

**KOLON EĞİKLİĞİNİN ÇERÇEVE BETONARME BİNALARIN
PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Omair Elshafei Elkahilil Mohieldin



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOLON EĞİKLİĞİNİN ÇERÇEVE BETONARME BİNALARIN
PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Omair Elshafei Elkahlil Mohieldin
0000-0002-2152-1505

Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2021
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOLON EĞİKLİĞİNİN ÇERÇEVE BETONARME BİNALARIN PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Omair Elshafei Elkhalil Mohieldin

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Düşey olmayıp belirli bir eğikliğe sahip kolonlar betonarme yapılarda daha önceleri çok nadiren görülmesine rağmen son yıllarda daha fazla görülmektedir. Bunların uygulanmasındaki gerekçenin daha çok mimari tasarımdan kaynaklandığı belirtilebilir. Eğik kolonların yapıların statik ve dinamik davranışına olan etkileri konusunda yapılan çalışmaların yok denecek kadar az olduğu belirtilebilir. Ayrıca, yapıların hesap ve tasarımıyla ilgili yönetmelik ve standartlarda da eğik kolonlar konusunda ayrıntılı bilgilerin olduğu söylenemez. Bu nedenle mühendisler için eğik kolonları kullanmak genel olarak karmaşık ve davranışının belirlenmesi oldukça zor olarak görülmüştür. Bu tezin amacı kolon eğikliğinin binanın statik ve dinamik davranışına olan etkilerini irdelemektir. Bu amaçla farklı kat sayısına (3, 5, 9, 12, ve 15 katlı) ve farklı yüksekliğe sahip binalar için, belirlenen kolonların düşey ve eğik olması durumları ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Sadece kolon eğikliğinin etkisini ortaya koyabilmek için binadaki diğer parametrelerin aynı ya da benzer olmasına gayret gösterilmiştir. Düşey kolonlara sahip referans bina ile eğimli kolonlu binaların davranışları karşılaştırarak, eğimli kolon kullanımının betonarme çerçeve binaların sismik davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Binanın doğal periyodu, kat rijitliği, kat ötelenmesi, taban kesme kuvveti vb. parametrelerinde meydana gelen değişimleri karşılaştırmalı olarak ortaya koyabilmek için sismik analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu sismik analizler, TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği hükümleri dikkate alınarak ve ETABS V.19.0.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda eğimli kolonlara sahip binalarda doğal titreşim periyodlarının azaldığı gözlemlenmiştir. Buna karşılık, eğimli kolonlara sahip binalarda eğim derecesinin 1'den 5'e kadar artması durumunda daha yüksek yanıl rijitlik elde edilmiştir. Bununla birlikte eğimli kolonlara sahip binalarda kolon eğikliğinin kat ötelenmesi üzerindeki etkisinin, kat ötelenme yönüne ve kolonların eğim yönüne bağlı olarak pozitif veya negatif olabileceği de fark edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Eğik/eğimli kolon; çerçeve sistem binalar; sismik analiz.
2021, VIII+54 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

Investigation of the effects of column inclination on the performance of frame reinforced concrete buildings.

Omar Elshafei Elkhalil Mohieldin

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Columns that are not vertical but have a certain inclination have been seen more in recent years, although they were rarely seen in reinforced concrete structures before. It can be stated that the reason for their implementation is mostly due to architectural design. It can be stated that studies on the effects of inclined columns on the static and dynamic behavior of structures are scarce. In addition, it cannot be said that there is detailed information about inclined columns in the regulations and standards related to the calculation and design of the structures. For this reason, using inclined columns has generally been seen as complex and rather difficult to determine behavior for engineers. In this thesis, it is aimed to examine the effects of column inclination on the static and dynamic behavior of the building. For this purpose, for buildings with different number of story (3, 5, 9, 12, 15 story) and building heights, vertical and inclined columns were taken into account separately. Efforts were made to ensure that other parameters in the building were the same or similar just to reveal the effect of column inclination. By comparing the behavior of the reference building with vertical columns and buildings with inclined columns, the effects of the use of inclined columns on the seismic behavior of reinforced concrete frame buildings were investigated. The natural period of the building, floor stiffness, floor offset, base shear force etc. Seismic analyzes were carried out in order to comparatively reveal the changes in the parameters. The aforementioned seismic analyzes were carried out by taking into account the provisions of TBDY-2018 Turkey Building Earthquake Code and using ETABS 2019 software. As a result of the analyzes carried out, it was observed that the natural vibration periods decreased in buildings with inclined columns. On the other hand, in buildings with inclined columns, especially heigh-rise buildings higher lateral stiffness was obtained. However, it has also been noticed that the effect of column inclination on the story drift in buildings with inclined columns can be positive or negative depending on the story drift direction and the inclination direction of the columns.

Key words: column inclination; inclined column; frame system buildings; seismic design.

2021, VIII+54 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca sahip olduğu bilgiyi, tecrübeyi ve desteğini benden esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN' e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Değerli katkılarından ötürü jüri üyelerine teşekkür ederim.

Dr. Fikret Mehdi'ye tez çalışmama yapmış olduğu katkılardan ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşantım boyunca beni her zaman destekleyen ve yanımda olan tüm aileme en içten teşekkürlerimi sunarım

Değerli okul arkadaşlarıma tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Omair Elshafei Elkahlil Mohieldin

14/09/2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Deprem Etkisinin Tanımlanması.....	4
2.1.1. Deprem düzeyleri.....	4
2.1.2. Deprem yer hareketi spektrumu.....	4
2.1.3. Harita ve tasarım spektral ivme katsayıları.....	4
2.2. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi İçin Genel Esaslar.....	6
2.2.1. Bina kullanım sınıfları ve önem katsayıları.....	6
2.2.2. Deprem tasarım sınıfları.....	7
2.2.3. Bina yükseklik sınıfları.....	7
2.3. Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar.....	8
2.3.1. Yatay düzensizlik.....	8
2.3.2. Düşey düzensizlik.....	10
2.4. Tasarım Yaklaşımları.....	11
2.4.1. Dayanıma göre tasarımda kullanılacak hesap yöntemleri:.....	11
2.4.2. Şekil değiştirmeye göre tasarımda kullanılacak hesap yöntemleri:.....	11
2.5. Etkin Kesit Rijitlikleri.....	12
2.6. Hareketli yük kütle katılım katsayısı.....	12
2.7. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi.....	13
2.7.1. Yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesi.....	13
2.7.2. Düşey deprem etkisi.....	13
2.8.Önemli Terimler.....	14
2.8.1. Dayanım fazlalığı katsayısı (D).....	14
2.8.2. Deprem yükü azaltma katsayısı (R_a).....	14
2.8.3. Binanın doğal titreşim periyodu (T).....	14
2.8.4. Binanın temel doğal periyodu.....	14

2.8.5. Görelî kat ötelemeleri.....	14
2.8.6. Kat kesmesi	14
2.8.7. Kat rijitliğini.....	14
2.9. Kaynak Araştırması.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Modellere Ait Genel Bilgiler	19
3.2. Yük ve Yük Kombinasyonları	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Yapıların Temel Titreşim Periyotları	24
4.2.Tabandaki Sismik Kuvvetler.....	29
4.3. Maksimum Kat Yer değiştirmesi	30
4.4. Maksimum Görelî Kat Ötelemeleri.....	33
4.5. Düzensizlik.....	38
4.6. Kat Rijitliği	38
5. SONUÇ.....	40
KAYNAKLAR	42
EKLAR	44
EK. 1. Binaların kat görelî ötelemeleri (x10-4)	44
EK. 2. Kat rijitliğini	48
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler Açıklamalar

D	Dayanım fazlalığı katsayısı
$E^{(H)}_d$	Doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E^{(X)}_d$	X doğrultusundaki depremin etkisi altındatasarıma esas deprem etkisi
$E^{(Y)}_d$	Y doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E^{(Z)}_d$	Z doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem et kisi
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
G	Sabit yük etkisi
g	Yerçekimi ivmesi
I	Bina önem Katsayısı
n	Hareketli yük katılım katsayısı
Q	Hareketli yük etkisi
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
T	Bina doğal titreşim periyodu (s)

Kısaltma Açıklama

BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
DD	Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
ŞGDT	Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme Ve Tasarım
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS	Türk Standarts

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye’de inşa edilen eğik kolonlara sahip binalara ilişkin bir örnek.....	1
Şekil 1.2. Rize’de inşa edilen çay bardağına benzetilen bina inşaatının görünümü	2
Şekil 2.1. Burulma düzensizliği.	8
Şekil 2.2. Döşeme Süreksizliği.	9
Şekil 2.3. A3 türü düzensizliği.....	10
Şekil 2.4. B3 türü düzensizliği.	11
Şekil 3.1. Tezin metodolojisinin akış şeması.	19
Şekil 3.2. Binaların planı; (a) Referans bina; (b) 1°, (c) 2°, (d) 3°, (e) 4°, (f) 5° eğimli kolonların binalar.	20
Şekil 3.3. Binaların ön cephe kesiti (a) Referans bina; (b) 1°, (c) 2°, (d) 3°, (e) 4°, (f) 5° eğimli kolonların binalar.	21
Şekil 3.4. Binaların 3 boyutlu görünümü; (a)3 katlı, (b)5 katlı, (c)9 katlı, (d)12 katlı, (e)15 katlı	22
Şekil 4.1. Çok katlı yapıların farklı açılardan doğal titreşim periyotları	25
Şekil 4.2. 12 Katlı binanın (0° ve 2°) kolon e ilk üç modunun şekli	27
Şekil 4.3. 5 Katlı binanın (0° ve 5°) kolon e ilk üç modunun şekli	28
Şekil 4.4. Maksimum kat yer değiştirmesi.....	31
Şekil 4.5. Binaların maksimum kat ötelemeleri	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Kısa saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.	5
Çizelge 2.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	5
Çizelge 2.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.	6
Çizelge 2.4. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).	7
Çizelge 2.5. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan.....	7
Çizelge 2.6. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları.....	12
Çizelge 2.7. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı.....	12
Çizelge 3.1 kirişlerin ve kolonların kesitlerini ve her bir binanın toplam yüksekliği.....	20
Çizelge 3.2. ana sismik parametreleri	23
Çizelge 3.3. yük kombinasyonları.....	23
Çizelge 4.1 . Binaların ilk üç modu.....	26
Çizelge 4.2. X-doğrultusunun sismik taban Kuvvetleri	29
Çizelge 4.3. Z-doğrultusunun sismik taban Kuvvetleri	30
Çizelge 4.4. Binanın Maksimum Burulma Düzensizliği	38
Çizelge 4.5. binanın kat rijitliğini	39

1. GİRİŞ

Son zamanlarda eğik kolonlara sahip yapılara Türkiye’de başta İstanbul ve Ankara olmak üzere diğer şehirlerimizde de rastlanmaktadır. Daha fazla görülmesinde statik gerekçelerden ziyade mimari düşüncelerin daha etkin olduğunu belirtmek uygun olmaktadır. Bazen üst katlarda daha fazla alan kazanmak ve cepheyi hareketlendirmek gibi düşüncelerle eğik kolonlara sahip binalar inşa edilmektedir. Şekil 1.1. Türkiye’de inşa edilen eğik kolonlara sahip binalara ilişkin bir örneği göstermektedir.



Şekil 1.1. Türkiye’de inşa edilen eğik kolonlara sahip binalara ilişkin bir örnek
Mimari düşüncelerin belirleyici olmasına ilişkin belirgin bir örnek Rize’de inşa edilen bina verilebilir. Rize bölgesinde çay yetiştiriciliği yaygın olduğundan, binanın kolonları Şekil 1.2 de sunulan fotoğraftan görüldüğü gibi eğik olarak inşa edilmiş ve bina çay bardağına benzetilmiştir.



Şekil 1.2. Rize’de inşa edilen çay bardağına benzetilen bina inşaatının görünümü (TRT Haber 2021)

Kolonları eğime sahip yapılara diğer ülkelerde de rastlanmaktadır. Eğimli kolonlara sahip yapılara ilişkin Türkiye dışındaki bazı örnekler olarak, Abu Dabi'deki Capital Gate, Moskova'daki Evolution Tower ve Tayland'daki Mega Bridge yapıları verilebilir.

Eğik kolon (eğimli kolon) terimi taşıyıcı sistemde belirli bir çizgiye paralel veya dik açıda olmayan taşıyıcı eleman için kullanılmaktadır (Kumar 2018; Krishna 2019; Navaneeth 2020; Singh 2020).

Bilindiği gibi yapılar, kendi ağırlığı gibi düşey yüklerin etkisinde kalabileceği gibi, rüzgar ve deprem etkisi gibi yanal etkilere de maruz kalabilmektedir. Bu yanal kuvvetler nedeniyle binalar yanal yer değiştirmeye, gerilmelere ve titreşimlere maruz kalmaktadır. Yapılarda genel rijitliği artırmak veya kütleyi artırmak konularında çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, kütleyi attırmak genel olarak deprem hesabında dikkate alınan taban kesme kuvvetini arttırdığından çoğu zaman tercih edilmez. Temel yaklaşım olarak binanın, yükleri temellere güvenli ve etkin bir şekilde aktaracak taşıyıcı sisteme sahip olacak nitelikte tasarlanması uygun olmaktadır (Medvecka 2015; Santhosh 2021).

Kolonlar, çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binaların yatay yükü karşılayacak olan yegane düşey taşıyıcı elemanlarıdır. Böylesi bir sistemde betonarme çerçevelerin başlangıç rijitliği esas olarak kolonların rijitliğine bağlıdır. Eğimli kolonlara sahip binalarla ilgili

yapılmış olan sınırlı sayıdaki literatür çalışması, sadece düşey kolonlara sahip binalardan daha az yatay yer değiştirme gösterdiğini belirtmektedir. Bu nedenle eğimli kolonlara sahip betonarme çerçeve binalar, standart betonarme çerçevelere göre daha rijit davranmaktadır (Medvecka 2015; Kumar 2018; Krishna 2019; Navaneeth 2020; Singh 2020).

Eğimli kolonlara sahip yapılar çeşitli şekiller alabilmektedir. Döşeme plan boyutları kolonların eğim yönüne göre azalabilir veya artabilir (Kumar 2018; Singh 2020) yada eğimli kolonlarla binanın yüksekliği ile birlikte orijinal boyutları korunabilir. Böylece kolonlar sabit bir plan şekli ile belirli derecelerde eğilebilir.

Literatür araştırmasına göre, eğik kolonlara sahip yapılar üzerinde yapılan çalışmaların normal düşey kolonlu çerçeve sistem yapılar üzerinde yapılan çalışmalara göre yok denecek kadar az olduğunu belirlemek uygun olmaktadır. Ayrıca, hemen hemen tüm uluslararası kodlar, eğimli kolonlar konusunu yeterince tartışmamaktadır. Bu bağlamda tezde toplanan ve tartışılan tüm veriler esas olarak bilimsel araştırma çalışmalarından elde edilmiştir. Bu tezin ana vurgusu, kolonların eğiminin farklı yüksekliklerdeki betonarme çok katlı çerçeve binaların dinamik davranışı nasıl değişeceğini değerlendirmektir.

Bu tez, beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, konu hakkında genel bilgiler, tezin konusu ve amacı verilmektedir. İkinci bölümde literatür çalışması yapılarak konu ile ilgili yayınlar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 hükümleri, tezle ilgili genel hususlar verilmektedir. Üçüncü bölümde ise çalışmanın metodolojisi, modellerin taşıyıcı sistem tipi, kullanılan malzemelerin özellikleri, uygulanan yük ve sismik veriler gibi hesap bilgilerinden bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde, binanın doğal periyodu, kat rijitliği, kat ötelemesi, taban kesmesi gibi farklı parametreler dikkate alınarak düşey ve eğimli kolonlara sahip çok katlı bina sonuçları karşılaştırılıp tartışılmaktadır. Beşinci bölüm ise sonuç ve önerilere ayrılmıştır. Son olarak kaynaklar bölümü gelmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 hükümlerinin eğimli kolonlara sahip binaların depreme göre hesap ve tasarımını yapabilmek için gerekli olan parametreler açıklanmaktadır. Ayrıca, kaynak araştırması yapılmış ve çalışmanın konusu ile ilgili akademik çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1. Deprem Etkisinin Tanımlanması

2.1.1. Deprem düzeyleri

Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) dört farklı deprem yer hareketi seviyesi tanımlamaktadır. Bu tezde Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2) alınmıştır. DD-2, 50 yılda spektral büyüklükleri %10 aşılma olasılığı olan bir deprem ve 475 yıllık bir tekrarlama periyodu yer hareketi olarak tanımlanmaktadır. Diğer deprem yer hareket düzeyleri TBDY'nin 2.2. bölümünde açıklanmıştır.

2.1.2. Deprem yer hareketi spektrumu

Deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi seviyesine dayalı olarak %5 sönüm oranı için, harita spektral ivme katsayılarına ve yerel yer etkisi katsayılarına dayalı olarak standart formda veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile tanımlanmaktadır.

2.1.3. Harita ve tasarım spektral ivme katsayıları

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için Deprem Tehlike Haritaları, iki spektral ivme değerini tanımlayan Spektral İvme Haritaları olarak düzenlenmiştir. Boyutsuz olarak tanımlanan harita spektral ivme katsayıları:

a) Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı S_s

b) 1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı S_1 .

