



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

BETONARME TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN PERFORMANS VE MALİYET İLE İLİŞKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Erdem MEHMETBEYOĞLU

Danışman
Doç. Dr. Varol KOÇ

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



BETONARME TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN PERFORMANS VE MALİYET İLE İLİŞKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Erdem MEHMETBEYOĞLU

Danışman

Doç. Dr. Varol KOÇ

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Erdem MEHMETBEYOĞLU tarafından, Doç. Dr. Varol KOÇ danışmanlığında hazırlanan “BETONARME TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN PERFORMANS VE MALİYET İLE İLİŞKİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 8.5.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Xxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Xxxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Xxxxx XXXX Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ana Bilim Dalı	☐ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

4 /1 / 2023

Erdem MEHMETBEYOĞLU

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : BETONARME TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN PERFORMANS VE MALİYET İLE İLİŞKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 04.01.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 23

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

4 /1 / 2023

Doç. Dr. Varol KOÇ

ÖZET

BETONARME TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN PERFORMANS VE MALİYET İLE İLİŞKİSİ

Erdem MEHMETBEYOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Nisan/2023
Danışman: Doç. Dr. Varol KOÇ

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistem seçimi, yapının performans ve maliyetine doğrudan etkilidir. Yapı tasarımından beklenen; yapının performansı, ekonomikliği, fonksiyonelliği, estetiği, işlevselliği ve uygulanabilirliğidir. Yapıların performans ve maliyet ile ilişkisi, yapı kat adeti, taşıyıcı sistem türü ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı gibi değişkenlere bağlı olarak, emniyet-ekonomi dengesinde birbirlerine oranla avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Yapı emniyetindeki en önemli faktörlerden biri de yapı taşıyıcı sistem seçimidir. Çerçevesi yapıların sünek, perdeli yapıların ise rijit davranması beklenir. Taşıyıcı sistemin tasarım ve analizinde mesleki bilgi ile beraber, standart ve yönetmeliklerden de faydalanılır. Deprem kuşağında yer alan ülkemizde bu kapsamda depreme dayanıklı yapı tasarımına yönelik olarak, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” kullanılmaktadır.

Bu çalışmada incelenen çerçevesi, perde çerçevesi ve perdeli taşıyıcı sistemler, her sistemde kat adetleri; 4, 8, 12, 16, 20 olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Yapı taban alanları; 12x12 metre, 24x24 metre, 36x36 metre şeklinde seçilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayıları normal sünek ve yüksek sünek alınmıştır. Yapı önem katsayısı; $I=1$, deprem bölgesi; 1^0 , spektrum periyodu; $T_a:0,15/T_b:0,6s_n$, zemin yatak modülü; $2000t/m^3$, zemin emniyet gerilmesi; $30t/m^2$, beton sınıfı; C30 olarak her modelde sabitlenmiştir.

Tasarlanan modellere gelen deprem yüklerini hesaplamak için mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Modellerin performansı maksimum yatay yer değiştirmeler ve serbest titreşim periyoduna göre kıyaslanmıştır. Maliyet analizleri için “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı” tarafından yayınlanan 2018 birim fiyatları kullanılmıştır. Sonuç olarak belirli şartlar altında hangi taşıyıcı sistemin performans ve maliyet açısından optimum olabileceğinin saptanması hedeflenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Taşıyıcı sistemler, Yapı maliyeti, Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, Deprem, Yapısal analiz

ABSTRACT

PERFORMANCE AND COST RELATIONSHIP BETWEEN SUPPORTING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE SYSTEM SELECTION

Erdem MEHMETBEYOĞLU
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering
Master, April/2023
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Varol KOÇ

In reinforced concrete structures, selection of structural system has a direct influence on the performance and cost of the structure. What is expected of the structural design is the performance, economy, functionality, aesthetics and practicality of the construction. Performance and cost association of structures has advantages and disadvantages in the equilibrium of safety-economy depending on variables such as the number of storeys in the structure, type of carrier system and structural system behaviour factor. One of the most important factors in structural safety is the selection of structural carrier system. Framed structures are expected to behave ductile, while shear wall structures are expected to behave rigid. In the design and analysis of structural system, standards and regulations are also used in addition to professional knowledge. Within this context, “Specifications for Structures to be built in Disaster Areas” is used in our country, which is in the seismic belt, for designing earthquake resistant buildings.

Framed, shear-wall framed and shear-wall carrier systems were varied as 4, 8, 12, 16, 20 storeys in each system. Building floor areas were chosen as 12x12 metre, 24x24 metre, 36x36 metre. Structural system behaviour factors were taken as normal ductile and high ductile. In each model, building importance factor was stabilized as $I=1$, earthquake area was stabilized as 10, spectrum period was stabilized as $T_a:0,15/T_b:0,6\text{sec}$, subgrade modulus was stabilized as; 2000t/m^3 , safe bearing capacity was stabilized as 30t/m^2 and concrete classification was stabilized as C30.

Mode superposition method was used to calculate the earthquake loads on designed models. Performances of the models were compared according to maximum vertical displacement and free vibration period. For cost analyses, 2018 unit prices published by “Ministry of Environment and Urban Planning Directorate of High Technics Board” were used. As a conclusion, the purpose of the study was to find out which structural system can be optimum in terms of performance and cost under specific conditions.

Keywords: Structural systems, Structure cost, Structural system behaviour factor, Earthquake, Structural analysis

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitim sürecimin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca yardım ve desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Varol Koç'a teşekkürü borç bilirim.

Beni bugünlere getirmek için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan anneme, babama ve ablama sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Erdem MEHMETBEYOĞLU



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. TAŞIYICI SİSTEMLER	10
3.1. Taşıyıcı Sistem Türleri	11
3.1.1. Çerçeve taşıyıcı sistemler	11
3.1.2. Perde çerçeve taşıyıcı sistemler	11
3.1.3. Perdeli taşıyıcı sistemler	11
4. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ VE PARAMETRELER	12
4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	12
4.2. Mod Birleştirme Yöntemi	12
4.2.1. İvme spektrumu	12
4.2.2. Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri	13
4.2.3. Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı	13
4.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	14
4.4. Etkin Yer İvmesi Katsayısı	14
4.5. Spektrum Katsayısı	14
4.6. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	15
4.7. Bina Önem Katsayısı	16
4.8. Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı	17
4.9. Hareketli Yüğü	17
5. SAYISAL ÇÖZÜMLEME	18
5.1. Çerçeve taşıyıcı Sistem Model Tipleri	25
5.2. Perde Çerçeve taşıyıcı Sistem Model Tipleri	27
5.3. Perdeli Taşıyıcı Sistem Model Tipleri	29
5.4. Döşeme Sistemi	31
6. YAPI DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	32
6.1. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Maksimum Yatay Yer Değiştirmeler	32
6.2. Taşıyıcı Sistem Türlerinin Serbest Titreşim Periyodu	35
6.3. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Yapı Maliyetleri	39
6.4. Sünegliğe Göre Performans ve Maliyet İlişkisi	46
6.4.1. Sünegliğe göre maksimum yatay yer değiştirmelerin kıyaslanması	46
6.4.2. Sünegliğe göre yapı maliyetlerinin kıyaslamaları	52
6.5. Yapı Taban Alanının Maksimum Yatay Yer Değiştirmeye Etkisi	59
7. SONUÇLAR	62
KAYNAKLAR	64
ÖZ GEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_0	:Etkin yer ivmesi katsayısı
A	:Bürüt kat alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
DBYBHY	:Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
g	:Yer çekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
I	:Bina önem katsayısı
m_i	:Binanın i 'inci katının kütlesi
M_n	: n 'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
M_{xn}	:Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	:Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n 'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
n	:Hareketli yük katılım katsayısı
R	:Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_n)$	:Deprem yükü azaltma katsayısı
$S_{ae}(T_n)$	: n 'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme
$S_{aR}(T_n)$	:Elastik spektral ivme
$S(T)$	:Spektrum katsayısı
STA4CAD	:Structural Analysis For Computer Aided
T	:Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	:Spektrum karakteristik periyotları
TS 498	:Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS 500	:Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
η_b	:Burulma düzensizliği katsayısı
α_s	:Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için meydana gelen Toplam kesme kuvvetine oranı
δ_{maks}	:Maksimum yatay yer değiştirme
Φ_{xin}	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda n 'inci mod şeklinin i 'inci katta x eksenı doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yin}	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda n 'inci mod şeklinin i 'inci katta y eksenı doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{\theta in}$	:Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda n 'inci mod şeklinin i 'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Yüksek binaların taşıyıcı sisteminin sınıflandırılması (Drosdov ve Lishak,1978)	8
Şekil 4.1.	Spektrum katsayısı-Periyot grafiği	14
Şekil 5.1.	STA4CAD ile modellenen çerçeve sistem örneği (CS15)	23
Şekil 5.2.	STA4CAD ile modellenen perdeli çerçeve sistem örneği (PCS15)	24
Şekil 5.3.	STA4CAD ile modellenen perde sistem örneği (PS15)	25
Şekil 5.4.	12 ^m x12 ^m taban alanlı çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	26
Şekil 5.5.	24 ^m x24 ^m taban alanlı çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	27
Şekil 5.6.	36 ^m x36 ^m taban alanlı çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	27
Şekil 5.7.	12 ^m x12 ^m taban alanlı perde çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	28
Şekil 5.8.	24 ^m x24 ^m taban alanlı perde çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	29
Şekil 5.9.	36 ^m x36 ^m taban alanlı perde çerçeve taşıyıcı sistem kalıp planı	29
Şekil 5.10.	12 ^m x12 ^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı	30
Şekil 5.11.	24 ^m x24 ^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı	31
Şekil 5.12.	36 ^m x36 ^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı	31
Şekil 6.1.	12 ^m x12 ^m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	33
Şekil 6.2.	24 ^m x24 ^m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	34
Şekil 6.3.	36 ^m x36 ^m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	34
Şekil 6.4.	12 ^m x12 ^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	35
Şekil 6.5.	24 ^m x24 ^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	35
Şekil 6.6.	36 ^m x36 ^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme	36
Şekil 6.7.	12 ^m x12 ^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu	37
Şekil 6.8.	24 ^m x24 ^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu	37
Şekil 6.9.	36 ^m x36 ^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu	38
Şekil 6.10.	12 ^m x12 ^m taban alanlı yüksek sünek yapıların periyodu	38
Şekil 6.11.	24 ^m x24 ^m taban alanı yüksek sünek yapıların periyodu	39
Şekil 6.12.	36 ^m x36 ^m taban alanlı yüksek sünek yapıların periyodu	39
Şekil 6.13.	12 ^m x12 ^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti	44
Şekil 6.14.	24 ^m x24 ^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti	44
Şekil 6.15.	36 ^m x36 ^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti	45
Şekil 6.16.	12 ^m x12 ^m taban alanlı yüksek sünek yapıların maliyeti	45
Şekil 6.17.	24 ^m x24 ^m taban alanı yüksek sünek yapıların maliyeti	46
Şekil 6.18.	36 ^m x36 ^m taban alanlı yüksek sünek yapıların maliyeti	46

Şekil 6.19.	4 katlı çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	47
Şekil 6.20.	8 katlı çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	48
Şekil 6.21.	4 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	48
Şekil 6.22.	8 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	49
Şekil 6.23.	12 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	49
Şekil 6.24.	16 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	50
Şekil 6.25.	20 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	50
Şekil 6.26.	4 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	51
Şekil 6.27.	8 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	51
Şekil 6.28.	12 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	52
Şekil 6.29.	16 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	52
Şekil 6.30.	20 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri	53
Şekil 6.31.	4 katlı çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	54
Şekil 6.32.	8 katlı çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	54
Şekil 6.33.	4 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	55
Şekil 6.34.	8 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	55
Şekil 6.35.	12 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	56
Şekil 6.36.	16 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	56
Şekil 6.37.	20 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	57
Şekil 6.38.	4 katlı perde taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	57
Şekil 6.39.	8 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	58
Şekil 6.40.	12 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	58
Şekil 6.41.	16 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	59
Şekil 6.42.	20 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti	59
Şekil 6.43.	Çerçeveli taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi	60
Şekil 6.44.	Perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi	61
Şekil 6.45.	Perdeli taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi	61

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1.	Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	10
Tablo 4.2.	Etkin yer ivmesi katsayısı	13
Tablo 4.3.	Spektrum karakteristik periyotları	13
Tablo 4.4.	Taşıyıcı sistem davranış katsayıları	15
Tablo 4.5.	Bina önem katsayısı	16
Tablo 4.6.	Hareketli yük katılım katsayısı (n)	17
Tablo 5.1.	Modellerin değişken ve sabit değerleri	19
Tablo 5.2.	Çerçeve taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları	20
Tablo 5.3.	Perde çerçeve taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları	21
Tablo 5.4.	Perdeli taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları	22
Tablo 6.1.	2018 birim fiyatları	40
Tablo 6.2.	Çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti	41
Tablo 6.3.	Perde çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti	42
Tablo 6.4.	Perdeli taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti	43

1. GİRİŞ

Bir yapıdan, ekonomik kullanım amacına uygun, estetik ve çevre ile uyumlu olması beklenirken emniyetten ödün vermemesi de istenir. Yapı emniyetindeki en önemli faktörlerden biri ise yapı taşıyıcı sistem seçimidir. Yapı mühendisi, bu beklentileri karşılamakla görevli olan bütün etkilere karşı yapıya gerekli mukavemeti karşılayabilecek yeteneği kazandıran kişidir.

Depremler yerkürenin üzerinde biriken büyük gerilmeleri doğal yolla bırakma biçimidir (Canbay vd 2008). Türkiye’de meydana gelen depremler maddi ve manevi kayıplara neden olmuştur. Bu kayıpların önüne geçebilmek için yapıların depreme dayanıklı tasarlanması gerekmektedir. Ülkemizde bu hususta Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” 2007 yılında yayınlanmıştır.

Günümüzde depremlerin ne zaman ve hangi büyüklükte meydana geleceği hesaplanamamasından dolayı, yönetmeliğin ana ilkesi, o bölgedeki 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkilerine karşı koyabilecek yapıların tasarımına ışık tutmaktır. Şiddetli depremlerin etkin olduğu 1’inci derece deprem bölgelerinde yapıların hiç hasar görmeden tasarlanabilmesi ekonomik ve teknik açıdan pek mümkün olamayacağı için şiddetli depremlerde can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı hasar oluşumunun sınırlandırılması, orta şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, hafif şiddetli depremlerde ise yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hasar görmemesi amaçlanır. Bu noktada, süneklik-rijitlik dengesi devreye girmektedir. Sünek yapı, beklenen en büyük deprem yükleri altında kalıcı deformasyonlar ile sistemin deprem enerjisini tüketmekte ancak yıkılmaması şartıyla, deprem sonrasında az ya da çok hasarlı yapı durumuna geçmektedir. Rijit yapı ise, depreme uyum gösteren değil, depreme karşı koyan yapıdır.

Ülkemizde betonarme yapı elemanları ve yapıların kullanım amaç ve süresine uygun güvenlikle tasarlanması, hesaplanması, boyutlandırılıp donatılması ve yapımı ile ilgili kural ve koşullar için “TS 500” standardı kullanılmaktadır. Yapıya etkiyen hareketli yük, zati yük, rüzgâr yükü, kar yükü gibi değerlerin belirlenmesinde “Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesabı” “TS 498” standardı kullanılmaktadır.

Bu çalışmada incelenen çerçeve, perde çerçeve ve perdeli sistemler, her sistemde kat adetleri; 4, 8, 12, 16, 20 olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Yapı taban alanları; 12x12 metre, 24x24 metre, 36x36 metre şeklinde seçilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayıları normal sünek ve yüksek sünek alınmıştır. Yapı önem katsayısı; $I=1$, deprem bölgesi; 1°, spektrum periyodu; $T_a:0,15/T_b:0,6s$, zemin yatak modülü; $2000t/m^3$, zemin emniyet gerilmesi; $30t/m^2$, beton sınıfı; C30 olarak sabitlenmiştir.

Yapının yüksekliği ve taban alanının artması, yapının kütesinin artmasına neden olur. Yapı kütlesi arttıkça, yapıya etkiyen deprem kuvvetleri de artar. Artan deprem kuvvetlerini karşılayabilmek için yapı taşıyıcı sisteminin doğru kurulması gerekir.

DBYBHY 2007’de deprem yükü azaltma katsayısı (R_a), spektrum karakteristik periyodu (T_a), yapı periyodu (T) ve yapı davranış katsayısı (R)’ye bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir. Yapı davranış katsayısının değişmesi, yapıya etkiyen deprem kuvvetlerini etkiler. Yapıya gelen deprem yükleri yapının taşıyıcı sisteminin oluşturulmasında, dolayısıyla yapı maliyetinde doğrudan etkilidir. Sonuç olarak belirli şartlar altında hangi taşıyıcı sistemin performans ve maliyet açısından optimum olabileceğinin saptanması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İncelenen konuyla ilgili literatürde bulunan bazı çalışmalar araştırılmış ve bu bölümde verilmiştir.

Kasap ve Varol (2003), çalışmasında, 4,5,6 ve 8 katlı perde çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip 4 tip yapının perde yerinin değişmesiyle perde ve kolonlara gelen kesme kuvvetinin değişimini incelemişlerdir. Oluşturdukları tip modellerin analizi sonuçları kıyaslandığında, perdelerin yapının dış akslarına yakın konumlandırılan tip modellerin, perdelerin yapının iç akslarına konumlandırılan tip modellere göre yatay etki altında daha fazla zorlandığını ve kesme kuvvetinin daha büyük miktarını karşıladığını ispatlamışlardır.

Fragiadakis ve Papadrakakis (2008), çalışmasında betonarme yapıların optimum sismik tasarımı için doğrusal olmayan bir tasarım metodu önerilmiştir. Önerilen tasarım metodolojisinin iki çeşidi sunulmuştur. İlk yaklaşım, optimum tasarım problemini deterministik bir şekilde ele alırken, ikinci varyasyonda optimum tasarım, güvenilirliğe dayalı bir optimizasyon problemi çerçevesinde ele alınmıştır. Önerilen metodoloji, deprem yüklemesi altında sismik performansın gelişmiş kontrolü ile birlikte doğrudan inşaat maliyetinde önemli bir azalma sağladığı görülmüştür.

Işık (2008), çalışmada, çok katlı betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi TS500 ve DBYBHY 2007'e göre boyutlandırmıştır. 2 farklı sistem kurulmuş, 1. sistemde çerçeveli taşıyıcı sistem, 2.sistemde ise yapının sistem 1 de köşe ve kenarlarda bulunan bazı kolonlar kaldırılıp yerine her iki yönde perdeler yerleştirilmiş ve perdeli çerçeve taşıyıcı sistem oluşturulmuştur. Analiz sonucu taşıyıcı sistem değişikliğinin düzensizlikler yönünden incelenmiş ve yerleştirilen perdelerin diğer kolonlara etkisini incelemek amacıyla iç kuvvetler bakımından karşılaştırılmıştır. Köşelere perde yerleştirilmesi yapıyı daha rijit bir hale getirdiği ve periyodunu düşürdüğü gözlenmiştir. Burulma, rijitlik düzensizliği, kat ötelenmeleri, ikinci mertebe etkileri, kesme kuvveti ve moment değerleri perdeli çerçeve taşıyıcı sistemde çerçeveli taşıyıcı sisteme göre daha olumlu olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak çerçeveli taşıyıcı sisteme perdelerin eklenmesinin yatay ötelenme rijitliğini artırdığı, diğer kolonlara gelecek olan yükü önemli miktarda azalttığı, sistemin düzensizlikler açısından daha olumlu bir duruma getirdiği gösterilmiştir.

Uçar ve Merter (2009), çalışmasında, perde çerçevesi bir yapının, planda perde yerleşiminin önemine dikkat çekmek amacıyla aynı plan geometrisine sahip 8 katlı bir yapının merkezine ve dış akslarına perdeler yerleştirilerek iki farklı durumun kıyaslamasını yapmışlardır. Oluşturdukları iki sisteminde taban kesme kuvvetlerinin %70 i perdeler tarafından karşılandığı, perdelerin yapının merkezine yakın veya dış akslara yakın olmasının bu durumu değiştirmedığı, perdelerin dış akslara yakın olduğu sistemde yatay kat yer değiştirmelerin, perdelerin yapı merkezine yakın olduğu sisteme göre önemsenmeyecek kadar az olduğu ancak perde yerleşiminin en çok burulma düzensizliğini etkilediği sonucuna varmışlardır.

Döndüren ve Karaduman (2010), çalışmasında, çerçevesi ve perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılmalarının yapılması için iki sistem modeli tasarlamış ve modellerin analiz sonuçlarından elde edilen kat deplasmanları ve periyot-mod sayısı değerlerini incelemiştir. Bu incelemeler sonucunda çerçevesi taşıyıcı sistemde, taban kesme kuvveti ve taban devrilme momentinin perde çerçevesi sistemden küçük çıktığı, taban normal kuvveti ve taban burulma momenti değerlerinin ise perde çerçevesi sistemden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Son kattaki yer değiştirmenin, çerçevesi sistemde %15 daha fazla olduğu ve periyodunun daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve yüksek katlı betonarme yapılarda, taşıyıcı sistemde perde kullanılmasının daha makul olduğu gösterilmiştir.

Türken vd (2011), çalışmasında, tünel kalıp sistemini ele alarak, tünel kalıbın gerektirdiği tamamı perdelerden oluşan taşıyıcı sistemlerle perdeli çerçeve sistemin performans, maliyet ve zaman kıyaslamalarını incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda tünel kalıpla tasarlanan yapının bodrum katların oldukça rijit olması sebebi ile tüm binanın rijitliğini artırdığı görülmüştür. Bu durum sonucunda, perdeli çevre sistemde tünel kalıp sisteme göre kat deplasmanlarının (+) E_x ve (+) E_y yönünde ortalama minimum %175 maksimum %650 daha fazla olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, tünel kalıp sistem; dayanım, yapım süresi ve yapıdaki kolaylığı gibi özelliklerinin yanında kalıplarının yüzlerce defa kullanılabilmesi, az sayıda elemanla verimli ve kaliteli imalat yapılması, tekrarlı kısımlar içeren çok katlı çok sayıda yapıda geleneksel sisteme oranla yaklaşık %20 daha az maliyetinden dolayı uygun bir yapım tekniği olduğu çıkarımına varılmıştır.

Aracı (2012), çalışmasında, güçlendirmeye gerek görülen mevcut binalarda, binaya eklenecek betonarme perdelerin konumuna önem vermiştir. Çalışma

kapsamında ilk olarak ele alınan binanın perdesiz durumu incelenmiş ve binanın can güvenliği düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Bu yetersizliğin giderilmesi amacı ile 11 adet farklı perde lokasyonu ile analizler yapıp binanın davranışındaki değişimler kıyaslanmıştır. Yapılan bu çalışmada binaya perdeler eklenmesinin, yapının deprem performansını etkilediği görülmüştür ancak perdelerin lokasyonunun performans açısından olumsuz veya yetersiz sonuçlar da doğurabileceği görülmüştür. Perdelerin, mümkün mertebe sistemin dış akslarına ve simetrik olarak konumlandırılması, bina rijitlik ve kütle merkezlerinin olduğunca yakın tutulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Burak ve Comlekoglu (2013), çalışmasında, beş ve sekiz katlı, her iki yönde perde duvar oranları %0,51 ile %2,17 arasında değişen 24 adet bina modeli oluşturarak deprem yükleri altındaki davranışı incelenmiş, kat ötelenmesini kontrol edebilmek için orta katlı binaların tasarımında en az %1,0 perde duvar oranının sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Erken (2013), çalışmasında, birinci deprem bölgesinde bulunan 10 katlı bir betonarme yapının 5 farklı perde geometrisine göre oluşturduğu sistem modellerinin davranışını incelemiştir. Bu incelemeler sonucunda, sisteme eklenen perdelerin, sistemin ağırlık merkezinden uzakta olmasının, perdelerin daha büyük kesme kuvvetleri alması pahasına yapıya daha fazla burulma rijitliği kattıkları ve eklenen her perdenin yapı ağırlığını arttırdığı ve artan rijitlik sebebiyle periyodundaki azalma nedeniyle taban kesme kuvvetini de arttırdığı görülmüştür. Teşkil edilen perdelerin konum ve şekillerinin, sistemin diğer taşıyıcı elemanlarının da iyi veya kötü yönde etkileyebileceği çıkarımına varılmıştır.

Tuken ve Siddiqui (2013), çalışmasında, betonarme binaları orta ve şiddetli depremlere karşı sismik dayanıklı hale getirmek için gerekli perde duvar miktarını belirlemek için bir analitik yöntem önerilmiştir.

Badami (2014), çalışmasında, yerçekimi ve rüzgâr yükleri etkisi altında betonarme yüksek binalarda kullanılan en yaygın taşıyıcı yapı sistemlerini incelemiştir. Düşük maliyetle rüzgâr sürüklenmesini kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutabilmek amacıyla belirli bir bina yüksekliği için bir yapı sistemi önermek, dünyada inşa edilen yüksek binaların en yaygın taşıyıcı sistemleri arasında yapısal periyot ve taban kesme değerleri öteleme ve deplasmanlara göre karşılaştırmalı analiz sunmak,

yüksek yapılarda taşıyıcı sistemleri tasarlamak için pratik bir yöntem göstermek hedefiyle belirli yapı yüksekliklerine göre taşıyıcı sistem önerisi yapılmıştır.

Baykul (2014), çalışmasında, farklı kat adeti ve farklı taban alanına sahip yapı modelleri ele alarak perdeli ve perde çerçeveli taşıyıcı sistem tasarım kombinasyonları oluşturmuştur. Modellere yerleştirilen perdelerin konumları ve boylarının analiz sonuçlarındaki değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak en büyük burulma rijitliğini sağlanması için mümkün olduğunca perdelerin binanın dış çevre akslarına yerleştirilmesinin önemine değinilmiştir.

Krishna ve Arunakanthi (2014) çalışmasında, simetrik olmayan yüksek binalarda perde duvarların optimum yerleşimi araştırılmıştır. Farklı şekil ve konumlardaki perde duvarlarla oluşturulan modellerin, kesme kuvveti, eğilme momenti ve burulma ile ilgili analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Perde duvarların deprem ve rüzgar yüklerini temele aktararak yanal yük dağılımını sağladığı, sistemin yanal rijitliğini olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Ayrıca perde duvarlardan uzakta olan kolonların perde duvarlara daha yakın olan kolonlara nazaran daha fazla eğilme momenti ve kesme kuvvetine maruz kaldığı gösterilmiştir.

Moral, (2014), çalışmasında, ofis binası olarak tasarlanmış, 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı yapı modellerinin eş değer deprem yükü ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile analiz ederek bu yöntemlerin birbirine uyumunu incelemiştir. Sonuç olarak az katlı yapılarda, statik artımsal itme analiz sonuçları, dinamik analiz sonuçlarına daha yakın değerler aldığı ve kat adeti arttıkça zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.

