

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA PERDELERİN
PLANDA YERLEŞİMİNİN VE PERDELERDEKİ
BOŞLUKLARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOHAMAD KINAN OTHMAN

DENİZLİ, ARALIK - 2017

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA PERDELERİN
PLANDA YERLEŞİMİNİN VE PERDELERDEKİ
BOŞLUKLARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOHAMAD KINAN OTHMAN

DENİZLİ, ARALIK - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

MOHAMAD KINAN OTHMAN tarafından hazırlanan “ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA PERDELERİN PLANDA YERLEŞİMİNİN VE PERDELERDEKİ BOŞLUKLARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 15.12.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Ali Haydar KAYHAN
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Yrd. Doç. Dr. Gülhan İNCE
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Üye
Yrd. Doç. Dr. Bayram Tanık ÇAYCI
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20.12.2017 tarih ve 50/08-a-2 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Mohamad Kinan Othman

MOHAMAD KINAN OTHMAN

ÖZET

ÇOK KATLI BETONARME YAPILARDA PERDELERİN PLANDA YERLEŞİMİNİN VE PERDELERDEKİ BOŞLUKLARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOHAMAD KINAN OTHMAN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ALİ HAYDAR KAYHAN)
DENİZLİ, ARALIK - 2017

Genellikle ticari ve konut amaçlı olan yüksek bina yapımındaki artış, kentsel nüfusun hızla artmasına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Son yıllarda, yapı malzemesi mekanik özelliklerindeki gelişim ile deprem gibi dinamik etkileri de dikkate alan karmaşık yapısal modellerin hesaplarının kolaylıkla yapılabilmesi, depreme dayanıklı yüksek yapı tasarımına katkı sağlamıştır. Deprem etkisine maruz yüksek yapılarda betonarme perdelerin kullanımı, ekonomik ve güvenli tasarım açısından zorunludur.

Yapının depreme karşı tepkisi açısından perdelerin geometrisi ve taşıyıcı sistem planındaki yerleşimi önemlidir. Öte yandan, çeşitli fonksiyonel ihtiyaçları karşılayacak perde boşluklarına da ihtiyaç olmaktadır. Bu durumda perdenin yatay rijitliği azalmaktadır. Dolayısıyla, deprem yükleri altında yüksek binalarda perdelerin taşıyıcı sistem içerisinde yerleşimi ve perdelerde bırakılacak boşluklar, analiz ve tasarımda özenle dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, betonarme yapılarda perdelerin plandaki yerleşiminin ve perdelerde bırakılacak boşluk oranının yapının deprem etkisi altındaki davranışına etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, 5, 10, 20 ve 30 katlı betonarme yapılar ele alınmıştır. Farklı perde yerleşimi ve boşluk oranını temsil eden yapı modelleri analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay kullanılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Betonarme bina, perde yerleşimi, boşluklu perde, mod birleştirme yöntemi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SHEAR WALL PLACEMENT IN PLAN AND OPENINGS IN SHEAR WALLS ON THE SEISMIC BEHAVIOUR OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

MSC THESIS

MOHAMAD KINAN OTHMAN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR ALİ HAYDAR KAYHAN)

DENİZLİ, DECEMBER 2017

The increase in the construction of tall buildings, which are usually commercial and residential, has arisen due to the rapid increase of the urban population. In recent years, the development of mechanical properties of building materials and the ability to easily calculate complex structural models that take into account dynamic effects such as earthquakes have contributed to the earthquake resistant design of tall buildings. The use of shear walls in tall buildings is an obligation in terms of economic and safe design.

The geometry and placement of shear walls are important for the structural response to the seismic excitation. On the other hand, there is a need for openings in shear walls to meet the various functional requirement. In this case, the horizontal stiffness of shear walls decreases. Thus, for seismic design of tall buildings, placement of shear walls and openings in shear walls should be taken into consideration carefully.

In this study, the effect of the placement of shear walls in plan and openings in shear walls on the structural response of reinforced concrete buildings to seismic excitation. For this purpose, 5, 10, 20 and 30 storey reinforced concrete buildings are considered. These buildings which have different placement of shear walls and openings. Analysis of the building models are performed using response spectrum method, and obtained results are compared. The parameters used for comparison are: the natural vibration period, global drift ratio, inter-story drift ratio and the ratio of the sum of shear forces developed at the bases of structural walls to total shear force developed at the bases for the entire building.

KEYWORDS: Reinforced concrete building, location of shear wall, shear wall with opening, response spectrum method.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
SEMBOLE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımı.....	2
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Literatür Çalışmaları.....	3
1.4 Kapsam ve Yöntem	5
1.5 Tezin Organizasyonu.....	6
2. PERDE DUVARLAR VE ANALİZDE KULLANILACAK BETONARME BİNALAR	8
2.1 Genel Bilgiler	8
2.2 Betonarme Bina Tasarım ve Analiz Bilgileri	12
2.3 ETABS Modelinin Oluşturulması	15
3. DEPREM YÖNETMELİĞİ GENEL HÜKÜMLERİ VE HESAP KURALLARI	24
3.1 Genel Hükümler ve Genel İlkeler.....	24
3.2 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı İçin Hesap Kuralları	25
3.2.1 Genel İlke ve Kurallar.....	25
3.2.2 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması	26
3.2.3 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması.....	27
3.2.4 Deprem Hesabı İçin Mod Birleştirme Yöntemi.....	28
4. PERDE YERLEŞİMİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ	32
4.1 Doğal Titreşim Periyodu	32
4.2 Global Ötelenme Oranı ve Görelî Kat Ötelenmesi Oranı	34
4.3 Perdelerin Toplam Taban Kesme Kuvvetinden Aldığı Pay	38
5. PERDE BOŞLUK ORANININ YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ	40
5.1 Perdelerde Bırakılan Boşluklar.....	40
5.2 Doğal Titreşim Periyodu	42
5.3 Global Ötelenme Oranı ve Görelî Kat Ötelenmesi Oranı	43
5.4 Perdelerin Toplam Taban Kesme Kuvvetinden Aldığı Pay	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
7. KAYNAKLAR.....	57
8. ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yatay yüke maruz kalan perdenin davranışı	9
Şekil 2.2: Perde ve çerçevenin birbirleri ile etkileşimi.....	10
Şekil 2.3: Yatay yükler altında perdede oluşabilecek kırılma biçimleri.....	11
Şekil 2.4: Perdeli-çerçeveli sistemlerde mafsallaşma durumları.....	11
Şekil 2.5: Çalışmada kullanılan çerçeve modele (ÇM) ait kalıp planı	12
Şekil 2.6: Çalışmada kullanılan tüm modellere ait kalıp planları.....	13
Şekil 2.7: Malzeme özelliklerinin tanımlanması	16
Şekil 2.8: Kolon ve kiriş kesitlerinin tanımlanması	16
Şekil 2.9: Çalışmada kullanılan beş katlı bina modelleri	17
Şekil 2.10: Çalışmada kullanılan on katlı bina modelleri.....	18
Şekil 2.11: Çalışmada kullanılan yirmi katlı bina modelleri	19
Şekil 2.12: Çalışmada kullanılan otuz katlı bina modelleri.....	20
Şekil 2.13: Analizde dikkate alınacak kütlelerin tanımlanması.....	21
Şekil 2.14: Yük kombinasyonlarının tanımlanması	21
Şekil 2.15: Tasarım spektrumunun tanımlanması	22
Şekil 2.16: Tepki spektrumu analizinin tanımlanması	23
Şekil 3.1: Spektrum katsayısı	26
Şekil 3.2: Kat kütle merkezi kaydırılarak belirlenen yük uygulama noktaları ..	29
Şekil 3.3: Tekil kütlelere etkileyen modal deprem yüklerinin kaydırılması	29
Şekil 3.4: Taşıyıcı sistem elemanlarının asal doğrultuları.....	31
Şekil 4.1: Perdeli modellerin titreşim periyotlarının çerçeveli sistemin periyoduna oranı.....	34
Şekil 4.2: Perdeli modellerin global ötelenme oranlarının çerçeveli sistem ile kıyaslanması	36
Şekil 4.3: Perdeli modellerin maksimum görel kat ötelenmesi oranlarının çerçeveli sistem ile kıyaslanması	37
Şekil 4.4: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (planda yerleşim)..	39
Şekil 5.1: Perdelerde bırakılan boşlukların örnek görünümü	41
Şekil 5.2: Boşluklu perdeli modellerin periyotlarının çerçeveli sistemin periyoduna oranı.....	43
Şekil 5.3: Boşluklu perdeli modellerin global ötelenme oranlarının çerçeveli sistem ile kıyaslanması.....	45
Şekil 5.4: Perdeli modellerin maksimum görel kat ötelenmesi oranlarının çerçeveli sistem ile kıyaslanması	46
Şekil 5.5: Perdelerin toplam taban kesme kuvvetinden aldığı paya boşluk oranının etkisi.....	47
Şekil 5.6: Doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması (x yönü).....	48
Şekil 5.7: Doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması (y yönü).....	49
Şekil 5.8: Global ötelenme oranlarının kıyaslanması (x yönü)	49
Şekil 5.9: Global ötelenme oranlarının kıyaslanması (y yönü)	50
Şekil 5.10: Görel kat ötelenmesi oranlarının kıyaslanması (x yönü)	50
Şekil 5.11: Görel kat ötelenmesi oranlarının kıyaslanması (y yönü)	51
Şekil 5.12: Modellerin α_s değerlerinin karşılaştırılması (x yönü).....	51
Şekil 5.13: Modellerin α_s değerlerinin karşılaştırılması (y yönü).....	52

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Binalarda kolon ve perde enkesit boyutları (cm).....	14
Tablo 4.1: X yönünde doğal titreşim periyotları (planda yerleşim).....	33
Tablo 4.2: Y yönünde doğal titreşim periyotları (planda yerleşim).....	33
Tablo 4.3: X yönünde global ötelenme oranları (planda yerleşim).....	35
Tablo 4.4: Y yönünde global ötelenme oranları (planda yerleşim).....	35
Tablo 4.5: X yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (plan yerleşim)	36
Tablo 4.6: Y yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (plan yerleşim)	37
Tablo 4.7: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (planda yerleşim)	38
Tablo 5.1: Perdelerde bırakılan boşlukların özellikleri	40
Tablo 5.2: X yönünde doğal titreşim periyotları (boşluk oranı)	42
Tablo 5.3: Y yönünde doğal titreşim periyotları (boşluk oranı)	42
Tablo 5.4: X yönünde global ötelenme oranları (boşluk oranı)	44
Tablo 5.5: Y yönünde global ötelenme oranları (boşluk oranı)	44
Tablo 5.6: X yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (boşluk oranı) ..	45
Tablo 5.7: Y yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (boşluk oranı) ..	46
Tablo 5.8: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (boşluk oranı)	47

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standardı
UBC	: Uniform Building Code

SEMBOL LİSTESİ

- A_o : Etkin yer ivmesi katsayısı
 $A(T)$: Spektral ivme katsayısı
 B_a : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenine doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
 B_b : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenine doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
 B_B : Mod birleştirme yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
 B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
 G : Sabit yük
 I : Bina önem katsayısı
 m_i : Binanın i'inci katının kütlesi
 m_{θ} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
 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 : Hareketli yük katılım katsayısı
 Q : Hareketli yük
 R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
 $R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
 $S(T)$: Spektrum katsayısı
 $S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme
 $S_{ar}(T_n)$: n'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme
 T : Bina doğal titreşim periyodu
 T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotları
 V_t : Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti
 V_{tB} : Mod birleştirme yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti
 α_s : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
 β : Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
 Φ_{xin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni
 Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, deprem mühendisliği ve yapısal güvenilirlik hakkında çok şey öğrendim. Dahası, bir yıl boyunca yaptığım araştırmalar sayesinde kendimi tanıma fırsatı buldum. Çalışmam boyunca bana destek veren ve bu tezin yazılmasını unutulmaz bir deneyim haline getiren eğitmenlere ve Pamukkale Üniversitesi'ndeki herkese teşekkürü bir borç bilirim. Özellikle, tez danışmanım Doç. Dr. Ali Haydar KAYHAN'a bu tezin yazımı sürecinde sağladığı eleştirel düşünce, ilham ve rehberlik için teşekkürlerimi sunarım. Geçen yıl boyunca yürüttüğümüz tartışma ve toplantıların tümünden ciddi anlamda keyif aldım.

Anneme ve babama ayrıca teyzeme ve dayıma, bana her zaman eğitimin ve disiplinin değerini gösteren muhteşem bilim insanı ve asil kişilere teşekkür ederim. Bana bilginin önemini, öğretme sanatını ve verici olmanın ruhunu öğrettiler. Herşeyden öte, adanmış, fedakar ve mütevazı duruşlarıyla benim için muhteşem rol modeller oldular.

Eşime ve kızıma, bu tezi bitirmem için gereken aylar boyunca sağladıkları tüm sevgi, ilgi ve sabır için,

Her iki sevgili kız kardeşime ve güzel ailelerine, tüm sevgi, ve halen benim için etmekte olduğunuz tüm hayır duaları için,

Son olarak, yeni ve eski arkadaşlarıma, uzakta ya da yakında olmalarına bakmaksızın, sürekli verdikleri destek, teşvik ve keyif için teşekkür ederim.

Aralık 2017

MOHAMAD KINAN OTHMAN

(İnşaat Mühendisi)

Anneme ve Babama...

1. GİRİŞ

Yüksek kuleler ve yapılar, uygarlığın başlangıcından itibaren insanoğlunu cezbetmiştir. 1800'lü yılların sonuna doğru başlayan, büyük ölçüde ticari ve konut amaçlı olan yüksek bina yapımı, kentsel nüfusun hızla artmasına ve bunu izleyen sınırlı alan kısıtlamasına bağlı olarak günümüze kadar artarak gelmiştir. Yüksek arazi maliyetleri, kentsel yerleşimin yayılmasını kontrol etme isteği ve etkin tarımsal üretimi koruma gereksinimi konut ve/veya ticari binaların yüksekliğinin artmasına sebep olmuştur. Son yıllarda, yapı malzemesi mekanik özelliklerindeki gelişim ve bununla beraber rüzgar ve deprem gibi dinamik etkileri de dikkate alan karmaşık yapısal modellerin hesaplarının kolaylıkla yapılabilmesi, depreme dayanıklı yüksek yapı tasarımının önünü açmıştır.

Bina yüksekliğindeki artışa bağlı olarak deprem veya rüzgar gibi yatay yükler düşey yüklere göre tasarımı daha fazla etkilemeye başlamıştır. Dolayısıyla, yüksek binaların yatay yükler etkisi altındaki davranışının ele alınması önem kazanmıştır.

Yüksek yapı tanımı ile ilgili olarak mevcut yönetmeliklerde, bina titreşim periyodu, bina yüksekliği gibi parametrelere bağlı olarak birbirinden farklı tanımlamalar yapılmaktadır (UBC 1997; İYBDY 2008). Yüksek yapı, kullanım ömrü boyunca düşey yükler ile beraber rüzgar veya deprem kaynaklı yatay yüklerden yapısal tasarımda önemli derecede rol oynayacak ölçüde etkilenen bina olarak tanımlanabilir. Bu tür yapılarda, kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bir tasarım ekonomik olmayan bir çözümdür (Taranath 1988). Bu durumda, betonarme perdelerin kullanımı ekonomik ve güvenli yapı tasarımı açısından zorunlu hale gelebilir.

Perdeler, kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemi ile beraber kullanılarak bir taşıyıcı sistem oluşturulabildiği gibi, sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip sistemler oluşturmak da mümkündür (Celep ve Kumbasar 2005). Kolon ve kirişlerden oluşan çerçevenin süneklik oranının fazla olması, perdelerin ise yatay rijitliğinin fazla olması, bu iki sistemin bir arada kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır (Aka ve diğ. 2001).

Betonarme perdeli-çerçeve binalarda perdeler büyük eğilme rijitlikleri ve kesme alanları nedenleriyle yapıya etkiyen yatay yükün büyük bir bölümünü karşılarlar (Doğangün 2007). Betonarme perdeli olarak tasarlanmış binalar, ayrıca, yüksek yatay rijitliğe sahip olmaları sebebi ile betonarme çerçeve olarak tasarlanmış binalara göre daha düşük global ötelenme ve görelî kat ötelenmesi taleplerine maruz kalırlar. Son yıllarda Türkiye’de ve dünyada meydana gelen şiddetli depremlerden sonra yapılan incelemelerde, perdeli binaların deprem esnasındaki davranışının sadece kolon ve kirişlerden oluşan sistemlere oranla daha iyi olduğu ve perdeli binaların depremde daha az hasar gördüğü ifade edilmiştir (Öztürk 2005).

Eğer doğru kullanılırlarsa, perdeler göçmeye karşı yapının sigortası durumundadır (Atımtay 2000). Çünkü, uygun bir şekilde düzenlenen perdeler, hem taşıyıcı sistemin toptan göçmesini önler hem de yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında etkili olurlar (Celep ve Kumbasar 2004).

1.1 Problemin Tanımı

Perdelerin taşıyıcı sistem planındaki yerleri ve boyutları genel olarak mimarı fonksiyonların bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Celep ve Kumbasar 2004). Yapının yatay etkiler altındaki davranışı açısından perdelerin alanı, biçimleri ve taşıyıcı sistem planındaki yerleşimi çok önemli etkenlerdir (Aka ve diğ. 2001). Öte yandan, yüksek yapılarda bulunan betonarme perdelerde, kapıları, pencereleri ve servis kanallarını içermek gibi çeşitli fonksiyonel ihtiyaçları karşılayacak boşluklara da gereksinim olmaktadır. Bu boşluklar, boşluğun biçimine ve boyutuna bağlı olarak perdenin yatay rijitliğini belli bir dereceye kadar azaltmaktadır.

Dolayısıyla, rüzgar ve/veya deprem yükleri altında yüksek binaların yanal rijitlik ve stabilitelerinin sağlanmasında çok etkili olan betonarme perdelerin taşıyıcı sistem içerisinde yerleşimi ve perdelerde bırakılacak boşluklar, davranışa etki eden bir durum olarak analiz ve tasarımda titizlikle dikkate alınmalıdır.

1.2 Tezin Amacı

Tez çalışmasının amacı, perdeli-çerçeveleli betonarme yapı sistemlerinde perdelerin plandaki yerleşiminin ve perdelerde bırakılacak boşluk oranının yapının deprem etkisi altındaki davranışına etkisinin değerlendirilmesidir. Tez çalışmasında ayrıca, perdelerin plandaki yerleşiminin ve boşluk oranının yapı davranışına etkisinin kat sayısının artmasına bağlı olarak incelenmesi de amaçlanmıştır.

1.3 Literatür Çalışmaları

Literatürde, gerek perdelerin ve plandaki yerleşimlerinin gerekse perdelerdeki boşluk oranının taşıyıcı sistem davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Kobayashi ve diğ. (1995) bir nükleer reaktör binasından alınan 26 duvar numunesini kullanarak, küçük boşlukların perde duvarlarda dayanım ve rijitliğe etkisini tersinir yükler altında test etmiştir. Test edilen parametreler şekil, boşlukların düzeni ve boşluklar etrafındaki donatı düzenlemesidir.

Elnashahi ve Pinho (1998) birleşik bir perde duvarı gerçek ölçekte test etmiştir. Çalışmada, perdeli binalarda boşluklar etrafındaki yük dağılımı ve kapasite ile gerilme dağılımı üç boyutlu doğrusal olmayan statik analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

Kim ve Lee (2003) perde duvarda bulunan boşlukların sayısı, büyüklüğü ve yerinden bağımsız olarak, süper elemanlardan kurgusal kirişler elde ederek boşluklu perde duvarların analizinde kullanılabilecek etkin bir yöntem önermiştir. Çalışmada, önerilen yöntemin etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştırmak için farklı boşluklara sahip perdelerin statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Hui ve Bing (2003) on farklı perde duvara ait sonlu eleman modelleri kullanarak yaptıkları çalışmada, deprem etkisini temsil eden tersinir yükleme etkisi altında analizler gerçekleştirmiştir. Analizlerden elde edilen basınç gerilmesi akışına bağlı olarak, düzensiz boşluklara sahip perde duvarlarda kuvvet aktarım

mekanizmalarını anlamak için kullanılabilir bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın düzenli boşluklara sahip perde duvarlarda da kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Balkaya ve Kalkan (2004) üç boyutlu doğrusal olmayan statik analiz yöntemi ile tipik perdeli yapıları analiz ederek, perdedeki boşluklar etrafındaki yük kapasitesini ve gerilme dağılımını incelemiştir. Çalışmada ayrıca üç boyutlu ve iki boyutlu modellemenin kapasite üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, üç boyutlu modelde boşluk etrafındaki basınç etkisi aktarımı ve çatlak deseninin iki boyutlu yapı modelleri kullanılarak elde edilenlerden büyük ölçüde farklı olduğunu göstermiştir.