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu $(V_s)_{30} = 760$ m/s esas alınarak %5 sönüm oranı için Deprem Tehlike

Haritaları'nda verilen harita spektral ivmeleri'nin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

Harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 aşağıdaki eşitlikler kullanılarak tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür:

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s \quad \text{Denk.(2.1)}$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 \quad \text{Denk.(2.2)}$$

Denk.(2.1) ve (2.2)'deki F_s ve F_1 yerel zemin etki katsayıları olup Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Kısa saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

Çizelge 2.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

Örnek olarak seçilerek analizi yapılacak olan binalar Bursa ili, Nilüfer ilçesi sınırları içerisinde yer aldığı kabul edilmektedir. Yerel Zemin Sınıfı ZB olarak dikkate alınmıştır. Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından DD-2 deprem düzeyi esas alınarak S_s kısa

periyot spektral ivme katsayısı ve S_1 1.0 saniye periyot spektral ivme katsayıları aşağıdaki gibi alınmıştır.

$$S_s = 0.99 \quad S_1 = 0.253$$

Kısa periyot yerel zemin etki katsayısı 0,9, 1,0 saniye periyot yerel zemin etki katsayısı 0,8 alınarak tasarım spektral ivme katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$S_{DS} = 0.990 * 0.9 = 0.8910$$

$$S_{D1} = 0.253 * 0.8 = 0.2024$$

2.2. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi İçin Genel Esaslar

2.2.1. Bina kullanım sınıfları ve önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfları (BKS), Deprem Tasarım sınıflandırmasını (DTS) bulmak için gerekli olan bir faktördür. Bina Önem Katsayısı (BKS) ise bir depremden sonra binanın ne kadar güvenli olması gerektiğini gösteren bir katsayıyı göstermektedir. Binanın kullanım sınıfı, Binanın kullanım amacı ve Bina Önem Katsayısı aşağıdaki Çizelge 2.3’de verilmektedir. Çalışmadaki binaların kullanım sınıfı 3 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2.3. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar 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) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

2.2.2. Deprem tasarım sınıfları

Bina Kullanım Sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına bağlı olarak, bu TBDY-2018’de deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Çizelge 2.4’ye göre belirlenecektir. Çalışmadaki binaların için DTS=1 olarak bulunmuştur.

Çizelge 2.4. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

2.2.3. Bina yükseklik sınıfları

Deprem etkisi altındaki tasarımda binalar, yükseklikleri bakımından Deprem Tasarım Sınıflarına bağlı olarak sekiz Bina Yükseklik Sınıfına (BYS) ayrılmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 2.5 Bina Yükseklik Sınıflarını göstermektedir.

Çizelge 2.5. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıfları.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Bu çalışmadaki binaların toplam yüksekliği 9,4m ile 48m arasında değiştiğinden, DTS'si 1'dir, dolayısıyla BYS'leri 3 ile 7 arasında olduğu anlamına gelmektedir.

2.3. Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar

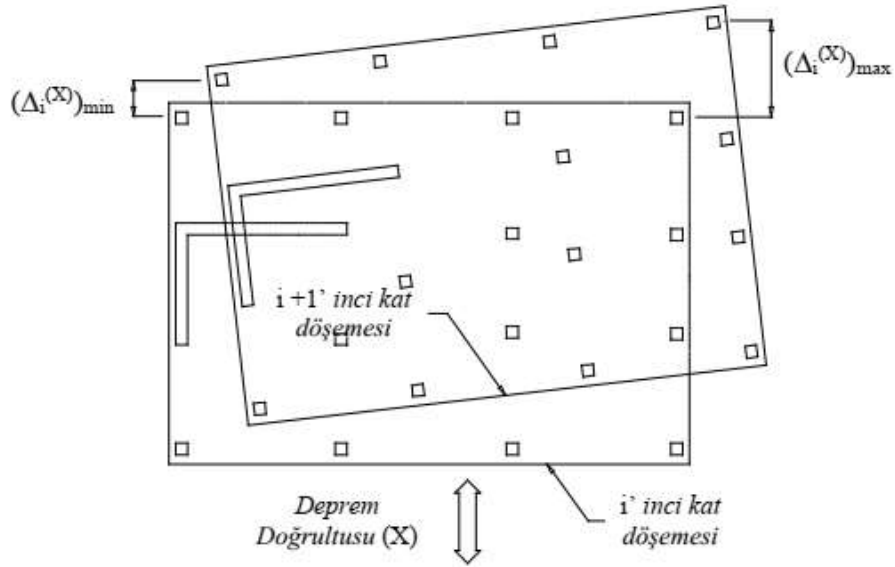
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre binalar için iki ana türlü düzensizlik türü tanımlanmaktadır.

2.3.1. Yatay düzensizlik

a) A1 Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_1^{(X)})_{\max}}{(\Delta_1^{(X)})_{\text{ort}}} > 1.2 \quad \text{Denk.(2.3)}$$



Şekil 2.1. Burulma düzensizliği.

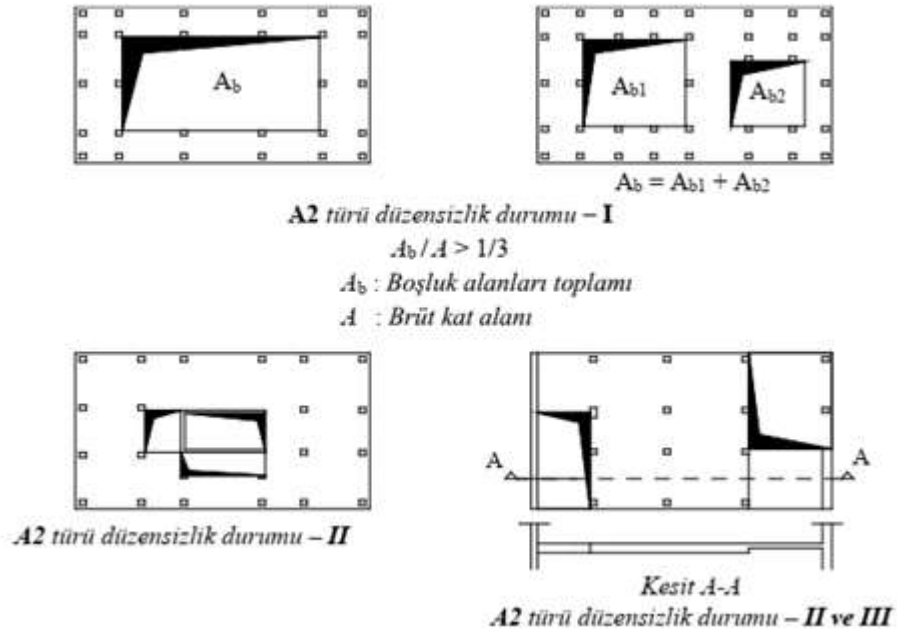
b) A2 Döşeme Süreksizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

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

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

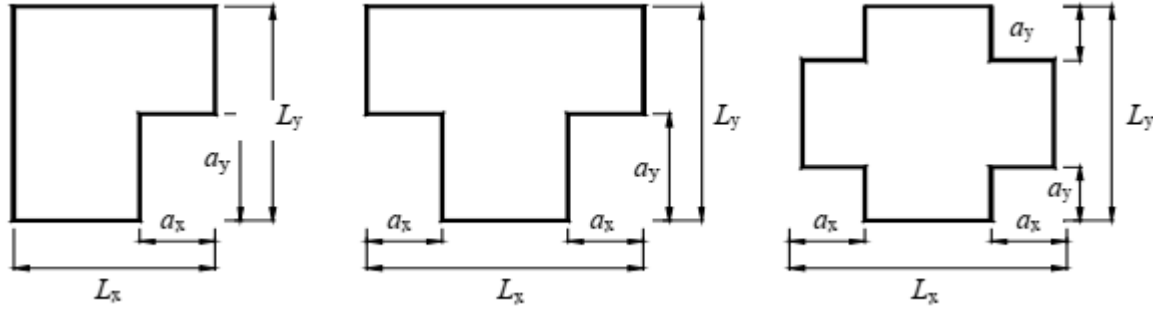
III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.



Şekil 2.2. Döşeme Süreksizliği.

c) A3 Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu



Şekil 2.3. A3 türü düzensizliği.

2.3.2. Düşey düzensizlik

a) B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

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

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80 \quad \text{Denk. (2.4)}$$

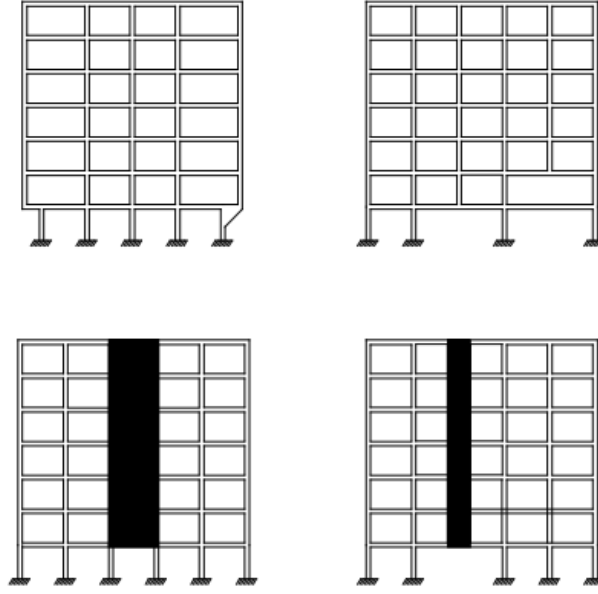
b) B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu.

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort}} \text{ veya } \frac{(\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort}} > 2.0 \quad \text{Denk. (2.5)}$$

c) B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:

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



Şekil 2.4. B3 türü düzensizliği.

2.4. Tasarım Yaklaşımları

TBDY-2018'de depreme dayanıklı bina tasarımı için iki farklı tasarım yaklaşımı verilmektedir. Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞDGT) yaklaşımıdır.

2.4.1. Dayanıma göre tasarımda kullanılacak hesap yöntemleri:

- a) Eşdeğer deprem yükü yöntemi,
- b) Mod birleştirme yöntemi,
- c) Zaman tanım alanında mod toplama yöntemi,

2.4.2. Şekil değiştirmeye göre tasarımda kullanılacak hesap yöntemleri:

- a) Doğrusal olmayan itme yöntemleri
 - i. Tek modlu itme yöntemleri
 - ii. Çok modlu itme yöntemleri
- b) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Bu tezde, tasarım yaklaşımı olarak Dayanıma Göre Tasarımını (DGT), hesap yöntemi olarak Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

2.5. Etkin Kesit Rijitlikleri

Etkin kesit rijitliği çarpanları için depremlı yük kombinasyonlarında Çizelge 2.6'deki değerler kullanılacaktır.

Çizelge 2.6. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

2.6. Hareketli yük kütle katılım katsayısı

Hareketli yük kütle katılım katsayısı (n) bina kullanım amacına göre Çizelge 2.7'e göre belirlenecektir.

Çizelge 2.7. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

2.7. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

2.7.1. Yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesi

Yatay deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin deprem hesabının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi veya Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri Denk.(2.6) ve Denk(2.7)'da tanımlandığı şekilde birleştirilecektir:

$$E_d^{(H)} = \mp E_d^{(X)} \mp 0.3 E_d^{(Y)} \quad \text{Denk.(2.6)}$$

$$E_d^{(H)} = \mp 0.3 E_d^{(X)} \mp E_d^{(Y)} \quad \text{Denk.(2.7)}$$

2.7.2. Düşey deprem etkisi

TBDY-2018'e göre deprem tasarım sınıfı 1, 2, 1a ve 2a olan ve aşağıda sıralanan elemanları içeren binalarda düşey deprem etkisi altında model analiz yapılması zorunlu kılınmaktadır.

- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
- Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
- Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,
- Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

Bu tez kapsamında seçilen binaların referans bina hariç diğerlerinin kolonları eğimli olduğundan düşey deprem etkisi altında model analiz yapılması gerekli olmaktadır

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri Denk.(2.8) ve Denk.(2.9) ile tanımlanmıştır:

$$G + Q + E_d^{(H)} + 0.3 E_d^{(Z)} \quad \text{Denk.(2.9)}$$

$$0.9 G + E_d^{(H)} - 0.3 E_d^{(Z)} \quad \text{Denk.(2.10)}$$

2.8.Önemli Terimler

2.8.1. Dayanım fazlalığı katsayısı (D)

Dayanım fazlalığı katsayısı akma dayanımının tasarım dayanımına oranla fazlalığını ifade eden katsayıdır.

2.8.2. Deprem yükü azaltma katsayısı (R_a)

Deprem yükü azaltma katsayısı deprem etkisinde kalan bir yapının alacağı yükü yapılan süneklik kabulü ve tasarımlarına göre azaltan bir katsayıdır

2.8.3. Binanın doğal titreşim periyodu (T)

Tam bir salınım döngüsünden geçmesi için geçen süredir.

2.8.4. Binanın temel doğal periyodu

Her binanın, dış etkilerden (deprem ve rüzgar gibi) ve iç etkilerden (üzerine sabitlenmiş motorlar gibi) kaynaklanan sarsıntıya minimum direnç gösterdiği bir dizi doğal frekansı vardır. Bu doğal frekansların her biri ve bir binanın ilgili deformasyon şekli, bir Doğal Salınım Modu oluşturur. En küçük doğal frekansa (ve en büyük doğal periyoda) sahip salınım moduna Temel Mod denmektedir.

2.8.5. Göreli kat ötelemeleri

Bir düşey elemanın (kolon veya perde) bir üst yada bir alt kattaki düşey elemana göre yer-değiştirmesi anlamına gelmektedir.

2.8.6. Kat kesmesi

kat kesmesi, kat başına etkiyen yanal yüküdür (rüzgar veya sismik).

2.8.7. Kat rijitliğini

Bir katın yanal rijitliği, kesmesinin kat ötelenmesine oranı olarak tanımlanır.

2.9. Kaynak Araştırması

Medvecka ve ark. (2015), 20 katlı silindir şeklindeki bir binanın dinamik davranışını dört farklı açıyı dikkate alarak araştırmıştır. Statik yükler (rüzgar) veya dinamik yükler (Sismik) altında eğimli kolonlara sahip binaların yer değiştirmelerinin 3 dereceye kadar eğimli kolonları olmayanlara göre oldukça küçük olduğunu bulmuşlardır. Çalışmalarının bir sonucu olarak, kolonlar düşey ekseninden 8.37° eğimli olduğunda, yer değiştirme yaklaşık %40, 12.44° 'de ise takriben % 70 azalma belirlemişler, ancak 12.44° ve $16,39^\circ$ eğiklik için yer değiştirmeleri arasında önemli bir etkiye rastlamamışlardır.

Kumar ve ark.(2018), eğimli kolonların normal kolonlara göre depreme karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmiştir. Kolon eğimi 80, 84, 88, 90, 92, 96 ve 100 derece olan 15 katlı kare şekilli bir geometrik plan için tepki spektrumu yöntemini kullanarak sismik analiz yaptılar. 90 derecelik normal kolonlu binalarla karşılaştırıldığında, 80, 84 ve 88 derece eğimli kolonlara sahip binalar sırasıyla %41 ve 92, 96 ve 100 derece için %30 daha az kat yer değiştirmesine sahiptir. 90 dereceden fazla eğimli kolonlara sahip binalar, geleneksel kolonlardan daha büyük kat kesme ve kat rijitliğine sahiptir.

Allouzi (2018), ikinci mertebeye analiz ve 3 boyutlu sonlu eleman modelleri kullanarak eğimli narin kolonların kritik burkulma yükünü türeterek, eğimli narin betonarme kolonların lineer olmayan davranışını araştırmıştır. Yeterli eğilme rijitliğinin, burkulma eşiğindeki narinlik oranına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Eğimli kolonların tepkisi incelenmiş ve etkili uzunluk faktörlerine ilişkin öneriler belirtilmiştir.

Krishna ve ark.(2019) dokuz model için sismik analiz gerçekleştirmiştir. Modeller, 80, 85 ve 90 derece gibi farklı açılarda eğimli kolonlara sahip 19 katlı, 9 katlı ve 3 katlı binalardır. Analiz, tepki spektrumu yöntemiyle yapıldı. Tüm durumların sonuçlarında kolonların açısı azaltıldığında kat yer değiştirmesinin azaldığı gözlemlenmiştir. 85 derecede, etki 19 katlı binada 3 katlı binaya göre daha belirgindir ve 80 derecede bunun tersi de geçerlidir. Böylece planı geometrik olarak değişen yapılarda eğimli kolonlar kullanıldığında sismik performans artmaktadır.

Krishna ve ark. (2020) kolon eğimi 90, 85, 82, 80 derece olan bir binayı her iki eksene göre simetrik bir binayı bir eksene göre simetrik ve her iki eksene göre asimetric bir

binayı analiz etmiştir. Ele alınan modellerin geleneksel binalarla tepkisini değerlendirmek için karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, eğimli kolonların, sismik kuvvetlere direnerek ve iç kolonlarda sismik kuvvetlerin etkisini azaltarak binanın performansını iyileştirdiğini göstermiştir. Çalışma, zaman tanım alanı analiz yöntemini kullanarak 20'den fazla model analiz edilmiştir. Çalışma, 80 ve 82 kolon eğimli her iki eksene simetrik modellerin sismik yükleme altında daha iyi performans gösterdiği sonucuna varmıştır. 85 kolon eğimli modellerin daha iyi performansı, tek eksene simetrik modeller içindedir. Ancak, her iki eksene göre asimetric modeller, 80, 82 veya 85 derecelik kolon eğimi ile daha iyi sismik direnç gösterememişlerdir.

Singh ve ark.(2020), eğimli kolonlara sahip binaların, geleneksel yapısal sisteme göre daha az maksimum kat yer değiştirmesi ve daha az kat kayması gösterdiğini belirlemiştir. Ele alınan model, 80, 82, 84, 86, 88 ve 90 derece eğimli kolonlara sahip 13 katlı dikdörtgen şekilli geometrik planlı bir binaydı. Analiz, tepki spektrumu yöntemiyle yapıldı. Yazarlar, en verimli eğimin 84 derece olduğu ve bunun standart kolonlara göre %69 daha az maksimum kat yer değiştirmesi ve %67 daha az kat ötelenmesi sağladığı sonucuna vardılar.