Uçar vd (2014), çalışmasında, 7 katlı betonarme çerçeve sistemli mevcut bir binaya güçlendirme amacıyla eklenmesi düşünülen perdelerin üç farklı tip düzenlemesinin binanın modal parametrelerine, görelî kat ötelemelerine ve yapısal performans analizinde Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabilmesi için sağlanması gereken koşullara etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre her üç tip tasarımda da eklenen perdelerin, yapının yatay rijitliklerini arttırdığını ve periyotlarını kısalttığını gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde, güçlendirme perdelerinin binanın kısa doğrultusundaki kat yatay yer değiştirmelerini sınırlamada daha etkili oldukları görülmüştür. Güçlendirme perdeleri kullanıldığında binanın mevcut durumu için hesaplanan kat yatay yer

değiştirmelerindeki azalma oranı binanın en üst katından alt katlara inildikçe büyüdüğü tespit edilmiştir.

Dahesh vd (2015), çalışmasında, deprem bölgesinde yer aldığı varsayılan, kare planlı çok katlı bir betonarme binanın, farklı yükseklik, kalınlık, konfigürasyon ve açıklıklı perde duvarlarla güçlendirilmiş modellerin deprem yüküne karşı davranışı kıyaslanarak betonarme bir yapıda perde duvarların optimum miktarını ve düzenlenmesine ışık tutulmuştur.

Kasap vd (2015), çalışmasında, yapıya gelen yüklerin, çerçeve taşıyıcı sistemler ve perde çerçeve taşıyıcı sistemlerde taşıyıcı elemanlara dağılımını incelemiştir. Kolon boyutları ve perde yerleri değiştirilerek farklı sistemler kurulmuş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucu perde çerçeve sistemde kesme kuvvetlerinin büyük bir bölümünü perdelerin karşıladığı için kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmüştür.

Özcan, (2015), çalışmasında, Türkiye’de inşa edilmiş ve kullanımda olan, DBYBHY 2007 ve uluslararası yüksek katlı bina tasarım kılavuzları baz alınarak tasarlanmış bir betonarme yapının basitleştirilmiş hali örnek olarak kullanmış ve betonarme perde duvarların kesme tasarımında önemli etkisi olduğu düşünülen, perde duvar kalınlığı ve kesme donatısı miktarı parametreleri üzerinde incelemeler yapmıştır. Perde kalınlığı etkisini, mevcut yapı modeliyle birlikte perde kalınlıkları değiştirilmiş üç farklı model doğrusal davranış spektrumu yöntemi ile çözümleyerek elde edilen davranış özelliklerini incelemiştir. Yapı görelî kat ötelemeleri, eksenel kuvvetler, kat kesme kuvvetleri ve kesme tasarım özelliklerini incelemiştir. Kesme donatısının etkisi incelenirken orijinal perde duvar kalınlıklarından daha az kalınlıklara sahip perde duvarlı bir model baz almıştır. Bu model için Türk Deprem Şartnamesi’ ne DBYBHY 2007’e uygun olarak $R=2$ katsayısı ile azaltılmış deprem yükleri altında perde duvarların kesme tasarımını yapmıştır. Baz alınan tasarım sonucu elde edilen donatı miktarı çeşitli oranlarda değiştirilerek beş farklı model türetmiştir. Bu modeller, perde duvarların eğrilik ve kesme bakımından doğrusal olmayan modelleri oluşturarak doğrusal olmayan çözümler ile incelemiştir. Bu araştırma sonucunda perde duvar kalınlığının artması her zaman olumlu, azalması ise her zaman olumsuz olarak yorumlaya açık olmadığı, perde duvar üzerindeki eksenel kuvvetlerin sınırlandırılmasıyla süneklik şartları sağlanarak, uygun bir rijitlik sağlayacak perde

duvar kalınlığı ile optimum bir çözüm aramanın daha mantıklı olduğuna dikkat çekmiştir.

Özlü (2015), çalışmasında, çerçeve, perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler, kat adetleri: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 50, deprem bölgeleri 1.2.3.ve 4. döşeme sistemleri; plak, dolgu bloklı dişli ve kirişsiz döşeme, hareketli yük yükleme koşulları 2, 3.5 ve 5 kN/m², yerel zemin sınıfları Z1, Z2, Z3 ve Z4, beton sınıfları; C30, C35 ve C40 değerleri kullanılarak farklı kombinasyonlarla yapı modelleri incelendiği görülmektedir. Yapılan analizler sonucu karşılaştırılan sistemlerde çerçeve taşıyıcı sistemin alt katlarda, perde sistemin ise üst katlarda büyük görelî öteleme yaptığı gözlenmiş, perde çerçeve taşıyıcı sistemin ise ardışık katlar arasında yer değiştirme oranının lineere daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Düzensizlikler incelenmiş ve burulma düzensizliğinin çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistem modellerinden daha küçük olduğu ve perde çerçeve sistem modellerinin ise 20'den az katlı karşılaştırılmalarda perdeli taşıyıcı sistemden büyük, 20'den çok katlı karşılaştırılmalarda ise perde sistemden daha küçük olduğu gösterilmiştir.

Yaşoğlu (2015), çalışmasında, üç farklı döşeme tipi; kirişli plak döşeme, dişli döşeme ve kirişsiz döşeme ele alarak 6 ve 12 katlı yapılarla tasarım kombinasyonu oluşturmuştur. 6 katlı yapılar çerçeve taşıyıcı sistem, 12 katlı yapılar ise perde çerçeve taşıyıcı sistem olarak tasarlamış ve performans maliyet ilişkisini kurmuştur. Farklı döşeme türlerinin hem beton ve demir sarfiyatları hesaplanarak gösterilen maliyete olan etkisi hem de üzerine aldığı yükler göz önüne alınarak gösterilen davranışa olan etkisi ele alındığında bu çalışma için en elverişli sistemin kirişli döşeme ile modellenen sistem olduğu söylenebilirken en elverişsiz sistemin ise dişli döşeme ile modellenen sistem olduğu sonucuna varmıştır.

Demirci (2016), çalışmasında, yapı düzensizlikleri üzerinde durmuştur. 5 adet asimetric ve simetric betonarme yapı modelleri tasarlayarak bu modellerde burulma düzensizliğinin oluşmasını sağlamıştır. Kat yükseklikleri aynı olan, simetric ve asimetric olarak yerleştirilen perdelerin oluşturduğu modellerin burulma düzensizliği açısından irdelendiğinde, asimetric olarak tasarlanan yapı modellerinin burulma düzensizliği değerinin, simetric olarak tasarlanan yapı modellerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca sisteme yerleştirilen perdelerin, ağırlık merkezine yakın olması durumunun da burulma düzensizliğinin arttığı görülmüştür.

Ozkul vd (2019), çalışmasında, 2011 Van depremi nedeniyle hasar görmüş iki adet betonarme binayı ele almıştır. Her iki binada da malzeme kaliteleri artırılmış ve perde duvarlar Türk Deprem Yönetmeliği 2007 gerekliliklerine göre tasarlanarak iyileştirilmiştir. Böylece mevcut ve yenilenen binaların hasar dağılımları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, uygun malzeme ve perde duvarların kullanılması, ağır hasarların dahi önüne geçebileceği gösterilmiştir.

Zhang ve Tian (2019), çalışmasında, betonarme yapılar için basitleştirilmiş bir performansa dayalı optimal sismik tasarım yaklaşımı sunulmuştur. Önerilen yaklaşım ile taşıyıcı elemanların eğilme mukavemetinde %30 azalma, kesit alanında %26 azalma ve toplam maliyette %21 azalma olduğu gözlenmiştir.

Bai ve Jin (2020), çalışmasında, sismik yüklemeye karşı geliştirilmiş dirençli betonarme yapıların tasarımı için pratik ve verimli bir optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Yaklaşım, iki prototip çerçevenin sismik tepkisini optimize etmek için uygulanmış ve güçlendirmenin ek malzeme maliyeti arasındaki ilişki kurulmuştur. Önerilen yöntem ile maliyette makul bir artış ile katlar arası ötelenmeyi önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir.

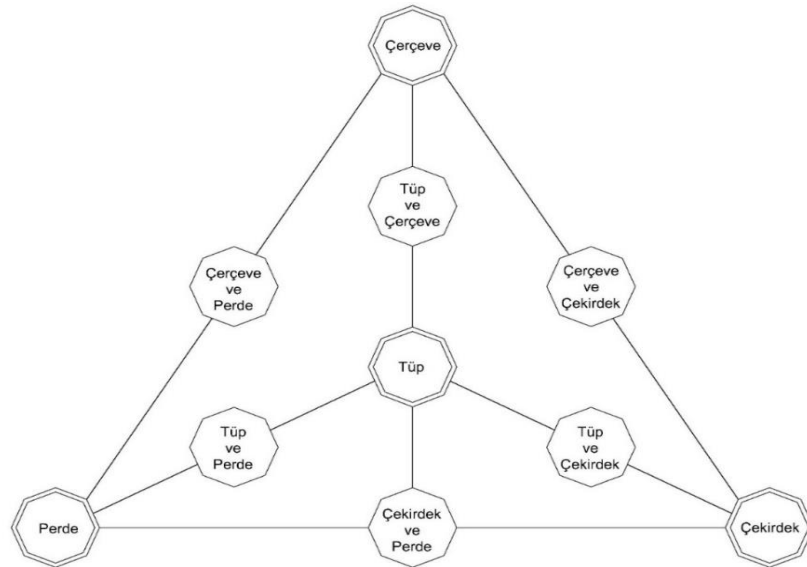
Balkaya vd (2021), çalışmasında, deprem yükleri altında yer değiştirmeye dayalı tasarım yöntemi ile çerçeveli ve perde çerçeveli taşıyıcı sistemlerin dinamik davranışları karşılaştırılmış ve betonarme perde duvarların deprem yükleri altındaki olumlu rolü vurgulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda betonarme perde duvarların yapının iç merkezine yakın ve simetrik yerleştirilen modellerin köşe kenarlara yerleştirilen modellere göre deplasman bazında daha kısıtlayıcı olduğu gösterilmiş, deprem yüklerine dayanıklı yapılar tasarlamak için betonarme perde duvarlarının kullanılması gerekliliği bilgisi aktarılmıştır.

3. TAŞIYICI SİSTEMLER

Bir yapının deprem yükü, rüzgâr yükü gibi dış unsurlara güvenli bir şekilde gerekli direnci gösterebilmesi için, yük aktarma ve taşıma amacıyla yapı taşıyıcı elemanları kullanılarak oluşturulan sistemine taşıyıcı sistem denir. Her taşıyıcı sistemden, başta kendi ağırlığı olmak üzere, yapıya tesir eden yükleri karşılayarak, bu yükleri emniyet içerisinde üzerinde kurulduğu zemine iletmesi beklenir. Yapının, taşıyıcı sisteminin malzemesine göre sınıflandırılmasıyla aldığı ad ise betonarme, ahşap, çelik vb. olabilir. Bu çalışmada, ülkemizde yaygınca kullanılan betonarme taşıyıcı sistemler analiz edilmiştir.

Yapı yüksekliğinin artması düşey yüklerin yanı sıra deprem ve rüzgâr yükü gibi yatay yüklerinde artmasına neden olmaktadır. Böylece süneklik-rijitlik durumuna göre taşıyıcı sistemlerde yatay yer değiştirmeler artabilmektedir. Yatay yer değiştirmeleri belirli sınırlar içerisinde tutabilmek için gerekli rijitlik sağlanmalıdır. Bu da betonarme yapılarda perde duvarlar ile gerçekleştirilir.

Betonarme taşıyıcı sistemler bugüne kadar farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Bunların arasında en çok kabul görenlerden biri de Şekil 3.1.'de gösterilen Drosdov-Lishak tarafından 1978 yılında yapılan, çerçeve, perde, çekirdek, tüp ve bunların birleşmesiyle olan sınıflandırmadır.



Şekil 3.1. Yüksek binaların taşıyıcı sisteminin sınıflandırılması (Drosdov ve Lishak, 1978)

3.1. Taşıyıcı Sistem Türleri

Bu çalışmada ülkemizde en yaygın olarak kullanılan betonarme taşıyıcı sistemler; çerçevesi, perde çerçevesi ve perdeli taşıyıcı sistemler incelenmiştir.

3.1.1. Çerçevesi taşıyıcı sistemler

Düşeyde taşıyıcı elemanları kolonlardan oluşan ve kolonların kirişlerle birleşmesi ile oluşturulan sisteme, çerçevesi taşıyıcı sistem denir. Çerçevesi taşıyıcı sistemler, kendisine tesir eden deprem yükü gibi yatay yükler altında büyük bir enerji tüketme kapasitesine sahiptirler. Çerçevesi taşıyıcı sistemler, yatay yükler altında diğer taşıyıcı sistemlere kıyasla daha fazla miktarda yer değiştirme yapabilirler. Genellikle az katlı konut, ofis, atölye vb. yapılarda tercih edilir.

3.1.2. Perde çerçevesi taşıyıcı sistemler

Düşey taşıyıcıları kolonlar ve perdelerden oluşan ve kolon ve perdelerin kirişlerle birleşmesiyle oluşturulan sisteme, perde çerçevesi taşıyıcı sistem denir. Yapı yüksekliğinin fazla olduğu yapılarda çerçevesi taşıyıcı sistemlerin yatay yer değiştirmesini güvenli sınırlar içerisinde tutabilmek için sistemde yatay rijitliğe ihtiyaç duyulabilir. Taşıyıcı sisteme perdelerin eklenmesi ile bu ihtiyaç giderilebilir. Perdeler, planda uzun kenarı kısa kenarının en az yedi katı olan, rijitlikleri yüksek taşıyıcı elemanlardır. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin hem yapının güvenliğini sağlamak hem de yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önleme bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir (Celep ve Kumbasar, 2004).

3.1.3. Perdeli taşıyıcı sistemler

Düşeyde taşıyıcıları perdelerden oluşan, yüksek katlı yapılarda kat adedinin artmasıyla deprem ve rüzgâr yükü gibi yatay yüklerin oluşturduğu ötelenmeleri sınırlandırması amacıyla kullanılan taşıyıcı sistem türüdür.

4. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ VE PARAMETRELER

Bu bölümde ülkemizde 2007 yılında yayınlanmış olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” e göre tasarlanan modellerin çözüm yöntemleri ve parametreleri incelenmiştir. DBYBHY 2007’nin ana ilkesi; “hafif şiddetli 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 sınırlandırılmasıdır” (DBYBHY, 2007). DBYBHY 2007’e göre yapılara etkiyen deprem yüklerini hesaplamak için; eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Modellerde yaygın olarak kullanılan Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplama yapılmıştır.

4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

DBYBHY 2007’ e göre eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem yükünün hesaplanacağı binalar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Sınırı	Yükseklik
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m	
	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m	
1, 2			
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m	

4.2. Mod Birleştirme Yöntemi

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

4.2.1. İvme spektrumu

Herhangi bir n’inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı aşağıdaki denklem ile belirlenir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (4.1)$$

4.2.2. Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultuda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dış merkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun +%5'i ve-%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.

4.2.3. Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı

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 kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması Denklem 4.2, 4.3'de gösterilen kurala göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.2)$$

$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.3)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n 'in ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için Denklem 4.4, Denklem 4.5'de verilmiştir.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} ; L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (4.4)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_\theta \Phi_{\theta in}^2) \quad (4.5)$$

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 istatıksel olarak birleşmesi için aşağıdaki kurallar uygulanmaktadır.

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (CQC) uygulanır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranı bütün titreşim modları için %5 olarak alınmaktadır.

4.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bu yöntemde, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılmaktadır. Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden kısa olmaması, üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyodunda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} 'den küçük olmaması ve yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az alınmamasına dikkat edilmelidir.

4.4. Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Etkin yer ivmesi katsayısı Tablo 4.2.'de verilmiştir. Modeller 1.derece deprem bölgesinde tasarlandığı için $A_0 = 0.40$ alınmıştır.

Tablo 4.2. Etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

4.5. Spektrum Katsayısı

Spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem 4.5, Denklem 4.6, Denklem 4.7'ye bağlı olarak hesaplanmaktadır. Spektrum katsayısı – Periyot grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.6)$$

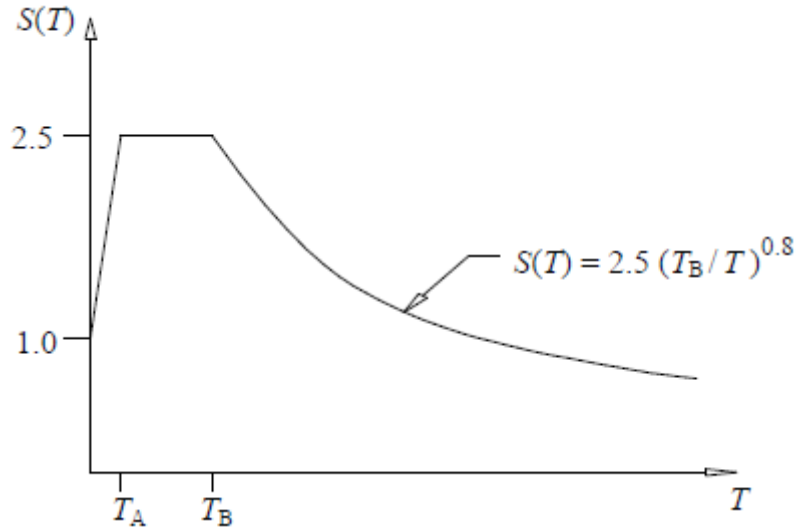
$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4.7)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B \leq T) \quad (4.8)$$

Tablo 4.3. Spektrum karakteristik periyotları

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

Bu çalışmada oluşturulan modeller, Z3'e göre $T_A=0.15\text{sn}$, $T_B=0.60\text{sn}$ zemin periyodu ile tasarlanmıştır.



Şekil 4.1. Spektrum katsayısı-Periyot grafiği

4.6. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

DBYBHY 2007'de taşıyıcı sistem davranış katsayısı, yapının süneklik düzeyine, taşıyıcı sistem türüne ve perde taban kesme kuvveti oranına göre hesaplanmaktadır. Tablo 4.4'te taşıyıcı sistem davranış katsayıları verilmiştir.

Tablo 4.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayıları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Süneklik Normal Sistemler	Düzei Düzei	Süneklik Yüksek Sistemler	Düzei Düzei
1.Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4		8	
2.Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4		7	
3.Deprem yüklerinin tamamen boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4		6	
4.Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4		7	

Deprem yüklerinin süneklik düzei yüksek boşluksuz betonarme perdeler ile taşındığı yapılarda $R=6$ alınabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmaması gerekmektedir ($\alpha_s \leq 0.75$). Bu koşulun sağlanmaması durumunda, $0.75 < \alpha_s < 1.0$ aralığında kullanılacak R katsayısı, Denklem 4.8'de ki gibi hesaplanmalıdır.

$$R = 10 - 4\alpha_s \quad (4.9)$$

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem katsayısı R , normal ve yüksek sünek olarak alınmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısının taşıyıcı sistem türüne göre etkisini daha doğru kıyaslayabilmek normal sünek modellerde $R=4$, yüksek sünek modellerde, çerçeveli taşıyıcı sistem için $R= 6.01$, perdeli çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemlerde $R=6$ alınmıştır.

4.7. Bina Önem Katsayısı

DBYBHY 2007'e göre bina önem katsayıları Tablo 4.5'te verilmiştir. Bu çalışmada modellerin konut olarak önerildiği için bina önem katsayısı $I=1.0$ olarak alınmıştır.

Tablo 4.5. Bina önem katsayısı

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1.Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	1.5
a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)	
b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	

2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar 1.4

a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.

3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar 1.2

Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.

4. Diğer binalar 1.0

Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.

4.8. Hareketli Yük Katılım Katsayısı

DBYBHY 2007'e göre hareketli yük katılım katsayısı Tablo 4.6'da verilmiştir. Yapı modelleri konut olarak varsayıldığı için hareketli yük katılım katsayısı $n=0.30$ olarak alınmıştır.

Tablo 4.6. Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

4.9. Hareketli Yükler

Hareketli yük, zati yüklerin dışındaki, insan, mobilya, yük taşımayan hafif bölme duvarları, depolama malzemesi, makina, araç, gereç, vinç, rüzgâr, kar gibi yüklerdir. Yapı modellerinin tamamında hareketli yükler 2 kN/m^2 olarak alınmıştır.

5. SAYISAL ÇÖZÜMLEME

Modeller 4 er metre aks aralığı olan, $12 \times 12 = 144 \text{m}^2$, $24 \times 24 = 576 \text{m}^2$, $36 \times 36 = 1296 \text{m}^2$ şeklinde farklı taban alanlarına sahip, kat yükseklikleri 3 metre olacak şekilde ve her model tipi için normal sünek ve yüksek sünek olarak çözümlenmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), bütün taşıyıcı sistem modellerinde, normal sünek davranış için $R=4$ alınırken, yüksek sünek davranış için, çerçeveli taşıyıcı sistem modellerinde, $R=6.01$, perde çerçeveli ve perdeli taşıyıcı sistem modellerinde ise $R=6$ olarak alınmıştır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısındaki değişimin, taşıyıcı sistem türüne etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için sistem modelleri eşit deprem yüküne maruz bırakılmalıdır. Ancak çerçeveli taşıyıcı sistemlerin yüksek sünek davranışı için R katsayısının 6'dan büyük olması gerektiğinden, alınabilecek minimum değer olarak $R=6.01$ kullanılmıştır. Farklı taşıyıcı sistemlerin kıyaslarını yaparken daha doğru bir sonuca varabilmek için, yapı sabit ve hareketli yükleri, deprem bölgeleri, zemin spektrum periyotları, zemin yatak modülü, zemin emniyet gerilmesi, beton sınıfı ve çelik özellikleri her modelde sabit tutulmuştur. Modeller konut için önerilmiş olup, 1.derece deprem bölgesinde ve C30 beton sınıfı kullanılarak oluşturulmuştur. Analiz için Sta4CAD V14 programı kullanılmıştır. Modellerin değişken ve sabit değerleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Modellerin değişken ve sabit değerleri

	Taşıyıcı Sistem Türü		
	Çerçeveli Taşıyıcı Sistem	Perde Çerçeveli Taşıyıcı Sistem	Perdeli Taşıyıcı Sistem
Kat Adeti	4	4	4
	8	8	8
	12	12	12
	16	16	16
	20	20	20
Kat Yükseklikleri, h=3m			
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	4	4	4
	6.01	6	6
Yapı Taban Alanı	$12^m \times 12^m$	$12^m \times 12^m$	$12^m \times 12^m$
	$24^m \times 24^m$	$24^m \times 24^m$	$24^m \times 24^m$
	$36^m \times 36^m$	$36^m \times 36^m$	$36^m \times 36^m$

Yapı önem Katsayısı (I)	1	1	1
Deprem Bölgesi	1 ⁰	1 ⁰	1 ⁰
Zemin Spektrum Periyodu	T _a : 0,15/ T _b : 0,60	T _a : 0,15/ T _b : 0,60	T _a : 0,15/ T _b : 0,60
Zemin Yatak Modülü	kil/ser: 2000 t/m ³	kil/ser: 2000 t/m ³	kil/ser: 2000 t/m ³
Zemin Emniyet Gerilmesi	kil/ser: 30 t/m ²	kil/ser: 30 t/m ²	kil/ser: 30 t/m ²
Beton Sınıfı	C30	C30	C30
Çelik	f _{yk} : 4200 kg/cm ²	f _{yk} : 4200 kg/cm ²	f _{yk} : 4200 kg/cm ²

Tablo 5.2. Çerçevesel taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları

Çerçevesel Taşıyıcı Sistem Kodu	Modele Ait Parametreler	Kolon Kesitleri	Kiriş Kesitleri
CN1	4 Kat, R=4, A=12x12	50x50	30x60
CN2	4 Kat, R=4, A=24x24	50x50	30x60
CN3	4 Kat, R=4, A=36x36	50x50	30x60
CS1	4 Kat, R=6.01, A=12x12	50x50	30x60
CS2	4 Kat, R=6.01, A=24x24	50x50	30x60
CS3	4 Kat, R=6.01, A=36x36	50x50	30x60
CN4	8 Kat, R=4, A=12x12	50x50	30x60
CN5	8 Kat, R=4, A=24x24	50x50	30x60
CN6	8 Kat, R=4, A=36x36	50x50	30x60
CS4	8 Kat, R=6.01, A=12x12	50x50	30x60
CS5	8 Kat, R=6.01, A=24x24	50x50	30x60
CS6	8 Kat, R=6.01, A=36x36	50x50	30x60
CS7	12 Kat, R=6.01, A=12x12	60x60	30x60
CS8	12 Kat, R=6.01, A=24x24	60x60	30x60
CS9	12 Kat, R=6.01, A=36x36	60x60	30x60
CS10	16 Kat, R=6.01, A=12x12	65x65	30x60
CS11	16 Kat, R=6.01, A=24x24	65x65	30x60

CS12	16 Kat, R=6.01, A=36x36	65x65	30x60
CS13	20 Kat, R=6.01, A=12x12	75x75	30x60
CS14	20 Kat, R=6.01, A=24x24	75x75	30x60
CS15	20 Kat, R=6.01, A=36x36	75x75	30x60