Doh ve Fragomeni (2005), farklı mesnetlenme koşulları ve beton dayanımına sahip perdelerin aksel yük altındaki davranışını değerlendirmek için geniş bir deneysel çalışma yapmıştır. Deney sonuçlarına bağlı olarak yeni bir tasarım denklemi önerilmiştir. Önerilen denklem ile elde edilen sonuçlar daha önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmış, yaklaşımın doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

Rai ve diğ. (2006) yüksek yapılarda perde duvar kullanımının yapı davranışına etkisini araştırmış, yanal rijitiğin perde duvarlar yardımıyla artırılmasının yapıda oluşacak hasarın kontrolüne katkısını değerlendirmiştir.

Demir (2008), yüksek lisans tezi çalışmasında boşlukların perde üzerindeki etkileri ve boşluklu perdelerin yapısal davranışları üzerinde durmuştur. Bu amaçla, boşluklu perdelerin elastik analizini yapabilmek için uygulanabilecek hesap yöntemleri sunulmuştur. Çalışmada, boşluklu perdelerin efektif rijitliğine ve seçilen noktalardaki gerilmelerin değişimine bakılmıştır. Analizler aynı karakteristiklerde fakat farklı boşluk oranları ve kat sayısına sahip perdeler kullanılarak yapılmıştır.

Uçar ve Merter (2009), kat planında simetrik olarak düzenlenmiş dikdörtgen geometrili perdelerin, binanın içine ya da dış cephesine yerleştirilmesinin betonarme perde-çerçeve sistemli binaların deprem davranışına etkisini araştırmıştır. Aynı plan geometrisine sahip sekiz katlı perdeli-çerçeve sistemli iki binadan birisinde perdeler iç tarafa, diğ. ise dış cepheye konulmuştur. Perdelerin taşıdığı taban kesme

kuvveti, kat yatay yerdeşiştirmeleri ve ayrıca %5 ek dış merkezlik için burulma düzensizliği katsayıları hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Khatami ve diğ. (2012) yakın faylardan kaynaklı deprem hareketlerini kullanarak, betonarme perde duvarlardaki boşlukların etkilerini araştıran bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, iki farklı depreme ait kayıtlar ve on katlı bir betonarme bina ele alınmıştır. Boşlukların modellerden elde edilen yerdeğiştirme ve dayanım sonuçlarına etkisi değerlendirilmiştir.

Erken (2012) tarafından yapılan çalışmada, konut amaçlı kullanılacak bir mimari plan için farklı perde kullanımı içeren beş farklı taşıyıcı sistem incelenmiş, perde çeşitliliğinin deprem kuvvetleri altında yapıda şekil ve yer değiştirmeleri ne oranda değiştirdiği, kesit zorlarında ve tasarımda baz alınacak i kuvvetlerde nasıl farklılıklar yarattığı araştırılmıştır.

Lakshmi ve diğ. (2014), perde duvarların plandaki yerleşimine bağlı olarak katlarda oluşacak ötelenme, kesme kuvvetinin katlara dağılımı vb. parametreleri karşılaştırdıkları çalışmada, farklı perde yerleşimine sahip yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerini gerçekleştirerek elde ettikleri sonuçları karşılaştırma amaçıyla kullanmışlardır.

Sharma ve Amin (2015), perdelerdeki boşluk oranının çok katlı binaların yapısal tepkisi ve davranışları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Farklı boşluk oranına sahip 30 katlı bina modelleri kullanarak yapılan çalışmada tepki spektrumu analizi ve zaman tanım alanında analiz yöntemleri kullanılmıştır.

1.4 Kapsam ve Yöntem

Çok katlı betonarme yapılarda, betonarme perdelerin planda yerleşiminin ve betonarme perdelerde çeşitli sebeplerle teşkil edilecek boşlukların yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amaçıyla, 5, 10, 20 ve 30 katlı betonarme yapı modelleri dikkate alınmıştır. Bu yapıların her biri çerçeveli sistem (M modeli) yanında üç farklı perde yerleşimi (PM1, PM2 ve PM3 modelleri) dikkate alınarak modellenmiştir. Bu şekilde toplam 16 farklı yapı modeli oluşturulmuştur. Bina

modellerinin oluşturulmasında ve analizinde ETABS v15.2.2 (ETABS 2015) analiz programı kullanılmıştır.

Yapı modellerinin deprem hesabı, birbirine dik iki yatay doğrultuda da mod birleştirme yöntemi ile yapılmıştır. Karşılaştırma için şu parametreler dikkate alınmıştır: doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay.

Bina modelleri Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 2007) dikkate alınarak hesaplanan deprem yükleri ve düşey yüklerin ortak etkisi altında analiz edilerek karşılaştırma için kullanılacak olan parametrelerin değerleri elde edilmiştir.

Betonarme perdenin planda yerleşiminin yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacı ile ÇM modeli ile PM1, PM2 ve PM3 modelleri için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları dikkate alınarak, hangi perdeli-çerçeve modelinin, yapının deprem etkisi altındaki davranışına katkısının daha fazla olduğu değerlendirilmiştir.

Perdelerde bırakılan boşluğun oranının yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla, planda yerleşim açısından en etkin model olarak belirlenen perdeli-çerçeveli modelde %10, %20 ve %30 oranında perde boşlukları olacak şekilde yeni yapı modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller de analiz edilerek karşılaştırma için kullanılan parametreler yeniden elde edilmiştir. Daha sonra çerçeveli ÇM modeli, en etkin perdeli-çerçeveli model ve bu model kullanılarak hazırlanan %10, %20 ve %30 boşluklu perdeli-çerçeveli modelleri için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.5 Tezin Organizasyonu

Tez çalışması altı bölüme ayrılmış olup, birinci bölümde teze konu problem tanıtılmış, konu ile alakalı literatürde yer alan çalışmalardan bazı örnekler verilmiş, tezin amaç, kapsam ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, çerçevelerin ve perdeli-çerçevelerin deprem etkisi altındaki davranışı konusunda genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, bu bölümde tez çalışmasında kullanılan çok katlı bina modelleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Deprem Yönetmeliği'nin deprem hesabı ile ilgili genel kuralları ile tez çalışmasında kullanılan analiz yöntemi olan mod birleştirme yöntemi hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, perdelerin plandaki yerleşiminin yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla, yapısal modellerin analizinden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Beşinci bölümde, perdelerde bırakılacak boşlukların oranının yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla, yapısal modellerin analizinden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Altıncı bölümde ise tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ifade edilmiştir.

2. PERDE DUVARLAR VE ANALİZDE KULLANILACAK BETONARME BİNALAR

2.1 Genel Bilgiler

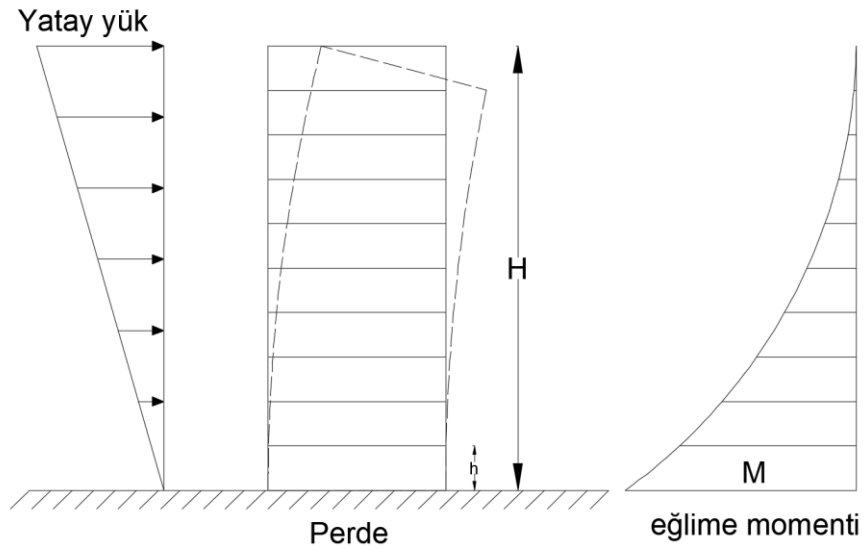
Düşey yüklerin kolonlar tarafından karşılanmasında genelde sorunla karşılaşmaz. Ancak, rüzgar özellikle de deprem gibi yatay yükler etkisinde de taşıyıcı sistemin yeterli olabilmesi için kesit boyutlarının aşırı büyük tutulması gerekmektedir. Bu durumda ise yapı maliyeti artmaktadır (Doğangün 2007).

Yüksek yapılara etkiyen yatay yüklerin karşılanmasında perdeler etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Perdelerin plandaki yerleşimi ve geometrileri mimari gereksinimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, yatay yüklerin etkisi altındaki davranışları ve yapısal çözümlenmeleri değişkenlik gösterir. Yüksek binalarda, perdeler sadece dayanıma katkısı sebebi ile değil yanal yerdeğiştirmeyi sınırlaması sebebi ile de tercih edilmektedir. Şiddetli depremlerde, perdeler kalıcı şekil değiştirmelerle yatay kuvvetlerin dinamik etkisine karşı koyar. Eğer perdeler özenli bir şekilde düzenlenmiş ise, yapının toptan göçmesini önledikleri gibi, yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında fayda sağlarlar. Perdelerde en çok zorlanan kesit tabanda oluşur. Perdeler eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi gözönüne alınarak boyutlandırılır. Böyle bir hesapta perdenin gövde donatılarının hesaba alınması uygun olur. Perdenin yatay yükleri karşılaması bakımından kat döşemelerine olan bağlantısı ve tüm yükü zemine iletmesi için yeterli temel düzeni önemlidir (Celep ve Kumbasar 2004).

Yapının rijitliğini artırarak, ötelenmesini engellemek için taşıyıcı sistemlerde kolonla birlikte perde duvar kullanılması, özellikle deprem riski olan bölgelerde zorunluluk haline gelmiştir. Perdelerin eğilme rijitlikleri çok büyük olduğu için yapıya etkiyen yatay yüklerin büyük bir bölümü perdeler tarafından karşılanacaktır. Bu durumda tasarımda daha küçük boyutlara sahip kolonlar kullanılabilir.

Yatay kuvvet etkisi ile perde kesitlerinde eğilme momenti ve kesme kuvveti meydana gelirken, düşey yüklerden kaynaklı olarak perde kesitlerinde normal kuvvet oluşmaktadır. Perde kullanılırken, perde ve kolon arasındaki açıklık çok fazla olmadığında, her iki taşıyıcı sistemde yakın normal kuvvet değerleri oluşur. Kolonlarda normal kuvvet ile eğilme moment ile birlikte etkili olurken, perdelerde eğilme momenti normal kuvvete göre daha etkili olur.

Perdeler yatay yüklerin karşılanmasında çerçevelerle beraber ya da yalnız başlarına da kullanılırlar. Perde tek başına kullanıldığında Şekil 2.1’de gösterildiği gibi konsol bir kolon davranışı göstermektedir. Tek başına duran bir perdede narin olması nedeniyle yanal stabilite sorunu ortaya çıkacağı düşünülse de sistem olarak düşünüldüğünde, sistem içerisinde bulunan perdenin yanal stabilitesi kat döşemelerini rijitleştirici etkisi ile sağlanır (Celep ve Kumbasar 2004).

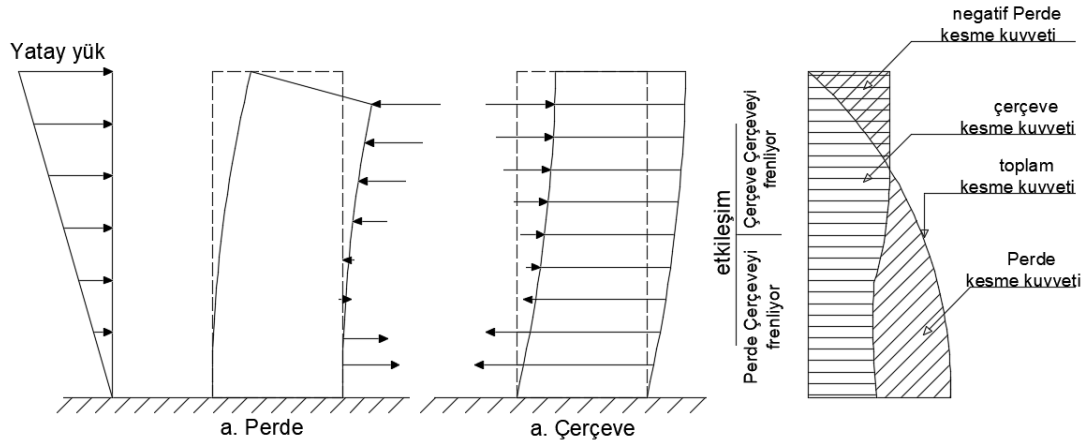


Şekil 2.1: Yatay yüke maruz kalan perdenin davranışı

Şekil 2.2’de perde ve çerçevenin bir sistemde beraber bulunması durumunda perde ve çerçevenin karşılıklı etkileşimi gösterilmiştir. Çerçeveler düşünüldüğünde, yatay yer değiştirmelerde deprem yüklerinden meydana gelen yatay kat kesme kuvvetleri etkili olmaktadır. Üst katlara gidildiğinde çerçeveye etkiyen kat kesme kuvvetleri azaldığından üst katlarda yatay ötelenme de düşüktür. Alt katlarda ise durum tam tersine oluşur. Şekilde de görüldüğü gibi aşağı doğru kat kesme kuvvetleri artmaktadır. Alt katlarda kat kesme kuvvetleri artarken yatay ötelenme rijitliği aynı oranda artmaz. Alt katlarda, kat kesme kuvvetinin ötelenme rijitliğine

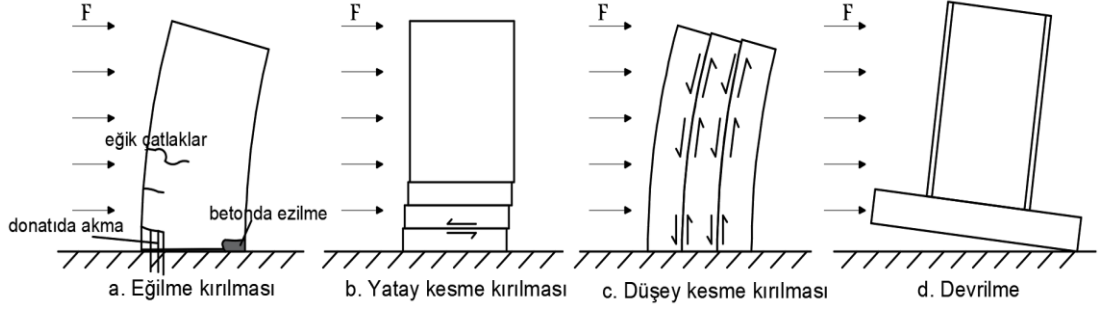
oranı üst katlara göre daha büyük olduğundan, alt katlarda katlar arası görelî ötelenmeler üst katlara göre daha büyük olmaktadır. Konsol kolon davranışı gösteren perdenin davranışında ise yatay yer değiştirme eğimi sıfırdan başlayarak üst katlara doğru ilerledikçe artmaktadır.

Bu tür iki farklı davranışı gösteren perde ve çerçeve sistemlerin birlikte kullanılarak yük taşımaları durumunda, yapı yüksekliği yeteri kadar büyük olduğu durumlarda alt katlarda perde davranışı çerçeve davranışını sınırlarken, üst katlarda ise perde davranışı çerçeve tarafından sınırlanmaktadır. Bunun sonucu olarak Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi üst katlarda negatif kesme kuvvetleri oluşabilir. Özellikle çok katlı yapılarda oluşan bu durum, perde ve çerçevenin rijitliğine bağlı olarak değişmektedir. Kat sayısı az olan yapılarda perde rijitliği fazla ise, çerçevenin yer değiştirmesi perdeler tarafından sınırlandırılır binaya etkiyen yatay kuvvetin büyük bir kısmı perdeler tarafından karşılanır (Celep ve Kumbasar 2004).



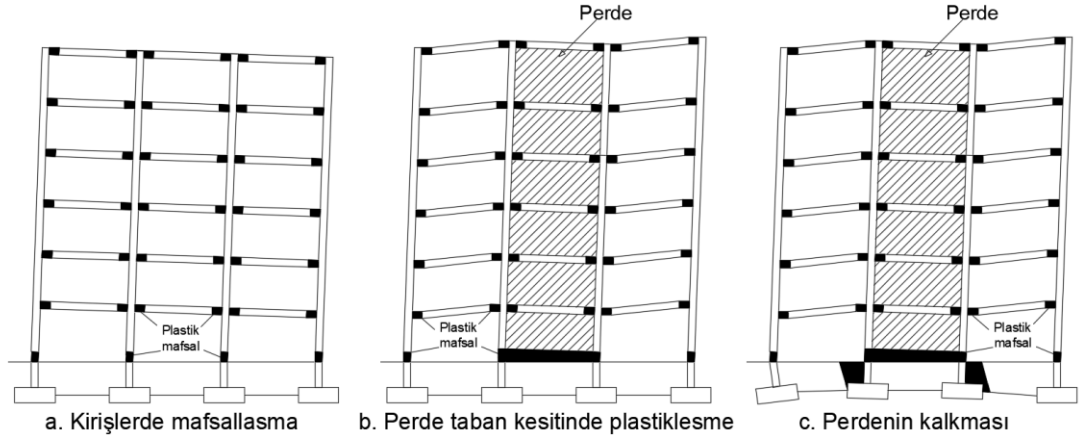
Şekil 2.2: Perde ve çerçevenin birbirleri ile etkileşimi

Yatay yükler altında perdelerde oluşabilecek kırılma biçimleri Şekil 2.3’deki gibi dört farklı şekilde özetlenebilir. Şekil 2.3a’da görüldüğü gibi perde duvar eğilmeden dolayı kırılmaktadır. Büyük değerlere ulaşan eğilme momentinin etkisi ile perde duvarın tabanındaki basınç tarafındaki beton ezilmekte ve çekme bölgesindeki donatıda ise akma meydana gelmektedir. Şekil 2.3b ve Şekil 2.3c’deki kırılma biçimi ise, perde duvarın kesmeden dolayı kırılmasıdır. Kesme kırılması yatay ve düşey kesme kırılması olmak üzere ikiye ayrılır. Şekil 2.3d’de ise donatının beton ile aderansının oluşmamasından veya kenetlenme boyunun küçük olmasından dolayı perde duvarının devrilmesidir.



Şekil 2.3: Yatay yükler altında perdede oluşabilecek kırılma biçimleri

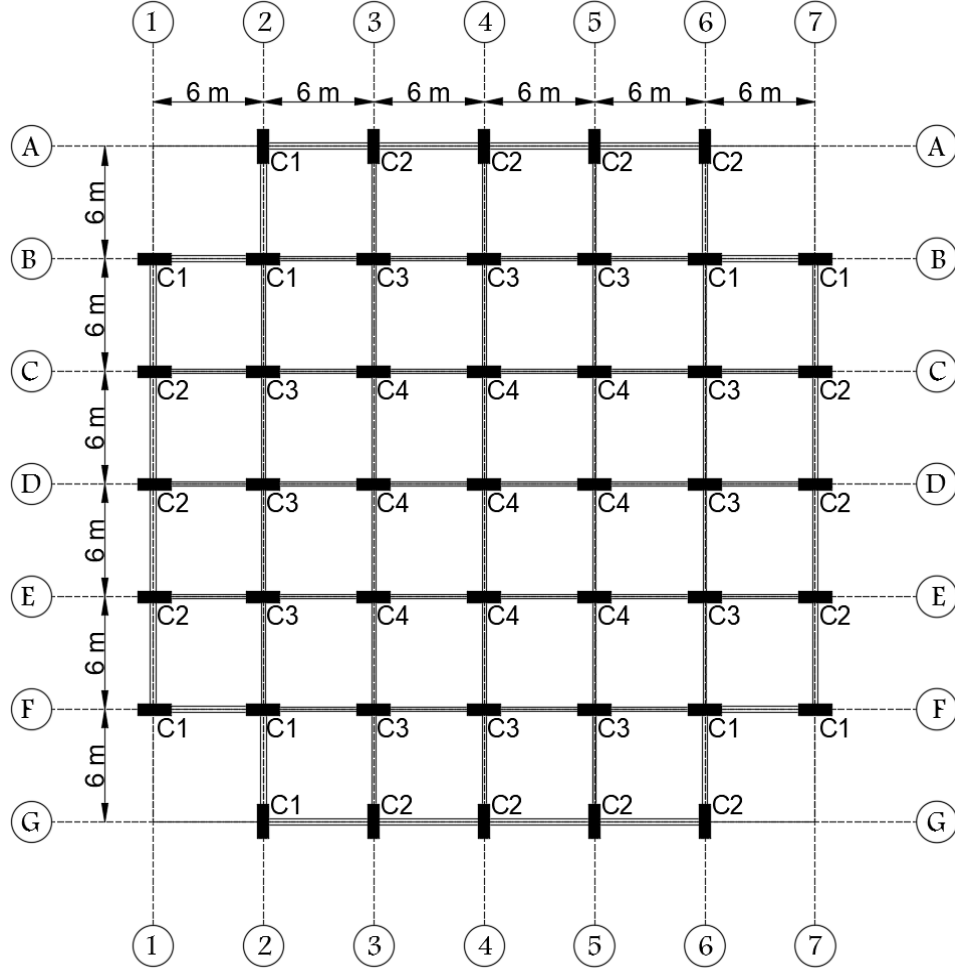
Şekil 2.4'te 3 farklı betonarme çerçeve ve perde-çerçeve sistemde meydana gelen plastik mafsalları gösterilmiştir. Şekilde 2.4a'da görüldüğü gibi birinci durumda kolon-kirişten oluşan çerçeve sistemde, mafsalları oluşumu yaygın olarak kirişlerde oluşmuştur. Bundan dolayı mafsallaşma hem bir yere yoğunlaşmamış hem de çerçeve sistemde toptan göçme olmamıştır. Şekil 2.4b'de ise tüm kirişlerde ve perde mesnet kesitinde mafsallaşma meydana gelmekte ve tüm sistemde sünek bir davranış oluşmaktadır. Şekil 2.4c'de perde temelinde meydana gelen çekme kuvvetlerinden dolayı, temelin rijit hareket etmektedir. Bu davranış biçimi sünek olmayıp, perde üzerindeki normal kuvvet seviyesinin düşük olduğunun göstergesidir (Celep ve Kumbasar 2004).



