07	1,05	7,50	0,62
DP3	Zemin Kat	5,00	5,50	1,61	11,17	0,70

4x3 açıklıklı 8 katlı referans modellerimiz arasında zemin kat yüksekliğine bağlı olarak arasında kıyaslama yapıldığında zemin kat yüksekliğinin 5 m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği katsayısı η_{ki} nin yönetmelik sınırına yaklaştığı ancak sınırı aşmadığı gözlemlenmiştir. Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi 3,5 kat, deplasman değeri 3,6 kat F kuvveti ise 2,1 kat artmıştır.

8 katlı betonarme çerçevesel 4x3 açıklıklı modeller için 3mt, 4mt ve 5mt yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesel modeller ile referans modeller kıyaslandığında zemin katlarda “(η_{ki})” katsayısı ortalama %6 artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %7-15 arasında, deplasman değeri ise ortalama %5 artmıştır. F deprem kuvveti ise %1 azalmıştır.

Farklı kat yüksekliklerinde B3 düzensizliğinin bulunduğu betonarme çerçevesel modellere simetrik perde eklendiğinde, düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen ve B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesel sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçevesel sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında, zemin kat yüksekliklerine bağlı

olarak “(η_{ki})” katsayısı %33-58 arasında, etkin görelî kat ötelemesi %61-71 arasında, kat deplasmanı %47-60 arasında azalmıştır. Ancak, betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti $H=5\text{ m}$ olduğu durumda %11 oranda artış göstermiştir.



Şekil 4.9. 4x3 açıklıklı 8 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

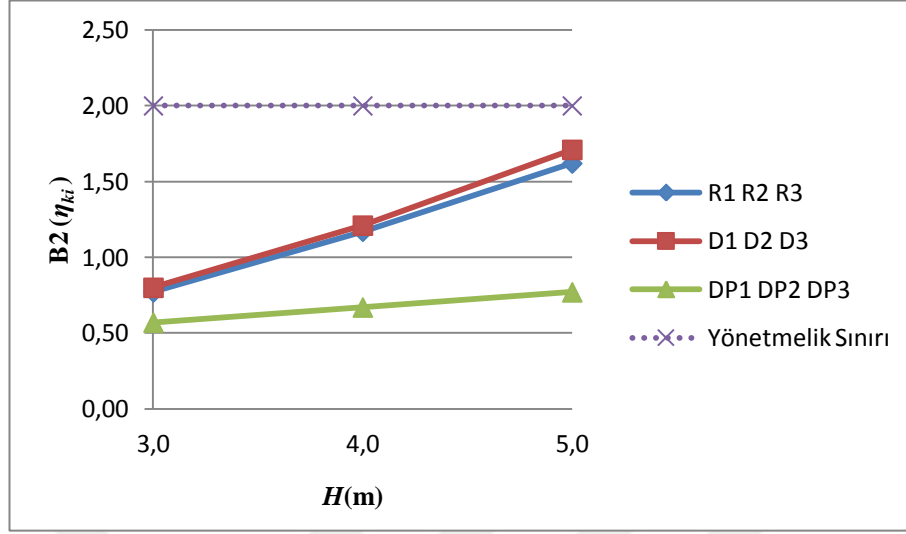
Tablo 4.4. 4x5 Açıklıklı 8 Katlı modellerin analiz sonuçları

Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	3,80	1,14	10,29	0,77
R2	Zemin Kat	4,00	6,01	2,35	21,15	1,17
R3	Zemin Kat	5,00	7,80	4,20	37,76	1,62
D1	Zemin Kat	3,00	3,85	1,18	11,56	0,80
D2	Zemin Kat	4,00	6,05	2,40	22,48	1,21
D3	Zemin Kat	5,00	7,91	4,15	38,55	1,71
DP1	Zemin Kat	3,00	4,40	0,75	5,37	0,57
DP2	Zemin Kat	4,00	6,50	1,29	9,05	0,67
DP3	Zemin Kat	5,00	8,68	2,01	13,57	0,77

4x5 açıklıklı 8 katlı referans modellerimiz arasında zemin kat yüksekliğine bağlı olarak arasında kıyaslama yapıldığında zemin kat yüksekliğinin 5 m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği katsayısı η_{ki} nin yönetmelik sınırına yaklaştığı ancak sınırı aşmadığı gözlemlenmiştir. Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi 3,7 kat, deplasman değeri 3,7 kat F deprem kuvveti ise 2,1 kat artmıştır.

8 katlı betonarme çerçevesel 4x5 açıklıklı modeller için 3mt, 4mt ve 5mt yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesel modeller ile referans modeller kıyaslandığında zemin katlarda “(η_{ki})” katsayısı ortalama %4-6 arasında artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %3-12 arasında, deplasman değeri ise ortalama %4 artmıştır. F deprem kuvveti ise %2 ye yakın artmıştır.

Farklı kat yüksekliklerinde B3 düzensizliğinin bulunduğu betonarme çerçevesel modellere simetrik perde eklendiğinde düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen ve B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesel sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçeve sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında zemin kat yüksekliklerine bağlı olarak “(η_{ki})” katsayısı %28-55 arasında, etkin görelî kat ötelemesi %53-65 arasında, kat deplasmanı %36-52 arasında azalmıştır. Ancak, betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti $H= 5m$ olduğu durumda %10 oranda artış göstermiştir.



Şekil 4.10. 4x5 açıklıklı 8 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

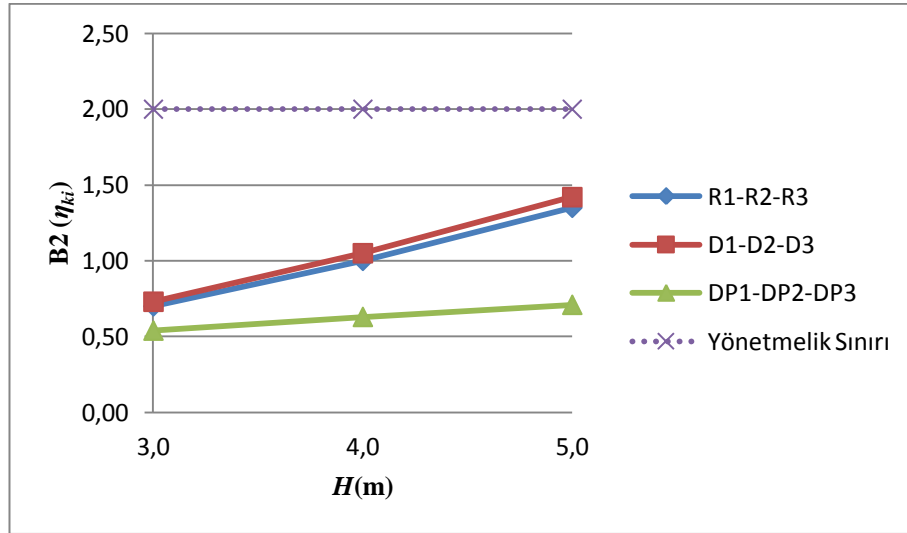
Tablo 4.5. 4x3 Açıklıklı 12 katlı modellerin analiz sonuçları

Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	1,36	0,88	7,84	0,70
R2	Zemin Kat	4,00	2,27	1,77	15,75	1,00
R3	Zemin Kat	5,00	3,20	3,05	27,42	1,35
D1	Zemin Kat	3,00	1,38	0,91	9,11	0,73
D2	Zemin Kat	4,00	2,29	1,83	17,62	1,05
D3	Zemin Kat	5,00	3,20	3,19	29,52	1,42
DP1	Zemin Kat	3,00	1,71	0,62	4,45	0,54
DP2	Zemin Kat	4,00	2,66	1,08	7,54	0,63
DP3	Zemin Kat	5,00	3,73	1,68	11,42	0,71

4x3 açıklıklı 12 katlı referans modellerimiz arasında zemin kat yüksekliğine bağlı olarak arasında kıyaslama yapıldığında, zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin yönetmelik sınırına yaklaştığı ancak sınırı aşmadığı gözlemlenmiştir. Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi ve deplasman değerleri 3,5 kat F deprem kuvveti ise 2,3 kat artmıştır.

12 katlı betonarme çerçevesi 4x3 açıklıklı modeller için 3mt, 4mt ve 5mt yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesi modeller ile referans modeller kıyaslandığında zemin katlarda (η_{ki}) katsayısı ortalama %6 artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %8-16 arasında, deplasman değeri ise ortalama %3-5 arasında artmıştır.

Farklı kat yüksekliklerinde B3 düzensizliğinin bulunduğu betonarme çerçevesi modellere simetrik perde eklendiğinde düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesi sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçeve sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında zemin kat yüksekliklerine bağılı olarak “(η_{ki})” katsayısı %26-50 arasında, etkin görelî kat ötelemesi %51-61 arasında, kat deplasmanı %31-48 arasında azalmıştır. Ancak, betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti $H=5m$ olduğu durumda %16 oranında artış göstermiştir.



Şekil 4.11. 4x3 açıklıklı 12 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

Tablo 4.6. 4x5 Açıklıklı 12 katlı modellerin analiz sonuçları

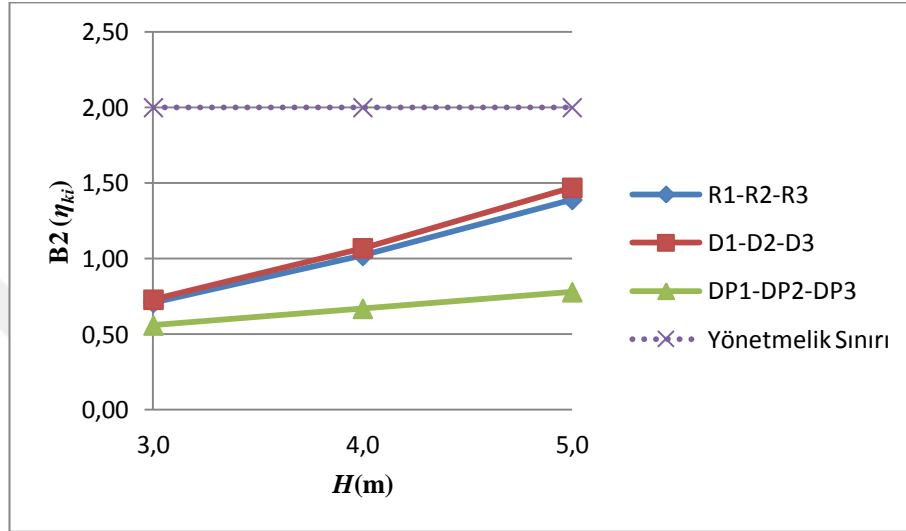
Model No	Kat	H (m)	F (tf)	u_i (mm)	δ_{maks} (mm)	η_{ki}
R1	Zemin Kat	3,00	2,52	1,00	9,03	0,71
R2	Zemin Kat	4,00	4,17	2,01	18,31	1,02
R3	Zemin Kat	5,00	5,68	3,57	31,94	1,39
D1	Zemin Kat	3,00	2,54	1,05	10,29	0,73
D2	Zemin Kat	4,00	4,03	2,13	19,90	1,07
D3	Zemin Kat	5,00	5,64	3,70	33,73	1,47
DP1	Zemin Kat	3,00	2,97	0,77	5,44	0,56
DP2	Zemin Kat	4,00	4,57	1,33	9,34	0,67
DP3	Zemin Kat	5,00	6,29	2,10	14,28	0,78

4x5 açıklıklı-12 katlı referans modelleri arasında zemin kat yüksekliğine bağlı olarak kıyaslama yapıldığında zemin kat yüksekliğinin 5 m olduğu durumda yumuşak kat düzensizliği η_{ki} 'nin yönetmelik sınırına yaklaştığı ancak sınırı aşmadığı gözlemlenmiştir. Zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması halinde etkin görelî kat ötelemesi 3,5 kat, deplasman değeri 3,6 kat F deprem kuvveti ise 2,3 kat artmıştır.

12 katlı betonarme çerçevesel 4x5 açıklıklı modeller için 3mt, 4mt ve 5mt yükseklikli zemin katlardan 1 adet kolon kaldırılarak B3 düzensizliği oluşturulmuş ve analizler yapılarak sonuçlar incelenmiştir. B3 düzensizliği olan betonarme çerçevesel modeller ile referans modeller kıyaslandığında zemin katlarda (η_{ki}) katsayısı ortalama %6 artmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi ortalama %6-14 arasında, deplasman değeri ise ortalama %4-5 arasında artmıştır.