Firas ve ark. (2020), eğim açısının betonarme kolonların rijitliğini ve mukavemetini nasıl etkilediğini belirtmiştir. 1000mm ve 1250mm kolon yüksekliğine sahip binada üç eğim açısı dikkate alınmıştır. Sonuçlar, eğimli kolonun aksenal rijitliği ve mukavemeti azalttığını göstermiştir. Mukavemet azaltma oranı, 5 ila 10 derecelik eğim açıları için yaklaşık %0.8'den %3.4'e kadardır. Kolon ne kadar uzun olursa, eğim açılarına o kadar duyarlı hale geldiği de kaydedilmiştir.

Santhosh ve ark. (2021), hem simetrik hem de asimetric binaları dikkate alarak 14 katlı bir Y-şekilli eğimli kolonlara sahip binanın sismik performansını, eğimli kolonları olmayan standart bir binanın tepkisi ile karşılaştırmıştır. Yazarlar ayrıca Y şeklinde kolon kullanılarak elde edilen alan kullanımını ve Y'nin optimum eğim açısını iki farklı derinlikte incelediler. Standart binaya göre Y şekilli kolon, normal kolon sayısını %25 azalttı, taban alanını %10 artırdı, ancak beton miktarını %4 artırdı. Standart kolona göre Y şekilli kolonlar dikkate alınarak yapının depreme karşı direnci artırılmıştır. 1 m derinliğe sahip Y kolonları 50° eğim açısı ile ve 1.5 m derinliğe sahip kolonlar için 40° açı ile daha iyi performans göstermiştir. Ancak, 1.5 m derinliğindeki Y kolonu,

maksimum yer değiştirmenin %60.27'sini, kat ötelenmesinin %46.16'sını ve binanın periyodunun %31'ini azaltarak daha iyi bir sismik performans göstermiştir.

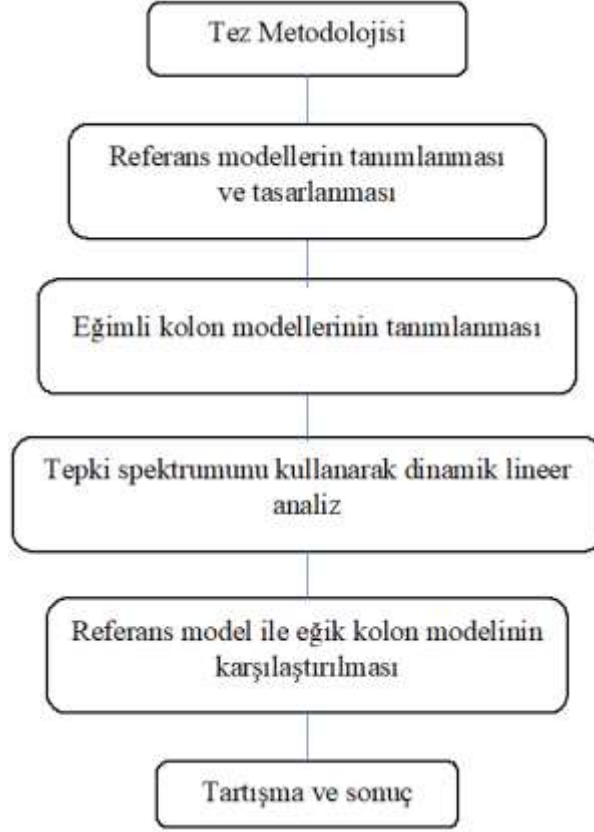
ACI, diyafram düzleminin, kolonların eğiminden kaynaklanan yerçekimi ve devrilme hareketi nedeniyle önemli yatay itmelerden etkilenebileceğini belirtmiştir. Bu itmeler, esas olarak, diğer elamanlar tarafından yerel olarak dengelenmediğinde ortaya çıkmaktadır. Diyafram, kolonun oryantasyonuna bağlı olarak, çekmeden veya basınçtan etkilenebilmektedir. Komşu çerçeve elemanları ile monolitik olmayan eksantrik yüklü beton kolonlarda bu kuvvetler yaygındır ve kritik olabilmektedir (ACI-318 2019). Buna karşılık, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY-2018, eğik kolonlar varken analiz sırasında sismik yüklerin düşey bileşeninin dikkate alınmasını öngörmektedir (TBDY 2018).

Burada, eğimli yapı elemanlarının, pratik mühendislik anlamında eğimli bir destek (strut) veya eğimli bir kolon olarak söylenebilmektedir. Kolonlar ve destekler (struts) arasında bazı ortak noktalar ve bazı farklılıklar da vardır. Hem kolon hem de destek (strut) genellikle basınç elemanlarıdır. Destekler esas olarak aksenal basınç yükünü taşımak için tasarlanmıştır. Diğer tarafta, kolonlar aksenal yüklere, eğilme momentlerine ve kesme kuvvetlerine dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Sınır koşullarına bağlı olarak, destekler (struts) genellikle sabit veya basit mesnettir, kolonlar ise genellikle ankastre veya kısmen ankastre mesnettir. Desteklerin birincil amacı yapının sağlamlığını korumaktır ve kafes yapılarda kullanılmaktadır. Kolonlar ise bir bina veya inşaatta ana desteklerdir ve çerçeve sisteminde ana taşıyıcı elemanlardır. Eğimli kolonlar söz konusu olduğunda kolonlar üzerindeki yerçekimi yükleri kolonların kesiti üzerindeki yani eğik kolonun lokal ekseni üzerindeki yatay ve düşey kuvvetler olarak analiz edilmektedir. Böylece kolon üzerindeki toplam kesme veya moment kuvvetleri artabilir veya azalabilir. Ayrıca, destekler terimi "İngilizce olarak struts", kafes kiriş modeli 'Struts and tie models' tekniğinde kullanılmaktadır (Nilson ve ark. 2010; Schodek ve ark. 2014)

Bu tezin ana vurgusu, planın geometrisi tüm katlar için aynı kalarak kolonların eğiminin farklı yüksekliklerdeki betonarme çok katlı çerçeve binaların dinamik davranışı üzerindeki saf etkisini değerlendirmektir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bahsedildiği gibi, bu tezin temel amacı, çok katlı çerçeve betonarme binaların dinamik davranışının eğimli kolonlar kullanıldığında nasıl değiştiğini değerlendirmektir. Ayrıca, Ulusal ve uluslararası kodlarda genel olarak, yapılarda eğimli kolonların ana yapı elemanı olarak kullanılmasının etkileri yeterince irdelenmemiştir. Fakat TBDY-2018 bölüm 4.4.3'e göre ve önceki bölümünde açıklandığı gibi, kolonlar eğimli olduğunda düşey deprem etkisini dikkate alınması gerekmektedir. Eğimli kolonların binalar üzerindeki etkilerini araştırmak için bina yüksekliğine ve kolon açısına göre iki ana model grubu ele alınmıştır. İlk ana grup, referans modeller olarak gösterilebilecek düşey kolonlu çerçeve binaları içermektedir. İkinci ana grubu ise, cephede eğimli kolonlara sahip çerçeve binaları içermektedir. Modeller TBDY-2018'e göre tasarlanmıştır. Eğimli kolonlu yapı için, cephedeki kolonlarından bazıları 1° , 2° , 3° , 4° ve 5° olmak üzere beş farklı açıda düşeyden sapmaktadır. Burada açılar dikeyden saat yönünde ölçülmektedir. Tepki spektrumu analizi kullanılarak doğrusal dinamik analiz, ETABS 19 kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tepki spektrumunun yatay ve düşey fonksiyonları dikkate alınmaktadır. Eğik kolonlu modellerin dinamik tepkisini, eğimli kolonları olmayan referans karşılıkları ile değerlendirmek için parametrik bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada, yapının doğal titreşim periyotlarının (T), yapının temel doğal periyodu, Bina taban kesme kuvveti (V), maksimum kat yer değiştirmesi, görelî kat ötelemeleri, kat kesme kuvveti ve kat rijitliği karşılaştırılmalı olarak irdelenmektedir. Şekil 3.1 tezin metodolojisinin akış şemasını göstermektedir.



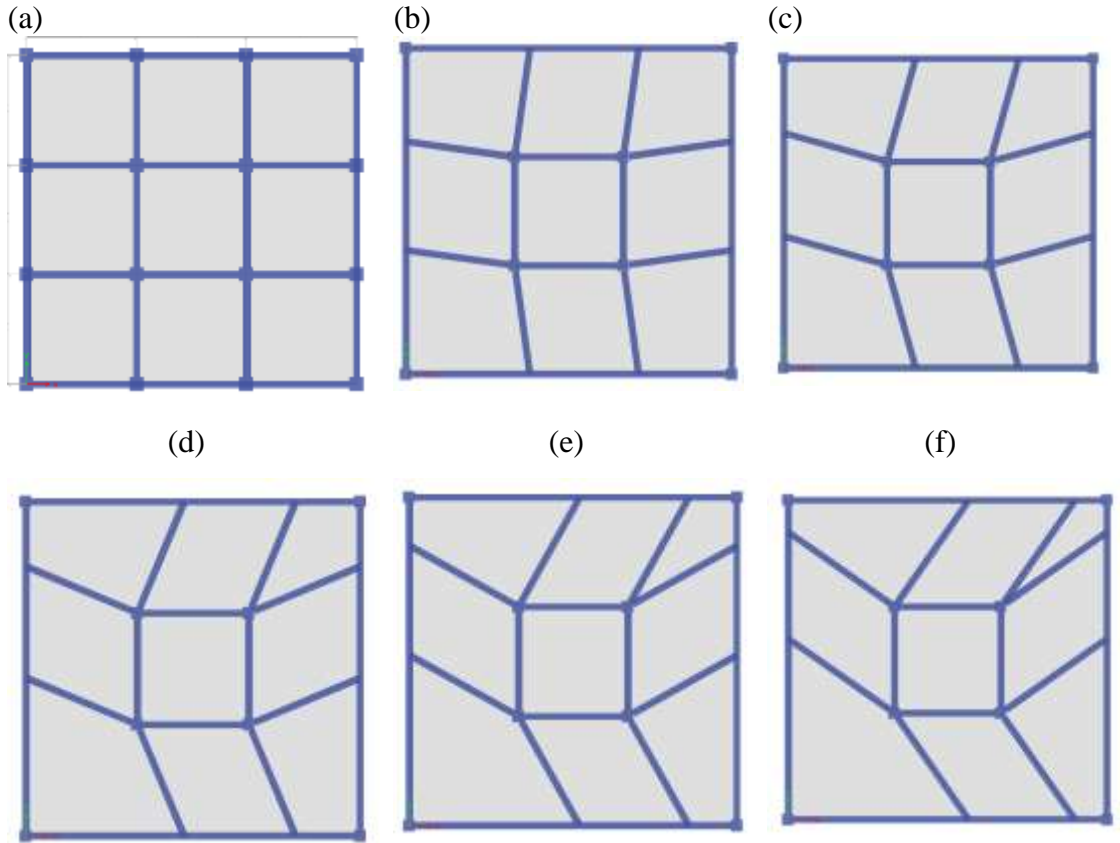
Şekil 3.1. Tezin metodolojisinin akış şeması.

3.1. Modellere Ait Genel Bilgiler

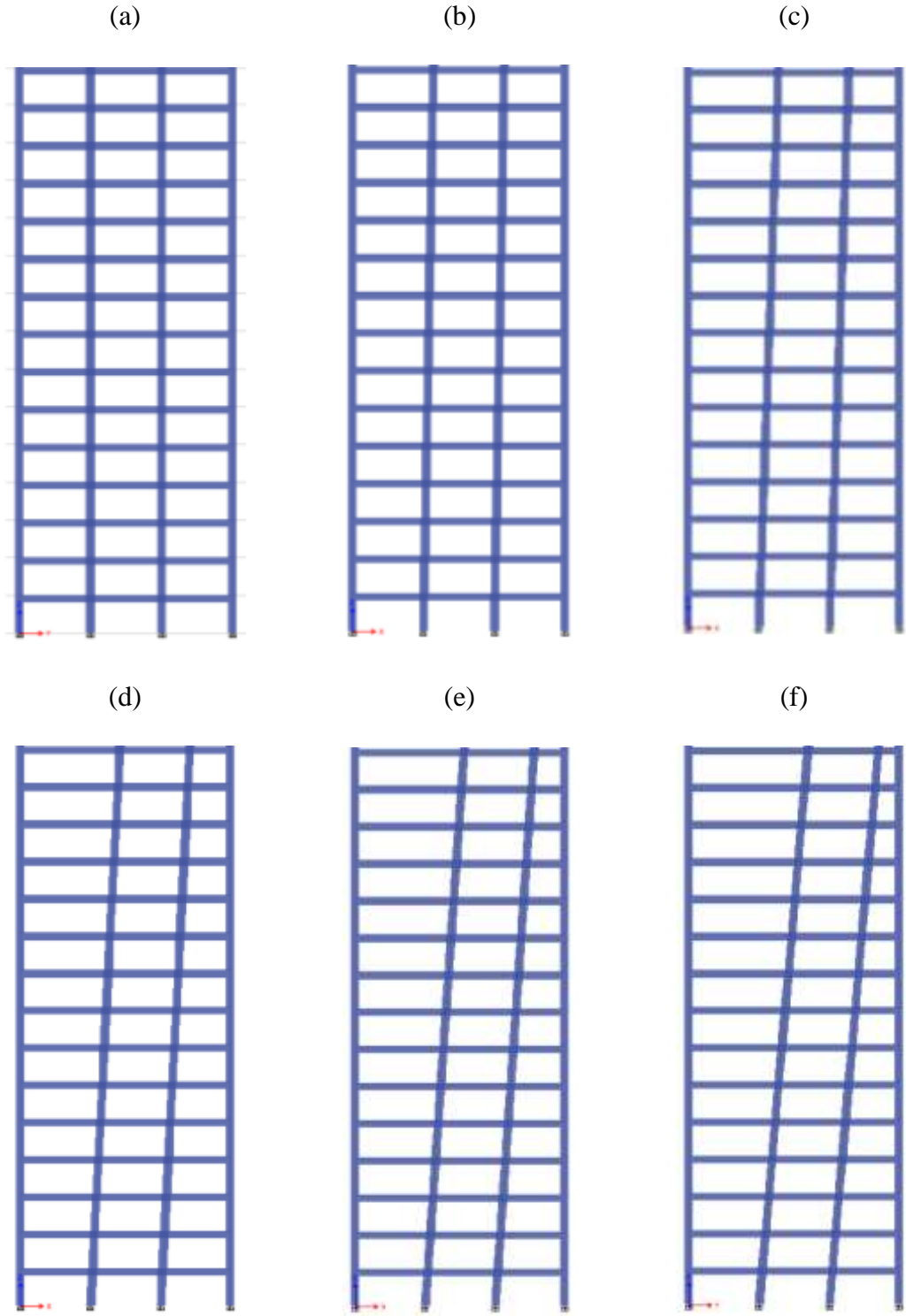
Çalışmada betonarme 3, 5, 9, 12, ve 15 katlı çerçeve binalar ele alınmaktadır. Plan ebadı 18 x 18 m, tipik kat yüksekliği 3,2 m'dir. Kullanılan malzemeler, C40 sınıfı beton (28 gün sonra 50 MPa küp mukavemet) ve boyuna donatılar için S420 sınıfı donatı ve etriyeler için S220 sınıfı donatıdır. Döşeme tipi 180 mm kalınlığında kirişli döşemedir. Bu tezdeki tüm referans binalar, hem X hem de Y doğrultularında üç açıklık ile aynı konfigürasyona sahiptir; her açıklık 6m'dir. Eğimli kolonlu ikinci grup binalar için aynı yapı elemanları kullanılmıştır. Temel tahkimat koşullarının ankastre olduğu varsayılmıştır. Şekil 3.2. 15. katlı binalarının planını, Şekil 3.3. binaların ön cephe kesitini, Şekil 3.4. ise bina modellerinin 3 boyutlu görünümünü göstermektedir.