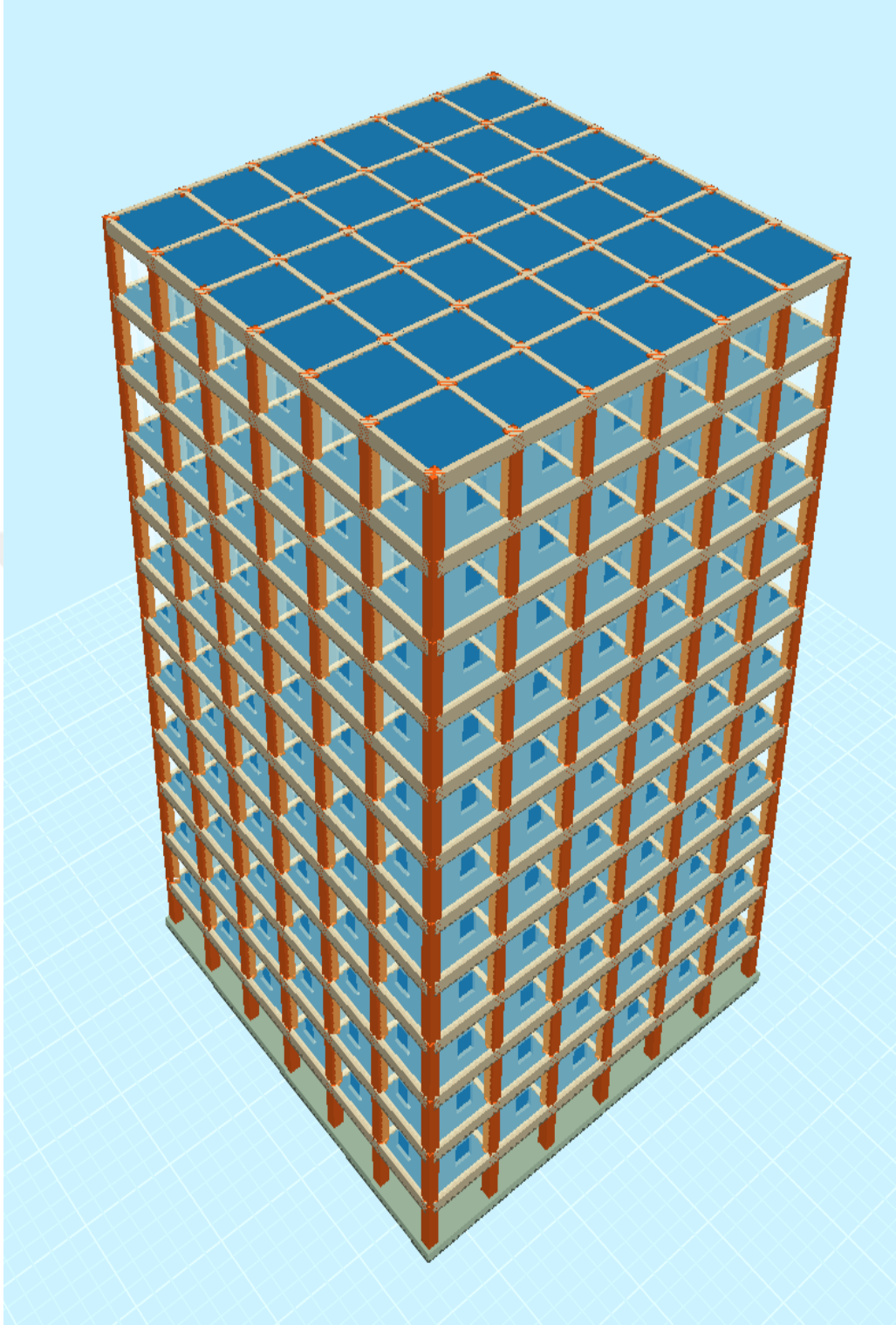
Tablo 5.3. Perde çerçevesli taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları

Perde Çerçevesli Taşıyıcı Sistem Kodu	Modele Ait Parametreler	Kolon Kesitleri	Perde Kesitleri	Kiriş Kesitleri
PCN1	4 Kat, R=4, A=12x12	50x50	30x210	30x60
PCN2	4 Kat, R=4, A=24x24	50x50	30x210	30x60
PCN3	4 Kat, R=4, A=36x36	50x50	30x210	30x60
PCS1	4 Kat, R=6, A=12x12	50x50	30x210	30x60
PCS2	4 Kat, R=6, A=24x24	50x50	30x210	30x60
PCS3	4 Kat, R=6, A=36x36	50x50	30x210	30x60
PCN4	8 Kat, R=4, A=12x12	50x50	30x210	30x60
PCN5	8 Kat, R=4, A=24x24	50x50	30x210	30x60
PCN6	8 Kat, R=4, A=36x36	50x50	30x210	30x60
PCS4	8 Kat, R=6, A=12x12	50x50	30x210	30x60
PCS5	8 Kat, R=6, A=24x24	50x50	30x210	30x60
PCS6	8 Kat, R=6, A=36x36	50x50	30x210	30x60
PCN7	12 Kat, R=4 A=12x12	60x60	30x210	30x60
PCN8	12 Kat, R=4, A=24x24	60x60	30x210	30x60
PCN9	12 Kat, R=4, A=36x36	60x60	30x210	30x60
PCS7	12 Kat, R=6, A=12x12	60x60	30x210	30x60
PCS8	12 Kat, R=6, A=24x24	60x60	30x210	30x60
PCS9	12 Kat, R=6, A=36x36	60x60	30x210	30x60
PCN10	16 Kat, R=4, A=12x12	65x65	30x210	30x60
PCN11	16 Kat, R=4, A=24x24	65x65	30x210	30x60
PCN12	16 Kat, R=4, A=36x36	65x65	30x210	30x60
PCS10	16 Kat, R=6, A=12x12	65x65	30x210	30x60
PCS11	16 Kat, R=6, A=24x24	65x65	30x210	30x60
PCS12	16 Kat, R=6, A=36x36	65x65	30x210	30x60
PCN13	20 Kat, R=4, A=12x12	75x75	30x210	30x60

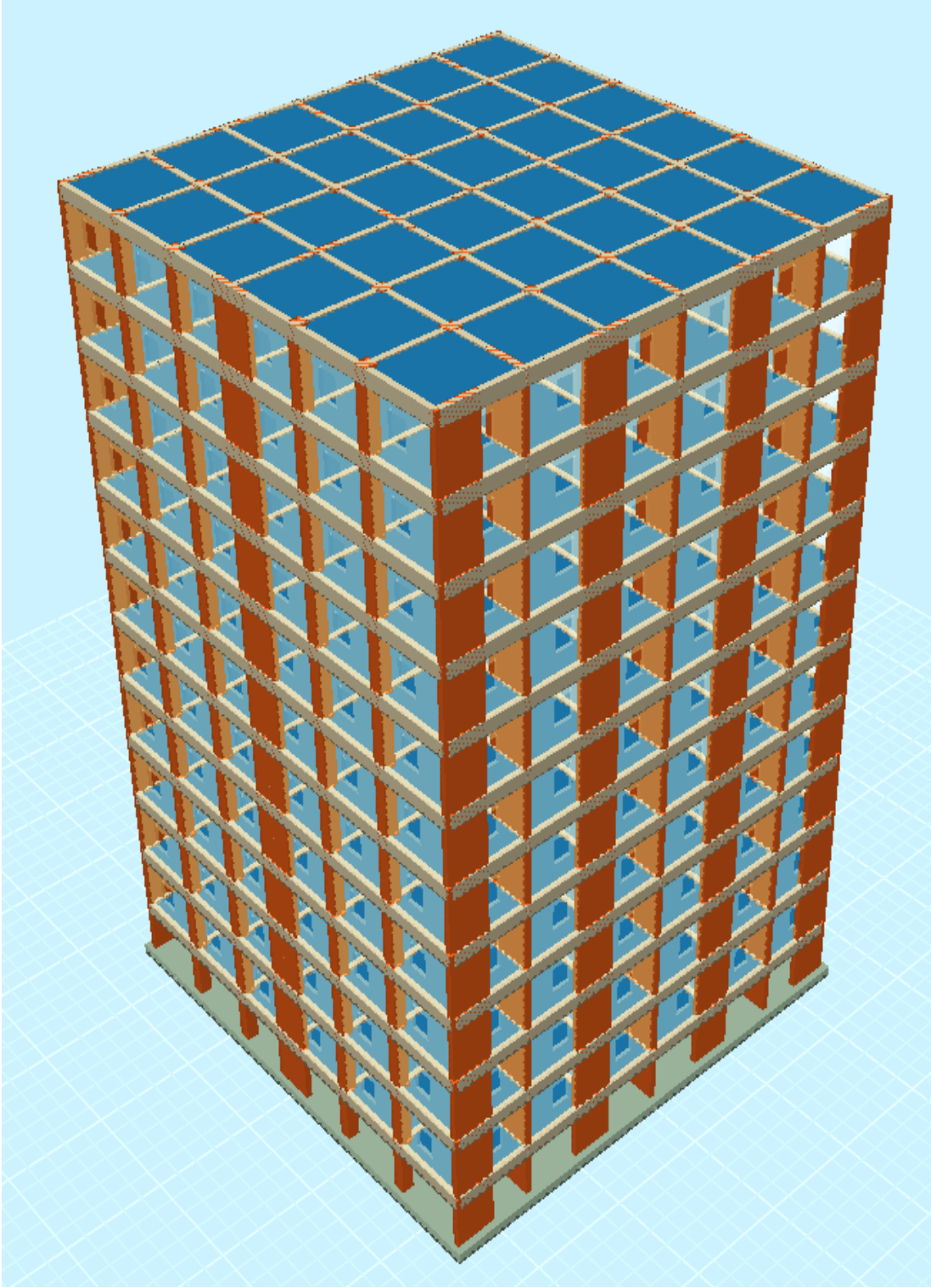
PCN14	20 Kat, R=4, A=24x24	75x75	30x210	30x60
PCN15	20 Kat, R=4, A=36x36	75x75	30x210	30x60
PCS13	20 Kat, R=6, A=12x12	75x75	30x210	30x60
PCS14	20 Kat, R=6, A=24x24	75x75	30x210	30x60
PCS15	20 Kat, R=6, A=36x36	75x75	30x210	30x60

Tablo 5.4. Perdeli taşıyıcı sistem modellerin isim kodlandırması ve taşıyıcı sistem eleman boyutları

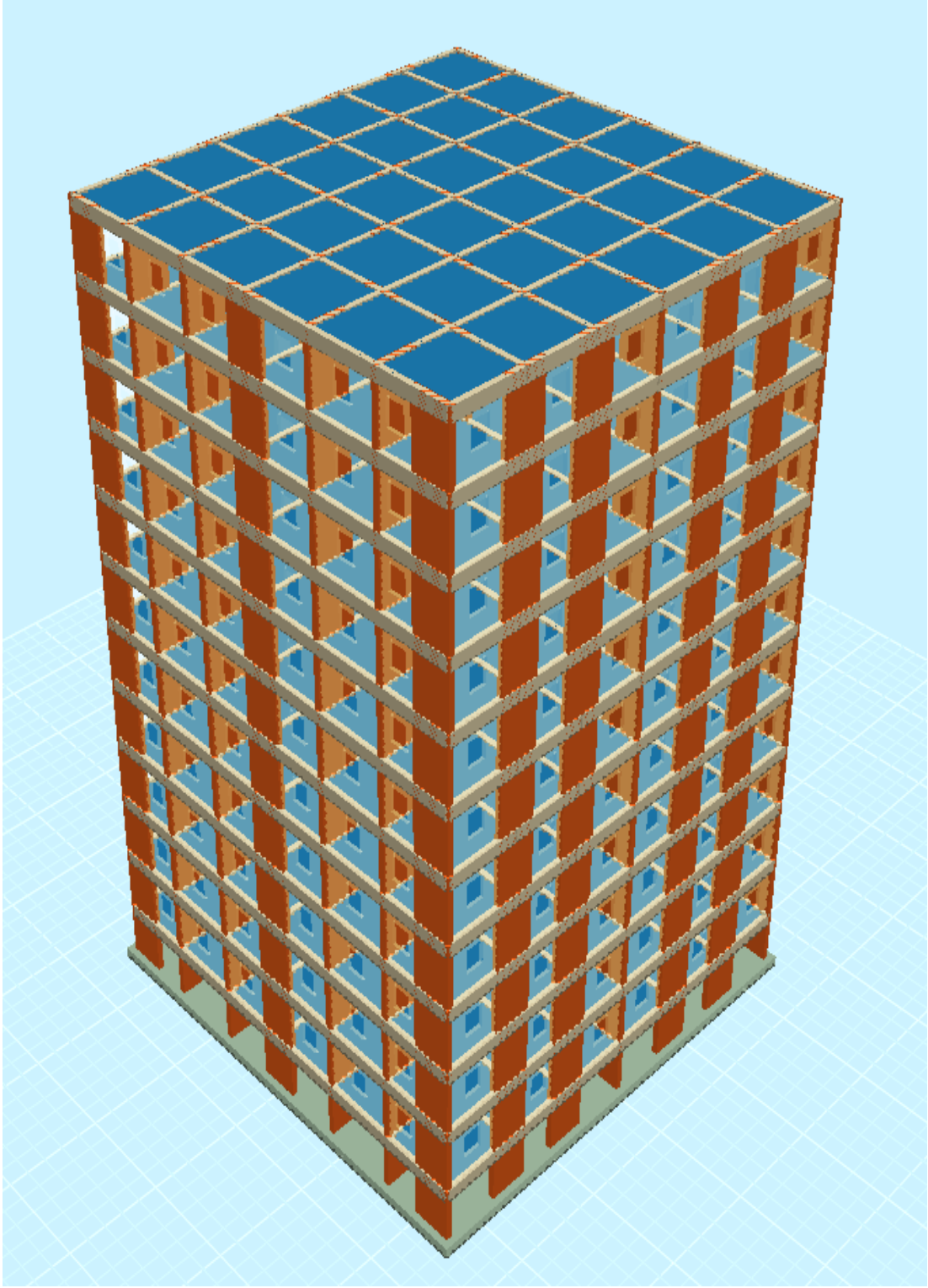
Perdeli Taşıyıcı Sistem Kodu	Modele Ait Parametreler	Perde Kesitleri	Kiriş Kesitleri
PN1	4 Kat, R=4, A=12x12	30x210	30x60
PN2	4 Kat, R=4, A=24x24	30x210	30x60
PN3	4 Kat, R=4, A=36x36	30x210	30x60
PS1	4 Kat, R=6, A=12x12	30x210	30x60
PS2	4 Kat, R=6, A=24x24	30x210	30x60
PS3	4 Kat, R=6, A=36x36	30x210	30x60
PN4	8 Kat, R=4, A=12x12	30x210	30x60
PN5	8 Kat, R=4, A=24x24	30x210	30x60
PN6	8 Kat, R=4, A=36x36	30x210	30x60
PS4	8 Kat, R=6, A=12x12	30x210	30x60
PS5	8 Kat, R=6, A=24x24	30x210	30x60
PS6	8 Kat, R=6, A=36x36	30x210	30x60
PN7	12 Kat, R=4 A=12x12	30x210	30x60
PN8	12 Kat, R=4, A=24x24	30x210	30x60
PN9	12 Kat, R=4, A=36x36	30x210	30x60
PS7	12 Kat, R=6, A=12x12	30x210	30x60
PS8	12 Kat, R=6, A=24x24	30x210	30x60
PS9	12 Kat, R=6, A=36x36	30x210	30x60
PN10	16 Kat, R=4, A=12x12	30x210	30x60
PN11	16 Kat, R=4, A=24x24	30x210	30x60
PN12	16 Kat, R=4, A=36x36	30x210	30x60
PS10	16 Kat, R=6, A=12x12	30x210	30x60
PS11	16 Kat, R=6, A=24x24	30x210	30x60
PS12	16 Kat, R=6, A=36x36	30x210	30x60
PN13	20 Kat, R=4, A=12x12	30x210	30x60
PN14	20 Kat, R=4, A=24x24	30x210	30x60
PN15	20 Kat, R=4, A=36x36	30x210	30x60
PS13	20 Kat, R=6, A=12x12	30x210	30x60
PS14	20 Kat, R=6, A=24x24	30x210	30x60
PS15	20 Kat, R=6, A=36x36	30x210	30x60



Şekil 5.1. STA4CAD ile modellenen çerçeve sistem örneği (CS15)



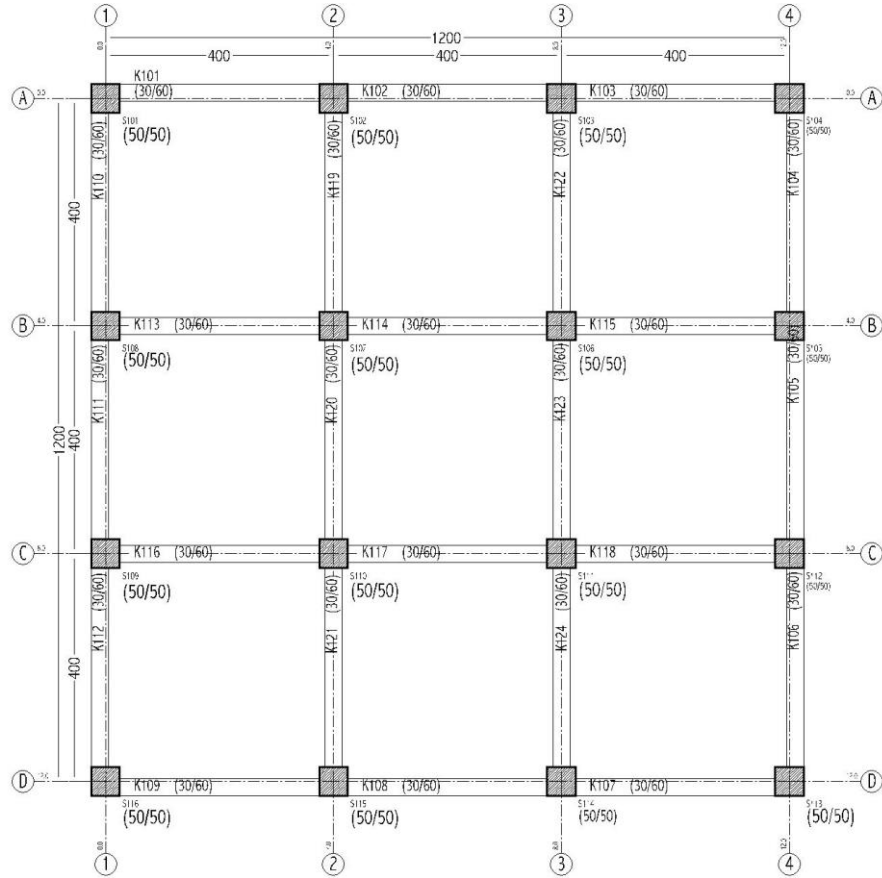
Şekil 5.2. STA4CAD ile modellenen perdeli çerçeve sistem örneği (PCS15)



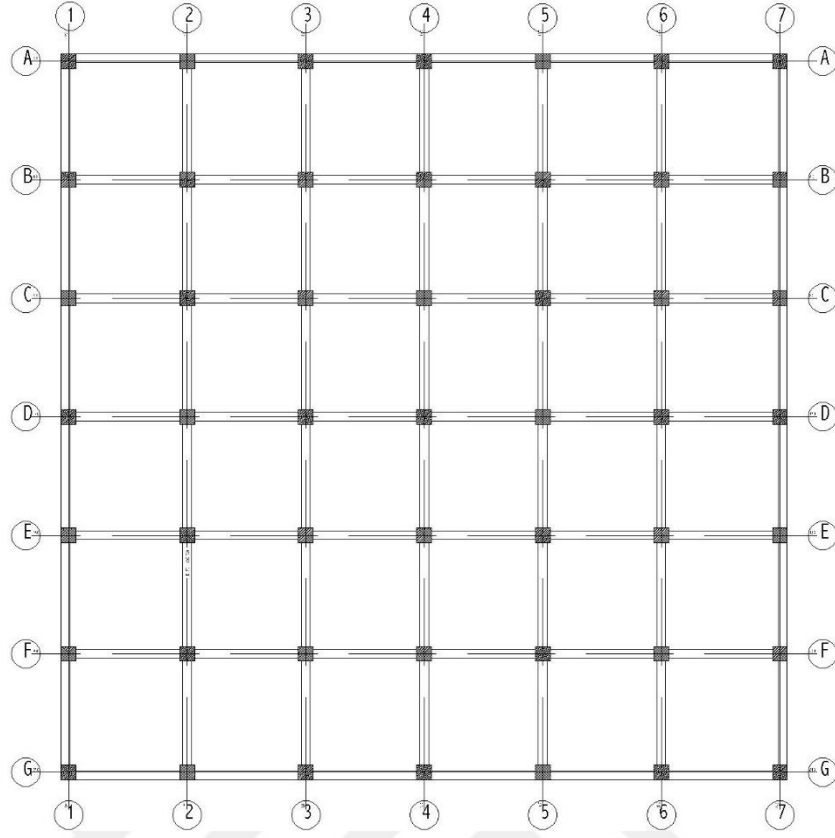
Şekil 5.3. STA4CAD ile modellenen perde sistem örneği (PS15)

5.1. Çerçevesi Taşıyıcı Sistem Model Tipleri

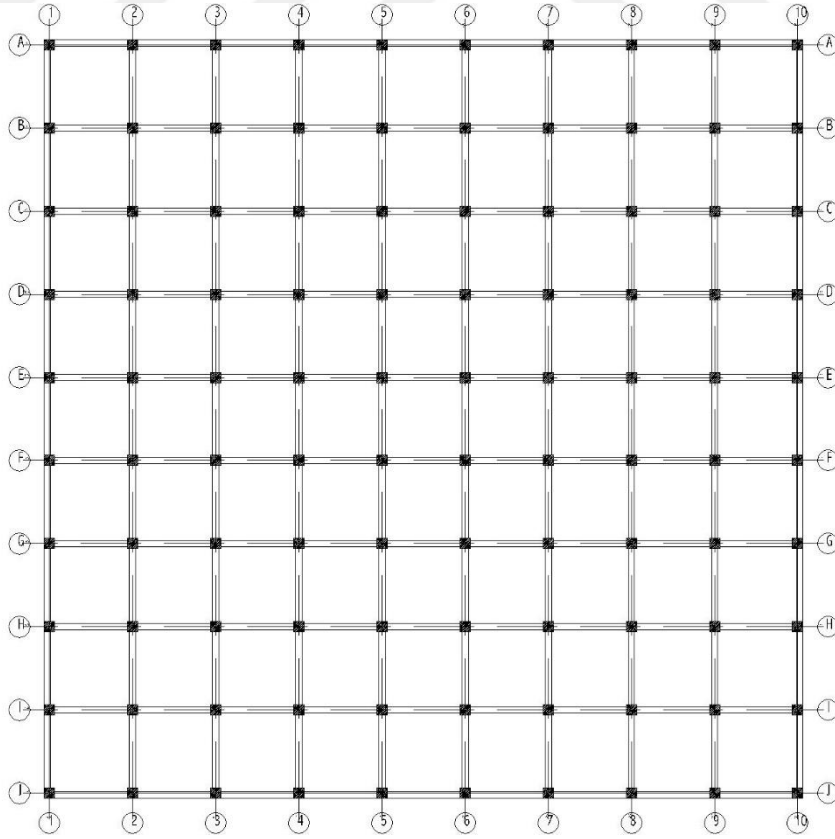
Sayısal modelleme perspektif örneği Tablo 5.1’de, taşıyıcı sistem kesit ebatları ve modele ait parametreleri Tablo 5.2’de verilmiş olan dört metre aks açıklıklı ve kare kolonlardan oluşan çerçevesi taşıyıcı sistem modelleri, farklı taban alanlarıyla çözülmüştür. Şekil 5.4’te $12^m \times 12^m$ taban alanlı çerçevesi taşıyıcı sistem modelin kalıp planı verilmiştir. $12^m \times 12^m$ taban alanlı sisteme, her iki yönde 4 metre aks aralıklarıyla 3’er aks eklenerek $24^m \times 24^m$ taban alanlı modeller, 6’şar aks eklenerek de $36^m \times 36^m$ taban alanlı modeller elde edilmiştir. Şekil 5.5’de $24^m \times 24^m$ taban alanlı çerçevesi taşıyıcı sistem, Şekil 5.6’da $36^m \times 36^m$ taban alanlı çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planları gösterilmiştir.



Şekil 5.4. $12^m \times 12^m$ taban alanlı çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planı



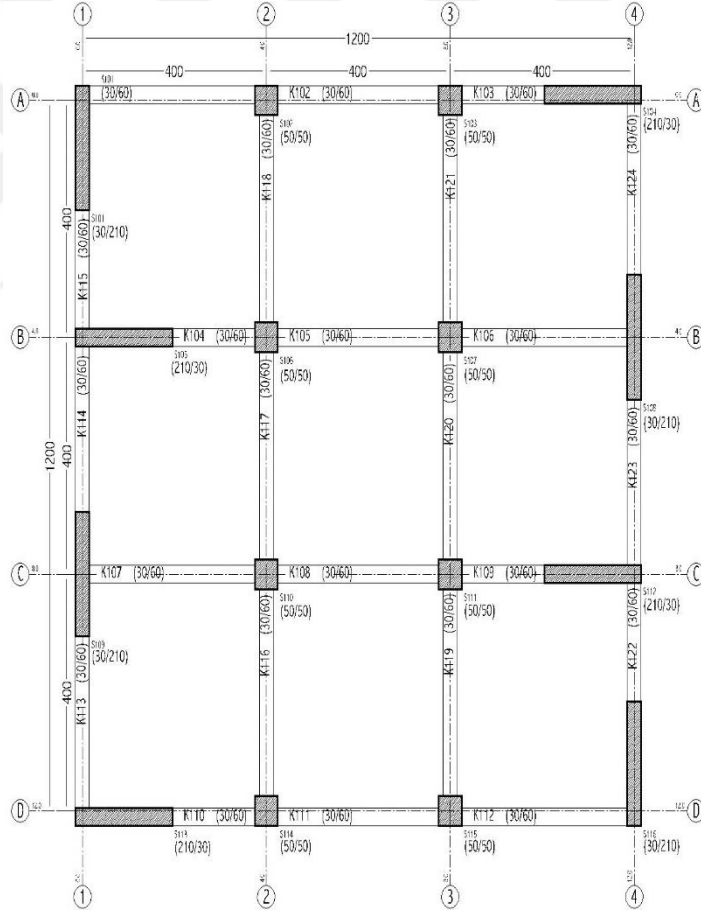
Şekil 5.5. 24^mx24^m taban alanlı çerçevesli taşıyıcı sistem kalıp planı



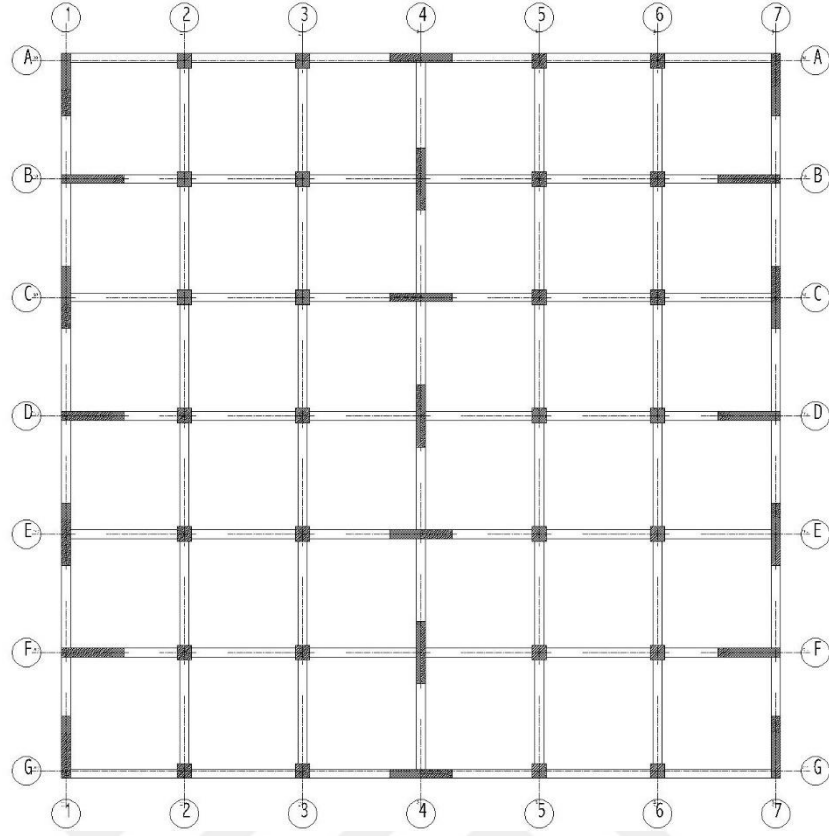
Şekil 5.6. 36^mx36^m taban alanlı çerçevesli taşıyıcı sistem kalıp planı

5.2. Perde Çerçevesi Taşıyıcı Sistem Model Tipleri

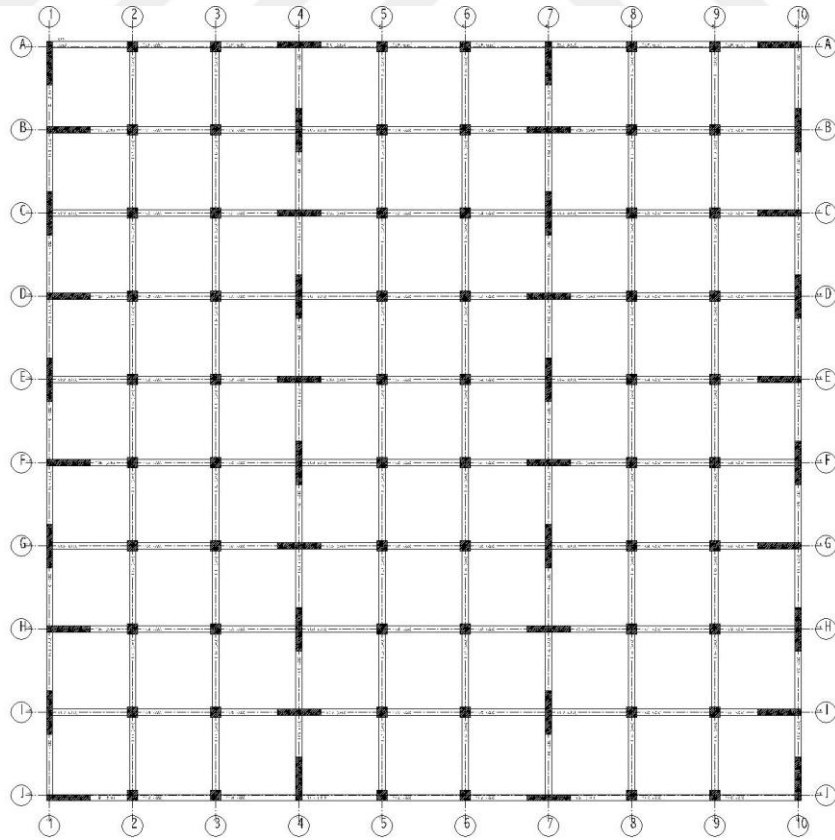
Çerçevesi taşıyıcı sistem modeline perdeler eklenerek perde çerçevesi taşıyıcı sistemler oluşturulmuştur. Tasarlanan sistem modelleri planda simetriktir. Perdelerin dağılımının her iki yönde eşit olmasına dikkat edilmiştir. Dolayısıyla modellerin kütle merkezi ve rijitlik merkezlerinin yapının orta noktasında denk geldiği görülmüştür. Tablo 5.1’de sayısal modelleme perspektif örneği, taşıyıcı sistem kesit ebatları ve modele ait parametreleri Tablo 5.3’de gösterilen perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin $12^m \times 12^m$ taban alanlı kalıp planı Şekil 5.5’de verilmiştir. $12^m \times 12^m$ taban alanlı sisteme, her iki yönde 4 metre aks aralıklarıyla 3’er aks eklenerek $24^m \times 24^m$ taban alanlı modeller, 6’şar aks eklenerek de $36^m \times 36^m$ taban alanlı modeller elde edilmiştir. Şekil 5.8’de $24^m \times 24^m$ taban alanlı perde çerçevesi taşıyıcı sistem, Şekil 5.9’da $36^m \times 36^m$ taban alanlı perde çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planları gösterilmiştir.