Farklı kat yüksekliklerinde B3 düzensizliğinin bulunduğu betonarme çerçevesel modellere simetrik perde eklendiğinde düzensizliklerin sisteme getirdiği olumsuzluklar ortadan kalkmıştır. Simetrik deprem perdesi eklenen B3 düzensizliği bulunan perde-çerçevesel sistem ile B3 düzensizliği bulunan betonarme çerçevesel sistemler arasında kıyaslamalar yapıldığında zemin kat yüksekliklerine bağlı olarak

(η_{ki}) katsayısı %23-47 arasında, etkin görel kat ötelemesi %47-58 arasında, kat deplasmanı %26-43 arasında azalmıştır. Ancak, betonarme çerçeve sisteme simetrik perde eklendiğinde yapıya gelen F deprem kuvveti $H= 5\text{m}$ olduğu durumda %12 oranında artış göstermiştir.



Şekil 4.12. 4x5 açıklıklı 12 katlı modellerin karşılıklı değerlendirilmesi

4.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

- 4 katlı modeller için zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu durumlarda B2 düzensizliği görülmüştür. Zemin kat yüksekliği arttıkça etkin görel kat ötelemesi ve deplasman 3,5 kata kadar yükselmiştir. B3 düzensizliğinin de eklenmesiyle birlikte yumuşak kat düzensizliği katsayısı %6 artış göstermiş, kat ötelenme değeri de yine aynı oranda artmıştır. Farklı açıklık sayısına sahip 4 katlı modeller arasında yapılan kıyaslamada açıklık sayısı arttıkça yumuşak kat düzensizliği, kat ötelenme değerleri ve deplasman değerlerinde artış görülmüştür.

Taşıyıcı sisteme simetrik perde duvarlar eklendiğinde ise yapı davranışındaki olumsuzluklar büyük oranda iyileştirilmiştir. B2 düzensizliği, deplasman değerleri ve görel kat ötelemelerinde büyük düşüşler olmuştur. Kat yüksekliğinin 5m olduğu durumda ortaya çıkan B2 düzensizliği katsayısı simetrik perdeler eklendiğinde %65

azalmıştır. Zemin kat deplasman değeri ise %72 azalma göstermiştir. Ancak bina yükünün artması gibi nedenlerle binaya etkiyen deprem kuvveti, kat yüksekliğine bağlı olarak, zemin katta %2-20 arasında artmaktadır.

- 8 katlı modellerde zemin kat yüksekliğinin 3m'den 5m'ye çıkması ile yumuşak kat düzensizliği katsayısı artmış ancak sınır değer olan 2,0'a ulaşmamıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça etkin görelî kat ötelenmesi ve deplasman 3,7 kata kadar yükselmiştir. B3 düzensizliğinin de eklenmesiyle birlikte yumuşak kat düzensizliği katsayısı %5 artış göstermiş, kat ötelenme değeri de yine aynı oranda artmıştır.

Farklı açıklık sayısına sahip modeller arasında yapılan kıyaslamada, açıklık sayısı arttıkça yumuşak kat düzensizliği ve kat ötelenme değerlerinde artış görülmektedir

Taşıyıcı sisteme simetrik perde duvarlar eklendiğinde ise yapı davranışındaki olumsuzluklar büyük oranda iyileştirilmiştir. B2 düzensizliği, deplasman değerleri ve görelî kat ötelemelerinde büyük düşüşler olmuştur. Kat yüksekliğinin 5 m olduğu durumda B2 düzensizliği katsayısı simetrik perdeler eklendiğinde %59 azalmıştır. Zemin kat deplasman değeri ise %67 azalış göstermiştir. Ancak bina yükünün artması gibi nedenlerle binaya etkiyen deprem kuvveti, kat yüksekliğine bağlı olarak, zemin katta %10-20 arasında artmaktadır.

- 12 katlı modellerde zemin kat yüksekliğinin artması ile yumuşak kat katsayısı artmış ancak sınır değeri olan 2,0 a ulaşmamıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça etkin görelî kat ötelenmesi 3,2 kata kadar artış göstermiştir. B3 düzensizliği olan durumda yumuşak kat değeri %6 artış göstermiştir. B3 düzensizliği deplasman değerini aynı oranda arttırmıştır. Farklı açıklık sayısına sahip modeller arasında yapılan kıyaslamada, açıklık sayısı arttıkça yumuşak kat düzensizliği ve kat ötelenme değerlerinde artış görülmektedir.

Taşıyıcı sisteme simetrik perde duvarlar eklendiğinde ise yapı davranışındaki olumsuzluklar büyük oranda iyileştirilmiştir. B2 düzensizliği, deplasman değerleri ve

görelî kat ötelemelerinde büyük düşüşler olmuştur. Kat yüksekliğinin 5m olduğu durumda ve simetrik perdeler eklendiğinde B2 düzensizliği katsayısı %50 azalmıştır. Ancak bina yükünün artması gibi nedenlerle binaya etkiyen deprem kuvveti, kat yüksekliğine bağlı olarak , zemin katta % 12-24 arasında artmaktadır.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, betonarme bir yapıda B2 (rijitlik-yumuşak kat) ve B3 (düşey taşıyıcı elemanlarının süreksizliği) düzensizliklerinin tek başına veya birlikte bulunması halinde yapısal davranışta görülen etkiler ve ayrıca yapısal sisteme simetrik perdeler eklenerek yapısal davranışın ne kadar iyileştirilebileceği üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda, 2 farklı plana sahip 4-8-12 katlı modeller, zemin kat yükseklikleri 3, 4, 5m, betonarme çerçeve sistem, çerçeve-perdeli sistem olarak toplam 72 adet yapı türü modellenmiştir. Modeller üzerinde yapısal çözümler gerçekleştirilerek birbirleriyle karşılaştırmalı şekilde kıyaslamalar yapılmış sonuçlar ve yorumlar sunulmuştur.