Çizelge 3.1 kirişlerin ve kolonların kesitlerini ve her bir binanın toplam yüksekliği

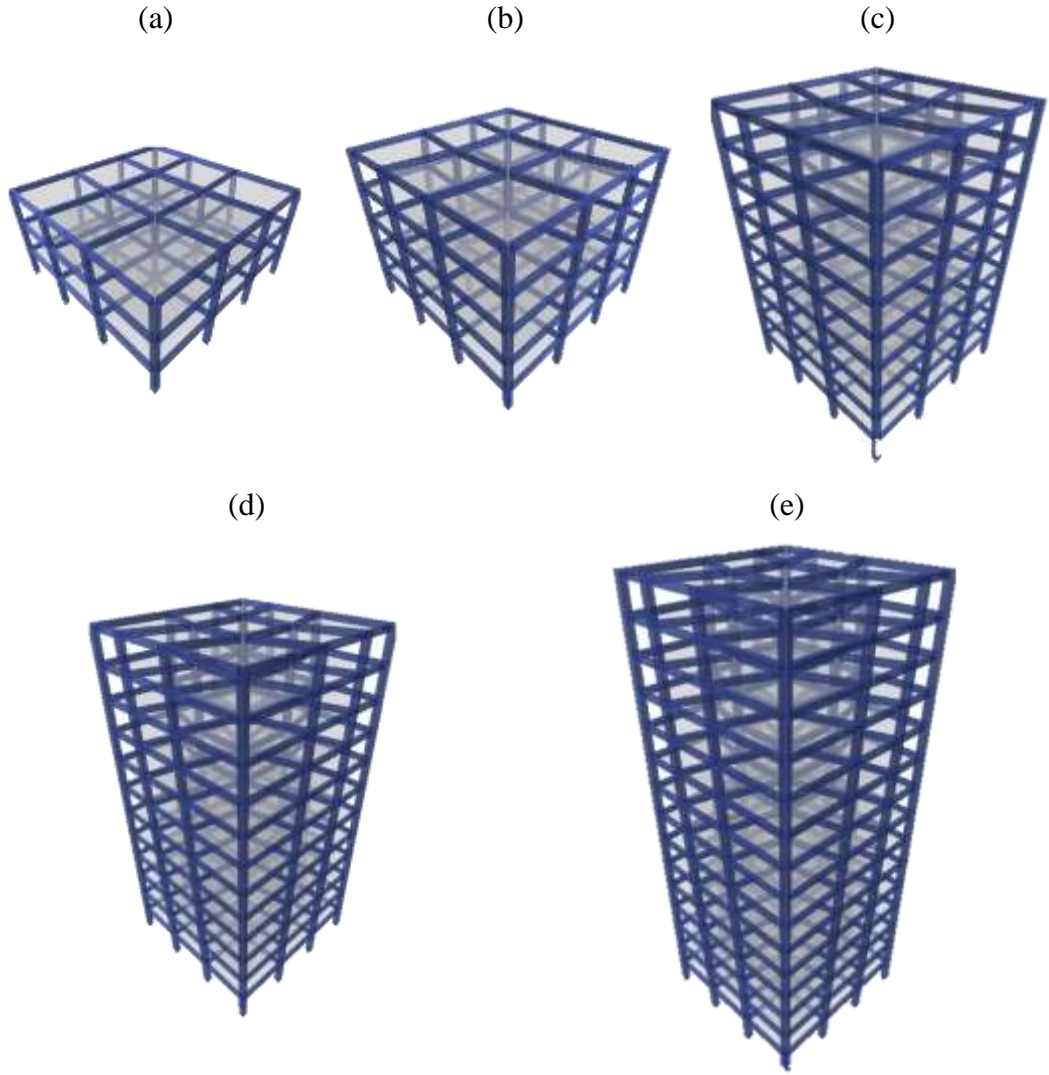
Bina	Yükseklik (m)	Kirişin boyutları (cm)	Kolonun boyutları (cm)
3 katlı	9.6	50 x 30	45 x 45
5 katlı	16	50 x 30	50 x 50
9 katlı	28.8	55 x 30	55 x 55
12 katlı	38.4	60 x 30	60 x 60
15 katlı	48	60 x 35	65 x 65



Şekil 3.2. Binaların planı; (a) Referans bina; (b) 1°, (c) 2°, (d) 3°, (e) 4°, (f) 5° eğimli kolonlu binalar.



Şekil 3.3. Binaların ön cephe düşey kesiti (a) Referans bina; (b) 1°, (c) 2°, (d) 3°, (e) 4°, (f) 5° eğimli kolonlu binalar.



Şekil 3.4. Binaların 3 boyutlu görünümü; (a)3 katlı, (b)5 katlı, (c)9 katlı, (d)12 katlı, (e)15 katlı

3.2. Yük ve Yük Kombinasyonları

Bu tezde, çok katlı betonarme binalar yerçekimi ve deprem yükleri altında incelenmiştir. Yerçekimi yükleri, kendi ağırlığını, 4 kN/m^2 'ye eşit bindirilmiş kalıcı yükü ve 2 kN/m^2 'ye eşit hareketli yükü içermektedir. Sismik yükler ise, Türkiye Bina deprem Yönetmeliği TBDY -2018'e göre türetilmiştir. Çizelge 3.2 ana sismik parametreleri özetlemekte ve Çizelge 3.3 ise bu çalışmada kullanılan yük kombinasyonlarını göstermektedir.

Çizelge 3.2. ana sismik parametreleri

Taşıyıcı Sistem Türü	Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	8
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	3
Bina Önem Katsayısı (I)	1
Yer	Bursa ili, Nilüfer ilçesi
Enlemi/ Boylamı	40,2215/28,8770
Yerel Zemin Sınıfı	ZB
Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı (F_s)	0,99
1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı (F_1)	0,253
Sönüm oranı	0,05

Çizelge 3.3. yük kombinasyonları

G Ölü yük	Q Hareketli yük	E_x X doğrultusu deprem yük	E_y Y doğrultusu deprem yük
No.	Kombinasyon		
1	1.4G+1.6Q		
2	G+Q+ E_x + 0.3 E_y + 0.3 E_z		
3	G+Q+ 0.3 E_x + E_y + 0.3 E_z		
4	0.9G+ E_x + 0.3 E_y + 0.3 E_z		
5	0.9G+ 0.3 E_x + E_y + 0.3 E_z		

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Eğik kolonlu modellerin dinamik tepkisini, eğimli olmayan kolonlar referans karşılıklarıyla değerlendirmek için parametrik bir çalışma yapılmıştır. X- doğrultusundaki sonuçlar, Y- doğrultusundaki sonuçlarla hemen hemen aynı olduğundan, tek yönlü sonuçlar, X- doğrultusundaki sonuçlar olarak sunulmaktadır. Ele alınan parametreler aşağıda detaylı olarak tartışılmaktadır:

4.1. Yapıların Temel Titreşim Periyotları

Bu çalışma için, yapının doğal periyodu açısından, periyot ile kolonun eğim derecesi arasında ters bir ilişki söylenebilmektedir. Kolonun eğim derecesinin artmasıyla periyot azalmaktadır.

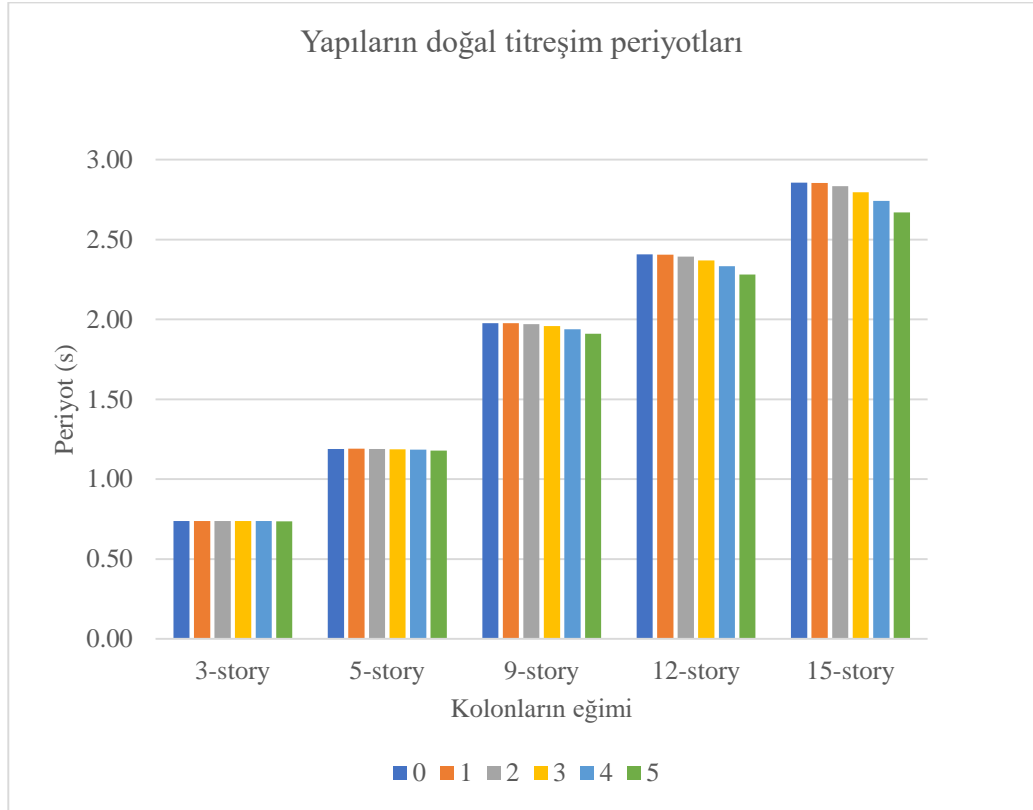
3 katlı binalar için periyotlar tüm eğim dereceleri için yaklaşık olarak aynıdır. Ancak 5 katlı binalarda periyot 4 derecede, 9 katlı binalarda 2 derecede azalmaya başlamaktadır. 12 ve 15 katlı binalarda ise kolon eğim derecesinin artması ile direkt olarak periyot azalmaktadır.

Tüm durumlarda, öteleme modu temel mod olup burulma modunun her zaman üçüncü mod olduğu gözlenmektedir.

Eğimli kolonlu bazı yapıların referans binalara göre doğal periyodu yaklaşık olarak aynı değerlere sahip olsa da, X ve Y doğrultularındaki kütle katılımının katkısı açıkça değişmektedir.

Referans binalar söz konusu olduğunda, temel mod şekli önemli ölçüde değişmez, bu da X- doğrultusu boyunca saf ötelemedir. Aksine, eğimli kolonlara sahip binaların temel mod şekli, X veya Y doğrultuları boyunca saf ötelemeden ziyade diyagonal öteleme olmaya daha yakındır. Ayrıca referans binalarda burulma davranışının katkısı birinci ve ikinci mod şekillerinde tamamen ihmal edilmiştir. Ancak bu katkı birinci ve ikinci modlarda daha büyük kolonların eğimi ile bir değer göstermeye başlamakta ve yüksek yapılarda daha çok göze çarpmaktadır. Buna rağmen, bu katkı değerleri hala %2'den azdır. Şekil 4.1. çok katlı yapıların farklı kolon eğim açıları için doğal titreşim

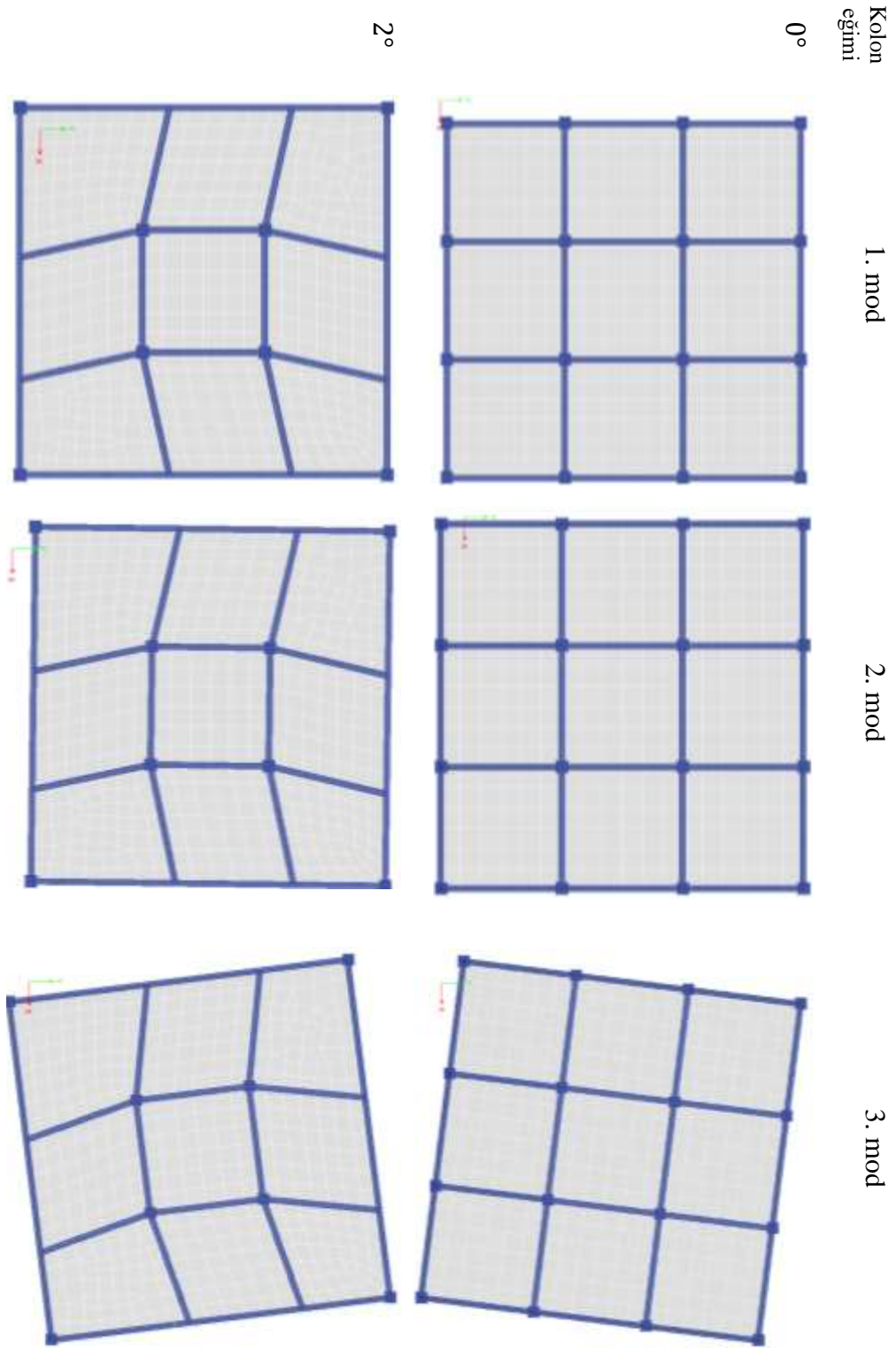
periyotlarını göstermektedir. Şekil 4.2, Şekil 4.3 binaların ilk üç modunun değerlerini ve bazı şekillerini göstermektedir.



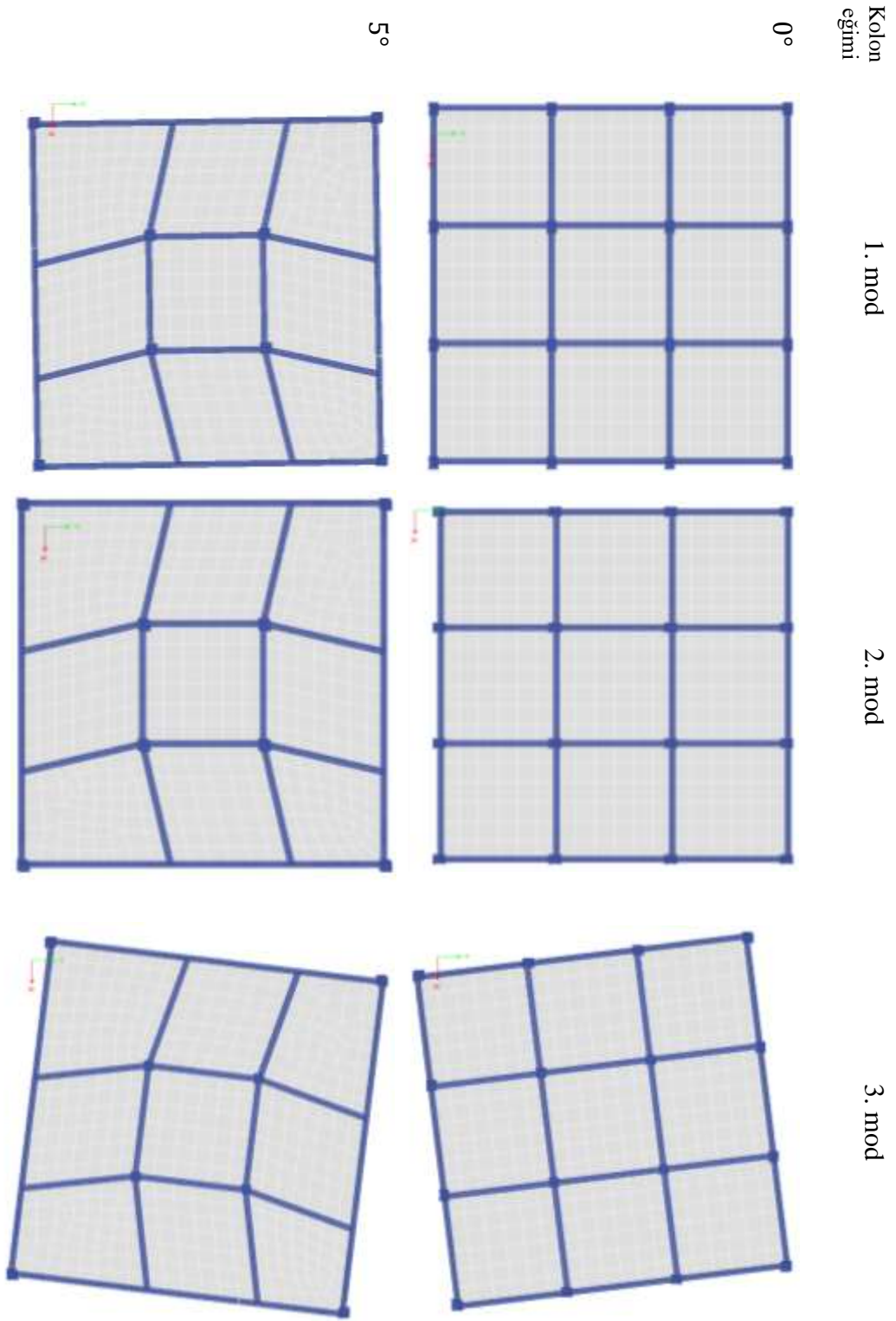
Şekil 4.1. Çok katlı yapıların farklı açılar için doğal titreşim periyotları

Çizelge 4.1 . Binaların ilk üç modu

Kolon eğimi	Mode	3 Katlı Bina			5 Katlı Bina			9 Katlı Bina			12 Katlı Bina			15 Katlı Bina		
		UX	UY	RZ	UX	UY	RZ	UX	UY	RZ	UX	UY	RZ	UX	UY	RZ
0	1	83.1	0.26	0	79.64	0.51	0	72.85	6.53	0	73.41	5.74	0	68.06	10.83	0
	2	0.26	83.1	0	0.51	79.64	0	6.53	72.85	0	5.74	73.41	0	10.83	68.06	0
	3	0	0	83.28	0	0	80.16	0	0	79.55	0	0	79.48	0	0	79.37
1	1	42.81	40.54	0.01	40.37	39.75	0.02	39.08	40.26	0.05	32.99	46.1	0.07	39.05	39.75	0.1
	2	40.55	42.8	0.01	39.73	40.39	0.02	40.21	39.13	0.05	46.17	32.92	0.07	39.84	38.96	0.1
	3	0	0.02	83.26	0.04	0	80.12	0.1	0	79.48	0.000969	0.13	79.38	0	0.18	79.25
2	1	44.67	38.66	0.04	41.12	38.96	0.08	40.35	38.87	0.2	41.62	37.32	0.27	39.65	38.96	0.34
	2	38.62	44.7	0.04	38.88	41.2	0.08	38.69	40.54	0.2	37.57	41.38	0.27	39.27	39.35	0.34
	3	0.07	0.0001	83.19	0.15	0	80.03	0.36	0	79.3	0.000303	0.48	79.18	0	0.61	79
3	1	42.34	40.93	0.09	40.05	39.95	0.18	39.42	39.66	0.39	39.69	39.11	0.5	39.5	38.92	0.65
	2	40.85	42.42	0.09	39.77	40.22	0.18	39.3	39.79	0.39	39.56	39.23	0.5	39.47	38.96	0.65
	3	0.16	0	83.08	0.33	0	79.88	0.7	0	79.11	0	0.9	79	0	1.14	78.82
4	1	41.45	41.76	0.15	39.43	40.47	0.29	37.29	41.69	0.58	39.56	39.16	0.74	39.51	38.78	0.98
	2	41.62	41.58	0.15	40.18	39.71	0.3	41.16	37.83	0.58	39.79	38.93	0.74	39.54	38.75	0.98
	3	0.27	0	82.94	0.54	0	79.7	1.04	0.00055	78.99	0	1.3	78.99	0	1.69	78.77
5	1	41.32	41.79	0.22	39.56	40.23	0.42	39.32	39.64	0.75	39.72	39.02	0.96	39.55	38.56	1.41
	2	41.58	41.53	0.22	39.83	39.96	0.42	40.31	38.65	0.75	39.78	38.96	0.96	39.57	38.55	1.42
	3	0.41	0	82.76	0.77	0	79.53	6.56E-05	1.33	79.03	0	1.65	79.17	0	2.39	78.69



Şekil 4.2. 12 Katlı binanın (0° ve 2°) kolon e ilk üç modunun şekli



Şekil 4.3. 5 Katlı binanın (0° ve 5°) kolon e ilk üç modunun şekli

4.2. Tabandaki Sismik Kuvvetler

Bu çalışmada, sismik yüklerin yatay ve düşey bileşenleri dikkate alınmıştır. Az katlı yapılarda kolonların eğiminin artmasıyla sismik yöndeki sismik taban kesmesi çok az artmaktadır. Ancak bu artış daha fazla kat sayısına sahip binalarda daha belirgindir. Öte yandan, diğer yöndeki taban kesme kuvveti, referans binalarda sifıra eşittir, eğimli kolonlu az katlı binalarda ise ihmal edilmektedir. Ancak daha fazla sayıda kata sahip binalarda özellikle eğimi daha fazla olan yapılarda hatırı sayılır bir değer kazanmaya başlamaktadır. Dikey reaksiyon, bir öncekiyle aynı etkiyi veriyor gibi görünmektedir.

Sismik düşey bileşen için referans binalarda yatay tepkiler olarak herhangi bir etki bulunmamakta ancak eğimli kolonlar kullanıldığında değer vermeye başlamaktadır. Bu değerler, kolon eğimi büyük olan daha yüksek binalarda daha belirgindir. Düşey tepkiler olarak ise kolonun eğimi büyüdükçe değerler azalmaktadır. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**, Çizelge 4.3 X ve Z-doğrultularında sismik etkilerden dolayı tabanda oluşan kuvvetleri göstermektedir.

Çizelge 4.2. X-doğrultusunun sismik taban kuvvetleri

Binanın toplam kat sayısı	Kuvvet (KN)	Kolonun eğimi					
		0	1	2	3	4	5
3	Fx	454.8	455.2	455.2	455.2	455.2	455.2
	Fy	0.0	0.1	0.4	1.0	1.8	2.8
	Fz	0.0	3.7	7.4	10.9	14.2	17.2
5	Fx	589.1	589.6	589.9	590.4	591.1	592.2
	Fy	0.0	0.3	1.2	2.6	4.6	6.4
	Fz	0.0	8.2	15.7	23.8	29.5	35.1
9	Fx	1096.6	1098.5	1100.7	1104.7	1111.6	1122.5
	Fy	0.0	1.1	4.1	8.1	11.9	18.2
	Fz	0.0	21.3	40.1	57.0	73.5	90.5
12	Fx	1510.4	1513.7	1519.4	1530.0	1547.9	1574.1
	Fy	1.0	2.3	7.7	19.3	45.7	103.2
	Fz	0.0	33.2	60.2	88.5	113.6	140.9
15	Fx	1968.8	1974.4	1984.4	2002.8	2029.9	2055.4
	Fy	0.0	4.8	22.0	64.2	155.1	318.6
	Fz	0.0	58.0	107.0	148.4	185.0	218.6

Çizelge 4.3. Z-doğrultusunun sismik taban kuvvetleri

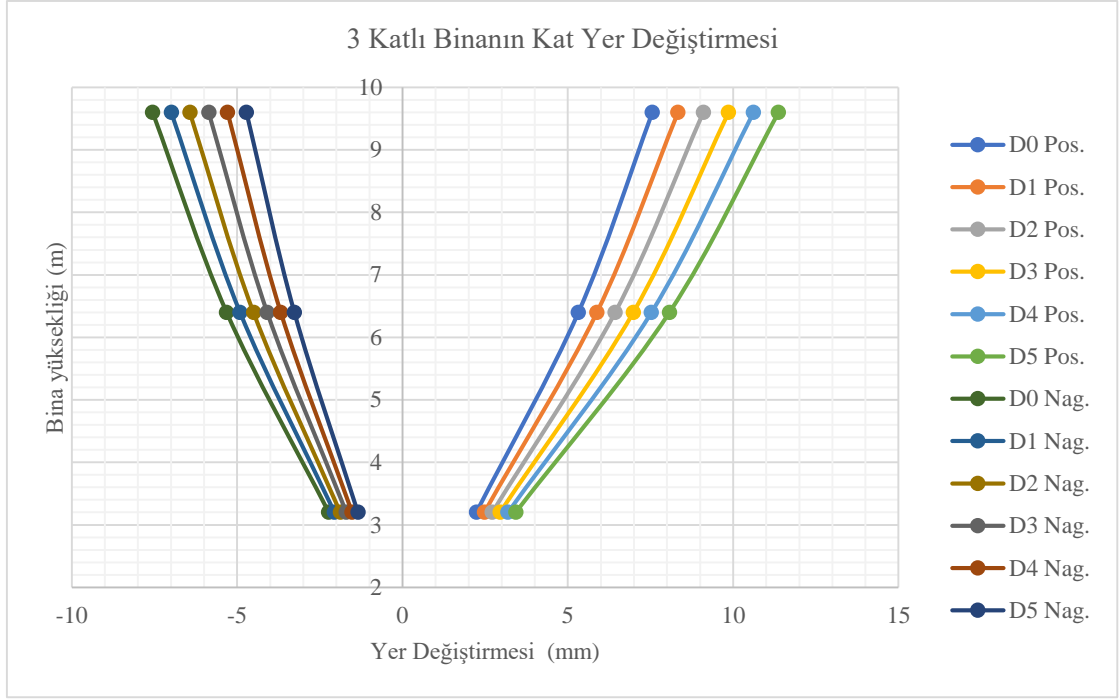
Binanın toplam kat sayısı	Kuvvet (KN)	Kolonun eğimi					
		0	1	2	3	4	5
3	Fx	0.0	3.7	7.4	10.9	14.2	17.2
	Fy	0.0	3.8	7.4	10.9	14.2	17.2
	Fz	918.4	916.1	914.6	908.0	895.4	881.4
5	Fx	0.0	8.2	15.7	23.8	29.5	35.1
	Fy	0.0	8.0	15.7	23.8	29.6	35.2
	Fz	1936.2	1923.9	1896.9	1928.9	1863.1	1792.8
9	Fx	0.0	21.3	40.1	57.0	73.5	90.5
	Fy	0.0	21.3	40.1	56.9	73.3	90.4
	Fz	6434.5	6236.0	5979.9	5809.4	5703.4	5587.5
12	Fx	0.0	33.2	60.2	88.5	113.6	140.9
	Fy	0.0	33.2	60.2	89.0	113.7	141.0
	Fz	11062.8	10840.5	10211.1	9745.2	9495.7	9304.6
15	Fx	0.0	58.0	107.0	148.4	185.0	218.7
	Fy	0.0	58.0	107.0	148.0	184.7	218.7
	Fz	17418.1	17329.2	16388.9	15153.5	14559.6	14133.2

4.3. Maksimum Kat Yer Değiştirme

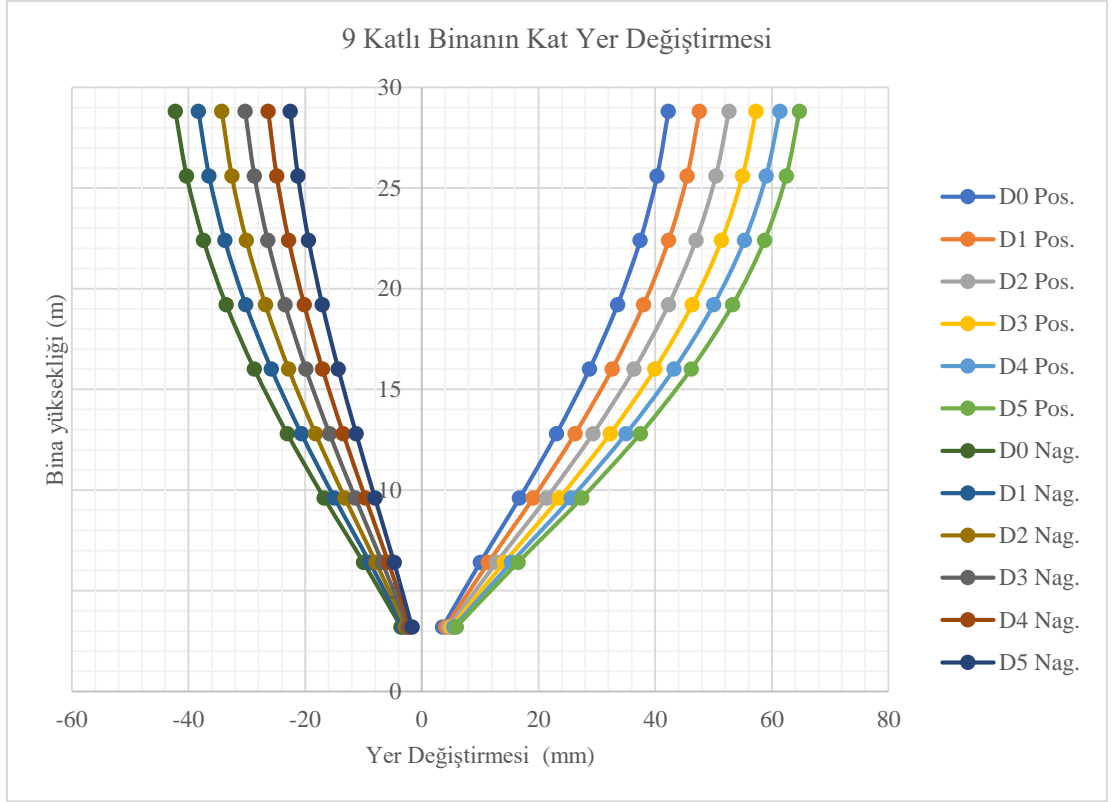
Kat yer değiştirmesi bir doğrultuda pozitif ve negatif olmak üzere iki ana yönde irdelenmektedir. Birincisi pozitif yön olarak adlandırılabilir olan kolonların eğimi ile aynı yönde olan yer değiştirmesi, ikincisi ise negatif yön olarak anılacak olan kolonların eğim yönünün tersi yöndeki yer değiştirmedir.

Kat yer değiştirmesinin sonuçları, kolonların eğiminin artmasının, pozitif yönde büyük kat yer değiştirme değerleri verdiğini, negatif yönde daha küçük kat yer değiştirmeleri verdiğini göstermektedir.

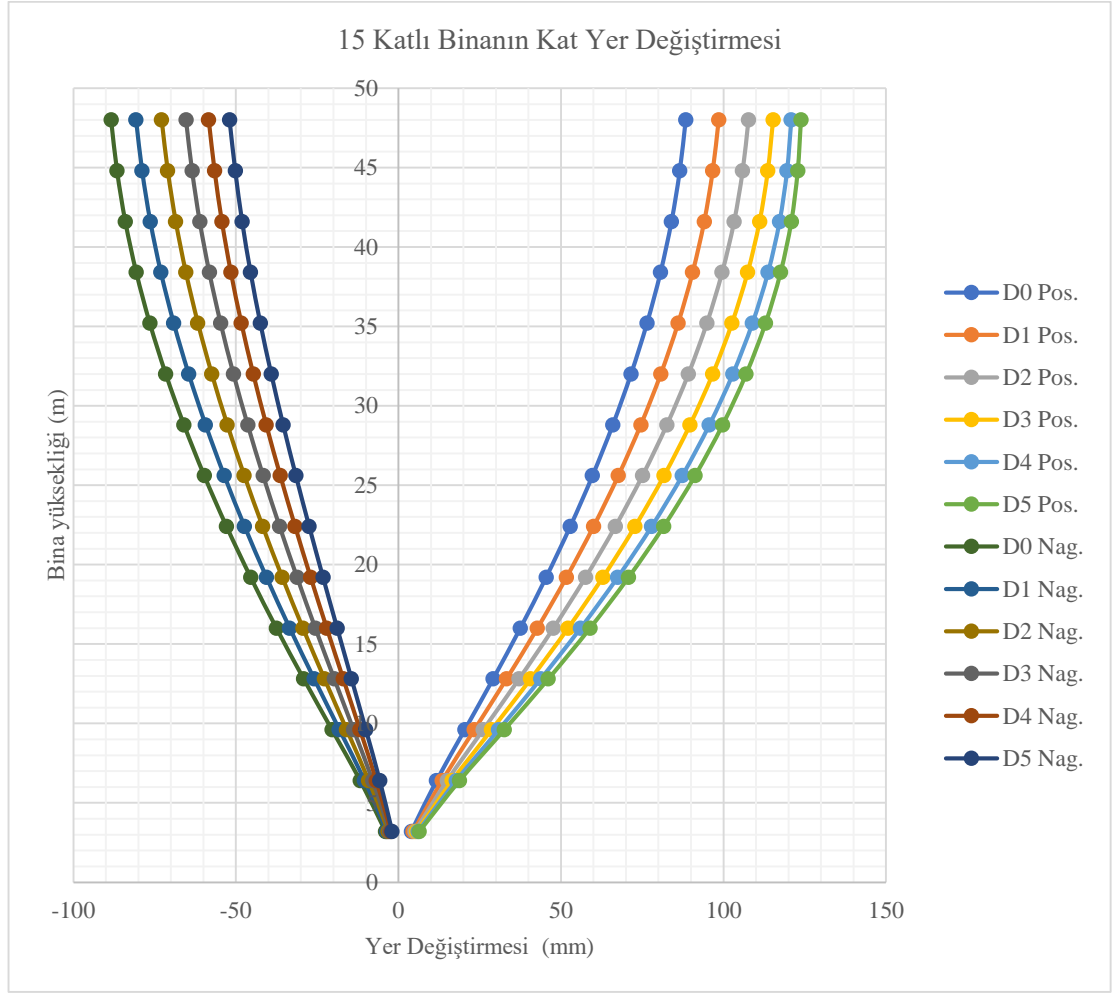
Referans bina ile karşılaştırıldığında ve muadil binalar için ortalama olarak 1° kolon eğiminde kat deplasmanlarının pozitif yönde %13 artması ile sonuçlanmaktadır. 5° ise eğim aynı doğrultuda kat yer değiştirmesinde %55 artışa neden olmaktadır. Negatif yönde iken, 1° eğimde yaklaşık %10 ve 5° eğimde %46'ya varan yer değiştirmelerde azalma vardır. Şekil 4.4 maksimum kat yer değiştirmesini göstermektedir.



şekil 4.4. Maksimum kat yer değiştirmesi



şekil 4.4. Maksimum kat yer değiştirmesi (Devam)

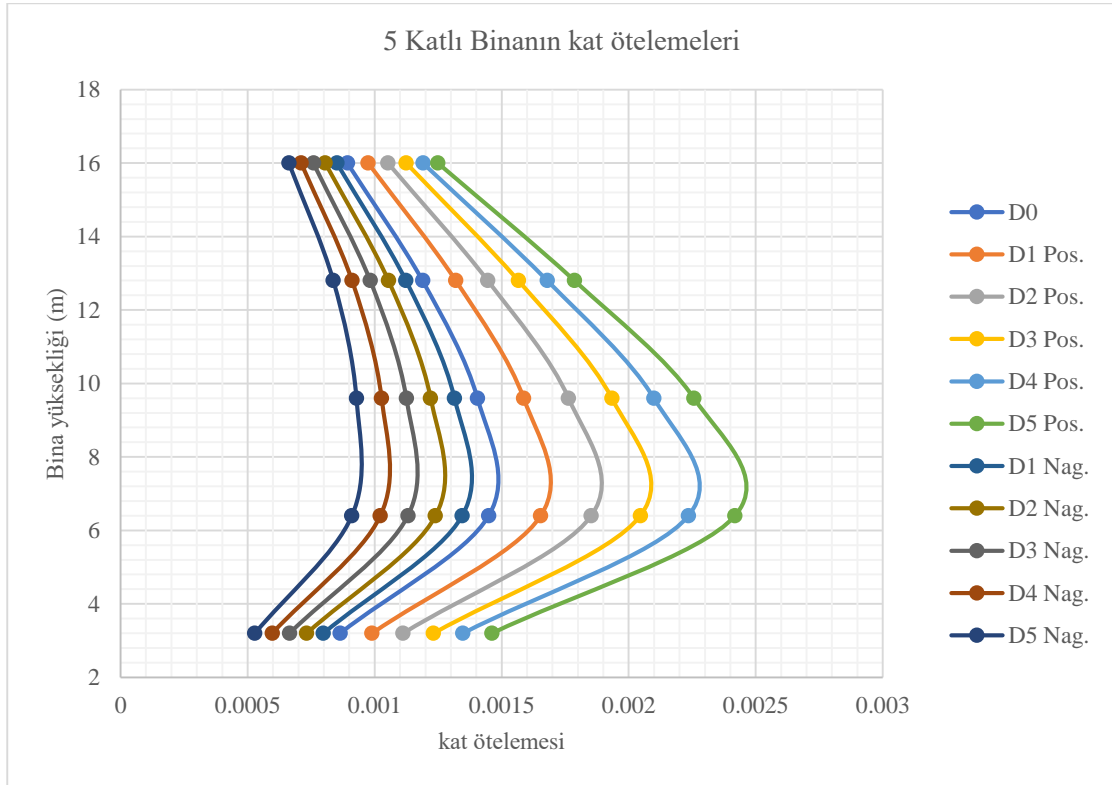
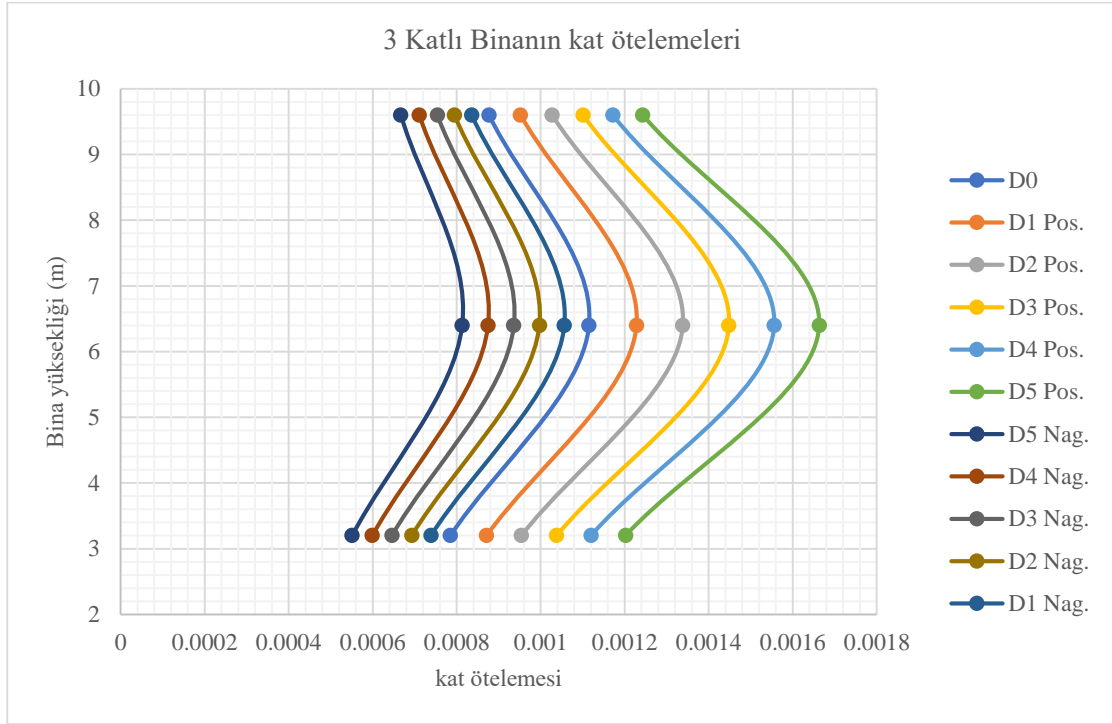


Şekil 4.4. Maksimum kat yer değiştirnesi (Devam)

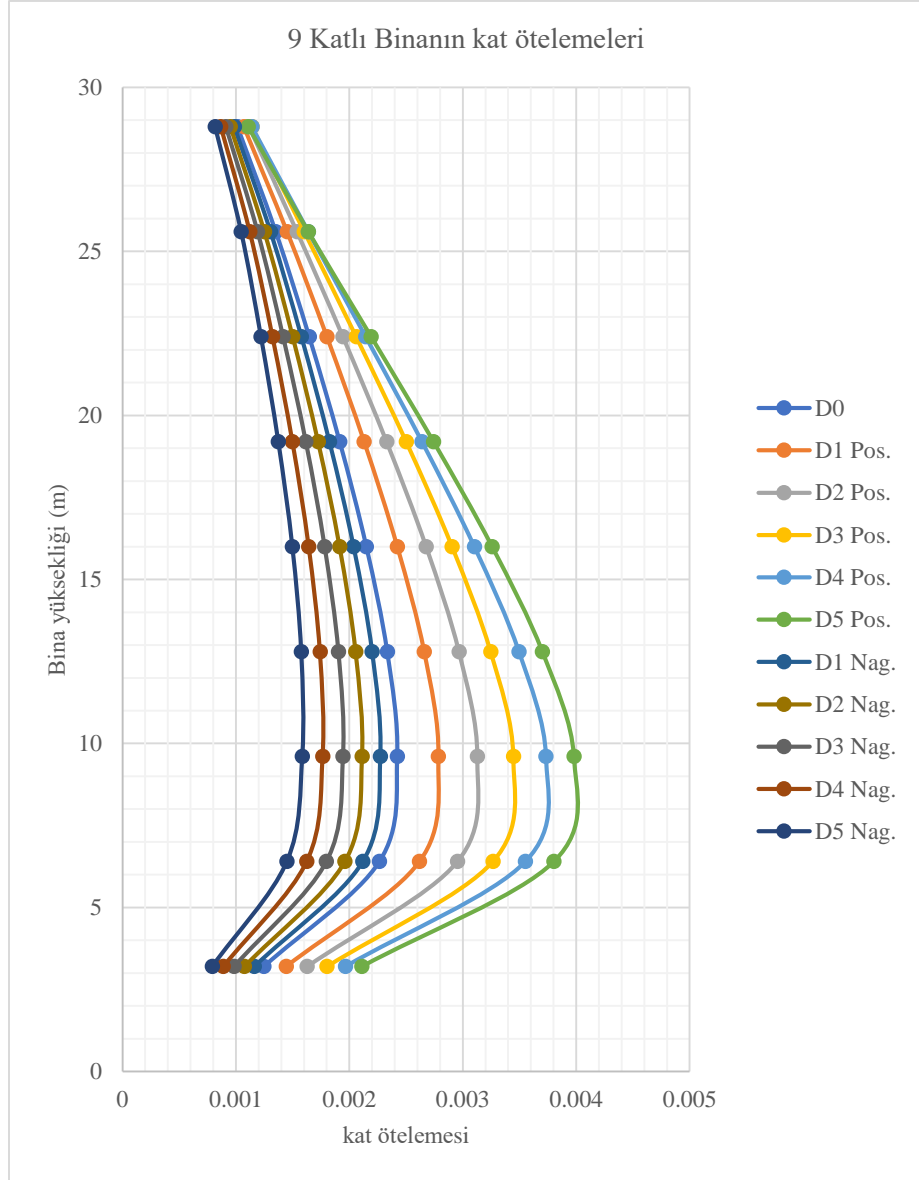
4.4. Maksimum Görelü Kat Ötelemeleri

Tüm örnek çalışmalarında, kolonların eğiminin maksimum görelü ötelemelerin yerini değiştirmediğine dikkat edilerek, maksimum kat ötelemeleri binanın toplam yüksekliğine bağlı olarak 2., 3. ve 4. katlarda meydana gelmektedir. Kat deplasmanlarına benzer şekilde, eğimli kolonlu binaların görelü ötelemelerin pozitif yönü, referans binalardakinden daha büyük değerlere sahiptir ve negatif yön için bunun tersi de geçerlidir. Referans binalarla karşılaştırıldığında, kat görelü ötelemesinin artması veya azalması tüm katlarda aynı oranıya sahip değildir. İlk katlar her zaman en yüksek değere sahiptir, üst katlara gittikçe değeri azalmaktadır. Ancak 4 derece veya daha fazla kolon eğimli 12 katlı ve 2 derece veya daha fazla kolon eğimli 15 katlı durumlarda, kat ötelemesi üst katlardaki referans binalara göre daha küçük değere sahiptir. Binaların kat

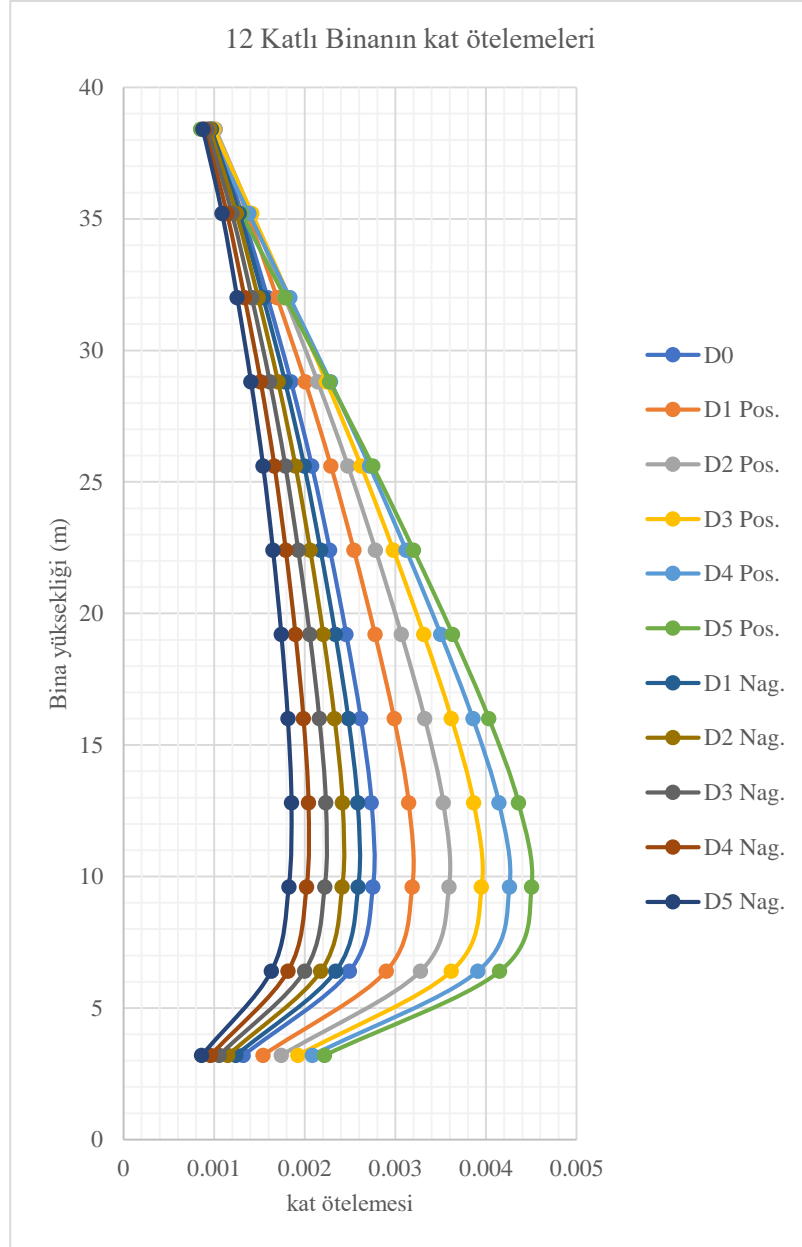
görelî ötelemelerinin değerleri ek bölümünde bulunmaktadır. Şekil 4.5 binaların maksimum kat ötelemelerini göstermektedir.



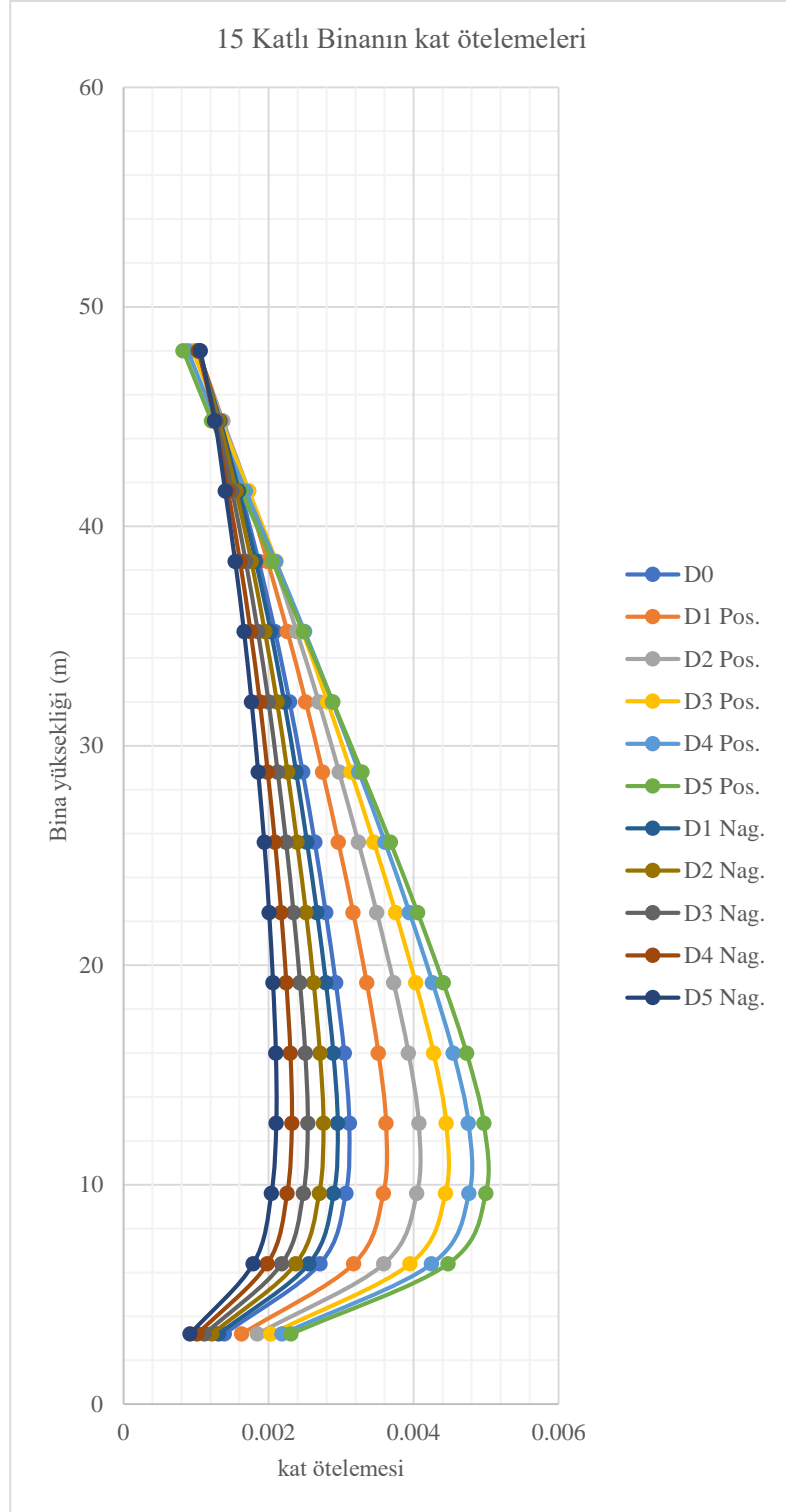
Şekil 4.5. Binaların maksimum kat ötelemeleri



Şekil 4.5. Binaların maksimum kat ötelemeleri (devam)



Şekil 4.5. Binaların maksimum kat ötelemeleri (devam)



Şekil 4.5. Binaların maksimum kat ötelemeleri (devam)

4.5. Düzensizlik

TBDY-2018 dikkate alınarak gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre referans binalarda herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. TBDY-2018 burulma düzensizliği indeksinin 1,2 ile 2 arasında olduğunu belirtmektedir. Ancak eğimli kolonlu yapılarda burulma düzensizliği gözlemlenmektedir. Eğimli kolonlu binalar, 3 katlı bina için izin verilen sınırlar içindedir. 5 katlı bina ise 3°'ye kadar ve diğer tüm binalar için 2°'ye kadar izinli indeks değerlerine sahiptir. 5° eğimli 9 katlı bina da ikiden daha az indeks değerine olmaktadır. Çizelge 4.4. Binanın Maksimum Burulma Düzensizliği katsayısını göstermektedir.