Şekil 2.4: Perdeli-çerçeveli sistemlerde mafsallaşma durumları

2.2 Betonarme Bina Tasarım ve Analiz Bilgileri

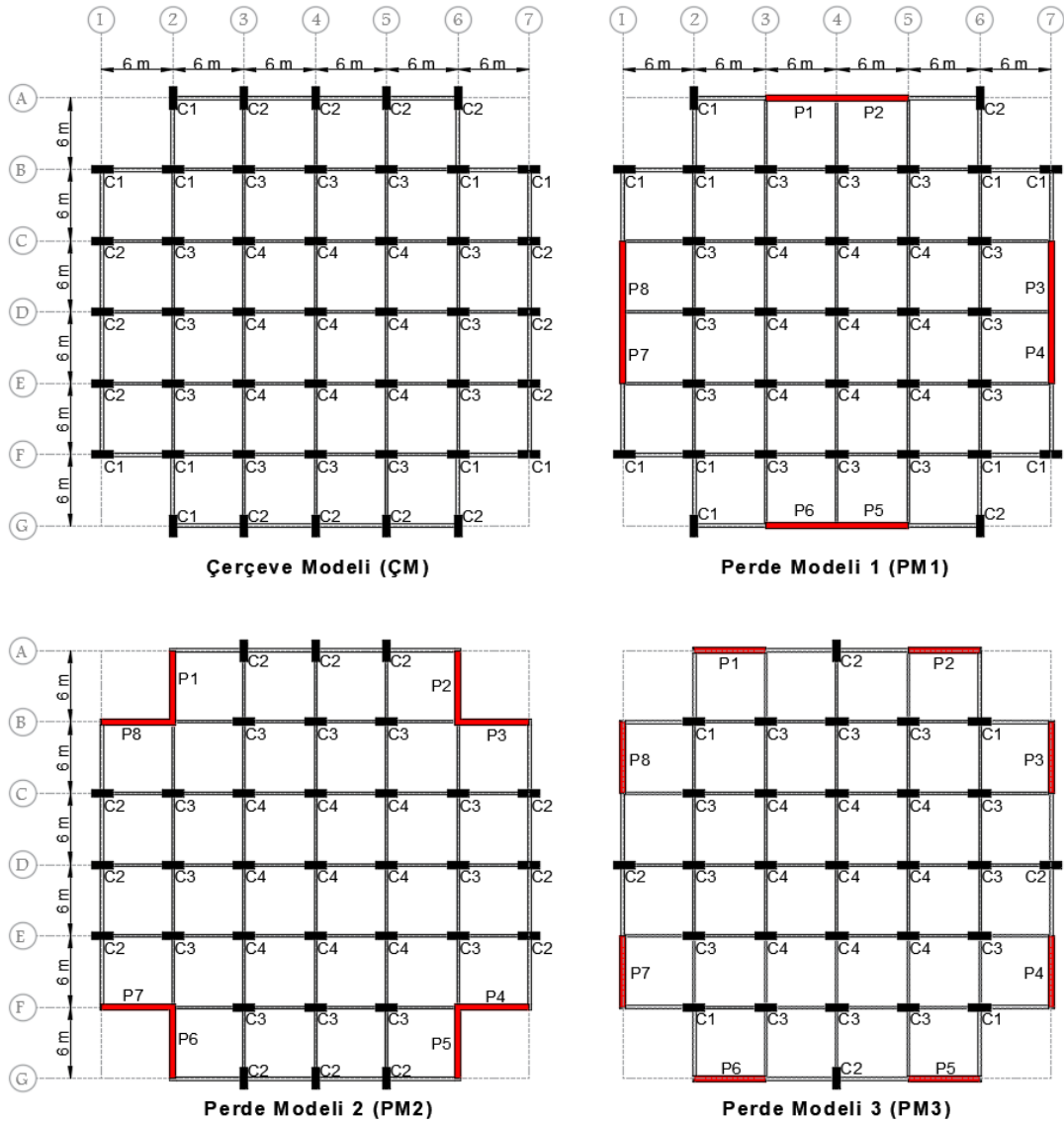
Tez çalışmasında 5, 10, 20 ve 30 katlı simetrik kalıp planına sahip betonarme binalar dikkate alınmıştır. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi binaların planında her bir aks aralığı 6.0m olup, plan boyutları x ve y yönünde 36.0m'dir. Bu kalıp planı dikkate alınarak çerçevesel ve perdeli-çerçevesel bina modelleri oluşturulmuştur. Tüm üç boyutlu bina modellerinde zemin kat 4.00m, diğer katlar ise 3.25m yüksekliğe sahiptir. Buna göre 5, 10, 20 ve 30 katlı yapıların temel üst seviyesinden itibaren toplam yükseklikleri sırası ile 17.00m, 33.25m, 65.75m ve 98.25m'dir. Şekil 2.5'te sadece kolon ve kirişlerden meydana gelen çerçeve modeli (ÇM) görülmektedir. Bu modelde C1, C2, C3 ve C4 ile belirtilen dört farklı tipte kolon kullanılmıştır. Aynı tip kolonların enkesit boyutları aynıdır.



Şekil 2.5: Çalışmada kullanılan çerçeve modeline (ÇM) ait kalıp planı

Çalışma kapsamında ele alınan, sadece kolon ve kirişlerden meydana gelen kolon-kiriş çerçeve modeli (ÇM) ile planda üç farklı perde yerleşimine sahip olan betonarme perde modellerine ait (PM1, PM2 ve PM3) kalıp planları Şekil 2.6'da verilmiştir. ÇM1 modelinde kullanılan kolon tipleri PM1, PM2 ve PM3 modellerinde de kullanılmıştır. Perdeli-çerçevesel modellerde, herhangi bir katta ve herhangi bir yönde uzanan perdelerin toplam enkesit alanları eşit olacak şekilde perde düzenlemesi yapılmıştır.

PM1 modelinde, perdeler dış aksta bulunmaktadır. Her iki yönde de iki adet perde olup, perdelerin plandaki uzunluğu 12.0m'dir. PM2 ve PM3 modellerinde her bir yönde dört adet perde bulunmaktadır. Bu perdelerin plandaki uzunluğu 6.0m'dir.



Şekil 2.6: Çalışmada kullanılan tüm modellere ait kalıp planları

Tablo 2.1’de ÇM, PM1, PM2 ve PM3 modellerinde yer alan dikdörtgen kolonların enkesit boyutları ile ve perdelerin kalınlıklarına ait bilgiler, yapının kat sayısına bağlı olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi tüm binalarda C1 ve C2 kolon enkesit boyutları eşittir. Şekil 2.6’da görülebileceği gibi C1 ve C2 kolonlarının plandaki yerleşimi farklıdır. Benzer şekilde C3 ve C4 kolonlarının da enkesit boyutları eşittir. Kolon boyutları tüm modellerde her beş katta bir azaltılmıştır. Örneğin 30 katlı yapıda C1 ve C2 kolonları ilk beş katta 180x70cm enkesit boyutuna sahip iken 6.-10. katlarda 160x60cm, 11.-15. katlarda 150x50cm, 16.-20. katlarda 120x50cm, 21.-25. katlarda 90x40cm ve 26.-30. katlar arasında 70x40cm enkesit boyutuna sahiptir. Tablo 2.1’de her katta, herhangi bir doğrultuda uzanan perdelerin enkesit alanları toplamının, kat alanına oranı da verilmiştir.

Tablo 2.1: Binalarda kolon ve perde enkesit boyutları (cm)

Kat Sayısı	Katlar	C1, C2	C3, C4	Perde	Perde oranı
30	1-5	180x70	200x80	45	0.0094
	6-10	160x60	180x70	40	0.0083
	11-15	150x50	170x60	35	0.0073
	16-20	120x50	150x50	30	0.0063
	21-25	90x40	120x50	25	0.0052
	26-30	70x40	90x40	20	0.0042
20	1-5	150x50	170x60	35	0.0073
	6-10	120x50	150x50	30	0.0063
	11-15	90x40	120x50	25	0.0052
	16-20	70x40	90x40	20	0.0042
10	1-5	90x40	120x50	25	0.0052
	6-10	70x40	90x40	20	0.0042
5	1-5	70x40	90x40	20	0.0042

Tablo 2.1’de görüldüğü gibi, perdelerin plandaki kalınlıkları da binaların kat sayısına bağlı olarak değişmektedir. Perdelerin plandaki en düşük kalınlığı 20cm’dir. Kolonlarda olduğu gibi perdelerde de kalınlıklar her beş katta bir değiştirilmiştir. Örneğin beş katlı bina modellerinde perde kalınlığı 20cm iken, on katlı bina modellerinde perde kalınlığı ilk beş katta 25cm, diğer beş katta ise 20cm alınmıştır.

Tüm modellerde kiriş enkesit boyutları 30x90cm olarak seçilmiştir.

Tüm modellerde, toplam dış yüksekliği 28cm olan (plakla birlikte) her iki doğrultuda da dışlar arası mesafenin 80cm olduğu kaset döşeme sistemi dikkate alınmıştır. Döşeme plak kalınlığı ise 8cm alınmıştır.

Zemin ve normal kat döşemelerinde 0.20 t/m^2 ölü yük ve 0.50 t/m^2 hareketli yük olduğu varsayılmıştır. Çatı katı döşemelerinde 0.15 t/m^2 ölü yük ve 0.15 t/m^2 hareketli yük dikkate alınmıştır.

Yapı modellerinin zemin ve normal katlarında herhangi bir kat planında yer alan tüm kirişlerde duvar yükleri bulunmaktadır. Duvar yükleri dış akslarda 1.20 t/m , iç akslarda ise 0.90 t/m alınmıştır. Çatı katında 0.20 t/m duvar yükü sadece dış aks kirişlerinde tanımlanmıştır.

Tasarım için C30 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı çeliği kullanılmıştır.

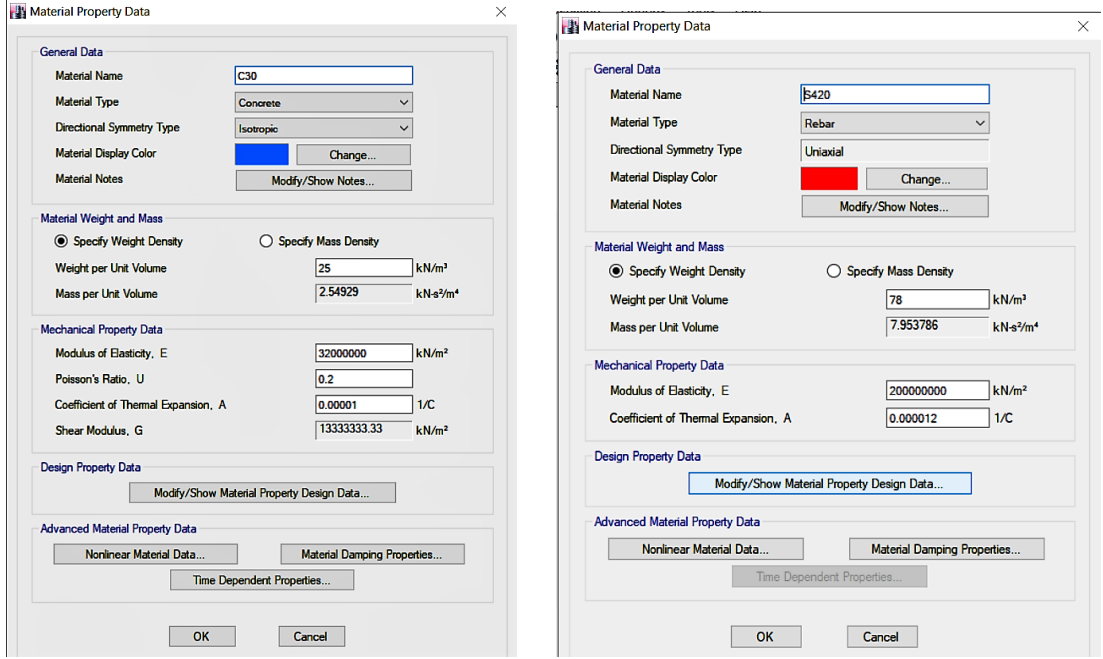
Deprem yükü hesabı için, tüm modellerin birinci derece deprem bölgesinde ve Z1 sınıfı zemin üzerinde olduğu varsayılmıştır. Tüm modeller için kullanım amacı işyeri olarak seçilmiş ve taşıyıcı sistem süneklilik düzeyinin yüksek olduğu kabul edilmiştir. Bu kabullere bağlı olarak etkin yer ivmesi katsayısı, $A_0=0.4$, bina önem katsayısı $I=1$ ve hareketli yük katılım katsayısı $n=0.30$ alınmıştır.

Tüm modellerde yapıların zemine mesnetlenme şekli ankastre olarak kabul edilmiştir.

2.3 ETABS Modelinin Oluşturulması

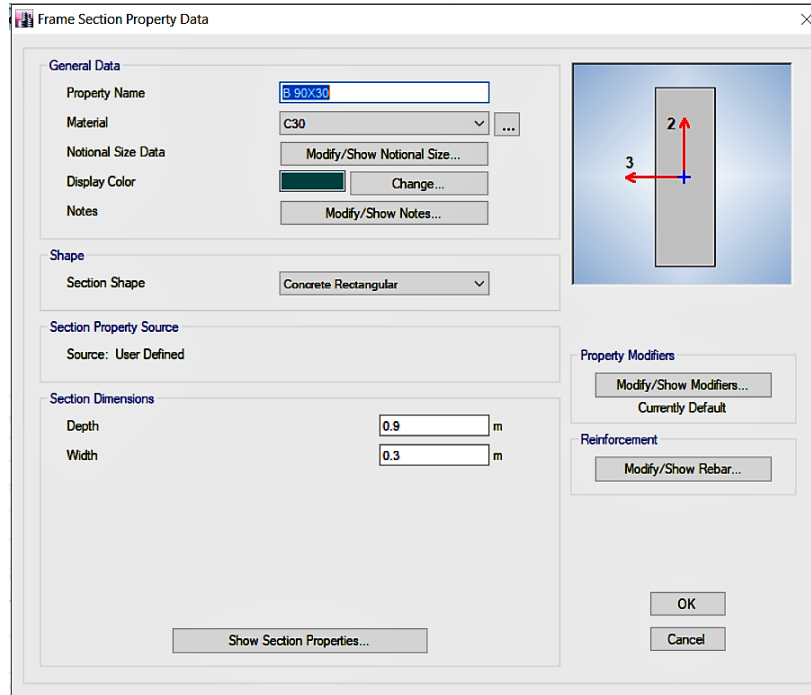
5, 10, 20 ve 30 katlı ÇM1, PM1, PM2 ve PM3 modellerinin analizi ve tasarımı için ETABS v15.2.2 programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Tasarım için gerekli analizler düşey yüklerin yanında deprem etkisi de dikkate alınarak yapılmıştır. Deprem yükü hesabı için Deprem Yönetmeliği'nde yer alan mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Tasarımda da, TS-500 ve Deprem Yönetmeliği kuralları DBYBHY 2007 dikkate alınmıştır.

ETABS programı 1975 yılında kurulan ve yazılımları 2008 yılından itibaren ISO9001 kalite sertifikasına sahip bir yazılımdır. Yazılım, bina veya bina türü yapıların üç boyutlu analizleri için tasarlanmıştır. ETABS programı kullanılarak betonarme ve çelik yapıların tasarımı ve bunun için gerekli statik ve dinamik analizler yapılabilmektedir.



Şekil 2.7: Malzeme özelliklerinin tanımlanması

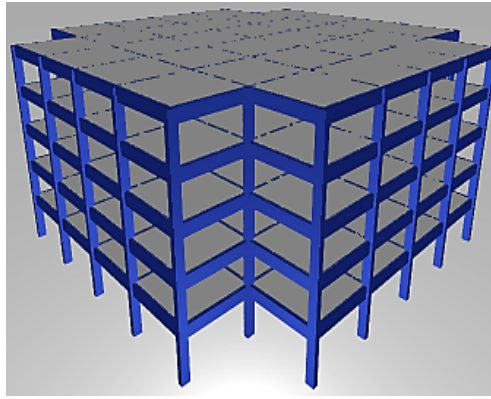
Şekil 2.7’de ETABS modelinde tanımlanan donatı ve beton özellikleri görülmektedir. Çalışma kapsamında C30 sınıfı ve S420 donatı sınıfı kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi malzemeye ait elastisite modülü, birim hacim ağırlığı vb. gibi malzeme özellikleri girilebilmektedir.



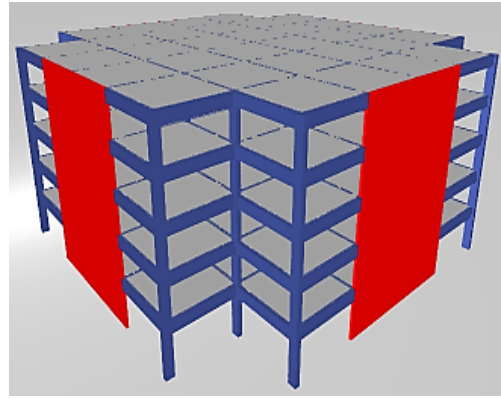
Şekil 2.8: Kolon ve kiriş kesitlerinin tanımlanması

Şekil 2.8’de ETABS programında dikdörtgen kolon ve kiriş elemanlarının tanımlanması ile ilgili diyalog penceresi verilmiştir. Bu pencere yardımı ile hem enkesit boyutları hem de bu kesitin hangi malzemeden oluştuğu tanımlanabilmektedir.

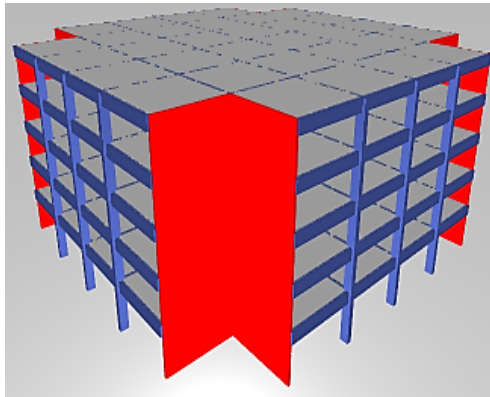
Yazılım kullanılarak üç boyutlu betonarme çerçeve ve perdeli-çerçeve modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan modellere ait görünümeler Şekil 2.9 - Şekil 2.12’de verilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi farklı her bir kat sayısı için çerçeve ve perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip dört farklı model oluşturulmuştur. Sonuç olarak, perdelerin plandaki yerleşiminin yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla 16 adet çerçeve ve perde-çerçeve sistem modeli oluşturulmuştur. Perdelerdeki boşluk oranının yapı davranışına katkısının değerlendirilmesi amacı ile oluşturulan modellere ait ilave bilgiler ise Bölüm 5’te verilmiştir.