Şekil 5.7. $12^m \times 12^m$ taban alanlı perde çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planı



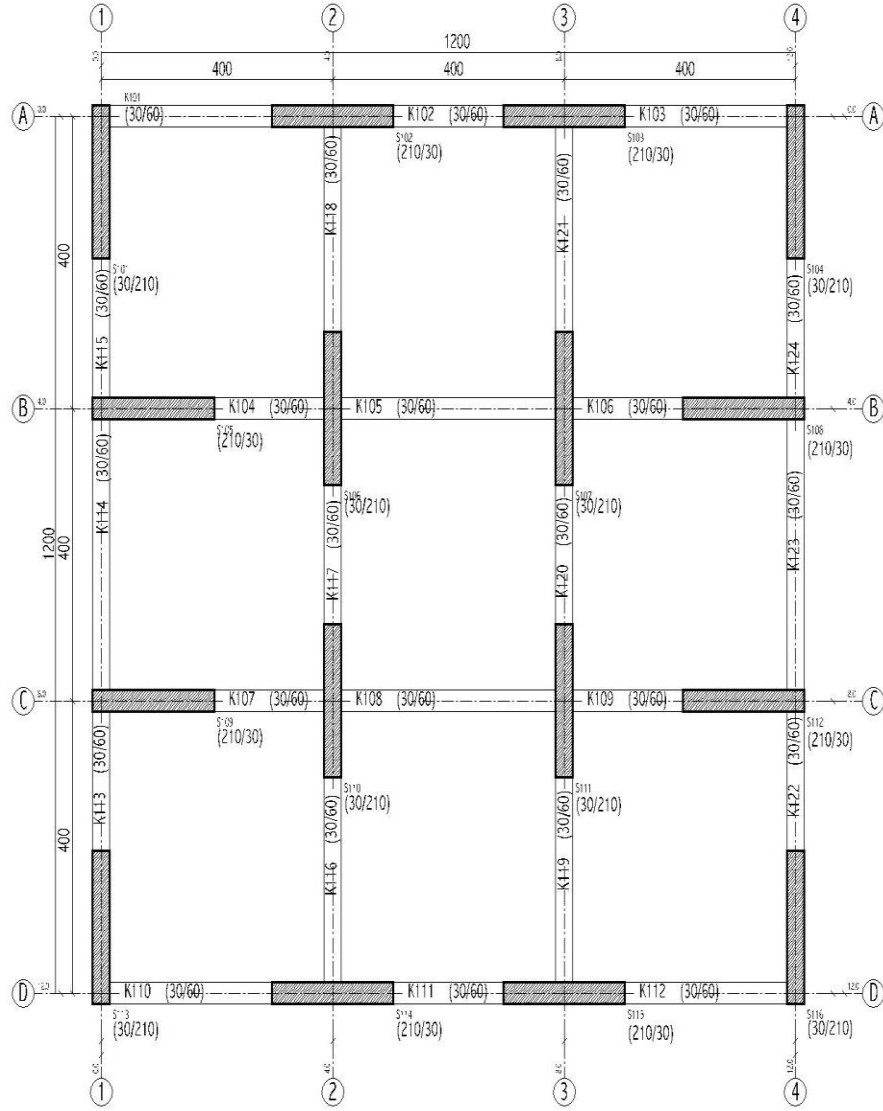
Şekil 5.8. 24^mx24^m taban alanlı perde çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planı



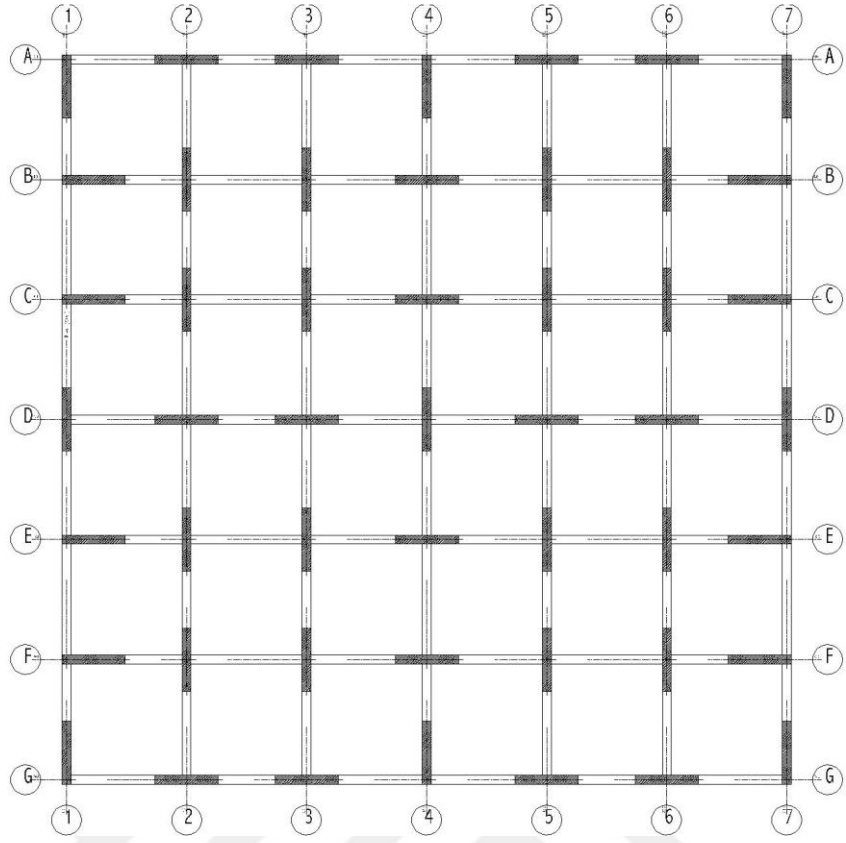
Şekil 5.9. 36^mx36^m taban alanlı perde çerçevesi taşıyıcı sistem kalıp planı

5.3. Perdeli Taşıyıcı Sistem Model Tipleri

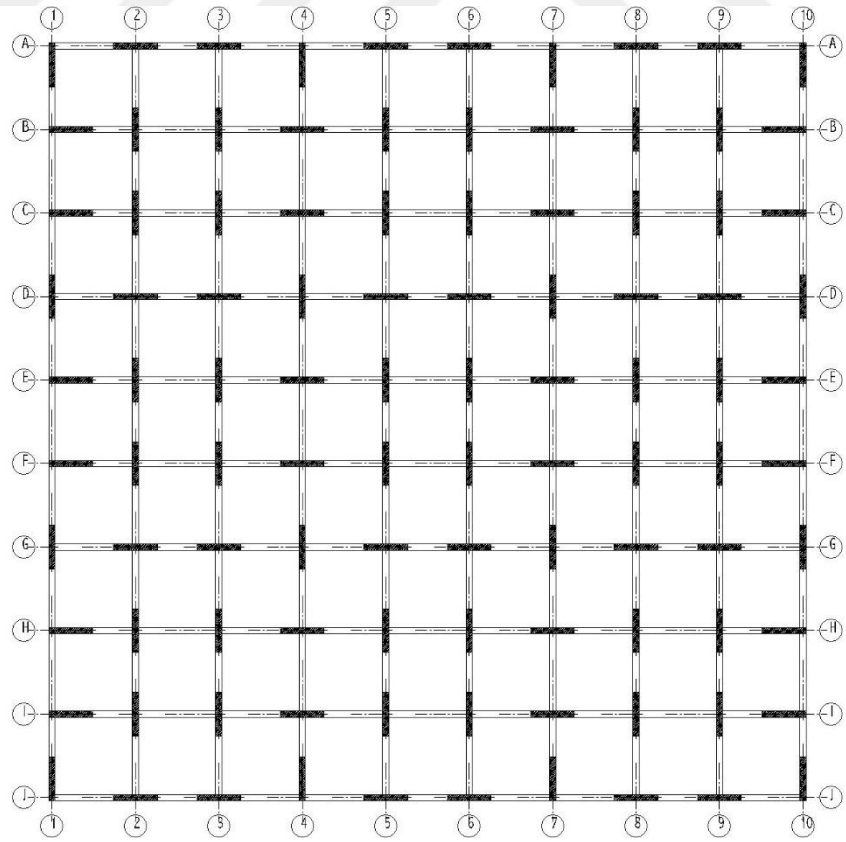
Sayısal modelleme perspektif örneği Tablo 5.1’de, taşıyıcı sistem kesit ebatları ve modele ait parametreleri Tablo 5.4’te verilmiş olan, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşmuş olan sistemin kalıp planları Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.10. 12^mx12^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı



Şekil 5.11. 24^mx24^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı



Şekil 5.12. 36^mx36^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem kalıp planı

5.4. Döşeme Sistemi

Tüm yapı modellerinde plak döşeme kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 12 cm olarak sabit tutulmuş ve sabit yük olarak fayans kaplama $G= 0.17 \text{ t/m}^2$, hareketli yük $P= 0.2 \text{ t/m}^2$ olarak alınmıştır.



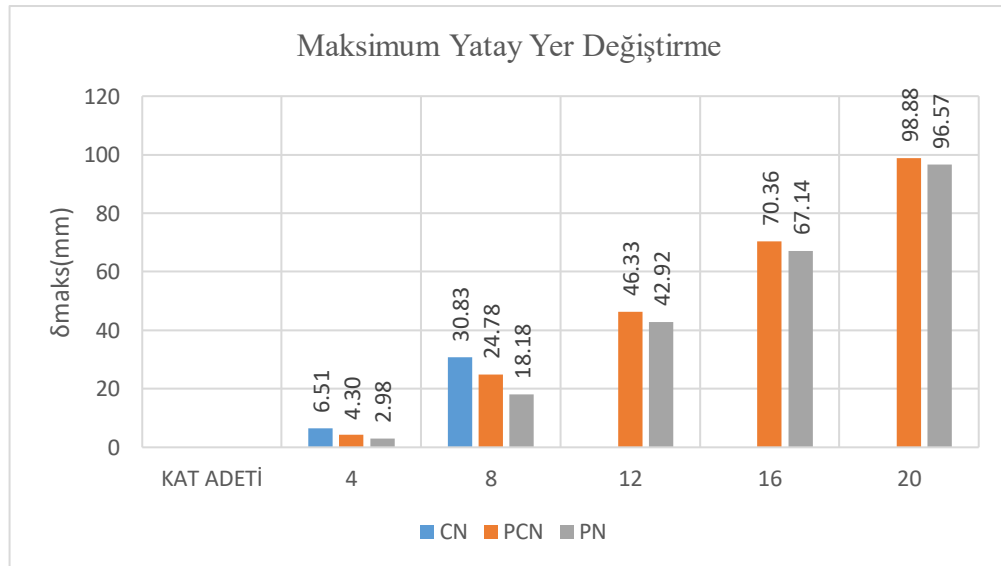
6. YAPI DAVRANIŞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, Bölüm 5’te sayısal modelleri verilen yapılar, yaptıkları maksimum yatay yer değiştirmeler ve sistem periyodu bakımından karşılaştırılmış ve elde edilen grafikler sunulmuştur. Farklı yapılar; taşıyıcı sistem, kat adedi, taban alanı, yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı değiştirilmek suretiyle yapılmıştır. Yapıların aks aralıklarının sabit olması ve planda simetrik olmasından dolayı yapılan karşılaştırmalarda planda her iki doğrultuda yatay yer değiştirmeler eşit olduğu görülmüştür. Bu nedenle tek yönde karşılaştırma yapılmıştır.

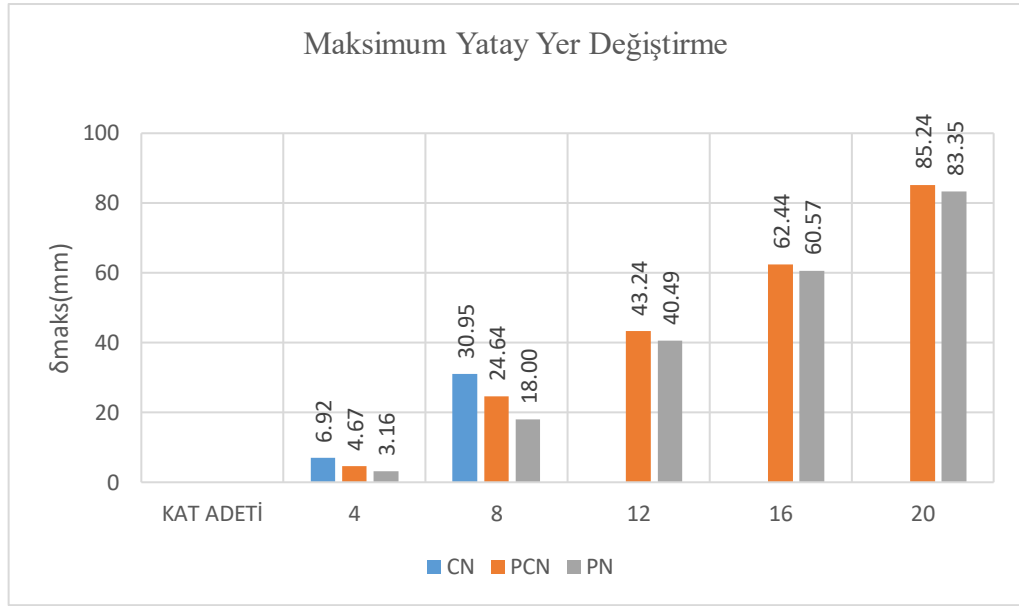
Çerçeve taşıyıcı sistemler Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’nin 2.5.1.4(b) maddesinde belirtildiği üzere taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme ve çelik binalar, $H_N \leq 25$ m olmak koşulu ile yapılabilmesinden dolayı, normal sünek çerçeve taşıyıcı sistemler karşılaştırmaya 4 ve 8 katlı modeller için eklenmiştir.

6.1. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Maksimum Yatay Yer Değiştirmeler

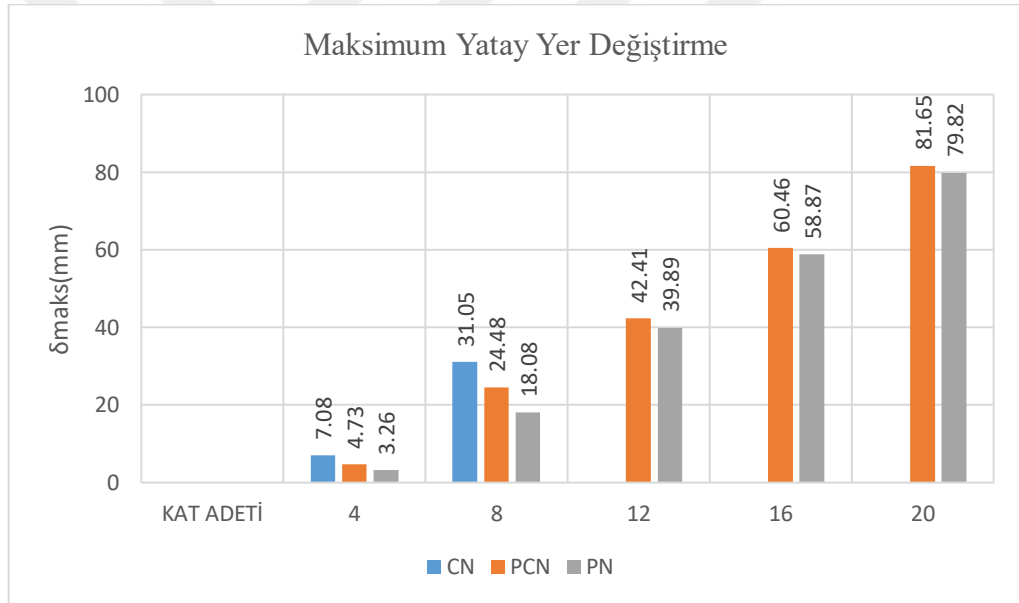
Modellerin taşıyıcı sistem türüne göre maksimum yatay yer değiştirmeleri Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 ’da verilmiştir. Maksimum yatay yer değiştirmeler, yapıların tepe noktalarında oluşmuştur.



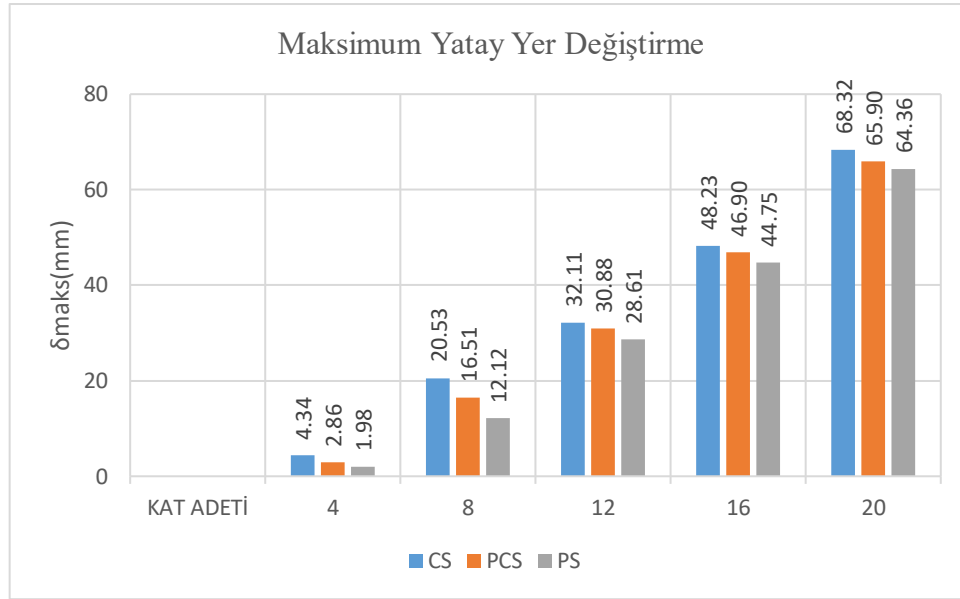
Şekil 6.1. 12m×12m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme



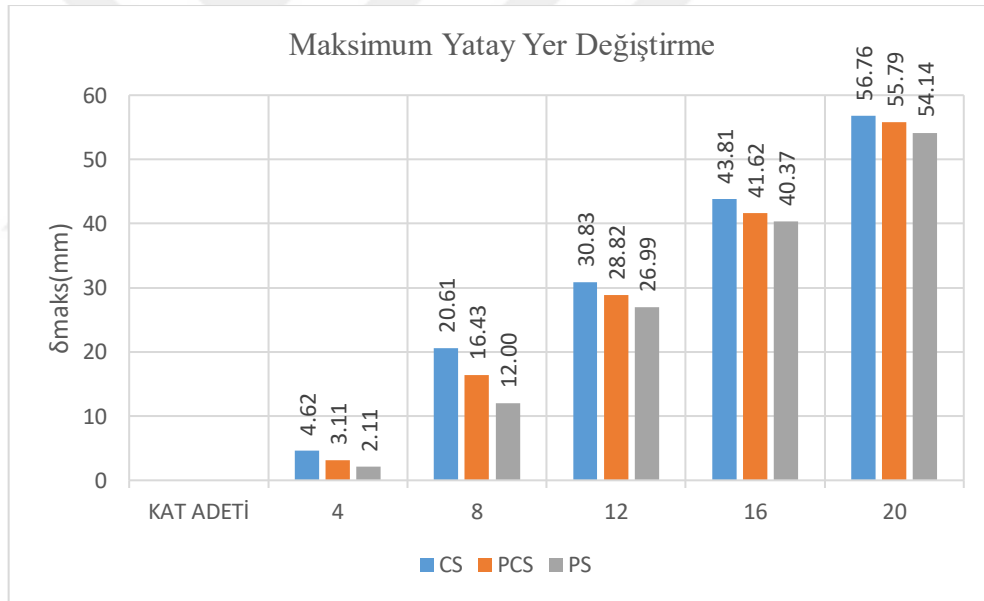
Şekil 6.2. 24^mx24^m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme



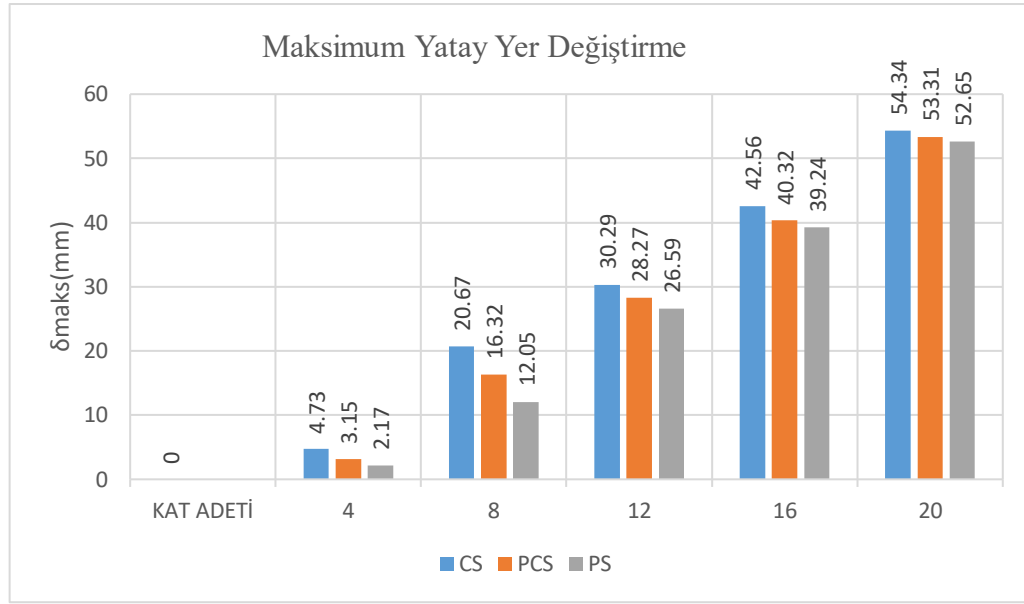
Şekil 6.3. 36^mx36^m taban alanlı normal sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme



Şekil 6.4. 12^mx12^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme



Şekil 6.5. 24^mx24^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme

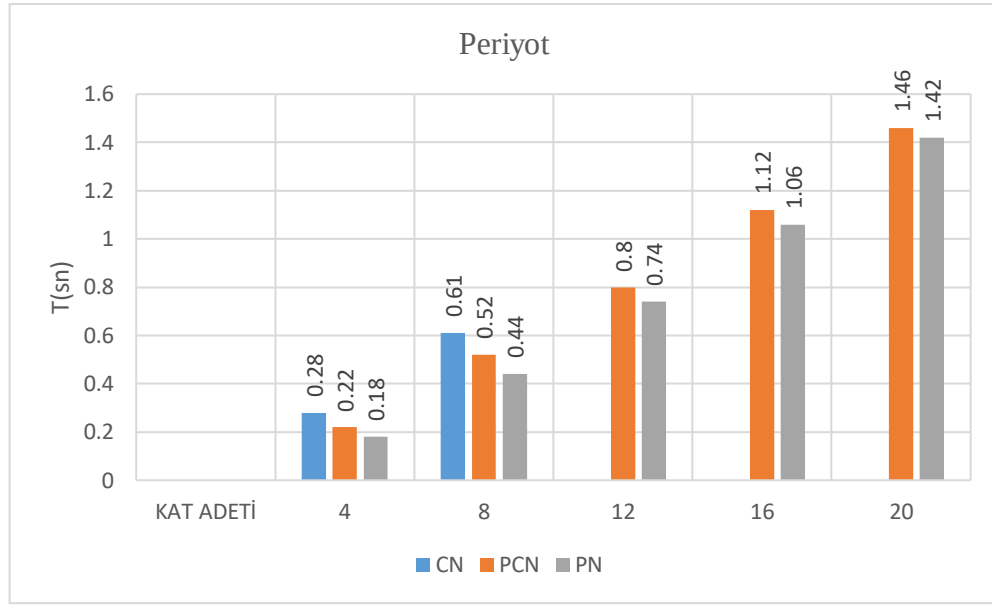


Şekil 6.6. 36^mx36^m taban alanlı yüksek sünek yapılar için maksimum yatay yer değiştirme

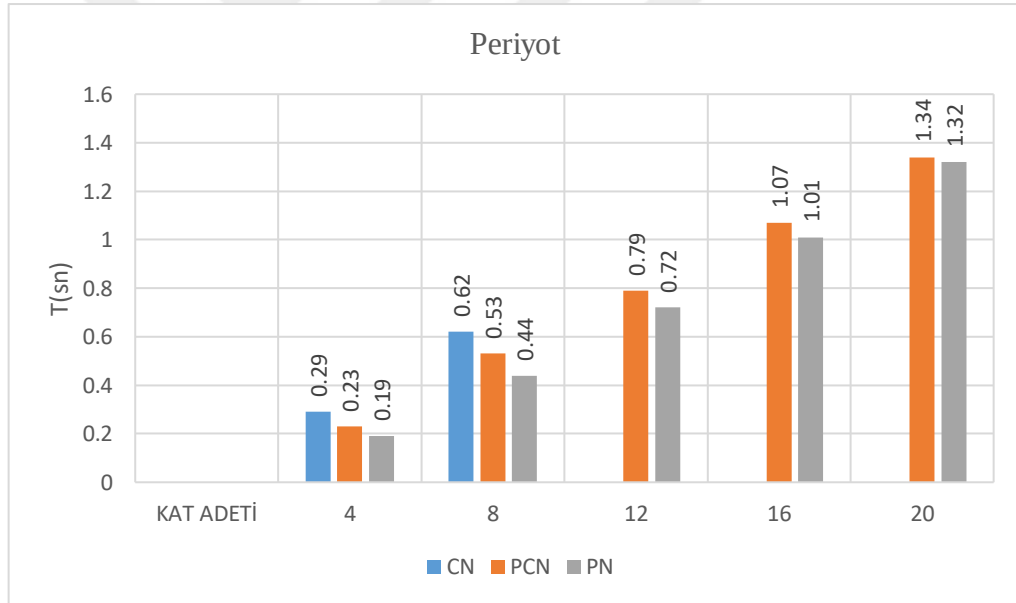
Bu grafiklere göre; çerçeve taşıyıcı sistemin maksimum yatay yer değiştirmesinin perde çerçeve taşıyıcı sisteme göre, perde çerçeve taşıyıcı sisteminde perdeli taşıyıcı sisteme göre daha büyük değerler aldığı söylenebilir. 8 katlı yüksek sünek 24^mx24^m taban alanlı modeller ele alındığında, çerçeve taşıyıcı sistem modelinin, perde çerçeve taşıyıcı sistem modeline göre %25 daha fazla yatay yer değiştirme yaparken, perdeli taşıyıcı sistem modeline göre ise %72 daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı görülmüştür.

6.2. Taşıyıcı Sistem Türlerinin Serbest Titreşim Periyodu

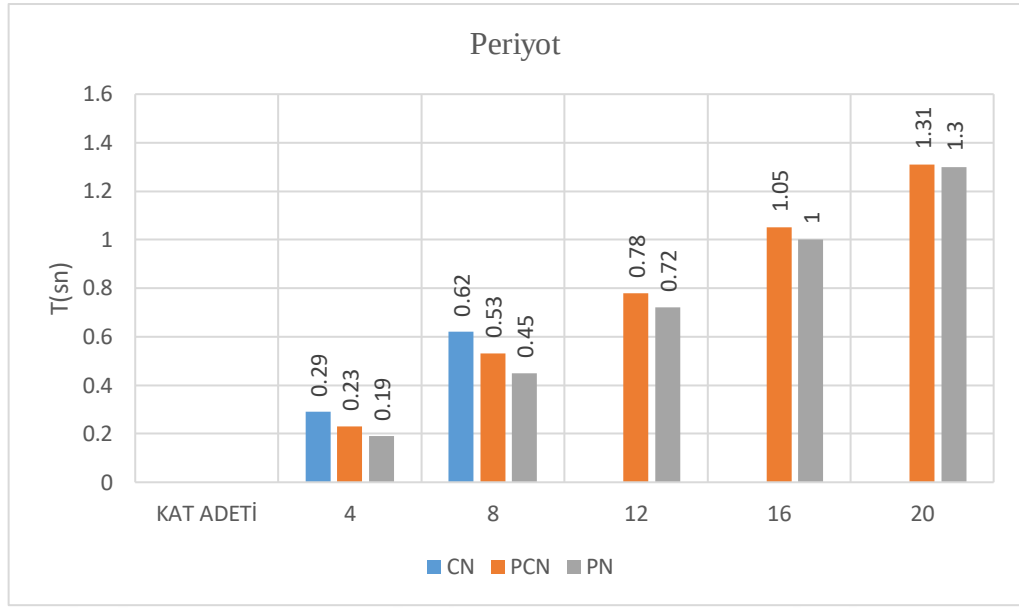
Bir sistemin denge konumu civarında yapmış olduğu salınım hareketine titreşim denir. Eğer yapılan salınım hareketi T saniyede kendini tekrar ediyorsa böyle hareketlere periyodik hareket denir. Modellerin taşıyıcı sistem türüne göre serbest titreşim periyodu Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9, Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12 'de verilmiştir.



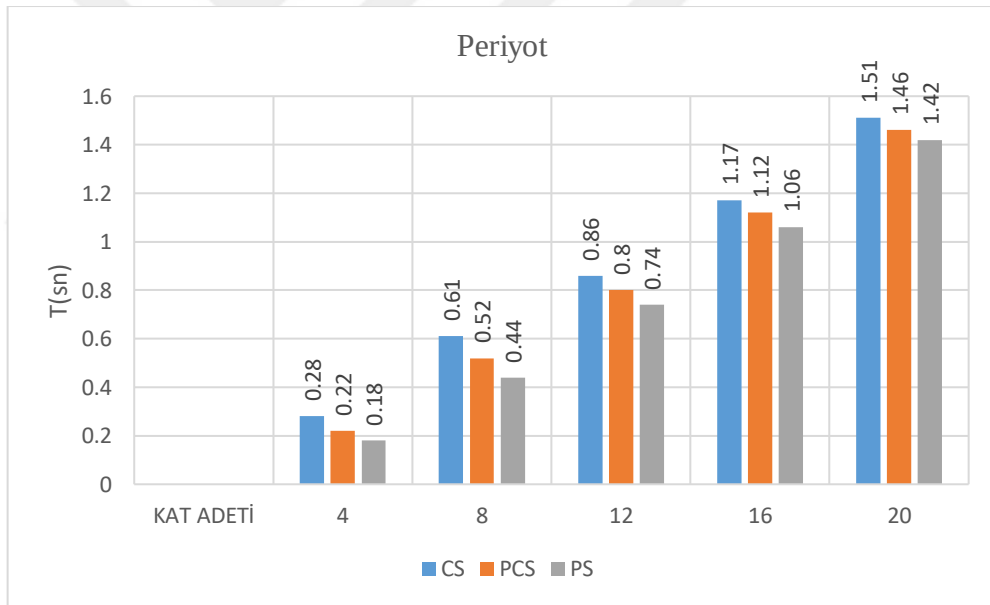
Şekil 6.7. 12^mx12^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu



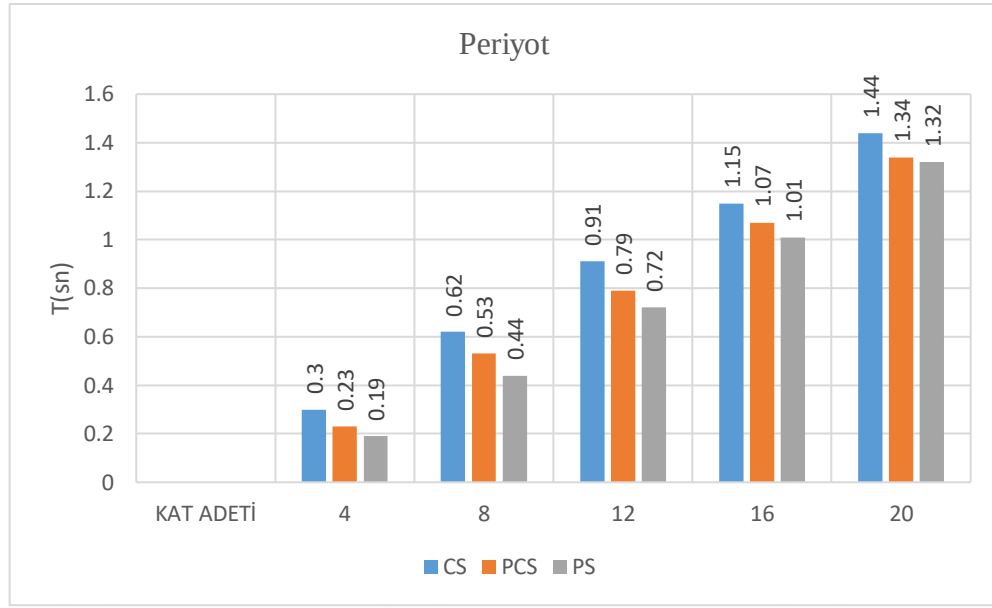
Şekil 6.8. 24^mx24^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu



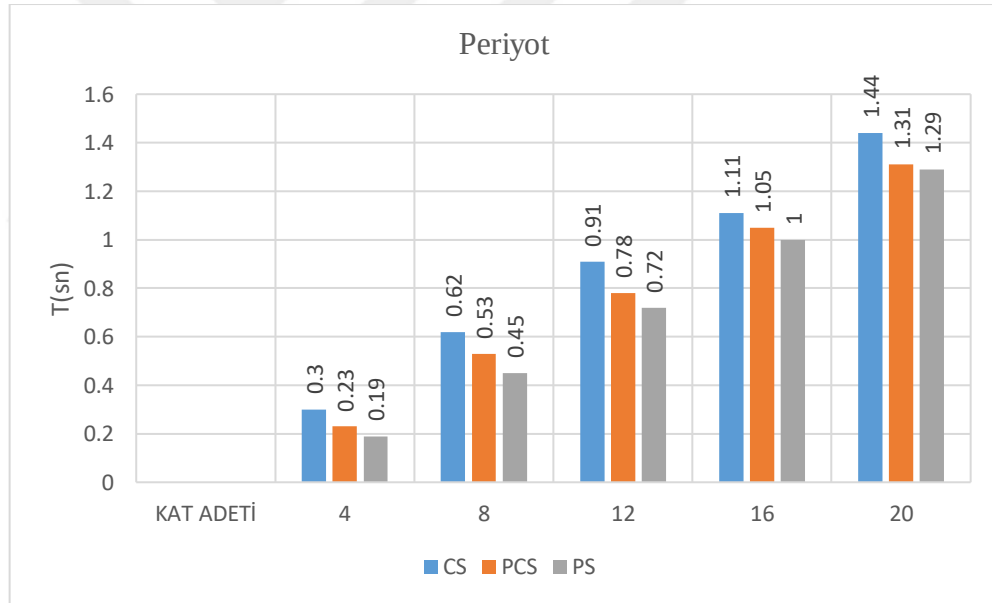
Şekil 6.9. 36^mx36^m taban alanlı normal sünek yapıların periyodu



Şekil 6.10. 12^mx12^m taban alanlı yüksek sünek yapıların periyodu



Şekil 6.11. 24^mx24^m taban alanı yüksek sünek yapıların periyodu



Şekil 6.12. 36^mx36^m taban alanlı yüksek sünek yapıların periyodu

Bu grafiklere göre modellerin serbest titreşim periyot değerleri, çerçeve taşıyıcı sistem modellerinde, perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistem modellerine göre daha fazla olduğu söylenebilir. 8 katlı yüksek sünek 24^mx24^m taban alanlı modeller ele alındığında çerçeve taşıyıcı sistemin periyodu, perde çerçeve taşıyıcı sistemin periyodundan %17, perdeli taşıyıcı sistemin periyodundan ise %41 daha fazla değerler aldığı görülmüştür.

6.3. Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Yapı Maliyetleri

Yapı mühendisliğinin temel amacı, yapıları belirli bir emniyet altında ekonomik ve amacına uygun tasarlamaktır. Bu bölümde taşıyıcı sistem türüne göre yapı maliyetleri kıyaslanmıştır. Oluşturulan modellerin metrajları çıkarılmış, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı tarafından yayınlanan 2018 birim fiyatları üzerinden maliyetleri hesaplanmıştır. Tablo 6.1’de verilen 2018 birim fiyatları Oska Ltd. Şti. tarafından temin edilmiştir. Taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyetleri, Tablo 6.2, Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’de verilmiştir. Taşıyıcı sistem türüne göre maliyet kıyaslamaları, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. 2018 birim fiyatları

Poz Tanımı	Poz No	Birim	2018 Yılı Birim Fiyatı (Türk Lirası)
Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C330/37 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi	Y.16.050/16	m ³	192,15
Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	Y.21.001/02	m ²	45,48
Ø8-Ø12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Y.23.014	Ton	3.548,84
Ø14-Ø28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Y.23.015	Ton	3.504,78
135 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190x135x190mm) ile duvar yapılması	Y.18.001/C14	m ²	37,44

Tablo 6.2. Çerçevesel taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti

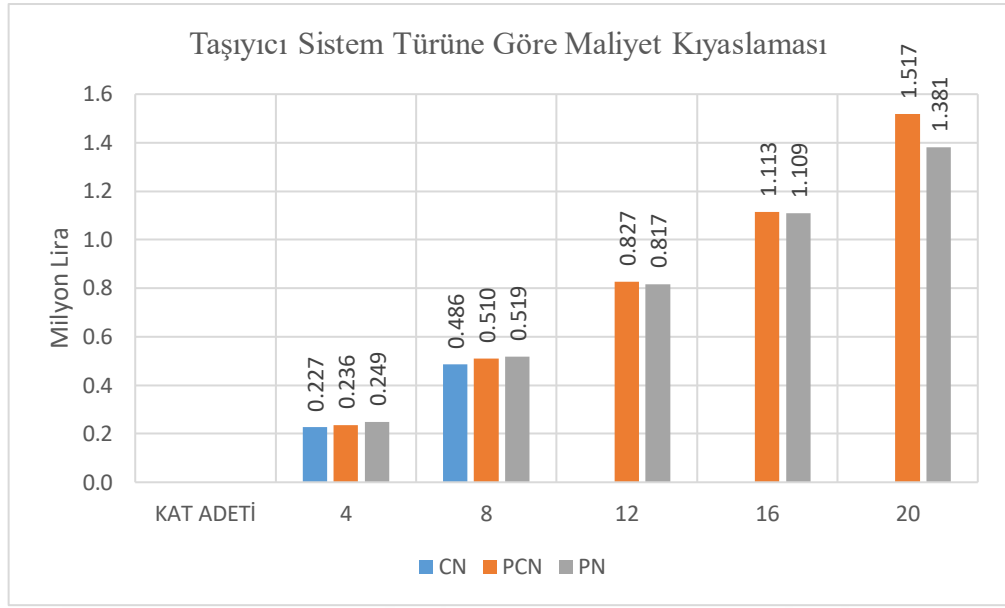
Model Kodu	Beton(m ³)	Kalıp(m ²)	Ø8-Ø12 mm demir (Ton)	Ø14-Ø28 mm demir (Ton)	Duvar(m ²)	Toplam Maliyet (Milyon Lira)
CN1	165,6	1269,8	13,4	9,1	565,2	0,227
CN2	589,1	4499,5	45,6	30,1	2037,6	0,788
CN3	1273,4	9712	97,3	62,7	4435,2	1,684
CS1	165,6	1269,8	12,5	8,8	565,2	0,221
CS2	589,1	4499,5	42,9	28,6	2037,6	0,767
CS3	1273,4	9712	91,4	59,9	4435,2	1,641
CN4	333,2	2555,6	24,6	26,7	1318,8	0,486
CN5	1184,4	9048	83,6	87,9	4754,4	1,673
CN6	2559,2	19524,1	177,6	183,9	10306,8	3,570
CS4	333,2	2555,6	24,2	21,6	1318,8	0,460
CS5	1184,4	9048	81,9	71,1	4754,4	1,585
CS6	2559,2	19524,1	174	148,9	10306,8	3,387
CS7	556,4	4017,9	42,4	38,8	1987,92	0,775
CS8	1952,8	14161,8	144,3	128,2	7249,44	2,664
CS9	4192,4	30448	306,7	267,4	15668,4	5,671
CS10	786,2	5484,8	55,7	58,6	2658,6	1,081
CS11	2734	19237	188,3	194,5	9658,8	3,699
CS12	5863,9	41381,8	399,2	405,8	21006	7,866
CS13	1104,8	7153,8	79,5	94,1	3214,8	1,547
CS14	3793	24974,7	266,4	310,1	11787,6	5,244
CS15	8096,2	53626,2	563,4	647,1	25695,6	11,117

Tablo 6.3. Perde çerçevesi taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti

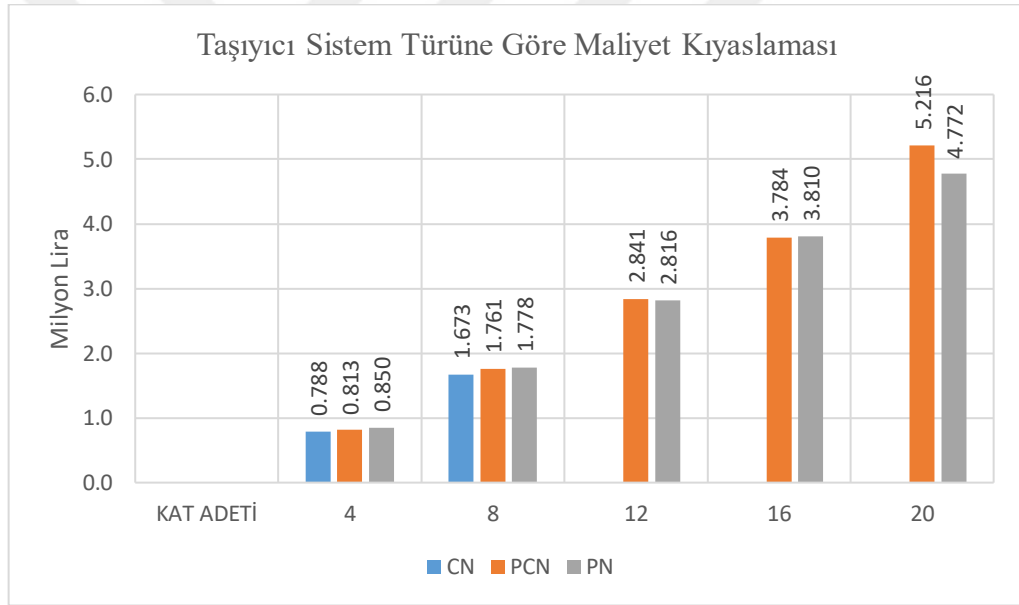
Model Kodu	Beton(m ³)	Kalıp(m ²)	Φ8-Φ12 mm demir (Ton)	Φ14-Φ28 mm demir (Ton)	Duvar(m ²)	Toplam Maliyet (Milyon Lira)
PCN1	191,9	1462,7	13	7,5	478,8	0,236
PCN2	658,7	5013,5	45,8	25	1815,84	0,813
PCN3	1406,4	10698,1	97,8	52,9	3999,6	1,733
PCS1	191,9	1462,7	12,7	7,7	478,8	0,236
PCS2	658,7	5013,5	44	25	1815,84	0,805
PCS3	1406,4	10698,1	94,6	51,9	3999,6	1,717
PCN4	387,4	2952,6	25,9	22,6	1117,2	0,510
PCN5	1327,5	10105,5	88,8	79,8	4236,96	1,761
PCN6	2832,9	21552,2	190	172,3	9332,4	3,769
PCS4	387,4	2952,6	26,2	17,1	1117,2	0,486
PCS5	1327,5	10105,5	88,7	58,1	4236,96	1,658
PCS6	2832,9	21552,2	187,3	125,1	9332,4	3,533
PCN7	610,6	4531,3	40,6	42,1	1713,36	0,827
PCN8	2093,6	15509,2	139,8	145,2	6510,24	2,841
PCN9	4467,8	33075,2	299,5	308,2	14348,4	6,060
PCS7	610,6	4531,3	41	32,3	1713,36	0,783
PCS8	2093,6	15509,2	140	109,2	6510,24	2,672
PCS9	4467,8	33075,2	298,8	231	14348,4	5,692
PCN10	837	6110,8	53,9	60,7	2307,6	1,113
PCN11	2870,4	20915,7	184,7	206	8776,8	3,784
PCN12	6125,7	44604,1	395,7	438,9	19350	8,269
PCS10	837	6110,8	54,4	47,3	2307,6	1,073
PCS11	2870,4	20915,7	184,9	160,5	8776,8	3,660
PCS12	6125,7	44604,1	393,5	340,6	19350	7,794
PCN13	1108,1	7795,1	72,3	86,7	2850	1,517
PCN14	3804,2	26689,7	284,4	299,9	10861,92	5,216
PCN15	8120,1	56921,4	532,2	641,6	23962,8	11,148
PCS13	1108,1	7795,1	72,3	70	2850	1,438
PCS14	3804,2	26689,7	246,5	241,3	10861,92	4,930
PCS15	8120,1	56921,4	523,6	515,5	23962,8	10,510

Tablo 6.4. Perdeli taşıyıcı sistem modellerinin metrajları ve toplam maliyeti

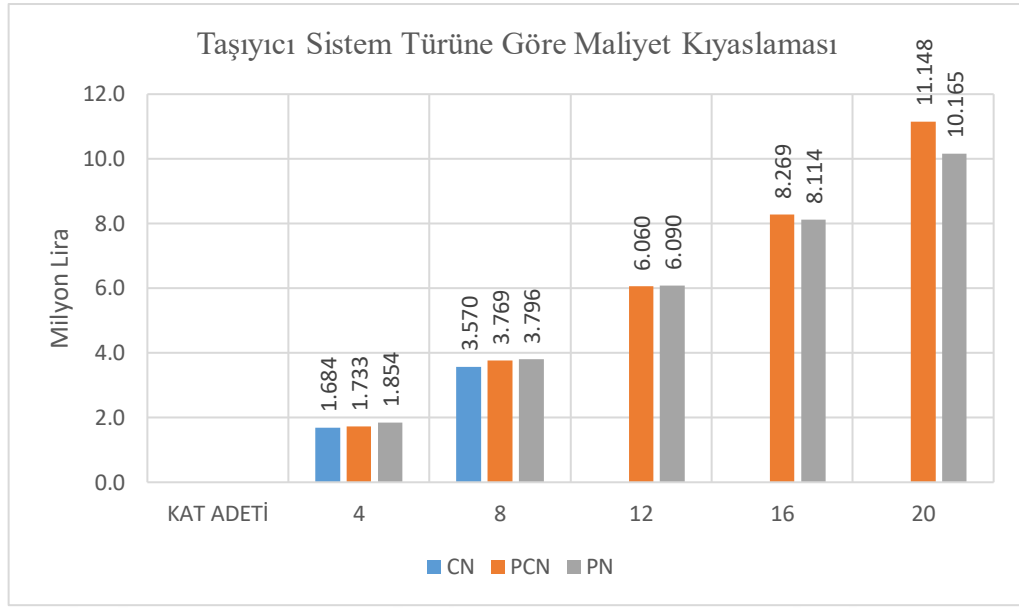
Model Kodu	Beton(m ³)	Kalıp(m ²)	Φ8-Φ12 mm demir (Ton)	Φ14-Φ28 mm demir (Ton)	Duvar(m ²)	Toplam Maliyet (Milyon Lira)
PN1	218,3	1658,3	12,5	6,6	392,4	0,249
PN2	751,8	5707,6	43,9	20,8	1523,52	0,850
PN3	1606,7	12192,5	102,8	43,1	3380,4	1,854
PS1	218,3	1658,3	12,4	6,7	392,4	0,248
PS2	751,8	5707,6	42,9	21,4	1523,52	0,849
PS3	1606,7	12192,5	92	44,7	3380,4	1,808
PN4	441,6	3355	26	16,1	915,6	0,519
PN5	1519,1	11532,9	87,9	55,6	3554,88	1,778
PN6	3244,9	24624,9	187,2	118,7	7887,6	3,796
PS4	441,6	3355	25,9	13,7	915,6	0,507
PS5	1519,1	11532,9	89,5	45,1	3554,88	1,736
PS6	3244,9	24624,9	191,8	94,8	7887,6	3,704
PN7	664,9	5051,6	38,1	32,9	1438,8	0,817
PN8	2286,4	17358,1	133,3	112	5586,24	2,816
PN9	4883,1	37057,4	283,1	240,2	12394,8	6,090
PS7	664,9	5051,6	39,5	23,3	1438,8	0,778
PS8	2286,4	17358,1	139	81,1	5586,24	2,697
PS9	4883,1	37057,4	292,6	173,1	12394,8	5,737
PN10	888,2	6748,3	52,9	45,6	1962	1,109
PN11	3053,7	23183,3	184	154,1	7617,6	3,810
PN12	6521,2	49489,8	388,6	328,8	16902	8,114
PS10	888,2	6748,3	52,3	32,6	1962	1,045
PS11	3053,7	23183,3	185,7	113,8	7617,6	3,628
PS12	6521,2	49489,8	390,1	242,4	16902	7,712
PN13	1111,5	8445	64	57,8	2485,2	1,381
PN14	3820,9	29008,6	226,7	197,4	9648,96	4,772
PN15	8159,4	61922,3	479,4	420,9	21409,2	10,165
PS13	1111,5	8445	68,2	41,5	2485,2	1,324
PS14	3820,9	29008,6	233,1	146,5	9648,96	4,563
PS15	8159,4	61922,3	488,2	313,5	21409,2	9,698



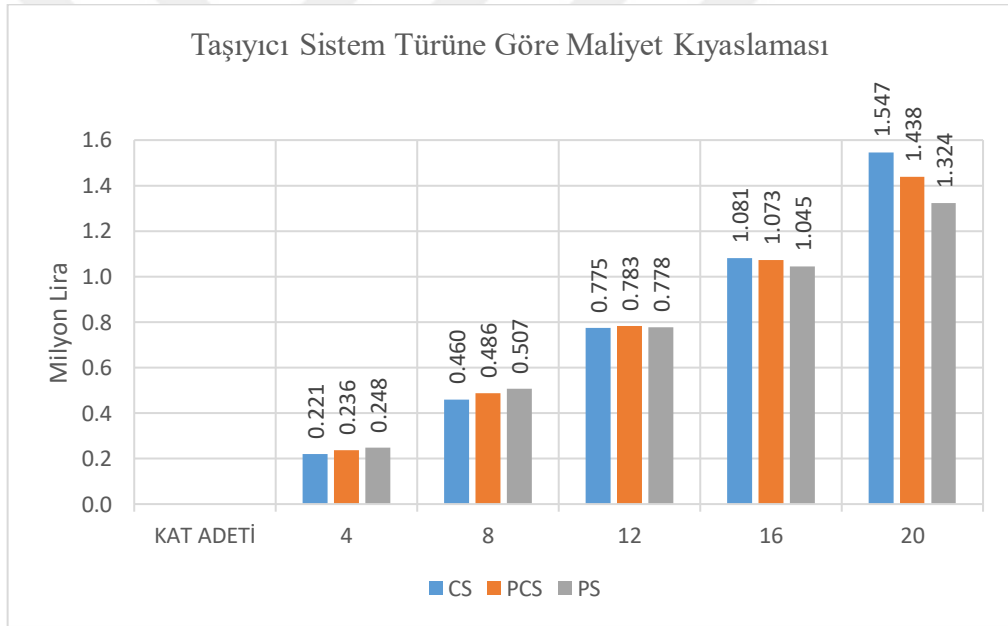
Şekil 6.13. 12^mx12^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti



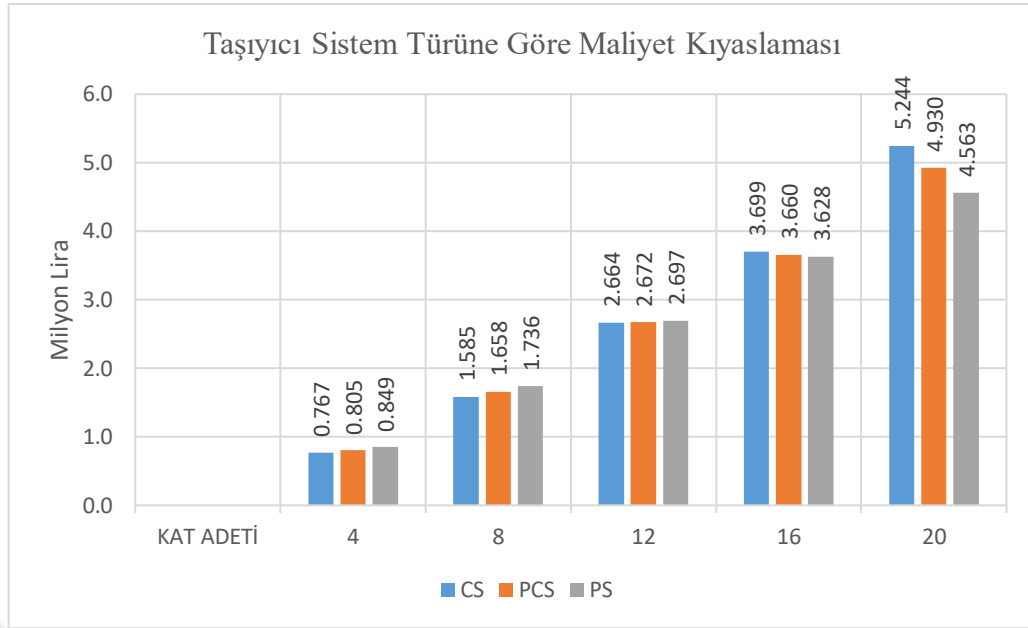
Şekil 6.14. 24^mx24^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti



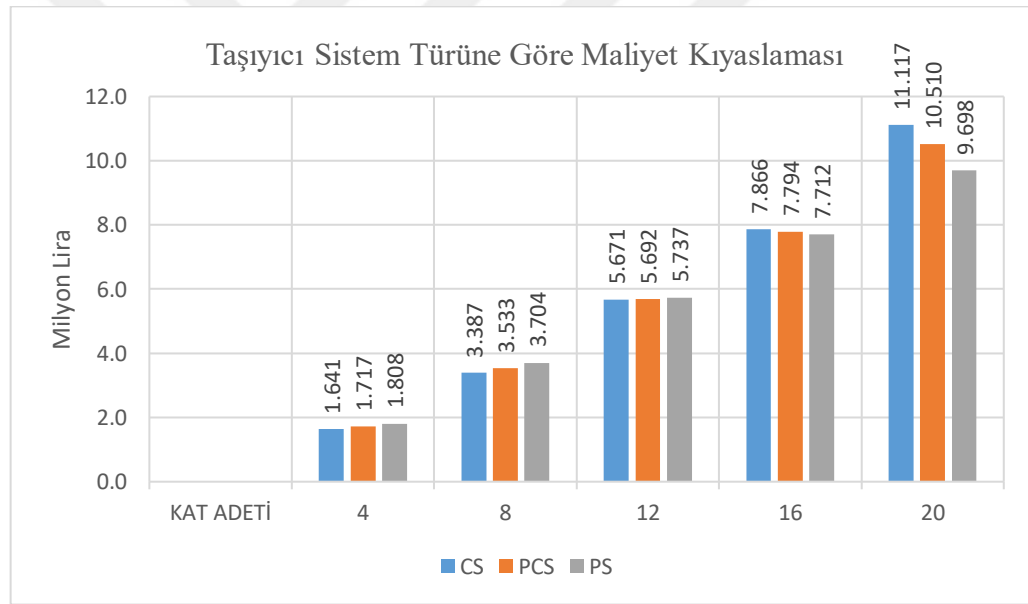
Şekil 6.15. 36^mx36^m taban alanlı normal sünek yapıların maliyeti



Şekil 6.16. 12^mx12^m taban alanlı yüksek sünek yapıların maliyeti



Şekil 6.17. 24^mx24^m taban alanı yüksek sünek yapıların maliyeti



Şekil 6.18. 36^mx36^m taban alanlı yüksek sünek yapıların maliyeti

Bu grafiklere göre, yapı yüksekliğinin 24 metreyi geçmediği modellerde çerçeve taşıyıcı sistemin maliyetinin, perde çerçeve taşıyıcı sisteme göre daha düşük olduğu, perde çerçeve taşıyıcı sistemin maliyetinin de perdeli taşıyıcı sisteme göre daha düşük olduğu görülmüştür. Yapı yüksekliğinin 36 metreyi geçtiği modellerde çerçeve taşıyıcı sistemin maliyeti perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sisteme göre daha fazla olduğu, 48 metre yapı yüksekliğini aşan modellerde ise perde çerçeve taşıyıcı sistemin maliyetinin perdeli taşıyıcı sistemin maliyetinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek sünek, 36^mx36^m taban alanına sahip 20 katlı

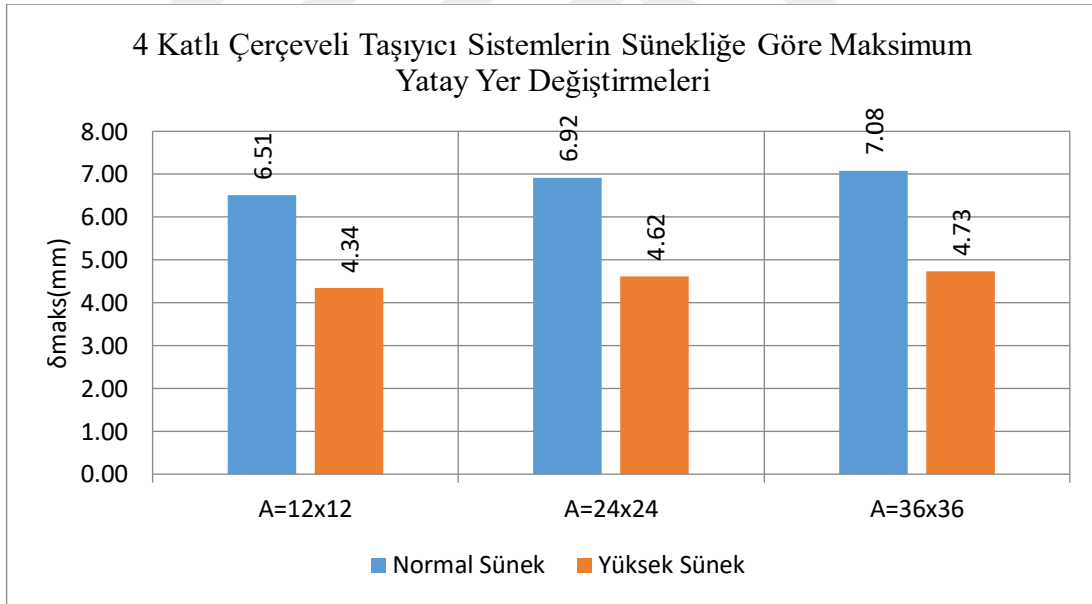
modeller ele alındığında, çerçeve taşıyıcı sistem modellerin maliyeti, perde çerçeve taşıyıcı sistem modellerin maliyetine göre %5,7, perdeli taşıyıcı sistem modellerin maliyetine göre ise %14,6 daha fazla olduğu görülmüştür.

6.4. Süneklığe Göre Performans ve Maliyet İlişkisi

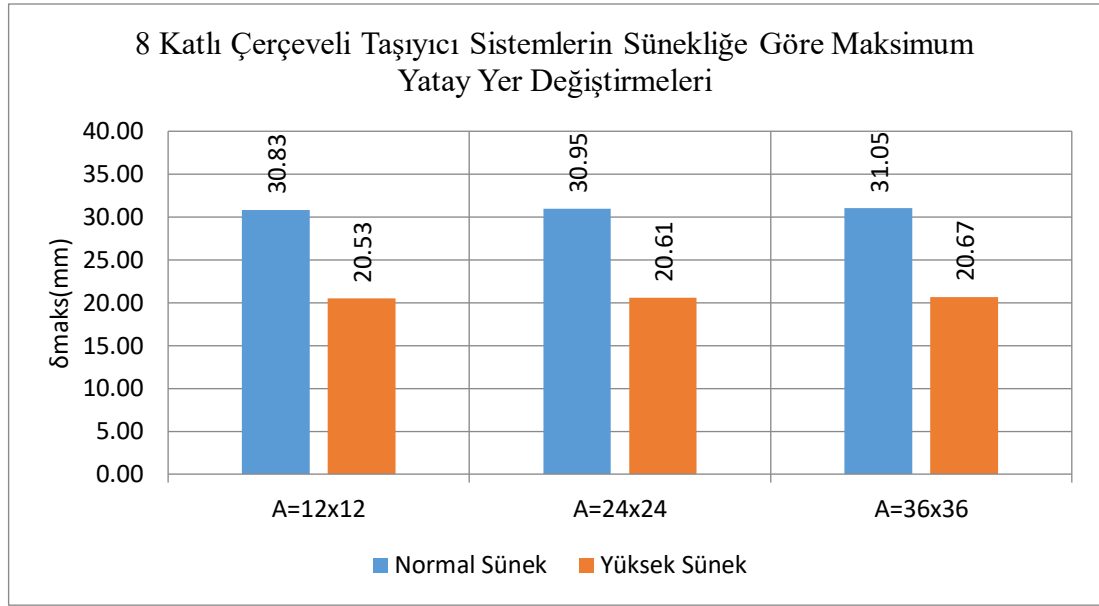
Yapı süneklığı; yapının herhangi bir elemanının veya sistemin yük taşıma kabiliyetini kaybetmeden, bir dış yük etkisinde yer değiştirme kabiliyetine denir. Bu bölümde normal sünek ve yüksek sünek modellerin yatay yer değiştirmeleri ve maliyetleri incelenmiştir.

6.4.1. Süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmelerin kıyaslanması

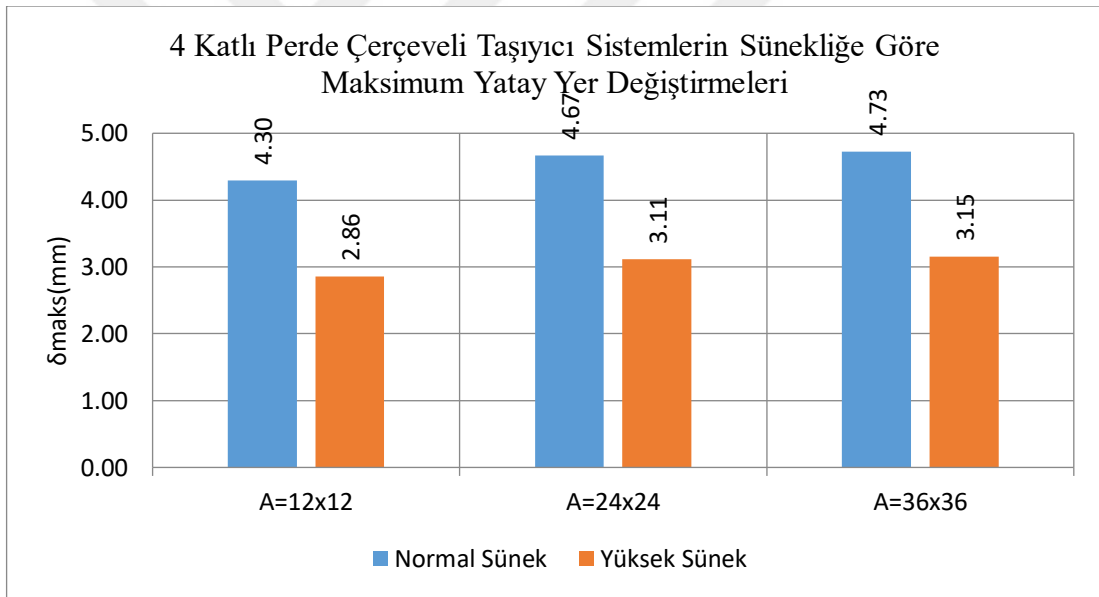
Bu bölümde kat adeti ve yapı taban alanı aynı olan modellerin, taşıyıcı sistem davranış katsayısı değişkenine göre yatay yer değiştirmeler yönünden kıyaslamaları yapılmıştır. Süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmeler Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21, Şekil 6.22, Şekil 6.23, Şekil 6.24, Şekil 6.25, Şekil 6.26, Şekil 6.27, Şekil 6.28, Şekil 6.29 ve Şekil 6.30’da verilmiştir.



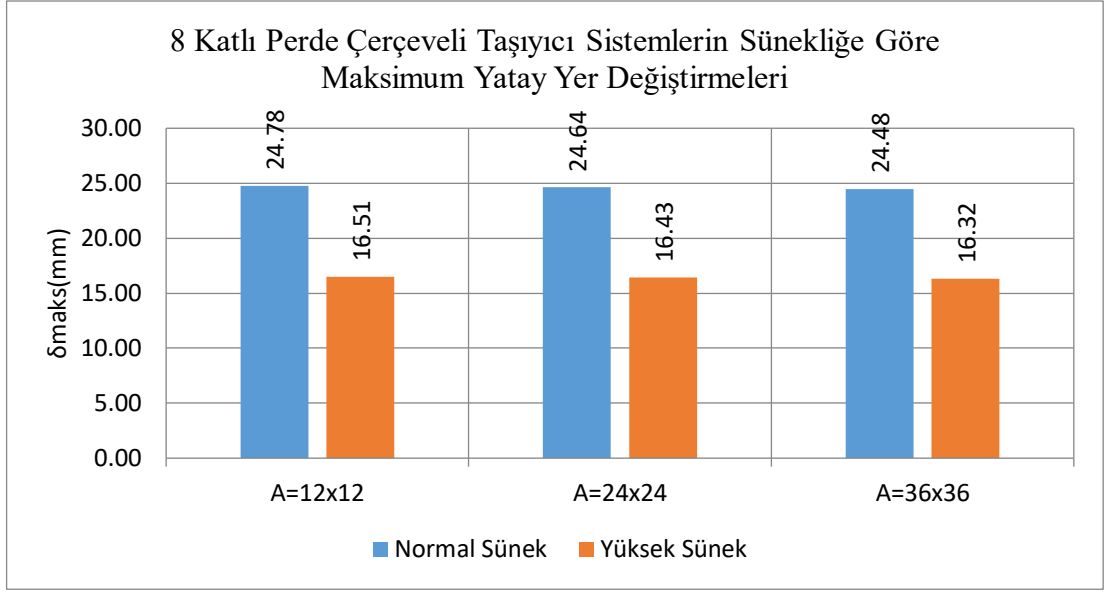
Şekil 6.19. 4 katlı çerçeve taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



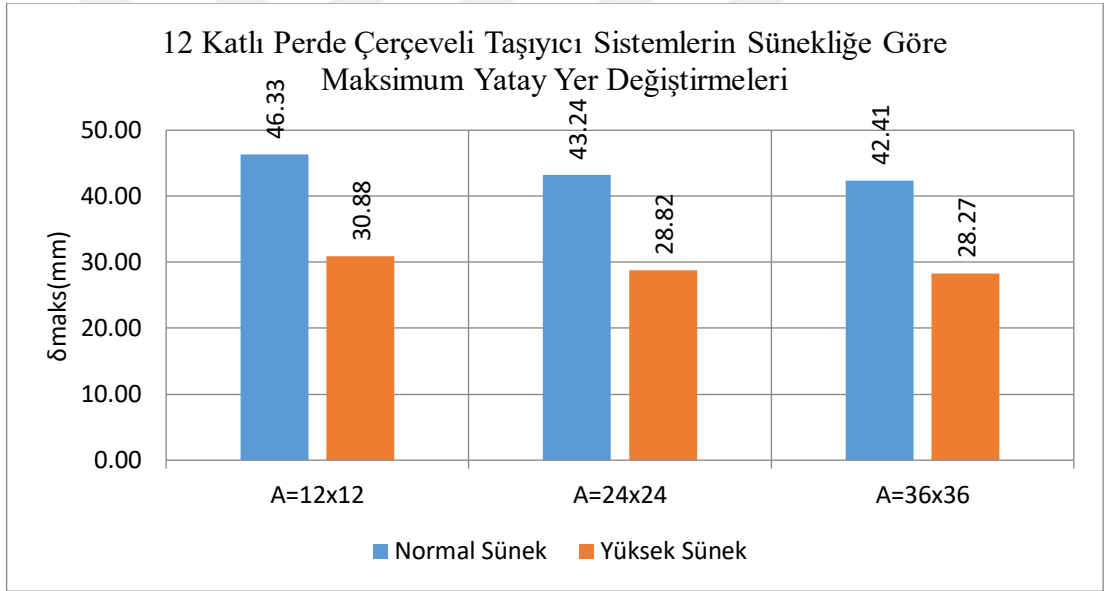
Şekil 6.20. 8 katlı çerçeve taşıyıcı sistemlerin sünegliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



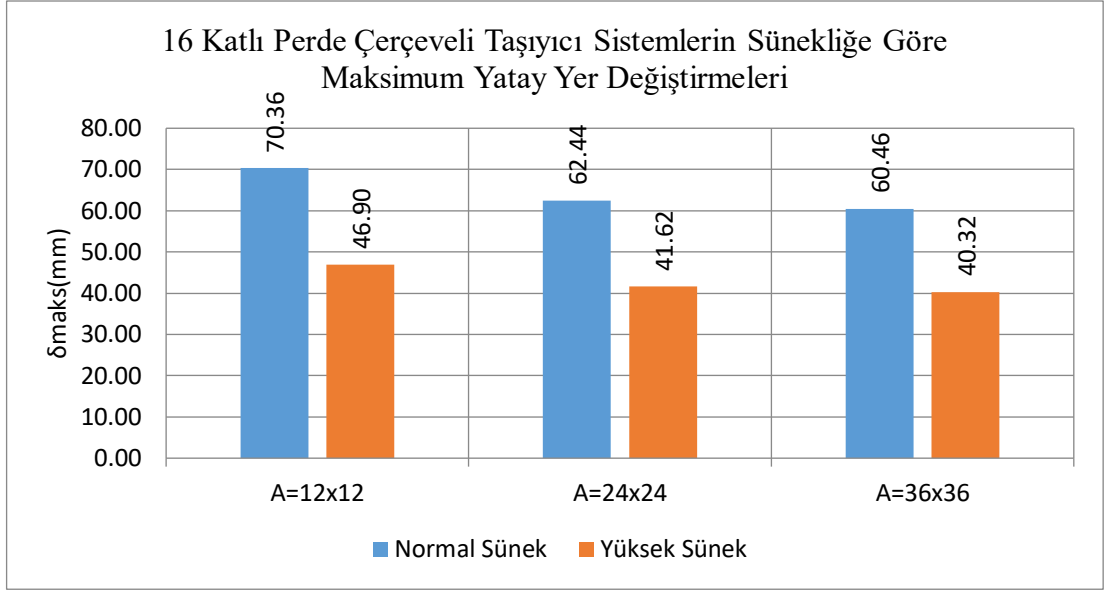
Şekil 6.21. 4 katlı perde çerçeve taşıyıcı sistemlerin sünegliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



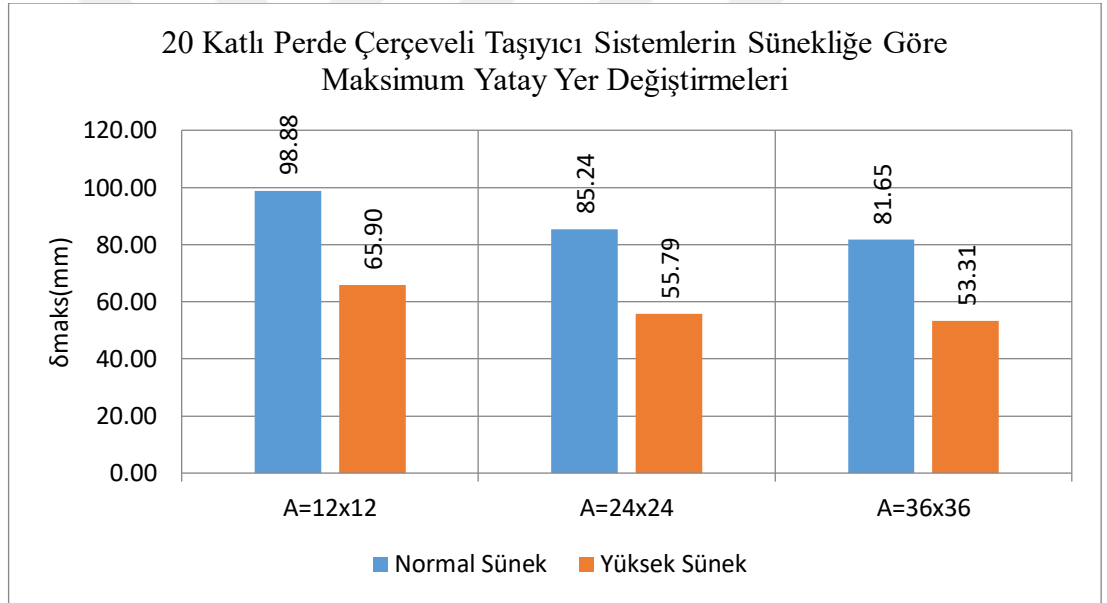
Şekil 6.22. 8 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



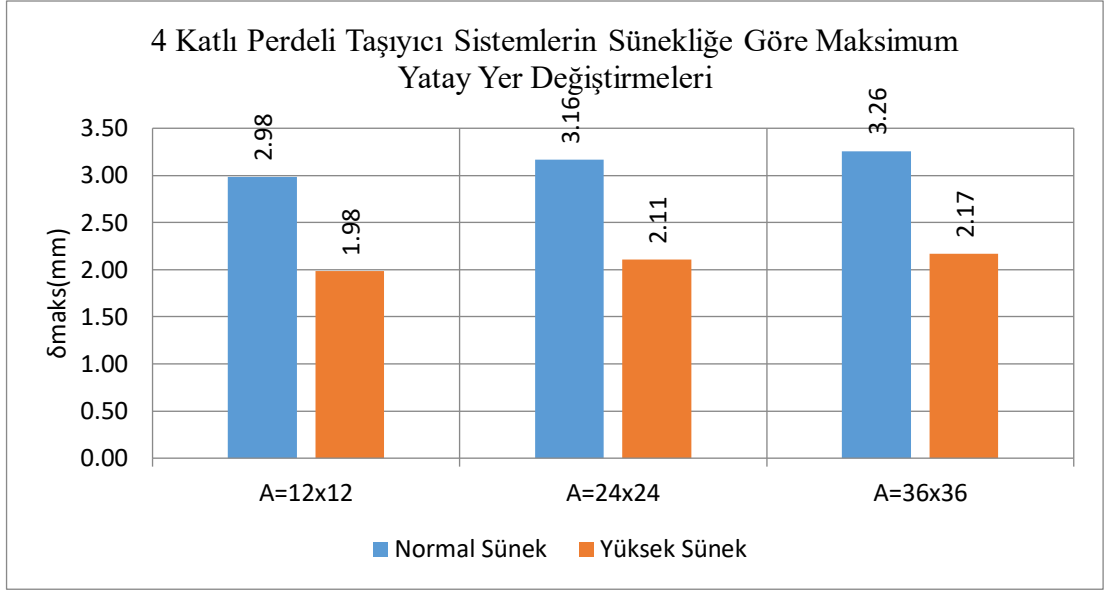
Şekil 6.23. 12 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



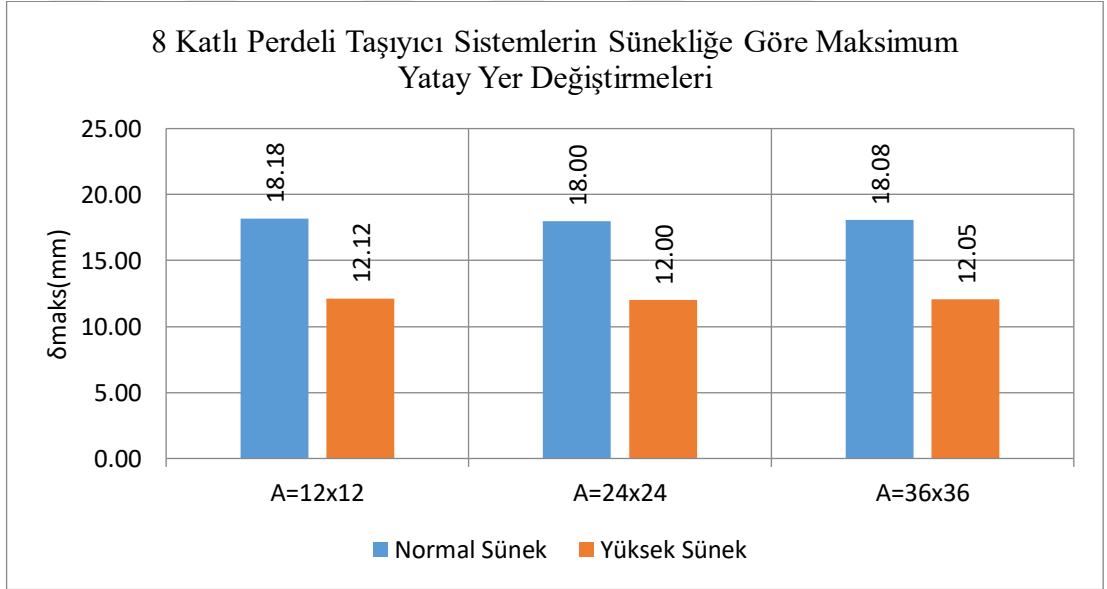
Şekil 6.24. 16 katlı perde çerçeveseli taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



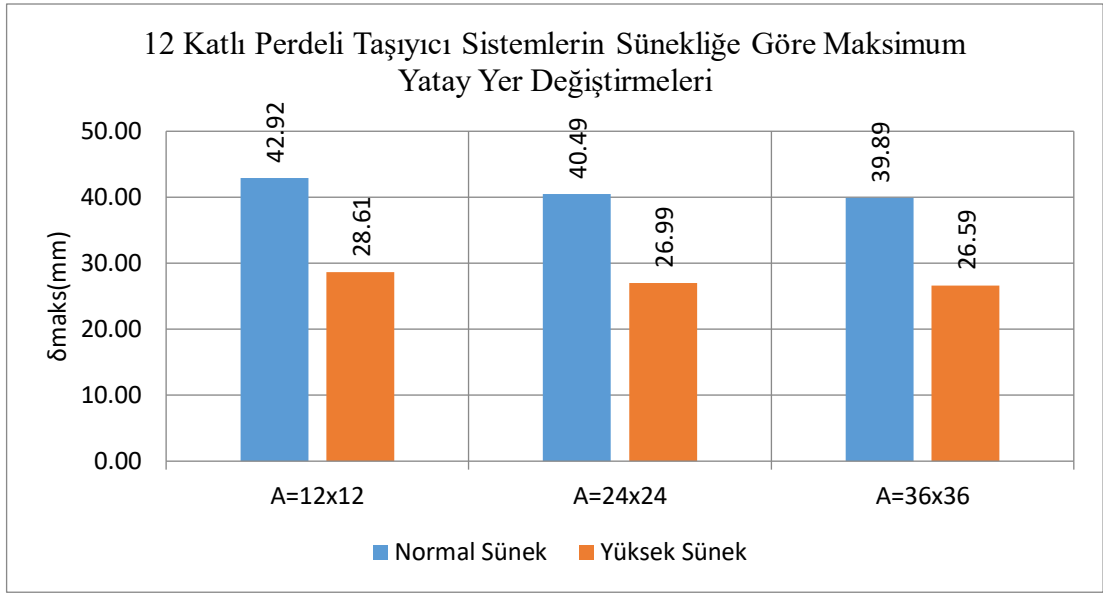
Şekil 6.25. 20 katlı perde çerçeveseli taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



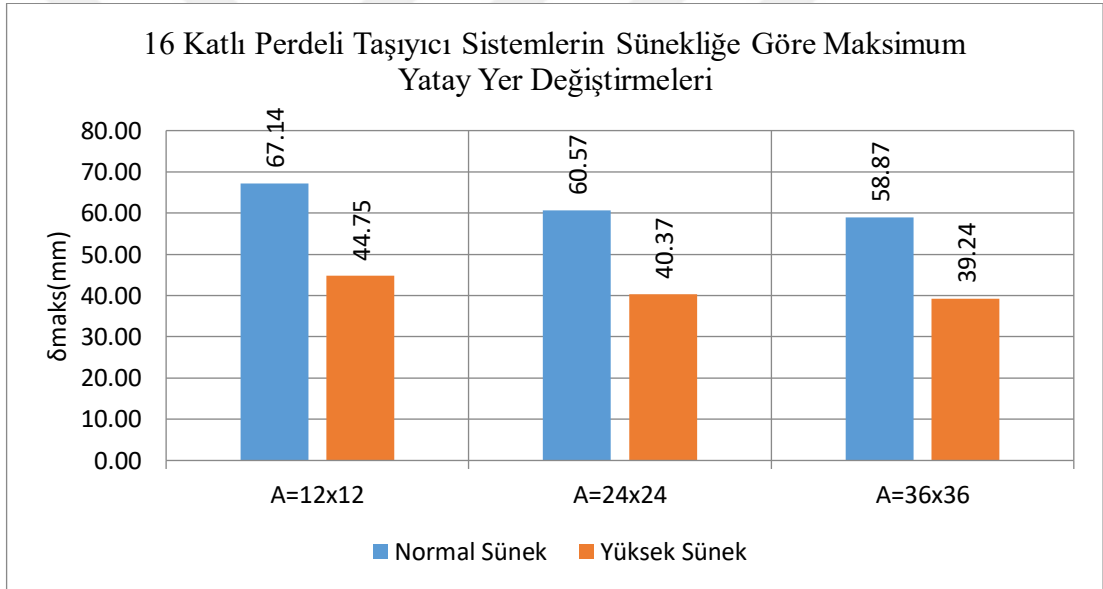
Şekil 6.26. 4 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



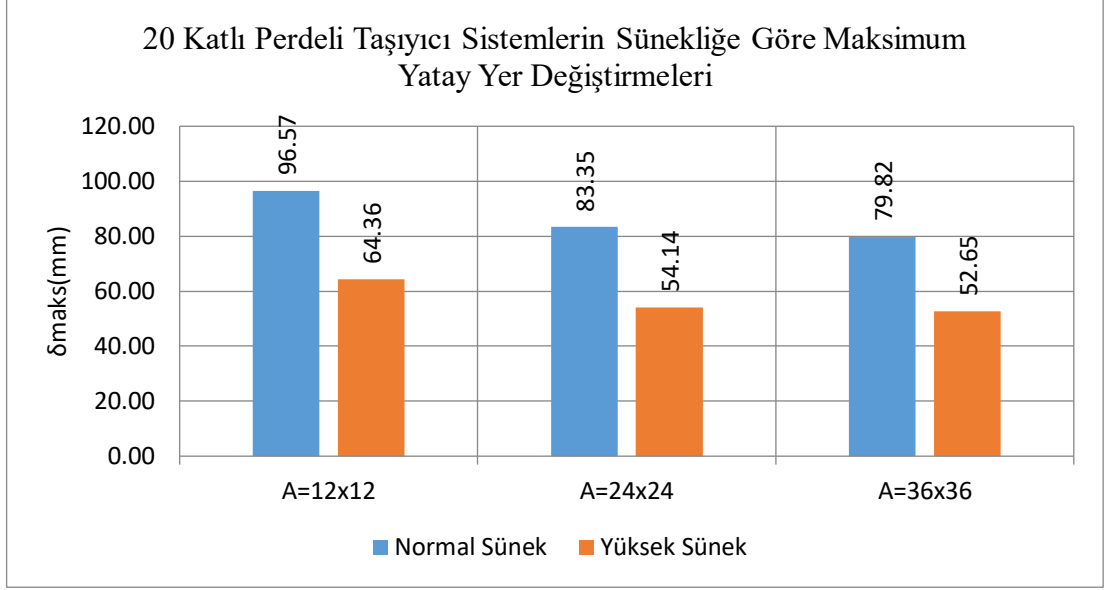
Şekil 6.27. 8 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



Şekil 6.28. 12 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



Şekil 6.29. 16 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri



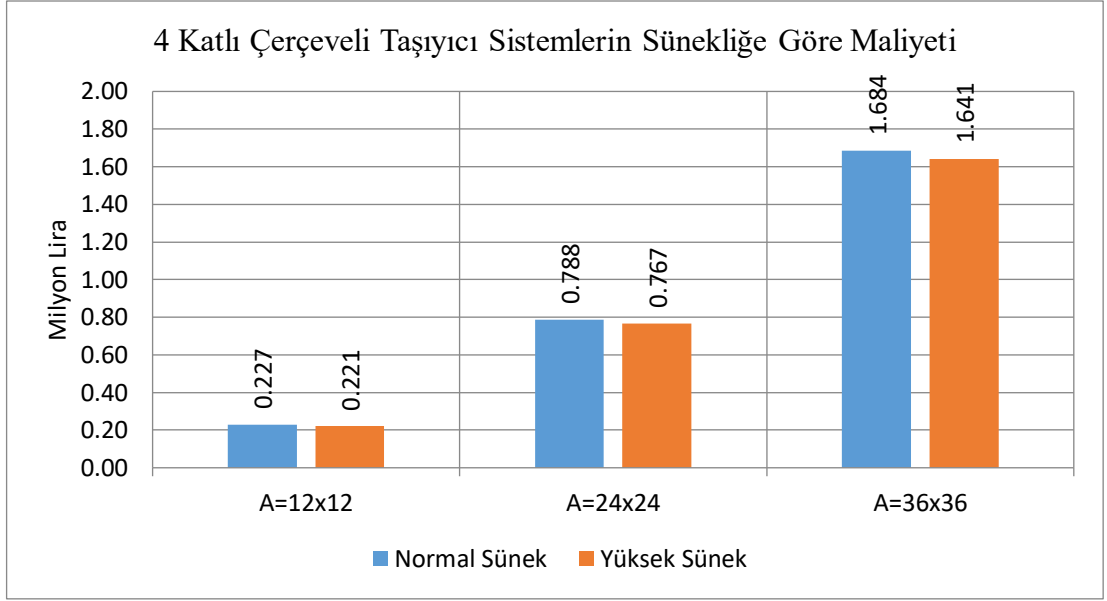
Şekil 6.30. 20 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maksimum yatay yer değiştirmeleri

Bu grafiklere göre; normal sünek çözülen modellerin yüksek sünek çözülen modellere göre yaklaşık 1,5 kat daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı görülmüştür.

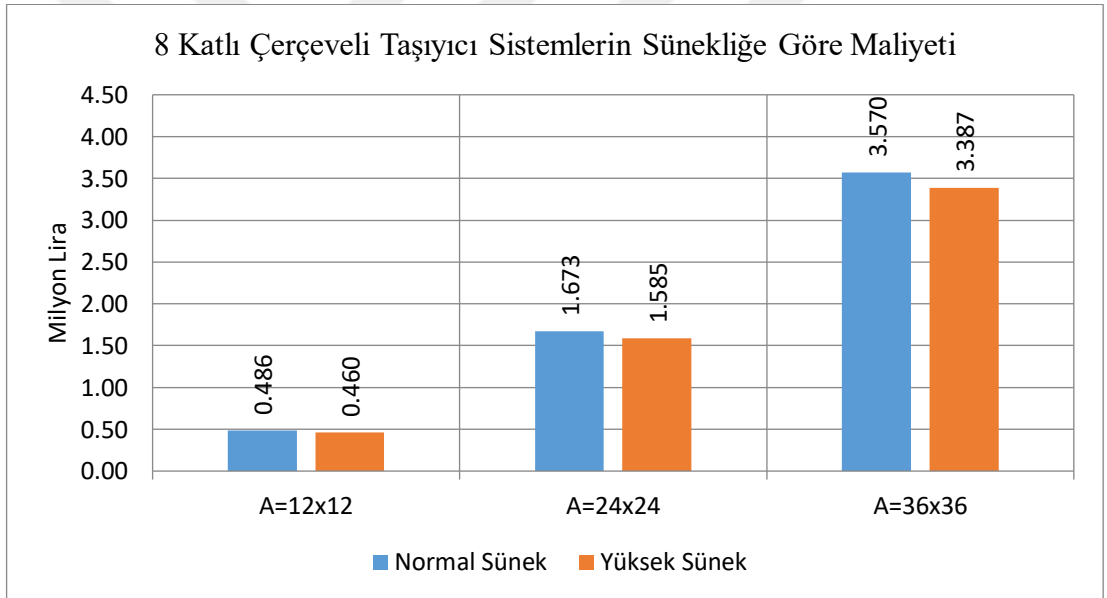
4. Bölüm Denklem 4.1’de gösterildiği üzere, taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerinin azalması, yapıya etkiyen deprem yükünü artırmasından dolayı normal sünek çözülen modellerin, yüksek sünek çözülen modellerden daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı görülmektedir. Yani aynı sistem, normal sünek kabul edildiğinde daha çok, yüksek sünek kabul edildiğinde daha az deprem yüküne maruz kalıyor gibi kabul edilmiş olmaktadır. Bu da bir sistemi analiz ederken, o sistemi normal ya da yüksek sünek kabul etmenin, sonuçları etkileyen çok önemli bir kabul olduğunu gösterir. Bu ise, uygulamada süneklığı artıran beton yerleşimi ve donatı detaylandırması gibi faktörlerin, analizle uygulamanın örtüşmesi açısından bile hayati önem taşıdığını göstermektedir.

6.4.2. Süneklığe göre yapı maliyetlerinin kıyaslamaları

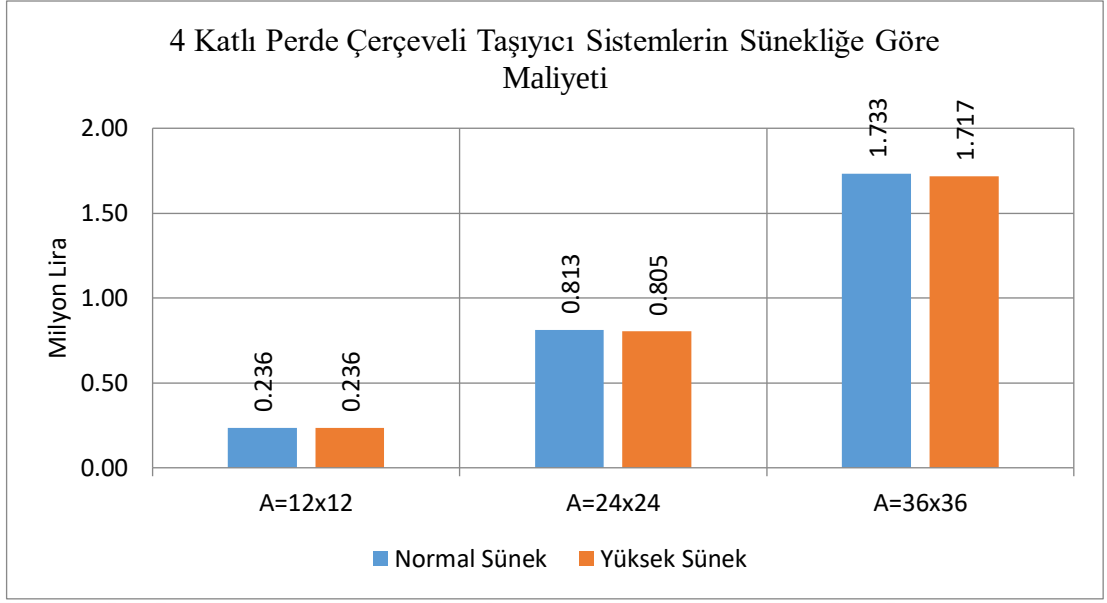
Bu bölümde, kat adeti ve yapı taban alanı aynı olan modellerin taşıyıcı sistem davranış katsayısı değişkenine göre maliyet kıyaslamaları yapılmıştır. Yapı süneklığıne göre modellerin maliyet kıyaslamaları Şekil 6.31, Şekil 6.32, Şekil 6.33, Şekil 6.34, Şekil 6.35, Şekil 6.36, Şekil 6.37, Şekil 6.38, Şekil 6.39, Şekil 6.40, Şekil 6.41 ve Şekil 6.42’de gösterilmiştir.



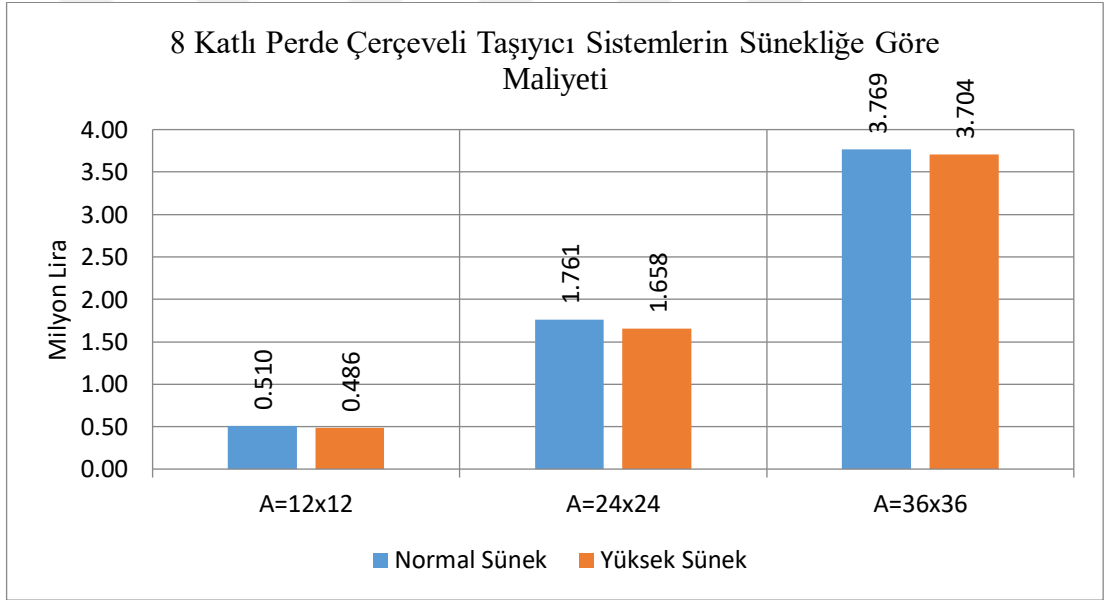
Şekil 6.31. 4 katlı çerçeve taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maliyeti



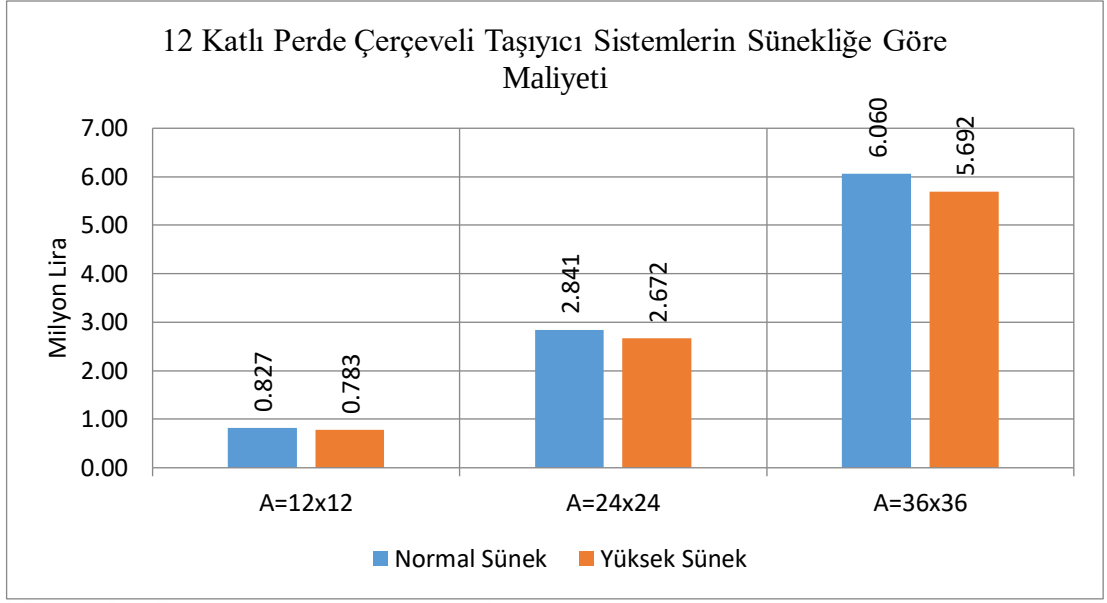
Şekil 6.32. 8 katlı çerçeve taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maliyeti



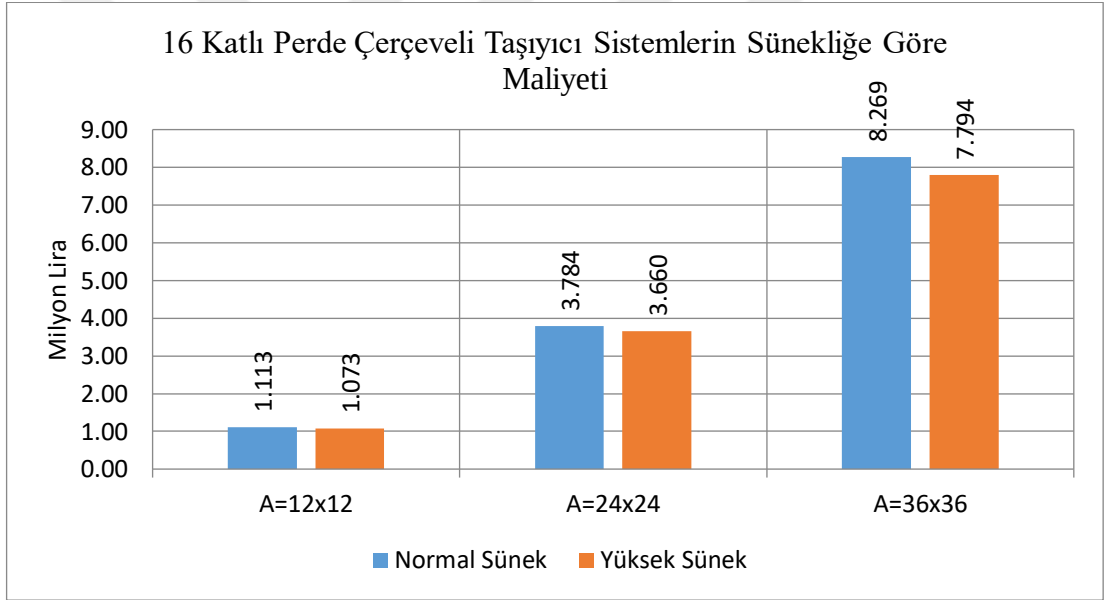
Şekil 6.33. 4 katlı perde çerçeveseli taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maliyeti



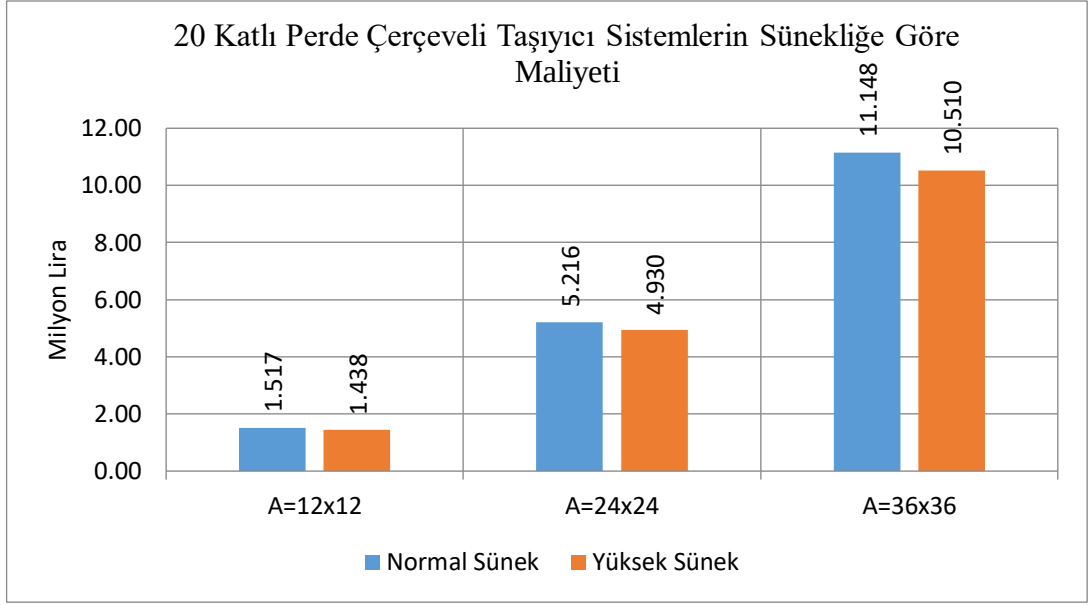
Şekil 6.34. 8 katlı perde çerçeveseli taşıyıcı sistemlerin süneklığe göre maliyeti



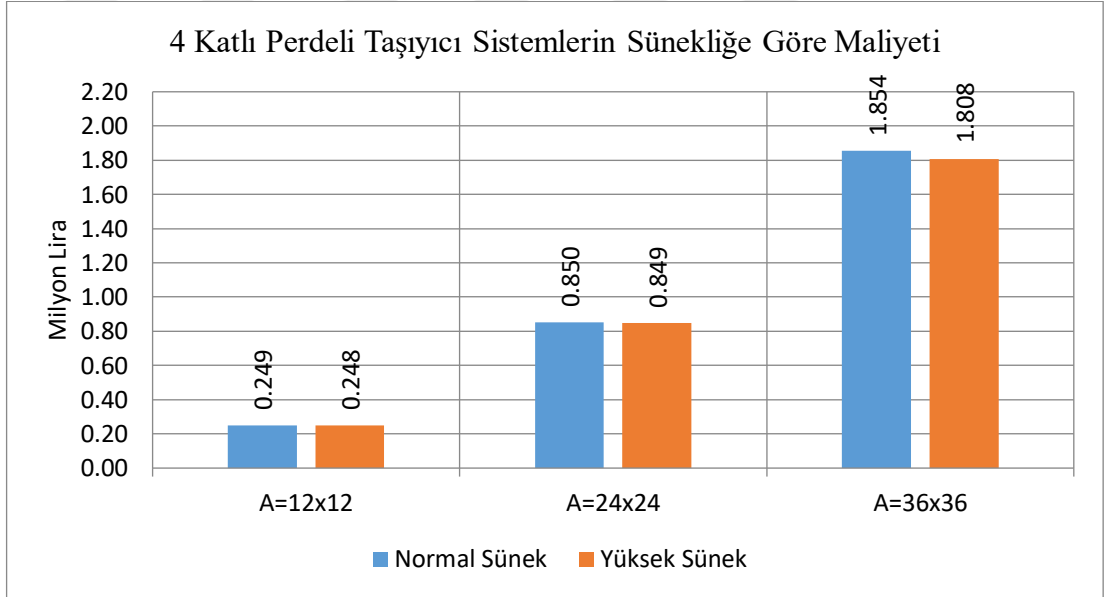
Şekil 6.35. 12 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maliyeti



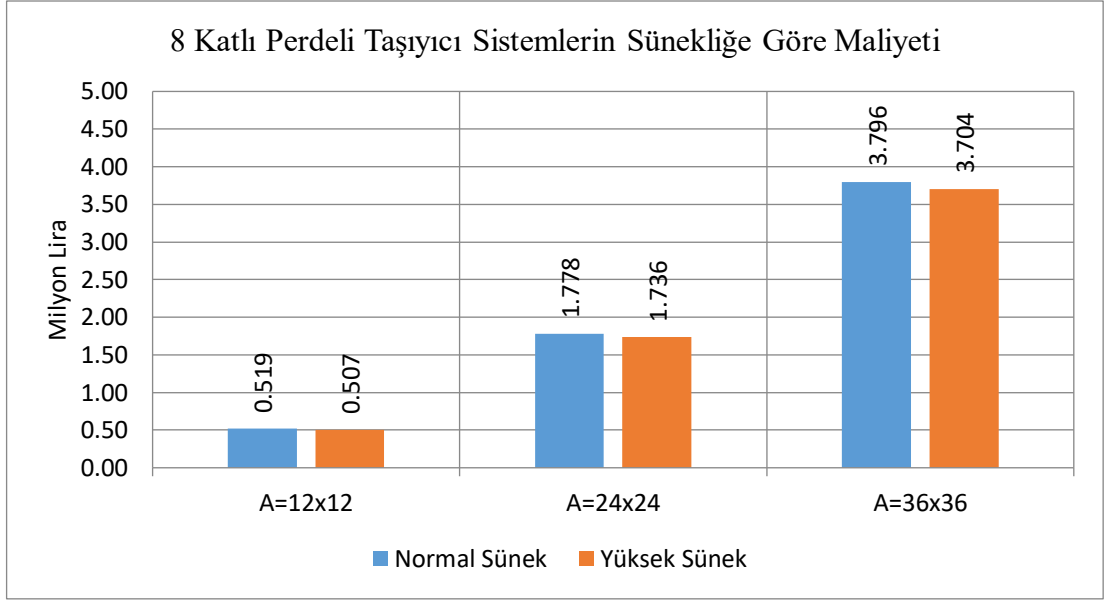
Şekil 6.36. 16 katlı perde çerçevesi taşıyıcı sistemlerin sünekliliğe göre maliyeti



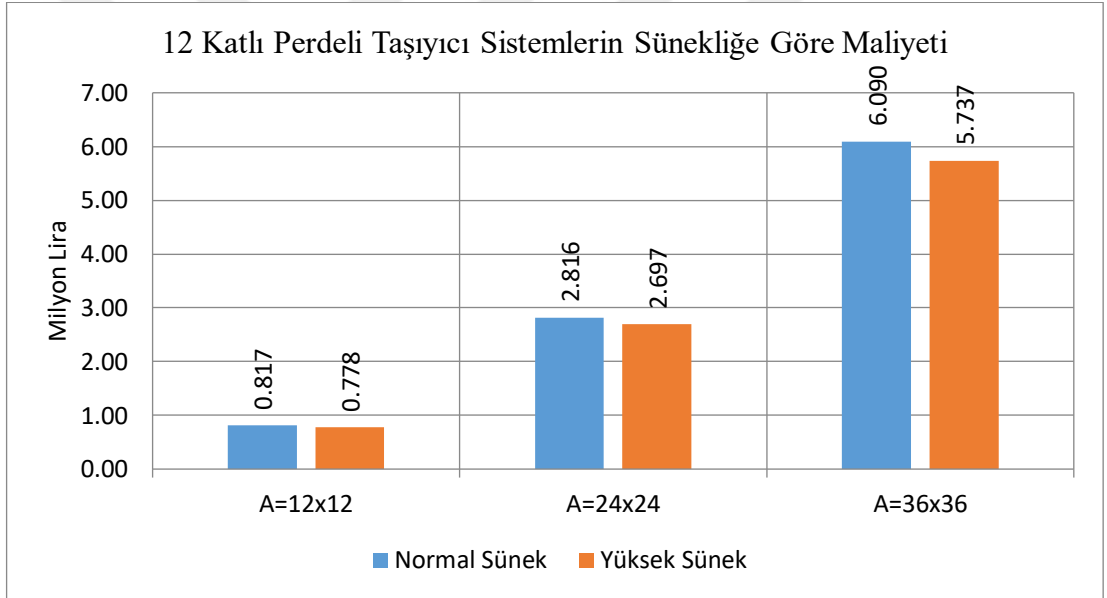
Şekil 6.37. 20 katlı perde çerçevesli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti



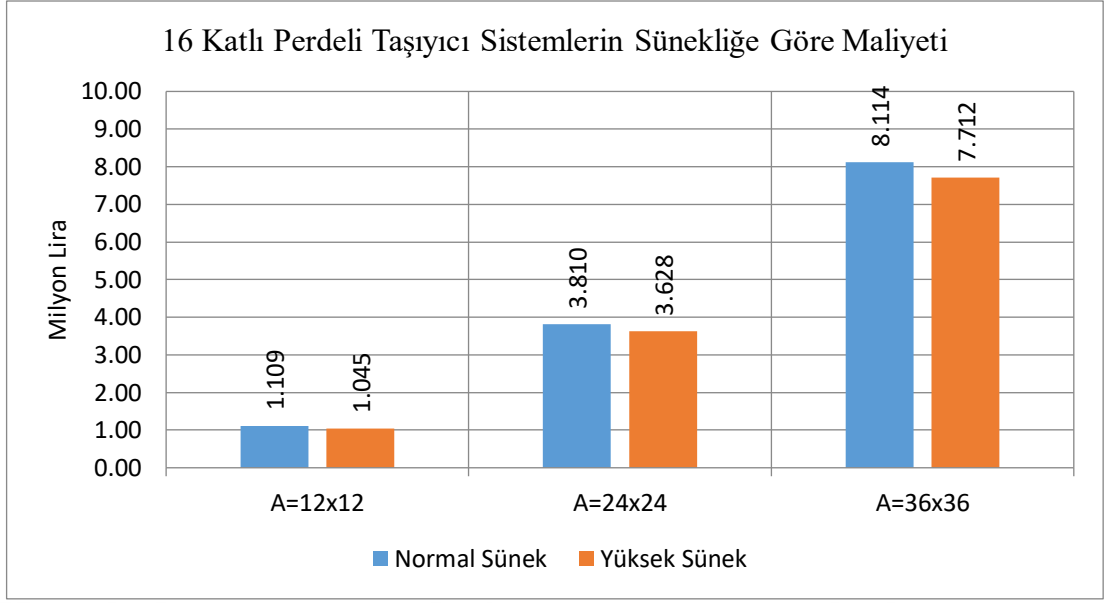
Şekil 6.38. 4 katlı perde taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti



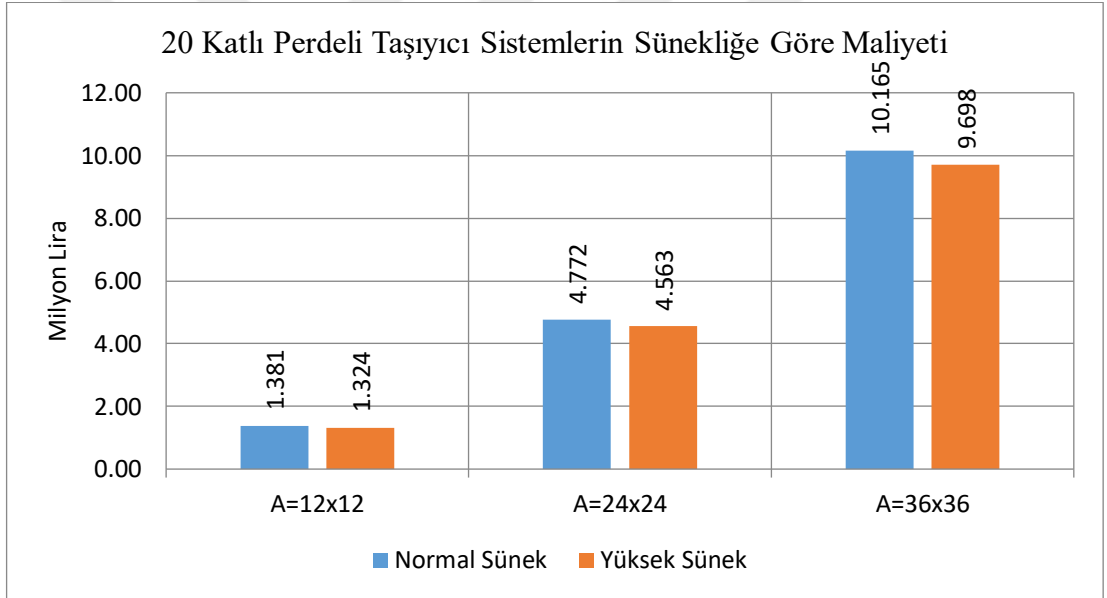
Şekil 6.39. 8 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti



Şekil 6.40. 12 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti



Şekil 6.41. 16 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti

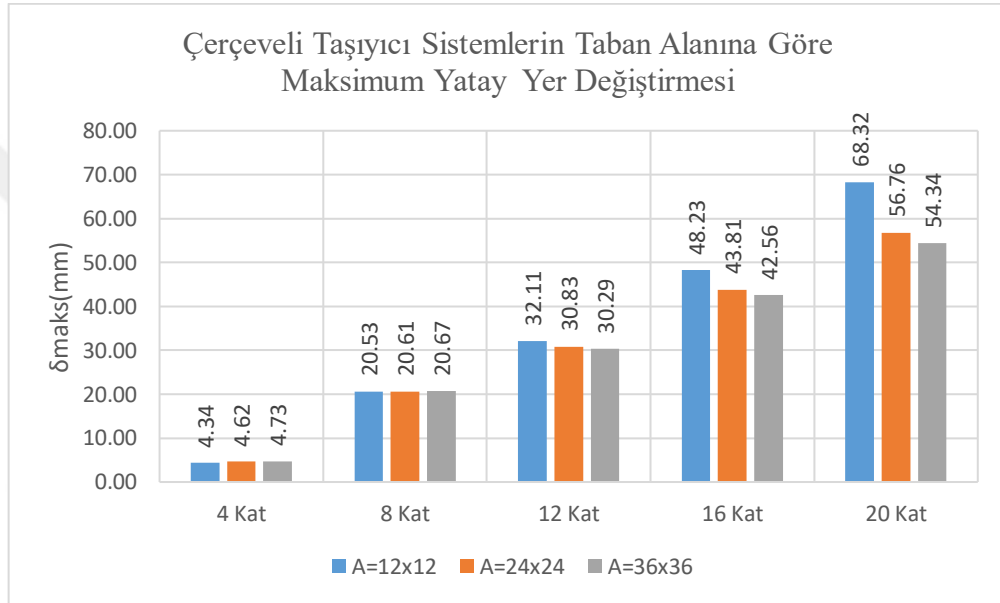


Şekil 6.42. 20 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerin sünekliğe göre maliyeti

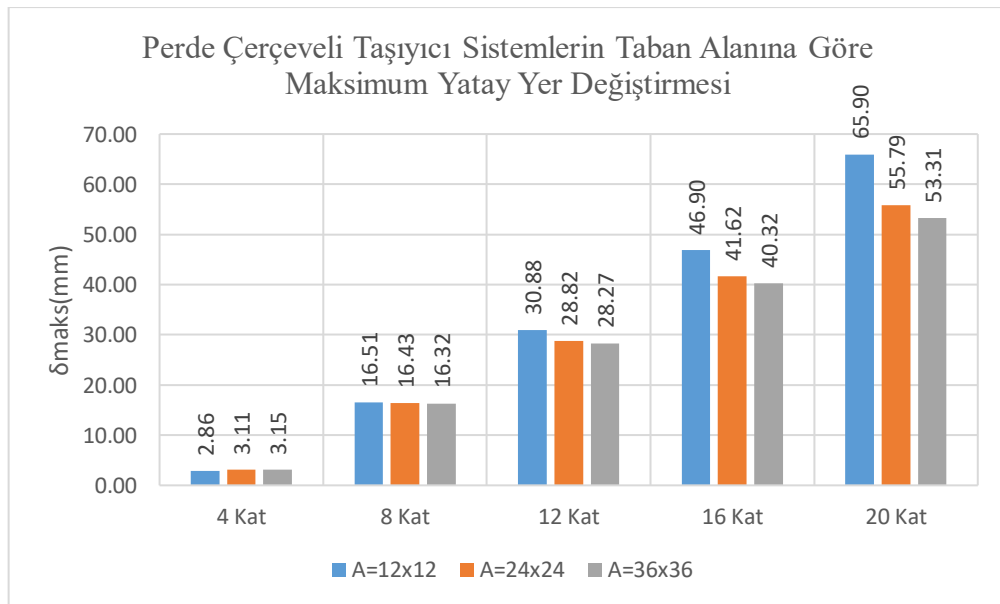
Bu grafiklerde, yapı taban alanı ve kat adeti aynı olan modellerin süneklik oranına göre maliyet kıyaslamaları yapılmıştır. Yüksek sünek yapı modellerinin maliyetinin normal sünek yapılara göre daha az olduğu görülmüştür. 20 katlı, 36^mx36^m taban alanlı perdeli taşıyıcı sistem modelleri ele alındığında, normal sünek olarak tanımlanan modellerin maliyeti yüksek sünek olarak tanımlanan modellerin maliyetinden %4,8 daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum, uygulamada sünekliği artırıcı detaylara önem vermenin hem emniyet hem de ekonomi açısından önemini vurgulamaktadır.

6.5. Yapı Taban Alanının Maksimum Yatay Yer Değiştirmeye Etkisi

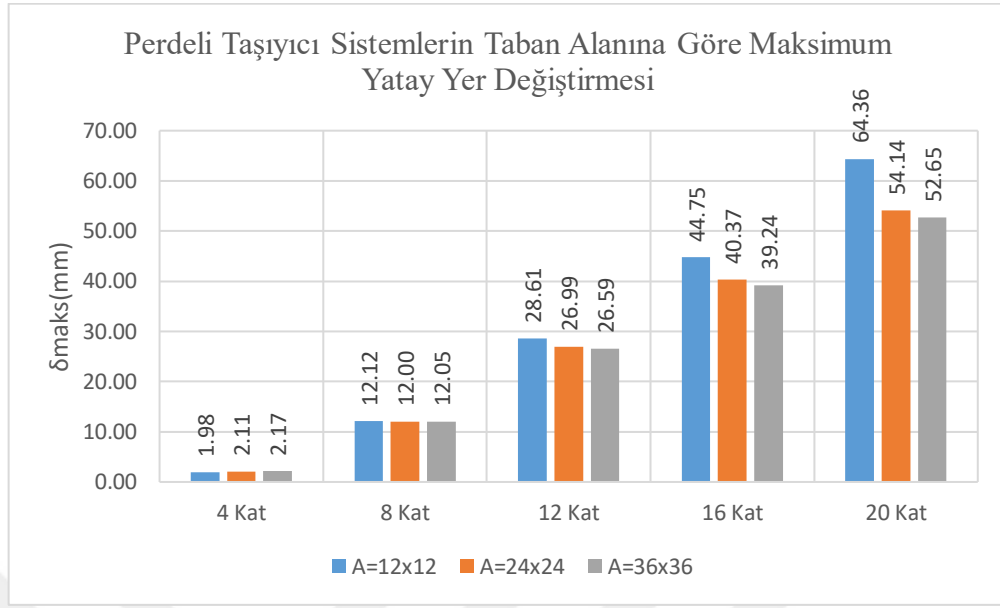
Bu bölümde, taşıyıcı sistemleri, süneklik oranları ve kat adetleri aynı olan modellerin, yapı taban alanlarındaki farklılığının maksimum yatay yer değiştirmeye etkisi incelenmiştir. Çerçeve taşıyıcı sistemlerin, kat yüksekliği 24 metreden fazla olan modelleri yüksek sünek olarak tasarlandığı için kıyaslamalar yüksek sünek modeller ele alınarak yapılmıştır. Modellerin yapı taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmeleri Şekil 6.43, Şekil 6.44 ve Şekil 6.45’de verilmiştir.



Şekil 6.43. Çerçeve taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi



Şekil 6.44. Perde çerçeve taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi



Şekil 6.45. Perdeli taşıyıcı sistemlerin taban alanına göre maksimum yatay yer değiştirmesi

Bu grafiklere göre, yapı yüksekliği 24 metreden fazla modellerde kat adeti arttıkça, yapı taban alanındaki artışın maksimum yatay yer değiştirmeyi belirgin bir şekilde olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Örneğin; 20 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerde, $12^m \times 12^m$ taban alanlı modellerin, $24^m \times 24^m$ taban alanlı modellere göre %18, $36^m \times 36^m$ taban alanlı modellere göre ise %22 daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı gözlemlenmiştir. Ancak 4 katlı modellerde, yapı taban alanının büyümesinin yatay yer değiştirmeyi arttırdığı görülmüştür. Örneğin; 4 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerde $36^m \times 36^m$ taban alanlı modellerin, $24^m \times 24^m$ taban alanlı modellere göre %2, $24^m \times 24^m$ taban alanlı modellere göre ise %9 daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı görülmüştür. 8 katlı perdeli taşıyıcı sistemlerde ise $24^m \times 24^m$ taban alanlı modellerin, $12^m \times 12^m$ taban alanlı modellere göre %1, $36^m \times 36^m$ taban alanlı modellere göre ise %0,5 daha az yatay yer değiştirme yaptığı görülmüştür. Bu durumda oluşturulan modellere 4 kat için $12^m \times 12^m$, 8 kat için $24^m \times 24^m$ ve 8'den yüksek katlar için $36^m \times 36^m$ taban alanlı modellerin daha ideal olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, tekil perde duvar davranışında olduğu gibi, yatay yükler altında, nispeten alçak yapılarda kesme etkisinin, yüksek yapılarda ise eğilme etkisinin daha belirgin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nispeten düşük yükseklikli bir sistemin taban alanı arttıkça yani narinliği azaldıkça, kütle artışıyla orantılı olarak artacak yatay deprem kuvvetlerinin de etkisiyle, daha çok ötelenmeye zorlandığı söylenebilir. Nispeten büyük yükseklikte bir sistemde ise taban alanının artması yani narinliğin azalması, o

yöndeki yatay deprem kuvvetlerinin sistemde oluşturacağı yatay eğilme etkisine karşı sisteme yatay rijitlik kazandırmakta ve eğilmeden dolayı oluşacak ötelenmeleri azaltmaktadır.



7. SONUÇLAR

“Betonarme Taşıyıcı Sistem Seçiminin Performans ve Maliyet ile İlişkisi” adlı tez çalışmasında, çerçeve, perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler, her sistemde kat adetleri; 4, 8, 12, 16, 20 olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Yapı taban alanları; 12x12 metre, 24x24 metre, 36x36 metre şeklinde seçilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayıları normal sünek ve yüksek sünek alınmıştır. Yapı önem katsayısı; $I=1$, deprem bölgesi; 1^o, spektrum periyodu; $T_a:0,15/T_b:0,6s$, zemin yatak modülü; 2000t/m³, zemin emniyet gerilmesi; 30t/m², beton sınıfı; C30 olarak her modelde sabitlenmiştir. Bu sabit ve değişkenlerin oluşturduğu kombinasyonla, 81 adet modelin performans ve maliyet ilişkisi incelenmiştir.

Yapı yüksekliğine göre kolon, kiriş ve perde elemanlarının ebatları belirlenmiş ve 3 taşıyıcı sistem türünde de bu eleman ebatları kullanılmıştır. Böylece çerçeve taşıyıcı sistem, perde çerçeve taşıyıcı sistem ve perdeli taşıyıcı sistem karşılaştırmaları maksimum yatay yer değiştirmeler ve serbest titreşim periyotlarına göre yapılmıştır. Oluşturulan modellerin metrajları çıkarılmış, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Fen Kurulu Başkanlığı tarafından yayınlanan 2018 yılı birim fiyatlarına göre maliyet hesaplamaları yapılarak taşıyıcı sistem seçiminin hangi şartlarda emniyet-ekonomi dengesinde optimum olabileceği gösterilmiştir.

Taşıyıcı sistem türlerinin kat adeti değişkenine bağlı seçiminde, çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin yatay yer değiştirme değerlerinin perde çerçeve taşıyıcı sistem modellerine göre, perde çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin de perdeli taşıyıcı sistem modellerine göre daha fazla olduğu görülmüştür. Sisteme eklenen perdelerin, yapının yatay rijitliğini önemli miktarda arttırdığı ve yatay yer değiştirmeleri kısıtladığı görülmüştür. Tüm modellerde yatay yer değiştirmeler, deprem yönetmeliğinin belirlediği sınırlar içerisinde tutulmuştur.

Bu çalışmaya göre 4 ve 8 katlı yapılarda çerçeve taşıyıcı sistem, 12 ve 16 katlı yapılarda perde çerçeve taşıyıcı sistem, 16 kattan yüksek yapılarda perdeli taşıyıcı sistem tercihinin yapı performansı ve maliyeti açısından optimum değerler aldığı söylenebilir.

Çerçeve taşıyıcı sistem modellerinin periyodunun, kat adeti arttıkça perde çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistem modellerine göre arttığı görülmektedir.

Yapı modellerinin, taşıyıcı sistem davranış katsayısı değişkeni ile kıyaslamaları yapıldığında, normal sünek çözülen modellere etkiyen deprem yüklerinin yüksek sünek çözülen modellere göre daha fazla olmasından dolayı, normal sünek modellerin, yüksek sünek modellere göre daha fazla yatay yer değiştirme yaptığı ve buna bağlı olarak daha yüksek maliyetlere ulaştığı görülmüştür.

Yapı taban alanlarında değişimin yatay yer değiştirmeye etkisi göz önüne alındığında, 12 kat ve üstü modellerde taban alanı arttıkça yatay yer değiştirmenin azaldığı görülmüştür. 4 katlı modellerde en düşük yatay yer değiştirme değeri $12^m \times 12^m$ taban alanına sahip modellerde olurken, 8 katlı modellerde $24^m \times 24^m$ taban alanına sahip modellerde olduğu gözlemlenmiştir. Kat adedinin nispeten az olduğu yapılarda kesme etkisinin, çok katlı yapılarda ise eğilme etkisinin daha belirgin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aracı, E. 2012. Betonarme perde konumlarının bina deprem performansına olan etkisinin bilgisayar destekli irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- Badami, S., & Suresh, M.R. (2014). A Study on Behavior of Structural Systems for Tall Buildings Subjected To Lateral Loads. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3.
- Bai, J., & Jin, S. (2020). An efficient method for optimizing the seismic resistance of reinforced concrete frame structures. *Advances in Structural Engineering*, 670-686. doi:10.1177/1369433219878856.
- Balkaya, C. , Etemadi, A. & Genç, Ö. (2021). Direct Displacement Based Design of RDC Frame-Shear Wall Structures. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 7 (3) , 54-65. doi:10.19072/ijet.810934.
- Burak, B., Comlekoglu, G. (2013). Effect of Shear Wall Area to Floor Area Ratio on the Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings. *Journal of Structural Engineering*. 139(11), 1928-1937. doi:10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000785
- Baykul, S. 2014. Betonarme binalarda deprem perdelerinin ön boyutlandırılması ve düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G. ve Wasti, S. T. 2008. *Binalar İçin Deprem Mühendisliği Temel İlkeler*. Bizim Büro Basımevi. Ankara.
- Celep, Z. Ve Kumbasar, N. 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Beta Yayınevi. İstanbul.
- Dahesh, M.A., Tuken, A. & Siddiqui, N.A. (2015). Controlling the earthquake-induced lateral displacement of RC buildings using shear walls: parametric study. *Arabian Journal of Geosciences*. 8(11), 9913-9927. doi: 10.1007/s12517-015-1903-7.
- Demirci H, Y. 2016. Asimetrik betonarme yapıların davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (D.B.Y.B.H.Y), (2007) Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Döndüren, M, S., ve Karaduman, A. 2010 Deprem bölgelerindeki yüksek katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem seçiminin kesit tesirlerine etkisi. *Teknik-Online Dergi* 9:2-2010, 131-143.
- Drosdov, P. F. ve Lishak. 1978. V. I. Spatial Rigidity & Stability of Tall Buildings of Different Structural Schemes, Central Research and Design Institute for Dwellings, Moskova.
- Erken, S. 2013. Betonarme yapıların taşıyıcı sistem seçiminde perde yerleşiminin davranışa etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Fragiadakis, M., Papadrakakis, M. (2008). Performance-based optimum seismic design of reinforced concrete structures. *Earthquake Engng. Struct. Dyn.*, 37: 825-844. <https://doi.org/10.1002/eqe.786>.
- Işık, M. 2008. Çok katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kasap, H. Ve Varol C. 2003. Perdeli-çerçeve sistemlerde planda perde yerinin değişmesinin perdeler ve çerçeveler arasındaki kesme kuvveti dağılımına etkisi. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7:1, 190-197.
- Kasap, H., Mert, N., Sevim, E., ve Şeber, B. 2015. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda taşıyıcı sistem seçiminin yapı davranışını üzerindeki etkisinin incelenmesi APJES, 3:1, 48-55. doi: 10.5505/apjes.2015.68442.
- Krishna, A.M., Arunakanthi, E. (2014). Optimum Location of Different Shapes of Shear Walls in Unsymmetrical High Rise Buildings. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(9). ISSN: 2278-0181.
- Moral, A. 2014. Kat adetleri farklı binaların doğrusal olmayan analiz yöntemi ile irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ozkul, T.A., vd. (2019). Effect of shear wall on seismic performance of RC frame buildings. *Engineering Failure Analysis*, 100, 60-75. ISSN 1350-6307.
- Özcan, A. 2015. Yüksek yapılarda betonarme perde duvarların kesme davranışı üzerine parametrik bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özlü, B. 2015. Çok katlı betonarme binalarda taşıyıcı sistem türlerinin davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- STA4CAD, Sta Bilgisayar Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, İstanbul.
- TS498, (2000). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul.
- TS500, (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul.
- Tuken, A., Siddiqui, N.A. (2013). Assessment of Shear Wall Quantity in Seismic-Resistant Design of Reinforced Concrete Buildings. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 38(10), 2639-2648. doi: 10.1007/s13369-012-0482-0.
- Türken, H., Yılmaz, Ü.S. ve Erkan, İ.H. 2011. Tünel kalıp sistemlerin geleneksel sistemlerle karşılaştırılması. *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*. 6:4. ISSN: 1016-1302.
- Uçar, T., Toumatari S. Ve Ertutar, Y. 2014. Çerçeve düzlemi içinde eklenen perdelerin betonarme binaların yapısal özelliklerine etkilerinin incelenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*. 3:1, 56-58.
- Uçar, T., ve Merter, O. 2009. Planda perde yerleşiminin betonarme perde-çerçeve binaların deprem davranışına etkisi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 11:2, 11-18.

Yaşoğlu, F, G. (2015). Taşıyıcı sistemleri farklı olan betonarme yapılarda döşeme türlerinin davranışa etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Zhang, C., Tian, Y. (2019). Simplified performance-based optimal seismic design of reinforced concrete frame buildings. *Engineering Structures*, 185, 15-25. ISSN 0141-0296.



ÖZ GEÇMİŞ

Erdem Mehmetbeyoğlu, Samsun Mareşal Fevzi Çakmak Lisesini bitirdikten sonra Lefke Avrupa Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 28.06.2013 tarihinde mezun oldu. 2016 yılında OMÜ LEE İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0009-0006-7562-1137

Yayınlar:

1. Mehmetbeyoğlu, E., Koç, V. (2019) “Betonarme Taşıyıcı Sistem Seçiminin Performans Ve Maliyet İle İlişkisi”, I.Ulusal Mühendislikte Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar Kongresi (UMUH BILMES 2019) (27.06.2019-30.06.2019) Ulusal/Özet Bildiri.