Çizelge 4.4. Binanın Maksimum Burulma Düzensizliği

Binanın Yüksekliği	Kolonun Eğikliği					
	0	1	2	3	4	5
3	1.18	1.35	1.36	1.61	1.63	1.99
5	1.18	1.30	1.44	1.61	2.30	2.27
9	1.17	1.35	1.48	2.06	2.26	1.79
12	1.17	1.39	1.55	2.04	2.38	2.33
15	1.17	1.41	1.62	2.06	2.14	2.78

4.6. Kat Rijitliği

Bu çalışmada, 3 ve 5 katlı gibi az katlı binaların sonuçlarına göre kat rijitliğinde önemli bir artış göstermemekte, aksine bir miktar azalma göstermektedir. Daha fazla kat sayısına sahip binalarda (15 katlı) ise 2°'den fazla kolon eğimi olan binalarda kat rijitliği artmaktadır. Ayrıca, 5 derece kolon eğimli 12 katlı bina, 4° ve 5° eğimli 15 katlı binalar bazı katlarda sismik yönün ortogonal yönünde bir rijitlik gözlemlenmektedir. 9 ve 12 katlı gibi orta yükseklikteki binalar, kolonun eğimi küçük olduğunda az katlı binalar gibi, daha büyük kolon eğimine sahip olduğunda ise daha fazla kat sayısına sahip binalara benzer davranıyor gibi görünmektedir. Çizelge 4.5 de bazı binanın kat rijitliğini göstermektedir.

Çizelge 4.5. Binanın kat rijitliği

		Kat Rijitliği (KN/m) 10 ⁵					
Bina	Kolonun Eğikliği	0	1	2	3	4	5
3 Katlı	1. Kat	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89
	2. Kat	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
	3. Kat	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
9 Katlı	1. Kat	2.90	2.89	2.88	2.89	2.91	2.96
	2. Kat	1.45	1.45	1.45	1.45	1.47	1.50
	3. Kat	1.26	1.25	1.25	1.26	1.28	1.30
	4. Kat	1.22	1.22	1.22	1.23	1.24	1.27
	5. Kat	1.22	1.21	1.22	1.22	1.24	1.28
	6. Kat	1.22	1.22	1.23	1.24	1.26	1.30
	7. Kat	1.25	1.25	1.25	1.27	1.29	1.34
	8. Kat	1.27	1.28	1.28	1.30	1.34	1.39
	9. Kat	1.28	1.28	1.29	1.32	1.36	1.42
15 Katlı	1. Kat	4.66	4.64	4.65	4.72	4.88	5.12
	2. Kat	2.26	2.25	2.26	2.29	2.38	2.51
	3. Kat	1.88	1.87	1.88	1.91	1.99	2.11
	4. Kat	1.79	1.78	1.79	1.83	1.90	2.01
	5. Kat	1.75	1.74	1.76	1.79	1.86	1.98
	6. Kat	1.74	1.73	1.75	1.78	1.85	1.97
	7. Kat	1.73	1.72	1.74	1.78	1.85	1.97
	8. Kat	1.73	1.73	1.75	1.79	1.86	1.98
	9. Kat	1.73	1.73	1.75	1.79	1.87	1.98
	10. Kat	1.74	1.74	1.76	1.81	1.89	2.00
	11. Kat	1.75	1.75	1.78	1.83	1.91	2.03
	12. Kat	1.77	1.77	1.80	1.85	1.94	2.06
	13. Kat	1.78	1.79	1.82	1.88	1.97	2.08
	14. Kat	1.83	1.84	1.88	1.94	2.04	2.13
	15. Kat	1.69	1.70	1.74	1.81	1.89	1.97

5. SONUÇ

Bu tezde, tepki spektrumu analiz yöntemi ile betonarme çerçeve sistemli binaların dinamik davranışına eğimli kolon kullanmanın etkileri tartışılmıştır. Çalışmadan çıkartılan başlıca sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

- Binaların ilk periyotlarının değişimleri incelendiğinde az ve orta katlı düşey ve eğimli kolonlara sahip binalarda önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir. Ancak 9 katlı yapıdan itibaren değişim belirgin olmaya başlamış ve 15 katlı binada maksimum farka (%6) ulaşmıştır. Kolon eğim derecesi arttıkça periyot değeri azalmıştır.
- Eğimli kolonların mevcudiyeti, temel mod şeklini X-doğrultusunda meydana gelen ötelemeden, diyagonal öteleme moduna değiştirmektedir.
- Eğimli kolonların varlığı, X ve Y doğrultularındaki kütle katılımının katkısını açıkça değiştirmektedir.
- Eğimli kolonların varlığı ile burulma daha etkin olabilmektedir. Bu durum kat sayısı arttıkça daha belirgin olmaktadır. Eğimli kolonların kullanılması burulma modunun gerçekleşme sırasını değiştirmemektedir. Ancak burulma modunun birinci mod şeklindeki katkısı, özellikle kolonların eğimi daha büyük olan yüksek binalarda biraz daha dikkat çekici olmaktadır.
- Referans binalarda burulma davranışının katkısı birinci ve ikinci mod şekillerinde tamamen ihmal edilmiştir. Ancak eğimli kolonlu yapıları için bu katkı birinci ve ikinci modlarda yer alabilmektedir.
- Sismik taban kesme kuvvetinin sismik doğrultuya dik doğrultudaki değerleri eğimli kolonların varlığından etkilenebilmektedir. Ayrıca bu etki, kolonların eğimi daha büyük olan yüksek binalarda açıkça görülmektedir.
- Sismik düşey bileşenin dikkate alınması, referans binalarda tabanda kesme etkisi oluşturmamaktadır. Ancak eğimli kolonlu binalarda etkili olmaktadır. Özellikle eğimi büyük olan fazla katlı binalarda daha belirgin olmaktadır.
- Sismik düşey bileşenin düşey tepkileri, kolonların eğimi arttıkça azalmaktadır.
- Kat yer değiştirmesi ve görelî kat ötelemesi kolonların eğimi ile ilişkilidir. Kat yer değiştirmeleri kolonların eğimi yönünde artmaktadır, ters yönde ise azalmaktadır.
- Binaların ilk katında, görelî kat ötelemesindeki artış veya azalma oranı maksimum olup, üst katlara çıkıldıkça azalmaktadır.

- Eğik kolonlu fazla katlı binaların en üst katında görelî kat ötelemesi, referans binanın görelî kat ötelemesine göre bir düşüş göstermektedir.
- Kat rijitliği açısından bakıldığında, az katlı yapılar kolonların eğimi ile olumsuz etki göstermektedir. Aksine, daha fazla kat sayısına sahip binalarda kat rijitliğinde artma göstermektedir. Ayrıca, bazı katlarda daha büyük eğimlerde sismik yönün ortogonal yönünde bir rijitlik gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI 318 (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete. ACI Committee 318
- Allouzi, R. (2018). "Behaviour of Slender RC Columns with Inclination." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*.
<https://doi.org/10.1680/jstbu.18.00011>
- AlNassrawi, H. and Tsamis, G. (2017). Global Analysis and Design of A Complex Slanted High-Rise Building with Tube Mega Frame. *Master Thesis*. KTH. Department of Civil and Architectural Engineering, Sweden
- Chojnicka, P. and Marantou, L. (2017). Global Analysis of A Tubed Structural System For An Inclined Slender Tall Building. *Master Thesis*. KTH. Department of Civil and Architectural Engineering, Sweden
- Dolhakım, S. B. (2008). Analysis and Design of Inclined Column. Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Civil Engineering, Malaysia
- Doğangün, A. (2017). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi
- Hassan, F. F. and Al Zaidee, S. R. (2020). "Deformation and Strength of Inclined RC Isolated Columns Using Experimental and Three-Dimensional Finite Element Analyses." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745(1):, 1–15.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/745/1/012129>
- IS.456.2000 (2007). Plain and Reinforced Concrete Code of Practice. Indian Standard
- Kumar G.M, G., Maheswarappa, S. M. (2018). "Seismic Performance Study of Multistoried Buildings with Oblique Columns by using ETABS." *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, 4(8):, 15–20.
<https://doi.org/http://doi.org/10.31695/IJERAT.2018.3306>
- Krishna K. K.V. and Lekshmi, L. (2019). "Study on Seismic Performance of Multistoried building with Oblique Columns." *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(12 (Special Issue)):, 186–190. Retrieved from <http://www.ripublication.com>
- Krishna, N., Abhishek, C. V. (2020). "Seismic Behaviour of Multistoried Building with Oblique Column and It's Height Optimization." *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(7):, 2579–2585.
- Medvecka, S., Ivankova, O. (2015). "Effect of Inclination of Columns on the Change of the Stiffness of a High-Rise Building." *Applied Mechanics and Materials*, 769:, 9–12.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.769.9>
- Murty, C. V. R., Goswami, R., Vijayanarayanan, A. R. and Mehta, V. V. (2012). Earthquake Behaviour of Buildings. Gujarat State Disaster Management Authority

Nikha, S. and Gayathri, K. K. (2021). “Seismic Performance of Oblique Columns in High Rise Building.” *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(7): 131-139. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55115-5_13

Singh, R., Prabhakar, V. (2020). “Study of Multistoried Buildings with Oblique Columns.” *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(8):, 319–328. <https://doi.org/10.17577/ijertv9is080139>

Reddy, K. N. and Arunakanthi, E. (2017). “A Study on Multi-Storeyed Building with Oblique Columns by using ETABS.” *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(2):, 1968–1974. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2017.0602096>

TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

TRT Haber (2021). Dünyanın En Büyük Çay Bardağı Rize’de İnşa Ediliyor. <https://www.trthaber.com/foto-galeri/dunyanin-en-buyuk-cay-bardagi-rizede-insa-ediliyor/34305/sayfa-1.html>

TS498 (1997). Yapi Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Türk Standardları Enstitüsü

TS500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standardları Enstitüsü.

EKLAR

EK. 1. Binaların kat görelı ötelemeleri (x10-4)

3 katlı bina												
Kat	0 eğimli kolon		1 eğimli kolon		2 eğimli kolon		3 eğimli kolon		4 eğimli kolon		5 eğimli kolon	
	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif
1. kat	7.85	7.85	8.71	7.39	9.54	6.93	10.38	6.46	11.20	5.99	12.02	5.51
2. kat	11.15	11.15	12.28	10.56	13.38	9.97	14.48	9.36	15.56	8.75	16.63	8.13
3. kat	8.77	8.77	9.52	8.36	10.27	7.95	11.01	7.54	11.72	7.11	12.43	6.67

5 katlı bina												
Kat	0 eğimli kolon		1 eğimli kolon		2 eğimli kolon		3 eğimli kolon		4 eğimli kolon		5 eğimli kolon	
	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif
1. kat	8.64	8.64	9.89	7.98	11.11	7.32	12.31	6.65	13.47	5.97	14.61	5.28
2. kat	14.49	14.49	16.53	13.44	18.52	12.39	20.46	11.31	22.35	10.22	24.18	9.10
3. kat	14.05	14.05	15.86	13.14	17.63	12.20	19.34	11.25	20.99	10.27	22.57	9.28
4. kat	11.89	11.89	13.19	11.23	14.45	10.54	15.66	9.83	16.80	9.11	17.87	8.37
5. kat	8.93	8.93	9.74	8.51	10.52	8.05	11.24	7.59	11.90	7.11	12.49	6.62

9 katlı bina

Kat	0 eğimli kolon		1 eğimli kolon		2 eğimli kolon		3 eğimli kolon		4 eğimli kolon		5 eğimli kolon	
	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif
1. kat	12.46	12.46	14.42	11.62	16.28	10.74	18.03	9.82	19.64	8.87	21.08	7.90
2. kat	22.65	22.65	26.17	21.17	29.53	19.61	32.66	17.96	35.51	16.24	38.02	14.49
3. kat	24.22	24.22	27.84	22.72	31.28	21.12	34.46	19.42	37.33	17.65	39.79	15.85
4. kat	23.34	23.34	26.59	22.00	29.66	20.55	32.46	19.02	34.95	17.41	37.01	15.76
5. kat	21.50	21.50	24.22	20.37	26.77	19.14	29.06	17.81	31.02	16.42	32.58	14.98
6. kat	19.15	19.15	21.30	18.24	23.28	17.24	25.01	16.15	26.40	14.98	27.41	13.74
7. kat	16.46	16.46	18.02	15.77	19.43	15.00	20.60	14.15	21.44	13.22	21.91	12.21
8. kat	13.51	13.51	14.51	13.05	15.38	12.50	16.02	11.90	16.39	11.21	16.37	10.46
9. kat	10.13	10.13	10.70	9.85	11.15	9.50	11.40	9.11	11.41	8.65	11.08	8.16

12 katlı bina

Kat	0 eğimli kolon		1 eğimli kolon		2 eğimli kolon		3 eğimli kolon		4 eğimli kolon		5 eğimli kolon	
	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif
1. kat	13.23	13.23	15.40	12.42	17.42	11.53	19.25	10.57	20.84	9.60	22.18	8.63
2. kat	24.94	24.94	29.00	23.43	32.78	21.77	36.17	19.99	39.11	18.15	41.52	16.33
3. kat	27.51	27.51	31.87	25.91	35.92	24.13	39.51	22.21	42.59	20.21	45.03	18.25
4. kat	27.36	27.36	31.48	25.85	35.29	24.17	38.63	22.34	41.43	20.42	43.58	18.55
5. kat	26.18	26.18	29.87	24.82	33.25	23.29	36.18	21.62	38.56	19.87	40.32	18.15
6. kat	24.57	24.57	27.77	23.39	30.67	22.04	33.12	20.56	35.02	18.98	36.33	17.43
7. kat	22.77	22.77	25.44	21.76	27.82	20.60	29.78	19.29	31.20	17.91	32.02	16.51
8. kat	20.78	20.78	22.91	19.96	24.78	18.98	26.22	17.87	27.16	16.66	27.51	15.42
9. kat	18.48	18.48	20.08	17.84	21.43	17.06	22.39	16.16	22.86	15.14	22.75	14.08
10. kat	15.89	15.89	16.96	15.43	17.82	14.86	18.31	14.17	18.36	13.36	17.85	12.55
11. kat	13.06	13.06	13.68	12.81	14.09	12.46	14.18	11.98	13.84	11.41	13.03	10.88
12. kat	9.80	9.80	10.07	9.71	10.15	9.53	9.97	9.25	9.39	8.91	8.52	8.75

15 katlı bina

Kat	0 eğimli kolon		1 eğimli kolon		2 eğimli kolon		3 eğimli kolon		4 eğimli kolon		5 eğimli kolon	
	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif	pozitif	negatif
1. kat	13.89	13.89	16.28	13.11	18.45	12.20	20.31	11.19	21.87	10.18	23.08	9.18
2. kat	27.11	27.11	31.73	25.56	35.91	23.77	39.51	21.82	42.49	19.83	44.75	17.90
3. kat	30.67	30.67	35.83	28.98	40.46	27.00	44.41	24.80	47.63	22.56	49.98	20.40
4. kat	31.15	31.15	36.21	29.53	40.73	27.59	44.52	25.42	47.56	23.21	49.70	21.08
5. kat	30.46	30.46	35.15	28.93	39.31	27.10	42.77	25.07	45.48	23.01	47.32	21.02
6. kat	29.29	29.29	33.54	27.91	37.27	26.24	40.31	24.35	42.61	22.45	44.11	20.63
7. kat	27.90	27.90	31.67	26.68	34.94	25.18	37.54	23.46	39.43	21.74	40.57	20.09
8. kat	26.39	26.39	29.62	25.30	32.40	23.95	34.54	22.43	36.05	20.89	36.82	19.42
9. kat	24.72	24.72	27.46	23.81	29.74	22.63	31.41	21.27	32.47	19.88	32.88	18.58
10. kat	22.91	22.91	25.13	22.16	26.94	21.18	28.15	20.01	28.81	18.79	28.87	17.67
11. kat	20.90	20.90	22.60	20.31	23.90	19.50	24.71	18.53	24.97	17.52	24.76	16.63
12. kat	18.64	18.64	19.85	18.24	20.70	17.64	21.07	16.86	20.96	16.06	20.53	15.41
13. kat	16.12	16.12	16.86	15.91	17.28	15.53	17.28	14.97	16.84	14.40	16.24	14.03
14. kat	13.37	13.37	13.68	13.34	13.71	13.16	13.38	12.84	12.75	12.59	12.15	12.61
15. kat	10.18	10.18	10.25	10.36	10.06	10.40	9.56	10.31	8.85	10.37	8.22	10.61

EK. 2. Kat rijitliğini

0 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	454.75	2.377	1.91E+05	0.00	0.142	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.22	3.37	1.05E+05	0.00	0.208	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	267.86	2.648	1.01E+05	0.00	0.165	0.00E+00
0 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	589.06	2.618	2.25E+05	0.00	0.154	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	502.32	4.387	1.14E+05	0.00	0.264	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	436.92	4.248	1.03E+05	0.00	0.262	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	363.70	3.592	1.01E+05	0.00	0.224	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.53	2.699	1.04E+05	0.00	0.167	0.00E+00
0 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1096.59	3.782	2.90E+05	0.00	0.217	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	999.22	6.87	1.45E+05	0.00	0.398	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	925.04	7.342	1.26E+05	0.00	0.428	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	863.58	7.074	1.22E+05	0.00	0.414	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	792.33	6.514	1.22E+05	0.00	0.384	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	709.63	5.801	1.22E+05	0.00	0.346	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	620.78	4.982	1.25E+05	0.00	0.301	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	520.76	4.087	1.27E+05	0.00	0.248	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	392.13	3.066	1.28E+05	0.00	0.184	0.00E+00
0 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1510.38	4.018	3.76E+05	1.02	0.229	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1412.67	7.574	1.87E+05	0.10	0.43	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1322.94	8.352	1.58E+05	0.82	0.476	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1265.81	8.306	1.52E+05	0.32	0.472	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1191.30	7.948	1.50E+05	0.72	0.453	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1114.09	7.46	1.49E+05	0.56	0.426	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1034.28	6.913	1.50E+05	0.53	0.395	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	953.06	6.307	1.51E+05	0.72	0.363	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	853.90	5.607	1.52E+05	0.31	0.324	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	742.20	4.817	1.54E+05	0.83	0.282	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	626.93	3.96	1.58E+05	0.04	0.231	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	452.39	2.973	1.52E+05	0.81	0.173	0.00E+00
0 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1968.81	4.221	4.66E+05	0.00	0.237	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1863.90	8.236	2.26E+05	0.00	0.461	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1753.46	9.321	1.88E+05	0.00	0.52	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1696.62	9.468	1.79E+05	0.00	0.527	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1621.91	9.26	1.75E+05	0.00	0.514	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1548.03	8.905	1.74E+05	0.00	0.494	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1466.51	8.482	1.73E+05	0.00	0.47	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	1389.79	8.022	1.73E+05	0.00	0.444	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	1299.78	7.515	1.73E+05	0.00	0.416	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	1211.21	6.965	1.74E+05	0.00	0.387	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	1111.51	6.353	1.75E+05	0.00	0.354	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	999.81	5.663	1.77E+05	0.00	0.317	0.00E+00
13. Kat	Ex-RS	871.69	4.897	1.78E+05	0.00	0.276	0.00E+00
14. Kat	Ex-RS	743.42	4.061	1.83E+05	0.00	0.228	0.00E+00
15. Kat	Ex-RS	522.47	3.094	1.69E+05	0.00	0.17	0.00E+00

1 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	455.22	2.385	1.91E+05	0.11	0.162	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.52	3.381	1.04E+05	0.06	0.236	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	267.99	2.654	1.01E+05	0.08	0.184	0.00E+00
1 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	589.64	2.63	2.24E+05	0.28	0.187	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	502.79	4.407	1.14E+05	0.20	0.32	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	437.29	4.265	1.03E+05	0.20	0.313	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	364.13	3.603	1.01E+05	0.16	0.262	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.88	2.703	1.04E+05	0.17	0.19	0.00E+00
1 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1098.47	3.807	2.89E+05	1.10	0.294	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1000.83	6.917	1.45E+05	1.01	0.539	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	926.58	7.39	1.25E+05	0.96	0.577	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	865.19	7.115	1.22E+05	0.84	0.551	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	793.82	6.545	1.21E+05	0.79	0.501	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	710.79	5.82	1.22E+05	0.68	0.44	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	621.65	4.991	1.25E+05	0.65	0.371	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	521.62	4.088	1.28E+05	0.49	0.296	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	392.94	3.062	1.28E+05	0.40	0.212	0.00E+00
1 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1513.66	4.05	3.74E+05	2.27	0.326	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1415.81	7.634	1.85E+05	1.90	0.617	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1325.90	8.416	1.58E+05	1.97	0.678	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1268.97	8.366	1.52E+05	1.63	0.667	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1194.27	7.998	1.49E+05	1.66	0.629	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1116.80	7.499	1.49E+05	1.48	0.582	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1036.59	6.94	1.49E+05	1.42	0.529	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	955.10	6.324	1.51E+05	1.49	0.473	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	855.58	5.612	1.52E+05	1.28	0.412	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	743.34	4.813	1.54E+05	1.46	0.346	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	627.81	3.95	1.59E+05	0.89	0.275	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	453.24	2.96	1.53E+05	0.99	0.199	0.00E+00
1 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1974.40	4.258	4.64E+05	4.81	0.358	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1869.09	8.308	2.25E+05	4.71	0.698	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1758.54	9.401	1.87E+05	4.47	0.786	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1701.88	9.545	1.78E+05	4.18	0.789	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1627.03	9.329	1.74E+05	3.88	0.761	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1552.93	8.964	1.73E+05	3.61	0.721	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1471.10	8.53	1.72E+05	3.41	0.674	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	1394.26	8.059	1.73E+05	3.29	0.626	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	1303.62	7.54	1.73E+05	3.20	0.574	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	1214.51	6.978	1.74E+05	3.12	0.521	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	1114.35	6.357	1.75E+05	2.98	0.465	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	1002.52	5.658	1.77E+05	2.72	0.407	0.00E+00
13. Kat	Ex-RS	873.79	4.884	1.79E+05	2.32	0.344	0.00E+00
14. Kat	Ex-RS	745.16	4.044	1.84E+05	1.77	0.276	0.00E+00
15. Kat	Ex-RS	523.97	3.076	1.70E+05	1.00	0.204	0.00E+00

2 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	455.20	2.391	1.90E+05	0.42	0.182	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.58	3.389	1.04E+05	0.30	0.264	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	268.14	2.658	1.01E+05	0.25	0.202	0.00E+00
2 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	589.93	2.639	2.24E+05	1.18	0.22	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	503.22	4.422	1.14E+05	1.06	0.375	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	437.76	4.276	1.02E+05	0.93	0.364	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	364.25	3.606	1.01E+05	0.69	0.298	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.80	2.7	1.04E+05	0.48	0.211	0.00E+00
2 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1100.68	3.822	2.88E+05	4.15	0.365	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1003.34	6.942	1.45E+05	3.96	0.669	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	929.09	7.411	1.25E+05	3.66	0.711	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	867.53	7.129	1.22E+05	3.33	0.673	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	795.89	6.55	1.22E+05	2.97	0.604	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	712.38	5.815	1.23E+05	2.62	0.521	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	622.71	4.976	1.25E+05	2.23	0.43	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	522.08	4.064	1.28E+05	1.77	0.332	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	392.90	3.035	1.29E+05	1.11	0.231	0.00E+00
2 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1519.36	4.064	3.74E+05	7.66	0.414	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1422.07	7.658	1.86E+05	7.31	0.781	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1332.26	8.438	1.58E+05	6.70	0.855	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1275.11	8.381	1.52E+05	6.07	0.834	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1200.25	8.006	1.50E+05	5.49	0.78	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1122.55	7.499	1.50E+05	5.14	0.712	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1041.41	6.929	1.50E+05	5.00	0.638	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	958.46	6.3	1.52E+05	4.95	0.561	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	858.22	5.58	1.54E+05	4.80	0.479	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	745.28	4.774	1.56E+05	4.32	0.394	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	629.06	3.907	1.61E+05	3.50	0.305	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	453.14	2.916	1.55E+05	2.19	0.214	0.00E+00
2 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1984.38	4.267	4.65E+05	21.99	0.466	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1879.75	8.323	2.26E+05	21.58	0.908	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1769.42	9.412	1.88E+05	20.66	1.02	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1712.48	9.55	1.79E+05	19.48	1.018	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1637.67	9.328	1.76E+05	18.24	0.974	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1563.44	8.955	1.75E+05	17.07	0.914	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1481.16	8.513	1.74E+05	16.12	0.847	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	1402.91	8.032	1.75E+05	15.40	0.777	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	1310.93	7.503	1.75E+05	14.79	0.703	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	1220.34	6.931	1.76E+05	14.18	0.629	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	1119.12	6.301	1.78E+05	13.30	0.554	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	1005.84	5.596	1.80E+05	11.99	0.476	0.00E+00
13. Kat	Ex-RS	876.14	4.819	1.82E+05	10.12	0.395	0.00E+00
14. Kat	Ex-RS	746.42	3.979	1.88E+05	7.63	0.311	0.00E+00
15. Kat	Ex-RS	524.16	3.013	1.74E+05	4.30	0.227	0.00E+00

3 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	455.19	2.396	1.90E+05	1.03	0.202	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.64	3.395	1.04E+05	0.80	0.291	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	268.06	2.659	1.01E+05	0.57	0.22	0.00E+00
3 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	590.38	2.645	2.23E+05	2.64	0.25	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	503.83	4.431	1.14E+05	2.44	0.426	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	438.30	4.28	1.02E+05	2.09	0.41	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	364.56	3.604	1.01E+05	1.56	0.33	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.76	2.691	1.04E+05	0.94	0.228	0.00E+00
3 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1104.68	3.824	2.89E+05	8.06	0.424	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1007.75	6.942	1.45E+05	7.60	0.776	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	933.43	7.406	1.26E+05	6.91	0.821	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	871.86	7.117	1.23E+05	6.25	0.769	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	799.68	6.528	1.22E+05	5.63	0.682	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	715.08	5.781	1.24E+05	5.09	0.58	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	624.26	4.931	1.27E+05	4.49	0.469	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	523.06	4.014	1.30E+05	3.70	0.353	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	393.00	2.984	1.32E+05	2.42	0.238	0.00E+00
3 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1530.05	4.059	3.77E+05	19.30	0.486	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1433.72	7.645	1.88E+05	18.41	0.916	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1343.97	8.416	1.60E+05	17.09	0.997	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1286.81	8.353	1.54E+05	15.57	0.966	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1211.54	7.97	1.52E+05	14.38	0.895	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1133.10	7.453	1.52E+05	13.38	0.809	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1050.11	6.871	1.53E+05	12.89	0.716	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	964.69	6.23	1.55E+05	12.53	0.62	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	862.89	5.499	1.57E+05	11.94	0.522	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	748.26	4.686	1.60E+05	10.72	0.421	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	630.88	3.819	1.65E+05	8.40	0.319	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	453.02	2.832	1.60E+05	5.46	0.221	0.00E+00
3 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	2002.83	4.247	4.72E+05	64.17	0.573	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1899.08	8.275	2.29E+05	63.28	1.118	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1789.20	9.35	1.91E+05	61.22	1.254	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1732.18	9.48	1.83E+05	58.46	1.248	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1657.48	9.251	1.79E+05	55.35	1.189	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1582.82	8.873	1.78E+05	52.18	1.11	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1499.56	8.425	1.78E+05	49.16	1.023	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	1419.09	7.935	1.79E+05	46.35	0.934	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	1324.21	7.394	1.79E+05	43.56	0.833	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	1230.65	6.812	1.81E+05	40.63	0.736	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	1127.24	6.175	1.83E+05	37.12	0.644	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	1011.84	5.467	1.85E+05	32.67	0.549	0.00E+00
13. Kat	Ex-RS	880.28	4.692	1.88E+05	27.00	0.45	0.00E+00
14. Kat	Ex-RS	748.85	3.858	1.94E+05	19.88	0.35	0.00E+00
15. Kat	Ex-RS	524.71	2.903	1.81E+05	10.94	0.258	0.00E+00

4 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	455.16	2.401	1.90E+05	1.84	0.22	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.73	3.399	1.04E+05	1.49	0.317	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	267.94	2.658	1.01E+05	0.96	0.236	0.00E+00
4 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	591.12	2.649	2.23E+05	4.57	0.278	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	504.80	4.434	1.14E+05	4.24	0.473	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	439.18	4.279	1.03E+05	3.61	0.45	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	365.04	3.594	1.02E+05	2.70	0.358	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.73	2.676	1.05E+05	1.59	0.242	0.00E+00
4 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1111.61	3.816	2.91E+05	11.91	0.47	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1015.32	6.922	1.47E+05	11.02	0.856	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	940.97	7.375	1.28E+05	9.76	0.9	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	879.25	7.077	1.24E+05	8.72	0.836	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	806.15	6.477	1.24E+05	7.99	0.733	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	719.61	5.714	1.26E+05	7.49	0.613	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	626.94	4.851	1.29E+05	6.99	0.486	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	524.70	3.929	1.34E+05	6.02	0.357	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	393.29	2.902	1.36E+05	4.06	0.233	0.00E+00
4 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1547.88	4.028	3.84E+05	45.65	0.556	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1453.14	7.578	1.92E+05	44.30	1.046	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1363.93	8.339	1.64E+05	42.06	1.135	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1306.51	8.276	1.58E+05	39.14	1.093	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1230.35	7.885	1.56E+05	36.45	1.006	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1150.54	7.357	1.56E+05	33.82	0.902	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1064.60	6.758	1.58E+05	31.65	0.792	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	975.05	6.1	1.60E+05	29.49	0.673	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	870.37	5.356	1.63E+05	26.73	0.561	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	753.06	4.537	1.66E+05	23.11	0.447	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	633.76	3.673	1.73E+05	17.54	0.333	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	453.11	2.702	1.68E+05	10.81	0.233	0.00E+00
4 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	2029.88	4.16	4.88E+05	155.09	0.725	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1927.41	8.093	2.38E+05	153.51	1.417	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1818.37	9.134	1.99E+05	149.60	1.596	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1761.30	9.265	1.90E+05	144.05	1.592	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1686.79	9.051	1.86E+05	137.41	1.52	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1611.51	8.691	1.85E+05	130.07	1.42	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1526.80	8.243	1.85E+05	122.32	1.31	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	1442.94	7.745	1.86E+05	114.23	1.182	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	1343.23	7.192	1.87E+05	105.68	1.051	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	1244.98	6.6	1.89E+05	96.48	0.933	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	1138.16	5.96	1.91E+05	86.14	0.813	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	1019.70	5.257	1.94E+05	74.11	0.689	0.00E+00
13. Kat	Ex-RS	885.57	4.494	1.97E+05	59.93	0.56	0.00E+00
14. Kat	Ex-RS	751.89	3.688	2.04E+05	43.17	0.437	0.00E+00
15. Kat	Ex-RS	525.23	2.783	1.89E+05	23.05	0.348	0.00E+00

5 eğimli kolon 3 katlı bina							
Kat	Output Case	Kesme X	Kat Ötelemesi X	Rijitlik X	Kesme Y	Kat Ötelemesi Y	Rijitlik Y
		kN	mm	kN/m	kN	mm	kN/m
1. Kat	Ex-RS	455.16	2.403	1.89E+05	2.82	0.238	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	352.87	3.4	1.04E+05	2.23	0.341	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	267.82	2.655	1.01E+05	1.54	0.251	0.00E+00
5 eğimli kolon 5 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	592.22	2.65	2.24E+05	6.39	0.303	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	506.21	4.433	1.14E+05	5.84	0.513	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	440.45	4.272	1.03E+05	4.99	0.486	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	365.77	3.578	1.02E+05	3.77	0.38	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	279.71	2.653	1.05E+05	2.37	0.251	0.00E+00
5 eğimli kolon 9 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1122.50	3.791	2.96E+05	18.20	0.505	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1027.08	6.868	1.50E+05	16.71	0.916	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	952.69	7.318	1.30E+05	14.59	0.954	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	890.64	7.008	1.27E+05	13.00	0.877	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	816.11	6.392	1.28E+05	12.09	0.759	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	726.48	5.607	1.30E+05	11.68	0.625	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	631.05	4.725	1.34E+05	11.18	0.486	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	527.21	3.797	1.39E+05	9.77	0.348	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	393.80	2.778	1.42E+05	6.59	0.222	0.00E+00
5 eğimli kolon 12 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	1574.12	3.956	3.98E+05	103.23	0.661	0.00E+00
2. Kat	Ex-RS	1480.80	7.433	1.99E+05	101.44	1.245	0.00E+00
3. Kat	Ex-RS	1392.53	8.17	1.70E+05	97.45	1.353	0.00E+00
4. Kat	Ex-RS	1334.54	8.105	1.65E+05	92.13	1.304	0.00E+00
5. Kat	Ex-RS	1257.56	7.728	1.63E+05	86.09	1.199	0.00E+00
6. Kat	Ex-RS	1175.57	7.193	1.63E+05	79.62	1.074	0.00E+00
7. Kat	Ex-RS	1084.92	6.573	1.65E+05	72.90	0.926	0.00E+00
8. Kat	Ex-RS	989.34	5.891	1.68E+05	65.68	0.786	0.00E+00
9. Kat	Ex-RS	880.35	5.132	1.72E+05	57.36	0.651	0.00E+00
10. Kat	Ex-RS	759.85	4.313	1.76E+05	47.35	0.514	0.00E+00
11. Kat	Ex-RS	637.42	3.464	1.84E+05	34.91	0.377	0.00E+00
12. Kat	Ex-RS	454.06	2.549	1.78E+05	19.35	0.287	0.00E+00
5 eğimli kolon 15 katlı bina							
1. Kat	Ex-RS	2055.36	4.011	5.12E+05	318.56	0.957	3.33E+05
2. Kat	Ex-RS	1954.21	7.784	2.51E+05	315.92	1.884	1.68E+05
3. Kat	Ex-RS	1846.39	8.767	2.11E+05	309.14	2.133	1.45E+05
4. Kat	Ex-RS	1789.53	8.881	2.01E+05	299.05	2.133	1.40E+05
5. Kat	Ex-RS	1715.42	8.668	1.98E+05	286.37	2.043	1.40E+05
6. Kat	Ex-RS	1639.78	8.314	1.97E+05	271.59	1.921	1.41E+05
7. Kat	Ex-RS	1553.79	7.888	1.97E+05	255.04	1.78	1.43E+05
8. Kat	Ex-RS	1466.26	7.41	1.98E+05	236.84	1.629	1.45E+05
9. Kat	Ex-RS	1360.55	6.859	1.98E+05	217.00	1.469	1.48E+05
10. Kat	Ex-RS	1256.78	6.27	2.00E+05	195.48	1.304	1.50E+05
11. Kat	Ex-RS	1146.17	5.649	2.03E+05	171.85	1.132	1.52E+05
12. Kat	Ex-RS	1024.81	4.979	2.06E+05	145.48	0.953	1.53E+05
13. Kat	Ex-RS	888.49	4.276	2.08E+05	115.78	0.78	1.48E+05
14. Kat	Ex-RS	753.18	3.543	2.13E+05	82.07	0.623	1.32E+05
15. Kat	Ex-RS	524.97	2.669	1.97E+05	43.05	0.491	0.00E+00

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Omair Elshafei Elkhalil Mohieldin

Doğum Yeri ve Tarihi : Sudan - 15.09.1993

Yabancı Dil : Arapça/Türkçe/İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise : Elfath Lisesi - Suudi Arabistan

Lisans : Omdurman İslam Üniversitesi - Sudan

Çalıştığı Kurum : Omdurman İslam Üniversitesi

İletişim (e-posta) : Omair.elshafei@gmail.com