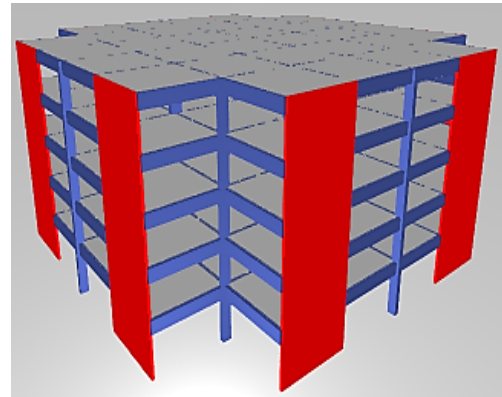
Çerçeve Modeli (ÇM)



Perde Modeli 1 (PM1)

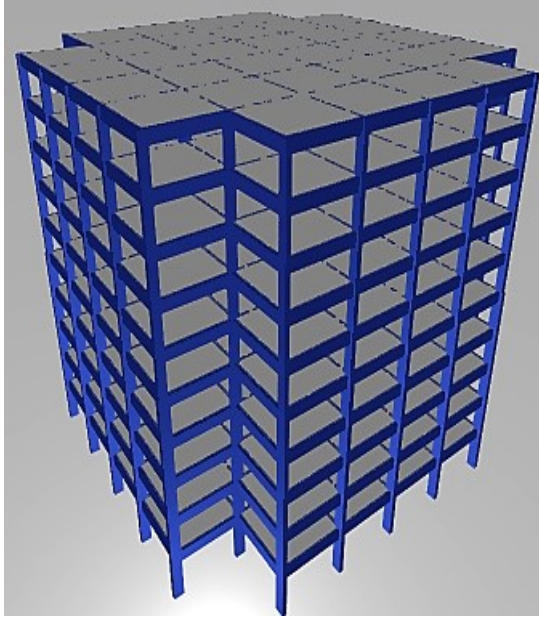


Perde Modeli 2 (PM2)

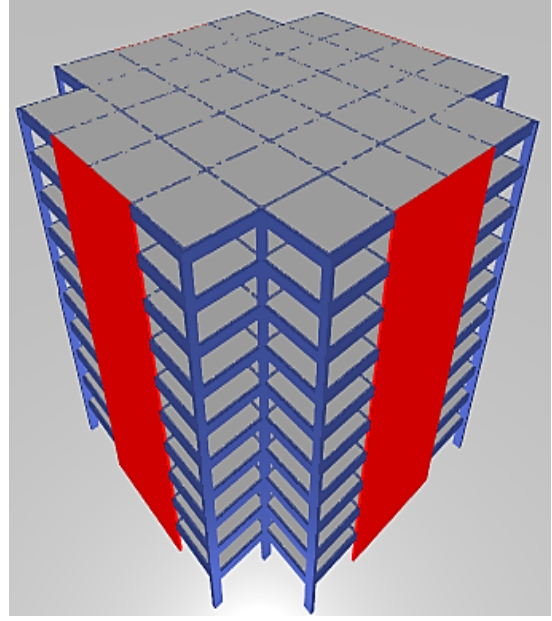


Perde Modeli 3 (PM3)

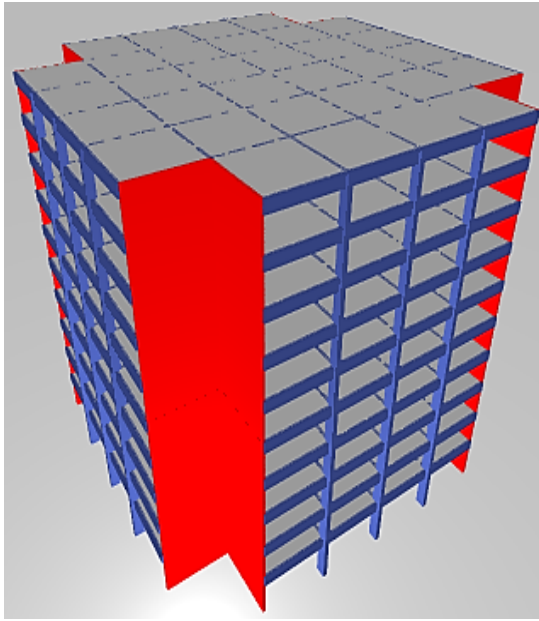
Şekil 2.9: Çalışmada kullanılan beş katlı bina modelleri



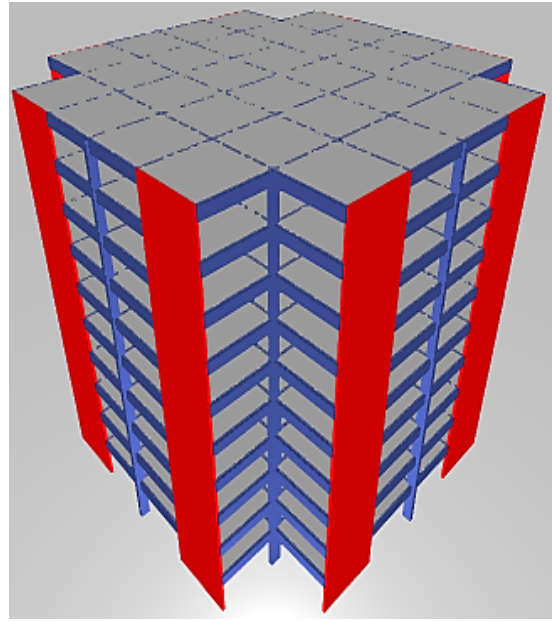
Çerçeve Modeli (ÇM)



Perde Modeli 1 (PM1)

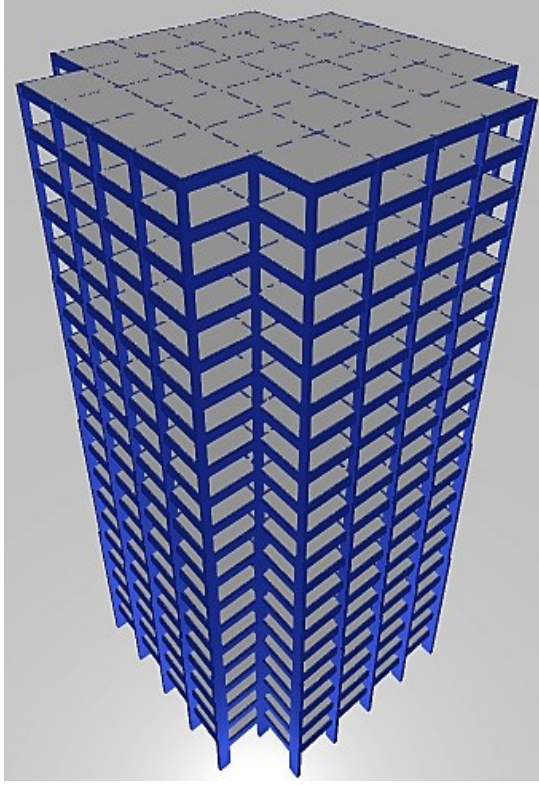


Perde Modeli 2 (PM2)

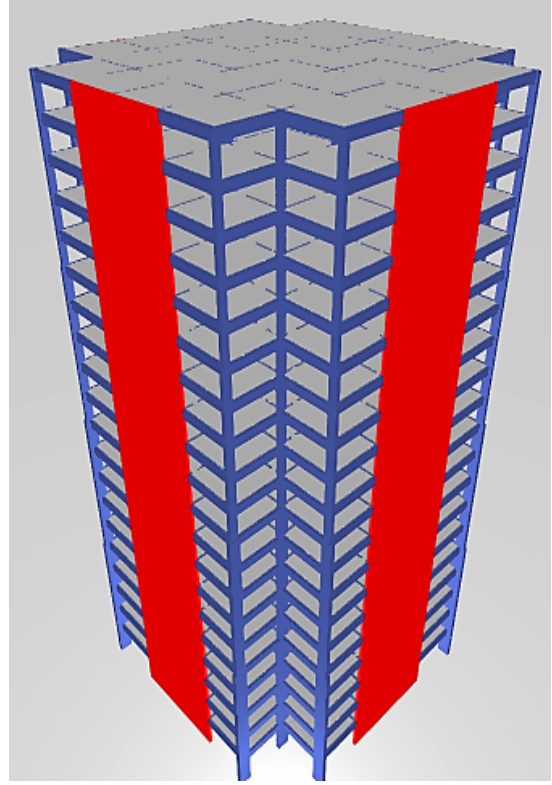


Perde Modeli 3 (PM3)

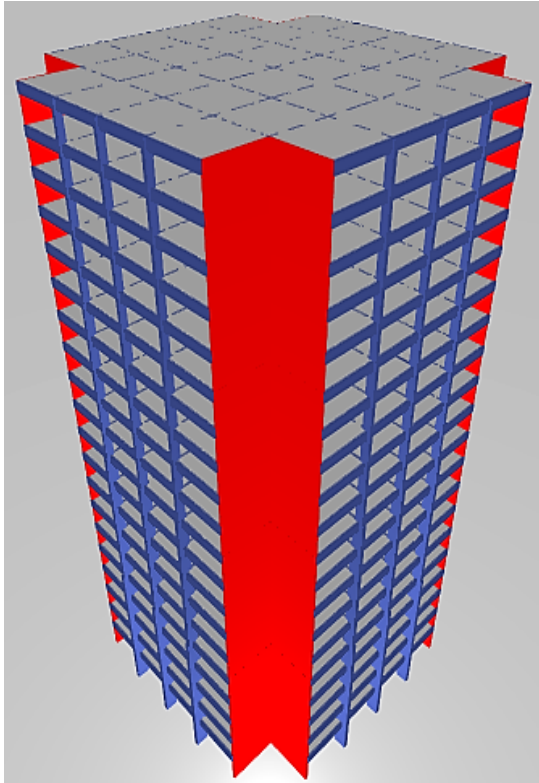
Şekil 2.10: Çalışmada kullanılan on katlı bina modelleri



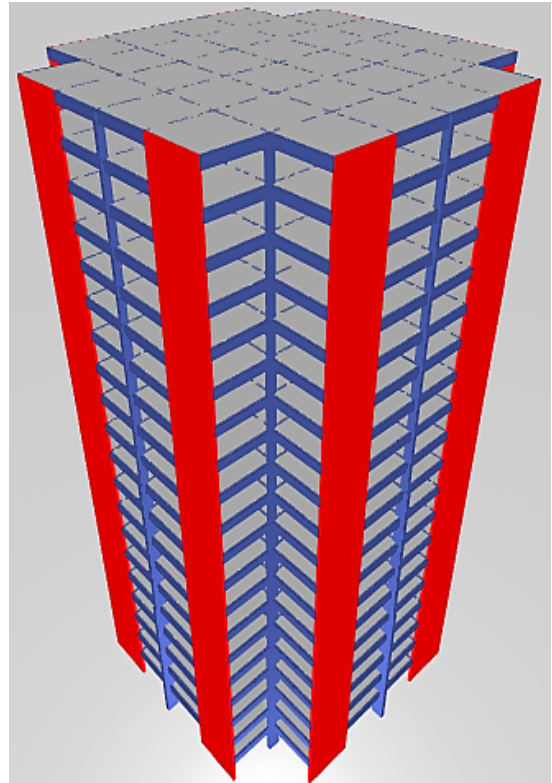
Çerçeve Modeli



Perde Modeli 1 (PM1)

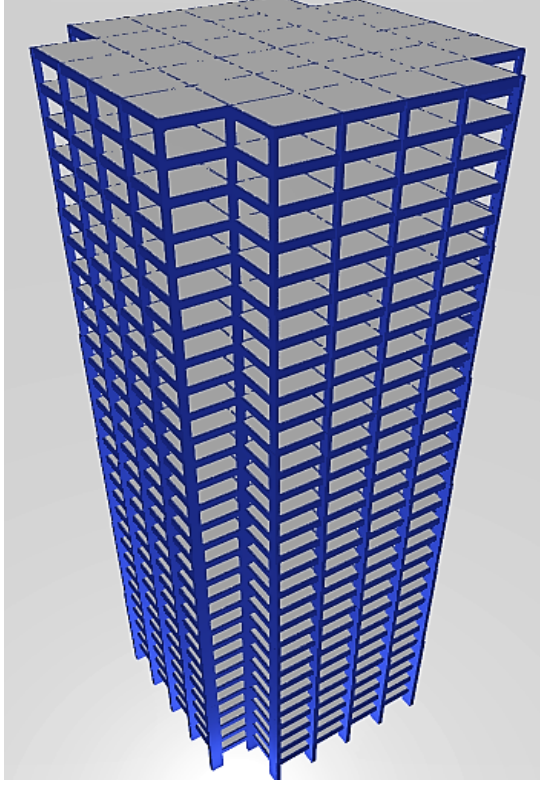


Perde Modeli 2 (PM2)

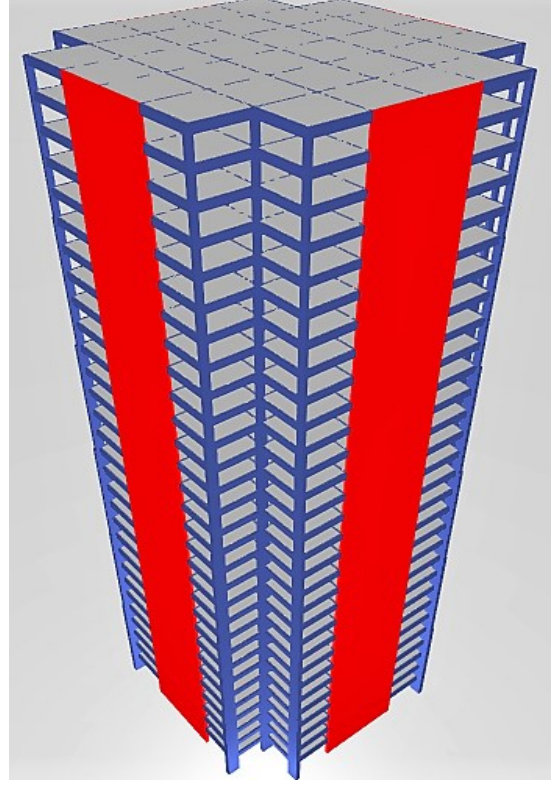


Perde Modeli 3 (PM3)

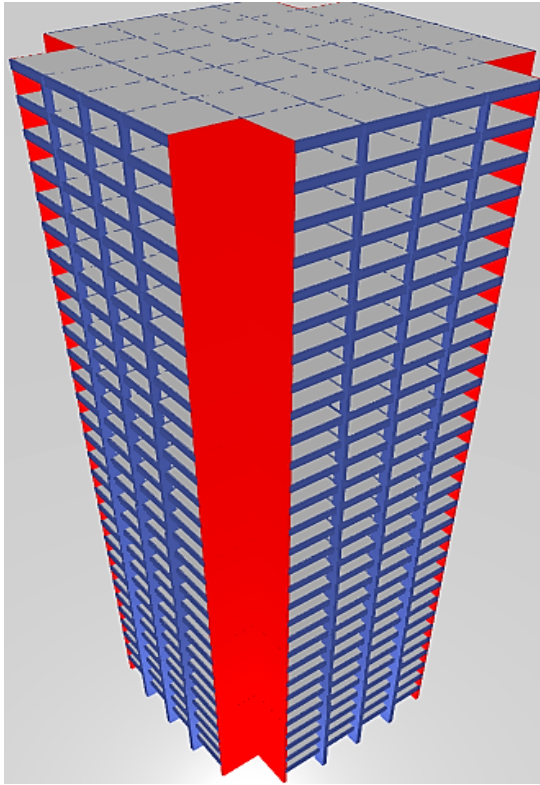
Şekil 2.11: Çalışmada kullanılan yirmi katlı bina modelleri



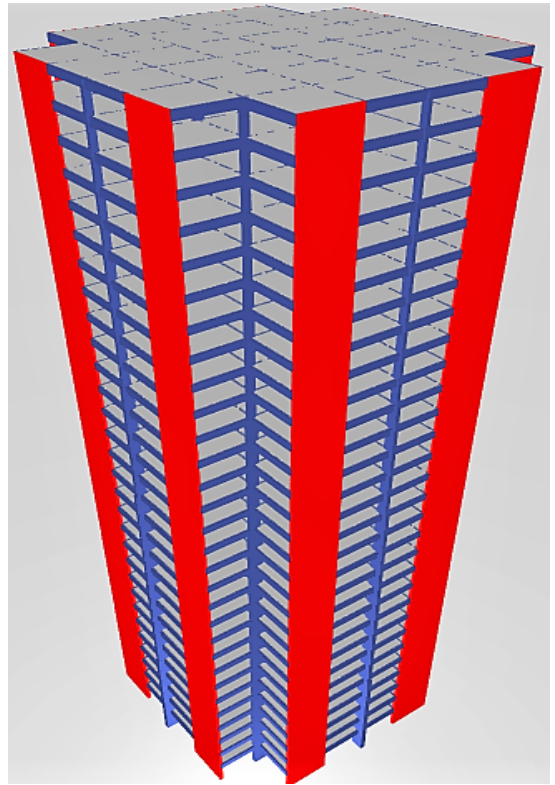
Çerçeve Modeli



Perde Modeli 1 (PM1)

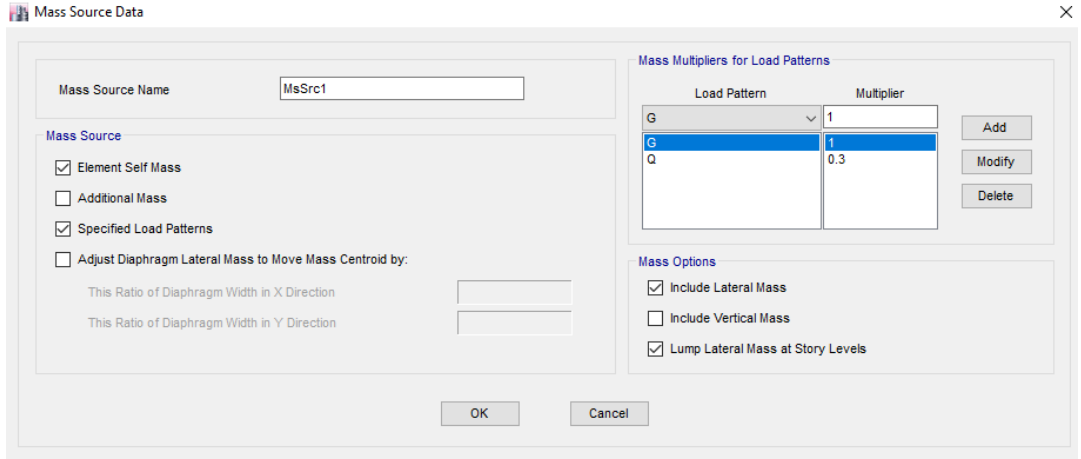


Perde Model 2 (PM2)



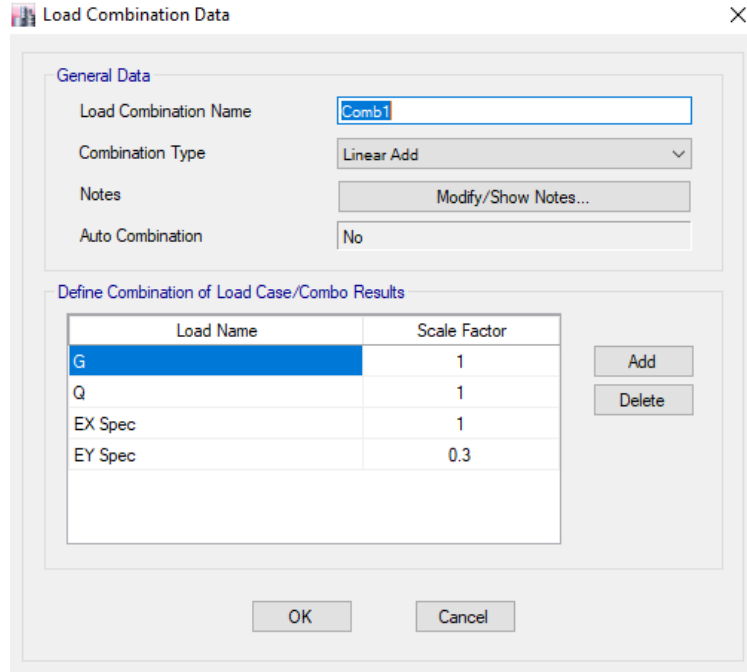
Perde Model 3 (PM3)

Şekil 2.12: Çalışmada kullanılan otuz katlı bina modelleri



Şekil 2.13: Analizde dikkate alınacak kütlelerin tanımlanması

Şekil 2.13'te yapının dinamik analiz için dikkate alınması gereken kütlelerinin tanımlanması ile ilgili diyalog penceresi görülmektedir. Bilindiği gibi DBYBHY'e göre, yapının deprem hesabına esas ağırlığı sabit yüklere hareketli yüklerin bir kısmı eklenerek bulunmaktadır. İşyerleri için hareketli yükün %30'u dikkate alınmaktadır. Yapının dinamik analizde kullanılacak kütlelerinin deprem hesabına esas ağırlığı ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu sebeple bu diyalog kutusu kullanılarak gerekli tanımlamalar yapılmıştır.