- Kat adedi arttıkça, farklı zemin kat yüksekliklerinden dolayı oluşabilecek yumuşak kat riski azalmıştır.
- Zemin kat yüksekliği arttıkça yumuşak kat 4 katlı modellerde ortaya çıkmış, 8 ve 12 katlı modellerde sınır değer olan 2'ye yaklaşmıştır.
- Zemin kat etkin görelî kat ötelemesi ve zemin kat deplasmanı, açıklık sayısı arttıkça tüm modeller için artmaktadır.
- Zemin kat etkin görelî kat ötelemesi ve zemin kat deplasmanı kat sayısı arttıkça azalmaktadır.
- Deprem doğrultusunda binanın dış cephesine simetrik olarak perde yerleştirilerek analizi yapılan modellerden elde edilen sonuçların, perdesiz çerçeve modellerden elde edilen sonuçlara göre daha güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yapıya perde duvar eklenen modellerde yapıya gelen deprem yüklerinde artış görülmüştür.

- B3 düzensizliği yumuşak kat katsayısını ortalama %6 arttırmıştır.
- B3 düzensizliği olan modeller ile referans modeller kıyaslandığında, B3 düzensizliği, kat ötelenme değerlerini ve deplasman değerlerini arttırmıştır.
- Yönetmelikte izin verilen şekliyle kolon süreksizliği olması durumunda yapı sisteminde olumsuzluk görölmemiştir, istenilen kriterler sağlanmıştır.

Betonarme binaların projelendirme aşamasına dair tespitlerde bulunmak gerekirse; zemin kat yüksekliklerini belirlerken dikkat edilmeli ve mümkün olduğunca katlar arası yükseklik farkının bulunmasından kaçınılmalıdır. Zorunlu durumlarda ise ortaya çıkabilecek yapısal düzensizliklere karşı yönetmelikler dâhilinde gerekli önlemler alınmalıdır.

Düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği şeklinde tanımlanan B3 düzensizliğine yönetmelikler tarafından belirli şartlar altında izin verilmiş olsa da yapısal davranış üzerindeki muhtelif olumsuz etkileri gözden kaçırılmamalıdır. Bu çalışmada önerildiği üzere, ilk yapım aşamasında veyahut sonradan onarım/güçlendirme işlemleri kapsamında, taşıyıcı sisteme perde duvarlar ilave edilebileceği gibi yapısal davranışı iyileştirecek gerekli önlemler uygulanmalıdır.

Çalışmada sunulan sonuçların da gösterdiği üzere, ölkemizde de sıkça karşılaşılan taşıyıcı sistem düzensizliklerinin yapısal davranışa olan olumsuz etkilerini gidermek için betonarme çerçeve sisteme simetrik perde duvarların ilave edilmesi de davranışı iyileştirici bir niteliğe sahiptir. Simetrik perde duvarlar, B2 ve B3 taşıyıcı sistem düzensizliklerine sahip binalarda yumuşak kat düzensizliği katsayısını büyük oranda düşürerek yapısal davranışın iyileştirilmesine katkı sağlarken beklendiği üzere binalarda taban kesme kuvvetinde de artışa sebep olmuştur. Mesleki kabullere ve bu çalışmadaki sonuçlara bağlı olarak denilebilir ki; taşıyıcı sistemlerde çözüm için perde duvar tercihi çok dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır. Zira yumuşak kat düzensizliğini ortadan kaldırırken diğer taraftan emniyet gerilmelerini açacak

değerlerde taban kesme kuvvetlerine yol açmak elbette sakıncalı ve istenmeyen neticeleri ortaya koyacaktır.

ÖNERİLER

- Binaların tasarımı yapılırken rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışmasına özen gösterilmeli, yapı mümkün olduğunca simetrik biçimde tasarlanmalıdır.
- Yüksek katlı binaları perde-çerçeve taşıyıcı sistemli ve simetrik planlı şekilde projelendirmeye gayret gösterilmelidir.
- Zemin kat yüksekliklerinin normal kat yüksekliklerinden fazla olması halinde ortaya çıkan yumuşak kat faktörünün yapı performansı üzerindeki olumsuz etkileri yapılan çalışmada da gösterilmiştir. Bunun için deprem etkilerine karşı olumsuzluklar doğurabilecek şekilde statik açıdan tasarım hataları içeren taşıyıcı sistemlerden kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

Aktan S., Kır aç N., "Betonarme binalarda perdelerin davranışa etkisi" Eskişehir *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:23, Sayı:1, İstanbul, sf: 16-31, 2010.*

Altuntop M. A., "Yumuşak kat düzensizliğine sahip binaların analizi" Yüksek Lisans Tezi *Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Mühendisliği Anabilim Dalı* Ankara,2007.

Arslan S., "Betonarme Binalarda döşeme boşluklarının taşıyıcı sistem davranışına etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknikniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 2007.

Başlı D., "2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre yapı düzensizliklerinin betonarme binaların deprem davranışlarına olan etkilerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Anabilim Dalı*, Adana, 2011.

Beklen C., "Binalarda dolgu duvar etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Anabilim Dalı*, Adana, 2009

Birl, T., "Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme bina performansına etkisi üzerine bir inceleme", Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, (2010).

Bozat F. U., "Düşey süreksizlik bulunan bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal elastik ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknikniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 2013.

Celep Z., "Betonarme sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve zleme", *Beta Dağıtım*, İstanbul, (2008).

DBYBHY, "Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik", (2007)

Doğangün, A., Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, 7. Baskı *Birsene Yayınevi*, İstanbul, , 103-110 (2011).

Doğangün, A., "Yumuşak Kat oluşumu, betonarme yapıların hesap ve tasarımı", 12. Baskı, *Birsene Yayınevi*, İstanbul, 82-88 (2016).

Döker A. S., "Deprem kuvveti etkisindeki betonarme binalarda yapısal düzensizliklerin irdelenmesi ve lineer olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İaat Anabilim Dalı*, İzmir, 2010.

Evcil E., “Yeni deprem yönetmeliğine (Tdy-98) göre düzensizliklerin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı**, Adana, 2005.

Güneş M., “Betonarme binalarda kat yüksekliği değişiminin komşu katlar arası rijitlik düzensizliğine etkisi.”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı**, Adana, 2007.

Gezmiş G. M., “Planda taşıyıcı sistemi düzenli ve düzensiz olan betonarme iki yapının davranışın incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**, İstanbul, 2012

İnan T., Korkmaz K., “Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 28(3): 240-248, 2012.

Işık, G., “Betonarme binaların zemin katında oluşabilen kısa kolon ve yumuşak kat davranışının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı**, Trabzon, 2006.

Karasu T. O.,” Yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bir yapının tdy 2007’ye göre performans analizi Yüksek Lisans Tezi, **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**, Manisa 2011

Karshoğlu Ö. Çok katlı binalarda bulunan tuğla dolgu duvarların yapı davranışına etkileri Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**, Kahramanmaraş 2005.

Kaya Ö. A., Konsol uzunluğunun değişmesi durumunda yapı taşıyıcı sisteminde düşey elemanlarının süreksizliğinin incelenmesi Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı**, Isparta, 2004.

Korkmaz, A., UÇAR, T, “Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışına etkisi”, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 11 (2) 65-76 (2006).

Korkmaz, A., UÇAR, T, “Betonarme Binaların deprem davranışında dolgu duvar etkisinin incelenmesi”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8 (1): 101-108 2006).

ORAK M. S., “Planda ve düşey doğrultudaki düzensizliklerin betonarme perde-çerçeve binaların davranışına etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**, İstanbul, 2012

Öztürk, O., Aksoylu, C., Arslan, M. H., “Çerçeve türü betonarme binalardaki taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği üzerine bir irdeleme”, **Uluslar arası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu**, Burdur, 114-121 (2015).

Öztürkçü A., “Tasarım kusurlarının mevcut betonarme yapıların performansına etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Sakarya, 2011.

Sandıkçı T., “Bina türü betonarme bir yapıda yumuşak kat ve burulma düzensizliği ilişkisinin incelenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon, 2014.

Şengöz A., Sucuoğlu H.,”2007 Deprem yönetmeliğinde yer alan mevcut binaların değerlendirilmesi” *İmo Teknik Dergi*, İstanbul, sf: 4609-4633, 2009.

Tezcan, S. vd. Zayıf kat– Yumuşak kat düzensizliği, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, sf: 339-349, 2007.

Topçu A., “*Osmangazi Üniversitesi* Betonarme 1-2 Ders Notları”, 2010.

Topçu A., “Taşıyıcı sistem düzensizlikleri fotoğraflar”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Fakültesi web sitesi, 2016.

Topçu, A., “Taşıyıcı sistem seçiminde istenmeyen düzensizlikler: Doğrular, yanlışlar, hasarlar”, *İmo Eskişehir Şubesi, Meslek İçi Eğitim Kursu*, Eskişehir, 2007.

TS498, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasından alınacak yüklerin hesap değerleri”, *Türk Standartları Enstitüsü*, 1997.

TS500, “Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü* 2000.

Türk M., Ersoy U., Özcebe G, “Betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlarla depreme karşı onarım ve güçlendirilmesi”, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 2003.

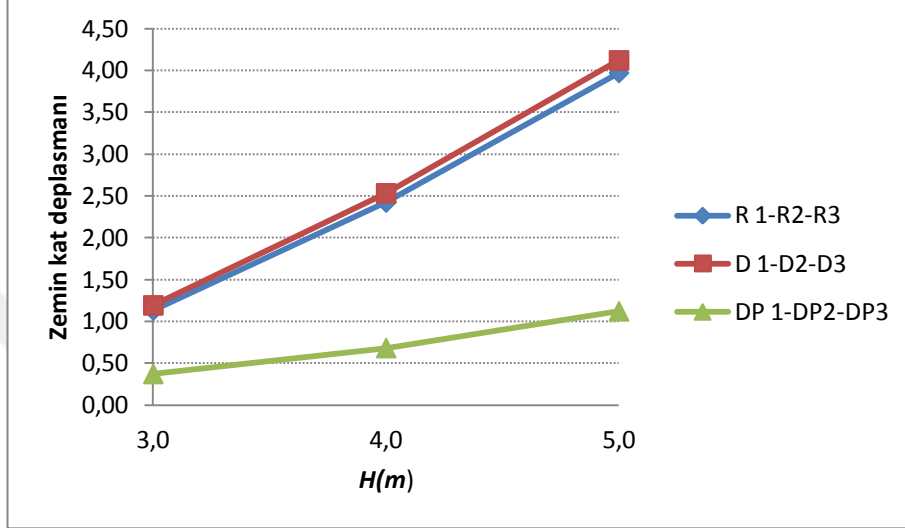
Urtimür S. Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak binalarda deprem perdesi etkilerinin deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik-2007’ye göre incelenmesi Yüksek lisans, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2012

Yaylalı R., “Düşey doğrultuda süreksizlik ve çerçeve süreksizliği içeren binaların deprem performans analizleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, 2012

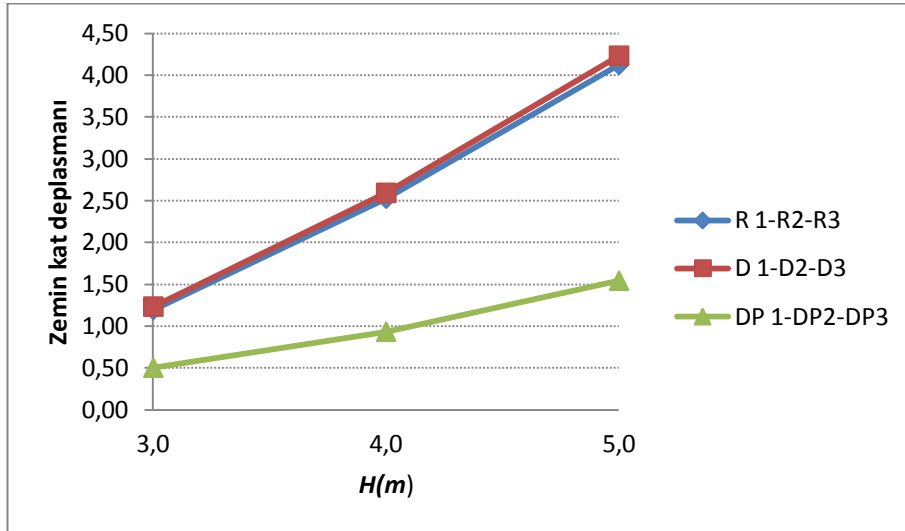
Yedikardeş U., “Deprem yönetmeliğine göre yapılardaki a2 düzensizlik durumunun incelenmesi ve perde yerleşiminin düzensizliğe etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Adana, 2010

EKLER

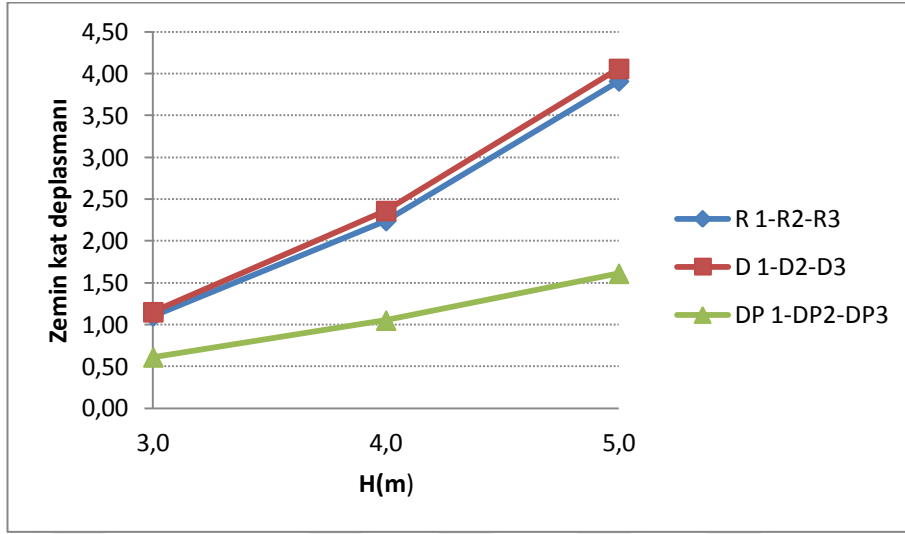
EK-1 Deplasman değişim grafikleri



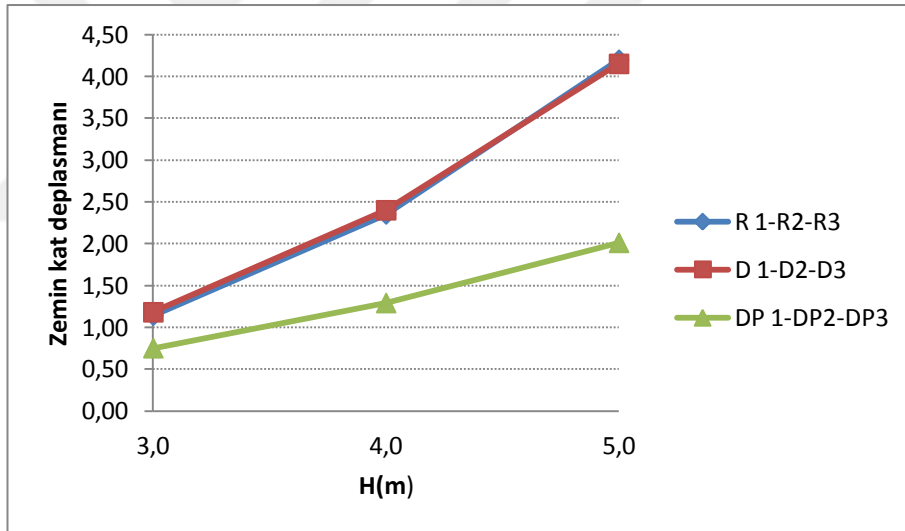
Şekil 1.1. 4x3 Açıklıklı 4 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği



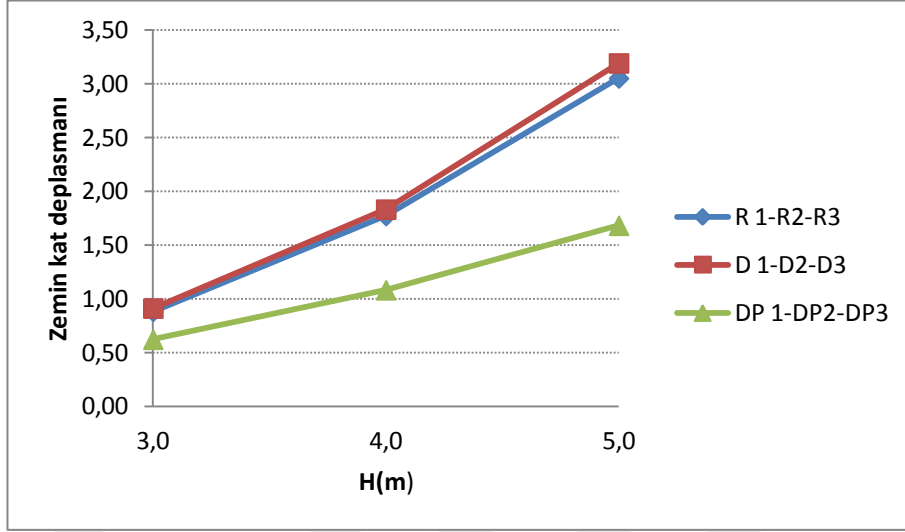
Şekil 1.2. 4x5 Açıklıklı 4 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği



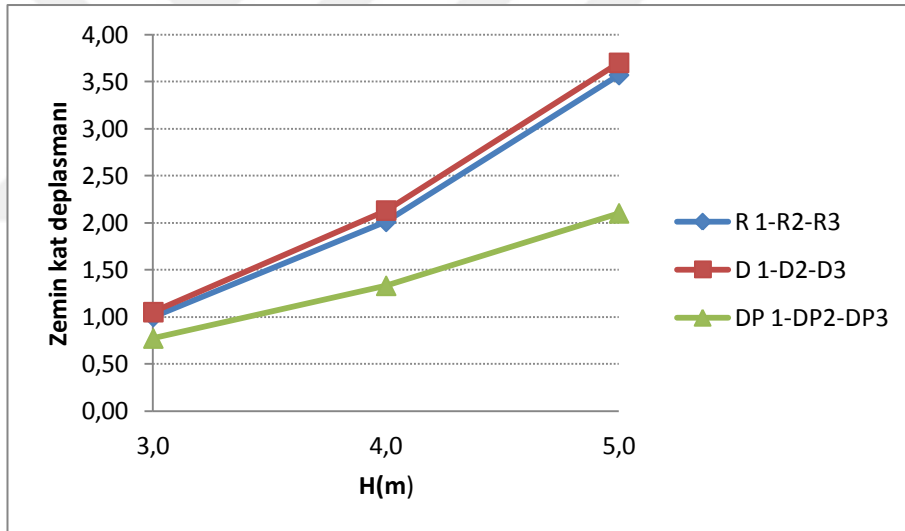
Şekil 1.3. 4x3Açıklıklı 8 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği



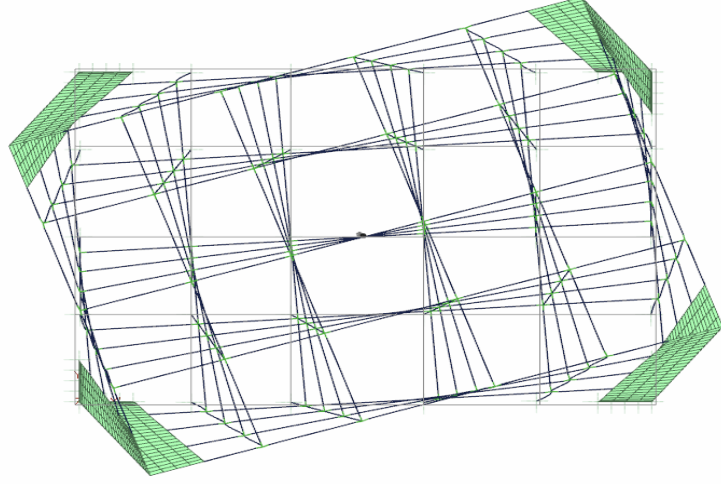
Şekil 1.4. 4x5Açıklıklı 8 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği



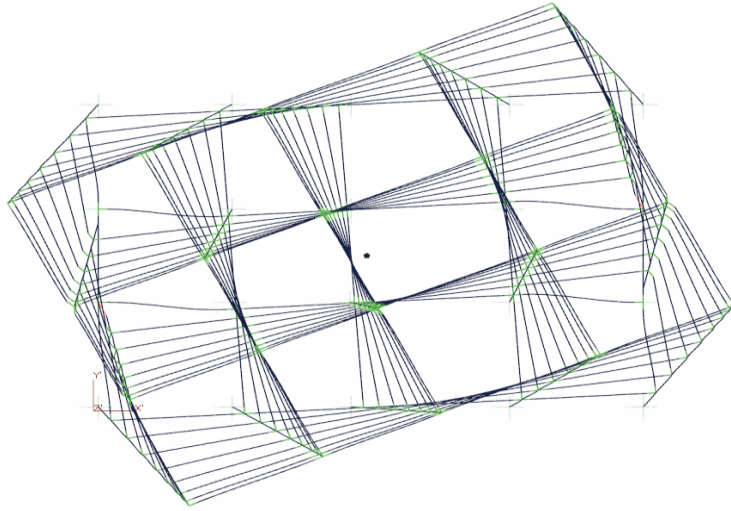
Şekil 1.5. 4x3Açıklıklı 12 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği



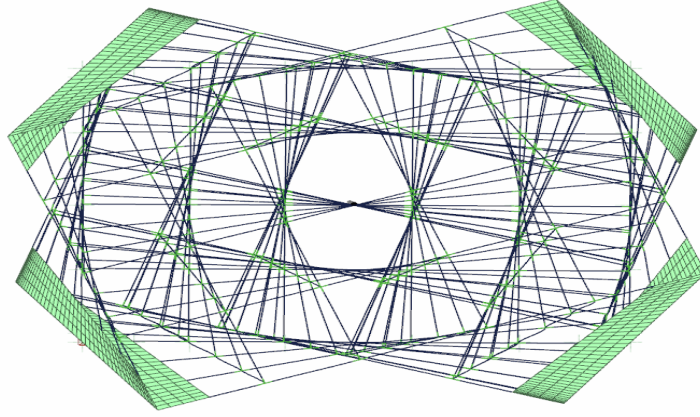
Şekil 1.6. 4x5Açıklıklı 12 Katlı Modellerin deplasman değişim grafiği

EK-2 Modellerin mod şekillerine ait örnek modal yer değiştirmeleri

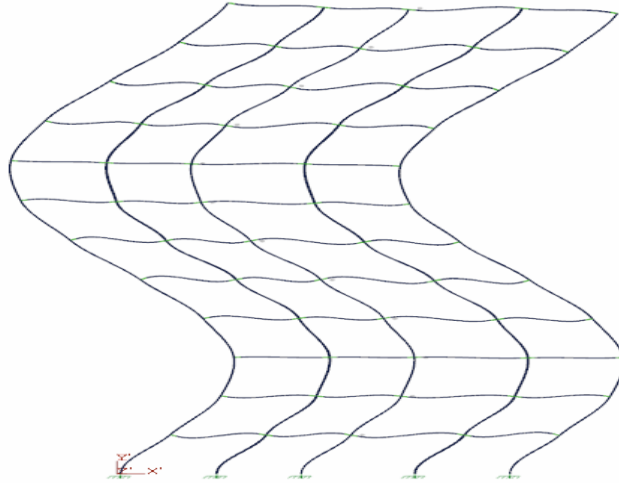
Şekil 2.1. 4 katlı, perde-çerçevesel modelin örnek modal yer değiştirmeleri (üst görünüş)



Şekil 2.2. 8 katlı, betonarme-çerçevesel modelin örnek modal yer değiştirmeleri (üst görünüş)



Şekil 2.3. 12 katlı perde çerçevesi modelin örnek modal yer değiştirmeleri (üst görünüş)



Şekil 2.4. 12 katlı betonarme çerçevesi modelin örnek modal yer değiştirmeleri (ön görünüş)

EK-3 Modellerde kullanılan modal periyot ve frekans örnekleri**Tablo 3.1.** 4 katlı 1. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

4 katlı 1. referans model Modal Periyot ve Frekanslar

Mod	Periyot [s](2 π /w)	Frekans [Hz]	Açısal Frek. [deg/s](w)	Eigen De . [deg ² /s ²]
1	0,367049	2,724431	17,118103	293,029452
2	0,365229	2,738010	17,203426	295,957853
3	0,299080	3,343582	21,008347	441,350636
4	0,121575	8,225406	51,681750	2671,003268
5	0,121088	8,258423	51,889203	2692,489346
6	0,099332	10,067288	63,254639	4001,149358
7	0,073412	13,621720	85,587793	7325,270391
8	0,073284	13,645587	85,737750	7350,961735
9	0,060341	16,572605	104,128749	10842,796265
10	0,056199	17,793991	111,802940	12499,897443
11	0,056169	17,803564	111,863094	12513,351703
12	0,046206	21,642395	135,983181	18491,425628

Tablo 3.2. 4 katlı 2. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

4 katlı 2. referans model Modal Periyot ve Frekanslar

Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Açısal Frek, [deg/s]	Eigen De , [deg ² /s ²]
1	0,373099	2,680254	16,840533	283,603552
2	0,372970	2,681179	16,846343	283,799265
3	0,316206	3,162494	19,870539	394,838304
4	0,124023	8,063013	50,661407	2566,578208
5	0,123970	8,066486	50,683227	2568,789464
6	0,105190	9,506629	59,731914	3567,901497
7	0,075405	13,261688	83,325641	6943,162414
8	0,075297	13,280817	83,445837	6963,207653
9	0,064064	15,609403	98,076774	9619,053597
10	0,057954	17,255146	108,417278	11754,306102
11	0,057931	17,261878	108,459578	11763,480082
12	0,049213	20,319938	127,673937	16300,634156

Tablo 3.3. 8 katlı 1. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

8 katlı 1. referans model Modal Periyot ve Frekansları				
Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Aç sal Frek, [deg/s]	Eigen De , [deg²/s²]
1	0,643373	1,554309	9,766013	95,375005
2	0,633870	1,577610	9,912415	98,255980
3	0,512550	1,951030	12,258686	150,275382
4	0,210169	4,758084	29,895923	893,766218
5	0,207640	4,816037	30,260055	915,670927
6	0,169088	5,914087	37,159306	1380,814010
7	0,120606	8,291452	52,096727	2714,068992
8	0,119879	8,341771	52,412893	2747,111311
9	0,099378	10,062558	63,224917	3997,390180
10	0,084619	11,817686	74,252711	5513,465017
11	0,084190	11,877937	74,631281	5569,828107
12	0,069896	14,306912	89,892980	8080,747911
13	0,065073	15,367429	96,556407	9323,139671
14	0,064834	15,423956	96,911575	9391,853433
15	0,053865	18,565102	116,647973	13606,749663
16	0,053504	18,690106	117,433397	13790,602818
17	0,053374	18,735592	117,719194	13857,808548
18	0,046538	21,487684	135,011098	18227,996649

Tablo 3.4. 8 katlı 2. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

8 katlı 2. referans model Modal Periyot ve Frekansları				
Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Aç sal Frek, [deg/s]	Eigen De , [deg²/s²]
1	0,729208	1,371351	8,616451	74,243228
2	0,723834	1,381532	8,680420	75,349698
3	0,603067	1,658191	10,418724	108,549817
4	0,238818	4,187292	26,309530	692,191380
5	0,237901	4,203435	26,410964	697,539009
6	0,199157	5,021153	31,548833	995,328832
7	0,137985	7,247187	45,535421	2073,474574
8	0,137467	7,274489	45,706964	2089,126589
9	0,117081	8,541095	53,665284	2879,962735
10	0,097087	10,300002	64,716821	4188,266962
11	0,096693	10,342018	64,980813	4222,506068
12	0,082493	12,122299	76,166652	5801,358805
13	0,074651	13,395682	84,167554	7084,177098
14	0,074373	13,445738	84,482061	7137,218631
15	0,063519	15,743232	98,917645	9784,700511
16	0,060999	16,393600	103,004024	10609,829000
17	0,060836	16,437551	103,280176	10666,794768
18	0,052284	19,126243	120,173730	14441,725468

Tablo 3.5. 12 katlı 1. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

12 katlı 1. referans model Modal Periyot ve Frekansları				
Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Aç sal Frek, [deg/s]	Eigen De , [deg²/s²]
1	0,841403	1,188492	7,467514	55,763759
2	0,816260	1,225100	7,697529	59,251957
3	0,639277	1,564267	9,828580	96,600979
4	0,270853	3,692041	23,197776	538,136828
5	0,265217	3,770504	23,690777	561,252936
6	0,210890	4,741816	29,793707	887,664970
7	0,151254	6,611404	41,540679	1725,628044
8	0,150340	6,651586	41,793147	1746,667137
9	0,123613	8,089748	50,829386	2583,626462
10	0,105335	9,493483	59,649312	3558,040371
11	0,104798	9,542193	59,955365	3594,645840
12	0,086570	11,551395	72,579557	5267,792127
13	0,079792	12,532650	78,744964	6200,769290
14	0,079487	12,580704	79,046898	6248,412024
15	0,065900	15,174549	95,344505	9090,574723
16	0,063886	15,652893	98,350026	9672,727570
17	0,063669	15,706125	98,684493	9738,629168
18	0,053063	18,845439	118,409387	14020,782895

Tablo 3.6. 12 katlı 2. Referans modelin modal periyot ve frekans tablosu

12 katlı 1. referans model Modal Periyot ve Frekansları				
Mod	Periyot [s]	Frekans [Hz]	Aç sal Frek, [deg/s]	Eigen De , [deg²/s²]
1	0,897973	1,113619	6,997076	48,959067
2	0,885166	1,129732	7,098317	50,386100
3	0,727829	1,373950	8,632782	74,524921
4	0,291328	3,432557	21,567393	465,152446
5	0,289208	3,457720	21,725494	471,997094
6	0,239949	4,167560	26,185550	685,683045
7	0,165480	6,043010	37,969352	1441,671680
8	0,164661	6,073092	38,158362	1456,060565
9	0,140445	7,120212	44,737609	2001,453650
10	0,115666	8,645601	54,321913	2950,870237
11	0,114948	8,699601	54,661205	2987,847335
12	0,098402	10,162428	63,852420	4077,131598
13	0,087941	11,371220	71,447485	5104,743174
14	0,087367	11,445953	71,917043	5172,061144
15	0,075000	13,333404	83,776248	7018,459788
16	0,070573	14,169807	89,031522	7926,611963
17	0,070171	14,250970	89,541483	8017,677182
18	0,060233	16,602317	104,315432	10881,709335

ÖZGEÇMİŞ

Selçuk ÖZYER, 1985 yılında Ordu'da doğdu. 2002 yılında Ordu Süper Lisesi'ni bitirdi. 2003 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Bu bölümden 2008 yılında mezun oldu. 2014 yılında Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans yapmaya hak kazandı.