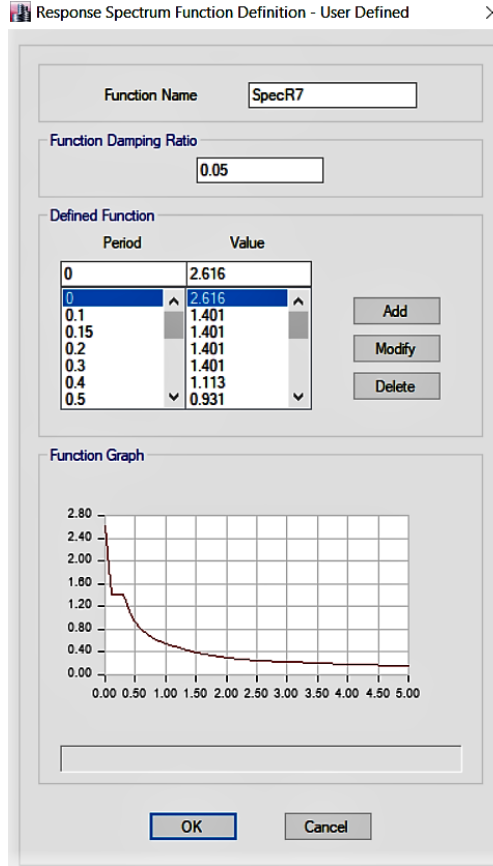


Şekil 2.14: Yük kombinasyonlarının tanımlanması

TS-500 ve DBYBHY dikkate alınarak tasarımda kullanılması gereken yük kombinasyonları da analiz modelinde tanımlanmıştır. Örnek olarak ETABS

programında yük kombinasyonu ile ilgili diyalog penceresi Şekil 2.14'te gösterilmiştir.

Yapının deprem yükleri altında çözümü için Z1 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi tanımlanmıştır. Yapı birinci derece deprem bölgesinde yer aldığı için etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.40$ ve işyeri olduğu için $I=1$ alınmıştır. Şekil 2.15'te spektrum eğrisinin tanımlanması için kullanılan diyalog penceresi görülmektedir.



Şekil 2.15: Tasarım spektrumunun tanımlanması

Şekil 2.16'da örnek olarak bir modelin x yönüne ait tepki spektrumu analizi (mod birleştirme yöntemi) veri girişi için kullanılan diyalog penceresi gösterilmiştir. Diyalog penceresinde de görülebileceği gibi daha önceden tanımlanmış olan spektrum fonksiyonu, analiz için ilgili yönde belirli bir katsayı ile büyütülerek kullanılmaktadır. Buradaki katsayı, DBYBHY'e göre mod birleştirme yöntemi ile elde edilen toplam taban kesme kuvvetinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplananın belirli bir oranından düşük olmaması ilkesine göre belirlenmektedir. Diyalog kutusunda ayrıca farklı modlardan elde edilen tepkilerin birleştirilmesine ait tanımlamalar da yer almaktadır.

Load Case Data

General

Load Case Name: EX Spec Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SpecR7	1.3746

Info Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: 1 cyc/sec

Rigid Frequency, f2: 0 cyc/sec

Periodic + Rigid Type: SRSS

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Şekil 2.16: Tepki spektrumu analizinin tanımlanması

3. DEPREM YÖNETMELİĞİ GENEL HÜKÜMLERİ VE HESAP KURALLARI

Deprem Yönetmeliği'nin genel ilkeleri ve hükümleri yönetmeliğin birinci bölümünde, depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları ise yönetmeliğin ikinci bölümünde verilmiştir. Bu bölümde, ilk iki bölüm kısaca özetlenmiştir.

3.1 Genel Hükümler ve Genel İlkeler

Deprem Yönetmeliği'nde yer alan hükümler, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ve daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanmaktadır. Yönetmelik hükümleri betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike) binaların yanısıra, çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

Madde 1.1.5'e göre, köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santraller, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar Deprem Yönetmeliği'nin kapsamı dışındadır.

Mevcut binaların kullanım amacının ve/veya taşıyıcı sisteminin değiştirilmesi durumunda ya da deprem öncesi veya deprem sonrasında performanslarının değerlendirilmesi gerektiğinde uygulanacak hükümler Deprem Yönetmeliği'nin yedinci bölümünde verilmiştir.

Deprem Yönetmeliği Madde 1.2.1'e göre depreme dayanıklı tasarımın ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanması, olarak belirtilmiştir.

Yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, Madde 1.2.1'de tanımlanan şiddetli depreme karşı gelmektedir. Tasarım depreminin 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı Bina Önem Katsayısı $I=1$ olan binalar için %10'dur. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi amacıyla dikkate alınacak farklı aşılma olasılığına sahip depremlerin tanımı ise yönetmeliğin yedinci bölümünde yer almaktadır.

3.2 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı İçin Hesap Kuralları

3.2.1 Genel İlke ve Kurallar

Deprem Yönetmeliği'ne göre deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminin bütününde ve aynı zamanda bina taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Bu sebeple, hem döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır hem de binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, bu Yönetmelikte Bölüm 3 ve Bölüm 4'de belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır. Aynı zamanda, yine Yönetmelikte tanımlanmış olan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır.

Binalara etkileyen deprem yüklerinin belirlenmesi için, aksi belirtilmedikçe, Yönetmelikte tanımlanan Spektral İvme Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı esas alınacaktır. Yine aksi belirtilmedikçe, hesaplanan deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılacaktır.

Bina taşıyıcı sistem elemanları deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında elde edilecek iç kuvvetler altında tasarlanacaktır. İç kuvvetlerin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayıları, aksi belirtilmedikçe, ilgili yapı yönetmeliklerinden alınacaktır.

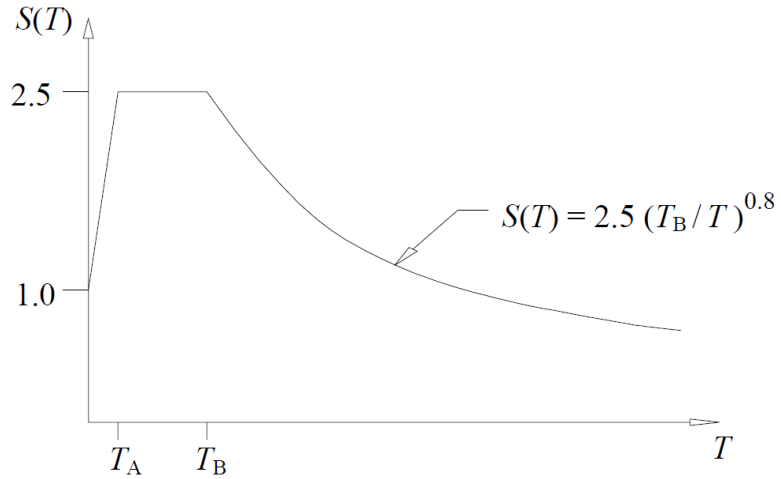
3.2.2 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denklem 3.1 ile verilmiştir. Denklem 3.1’de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 ile Bina Önem Katsayısı, I , Yönetmelikte Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’te verilmiştir. Elastik deprem yükünün hesabında kullanılacak olan ve %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$ ise, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g ’nin çarpımına karşı gelmektedir (Denklem 3.2).

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g \quad (3.2)$$

Denklem 3.1’de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ’ye bağlı olarak hesaplanmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Spektrum katsayısı

Şekil 3.1’deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Yönetmelikte Tablo 2.4’te verilmiştir. T_A ve T_B Yerel Zemin Sınıfları’na bağlıdır.

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Denklem 3.1’den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

3.2.3 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması

Bilindiği gibi, tasarım depreminde, can güvenliğini sağlamak koşulu ile taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan davranışına bilerek izin verilmektedir. Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na, R_a , bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Yönetmelik Tablo 2.5'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R 'ye ve doğal titreşim periyodu, T 'ye bağlı olarak Denklem 3.3 ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} R_a(T) &= 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ R_a(T) &= R & (T_A \leq T) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları, Yönetmelik Tablo 2.5'te verilen süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlere ilişkin tanımlar dikkate alınarak belirlenmektedir. Süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi normal sistemler için uyulması gerekli koşullar betonarme binalar için Yönetmelik Bölüm 3'te ve çelik binalar için Yönetmelik Bölüm 4'te verilmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek olarak gözönüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma, buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır.

Deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek boşluksuz (bağ kirişsiz) betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme veya çelik çerçeveler tarafından birlikte taşındığı binalarda, Yönetmelik Tablo 2.5'te yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen $R=7$ 'nin kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmamalıdır ($\alpha_S \leq 0.75$). Bu koşulunu sağlanamaz

ise R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için $R = 10 - 4 \alpha_S$ bağıntısı ile belirlenecektir.

Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi normal perdelerin kullanılması durumunda, her bir deprem doğrultusunda, $\alpha_S \geq 0.75$ olacaktır.

Yönetmelikte tanımlanan süneklik düzeyi normal sistemlerin, süneklik düzeyi yüksek perdelerle birarada kullanılması da mümkündür. Bu tür karma sistemlerin deprem hesabında çerçeveler ve perdeler birarada gözönüne alınacak, ancak her bir deprem doğrultusunda mutlaka $\alpha_S \geq 0.40$ olacaktır.

3.2.4 Deprem Hesabı İçin Mod Birleştirme Yöntemi

Deprem Yönetmeliği'ne göre binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. Bu yöntemlerle ilgili tanımlamalar, Yönetmelik Bölüm 2'de verilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi, tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar ise Yönetmelik Tablo 2.6'da verilmiştir.

Mod Birleştirme Yöntemi'nde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

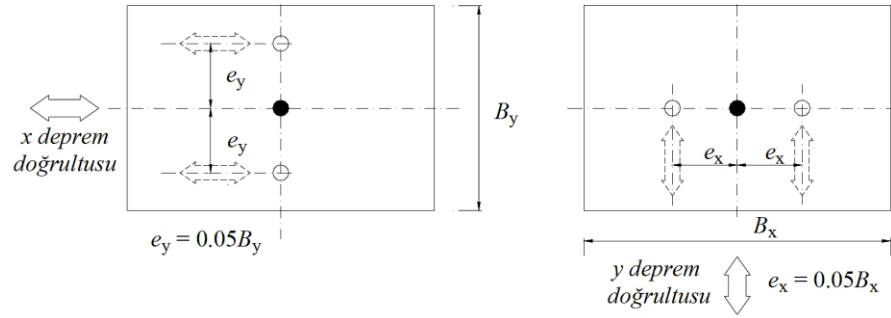
Herhangi bir n 'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denklem 3.4 ile belirlenmektedir. Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, Denklem 3.4'te $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne alınacaktır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.4)$$

Mod Birleştirme Yöntemi ile deprem hesabının yapılması için analizde gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri belirlenirken, döşemelerin rijit

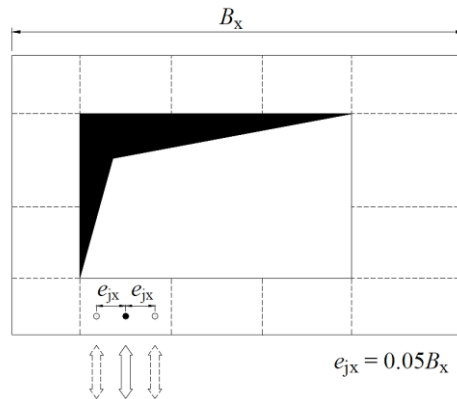
diyafram olarak çalışması veya çalışmamasına bağlı olarak iki farklı yaklaşım tanımlanmaktadır.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınmaktadır. Her katta modal deprem yükleri sadece bu serbestlik dereceleri için hesaplanmaktadır. Ancak ek dışmerkezlilik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Kat kütle merkezi kaydırılarak belirlenen yük uygulama noktaları

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekildeğiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne alınmaktadır.



Şekil 3.3: Tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin kaydırılması

Döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılmaktadır (Şekil 3.3).

Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir.

$$\begin{aligned}\sum_{u=1}^Y M_{xn} &= \sum_{u=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_u} \geq 0.90 \sum_{N=1}^N m_i \\ \sum_{u=1}^Y M_{yn} &= \sum_{u=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_u} \geq 0.90 \sum_{N=1}^N m_i\end{aligned}\quad (3.5)$$

Denklem 3.5'te yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile M_n ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için Denklem 3.6'da verilmiştir.

$$\begin{aligned}L_{xn} &= \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \\ M_n &= \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2)\end{aligned}\quad (3.6)$$

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi 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 da Yönetmelikte verilmiştir. $T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne 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 Kare Kökü Kuralı uygulanabilmektedir. Bu koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmalıdır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

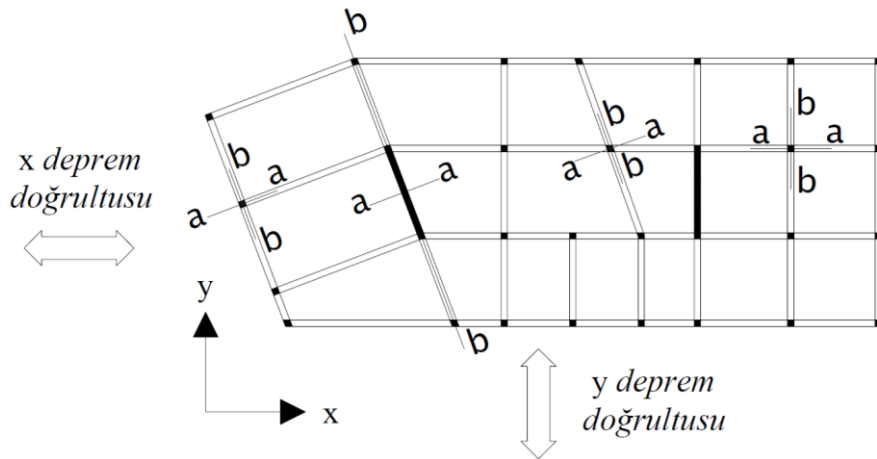
Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda, Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denklem 3.7'ye göre büyütülmelidir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (3.7)$$

Yönetmelikte tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta=0.90$, 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 Mod Birleştirme Yöntemi ile birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denklem 3.7 ile elde edilecektir (Şekil 3.4).

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \quad (3.7)$$



Şekil 3.4: Taşıyıcı sistem elemanlarının asal doğrultuları

4. PERDE YERLEŞİMİNİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında ele alınan çerçeveli ve perdeli çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip çok katlı bina modelleri için elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılarak perde yerleşiminin yapı davranışına etkisi değerlendirilmiştir. Karşılaştırma amacıyla dört parametre dikkate alınmıştır: doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay. Düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında yapılan analizler elde edilen sonuçlar kullanılarak karşılaştırma için dikkate alınan parametreler hesaplanmıştır. Deprem etkisinin dikkate alınması amacıyla daha önce de belirtildiği gibi Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

4.1 Doğal Titreşim Periyodu

Deprem etkisindeki yapıların davranışını değerlendirmek açısından dikkate alınacak en önemli parametrelerden birisi yapıların doğal titreşim periyodudur. Yapının doğal titreşim periyodu ise taşıyıcı sistemin ve taşıyıcı sistemin oluşturan elemanların özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan yatay ötelenme rijitliği ve yapının kütlesi ile ilişkilidir. Bilindiği gibi taşıyıcı sistemlerin yatay rijitliğinin artması ile doğal titreşim periyodu azalmaktadır. Tez çalışmasında ele alınan yapıların doğal titreşim periyotları karşılaştırılarak yapının yatay ötelenme rijitliğine ve dolayısıyla doğal titreşim periyoduna en fazla etki eden perde yerleşimi tespit edilmiştir. Karşılaştırma için birbirine dik iki doğrultudaki ilk doğal titreşim modlarına ait periyotlar kullanılmıştır.

Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de x ve y yönlerinin her biri için hesaplanan ilk doğal titreşim periyotları verilmiştir. Tablolarda ayrıca, PM1, PM2 ve PM3 modelleri için hesaplanan doğal titreşim periyotlarının, çerçeveli sistem doğal titreşim periyotlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0’e yakın olması perdeli-çerçeveli sistem ile çerçeveli sistemin doğal titreşim periyotlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.1: X yönünde doğal titreşim periyotları (planda yerleşim)

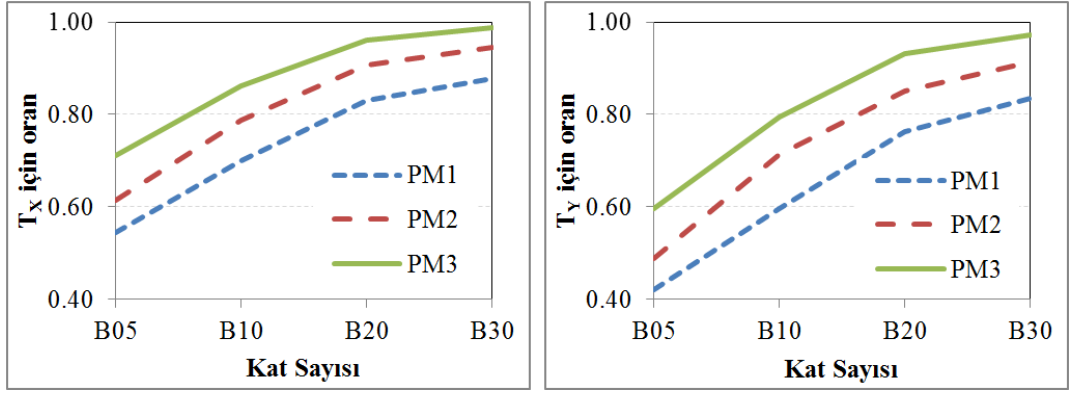
Modeller	T _x (s)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.525	0.900	1.603	2.324	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.286	0.629	1.331	2.039	0.545	0.699	0.830	0.877
PM2	0.323	0.709	1.452	2.198	0.615	0.788	0.906	0.946
PM3	0.373	0.776	1.542	2.294	0.710	0.862	0.962	0.987

Tablo 4.1’de verilen oranlar incelendiğinde çerçevesi sistemin doğal titreşim periyoduna oranla en düşük titreşim periyotlarının PM1 nolu modelde olduğu görülmektedir. Bu durum 5, 10, 20 ve 30 katlı yapı modellerinin hepsi için geçerlidir. Örneğin, 5 katlı binada PM1 nolu model için oran 0.545 iken PM3 nolu model için oran 0.710 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, perdelerin yatay rijitliğe katkısının en fazla PM1 nolu modelde olduğunu göstermektedir. Doğal titreşim periyotları dikkate alındığında perdelerin etkinliği açısından sıralama PM1, PM2 ve PM3 şeklinde olmaktadır. Öte yandan kat sayısı arttıkça tüm perde modelleri için x yönündeki ilk doğal titreşim periyodunun, çerçeve sistemin bu yöndeki ilk doğal titreşim periyoduna yaklaştığı gözlenmektedir. Örneğin 30 katlı binada PM1 ve PM3 modeli için hesaplanan oranlar sırası ile 0.877 ve 0.987 olmaktadır. Görüldüğü gibi 30 katlı PM3 modeline ait doğal titreşim periyodu 30 katlı çerçeve sistem modeline çok yaklaşmıştır.

Tablo 4.2: Y yönünde doğal titreşim periyotları (planda yerleşim)

Modeller	T _y (s)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.739	1.202	2.033	2.804	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.311	0.717	1.551	2.340	0.421	0.597	0.763	0.835
PM2	0.361	0.858	1.729	2.560	0.488	0.714	0.850	0.913
PM3	0.441	0.956	1.894	2.728	0.597	0.795	0.932	0.973

Tablo 4.2’de verilen sonuçlar, y yönü dikkate alındığında da en etkin modelin PM1 olduğunu ve perdelerin etkinliği açısından sıralamanın yine PM1, PM2 ve PM3 olduğunu göstermektedir. Bu sıralama, 5, 10, 20 ve 30 katlı yapılar için geçerlidir. Örneğin 10 katlı yapılar için PM1, PM2 ve PM3 modellerine ait oran sırası ile 0.597, 0.714 ve 0.795 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.1’de PM1, PM2 ve PM3 modelleri için hesaplanan periyotların, çerçevesi model için hesaplananlara oranı olarak verilmiştir.



Şekil 4.1: Perdeli modellerin titreşim periyotlarının çerçevesi sistemin periyoduna oranı

4.2 Global Ötelenme Oranı ve Görelî Kat Ötelenmesi Oranı

Yapıların depreme verdiği tepkinin değerlendirilmesinde deplasmana dayalı parametrelerden ikisi global ötelenme oranı ve görelî kat ötelenmesi oranıdır. Global ötelenme oranı, yapının en üst katında hesaplanan yatay ötelenmenin yapı yüksekliğine bölünmesi ile elde edilmektedir. Görelî kat ötelenmesi oranı ise her bir kat için ayrı ayrı hesaplanmaktadır ve kattaki kolonlar için hesaplanan görelî ötelenme değerlerinden en büyüğünün ilgili kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilmektedir. Perdelerin yapının yatay rijitliğine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla global ötelenme oranı ve görelî kat ötelenmesi oranları da her bir bina için hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te x ve y yönlerinde ayrı ayrı olmak üzere düşey yükler ve depremin ortak etkisi dikkate alınarak elde edilen global ötelenme oranları verilmiştir. Tablolarda ayrıca, perdeli-çerçevesi sistemlere ait global ötelenme oranlarının, çerçeve sistem için elde edilen global ötelenme oranlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0'e yakın olması perdeli-çerçevesi sistem ile çerçevesi sistemin global ötelenme oranlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3'te verilen değerler incelendiğinde en düşük global ötelenme oranının PM1 nolu modelde olduğu görülmektedir. Bu durum 5, 10, 20 ve 30 katlı yapı modellerinin hepsi için geçerlidir. PM1 nolu modele ait oranlar 5, 10, 20 ve 30 katlı binalar için sırası ile 0.468, 0.658, 0.794 ve 0.735 olarak hesaplanmıştır. Bu

sonuç, doğal titreşim periyodu ile ilgili durumla uyumlu olarak perdelerin yatay rijitliğe katkısının en fazla PM1 nolu modelde olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3: X yönünde global ötelenme oranları (planda yerleşim)

Modeller	Global ötelenme oranı (x yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00053	0.00055	0.00059	0.00084	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00025	0.00036	0.00047	0.00062	0.468	0.658	0.794	0.735
PM2	0.00031	0.00042	0.00052	0.00074	0.583	0.779	0.886	0.877
PM3	0.00039	0.00046	0.00054	0.00079	0.733	0.846	0.921	0.944

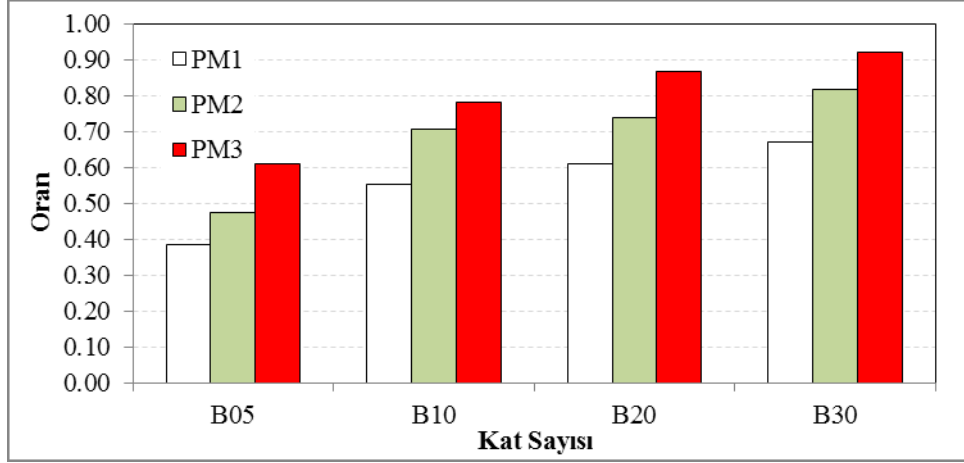
Global ötelenme oranları dikkate alındığında da perdelerin etkinliği açısından sıralama PM1, PM2 ve PM3 şeklinde olmaktadır. Örneğin, 5 katlı PM1 modeli için elde edilen global ötelenme oranı çerçevesi için hesaplananın yarısından bile daha düşüktür. Kat sayısı arttıkça perdelerin çerçeve sistemine yaptığı katkının azaldığı, oranlar incelendiğinde görülmektedir. Örneğin, PM3 modeline ait global ötelenme oranının çerçevesi için hesaplanan global ötelenme oranına oranı 5 katlı binada 0.733 iken 30 katlı binada bu oranın çerçevesi için hesaplanan global ötelenme oranına oldukça yakın olduğu (birbirlerine oranı 0.944) görülmektedir.

Tablo 4.4'te y yönü için global ötelenme oranlarına ait sonuçlar da Tablo 4.3'te gözlenen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.4: Y yönünde global ötelenme oranları (planda yerleşim)

Modeller	Global ötelenme oranı (y yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00075	0.00076	0.00090	0.00119	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00029	0.00042	0.00055	0.00080	0.384	0.554	0.611	0.670
PM2	0.00036	0.00054	0.00067	0.00098	0.473	0.708	0.739	0.818
PM3	0.00046	0.00060	0.00078	0.00110	0.612	0.782	0.867	0.922

Şekil 4.2'de PM1, PM2 ve PM3 modelleri için hesaplanan global ötelenme oranlarının, çerçevesi için hesaplananlara oranı grafik olarak verilmiştir. Şekilde örnek olarak sadece x yönü için elde edilen sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.2: Perdeli modellerin global ötelenme oranlarının çerçevesi sistem ile kıyaslanması

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da x ve y yönlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisi dikkate alınarak elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranları verilmiştir. Her bir bina için her bir katta hesaplanan görelî kat ötelenmesi oranlarının en büyüğü, ilgili binaya ait maksimum görelî kat ötelenmesi olarak tablolarda yer almaktadır. Tablolarda ayrıca, maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının, çerçeve sistem için elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0’e yakın olması perdeli-çerçevesi sistem ile çerçevesi sistemin maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5: X yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (plan yerleşim)

Modeller	Görelî kat ötelenmesi oranı (x yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00073	0.00074	0.00077	0.00106	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00029	0.00046	0.00060	0.00079	0.397	0.623	0.776	0.741
PM2	0.00036	0.00055	0.00067	0.00094	0.501	0.746	0.868	0.884
PM3	0.00044	0.00060	0.00070	0.00101	0.605	0.820	0.914	0.950

Tablo 4.5’te verilen değerler incelendiğinde, çerçevesi modele göre en düşük görelî ötelenmesi oranının PM1 nolu modelde olduğu görülmektedir. Bu durum 5, 10, 15 ve 20 katlı yapı modellerinin hepsi için geçerlidir. Örneğin, 5 katlı binada PM1 nolu model için oran 0.397 iken PM2 ve PM3 nolu modeller için oran sırası ile 0.501 ve 0.605 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç da, perdelerin yatay rijitliğe

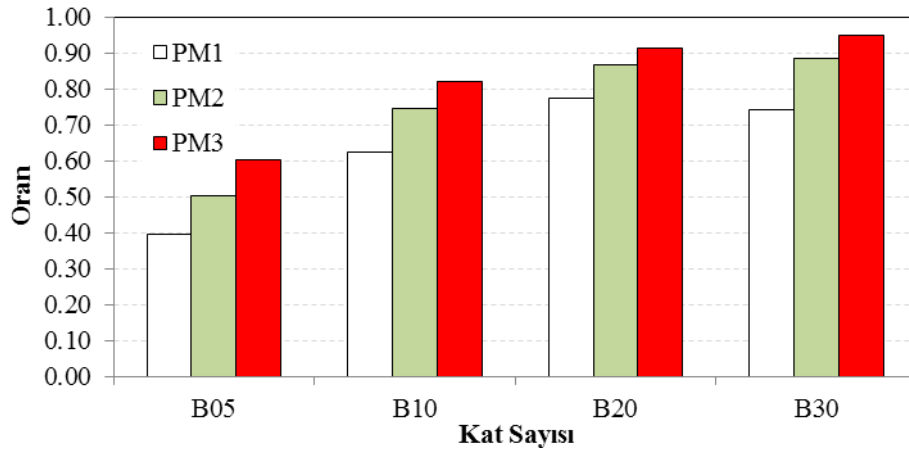
katkısının en fazla PM1 nolu modelde olduğunu göstermektedir. Kat sayısı arttıkça perdelerin çerçeve sistemine yaptığı katkının azaldığı, oranlar incelendiğinde görülmektedir. Örneğin PM1 nolu model için 5, 10, 20 ve 30 katlı binalarda oran sırası ile 0.397, 0.623, 0.776 ve 0.741 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.6’da y yönü için verilen sonuçlar da Tablo 4.5’te gözlenen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Yani, y yönündeki en etkin perde yerleşiminin PM1 nolu modele ait olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6: Y yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (plan yerleşim)

Modeller	Görelî kat ötelenmesi oranı (y yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00116	0.00104	0.00120	0.00159	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00033	0.00053	0.00071	0.00103	0.289	0.511	0.592	0.645
PM2	0.00042	0.00070	0.00085	0.00125	0.360	0.674	0.709	0.786
PM3	0.00054	0.00077	0.00100	0.00142	0.463	0.734	0.840	0.891

Şekil 4.3’de PM1, PM2 ve PM3 modelleri için hesaplanan global ötelenme oranlarının, çerçevesel model için hesaplanana oranı verilmiştir. Şekilde örnek olarak sadece x yönü için elde edilen sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.3: Perdeli modellerin maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının çerçevesel sistem ile kıyaslanması

4.3 Perdelerin Toplam Taban Kesme Kuvvetinden Aldığı Pay

Perdelerin, deprem etkisindeki yapılardaki etkinliğini ifade eden parametrelerden birisi de yapı tabanında meydana gelen toplam kesme kuvvetinin ne kadarını perdelerin taşıdığını ifade eden α_s 'dir. Perdelerin toplam kesme kuvvetinden aldığı payın artması diğer çerçeve elemanlarını rahatlatmakla beraber, çok büyük α_s değerleri perdenin yapı davranışında öne çıktığını ve çerçeve davranışının geri planda olduğunu ifade eder. Bu sebeple, tasarım aşamasında taşıyıcı sistem süneklik düzeyinin ve buna bağlı olarak deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesinde α_s önemli bir rol oynar.

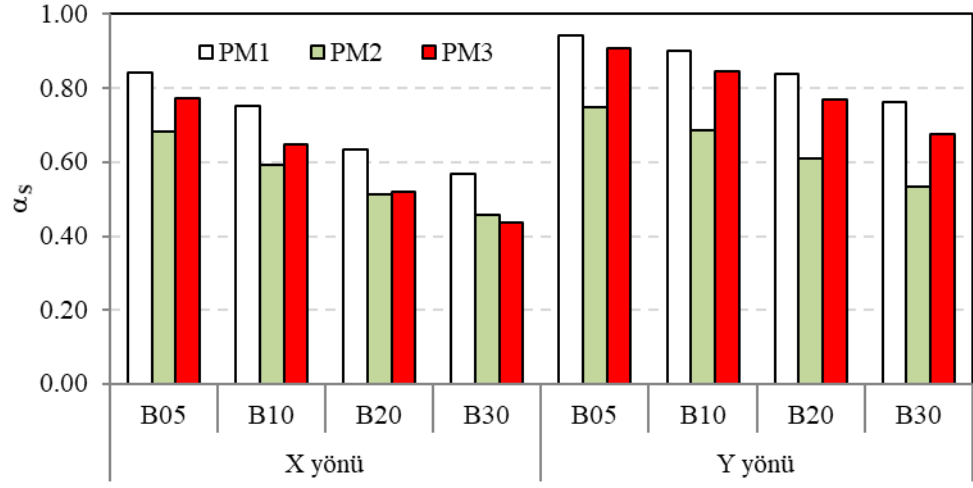
Tablo 4.7'de x ve y yönlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisi dikkate alınarak elde edilen α_s değerleri verilmiştir. Şekil 4.4'te ise α_s değerleri grafik olarak sunulmuştur.

Tablo 4.7: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (planda yerleşim)

Modeller	X yönü				Y yönü			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
PM1	0.842	0.752	0.636	0.567	0.943	0.901	0.838	0.763
PM2	0.682	0.593	0.512	0.459	0.750	0.688	0.609	0.534
PM3	0.772	0.650	0.520	0.438	0.908	0.845	0.768	0.676

Tablo 4.7 ve Şekil 4.4'te verilen α_s değerlerine göre, perdeler taban kesme kuvvetinin önemli bir kısmını alarak diğer çerçeve elemanlarını rahatlatmaktadır. PM1 modeli, perdelerin aldığı pay bakımından yine en etkin taşıyıcı sistem olarak görülmektedir. Kat sayısı arttıkça tüm modellerde α_s değerleri azalmaktadır. PM2 ve PM3 modelleri, analiz yönü ve kat sayısına bağlı olarak birbirinden daha yüksek α_s değerlerine sahip olabilmektedir.

Dikkate alınan doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve α_s parametrelerinin tamamı için en etkin perde yerleşiminin PM1 modeli olduğu görülmektedir. Ayrıca, tüm perdeli modeller için perdelerin çerçevelere katkısının kat yüksekliği arttıkça azaldığı, bunun 5, 10, 20 ve 30 katlı yapıların hepsi için gözlemlendiği görülmektedir.



Şekil 4.4: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (planda yerleşim)

5. PERDE BOŞLUK ORANININ YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

Bu bölümde, çok katlı yapılarda perdelerde bırakılacak boşluk oranının yapı davranışına etkisi değerlendirilmiştir. Bölüm 4'te verilen sonuçlara göre en etkin perde yerleşiminin bulunduğu boşluksuz PM1 modeli, perde boşluk oranının yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla referans model olarak seçilmiştir. Bu sebeple, çeşitli oranlarda perde boşluğu PM1 nolu modelde dikkate alınmıştır. Değerlendirme için, perde yerleşiminin bina davranışına etkisini değerlendirmek için de kullanılan dört parametre dikkate alınmıştır: doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay. Düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında yapılan analizler elde edilen sonuçlar kullanılarak karşılaştırma için dikkate alınan parametreler hesaplanmıştır.

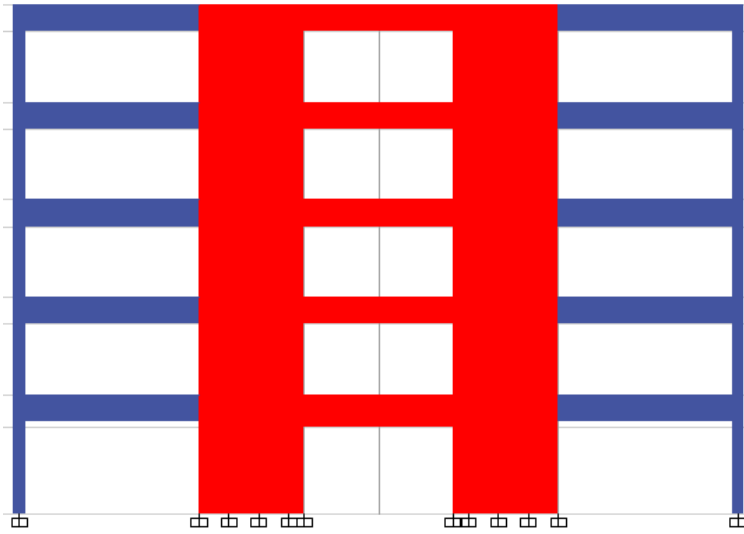
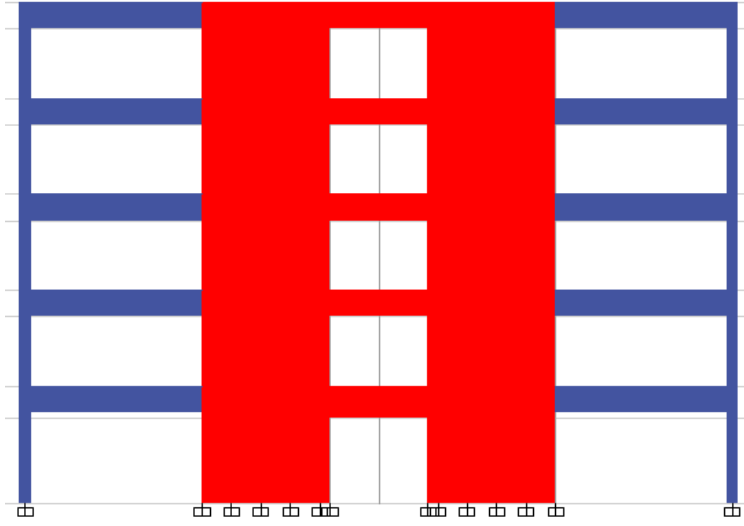
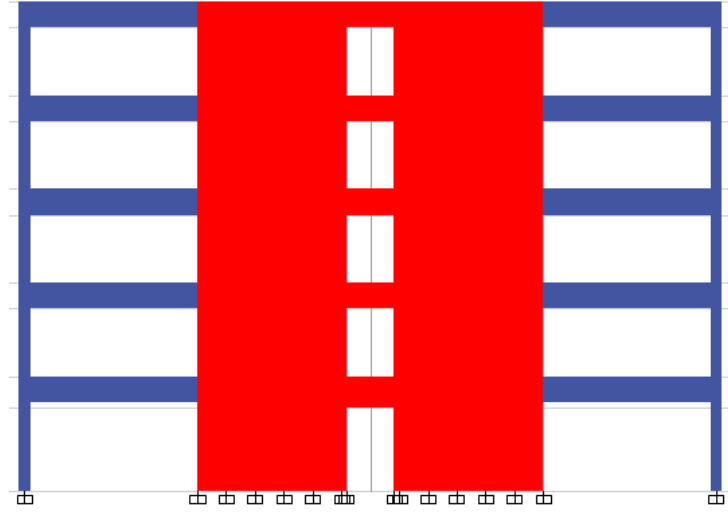
5.1 Perdelerde Bırakılan Boşluklar

Her katta, boşluk oranı %10, %20 ve %30 olacak şekilde perde boşluk boyutları belirlenmiştir. Zemin ve normal katta bu boşluk oranlarını sağlayacak şekilde belirlenen boşluk boyutları Tablo 5.1'de verilmiştir. Tablo 5.1'de a boşluk alanını, b boşluk genişliğini ve h boşluk yüksekliğini belirtmektedir. Zemin ve normal kat yüksekliği birbirinden farklı olduğundan boşluk yükseklikleri de farklıdır.

Tablo 5.1: Perdelerde bırakılan boşlukların özellikleri

Boşluk oranı	Zemin kat			Normal kat		
	a	b	h	a	b	h
	m^2	m	m	m^2	m	m
10%	4.80	1.66	2.89	3.90	1.66	2.35
20%	9.60	3.32	2.89	7.80	3.32	2.35
30%	14.40	4.98	2.89	11.70	4.98	2.35

Şekil 5.1'de örnek olarak 5 katlı PM1 modelinde perdelerde bırakılan %10, %20 ve %30 oranında boşluklar görülmektedir. Tablo 5.1'de verilen boşluk boyutları 10, 20 ve 30 katlı binalarda da kullanılarak boşluklar oluşturulmuştur.



Şekil 5.1: Perdelerde bırakılan boşlukların örnek görünümü

5.2 Doğal Titreşim Periyodu

Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’de x ve y yönlerinin her biri için hesaplanan ilk doğal titreşim periyotları verilmiştir. Tablolarda ayrıca, referans PM1 modeli ve %10, %20 ve %30 boşluklu modeller için hesaplanan doğal titreşim periyotlarının, çerçevesi sistem doğal titreşim periyotlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0’e yakın olması boşluklu perdeye sahip sistemler ile çerçevesi sistemin doğal titreşim periyotlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.2: X yönünde doğal titreşim periyotları (boşluk oranı)

Modeller	T _X (s)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.525	0.900	1.603	2.324	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.286	0.629	1.331	2.039	0.545	0.699	0.830	0.877
PM1 %10	0.315	0.662	1.359	2.068	0.600	0.736	0.848	0.890
PM1 %20	0.359	0.719	1.415	2.125	0.684	0.799	0.883	0.914
PM1 %30	0.404	0.777	1.479	2.195	0.770	0.863	0.923	0.944

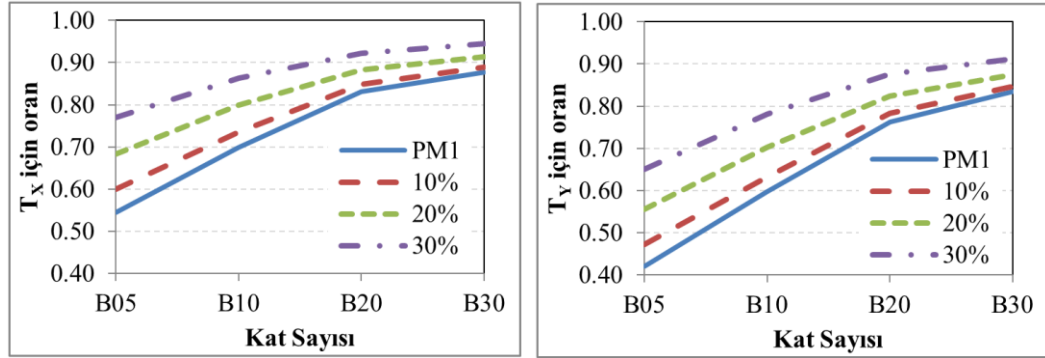
Tablo 5.2’de verilen değerler incelendiğinde, beklendiği gibi perdelerde boşluk oranının artması ile doğal titreşim periyotlarının arttığı gözlenmektedir. Örneğin 5 katlı binada doğal titreşim periyodunun çerçeve sistem doğal titreşim periyoduna oranı 0.545 iken %10, %20 ve %30 boşluk dikkate alındığında bu oran sırası ile 0.600, 0.684 ve 0.770 olmaktadır. 30 katlı bina için boşluk oranının artması ile doğal titreşim periyotları, çerçeve sistem periyoduna daha fazla yaklaşmaktadır.

Tablo 5.3: Y yönünde doğal titreşim periyotları (boşluk oranı)

Modeller	T _Y (s)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.739	1.202	2.033	2.804	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.311	0.717	1.551	2.340	0.421	0.597	0.763	0.835
PM1 %10	0.349	0.761	1.590	2.375	0.472	0.633	0.782	0.847
PM1 %20	0.411	0.844	1.674	2.452	0.556	0.702	0.823	0.874
PM1 %30	0.481	0.939	1.780	2.557	0.651	0.781	0.876	0.912

Tablo 5.3’de verilen sonuçlar, Tablo 5.2’de verilen sonuçlar ile uyum göstermektedir. Yani, boşluk oranının artması ile doğal titreşim periyodu artmakta ve

kat sayısı arttıkça çerçeve sistem doğal titreşim periyoduna daha yakın periyot değerleri elde edilmektedir.



Şekil 5.2: Boşluklu perdeli modellerin periyotlarının çerçevesi sistemin periyoduna oranı

Şekil 5.2’de boşluklu perdeye sahip modeller ve referans boşluksuz perdeli PM1 modeli için hesaplanan periyotların, çerçevesi model için hesaplanana oranı olarak verilmiştir.

5.3 Global Ötelenme Oranı ve Görelî Kat Ötelenmesi Oranı

Tablo 5.4 ve Tablo 5.5’te x ve y yönlerinde ayrı ayrı olmak üzere düşey yükler ve depremin ortak etkisi dikkate alınarak elde edilen global ötelenme oranları verilmiştir. Tablolarda ayrıca, perdeli-çerçevesi sistemlere ait global ötelenme oranlarının, çerçeve sistem için elde edilen global ötelenme oranlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0’e yakın olması perdeli-çerçevesi sistem ile çerçevesi sistemin global ötelenme oranlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.4’te verilen değerler incelendiğinde referans PM1 modeli için hesaplanan düşük global ötelenme oranının perdelerde boşluk oranının artması ile beraber yükseldiği görülmektedir. Örneğin 5 katlı yapı dikkate alındığında referans PM1 modeli için 0.468 olan oran, %10, %20 ve %30 boşluk oranı için sırası ile 0.551, 0.658 ve 0.741 olmaktadır. Kat sayısı arttıkça global ötelenme oranında artma eğilimi gözlenmekle beraber 30 katlı bina için hesaplanan global ötelenme

oranlarının 20 katlı binaya göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum hem PM1 modeli hem de tüm boşluk oranları için geçerlidir.

Tablo 5.4: X yönünde global ötelenme oranları (boşluk oranı)

Modeller	Global ötelenme oranı (x yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00053	0.00055	0.00059	0.00084	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00025	0.00036	0.00047	0.00062	0.468	0.658	0.794	0.735
PM1 %10	0.00029	0.00038	0.00047	0.00063	0.551	0.687	0.805	0.746
PM1 %20	0.00035	0.00041	0.00048	0.00064	0.658	0.743	0.826	0.766
PM1 %30	0.00039	0.00044	0.00050	0.00066	0.741	0.805	0.852	0.792

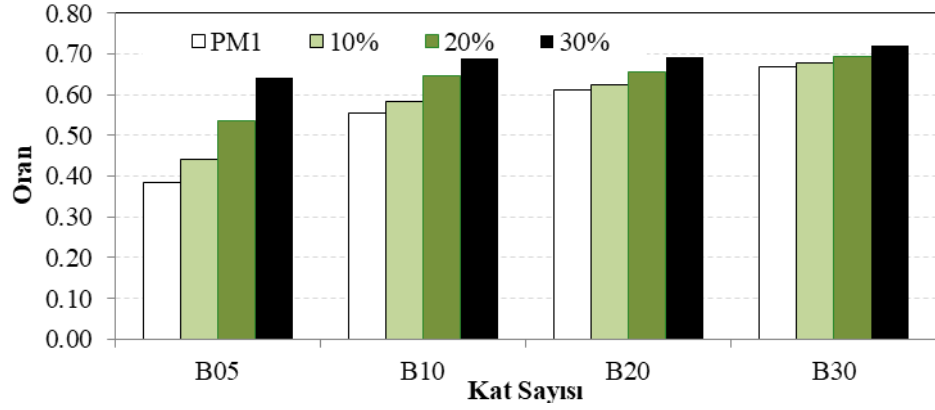
Tablo 5.4'e göre global ötelenme oranı üzerinde boşluk oranının etkisinin düşük katlı yapılarda daha fazla olduğu söylenebilir. Örneğin 5 katlı binada boşluksuz model PM1 için 0.468 olan oran %30 boşluklu model için 0.741 iken (%58'lik artış), 30 katlı binada PM1 modeli için 0.735 olan oran %30 boşluklu model için 0.792'dir (%8'lik artış).

Tablo 5.5'te verilen değerler incelendiğinde y yönünde de global ötelenme oranının perdelerde boşluk oranının artması ile beraber yükseldiği görülmektedir. X yönündeki analiz sonuçlarına benzer şekilde y yönünde de kat sayısı arttıkça global ötelenme oranında artma eğilimi gözlenmektedir. %20 ve %30 boşluk oranı için 30 katlı binaya ait global ötelenme oranlarının 20 katlı binaya göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.5: Y yönünde global ötelenme oranları (boşluk oranı)

Modeller	Global ötelenme oranı (y yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00075	0.00076	0.00090	0.00119	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00029	0.00042	0.00055	0.00080	0.384	0.554	0.611	0.670
PM1 %10	0.00033	0.00045	0.00056	0.00081	0.441	0.584	0.625	0.678
PM1 %20	0.00040	0.00049	0.00059	0.00083	0.537	0.646	0.654	0.694
PM1 %30	0.00048	0.00055	0.00062	0.00086	0.643	0.722	0.692	0.721

Şekil 5.3'te referans PM1 modeli ile boşluklu perde modelleri için hesaplanan global ötelenme oranlarının, çerçevli model için hesaplanana oranı verilmiştir. Şekilde örnek olarak sadece y yönü için elde edilen sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.3: Boşluklu perdeli modellerin global ötelenme oranlarının çerçevesi sistem ile kıyaslanması

Tablo 5.6 ve Tablo 5.7’de x ve y yönlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisi dikkate alınarak elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranları verilmiştir. Her bir bina için her bir katta hesaplanan görelî kat ötelenmesi oranlarının en büyüğü, ilgili binaya ait maksimum görelî kat ötelenmesi olarak tablolarda yer almaktadır. Tablolarda ayrıca, maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının, çerçeve sistem için elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarına oranı verilmiştir. Oranın 1.0’e yakın olması perdeli-çerçevesi sistem ile çerçevesi sistemin maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.6: X yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (boşluk oranı)

Modeller	Görelî kat ötelenmesi oranı (x yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00073	0.00074	0.00077	0.00106	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00029	0.00046	0.00060	0.00079	0.397	0.623	0.776	0.741
PM1 %10	0.00034	0.00049	0.00061	0.00079	0.474	0.658	0.788	0.749
PM1 %20	0.00042	0.00053	0.00062	0.00081	0.579	0.722	0.811	0.762
PM1 %30	0.00050	0.00058	0.00064	0.00083	0.683	0.790	0.839	0.785

Tablo 5.6’te verilen değerler incelendiğinde referans PM1 modeli için hesaplanan düşük görelî kat ötelenmesi oranının perdelerde boşluk oranının artması ile beraber yükseldiği görülmektedir. Örneğin 10 katlı yapı dikkate alındığında referans PM1 modeli için 0.623 olan oran, %10, %20 ve %30 boşluk oranı için sırası ile 0.658, 0.722 ve 0.790 olmaktadır. Kat sayısı arttıkça global ötelenme oranında

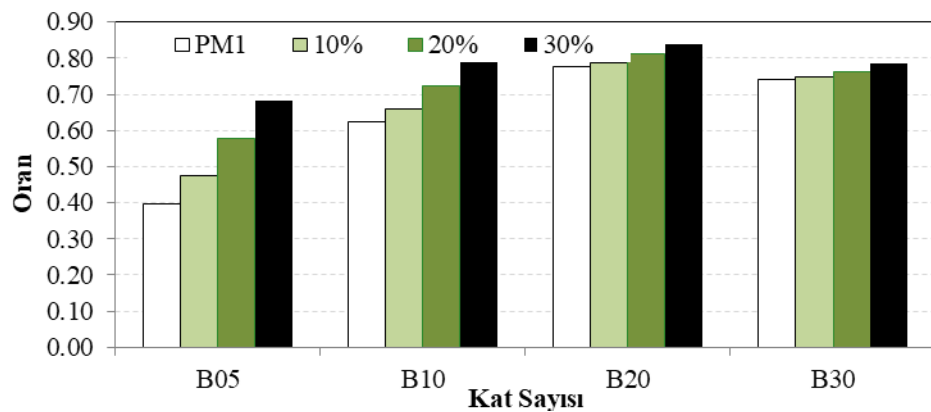
artma eğilimi gözlenmekle beraber 30 katlı bina için hesaplanan görelî kat ötelenmesi oranlarının 20 katlı binaya göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum hem PM1 modeli hem de tüm boşluk oranları için geçerlidir.

Tablo 5.6'e göre görelî kat ötelenmesi oranı üzerinde boşluk oranının etkisinin düşük katlı yapılarda daha fazla olduğu söylenebilir. Örneğin 5 katlı binada boşluksuz model PM1 için 0.397 olan oran %30 boşluklu model için 0.683 iken (%72'lik artış), 30 katlı binada PM1 modeli için 0.741 olan oran %30 boşluklu model için 0.785'dir (%6'lık artış).

Tablo 5.7: Y yönü maksimum görelî kat ötelenmesi oranları (boşluk oranı)

Modeller	Görelî kat ötelenmesi oranı (y yönü)				Oran			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
ÇM	0.00116	0.00104	0.00120	0.00159	1.000	1.000	1.000	1.000
PM1	0.00033	0.00053	0.00071	0.00103	0.289	0.511	0.592	0.645
PM1 %10	0.00039	0.00057	0.00071	0.00104	0.341	0.547	0.597	0.654
PM1 %20	0.00048	0.00064	0.00075	0.00106	0.416	0.617	0.630	0.667
PM1 %30	0.00060	0.00073	0.00080	0.00110	0.514	0.699	0.669	0.693

Tablo 5.7'da verilen değerler incelendiğinde y yönünde de görelî kat ötelenmesi oranının perdelerde boşluk oranının artması ile beraber yükseldiği görölmektedir. X yönündeki analiz sonuçlarına benzer şekilde y yönünde de kat sayısı arttıkça global ötelenme oranında artma eğilimi gözlenmektedir.



Şekil 5.4: Perdeli modellerin maksimum görelî kat ötelenmesi oranlarının çerçevesi ile kıyaslanması

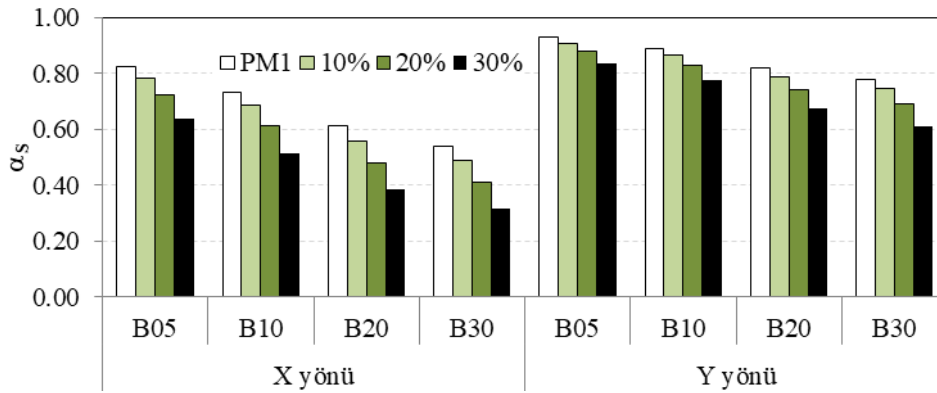
Şekil 5.4'te görel kat ötelenmesi oranlarının, çerçevesel model için hesaplanana oranı, örnek olarak x yönü için verilmiştir.

5.4 Perdelerin Toplam Taban Kesme Kuvvetinden Aldığı Pay

Tablo 5.8'de x ve y yönlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında elde edilen α_s değerleri verilmiştir. Şekil 5.5'te ise α_s değerleri grafik olarak sunulmuştur. Tablo 5.8 ve Şekil 5.5'te verilen α_s değerlerine göre, perdeler taban kesme kuvvetinin önemli bir kısmını alarak diğer çerçeve elemanlarını rahatlatmaktadır. PM1 modeline ait α_s değerleri, perde boşluk oranının artması ile azalmaktadır. Örneğin 20 katlı yapıda boşluksuz perdeli PM1 modeli için x yönünde 0.612 olan α_s değeri, %10, %20 ve %30 oranında boşluğa sahip perdeli-çerçevesel modeller için sırası ile 0.559, 0.481 ve 0.384 olmaktadır. Kat sayısı arttıkça da tüm modellerde α_s değerlerinin azaldığı görülmektedir. Burada özetlenen sonuçlar hem x ve hem de y yönü için geçerlidir.

Tablo 5.8: Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay (boşluk oranı)

Modeller	X yönü				Y yönü			
	B05	B10	B20	B30	B05	B10	B20	B30
PM1	0.825	0.734	0.612	0.538	0.929	0.888	0.817	0.778
PM1 %10	0.784	0.685	0.559	0.487	0.909	0.865	0.787	0.745
PM1 %20	0.723	0.612	0.481	0.410	0.878	0.830	0.741	0.692
PM1 %30	0.637	0.516	0.384	0.318	0.835	0.776	0.672	0.613



Şekil 5.5: Perdelerin toplam taban kesme kuvvetinden aldığı paya boşluk oranının etkisi

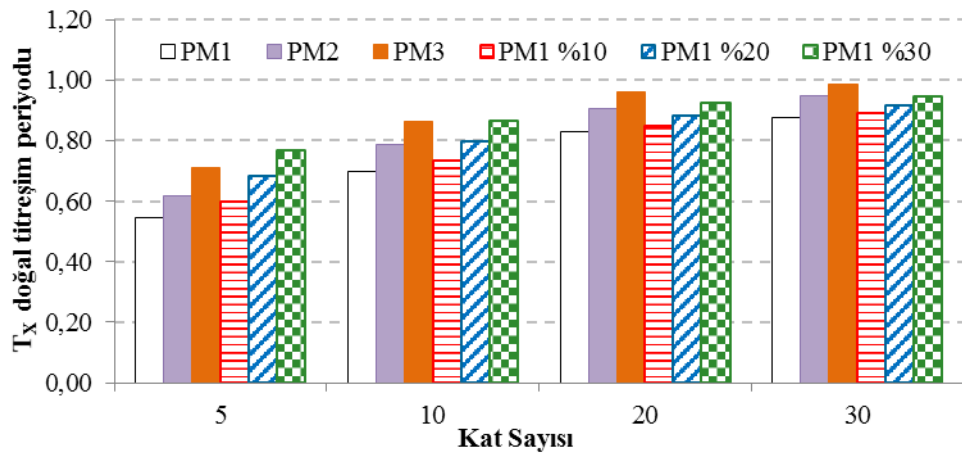
Sonuçlar gözönüne alındığında, dikkate alınan doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görel kat ötelenmesi oranı ve α_s parametrelerinin tamamı için boşluk oranının artması ile perdelerin çerçeve sisteme katkısının azaldığı görülmektedir.

Perdelerde çeşitli sebeplerle bırakılacak boşlukların belirlenmesinde, perdede boşluk oranının artması ile taşıyıcı sisteme katkının azaldığı gözönünde tutulmalı, tasarım aşamasında Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü kriterlerin dikkate alınacak boşluk oranı için de sağlandığı titizlikle kontrol edilmelidir.

Planda perde yerleşimi açısından farklılık gösteren boşluksuz perdelerle sahip PM1, PM2 ve PM3 modelleri ile boşluklu perde modelleri için elde edilen sonuçlar birbirileri ile karşılaştırılarak taşıyıcı sisteme katkı açısından değerlendirme yapılmıştır.

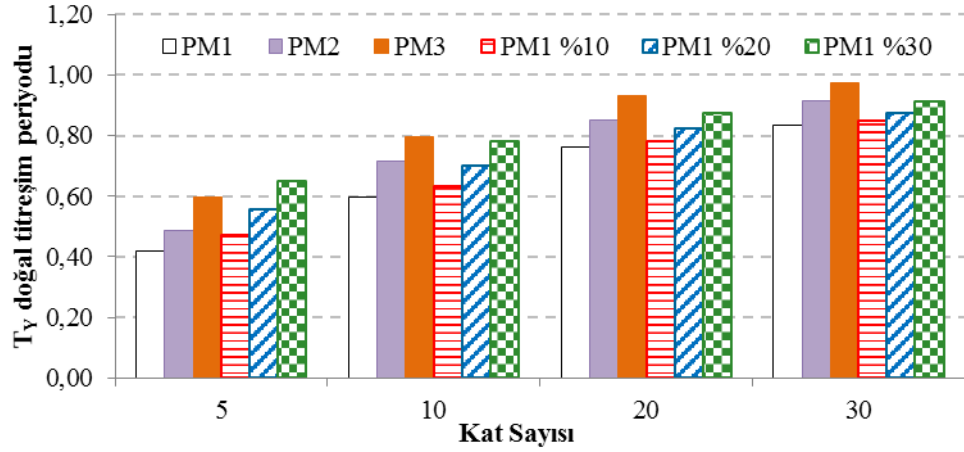
Doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı ve görel kat ötelenmesi oranı parametreleri kullanılarak yapılacak karşılaştırma için boşluklu ve boşluksuz her bir perdeli-çerçevesel model için elde edilen değerlerin referans olarak seçilen ÇM modeli için elde edilen değerlere oranı kullanılmıştır. Perdelerin taban kesme kuvvetine katkısı açısından yapılan karşılaştırmada ise doğrudan α_s değerleri kullanılmıştır.

Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de sırası ile x ve y yönleri için elde edilen doğal titreşim periyotlarına ait oranlar verilmiştir. Boşluksuz modeller içerisinde hem x hem de y yönü için doğal titreşim periyodu en düşük olan model PM1 modelidir.



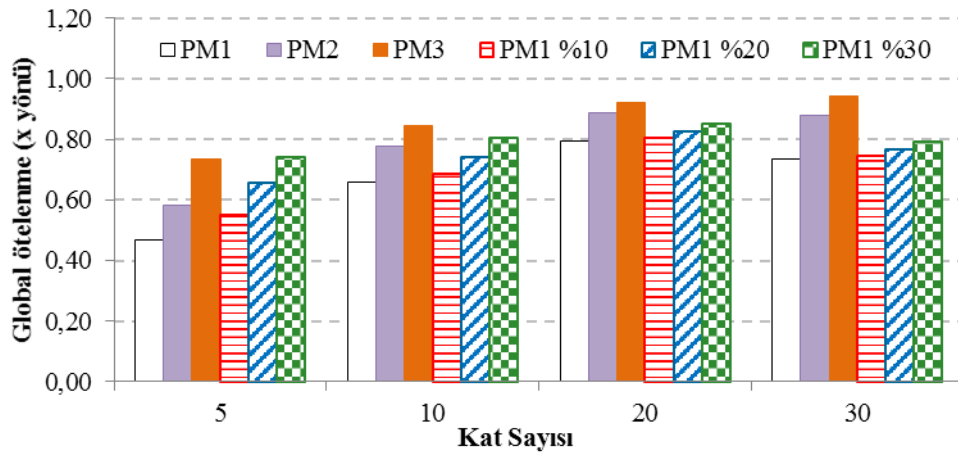
Şekil 5.6: Doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması (x yönü)

En etkin model olan PM1 modeli perdelerinde boşluk oranı %30'a yükseldiğinde, doğal titreşim periyodu PM3 modelinin doğal titreşim periyoduna yaklaşmaktadır. 5 katlı modelde ise %30 boşluk oranı için elde edilen doğal titreşim periyodu, PM3 modeli için elde edilen doğal titreşim periyodundan da büyüktür. Bu sonuç x ve y yönünde elde edilen sonuçlar için geçerlidir.



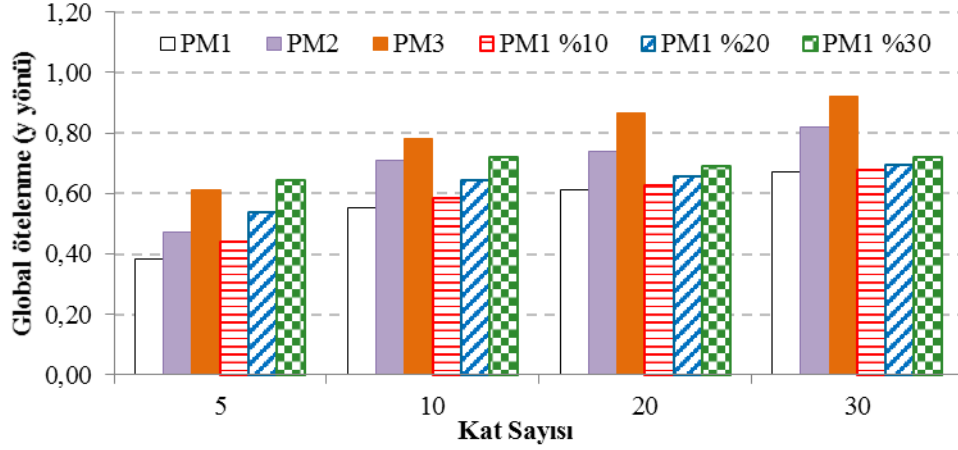
Şekil 5.7: Doğal titreşim periyotlarının karşılaştırılması (y yönü)

Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da sırası ile x ve y yönleri için elde edilen global ötelenme oranı parametresine ait oranlar verilmiştir. Boşluksuz modeller içerisinde hem x hem de y yönü için en düşük etkinliğe sahip olan model, daha yüksek global ötelenme oranı değerlerine sahip PM3 modelidir. 5 ve 10 katlı yapılarda boşluk oranının artmasından global ötelenme oranı daha fazla etkilenmektedir. 20 ve 30 katlı yapılarda ise boşluk oranının etkisi daha düşüktür.



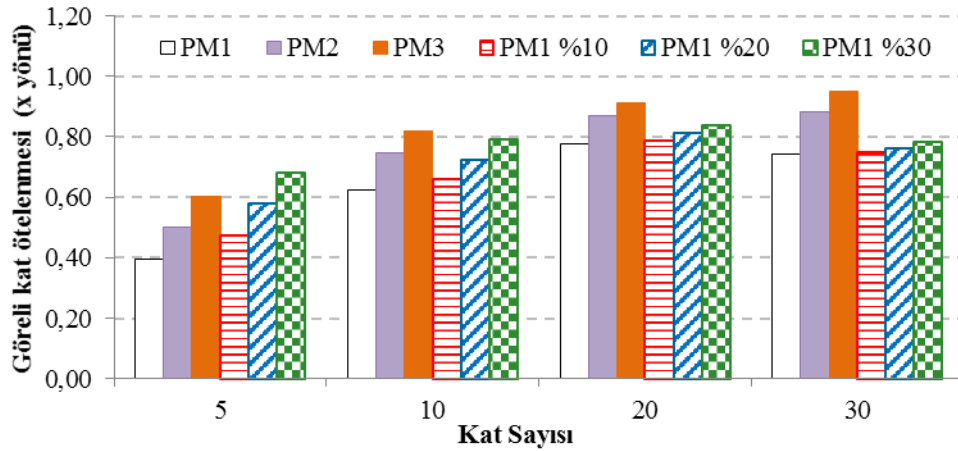
Şekil 5.8: Global ötelenme oranlarının kıyaslanması (x yönü)

20 ve 30 katlı yapılarda, boşluklu perdeli modellere ait oranlar, boşluksuz PM2 ve PM3 modelleri için elde edilen oranlardan daha düşüktür. Yani boşluk oranının etkisi perde yerleşiminin etkisine göre daha düşüktür.



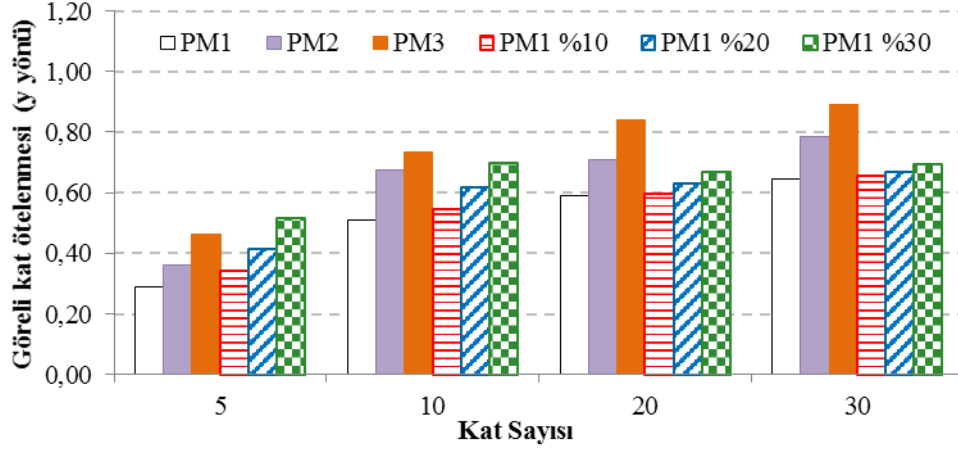
Şekil 5.9: Global ötelenme oranlarının kıyaslanması (y yönü)

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de ile x ve y yönleri için elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranı parametresine ait oranlar verilmiştir. Bu parametre için elde edilen sonuçlar, global ötelenme oranı için elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. 5 ve 10 katlı yapılarda boşluk oranının artmasından global ötelenme oranı daha fazla etkilenmektedir. 20 ve 30 katlı yapılarda ise boşluk oranının etkisi daha düşüktür. Boşluk oranı %30 olduğunda, hem x hem de y yönü için 5 katlı binada en yüksek maksimum görelî kat ötelenmesi oranı elde edilmektedir.



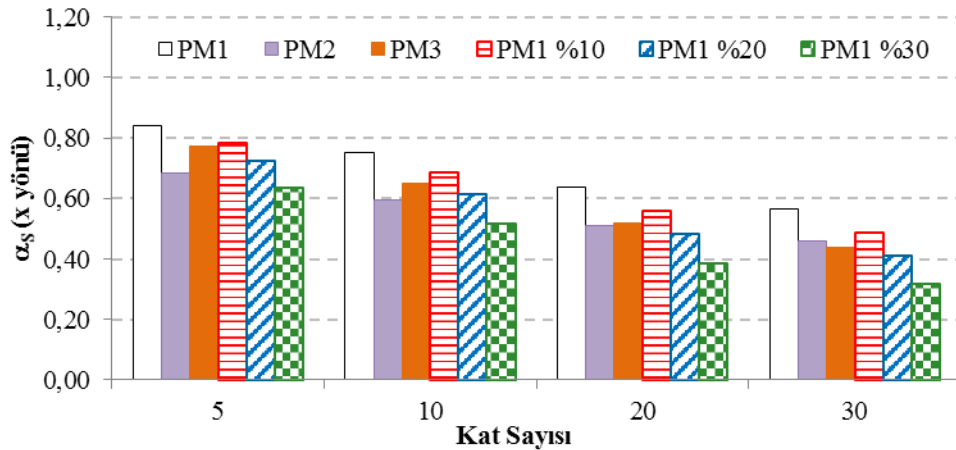
Şekil 5.10: Görelî kat ötelenmesi oranlarının kıyaslanması (x yönü)

20 ve 30 katlı yapılarda, görel kat ötelenmesi için boşluklu perdeli modellere ait oranlar, boşluksuz PM2 ve PM3 modelleri için elde edilen oranlardan daha düşüktür. Yani boşluk oranının etkisi perde yerleşiminin etkisine göre daha düşük olduğu söylenebilir.

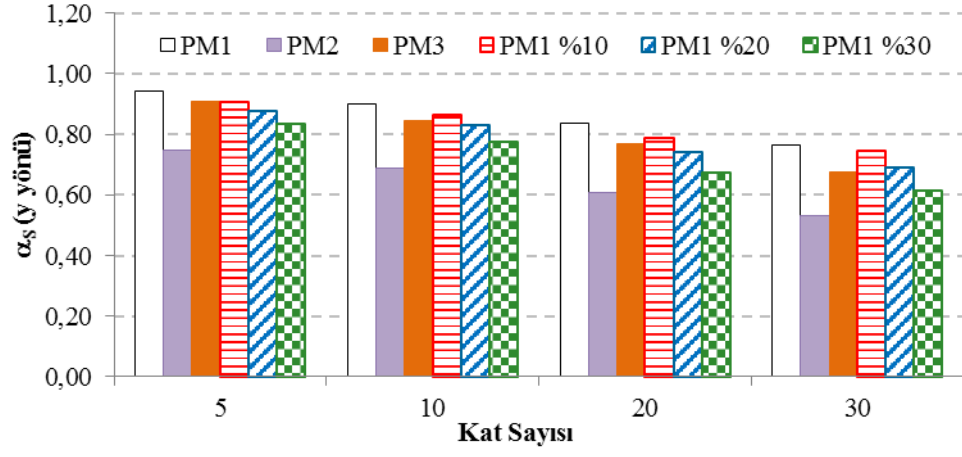


Şekil 5.11: Görel kat ötelenmesi oranlarının kıyaslanması (y yönü)

Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'te ile x ve y yönleri için elde edilen α_s parametresine ait değerler verilmiştir. Bu parametre için x yönündeki sonuçlara göre, boşluk oranının etkisi, diğer parametrelere göre daha belirgindir. Bu durumun, 5, 10, 20 ve 30 katlı yapıların hepsi için geçerli olduğu söylenebilir.



Şekil 5.12: Modellerin α_s değerlerinin karşılaştırılması (x yönü)



Şekil 5.13: Modellerin α_s değerlerinin karşılaştırılması (y yönü)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çok katlı betonarme yapılarda, betonarme perdelerin planda yerleşiminin ve betonarme perdelerde çeşitli sebeplerle teşkil edilecek boşlukların yapı davranışına etkisi değerlendirilmiştir.

Bu amaçla, 5, 10, 20 ve 30 katlı betonarme yapı modelleri dikkate alınmıştır. Bu yapıların her biri çerçevesel sistem (ÇM modeli) yanında üç farklı perde yerleşimi (PM1, PM2 ve PM3 modelleri) dikkate alınarak modellenmiştir. Bu şekilde toplam 16 farklı yapı modeli oluşturulmuştur.

Yapı modelleri, birbirine dik iki yatay doğrultuda da mod birleştirme yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları düşey yüklerin yanısıra deprem etkileri de dikkate alınarak elde edilmiştir. Karşılaştırma için şu parametreler dikkate alınmıştır: doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî kat ötelenmesi oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay.

Öncelikle planda perde yerleşiminin yapı davranışına etkisinin değerlendirilmesi amacı ile ÇM modeli ile PM1, PM2 ve PM3 modelleri için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Daha sonra yapı davranışı açısından ele alınan parametreler gözönüne alınarak belirlenen en etkin perdeli-çerçevesel modelde %10, %20 ve %30 oranında perde boşlukları olacak şekilde yeni yapı modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller de analiz edilerek karşılaştırma için kullanılan parametreler elde edilmiştir. Daha sonra çerçevesel ÇM modeli, seçilen boşluksuz perdeli-çerçevesel model ve bu model kullanılarak hazırlanan %10, %20 ve %30 boşluklu perdeli-çerçevesel model için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- a) Doğal titreşim periyodu, global ötelenme oranı, görelî ötelenme oranı ve perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay açısından en etkin perdeli-çerçevesel modelin PM1 modeli olduğu belirlenmiştir. Şöyle ki, diğer yapı modelleri ile karşılaştırıldığında en düşük doğal titreşim periyodu, global

ötelenme oranı ve görelî kat ötelenmesi oranı bu model için elde edilmiştir. Perdelerin taban kesme kuvvetinden aldığı pay da en fazla PM1 modelinde hesaplanmıştır.

- b) Tüm perdeli-çerçeveî modellerde, planda perdelerin kesit alanlarının kat alanlarına oranı eşittir. PM2 ve PM3 modelinde bu oran sağlanacak şekilde her bir yatay doğrultuda dört perde bulunmaktadır. PM1 modelinde ise yine aynı oran sağlanacak şekilde her bir yatay doğrultuda iki perde bulunmaktadır. Perdelerin yerleşimi, yapı planında burulma düzensizliğı oluşturmıyacak şekilde belirlenmiştir. Bu bilgiler ve karşılaştırma sonuçları dikkate alınırsa, PM1 modelinde bulunan perdeler, PM2 ve PM3 modeline göre ilgili deprem doğrultusunda daha büyük boyuta ve dolayısıyla daha büyük yatay rijitliğe sahiptir. Bu durum, dikkate alınan parametreler açısından en etkin modelin PM1 modeli olması sonucunu doğurmuştur.
- c) Plandaki yerleşimi açısından burulma düzensizliğı oluşturmıyacak ve gerekli minimum perde kesit alanı sağlanacak şekilde eşdeğer toplam kesit alanına sahip perde yerleşimi öngörüldüğünde, mümkün olan en az sayıda perde kullanımı, bu perdelerin yapının yatay doğrultudaki davranışına daha fazla katkıda bulunacaktır. Ancak mümkün olan en az perde sayısının belirlenmesinde de, binanın plandaki boyutlarının, akslar arası mesafelerinin ve dolayısıyla perdelerin birbirine olan mesafesinin gözönüne alınması ihtiyacını da hatırlatmak gerekir.
- d) Karşılaştırma için kullanılan parametrelerin yapı modellerinden elde edilen değerleri dikkate alındığında, kat sayısı arttıkça perdelerin yapı davranışına katkısının azaldığı görülmüştür. Örneğın PM1 modelinde x yönü için elde edilen doğal titreşim periyodunun, ÇM modeli için elde edilen doğal titreşim periyoduna oranı 5 katlı yapıda %55 iken 10, 20 ve 30 katlı yapılarda bu oran sırası ile %70, %83 ve %88'dir. Yani, PM1 modelinin doğal titreşim periyodu, kat sayısı arttıkça çerçeveî modelin doğal titreşim periyoduna yaklaşmaktadır. Diğer parametrelerin aldığı değerler de kat sayısı yükseldikçe ÇM modeline ait parametre değerlerine yaklaşmaktadır.
- e) PM1 modeli referans alınarak hazırlanan ve her katta %10, %20 ve %30 boşluk oranı olacak şekilde hazırlanan bina modellerinin analizinden elde

edilen sonuçlar, beklendiği gibi boşluk oranının artması ile perdelerin taşıyıcı sisteme katkısının azaldığını göstermektedir. Örneğin x yönünde 10 katlı binada PM1 modeli için periyot 0.629s iken, %10, %20 ve %30 boşluk oranı bulunan modellerde sırası ile 0.662s, 0.719s ve 0.777s olmaktadır. 10 katlı binada ÇM modeline ait periyot ise 0.900s'dir. Yani, doğal titreşim periyodu boşluk oranının artması ile ÇM modeline ait doğal titreşim periyoduna yaklaşmaktadır. Kat sayısı yükseldikçe ÇM modeline ait doğal titreşim periyoduna daha fazla yaklaşılmaktadır. Örneğin x yönü için 30 katlı binada %10 ve %30 boşluk oranına sahip modellerin doğal titreşim periyodunun ÇM modeline ait doğal titreşim periyoduna oranı sırası ile 0.890 ve 0.944'tür.

- f) Global ötelenme ve görelî kat ötelenmesi değerleri açısından boşluk oranının etkisinin, kat sayısı yükseldikçe azaldığı görülmüştür. Örneğin global ötelenme oranı parametresinin y yönündeki analizlerle elde edilen değerleri ele alınmış olsun. Bu parametrenin 5 katlı binada boşluksuz PM1 modeli ve %30 boşluklu modele ait değerlerinin ÇM modeli değerine oranı sırası ile 0.384 ve 0.643'tür. Yani %30 boşluk oranı kullanıldığında boşluksuz modele göre %67'lik bir artış sözkonusudur. 30 katlı binada PM1 ve %30 boşluklu model için bu oran sırası ile 0.670 ve 0.721'dir. Yani boşluksuz modele göre artış sadece %8'dir. Artış 10 ve 20 katlı binada sırası ile %30 ve %13'tür.
- g) Tasarım açısından boşluklu ve büyük enkesit uzunluğuna sahip perdeler kullanmak ile daha fazla sayıda ancak nispeten daha düşük enkesit uzunluğuna sahip perdeler kullanmak arasında tercih yapılmak durumunda kalınabilir. Bu durumda, tasarımda dikkate alınan ve/veya bu tez çalışmasında kullanılan parametreler açısından hangi tercihin yapının yatay deprem etkisi altındaki davranışı açısından daha etkin olduğu değerlendirilebilir. Kat sayısına da bağılı olarak iki seçenekten herhangi birisinin tercih edilmesi sözkonusu olabilir. Bu değerlendirme, uygun olan tercihin seçilmesinde yol gösterici olacaktır.

Yukarıda özetlenen sonuçların, tez kapsamında seçilen yapı modelleri ile analizler için kullanılan yöntemle bağılı olarak elde edildiği gözönünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, farklı taşıyıcı sistem modelleri ve analiz yöntemleri

kullanılarak benzer çalışmaların yapılması, bu çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve geliştirilmesi açısından faydalı olacaktır. Özellikle doğrusal olmayan davranış modellerinin ve/veya zaman tanım alanında analiz yönteminin, bu konudaki çalışmalarda kullanılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Aka, İ., Keskinel, F., Çılı, F., Çelik, O.C., *Betonarme*, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2001).
- Atımtay, E. *Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bizim Büro Basımevi, Ankara, (2000).
- Balkaya, C. ve Kalkan, E., “Three-dimensional effects on openings of laterally loaded pierced shear walls”, *Journal of Structural Engineering*, 130(10), 1506-1514, (2004).
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta Dağıtım, Üçüncü Baskı, İstanbul, (2004).
- Celep, Z. ve Kumbasar, N., *Betonarme Yapılar*, Beta Dağıtım, İstanbul, (2005).
- DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (2007).
- Demir, M.R., “Boşluklu Perdelerin Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, (2008).
- Doğangün, A., *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2007).
- Doh, J.H. and Fragomeni, S., “Evaluation of experimental work on concrete walls in one and two-way action”, *Australian Journal of Structural Engineering*, 6(1), 37–52, (2005).
- Elnashahi, A.S. and Pinho, R., “Repair and retrofitting of RC walls using selective techniques”, *Journal of Earthquake Engineering*, 2(4), 525-568, (1998).
- Erken, S., “Betonarme Yapıların Taşıyıcı Sistem Seçiminde Perde Yerleşiminin Davranışa Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).
- ETABS, *Betonarme Çerçeve Boyutlama Kılavuzu*, CSI, Berkeley, USA, (2005).
- Hui, W. and Bing, L., “Investigating the load paths of RC shear wall with openings under reversed cyclic loadings”, *Pacific Conference on Earthquake Engineering*, Christchurch, New Zealand, (2003).

İYBDY, İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği. *Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2008).

Khatami, S.M., Mortezaei, A. and Barros, R.C., “Comparing effects of openings in concrete shear walls under near-fault ground motions”, *15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisbon, Portugal, (2012).

Kim, H.S. and Lee, D.G., “Analysis of shear wall with openings using super elements”, *Engineering Structures*, 25, 981-991, (2003).

Kobayashi, J., Korenaga, T., Shibata, A., Akino, K. and Taira, T., “Effects of small openings on strength and stiffness of shear walls in reactor buildings.” *Nucl. Eng. Des.*, 156, 17-27, (1995).

Lakshmi, K.O., Ramanujan, J., Sunil, B., Kottallil, L. and Poweth, M.J., “Effect of shear wall location in buildings subjected to seismic loads”, *Journal of Engineering and Computer Science*, 1(1), 7-17, (2014).

Öztürk, T., *Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı*, İMO İstanbul Şubesi İlkbahar - Yaz Dönemi Meslekiçi Eğitim Kursları, İstanbul, (2005).

Rai, S.K., Prasad, J. and Ahuja, A.K., “Importance of shear wall in tall buildings”, *National Conference on High-Rise Buildings: Materials and Practices*, New Delhi, India, (2006).

Sharma, R. and Amin, J., “Effect of openings in shear walls of 30- storey building”, *Journal of Materials and Engineering Structures*, 2, 44-55, (2015).

Taranath, B.S., *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*, McGraw Hill, New York, (1988).

TS-500, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).

UBC, *Uniform Building Code*, International Conference of Office Buildings, (1997).

Uçar, T. ve Merter, O., “*Planda perde yerleşiminin betonarme perde-çerçeve binaların deprem davranışına etkisi*”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(2), 11-18, (2009).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mohamad Kinan OTHMAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Halep - Suriye 17/11/1976

Lisans Üniversite : Halep Üniversitesi (Aleppo University)

Elektronik posta : limitless.company@gmail.com

Linkedin : Mhd. Kinan OTHMAN

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü