

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**BİNALARIN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMİNDE KOLONLAR VE
KİRİŞLERİN ÇEKME DÜZENSİZLİĞİ VE BİNANIN KATLARINDA
BURULMA DÜZENSİZLİĞİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Monir B.M OWDA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

EYLÜL, 2022

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**BİNALARIN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMİNDE KOLONLAR VE
KİRİŞLERİN ÇEKME DÜZENSİZLİĞİ VE BİNANIN KATLARINDA
BURULMA DÜZENSİZLİĞİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Monir B.M OWDA
(Y2013.090001)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi OUIAME CHAKKOR

EYLÜL, 2022

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum " BİNALARIN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMİNDE KOLONLAR VE KİRİŞLERİN ÇEKME DÜZENSİZLİĞİ VE BİNANIN KATLARINDA BURULMA DÜZENSİZLİĞİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ" adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin.Kaynakça'da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.(08/09/2022)

Monir OWDA

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, binalarda oluşturulan düzensizlik durumları incelenmektedir. Deprem sırasında çekmeli ve düzenli binaların davranışı belirlenmiştir. İstanbul Aydın Üniversitesi'ndeki hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum. Türkiye'deki depremler hakkında bilgi veren Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN hocama teşekkürlerimi sunuyorum. Okulumun son gününe kadar yardımcı oldu. Ayrıca Düzce Üniversitesi'nde konferansa beni davet eden sayın Prof. Dr. Resul KARA'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Eylül, 2022

Monir OWDA

BİNALARIN BETONARME TAŞIYICI SİSTEMİNDE KOLONLAR VE KİRİŞLERİN ÇEKME DÜZENSİZLİĞİ VE BİNANIN KATLARINDA BURULMA DÜZENSİZLİĞİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

Bir bölgede binalar, nasıl tasarlandığına göre depremlerden etkilenmektedir. Son zamanlarda Türkiye’de yaşanan depremlerde binaların nasıl etkilendiği görülmüştür. Yapının dış etkiler altındaki olası davranışı doğru kestirilebilmelidir. Bir bölgede deprem meydana geldiğinde bazı binalar yıkılır, bazıları kısmen hasar görür ve bazıları hiç etkilenmez. Bu da bizi deprem anında neden bazı binaların yıkıldığını ve bazılarının hiç etkilenmediğini düşünmeye sevk eder. Bazı binalar mimari gereksinimler nedeniyle uygun mühendislik koşullarını dikkate alınmadan tasarlanmaktadır. Bina tasarımı düzgün şekilde ve mühendislik koşullarına uygun olmadığı sürece bu binanın taşıyıcı sistemi, yapıya gelen yatay yükleri (deprem yükleri) düzgün şekilde dağıtamayacaktır. Bu yüzden taşıyıcı sistemde çekme düzensizliği veya burulma düzensizliği oluşabilir. Binalarda rijitlik merkezi (RM) ile kütle merkezi (KM) çakışmaması sonucu, deprem kuvveti kütle merkezine etki ettiği için yapıda burulma meydana gelir. Betonarme binalarda çekme düzensizliği, yapının belirli bir kattan itibaren yukarıya doğru yapı kat plan alanının belirli bir oranda azalmasıdır. Ayrıca bina yüksekliğince plan boyutlarındaki ani değişim nedeniyle, rijitlik ve kütle düzensizlikleri ile karşılaşmakta, bu durum ise çekme düzensizliği bulunan binaların deprem davranışlarını oldukça karmaşık bir hale getirmektedir.

Bu çalışmada betonarme yapılarda çekme düzensizliği ve burulma düzensizliği oluşmasının nedenleri ve davranışlarını incelenmiştir. Betonarme yapıların davranışı deprem yükü, zati yük ve hareketli yük etkisi altında incelenmiştir. Ayrıca; çekme oranı, çekme kat seviye oranı, kat sayısı ve düşey eksen etrafındaki simetri durumu (simetrik, asimetrik) parametrelerine bağlı olarak, betonarme binalar üzerinde deprem esnasında çekme düzensizliğinin etkisi incelenmiştir. Deprem sırasında taşıyıcı

sistemin elemanlarının (kiriş ve kolon) davranışı incelenerek taşıyıcı sistemde meydana gelen aksel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme moment ve görelî kat ötelemesinin, mod birleştirme yönetimi ile Sap2000 programında değerleri ve diyagramları bulunmuştur. Aksel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme moment ve görelî kat ötelenmesi değerleri, karşılaştırmalı olarak grafiklerde sunulmuştur. Ayrıca çekme düzensizliği durumunun binaların burulma davranışı üzerindeki etkisi de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıyıcı sistemler, Çekme düzensizliği, Burulma düzensizliği, Binaların burulma davranışı, Deprem, Betonarme.

**INVESTIGATION OF SETBACK IRREGULARITY OF COLUMNS AND
BEAMS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL SYSTEM OF
BUILDINGS AND TORSIONAL IRREGULARITY BEHAVIOR IN THE
FLOORS OF THE BUILDING**

ABSTRACT

Buildings in a region are affected by earthquakes according to how they are designed. It has been observed how the buildings were affected by the earthquakes in Turkey recently. The possible behavior of the building under external influences should be accurately predicted. When an earthquake occurs in an area, some buildings are destroyed, some are partially damaged and some are not affected at all. This leads us to think why some buildings collapsed during the earthquake and some were not affected at all. Some buildings are designed without considering appropriate engineering conditions due to architectural requirements. Unless the building design is properly and in accordance with the engineering conditions, the structural system of this building will not be able to properly distribute the horizontal loads (earthquake loads) coming to the structure. Therefore, tensile irregularity or torsional irregularity may occur in the structural system. As the center of rigidity (CR) and center of mass (CM) do not coincide in buildings, torsion occurs in the structure as the earthquake force acts on the center of mass. Tensile irregularity in reinforced concrete buildings is the decrease in the floor plan area of the building from a certain floor upwards to a certain extent. In addition, due to the sudden change in plan dimensions with building height, stiffness and mass irregularities are encountered, which complicates the seismic behavior of buildings with tensile irregularities.

In this study, the reasons and behaviors of tensile and torsional irregularity in reinforced concrete structures were investigated. Moreover; The effect of tensile irregularity on reinforced concrete buildings during an earthquake was investigated, depending on the parameters of setback ratio, setback-story level ratio, number of floors and symmetry around the vertical axis (symmetrical, asymmetrical). By

examining the behavior of the elements of the structural system (beam and column) during an earthquake, the values and diagrams of the axial force, shear force, bending moment and relative storey drift occurring in the structural system were found in the Sap2000 program by using modal superposition analysis. Axial force, shear force, bending moment and relative storey drift values are presented comparatively in the graphics. In addition, the effect of setback irregularity on the torsional behavior of buildings was also investigated.

Key Words: Structural systems, Setback irregularity, Torsional irregularity, Torsional behavior of buildings, Earthquake, Reinforced concrete.

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiii
I. GİRİŞ	1
A. Taşıyıcı Sistem	2
B. Betonarme İskelet Yapılar	2
1. Temeller	3
2. Kolonlar.....	10
3. Perdeler.....	11
4. Kirişler.....	12
5. Döşemeler.....	13
II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	16
A. Çekme Düzensizliği için Literatür Araştırması.....	16
B. Burulma Düzensizliği için Literatür Araştırma	25
III. SAYISAL ÇALIŞMA	36
A. Çekme Düzensizliği için Sayısal Çalışması	43
1. Düzenli Bina ve Çekmeli Binadaki Kesme Kuvveti, Moment ve Eksenel Kuvveti.....	47
2. Analizlerde düzenli ve çekmeli bina modellerinin genel özellikleri.....	50
B. Burulma Düzensizliği için Sayısal Çalışması.....	71
IV. SONUÇ	78
V. KAYNAKÇA	81

ÖZGEÇMİŞ	86
-----------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Betonarme	3
Şekil 2 Duvar Altı Temeli	5
Şekil 3 Tekil Temeller	5
Şekil 4 Birleşik Temeller	6
Şekil 5 Sürekli Temeller	7
Şekil 6 Kirişsiz radye temel ve kirişli radye temel	7
Şekil 7 Ayak Temeller	8
Şekil 8 Kazıklı Temeller	9
Şekil 9 Keson Temeller.....	9
Şekil 10 Etriyeli ve fretli kolon.....	10
Şekil 11 Perde En Kesitleri	11
Şekil 12 Perdeler	11
Şekil 13 Kiriş En Kesitleri	12
Şekil 14 Kiriş Kesit Boyutları.....	12
Şekil 15 Kirişli Döşeme	14
Şekil 16 Kirişsiz Döşemeler.....	14
Şekil 17 Kaset (ızgara) Kiriş Döşeme.....	15
Şekil 18 TDY 2007 geri çekme kriteri.....	19
Şekil 19 simetri eksenini boyunca kademeli olarak artan veya toplam yapı yüksekliğinden %15 daha yüksek tek bir geri çekilmiş katmana sahip yapı.....	19
Şekil 20 toplam bina yüksekliğinin %15'inin altında tek bir geri çekme seviyesine sahip bir bina sistemi.....	20
Şekil 21 Eurocode geri çekme kriterleri	20
Şekil 22 UBC geri çekme kriterleri.....	21
Şekil 23 NEHRP geri çekme kriterleri.....	22
Şekil 24 NEHRP geometrik geri çekme kriterleri.....	22
Şekil 25 ATC geri çekme tipleri	23
Şekil 26 Avustralya yönetmeliği geri çekme kriteri	23
Şekil 27 Hindistan yönetmeliği geri çekme tipi.....	24
Şekil 28 FEMA' ya göre düşey geometrik düzensizlik kriterleri	25
Şekil 29 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde burulma düzensizliği tanımı	28
Şekil 30 ASCE deprem yönetmeliğinde burulma düzensizliği tanımı	28

Şekil 31 Kaydırılmış kütle merkezleri (DBYBHY-2018)	33
Şekil 32 A2 türü düzensizlik durumu I (DBYBHY-2018)	34
Şekil 33 A2 türü düzensizlik durumu II (DBYBHY-2018)	34
Şekil 34 A2 türü düzensizlik durumu III (DBYBHY-2018).....	35
Şekil 35 A3 türü düzensizlik durumu (DBYBHY-2018).....	35
Şekil 36 Türkiye deprem tehlike haritası	37
Şekil 37 İvme Tasarım Spektrumu.....	39
Şekil 38 Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g] ve Doğal titreşim periyodu [s] arasındaki ilişkisi.....	40
Şekil 39 Düzenli Binanın Kat Planı	45
Şekil 40 (Düzenli) Bina Modellerine Ait Düşey Kesit (ön ve en kesit).....	45
Şekil 41(Düzenli) Binanın Taşıyıcı Sistemine Ait 3D Modeli	45
Şekil 42 (a) Zemin Kat için Çekmeli Binanın Kat Planı (b) (c) Binanın Üst Katlar için Kat Planı	46
Şekil 43 Çekmeli Bina Modellerine Ait Düşey Kesit	47
Şekil 44 Çekmeli Binanın Taşıyıcı Sistemine Ait 3D Modeli	47
Şekil 45 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Kesme Kuvveti.....	48
Şekil 46 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Momenti.....	49
Şekil 47 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Eksenel Kuvveti	50
Şekil 48 Bina modellerine ait kat planı ve çekmeli binanın zemin kat planı	51
Şekil 49 Tipik çekmeli bina modelleri	52
Şekil 50 SAP2000’inde response spektrum fonksiyonu tanımı	55
Şekil 51 SAP2000’inde mod birleştirmede response spektrum	56
Şekil 52 a-b-c) Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen en büyük eksenel kuvvet değerleri	57
Şekil 53 Düzenli binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen eksenel kuvvet.....	58
Şekil 54 40% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen eksenel kuvvet.....	59
Şekil 55 60% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen eksenel kuvvet.....	59
Şekil 56 80% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen eksenel kuvvet.....	60
Şekil 57 a-b-c) bina Katlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kirişlerde en büyük eksenel kuvvet değerleri	61
Şekil 58 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan eksenel kuvveti	62

Şekil 59 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksenal kuvveti.	62
Şekil 60 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksenal kuvveti	63
Şekil 61 80% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksenal kuvveti	63
Şekil 62 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda en büyük kesme kuvvet değerleri	64
Şekil 63 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti	65
Şekil 64 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti	65
Şekil 65 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti	66
Şekil 66 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti	66
Şekil 67 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda en büyük moment değerleri	67
Şekil 68 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment	68
Şekil 69 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment	68
Şekil 70 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment	69
Şekil 71 80% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment	69
Şekil 72 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda görelî kat ötelenme değerleri	70
Şekil 73 binanın kat planı ve üç boyutlu modellenmesi görünümü	72
Şekil 74 SAP2000 programında elde edilen deformasyon sonucu	78

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 geçmişten günümüze kadar yayınlan Türk Deprem Yönetmeliklerinin (TDY) burulma düzensizliği.....	27
Çizelge 2 Deprem yer hareketi düzeyi.....	38
Çizelge 3 Spektrum Karakteristik Periyotları	39
Çizelge 4 Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	41
Çizelge 5 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları	41
Çizelge 6 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)	42
Çizelge 7 Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	43
Çizelge 8 Zemin ve Yapının Genel Verileri	44
Çizelge 9 Düzenli ve çekmeli binaların taşıyıcı sistem boyutları	51
Çizelge 10 4 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H).....	52
Çizelge 11 8 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H).....	53
Çizelge 12 12 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H).....	54
Çizelge 13 Binanın genel ayrıntılarını	72
Çizelge 14 1.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları.....	73
Çizelge 15 2.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları.....	74
Çizelge 16 3.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları.....	75
Çizelge 17 4.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları.....	76
Çizelge 18 5.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları.....	77

KISALTMALAR

ASCE : American Society of Civil Engineers

ATC : Applied Technology Council

BKS : Bina Kullanım Sınıfı

CEN : European Committee for Standardization

CM : Center of mass

CR : The center of rigidity

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-4 : 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS : Deprem Tasarım Sınıfı

FEMA : Federal Emergency Management Agency

F_S : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1 : 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı

I : Bina Önem Katsayısı

ICBO : International Conference of Building Officials

RD : Rijit diyafram modeli

KM : Kütle Merkezi

NEHRP : National Earthquake Hazards Reduction Program

RM : Rijitlik Merkezi

$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

SE : İki boyutlu sonlu elemanlar

T : Doğal titreşim periyodu [s]

T_A : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

T_L : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]

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

I. GİRİŞ

Deprem yükü yatay yük olduğuna göre binaya nasıl etkilediği çok önemlidir. Bu yüzden her bölgenin deprem özelliklerine göre bina tasarımı yapılır ve inşa edilir. Binadaki temeller, deprem yüklerini perde ya da kolonlara aktarır ve perde ya da kolonlar bu gelen yükleri kirişlere ve döşemelere aktırır. Taşıyıcı sistem ne kadar düzgün ve geometri (simetrik) olursa bina o kadar sağlam olur aksi takdirde taşıyıcı sisteminde çekme düzensizliği veya burulma düzensizliği oluşturulmaktadır.

Deprem etkisi altındaki betonarme binaların tasarımında; hesap modeli, analiz ve tasarım yöntemlerindeki birtakım belirsizlikler ve varsayımlar nedeniyle, deprem yönetmelikleri betonarme binaların taşıyıcı sisteminin sade ve basit olması gerektiğini vurgulamaktadır. Ancak, çevremizde mevcut yapı stoku incelendiğinde betonarme binaların tasarımında sade ve basitlikten oldukça uzaklaşıldığı, hatta yönetmeliklerin düzensiz olarak nitelendirdiği binaların yaygınlaştığı görülmektedir. Bunun nedeni tasarım aşamasında, binanın deprem karşısındaki davranışından ziyade binanın kullanım amaçlarının göz önüne alınmasıdır. Şöyle ki, çevremizde var olan betonarme binaların zemin ve/veya birinci katları ticari amaçla kullanılırken, üst katları ise konut olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle ticari verimliliği arttırmak amacıyla alt katların üst katlara göre daha büyük plan alanına sahip olması kullanıcılar tarafından istenmekte olup; bu durum son yıllarda çekme düzensizliği bulunan binaların inşa etmesini daha çok yaygınlaştırmaktadır. Özellikle çok katlı binaların inşa edildiği yerleşim alanlarında, alt katların daha fazla hava ve gün ışığından yararlanabilmesi için çekilebilir yapı tiplerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çekmeli binalar, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin üst ve alt kısımları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Üst kısmı daha küçük plan alanı olan kule; alt kısmı daha büyük plan alanı olan taban olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda zemin katın işyeri, üst katın konut olarak kullanıldığı yapılarda, alt katın üst kata göre daha geniş bir taban alanına ihtiyaç duymasından dolayı rijitlik ve dayanım düzensizlikleri oluşmaktadır. Bu tip binalar büyük mimari avantajlar sağlasa da, sistemdeki çekme düzensizlikleri oluşmaktadır. Bu halde binanın deprem karşısındaki davranışlarını karmaşık bir hal almaktadır. (Al-Ali, A. A. K.-1998)

A. Taşıyıcı Sistem

Bir yapının yük etkilerini karşılayan yapı elemanlarına (temel, kolon, perde, kiriş ve döşeme gibi) taşıyıcı sistem denir. Taşıyıcı sistem, binaya etkiyen düşey ve yatay yükleri güvenle taşımak için kullanılmaktadır.

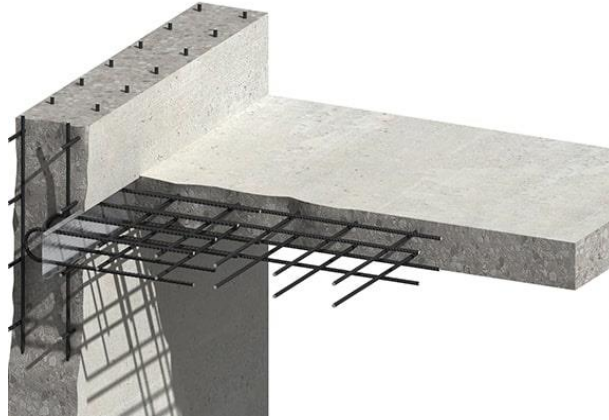
Türkiye’de deprem sonrası yapılan araştırmalar hasarların en çok taşıyıcı sistem ve donatı düzenlemelerindeki kusurlarından kaynaklandığını göstermektedir. Taşıyıcı sistemde görülen her türlü hasarın titizlikle gözlenmesi gerekir. Bu hasarlar yapının veya taşıyıcı elemanının taşıma gücünün azaldığına işarettir. Türkiye’de, eski Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlattırılan "Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu" bu anlamda bir örnek olarak gösterilebilir. (P. Gülkan, A. Yakut, H. Sucuoğlu, M. S. Yüçemen, E. Çıtıptıoğlu-1994). Bu form hasarın puanlanarak buradan toplam hasar puanının elde edilmesine dayanmaktadır. Puan tespitinde binanın en çok hasar gören katı dikkate alınmakta ve bu katta tespit edilen hasar tüm yapıya mal edilmektedir. Hasar düzeyi belirlenmesinde etken olan üç ana unsur ise, yapı ve yakın çevresinin geometrik durumu, yapının taşıyıcı sistem özelliği ve geometrisi ile yapıda meydana gelen şekil değiştirmelerdir. (M. Kömür M. Altan-2005).

B. Betonarme İskelet Yapılar

Betonarmede bir döküm özelliği vardır. Bu özellik beton dökümünde çok avantajlıdır. Betonarme bu sayede tek parça olarak çalışan bir malzeme olmaktadır.

Betonarme yapı elemanında bulunan beton ve çelik birlikte yüklerden dolayı oluşan gerilmelere karşı koyarlar. Bu esnada beton, basınç gerilmelerini karşılar, çelik ise çekme gerilmelerini karşılar. Betonarme, betonun çelik çubuklar ile güçlendirildiği bir yapıdır. Betonarme yapı, taşıyıcı sistemi betonarme yapı elemanlarından oluşturulmuş yapıdır. Türkiye’de en çok kullanılan yapısal sistemdir. Betonarme dizayn, betonun içine yerleştirilen çelik donatının oranı kontrol edilerek ve düzenlenerek oluşturulur. Bir yapıda dış etkileri binanın içinde güvenli ve düzenli şekilde taşımak ve aktarmak için temel, perde, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanları çelik ile güçlendirilen beton malzemesinden inşa edilirse betonarme taşıyıcı sistem denir. Depreme karşı yapı tasarımı yapılırken yapının taşıyıcı sistemi, mimari ve mühendislik gereksinmelerine göre tasarlanır.

Taşıyıcı sisteminde düşey yapı elemanları; kolon ve perdelerden gibi oluşmaktadır. Yatay yapı elemanları ise yatay yapı elemanları; döşeme ve kirişlerden oluşmaktadır. Deprem yatay yük olduğuna göre deprem boyunca bu yükler temele aktarılmaktadır ve düşey yükler kolonlar vasıtası ile temele aktarılmaktadır bu sebeple temel tasarımına gereken özen gösterilmeli ve kolon temel etkileşimi iyi analiz edilmelidir. Kolonlar, temelden gelen yükleri kiriş ve döşemelere aktarır. Yüklerin yapı elemanlarına aktarılması ile yüklerin düzenli şekilde dağıtımını sağlamak için kolonlar ve kirişlerin birbirine doğru şekilde bağlanması lazımdır. Kolon ve perdelerin bir yöndeki toplam rijitliklerinin diğer yöndekine yaklaşık olarak eşit olması tasarım açısından avantaj sağlamaktadır. Kolon ve perdeler, mümkün olduğunca, kütle merkezine göre simetrik olmalıdır.



Şekil 1 Betonarme

1. Temeller

Temeller, yapının en altında bulunur ve herhangi bina inşa etmeden önce temeller inşa edilir. Temeller düşey taşıyıcı sistemin yapı elemanlarından biridir ve yapının yükünü zemine aktarır. Temeller, düşey taşıyıcılardan kolon veya perdelerden gelen yükleri daha geniş bir alana yayarlar. Öncelikle temelin bulunduğu zemin iyi bilinmeli ve o zemine güvenle yüklenebilecek yük değerleri belirlenmelidir. Daha sonra temel projesi yapılmaktadır.

TS 500 (2000)'de temel tasarımı ile ilgili genel olarak şu ilkeler verilmektedir:

- 1) Temel kotu ve temel tipi, genel olarak yerel koşulların değerlendirilmesinden sonra, zemin mekaniği ilkelerine göre seçilmelidir.

- 2) Temel elemanlarının kesit boyutlarının kontrolünde ve gerekli donatının belirlenmesinde yük katsayıları ile bulunan tasarım yükleri ve bu yükler etkisiyle temel altında oluşacak taban basınçları esas alınacaktır.
- 3) Temeller için temel donatısının zemin ve yer altı suyundan etkilenmemesi için beton örtüsü 50 mm'den daha az olamaz.

Binalarda Temeller Çeşitleri iki gruba ayrılmaktadır: Yüzeysel temeller ve derin temellerdir. Ayrıca temeller birkaç faktöre göre tasarlanmaktadır:

- 1) Yükün geldiği düşey taşıyıcı
- 2) Yükün büyüklüğü
- 3) Zemin türü
- 4) Taşıma gücü

a. Yüzeysel Temeller

Yüzey temeller, toprak yüzeyine yakın inşa edilen ancak don seviyesi altında inşa edilir bu tür temeller sağlam zeminlerde uygulanabilir.

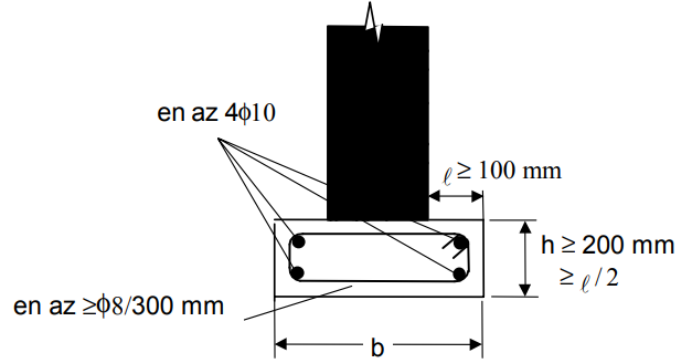
Yüzeysel temeller 5 gruba ayrılır;

- 1) Duvar Altı Temeller
- 2) Tekil Temeller
- 3) Birleşik Temeller
- 4) Sürekli Temeller
- 5) Radye Temeller

1) Duvar Altı Temeller

Taşıyıcı duvarların yükünü zemine güvenli bir şekilde aktarmak için kullanılan betonarme elemanlardır. Kesit hesabında duvardaki kesme kuvveti dikkate alınır ve moment duvar kalınlığının $1/4$ 'ü olan iç eğilme momentidir. Temelin kalınlığı seçilirken, tasarım eğilme momentinin homojen bir çatlaksız kesit varsayılarak hesaplanan çatlama momentinden ve tasarım kesme kuvvetinin kesme çatlama mukavemetinden daha az olmasına dikkat edilmelidir.

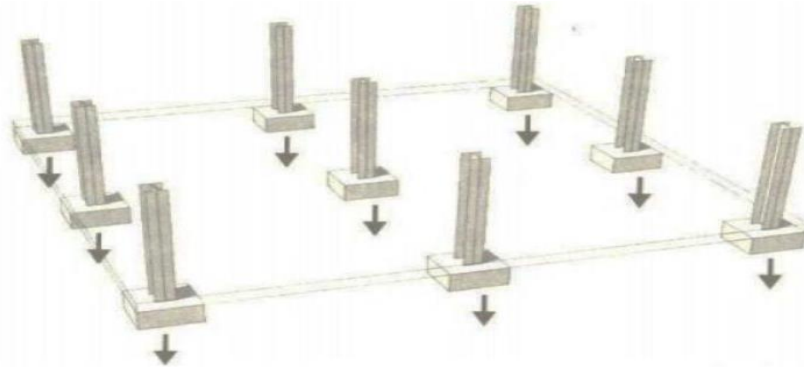
Duvar altı temelleri, duvarın her iki yanından en az 100 mm çıkıntılı yapılmalıdır. Bölme duvar temelının kalınlığı, duvarı kapsayan kolonun yarısından ve 200 mm'den az olmamalıdır. Temelin duvar altındaki boyutları genellikle donatı gerektirmese de zeminde oluşabilecek farklı çökme ve oturmalar göz önüne alındığında duvar boyunca her köşede birer adet olmak üzere en az 4 Ø 10 boyuna donatı sağlanmalıdır. Şekil 2'de aralıkları 300 mm'den fazla olmayan ve Ø8mm çapında etriyelerle sarılmış boyuna donatılar ile imal edilmiş duvar altı temeli görülmektedir.(TS 500-2000).



Şekil 2 Duvar Altı Temeli

2) Tekil Temeller

Binanın her kolonunun yükünü zemine aktarmak ve daha geniş bir alana yaymak için tasarlanmış betonarme bir elemandır. Literatürde ayırık temel, tek temel, bireysel temel ve bireysel birey gibi tanımlar da kullanılmaktadır. Bu tür temellerin inşası kolaydır ve genellikle daha az malzeme kullanır. Ancak bu temeller, zeminin zayıf olduğu veya yapının altındaki zeminin değişken özelliklere sahip olduğu ve kolonların birbirine yakın olduğu durumlar için uygun değildir.

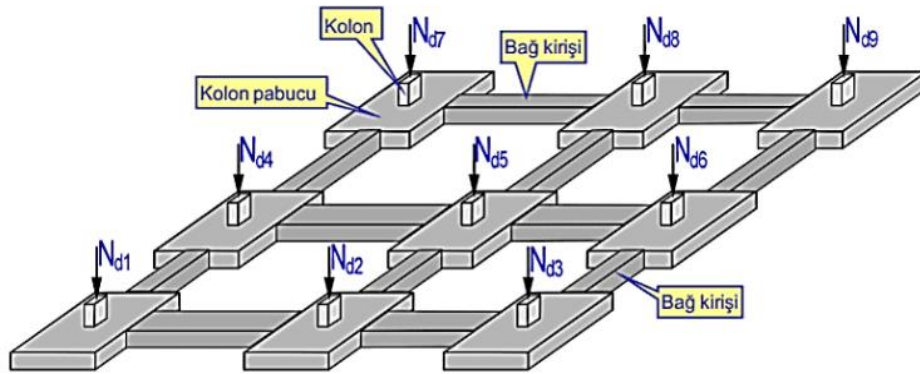


Şekil 3 Tekil Temeller

Tekil temelde planın en küçük boyutu 0,70 m'den, alanı 1,0 m²'den, kalınlığı 250 mm'den ve konsol açıklığının 1/4 ünden daha küçük alınamaz. Temeldeki çekme donatısı oranı, her bir doğrultuda, hesapta göz önüne alınan kesite göre 0,002'den az ve donatı aralığı 250 mm'den fazla olamaz.(TS 500-2000).

3) Birleşik Temeller

Bu tür temeller yapıdan zemine gelen düşey yükleri daha geniş alana aktarmak ve zeminde oluşacak gerilme dağılımının her yere eşit dağılımı sağlamak için tasarlanır, her iki kolonun birbirine çok yakın olanların arasında bir adet pabuç yapılır.

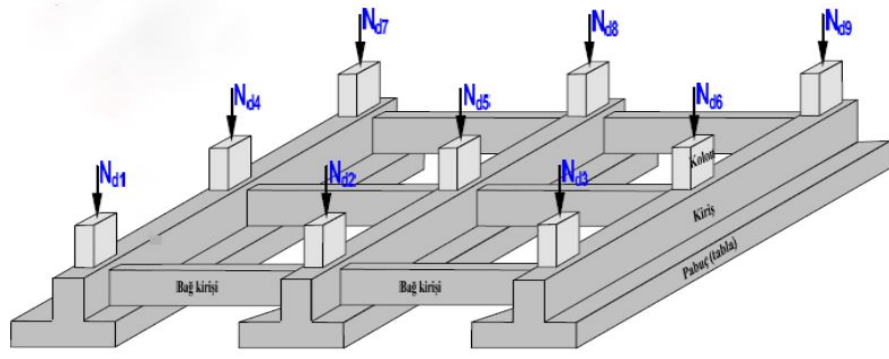


Şekil 4 Birleşik Temeller

4) Sürekli Temeller

Zemin homojen olmadığı, kolon yükleri fazla ve / veya zeminin taşıma gücünün düşük olduğu durumlarda yapının daha sağlam durması için tekil temellerin birbirine birleştirilmesi ile sürekli temel tasarlanır.

Kirişli sürekli bir temelde, kirişlerin yüksekliği (döşemeler dahil) serbest açıklığın 1/10'undan ve döşemelerin kalınlığı 200 mm'den az olmayacaktır. Kiriş döşemesiz sürekli temellerde döşeme kalınlığı 300 mm'den az olamaz. Eğilme altındaki tüm bölümlerin basınç alanında çekme donatısının en az 1/3'ü basma donatısına sahiptir .(TS 500-2000).



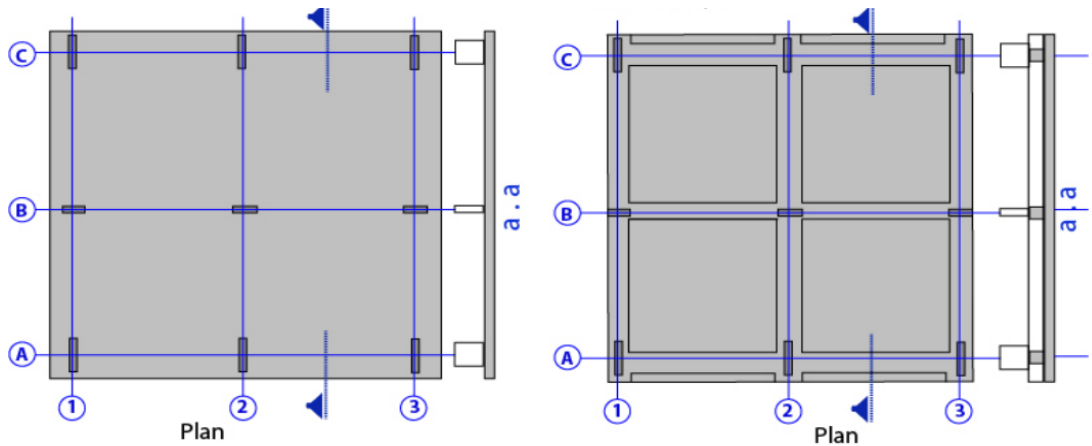
Şekil 5 Sürekli Temeller

5) Radye Temeller

Tüm yapının altına bir radye temel inşa edilmiştir. Bir radye temelde, yapıdan gelen toplam yük geniş bir alana dağıtılır ve zemin gerilimi ve oturma minimuma indirilir. Temelleri zayıf olan yüksek yapılar için en uygun temel tipi radye temellerdir.

Kirişsiz radye temeller, kolon aralıkları eşit ve daha küçük olduğunda daha çok tercih edilir. Zımbalama problemlerini önlemek için kolonların alt uçları kapatıldı, bu durumda mantar şeklinde salllar tasarlanmıştır. Plaka kalınlığı en az 30 cm olmalıdır. Sıradan binalarda apartman gibi binalar tasarlanırken plaka kalınlığı kat sayısının yaklaşık 8-10 katıdır.

Temelde kolonlar arasında kiriş bulunduğunda temele mertek temel denir. Plaka kalınlığı en az 20 cm olmalıdır. Kirişli radye temeller, azaltılmış döşeme kalınlığı nedeniyle daha ekonomiktir.(TS 500-2000).



Şekil 6 Kirişsiz radye temel ve kirişli radye temel

b. Derin Temeller

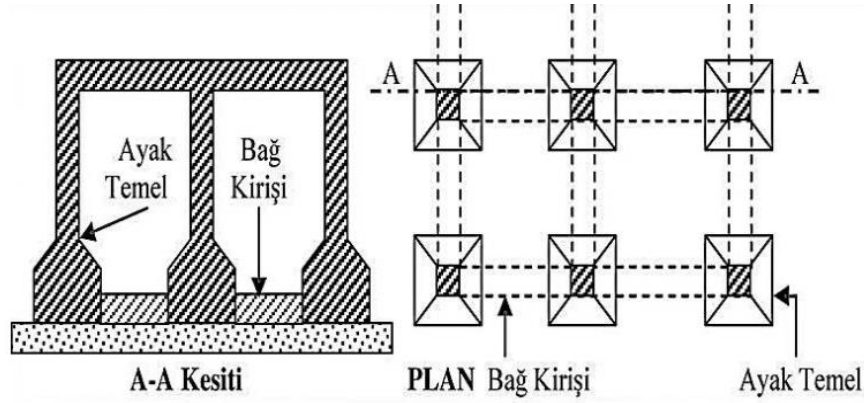
Sağlam zemin çok derinlerde olması durumunda binadan gelen yükleri derindeki taşıma gücü fazla olan zemin tabakalarına aktarmak amaç ile derin temeller kullanılır. Derin temellerin dezavantajlarından biri maliyeti çok yüksektir bu yüzden yapının temellerinin tasarımını yapmadan önce zeminin özelliğini iyice incelenir ve yüzeysel temel yapmanın mümkün olup olmayacağı araştırmasını yapılır.(TS 500-2000).

Derin temeller 3 gruba ayrılır;

- 1) Ayak Temeller
- 2) Kazıklı Temeller
- 3) Keson Temeller

1) Ayak Temeller

Sağlam zemin çok derin olmadığı (yüzeğe yakın olduğu) durumlarda yapının yükleri zemine aktarmak amaç ile ayak temeller tasarlanır. Bu ayaklar dik durması için çukurlar açılır. Çukurlar sağlam zemine kadar indirilir. Ayak temellerin, daha sağlam durması ve yapının yükü daha düzgün şekilde zemine aktarması için ayaklar temeller üst kısmında betonarme kirişlerle birbirine bağlanmaktadır.(TS 500-2000).



Şekil 7 Ayak Temeller

2) Kazıklı Temeller

Zayıf zemin tabakası çok kalın ve sağlam zemin çok derin olduğu durumlarda sağlam zemine ulaşıncaya kadar çakılan veya zemini delip yerinde kazıkların üstüne zemin seviyesinde bir platform oluşturulur ve kolonlar bu platformun üzerine oturtulur. Kolonların üst kısmında ızgara kirişleri veya bağ kirişleri ile birbirine bağlanmaktadır.(TS 500-2000).



Şekil 8 Kazıklı Temeller

3) Keson Temeller

Çok zayıf, gevşemiş ya da zemini sulu olan yerlerde kazık temellerin yapılmasının uygun olmadığına, yapıdan gelen yükleri zemine aktarmak amaç ile keson temelleri tasarlanır. Keson temeller, köprü rıhtım ve limanlardaki iskele ve dalgakıran gibi yapılarında kullanılmaktadır. Sağlam zemine kadar suyun derinliklerine içi boş dikdörtgen şeklinde temel yerinde vinç ile indirilir. Bu içi boş dikdörtgenler birbiri içine geçirilerek üst üste bulunan boşluklara çakıl ya da kum doldurulur böylece ağırlığı artırılır ondan sonra betonarme kolonları inşa edilir ve sağlam dikdörtgenlere oturtulur.(TS 500-2000).



Şekil 9 Keson Temeller

2. Kolonlar

Kolonlar, düşey taşıyıcı sistem olarak bir yapısal elemanlardır. Döşemeden gelen yükleri kirişlere taşıyor ve kirişlerden gelen yükleri düşey olarak temellere aktarıyor. (TS 500-2000).

Kolonların iki tipi vardır

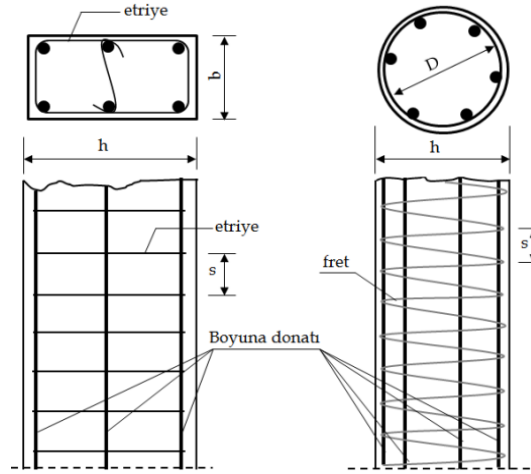
- a. Etriyeli Kolonlar
- b. Fretli Kolonlar

a. Etriyeli Kolonlar

Etriyeli kolonlar, boyuna demirlerin saran bireysel enine donatılı kolonlar ve Kesitleri kare veya dikdörtgendir. Boyuna donatıları saran etriyeler, beton dökülürken donatıların kalıp içinde dik ve yerinde durmasını sağlayabilir ve göbek betonunun sinekliğini artırmaya çalışır. Etriyeler kolondaki çatlakların gelişmesini sınırlandırır aynı zamanda kesme kuvvetini karşılayabilir. Ayrıca etriyeler, boyuna donatıların burkulma boylarını kısaltabilir.(TS 500-2000).

b. Fretli Kolonlar

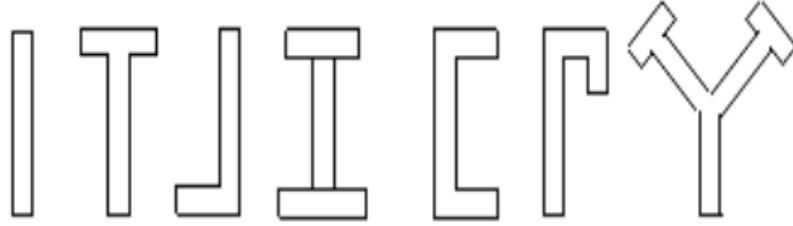
Fretli kolonlar, sürekli spiral boyuna donatı ile sarılmış kolonlardır. Fretli kolonlar, Deprem bölgelerinde yapılacak tasarımlarda avantajlıdır çünkü fret etkisi kolonun düşey yük taşıma kapasitesini artırır. Aynı zamanda etkisi kolonun şekil değiştirme kabiliyetinin artmasında daha çok etkindir.(TS 500-2000).



Şekil 10 Etriyeli ve fretli kolon

3. Perdeler

Perdeler yapı sistemlerinde düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanır. TBDY 2018'e göre uzun kenarın et kalınlığına oranı en az 6 olmalıdır. Deprem bölgesinde inşa edilen yapılarda perde duvar kullanımı, deprem (yatay) yüklerine karşılama için çok önemli bir rol oynamaktadır. Deprem anında eğilme moment etkisinden dolayı yapılarının en çok üst katlarında şekil değiştireme olmaktadır. Ancak çerçevelerde en çok alt katlarda yatay ötelenmeler kesme kuvveti meydana gelmektedir. Perdeler ile çerçeveler yükleri taşıırken yapının üst katlarındaki eğilmeleri çerçeveler, alt katlardaki kaymaları da perdeler engellemektedir. Perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/1'in ve 200 mm'den en az olması gerek. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12'si en az olması gerektir. Yapının perde duvarların birkaç kesiti vardır. Perde nerede ve ne amaç ile kullanılacağına göre perdelerin geometrisi değişir. Binaların yüksekleri arttıkça yapı sisteminde perdelerin kullanımına daha çok gerekli bulunmaktadır.(TS 500-2000).



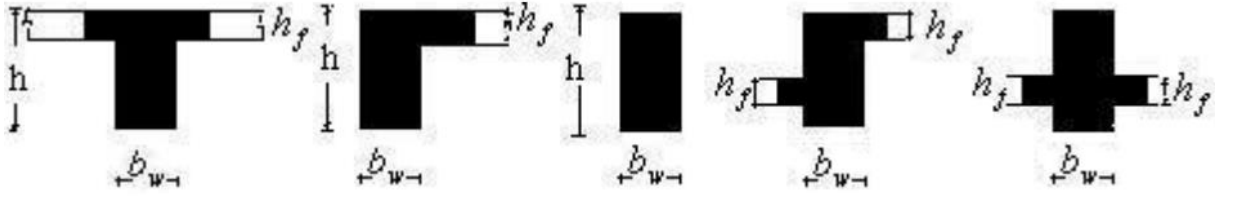
Şekil 11 Perde En Kesitleri



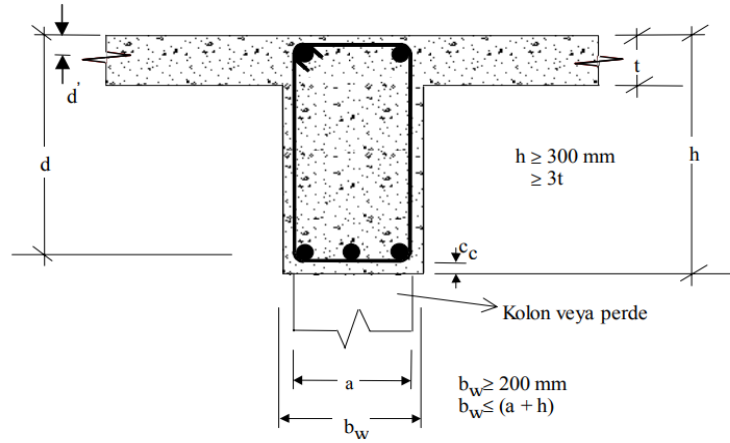
Şekil 12 Perdeler

4. Kirişler

Kirişler, betonarme taşıyıcı sistemlerde yatay taşıyıcı yapı elemanı olarak deprem, rüzgâr gibi yatay yükleri taşımak için kullanılır. Ve döşemeden gelen yükleri düşey taşıyıcılara aktarmaktadır. Yatay yükleri, döşemelere mesnetlik yaparak, kolonlar vasıtasıyla temele aktarılmasını sağlamaktadırlar. Kirişler çeşitli kesit şekillerinde gelir ve yapının farklı bölümlerinde kullanılır. Bu kirişler betonarme, çelik veya kompozit malzemelerden yapılabilir, şekil 13 ve 14'te kiriş en kesitleri gösterilir.



Şekil 13 Kiriş En Kesitleri



Şekil 14 Kiriş Kesit Boyutları

TS 500'de kirişlerle ilgili genel olarak aşağıdaki esaslar verilmiştir:

- 1) Kiriş yüksekliği, 300 mm'den ve döşeme kalınlığının 3 katından daha küçük olmayacaktır.
- 2) Kiriş gövde genişliği 200 mm'den daha az olmamalıdır.
- 3) Kiriş yüksekliği kiriş gövde genişliğinin 3,5 katını aşamaz.
- 4) Kirişlerde net beton örtüsü, özel yapılar dışında, içteki elemanlarda 20 mm'den, dıştaki elemanlarda 25 mm'den küçük olmayacak.
- 5) Kirişlerde sıra içinde veya sıralar arasında donatı çubukları arasında kalan net aralık, 20 mm'den ve donatı çapından ve en büyük agrega boyutunun 4/3

ünden az olmamalıdır. Demet donatı kullanıldığında anma çapı ϕ esas alınmalıdır.

Kirişteki boyuna donatının çapı 12 mm'den az olmamalıdır. Kirişin üstünde ve altında, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak en az iki donatı çubuğu bulunmalıdır.(TS 500-2000).

5. Döşemeler

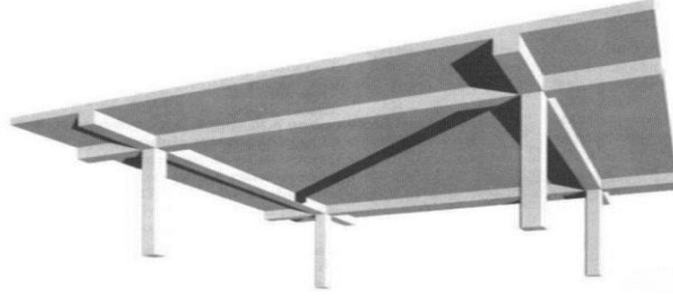
Bir binada direk olarak duvarlar arasındaki kiriş, kolon veya yapı elemanlarını örtmek, binayı katlara bölmek ve en önemlisi yapıya etkiyen ölü ve hareketli yükleri kiriş, kolon, perde gibi taşıyıcı elemanlara aktarmak. Döşemenin iki önemli işlevi vardır. Biri belirli bir alanı çevrelemek, diğeri ise yükü kirişlere ve kolonlara aktarmaktır. Zemindeki yükler oldukça değişken olduğundan, zeminin hesaplanmasında yükün döşeme doğru şekilde etki ettiği varsayılır. Döşeme plakaları genellikle yükleri kirişlere ve kolonlara aktaran yatay betonarme elemanlardır. Zeminler, salon tavanları, köprü döşemeleri (tabliyeler) örnekleri verilebilir.(TS 500-2000).

Döşemelerin farklı çeşitleri vardır kullanım amacı ve yerine göre ayrılır:

- 1) Kirişli Döşeme
- 2) Kirişsiz Döşeme
- 3) Dişli Döşeme
- 4) Kaset (ızgara) Kiriş Döşeme

1) Kirişli Döşeme

En az bir tarafta kirişlere oturan 8-20 cm kalınlığında plaklardır. Kiriş-döşeme bağlantıları bu kirişler üzerine yerleştirilen döşemedir. Yükün ve kenarların çok büyük olmadığı odalarda genellikle tercih edilir. Kısa kenarı 6-7 m olabilir. Yapımı basit ve ekonomiktir. Konut yapımında en çok kullanılan döşeme türüdür. Kenar-yan oranına bağlı olarak tek veya çift yönde çalışan plaklar, bir kareye yakın olduklarında yüzey yük taşımasından en çok yararlanır.(TS 500-2000).

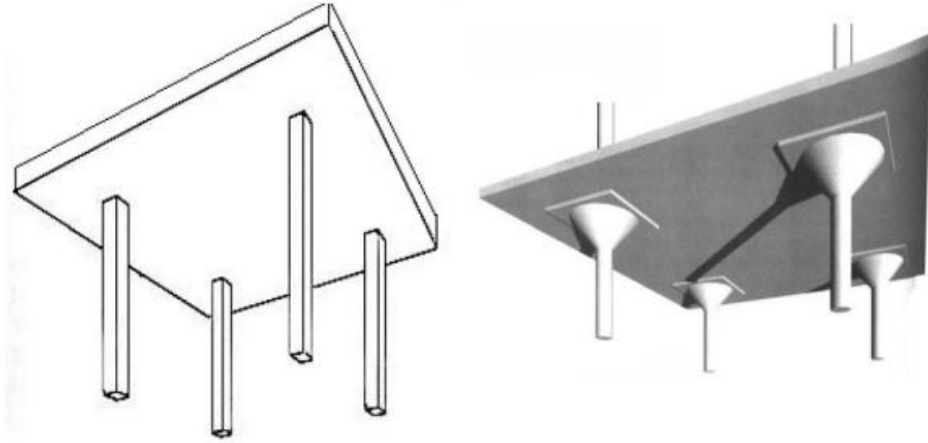


Şekil 15 Kirişli Döşeme

2) Kirişsiz Döşeme

Kirişleri olmayan, doğrudan kolonlara oturan 20–40 cm kalınlığında bir plaktır. Açıklık 9-10 m olabilir. Mantar döşemeler olarak da bilinir. Yükleri ve kenarları çok büyük olmayan odalarda kullanılabilir. Kirişsiz zeminler genellikle bina yüksekliklerinin düşük tutulması ve düz tavanların gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Depremde davranışı kötü bu yüzden deprem bölgelerde kullanmasını tavsiye edilmez.

Tavanda sürekliliği gerekli olduğu benzer durumlarda depolarda, hafif ve değişken bölmeli ofislerde kullanılırlar. Ağır yükleri olan döşemelerde sanayi yapıları, köprü zımbalamayı önlemek amacıyla kolona başlık yapılıdır .(TS 500-2000).



Şekil 16 Kirişsiz Döşemeler

3) Dişli (nervürlü) Döşeme

Kirişlerin (dişlerin) ana kiriş üzerine paralel olarak 40-70 cm aralıklarla yerleştirilmesi ve üzerine çok ince plakaların yapılmasıyla oluşturulan döşemedir. Dişler 10-15 cm genişliğinde ve 25-35 cm yüksekliğindedir. Plaka 5-7 cm'dir. Yükler ve kenarlar çok kullanışlıdır. Hacim dikdörtgen ise ve tek yönlü dişli kare veya kareye

yakınsa, iki yönlü dişli tercih edilir. Dişli zeminin bir yönündeki diş açıklığı 10-12m, dişli zeminin iki yönündeki diş açıklığı 14-15m olabilir. Dişli zeminler depreme daha az dayanıklıdır, bu nedenle binayı sağlam tutmak için perdeler yerleştirilmelidir.

Dişli zeminlerin en önemli ve yaygın olarak kullanılan türleri nervürlü ve asmolen döşemelerdir. Asmolen döşeme ile nervürlü döşeme arasındaki en temel fark ise dolgu malzemesidir.(TS 500-2000).

4) Kaset (ızgara) Kiriş Döşeme

Yapı içerisinde yükleri düzgün şekilde dağıtılması gerek aksi takdirde yapı istenmeyecek duruma gelir ve doğal afetler sırasında deprem gibi yıkıma uğrayacak durumuna gelebilmektedir. Kaset döşemeler çok büyük alanlarda ve kolon istenmeyen yapılarında kullanılır. Bina içerisine insanların en çok bulunduğu bölgelerde döşeme yüklerini taşımak için kaset döşemeler kullanılır. Sinema salonu, otopark, nikah salonu, alışveriş merkezi gibi yapılarda kaset döşemeler sıkça kullanılır.

Kaset döşemeler tasarımında açıklık 15-25 m olabilir, kaset döşemeler dişli döşemeler gibi inşa edilir yalnız dişler yerine normal boyutlu kirişler kullanılır, tali kirişler denir. Çevre kirişlere ana kirişler denir, tali kirişler ana kirişlere oturur. Ana kirişlerde büyük burulma momenti oluşur, bu nedenle tali kirişlere nazaran daha geniş (80-100 cm) yapılırlar. Ana kirişlerde çok büyük burulma momentleri üretilir, bu nedenle ana kirişler, tali kirişlerden daha geniş olması lazım.



Şekil 17 Kaset (ızgara) Kiriş Döşeme

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Betonarme binalarda çekme düzensizliği, binanın plan alanının belirli bir kattan yukarıya doğru belirli ölçüde küçülmesidir. Özellikle son zamanlarda bazı binaları ticari amaç ile kullanmak için tasarlanır. Ve mimari binanın tasarımını yaparken gereken inşaat mühendisliği güvenlik koşullarına çok önem vermediği sürecinde yatay yükler deprem yükü gibi binalara etkilediği zamanda çekilme düzensizliği bulunan betonarmede karşılaşmaktayız. Ayrıca binalarda rijitlik merkezi (RM) ile kütle merkezinin (KM) çakışmaması sonucunda burulma düzensizliği oluşur.

A. Çekme Düzensizliği için Literatür Araştırması

Çekme düzensizliği bulunan binalar için döşemelerin analizi yapıldığında, geçiş döşemelerinin diğer döşemelere göre tasarım farklılıklarının belirgin olduğu görülmektedir. Çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin alt katlara doğru olması durumunda bu tür yapıların düzlem içi deformasyonunda yüksek modların etkili olduğu gözlemlenmiştir. Taşıyıcı sistem tipine göre döşeme hesap modelleri arasındaki farkların incelenmesi, döşeme rijitliğinin düşey taşıyıcı sistemlere göre daha düşük olduğu duvar çerçeve sistemlerinde, düzlem içi şekil değiştirmelerin RD (rijit diyafram) modeline göre giderek daha önemli hale geldiğini göstermektedir. SE (sonlu eleman) modeli ile yapılan kesit tasarımının daha elverişsiz bir çözüm olduğu görülmüştür. Farklı yapı sistem tipleri için döşeme hesap modelleri arasındaki farklılıklar incelenerek, döşeme rijitliğinin düşey taşıyıcı sisteme göre daha düşük olduğu makas çerçeve sistemlerinde, düzlem içi deformasyonların önemli hale geldiği ve en kesitlerin önemli olduğu bulunmuştur. (Yalçın, Ö.-2001). Çekmenin belirli bir kattan aniden oluşturan binalara yabancı literatürde (Çelebi, E.-2012). "Set-back" denir; yavaş yavaş çekerek oluşturulan basamaklı binalara "Stepped building" denir. (Cheung, W., ve Tso, K.-1987).

Son yıllarda yapısal gereksinimler ve mimari gereksinimler açısından düzensizlikleri bulunan betonarme yapılarla sıklıkla karşılaşmaktayız. Deprem

yönetmeliğinde (TBDY-2018) düşey geometrik düzensizlik olarak açıklanan çekme, bir planın boyutlarının belirli bir kattan belirli bir oranda azaltılması olarak tanımlanabilir. Bu binalarda; planın boyutları binanın yüksekliği ile hızla değişerek geometrik bir düşey düzensizliğe neden olur. Deprem yönetmeliğinde (TBDY- 2018) düşey geometrik düzensizlik olarak açıklanan planda çıkıntılar bulunması düzensizliği bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu tanımlanabilir. Kat planlarında diğer katlara nazaran alan azalması bu düzensizlik sınıfına girer. Bu azalma nedeniyle sistem üzerinde kütle ve rijitlik parametrelerinin düşey doğrultudaki dağılımlarında düzensizlik oluşmakta ve çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinde ani azalmalar meydana gelmektedir. Bundan dolayı, çekmenin meydana geldiği zemin seviyesinde sisteme düşey yöndeki yüklerin aktarımı oldukça karmaşık hale gelmekte ve taşıyıcı sistem elemanlarının iç kuvvetlerinde keskin artışlar gözlenmektedir. (Demirbaş, N.-2019).

Binalarda çekme düzensizlikleri, düşey taşıyıcı elemanların iç kuvvetlerinde ani bir artışa ve binanın yüksekliği boyunca çekme olan katlarda görelî kat ötelenmesi artışlarına neden olmaktadır. (Başaran, V. and Hiçyılmaz, M.-2018). Dünya deprem yönetmeliklerinde, geri çekmeli binalar düşey geometrik düzensizlikler başlığı altında açıklanmakta ve çekme oranı bakımından sınırlandırılmaktadır. Bu duruma paralel olarak literatür çalışmalarında bu tür binalarda çekme oranının ve çekmenin uygulandığı kat seviyesinin etkisi incelenmiş ve bu parametrelerin dinamik davranış üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.(Sarkar, P. Prasad, A. M. and Menon, D.-2010).

Deprem yönetmeliğinde çekmeli binalar için düzensizlik standardı binanın geometrik boyutlarına göre verilmektedir. Literatürde ise deprem yönetmeliklerinde verilen düzensizlik kriterlerinin yerine farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Karavasilis, (T.L. Bazeos, N. ve Beskos, D.E. - 2007). (Sarkar, P. Prasad. A.M. ve Menon, D. - 2010). (Varadharajan, S. Sehgal, V.K. ve Saini, B.-2013). Caravasilis tarafından önerilen düzensizlik kriteri 2 değişkene bağlıdır ve bina yüksekliğinin kütle ve rijitlik düzensizliklerini dikkate alınmaması sakıncalı bir durum yaratmaktadır. (Demirbaş, N.- 2019).

Çekme düzensizliği betonarme binalarda, yapısal düzensizliklerin neden olduğu temel sorunlardan biri, yer hareketi nedeniyle çekmenin olduğu zeminlerde gerilme yığılmalarının oluşmasıdır. (Jhaveri,D.P.-1967). Bu nedenle deprem yönetmeliği bu tip binalarda çekme oranını sınırlandırmaktadır. Buna paralel olarak, özellikle bu tip binalarda, literatür çalışmalarında çekme oranının ve çekmenin uygulandığı zemin seviyesinin etkileri incelenmiştir. Bu parametrelerin dinamik davranışa (periyot, modal katkı, mod şekli, döşeme yer değiştirilmesi, döşeme kayması, süneklik oranı, bağıl döşeme öteleme oranı, vb.) etkisi incelemiştir. (Karavasilis, T.L. Bazeos, N. ve Beskos, D.E.- 2007). (Varadharajan, S. Sehgal, V.K. ve Saini, B.- 2013).

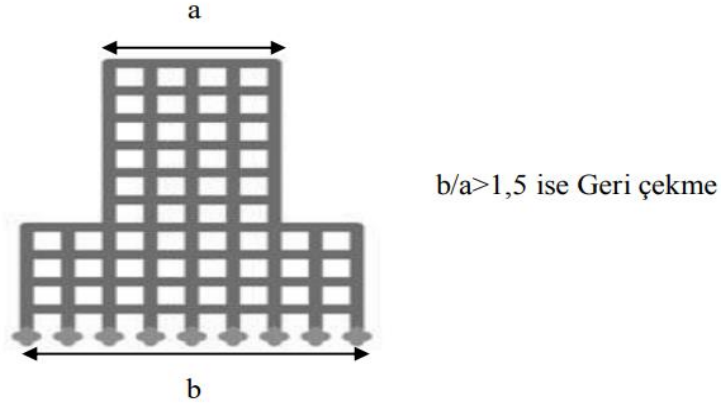
Bu duruma paralel olarak deprem yönetmeliklerinde, çekme düzensizliği olan sistemlerin deprem hesaplarında yüksek modların sistem üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için statik analiz yöntemlerine izin verilmemekte, ancak dinamik analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. (Eurocode 8.-2004). Reston,(Virginia. 2013).

Çekme düzensizliği bulunan betonarme binalar üzerinde kat kesme kuvvetinin değişimi, çekme oranı ve çekmenin oluşturulduğu kat seviyesi bakımından incelenmiştir. Düzenli yapılarda üst katlara çıkıldıkça kat kesme kuvveti artar ve bu artış üst katlarda daha belirgindir. Çekmeli binaların rijitlik dağılımı, binanın yüksekliğine göre değişir, bu yüzden binanın bulunduğu kat seviyesinde iç kuvvetlerinde (döşeme kayması, moment) ani bir artışa neden olur. (Humar, J. L. ve Wright, E.W.-1997).

Athanassiadou'ya göre, düzensiz yapıların statik itme ve zaman alanı analizlerinden elde edilen görece kat ötelenmesi oranları büyük farklılıklar göstermektedir. Çekme düzensizliği olan bir binada, statik itme analizi yapının tabanındaki bağıl öteleme değerleri yaklaşık %100 fazla tahmin edilirken, binanın kule kısmı için bu değerleri yaklaşık %50 eksik tahmin edilmiştir, dinamik analiz ile karşılaştırılmıştır. Bu, statik itme analizi yönteminin, düzensiz binalarda düzensizliğin artmasıyla yapısal davranış için önemli olan yüksek modsal etkileri yansıtmadığı gerçeğine atfedilebilir. (Athanassiadou, C.J.- 2008).

Eski yönetmeliğine göre (TDY-2007) deprem bölgesindeki binalara ilişkin çekme düzensizliği şu şekilde tanımlanmaktadır: Düşey Geometrik Süreksizlik: Herhangi bir kattaki taşıyıcı sistemin uzunluğu, söz konusu sismik doğrultuda,

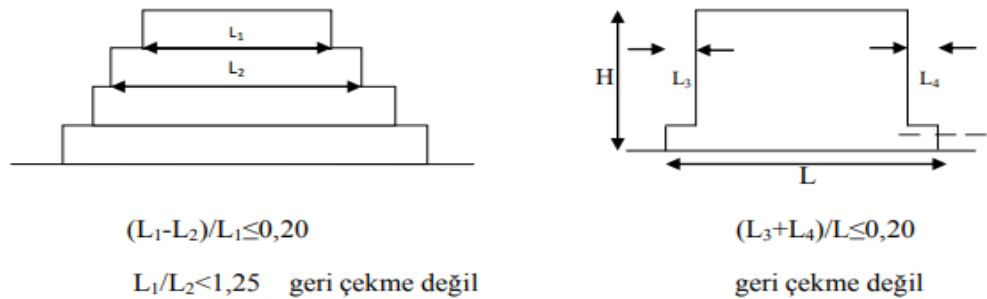
Yukarıdaki taşıyıcı sistemin uzunluğundan en az %50 daha uzun ise (tek katlı çekme veya bodrumun altında bir kat olmadıkça), yapı çekme düzensizliği tanımına girer. Kontrol edilmesi gerektiğini belirtir. Yapı sisteminde bu tür düzensizlikler varsa eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılamaz. Model kombinasyonları veya zaman geçmişinde hesaplamalı bir yaklaşım gibi kesinlikle dinamik çözümler uygulanacaktır.(TDY - 2007).



Şekil 18 TYD 2007 geri çekme kriteri

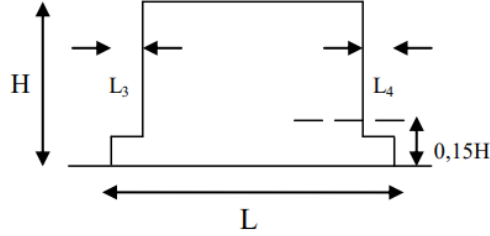
Eurocode 8 yönetmeliğinde, düşey geometrik düzensizliklere sahip binaların yükseklikleri boyunca düzenlilik kriterleri verilmiştir.(C.E.N. - 2004).

1. Şekil 19, simetri eksenini boyuncada kademeli olarak artan veya toplam yapı yüksekliğinden %15 daha yüksek tek bir geri çekilmiş katmana sahip yapıları göstermektedir. Bu tür yapılarda, çekme yönünde planlanan değişiklik %20'den fazla değilse, düşey yönde herhangi bir düzensizlik varsayılmaz.(C.E.N. - 2004).



Şekil 19 simetri eksenini boyuncada kademeli olarak artan veya toplam yapı yüksekliğinden %15 daha yüksek tek bir geri çekilmiş katmana sahip yapı

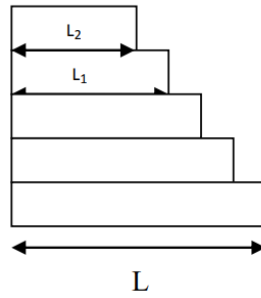
2. Şekil 20, toplam bina yüksekliğinin %15'inin altında tek bir geri çekme seviyesine sahip bir bina sistemini göstermektedir. Bu tür binalar, geri çekilmiş yönde plandaki değişimi %50'den fazla değilse, dikey yönde hiçbir düzensizlik varsayılmaz. (C.E.N. - 2004).



Geri çekme 0,15H'dan alçak ise
 $(L_3+L_4)/L \leq 0,50$ ise geri çekme değil

Şekil 20 toplam bina yüksekliğinin %15'inin altında tek bir geri çekme seviyesine sahip bir bina sistemi

3. Eksenel simetriyi korumayan geri çekilmiş yapılarda, her bir geri çekme katının geri çekme yönü, ilk geri çekme katının düzlemine göre %30'dan fazla değişmiyorsa ve ardışık katların geri çekme yönü %10'dan fazla değişmiyorsa bu durumda düşey doğrultuda düzensizliğin bulunmadığı varsayılacaktır. Bu bina tiplerine ait geometrik özellikler ve kriterler Şekil 21'da gösterilmiştir.(C.E.N. - 2004).



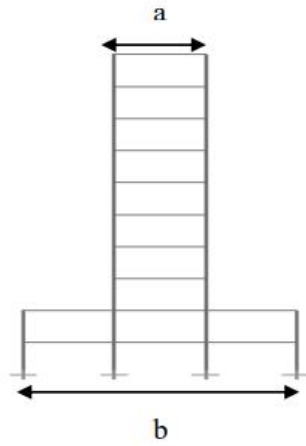
$$(L-L_2)/L \leq 0,30$$

$$(L_1-L_2)/L_1 \leq 0,10$$

Şekil 21 Eurocode geri çekme kriteri

Bu kriterleri sağlayan yapı sistemleri, Eurocode 8'e göre düşey doğrultuda düzenli yapılar olarak tanımlanmakta olup, sismik hesapların yönetmelikte belirtildiği gibi statik hesaplarla yapılabileceği, aksi halde dinamik çözümlere ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.(C.E.N. - 2004).

Uniform Building Code (UBC)' ye göre düşey doğrultuda düzensizlik: Yatay taşıyıcı sistemdeki herhangi bir katın yatay boyutu, komşu diğer katların yatay boyutunun %130'undan büyükse, o sistemde düşey geometrik düzensizlik vardır Şekil 22'de UBC geri çekme kriterleri gösterilmiştir. Ancak tek bir çekme kat durumu düşünülmemelidir. Düşey doğrultuda düzensizlikler varsa ve toplam kat sayısı 5'i geçiyorsa veya bina toplam yüksekliği 20 metreyi geçiyorsa deprem hesabı dinamik analiz yapılarak, diğer durumlarda ise statik hesapla yapılabileceği öngörülmüştür.(I.C.B.O., UBC.-1991).

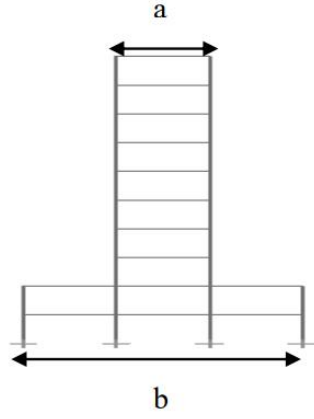


$a \cdot 1,30 < b$ ve toplam kat sayısı > 5 veya toplam yapı yüksekliği > 20 m ise düşeyde düzensizlik vardır.

Şekil 22 UBC geri çekme kriterleri

NEHRP'ye göre çıkış ihlalleri ikiye ayrılır.

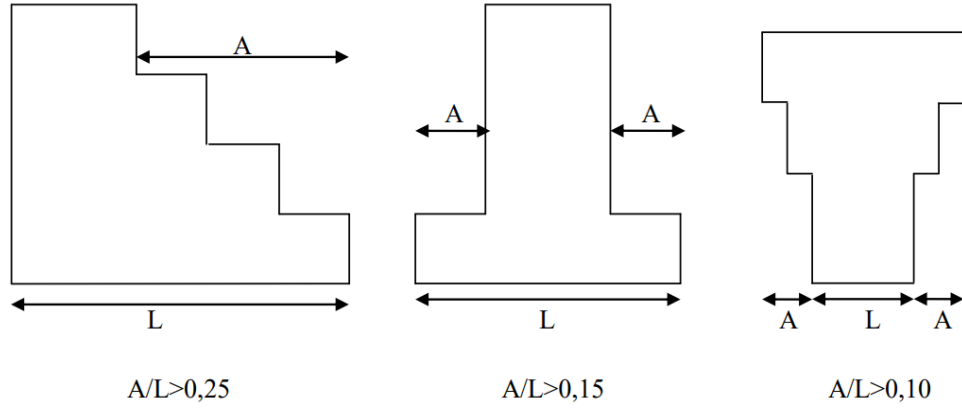
1. Düşey yönde düzensizlik: Yatay taşıyıcı sistemdeki herhangi bir katın yatay boyutu, diğer bitişik katların yatay boyutunun %130'undan büyükse, sistemin dikey yönünde bir düzensizlik vardır. Düşey yönde düzensizlikler varsa ve toplam kat sayısı 5'i aşıyorsa veya binanın toplam yüksekliği 20 metreyi aşıyorsa, dinamik analiz ile sismik hesap, diğer durumlarda statik hesap ile tahmin yapılabilir. (BSSC,- 1988).



$a \cdot 1,30 < b$ ve toplam kat sayısı > 5 veya toplam yapı yüksekliği > 20 m ise düşeyde düzensizlik vardır.

Şekil 23 NEHRP geri çekme kriterleri

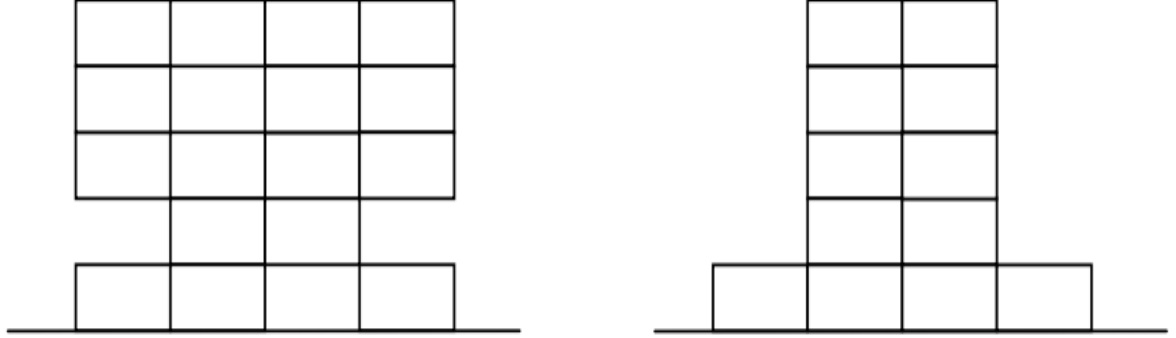
2. Şekil 24'te verilen geometrik düzensizlikler de düşey düzensizlikler kavramına dahildir. (BSSC,-1988).



Şekil 24 NEHRP geometrik geri çekme kriterleri

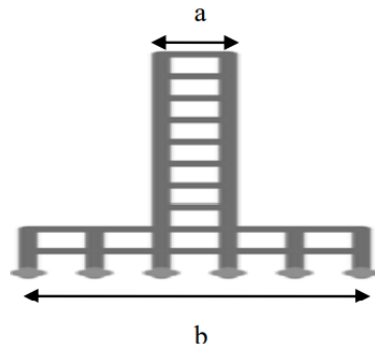
Düşey Geometrik Düzensizlikler: Yatay taşıyıcı sistemdeki herhangi bir katın yatay boyutunun, o kata bitişik diğer katların yatay boyutlarının %130'undan büyük olması, sistemin düşey düzensizliklere sahip olduğunu gösterir. Broşür (çatı) kılıfları dahil değildir. Tek çekme kat (çatı katı) durumu hariç tutulmaktadır. ATC'ye göre, geometrik düzensizlikler genellikle dikkate alınır. Alt katları üst katlarından daha geniş olan geri çekme yapılar en yaygın olarak rastlanmaktadır. Ancak bir başka örnekte mimari nedenlerle çeşitli daralmalara sahip yapılardır. Bu yapılar aşağıda Şekil 25'te gösterilmiştir. ATC'de düşey doğrultudaki düzensizlik tanımının yetersizliğinin yapıdaki rijitlik kavramından kaynaklandığına dikkat çekildi. Düşey

geometrik düzensizliklerle deprem hesaplamalara dinamik çözümler uygulanabilir. Aksi takdirde sadece statik çözümler uygulanabilir.(ATC,-1989).



Şekil 25 ATC geri çekme tipleri

Avustralya deprem yönetmeliğinin yapı analizi bölümündeki depremler kuvvetin tanımını, diğer kuvvetlerle karşılaştırmasını ve çözüm yöntemlerini açıklanmıştır. Deprem kuvvetlerden etkilenen yapıların çözümünde dinamik analiz veya yarı dinamik analiz yöntemlerinden birinin kullanılması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Set-Back Geri Çekme Düzensizliği: Avustralya düzenlemesindeki çekme yapılarına ilişkin olarak, üst (kule kısmı) planında Şekil 26 herhangi bir yönde temel boyutların en az %75'i boyutlarında olan geri çekilmiş yapılar eşdeğer statik ile çözülür. Yalnız düşey doğrultuda düzensizlik bulunmadığı varsayılarak (geri çekilebilir zeminler dikkate alınmaz). Farklı durumlarda yapılar için yapının üst kısmı (kule) bağımsız bir yapı olarak tasarlanmıştır. Bu durumda yönetmelikte belirtilen deprem kat sayısının en büyük değeri alınır. Üst kule bölümünden gelen toplam kesme kuvveti, yapının geri çekilebilir bölümünün üst katına etki ederken, alt bölüm ayrı bir yapı olarak kendi yüksekliğinde hesaplanır.(Perth, Batı,-2010).



$b \geq 0,75a$ ise geri çekme katları göz önüne alınmaz.

Şekil 26 Avustralya yönetmeliği geri çekme kriteri

Kanada deprem yönetmeliğine göre bir binanın plan boyutu veya bina yüksekliği boyunca rijitlikte ani bir değişiklik olarak tanımlanır. Bu tür binalar dinamik yöntemler kullanılarak incelenir. Küçük değişiklikler varsa, NBC'de belirtilen statik eşdeğer yatay yük hesaplamaları yeterlidir. Ancak bu durumda bile, T periyodunun hesaplanması Rayleigh periyot formülü veya benzerini gerektirir. Geri çekme olan yapılarda yatay yükler belirlenirken özellikle (ani değişim) etkileri de dikkate alınmalıdır. Hem kule hem de taban üzerinde perde duvar gibi tasarımlar kullanılırsa, 90 derecelik ani bölgede önemli gerilmeler oluşacaktır. Bazı geri çekme yapılarda, geri çekilebilir bir zemin tek katlı bir sundurma oluşturabilir, diğerlerinde ise toplam yapı yüksekliğinin önemli bir kısmını oluşturabilir. Dinamik ve ani değişim etkilerini azaltmak için, yatay yük taşıyan elemanlar, aksilikler de dahil olmak üzere binanın tüm yüksekliği boyunca temele kadar uzanmalıdır. Bu süreklilik yoksa geri çekme koşullarını karşılamak üzere özel bir analiz önerilir. (Ottawa, Canada,-1992). (Charles Scawthorn, Wai-Fah Chen, Tokyo,-1992).

Hindistan deprem yönetmeliğine göre düzensiz yapıların tanımı verilerek bu tür yapılarda modal analiz yapılması şart koşulmuştur. Geri çekilebilir bir yapıda, düzlemdeki dar parçanın (kulenin) boyutunun temel boyutun en az %75'i Şekil 27 ise eşdeğeri uygulanarak çözülebileceği belirtilir. Geri çekme etkisi göz önüne alınmadan eşdeğer statik yükleme yapılarak çözüm yapılabildiği belirtilmektedir. Aksi takdirde, dinamik analiz gereklidir. 2 kata kadar olan sundurma tarzı yapılarda bu şart aranmaz. (Manak Bhavan, Bahadur Shah Zafar Marg,-2002).



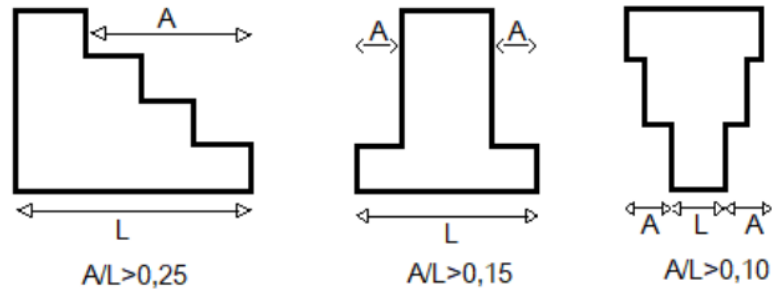
Rijitlikte ani değişime sahip yapılar olarak tanımlanmıştır.

Şekil 27 Hindistan yönetmeliği geri çekme tipi

FEMA 369'a göre; çekmeli binalar, bir binanın bir düşey eksen etrafındaki asimetrik geometrisi olarak tanımlanan dikey geometrik düzensizlik başlığı altında incelenir.

FEMA 369, düzensizlik kriterlerini öncelikle dikey bir eksen etrafındaki simetri koşullarına dayalı olarak yorumlar. Ancak binanın geometrisi düşey eksene göre

simetrik olsa bile, bir veya birden fazla katın büzülmesi, yatay doğrultuda plan boyutunda küçülme şeklinde sistemde düşey düzensizlikler oluşturabilmektedir. Sistem karışıklığına neden olmamak için yatay yönde maksimum düzlem boyutunun minimum düzlem boyutuna oranı %130 ile sınırlandırılmıştır. Şekil 28'de verilen FEMA 369 düzensizlik standardına göre, üst katmana doğru düşey ekseninde düzlem boyutundaki yatay bir azalma geometrik bir düzensizlik ile sonuçlanırken, üst katmanın düzlem boyutundaki bir artış geometrik bir düzensizlik olarak kabul edilir. (Washington, DC,-2001).



Şekil 28 FEMA'ya göre düşey geometrik düzensizlik kriterleri

B. Burulma Düzensizliği için Literatür Araştırma

Binanın kütle merkezi (KM) ve rijitlik merkezi (RM) çakışmadığından, bina kütle merkezinden gelen sismik kuvvetlere rijitlik merkezinden tepki verdiği için sistemde burulma meydana gelir. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe arttıkça (kuvvete kollarla yaklaşıldığında), bina rijit parçanın etrafında bükülür ve büyük bir burulma momenti oluşturur.

Burulma momentlerindeki bulunan artışlar, taşıyıcı elemanlarda kesme kırılmaları ve bina dış cephesinde 450°lik eğik burulma çatlakları gibi hasara yol açabilecek ek yüklemeye etkileri binada oluşturmaktadır. Böyle durumlarda binalar çökebilir. (Atımtay,E.,-2009).

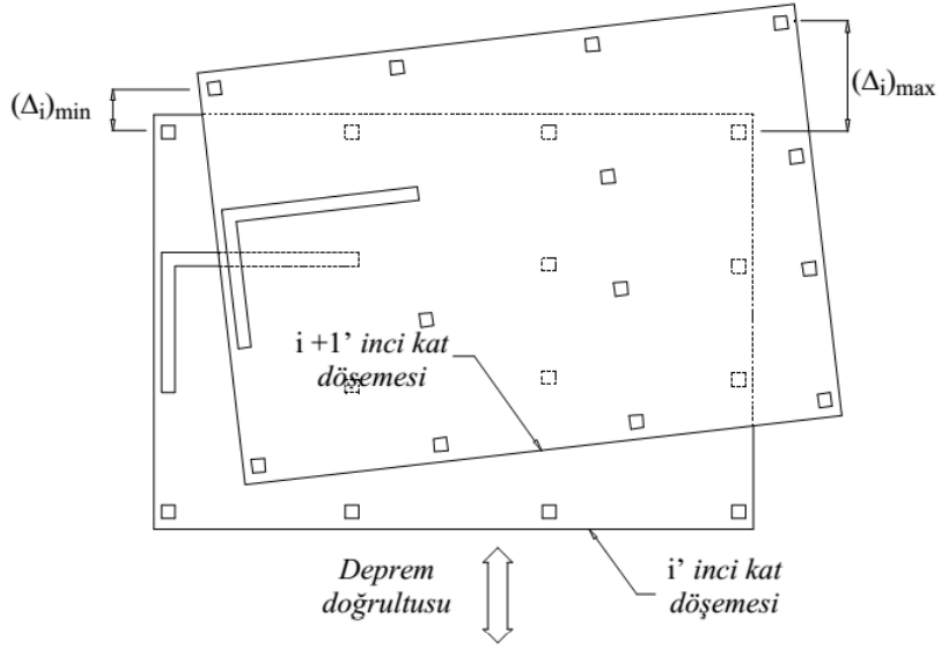
Çizelge 1'de geçmişten günümüze kadar yayınlan Türk Deprem Yönetmeliklerinin (TDY) burulma düzensizliği ile ilgili tasarım koşulları özetlenmiştir.

BURULMA DÜZENSİZLİĞİ

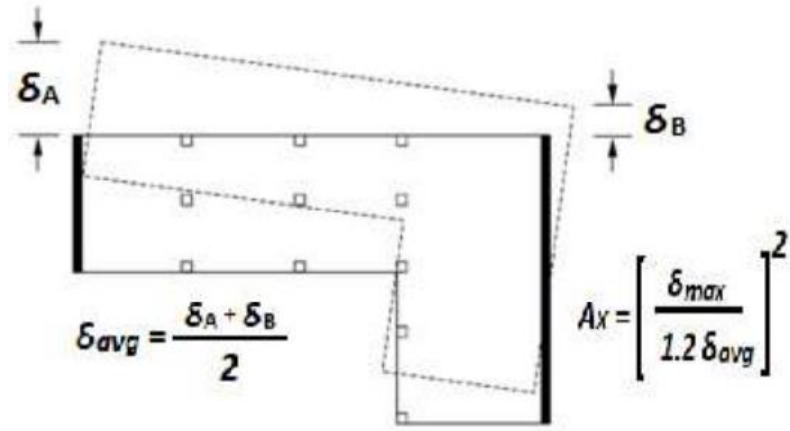
TDY	TANIM	YAPTIRIMLAR
1968	Planda, herhangi bir kat için kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki eksantriklik (e_i), o kat için bina yüksekliğinin %5'inden büyükse, burulmadan kaynaklanan kesme kuvvetleri dikkate alınmalıdır. Burulma hesapları statik olarak yapılabilmektedir. (TDY,-1968).	
1975	Herhangi bir katın kütle merkezi ile her iki yöndeki rijitlik merkezi arasındaki hesaplanan eksantrikliğe, yatay yük yönüne dik olan maksimum bina boyutunun %5'i eklenerek bina burulma momentleri açısından analiz edilecektir. (TDY,-1975).	
1997, 2007	<p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, burulma düzensizlik katsayısı η_{bi}, herhangi bir kat için maksimum bağıl zemin ötelenmesinin, o zemin için aynı yöndeki ortalama göreceli ötelemeye oranını temsil eder, 1,2'den büyüktür.</p> <p style="text-align: center;">(1) $(\Delta i)_{ort} = \frac{1}{2}[(\Delta i)_{maks} + (\Delta i)_{min}]$</p> <p style="text-align: center;">(2) $\eta_{bi} = (\Delta i)_{maks} / (\Delta i)_{ortalama} > 1,2$</p> <p>Göreceli döşeme kayması, $\pm\%5$'lik ek bir eksantriklik etkisi dikkate alınarak hesaplanacaktır (katın kendisi rijit diyafram olarak çalışıyorsa). (TDY,-1997). (TDY,-2007).</p>	<p>1,2 < η_{bi} < 2,0 iken</p> <p style="text-align: center;">kata</p> <p>Uygulanan $\pm\%5$</p> <p style="text-align: center;">ek</p> <p style="text-align: center;">Her iki</p> <p style="text-align: center;">Deprem</p> <p>doğrultusu için</p> <p>dış merkezlik</p> <p style="text-align: center;">D_i</p> <p>Katsayısı ile</p> <p>çarpılarak</p> <p>Büyütülecektir.</p> <p style="text-align: center;">$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1,2}\right)^2$</p> <p>$\eta_{bi} > 2$ ise</p> <p>eşdeğer deprem</p> <p>yükü yöntemi</p> <p>kullanılamaz.</p> <p>Dinamik analiz</p>

		Yapılmalıdır.
2018	<p>Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}, herhangi bir kat için maksimum bağıl zemin ötelenmesinin, o zemin için aynı yöndeki ortalama görelî ötelemeye oranını temsil eder, 1,2'den büyüktür. Durum budur (Şekil 29). (TDY,-2018).</p> $(\Delta i)^{(x)}_{ort} = \frac{1}{2} [(\Delta i)^{(x)}_{maks} + (\Delta i)^{(x)}_{min}] \quad (3)$ $\eta_{bi} = (\Delta i)^{(x)}_{maks} / (\Delta i)^{(x)}_{ort} > 1,2 \quad (4)$ <p>Göreceli zemin kayması, $\pm\%5$'lik ek bir dış merkezlik etkisi dikkate alınarak hesaplanacaktır.</p>	
Asce	<p>1) Burulma düzensizliği: yapının bir ucundaki kütle merkezinin $\%5$ dış merkezliğinin neden olduğu içsel burulma dahil olmak üzere hesaplanan maksimum kat ötelenmesinin, yapının iki ucundaki kat ötelenmesinin ortalamasının 1,2 katından daha fazla olduğu durum olarak tanımlanmaktadır (Şekil 30). Reston, Virginia. (2013).</p> <p>2) Aşırı burulma düzensizliği: Burulma düzensizliğine benzer şekilde, hesaplanan maksimum tabaka yer değiştirmesinin yapının her iki ucundaki ortalama tabaka yer değiştirmesinin 1,4 katından büyük olması durumu olarak tanımlanır. (Döşemelerin kendi içerisinde rijit veya yarı rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda).</p>	<p>Burulma düzensizliği büyütme çarpanı ;</p> <p>$\eta_t < 1,2$ ise $AX=1$</p> <p>$1,2 < \eta_t < 2$ ise</p> $AX = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2$ <p>$\eta_t > 2$ ise $AX=3$</p>

Çizelge 1 geçmişten günümüze kadar yayınlan Türk Deprem Yönetmeliklerinin (TDY) burulma düzensizliği



Şekil 29 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde burulma düzensizliği tanımı. (TBDY,- 2018).



Şekil 30 ASCE deprem yönetmeliğinde burulma düzensizliği tanımı. Reston, Virginia. (2013).

Yapıların burulması çeşitli nedenlerle ortaya çıkar. Ayrıca, özellikle plandakiler olmak üzere dikey düzensizliklerden de kaynaklanabilir. Karmaşık planın geometrisi, zemin boşlukları, dikey konveyörlerin yerleştirilmesi, binanın yüksekliği boyunca çıkıntılar veya çukurluklar vb. Tasarım, kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe artırır aynı zamanda burulma düzensizliklerine yol açar.

Burulma düzensizliklerine neden olan faktörler aşağıda açıklanmıştır.

1. Estetik nedenlerden dolayı, planda simetrik olan basit kare, dikdörtgen ve dairesel yapılar yerine, karmaşık geometrik şekillere sahip yapılar daha sık görülür ve pratikte daha çok takdir edilir. Bununla birlikte, kareler ve daireler gibi simetrik yapılar sismisite açısından daha uygundur. Karmaşık geometrik şekillere sahip binalarda, kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması sonucu burulma düzensizlikleriyle karşılaşmaktadır. (Demir, A., ve Dönmez, D.-2008).
2. Bir binada burulma oluşturan bir diğer faktör de döşeme levhasının süreksizliğidir. Yapının amacına göre döşeme döşemelerinde farklı şekil ve oranlarda süreksizlikler oluşturulabilir. Bu süreksizlik, döşemenin sert bir diyafram gibi davranmasını önleyebilir. Kat süreksizliklerinin kat planları üzerinde yer ve boşluk oranı bakımından farklı etkileri olabilir. Kat süreksizliği olan binalarda boşluk oranı arttıkça burulma düzensizliği katsayısı artar. Ancak süreksizliğin yeri oranı çok önemlidir. Yani, düzlemde simetrik olarak yerleştirilmiş süreksizliklerin boşluk oranını, asimetric olarak yerleştirilmiş süreksizliklerinkinden daha büyükse; simetrik olarak yerleştirilmiş süreksizliklerde burulma düzensizlik katsayısı daha küçüktür. Ayrıca döşeme süreksizliklerinde kirişlerin varlığı veya yokluğu da burulma düzensizliklerini etkilemek için bir kriterdir. Özellikle plan üzerinde asimetric konumdaki döşeme süreksizlik kirişleri sistemden çıkarıldığında daha büyük burulma düzensizlik katsayıları ile karşılaşmaktadır. (Orak, M.S.,-2012).
3. Burulmayı etkileyen bir diğer faktör de plan üzerinde rijitlik dağılımıdır. Deprem sırasında, deprem kuvvetin çoğu binadaki perde duvarlar tarafından karşılanmaktadır. Perde duvarların plan üzerinde yerleştirilme şekli, binanın deprem performansını büyük ölçüde sınırlar ve rijitlik merkezinin konumunu belirler. Perde duvarların nasıl yerleştirildiğine bağlı olarak rijitlik dağılımının yapıda burulma düzensizlikleri oluşturabileceği dikkate alınmalıdır. Genellikle, binalarda asansörlerin veya merdiven boşluklarının etrafında perde duvarlar bırakılır. Asansörlerin veya merdivenlerin etrafında toplanan perde duvarların bina içinde simetrik bir konumda olmaması, KM ve RM'nin

birbirinden uzaklaşmasına ve sistemin burulmasına neden olacaktır.(Demir, A., ve Dönmez, D.-2008).

Burulma plandaki düzensizliklerin düşey düzensizliklerden de kaynaklanabilir. Binaların planlamadaki düzenliliği deprem karşısındaki davranışı için önemli olmakla birlikte, binaların düşey doğrultudaki düzenli olup olmaması da binaların deprem karşısındaki davranışını önemli ölçüde etkiler. Basit ve süslemesiz bir yapıdan ziyade kullanım amacına göre farklı yapılar oluşturabilmek için binanın düşey doğrultusunda geri çekilme deprem anında davranışı zorlaştırmaktadır. Özellikle düşey doğrultuda çizilen asimetrik çizimler nedeniyle deprem etkilerden dolayı yapıda ekstra burulma meydana gelir. Bu bina tipinde burulma düzensizlik faktörünün özellikle alt katlarda 1,2 sınırını aştığı ve bazı katlarda 1,2 sınırında kaldığı gözlenmiştir.(Khafaf, B., Mirghaderi,R., Imanpour, A., and Kheshavarz,F.,-2008).

Binalarda kütlelerin yoğunlaştığı katlarda deprem kuvvetlerin meydana geldiği bilindiğinden, bu yüklerin döşemeyi destekleyen kiriş, kolon, perde gibi elemanlara iletilmesi önemlidir. Döşemede, özellikle döşemenin doğrudan kolonlar veya perde duvarlar üzerinde desteklendiği kirişsiz döşemelerde boşluklar bulunur ve bu mesnetlerin kenarlarında boşlukların bulunması kuvvet iletimini zorlaştırabilir ve gerilme yığılmalarına neden olabilir. Benzer şekilde, zemin kalınlığındaki ani değişiklikler, deprem kuvvetlerin iletiminde gerilme yığılmalarına neden olabilir. Bu tür düzensizliklere sahip binalarda döşeme plakalarının deprem kuvvetleri kolon, perde gibi düşey yapı elemanlarına kendi düzlemlerinde güvenli bir şekilde ilettiği gösterilmelidir. Hesaplama varsayımları ve analiz yöntemleri proje mühendisi tarafından seçilmelidir. Tabii ki, bu tür düzensizliğin önlenmesine gayret edilmelidir. Bununla birlikte, kaçınılmaz durumlarda, boşluklu döşemeyi küçük parçalara bölen ve rijit diyafram kabulünü terk eden çözümler, döşemenin kendi düzleminde eğilmesini içerir. Döşeme deprem yükünü bu bölümlere dağıtarak bu kolon ve duvarlara iletim sırasında oluşacak ek gerilmeler belirlenebilir ve gerekirse döşeme kalınlaştırılabilir veya güçlendirilebilir. Döşeme elemanlarına etkileyen deprem kuvvetleri de yönetmelikte belirtilen dış merkezliği içerecek şekilde verilecektir. Celep ve Kumbasar, depreme dayanıklı yapı tasarımı, eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi, zaman tanım alanı hesaplama yöntemi gibi konuların yanı sıra ülkemizde meydana gelen depremler, hasar tespiti gibi birçok konuyu örneklerle

araştırmışlardır. Depremlerin etkisi ile mevcut yapıların güçlendirilmesi ve korunması incelemiştir. (Celep, Z., Kumbasar, N.,-2004).

Burulma düzensizlikleri ile ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, çok katlı yapılarda burulma düzensizliklerinin etkileri, deprem yönetmeliklerindeki burulma düzensizlik durumları, deprem hesaplarda burulma düzensizlikleri, kullanılan hesap yöntemlerinin etkinliği, perde yerleşiminin binaların depremdeki davranışına etkisi, hareketli yük dağılımının etkisi incelenmiştir. Burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği ile burulma düzensizliği arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kirişsiz döşemeli betonarme uzay çerçeve yapıların deprem yükler altında eşdeğer statik ve dinamik analizleri yapılarak burulma düzensizlikleri incelenmiştir. Burulma düzensizliği koşulunun sağlanmaması durumunda, koşulu sağlamak amacıyla yapının dış çerçevesindeki kirişlerin yüksekliği artırılarak analiz tekrarlanır. Ancak yine de bu koşul sağlanamıyorsa yapıya uygun şekilde yeni perde duvarlar ve/veya kolonlar eklenerek analizi tekrarlayarak koşulu sağlamaya çalışılmaktadır. Hesaplamalar sonucunda burulma düzensizliği koşullarının dinamik analizde daha olumsuz sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Burulma düzensizliği koşulunu sağlamayan yapılarda, koşulun sağlatılması için, yapıyı çevreleyen dış çerçevedeki kiriş rijitliklerinin (yüksekliğinin) arttırılması, öneri olarak sunulmuş ve bunun burulma düzensizliği katsayısının azaltılmasında etkili olduğu belirlenmiştir. (Boğa, H.,-2000).

Burulma düzensizliği durumunda “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında” Yönetmeliğine göre A1 türü düzensizlik olarak verilmiştir. Burulma düzensizliği genel olarak çok katlı yapılarda plan geometrisinin veya planda rijitlik dağılımının simetrik olmamasından kaynaklanmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}), iki dik deprem doğrultusundan herhangi birindeki ötelemenin, o kat için aynı doğrultusundaki ortalama göreli ötelemeye oranı olarak ifade edilebilir. Bu katsayının 1,2’den büyük olması durumunda burulma düzensizliği var kabul edilir (DBYBHY-2018). Betonarme yapıların taşıyıcı sistemi estetik, güvenlik ve ekonomi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Yük taşıyıcı sistem seçerken Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Yönetmeliği'nde (DBYBHY-2018) belirtilen depreme dayanıklı binaların tasarım esasları da dikkate alınmalıdır. Doğru taşıyıcı sistem yapılmazsa, yapının davranışı olumsuz yönde etkilenecektir. (DBYBHY-2018) 'de plan ve düşey yöndeki düzensizlikler kontrol edilerek binanın davranışı düzeltilmeye

çalışılır. Ancak bazı yapıların mimari proje hataları veya tasarımcının yeterli taşıyıcı sistem seçim ilkesine sahip olmaması nedeniyle taşıyıcı sistemin doğru seçilmesi mümkün olmayabilir. Özellikle kütle merkezi ve rijitlik çakışmıyorsa, yapıda burulma düzensizlikleri görülebilir. Bu yapının diğer yapılara göre depremlerde hasara daha yatkın olduğu gözlemlenmiştir. (DBYBHY-2018)

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (5)$$

$$(\Delta i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (6)$$

$$(\Delta i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (7)$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = (d_i)_{\text{ort}} - (d_{i-1})_{\text{ort}} \quad (8)$$

Burada,

d_i : Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

d_{i-1} : Binanın $(i+1)$ 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme

Δi : Binanın i 'inci katındaki görelî kat ötelemesi

$(\Delta i)_{\max}$: Binanın i 'inci kattaki maksimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta i)_{\min}$: Binanın i 'inci kattaki minimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta i)_{\text{ort}}$: Binanın i 'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesidir.

Kat kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmaması yapılarda burulmaya neden olmaktadır. Kütle merkezi (KM), o katın ağırlık merkezidir ve deprem kuvvetlerin binadaki her katın kütle merkezine etki ettiğini varsayar. Rijitlik merkezi (RM) ise düşey mesnedin x-x ve y-y eksenlerinde oluşan kesme kuvveti bileşenlerinin deprem kuvvetin etkisi altında kesişmesidir. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe kat eksantrikliğidir. (Boğa, A, H.,-2000).

Projede duvarların eklenmesi veya kaldırılması ve hareketli yükün eşit kata dağılmaması da binanın eksantrikliğine yol açarak bina için ek burulma momentleri yaratabilmektedir. Burulma momentinin etkisi altında, katlar farklı görelî ötelemelerden geçer. Deprem yönetmeliğine göre, herhangi bir katın en büyük görelî kat yer değiştirmesinin, o katın aynı doğrultuda iki düşey deprem doğrultusundan herhangi biri için ortalama görelî yer değiştirmesine oranı burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) olarak adlandırılır. Bu oranın sınırı 1.2'dir. (DBYBHY-2018).

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\text{maks}} / (\Delta i)_{\text{ort}} \quad (9)$$

$$\delta i = R \Delta i \quad (10)$$

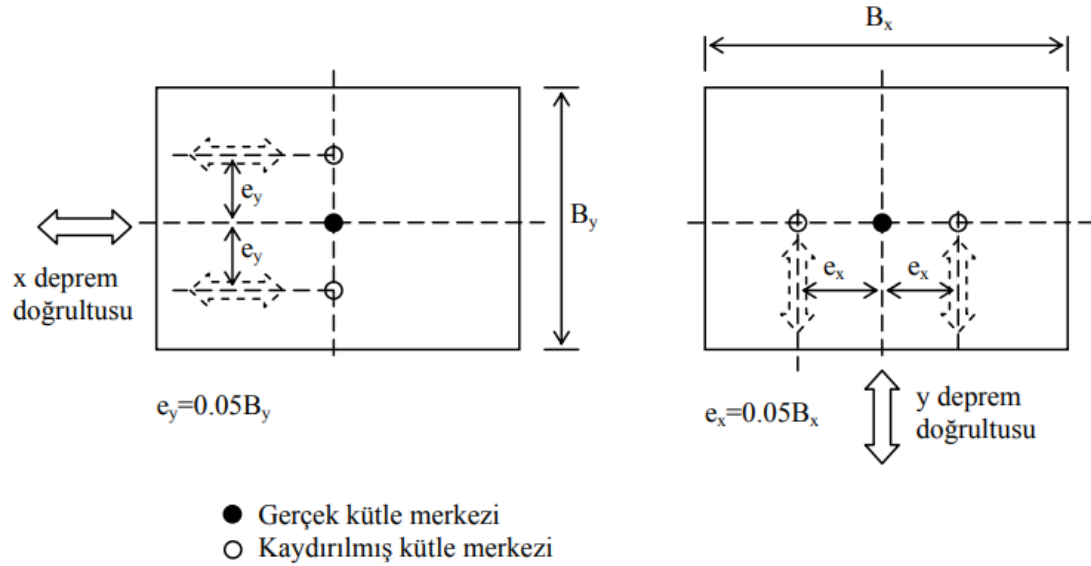
$$(\delta i)_{\text{max}} / h_i \leq 0.02 \quad (11)$$

$(\Delta i)_{\text{maks}}$ kattaki en büyük görelî kat ötelenmesi

$(\Delta i)_{\text{ort}}$ kattaki ortalama görelî kat ötelenmesidir

Deprem yönetmeliğinde her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde denklem (10) ile hesaplanan δi etkin görelî kat ötelenmelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta i)_{\text{max}}$, denklem (11)'te verilen koşulu sağlaması gerektiği belirtilmiştir. (DBYBHY-2018)

Şartname gereğine göre kat yer değiştirme (d_i) ve görelî kat yer değiştirme (Δi) , bir yapıya $\pm\%5$ eksantriklik ile yatay deprem kuvvetler uygulanarak belirlenir Şekil 31. Ancak, buradan farklı olarak, yatay deprem kuvvet, döşeme deplasmanını ve döşeme ötelenmesini belirlerken her binanın kütle merkezinden etkilenir. (H. Çağatay, S. Güzeldağ.-2002).



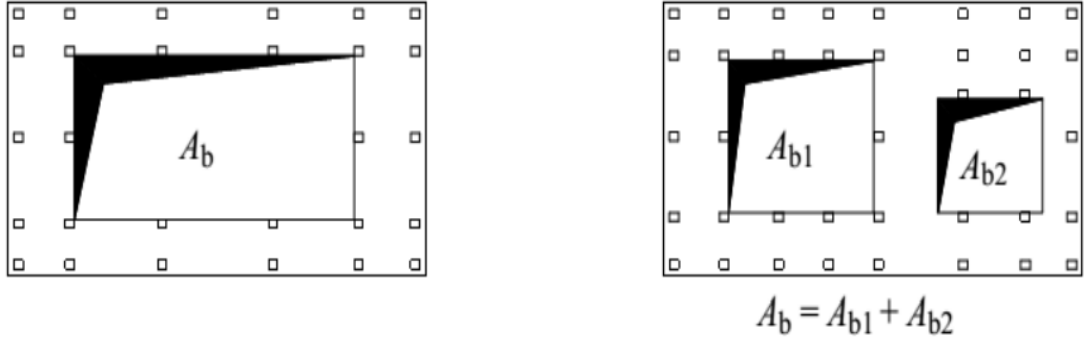
Şekil 31 Kaydırılmış kütle merkezleri (DBYBHY-2018)

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmeliğe göre A Tipi 2 kat kesme olarak verilmiştir. Döşemeler, dikey yükleri yan duvarlara, kolonlara veya kirişlere aktaran düzlemsel elemanlardır. Döşeme düşey yükler taşıyıcı ve deprem yükleri

gibi yatay yüklerin bir düşey elemandan diğerine aktarılmasından sorumludur. Ersoy, U., (1995). Zemin kaplaması kendi aralarında sert diyaframlar olarak kabul edilir. Rijit diyafram varsayımında, döşemenin düzlemlerinde sonsuz derecede sert olduğu, yani şeklini değiştirmedeği varsayılmaktadır. Bu nedenle, karşılıklı olarak dik iki yatay yer değiştirme ve plakanın düzlemine dik iki dönme yer değiştirmesi plaka üzerinde belirli bir "Master nokta" olarak biliniyorsa, plaka üzerindeki diğer düğümlerin yer değiştirmesi anahtar noktasının yer değiştirmesine bağlı olarak hesaplanabilir. Çağatay, i., H. ve Güzeldağ, S., (2002).

Yönetmelikte herhangi bir katta döşeme süreksizliği üç durumu tanımlanmıştır;

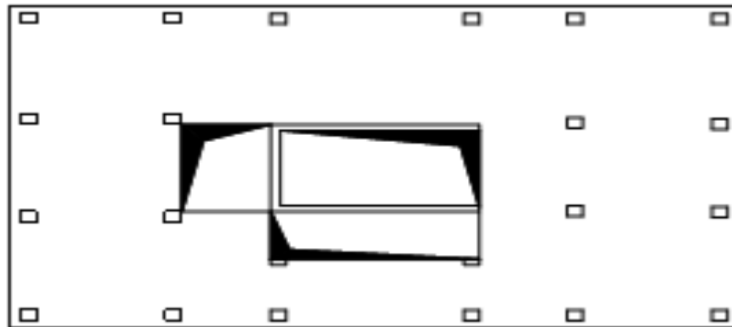
- 1) Merdiven ve asansör boşlukları dahil olmak üzere, boşluk alanları toplamının (A_b) kat brüt alanının (A) 1/3'ünden fazla olması Şekil 32.



A_b : Boşluk alanları toplamı A : Brüt kat alanı $A_b/A > 1/3$

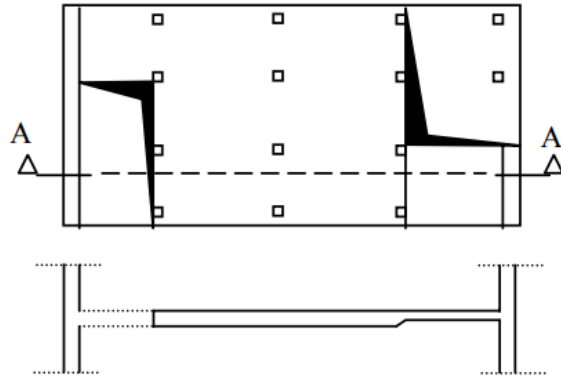
Şekil 32 A2 türü burulma düzensizlik 1.durumu (DBYBHY-2018)

- 2) Deprem yüklerinin taşıyıcı sistemin düşey elemanlarına aktarılmasını zorlaştıran yerel döşeme boşlukları Şekil 33.



Şekil 33 A2 türü burulma düzensizlik 2.durumu (DBYBHY-2018)

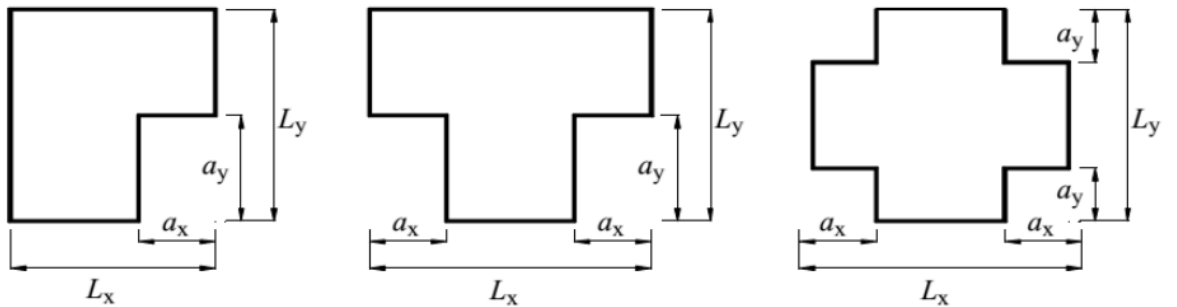
- 3) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarıdır Şekil 34.



Kesit A-A

Şekil 34 A2 türü burulma düzensizlik 3.durumu (DBYBHY-2018)

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmeliğe (DBYBHY-2018) göre plandaki çıkıntılarının varlığı A3 tipi burulma düzensizlik olarak verilmiştir. Bina planındaki çıkıntılı kısmın iki boyutunun (a_x , a_y), o katta aynı doğrultuda binanın toplam plan boyutlarının (L_x , L_y) %20'sini aşması durumunda A3 tipi sistemlerdeki düzensizlikler kabul edilebilir. Şekil 35. Plan genişliğindeki girintiler ve çıkıntılar deprem anında yapıdan farklı hareket ederek köşelerde yapıya zarar verebilecek gerilmeler oluşturur. Bu nedenle kat planındaki olası girinti ve çıkıntılardan mümkün olduğunca kaçınılmalı ve binanın kat planı uygun geometri ile hazırlanmalıdır. Binanın kat planı asimetrik ise yapı genişleme derzleri ile simetrik bölümlere ayrılarak bu düzensizliğin önüne geçilmelidir.



$$a_x > 0,2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0,2 L_y$$

Şekil 35 A3 türü düzensizlik durumu (DBYBHY-2018).

III. SAYISAL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, düzenli bina ve çekmeli binalar ilgili farklı binaların tasarımı yapıp deprem sırasında binaların çekme düzensizliği incelenmiştir. Çekme betonarme binalarda; Binaların depreme karşı davranışı, çekme oranına, çekmenin uygulandığı kat seviyesine, kat sayısına ve düşey eksen etrafındaki simetriye bağlı olarak incelenmiştir. Analizler, SAP2000 yapı analiz programı ve kullanılarak, çekmeli binaların depreme karşı davranışını inceleyip elde edilen veriler grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

Çalışmanın ikinci kısmında, düzenlemelerdeki burulma düzensizliğinin yapıların davranışları üzerindeki etkileri, yapının ilk dönemlerinde x ve y yönlerinde, taban kesme kuvvetlerinde ve yapı ağırlıklarında incelenmiştir.

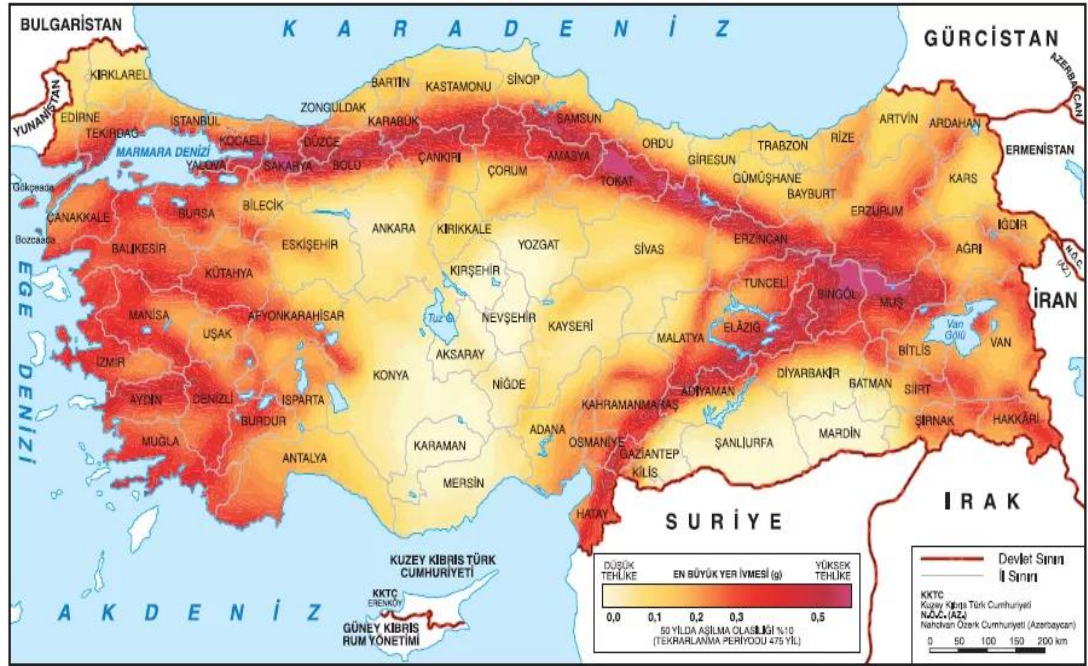
Bu çalışmada, çekmeli binalar ve burulma düzensizliği oluşan binaların incelenmesi Türkiye’de yapıldığına göre Türkiye’deki deprem özellikleri, binaların analiz ve çalışmasında dikkate alınmıştır.

Türkiye üzerinde meydana gelen deprem hareketlenmeleri, fay hatlarının yoğunluğuna ve aralıklarına göre birinci veya beşinci olarak sınıflandırılmaktadır. Birinci deprem bölgesinin kendisi en yüksek riskli bölgedir. Ancak beşinci deprem bölgesi bu derecelendirmede en az riskli bölgedir. Kısacası depremin derece kat sayısı arttıkça, risk azalmaktadır. Türkiye’de bölgesel düzlükte 1., 2., 3., 4. veya 5. depremi gösteren risk seviyeleri genellikle aynı yerde toplanmamaktadır. Örneğin; İstanbul deprem riskinin en yüksek olduğu illerden biri olmasına rağmen, ilçelerinin bir kısmı birinci, bir kısmı ise ikinci, üçüncü ve dördüncü risk gruplarına girmektedir. Bu nedenle, fay hatlarına ve her alandaki aktiviteye göre risk seviyesi belirlenmektedir.

1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye deprem bölgeleri haritası, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yenilenerek 18 Mart 2018 tarihli resmî gazete ‘de 30364 (mükerrer) sayı ile yayımlanmıştır. Yeni harita 1 Ocak 2019’da yürürlüğe girdi. Yeni

harita, en son kaynak deprem parametreleri, deprem katalogları ve yeni nesil matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha detaylı verilerle hazırlanmıştır. Yeni haritada önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine en yüksek yer ivmesi değerleri görüntüleniyor ve "deprem bölgesi" kavramı ortadan kaldırılıyor. Deprem tehlike haritası bir RİSK haritası değildir. RİSK haritası olabilmek için deprem sırasında binaların ve nüfusların etkilerinin bilinmesi, ekonomik kayıpların belirlenmesi, depremin çevreye verdiği zararın hesaplanması, hasar ve kayıpların etkilerini gösteren bir haritanın oluşturulması gerekmektedir.

Yeni harita, AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) tarafından desteklenen, kamu ve üniversite iş birliğiyle yürütülen Türkiye deprem tehlike haritası güncellemesi projesi kapsamında hazırlanmıştır. (AFAD)



Şekil 36 Türkiye deprem tehlike haritası

- Mod Birleştirme Yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi, yapı deprem analizinde kullanılan spektrum analizi (spektroskopi) olarak da bilinen doğrusal dinamik hesaplama yöntemidir. Yöntemde, depremlerin etkisi altındaki yapısal sistemlerin dinamik hareket denklemi koşullu bir yer değiştirme şeklinde ifade edilir ve koşullu katkıların uygun bir istatistiksel yöntemle birleştirilmesiyle gerçek yer değiştirme elde edilir.

Modülasyon bileşenlerini birleştirmek için karekök ve karekök yöntemlerinin toplamının karekökünün optimal bir kombinasyonu kullanılır. (DBYBHY-2018).

- **Tasarım Spektrumu**

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Tekrarlanma Periyodu
DD-1	%2	2475 yıl
DD-2	%10	475 yıl
DD-3	%50	72 yıl
DD-4	%68	43 yıl

Çizelge 2 Deprem yer hareketi düzeyi

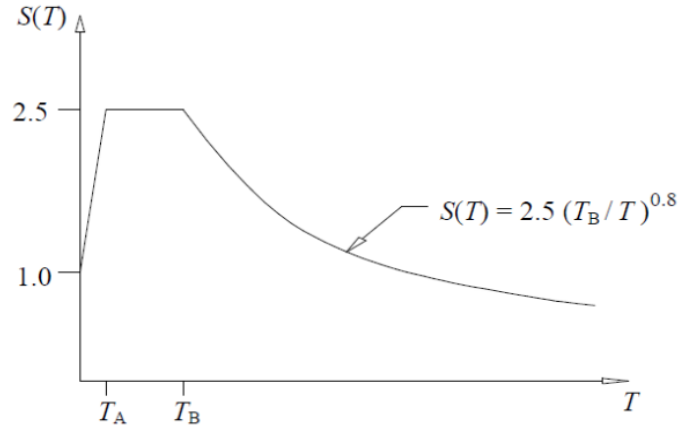
Tasarım İvme Spektrumunun Belirlenmesinde, TBDY-2018'e göre depreme bağlı yer hareketinin dört farklı seviyesini tanımlanmıştır. Bu yer hareketlerinin özellikleri:

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir ve standart tasarım deprem yer hareketi olarak da tanımlanmaktadır.(DBYBHY-2018).

Belirli bir alanda meydana gelen birkaç deprem dikkate alınarak yapılan istatistiksel bir çalışma sonucunda yönetmeliklerde kullandığımız tasarım spektrumu elde edilmektedir. Tasarım spektrumu, birkaç yanıt Spektrumunun ortalaması olarak düşünülebilir ve belirli bir tekrarlama aralığına sahip bir deprem için çizilir. Örneğin önceki yönetmelik olan 1997 yılında çıkarılan afet bölgelerinde inşa edilecek yapıların hızlandırılmış Spektrum Tasarımına ilişkin yönetmelikte yer alan 50 yılda olma ihtimali %10, yani 475 yılda bir olabilecek bir depreme işaret etmektedir. Şekil 37'deki T_A ve T_B değerleri spektrumun karakteristik periyotlarıdır. ve zemin sınıfına göre belirlenir. Çizelge 3'te ülkemiz için belirtilen karakteristik spektral aralıkların değerleri verilmiştir. (TMMOB,-1997).

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

Çizelge 3 Spektrum Karakteristik Periyotları



Şekil 37 İvme Tasarım Spektrumu

- Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY 2018’de ise; Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun koordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae} (T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak denklem (14)'de yerçekimi ivmesi [g] olarak tanımlanır. .

$$S_{ae} (T) = (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ae} (T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ae} (T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

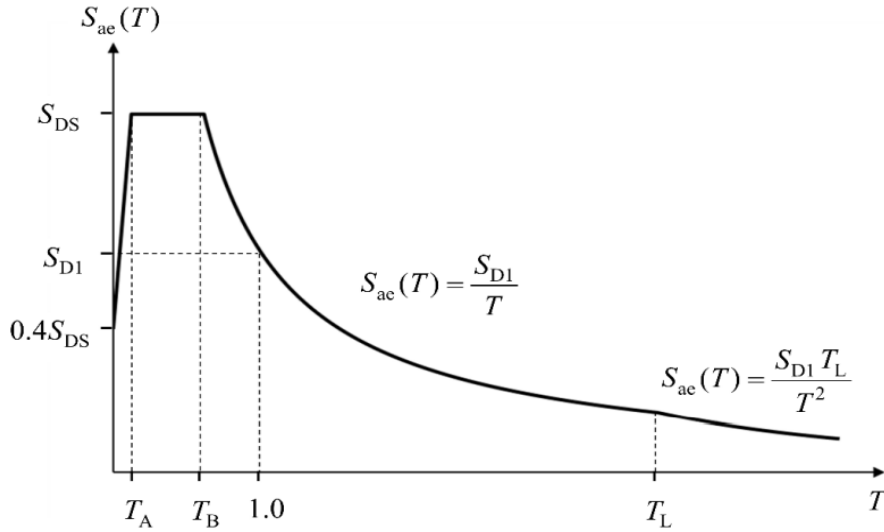
$$S_{ae} (T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (14)$$

S_{DS} ve S_{D1} Tasarım spektral ivme katsayıları, T titreşimin doğal periyodudur. Yatay tasarım spektrumu, T_A ve T_B Denklemleri (15-16) ve S_{DS} ve S_{D1} periyotlarına göre tanımlanır:

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (15)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (16)$$

Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s alınacaktır.



Şekil 38 Yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g) ve Doğal titreşim periyodu (s) arasındaki ilişkisi

- Tasarım ivme spektrumu

İvme ve yer değiştirme spektrumları depremden depreme değişir. Genellikle, ivme spektrum eğrileri deprem yönetmeliklerinde standardize edilir ve belirli deprem büyüklükleri için analitik olarak verilir. Yerel zemin koşullarının etkileri de dikkate alınır. Tasarım ivme spektrumu, deprem ve yer hareketi tasarımı için temel verilerdir. Tasarım ivme spektrumunun temel büyüklükleri olan boyutsuz tasarım spektral ivme katsayılarıdır. (DBYBHY-2018).

Boyutsuz haritaların spektral ivme katsayıları, depreme bağlı dört farklı yer hareketi seviyesi için Türkiye Deprem Tehlike Haritalarında tanımlanmıştır:

- Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_5
- 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Birbirine dik İki yatay doğrultuda deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşılık gelen harita spektral ivme katsayıları, referans zemin koşullarına dayalı olarak %5 sönüm katsayısı için harita spektral ivmesi temelinde hesaplanır $[(V_S)_{30} = 760 \text{ m / s}]$ belirli bir yer hareketi seviyesi depremi için yerçekimi ivmesine bölünen boyutsuz katsayılar olarak tanımlanır.(DBYBHY-2018).

$$S_{DS} = S_S \times F_S \quad (12)$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 \quad (13)$$

- Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,50$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,00$	$S_S = 1,25$	$S_S = 1,50$
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	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılır					

Çizelge 4 Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı S_1					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,50$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,00$	$S_S = 1,25$	$S_S = 1,50$
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	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılır					

Çizelge 5 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

- Bina Kullanım Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıfları

- a. Bina Kullanım Sınıfları

Bina Kullanım Sınıfı (BKS), binanın kullanım amacına göre Çizelge 6'da tanımlandığı gibi deprem tasarım sınıfının belirlenmesinde temel teşkil eder.

b. Deprem Tasarım Sınıfları

DD-2 Deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını (S_{DS}) ve bina kullanım sınıfını kullanarak deprem tasarım sınıflarının (DTS) tanımını.

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
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,5 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Çizelge 6 Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

- Bina Önem Katsayıları

Bina kullanım sınıflarına bağlı olarak bina önem katsayıları Çizelge 7'de tanımlanmıştır.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	<p>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>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)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1,5
BKS = 2	<p>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1,2
BKS = 3	<p>Diğer binalar</p> <p>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1,0

Çizelge 7 Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

A. Çekme Düzensizliği için Sayısal Çalışması

Bu tez çalışmasında çekmeli betonarme binaların deprem davranışının incelemek için 4 katlı, 8 katlı ve 12 katlı dört tane farklı bina tasarımını yapıldı. Yapı analiz programı SAP2000'i kullanılarak, mod birleştirme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Binaların taşıyıcı sistemi boyutları belirlemek için Autocad programı kullanılmıştır.

Bu bölüm içerisinde, çekme bulunmayan (düzenli) binalar ve çekme düzensizliği bulunan binaların hakkında araştırma ve deprem sırasında binaların davranışı iki bölümünde anlatılmıştır. Birinci bölümde düzenli bina ve çekmeli binadaki kesme kuvveti, moment ve eksenel kuvveti diyagramı SAP2000'i kullanarak çizilmiştir. Bu bölümde, deprem sırasında düzenli bina ve çekmeli binanın kesme kuvveti, moment ve eksenel kuvveti diyagramlarının arasındaki farklarını gösterilmiştir. İkinci bölümde, düzenli bina ve çekme düzensizliği bulunan binaların kat sayısını arttıkça deprem sırasında binaların davranışı incelenmiştir. Binalarda kat sayısında değişimi olduğunda betonarme binalarda taşıyıcı sisteminde oluşan kesme kuvveti, moment, eksenel kuvveti ve görelî kat ötelenme değerlerini incelenmiştir. Bu tez çalışmada, çekmeli düzenli binalar için zemin ve depremin varsayılan genel özellikleri Çizelge 8'de.

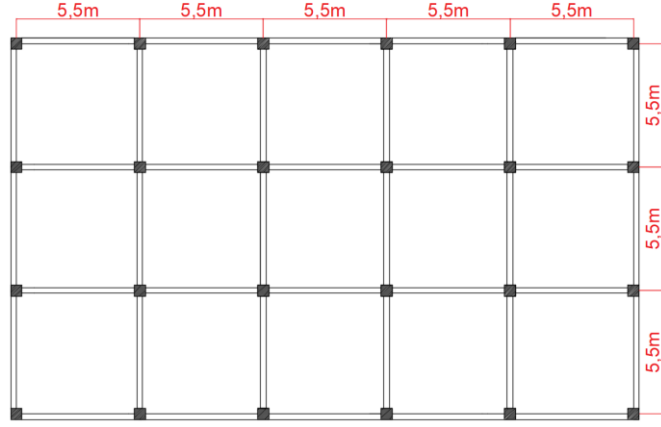
Kat yüksekliği	Zemin kat	4 m
	Üst katlar	3,4 m
Döşeme kalınlığı	0,25 m	
Yerel zemin sınıfı	ZB	
Malzeme sınıfı	C25/30 - S420	
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	8 çerçeve sistem	
Bina önem katsayısı (I)	1	
Spektrum karakteristik periyotları	$T_A = 0,15$ sn $T_B = 0,40$ sn	
Dış duvar birim ağırlığı	3,85 kN/m ²	
İç duvar birim ağırlığı	2,8 kN/m ²	
Kaplama+ Sıva ağırlığı	1,65 kN/m ²	
Hareketli yükler (Normal katlar)	6 kN/m ²	
Hareketli yükler (Son kat)	3,7 kN/m ²	
Ölü yükü (Normal katlar)	5,5 KN/m ²	
Ölü yükü (Son katlar)	4 KN/m ²	

Çizelge 8 Zemin ve Yapının Genel Verileri

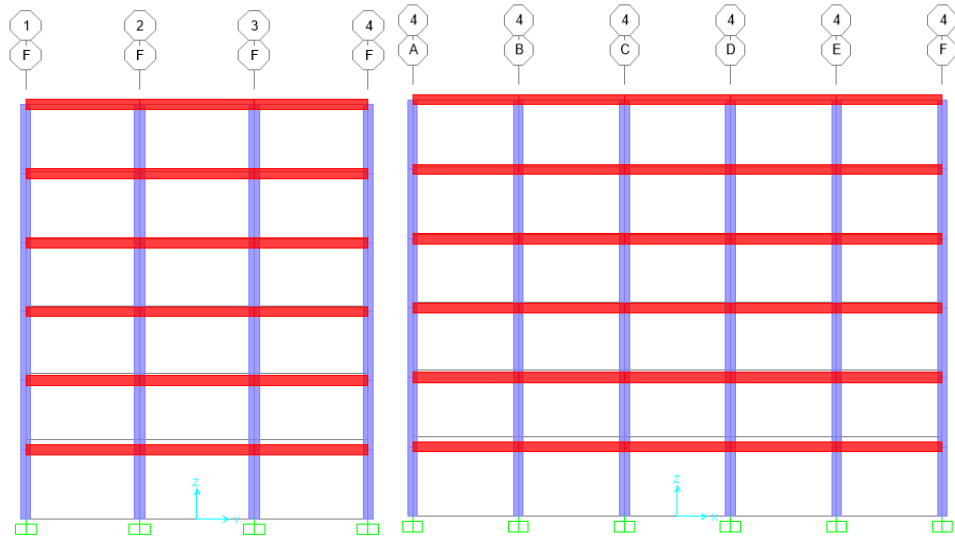
Düzenli binadaki taşıyıcı sistem elemanları Şekil 39'de çizilmiştir.

Kolon boyutları : 50cm × 50 cm

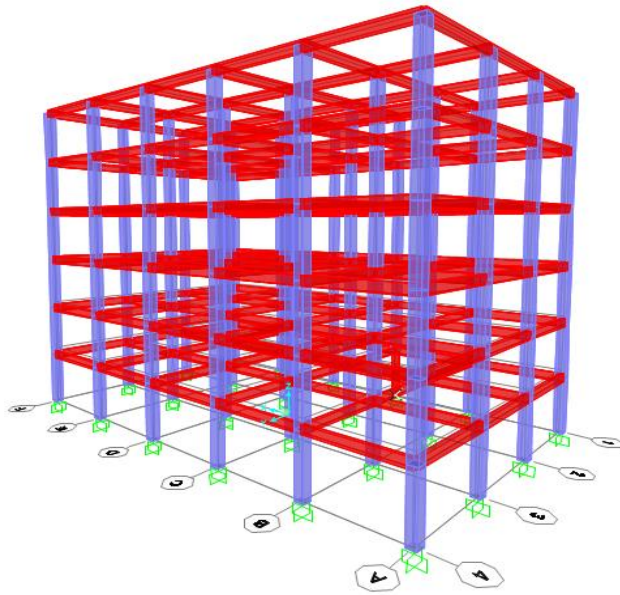
Kiriş boyutları : 25cm × 50cm



Şekil 39 Düzenli Binanın Kat Planı



Şekil 40 (Düzenli) Bina Modellerine Ait Düşey Kesit (ön ve en kesit)

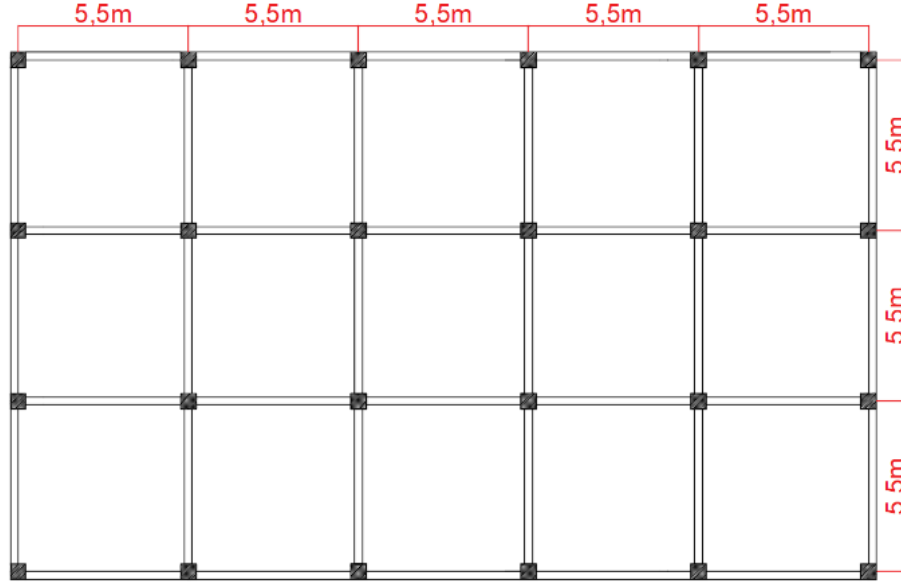


Şekil 41 (Düzenli) Binanın Taşıyıcı Sistemine Ait 3D Modeli

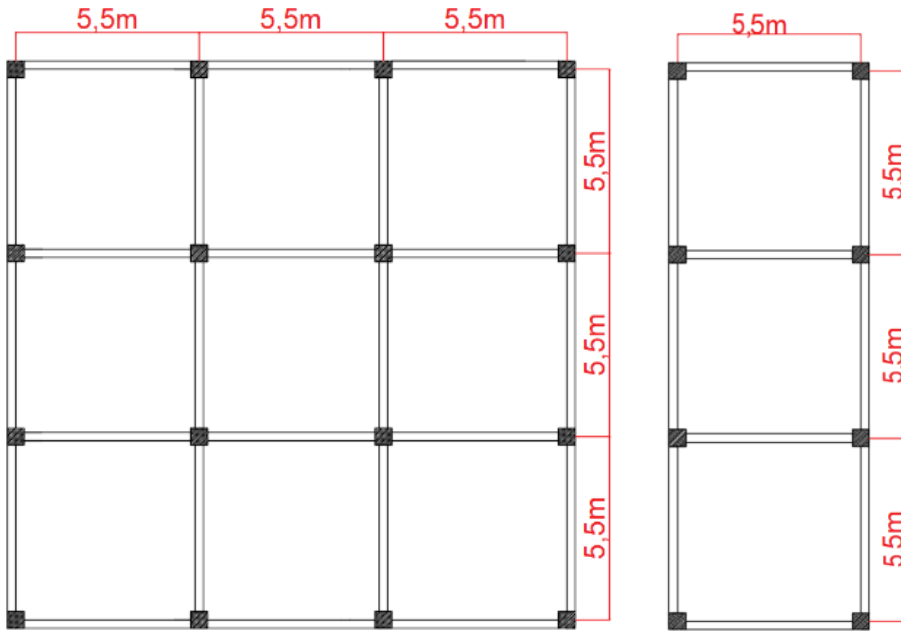
Çekmeli binadaki taşıyıcı sistem elemanları Şekil 42’de çizilmiştir.

Kolon boyutları : 50cm × 50 cm

Kiriş boyutları : 25cm × 50cm



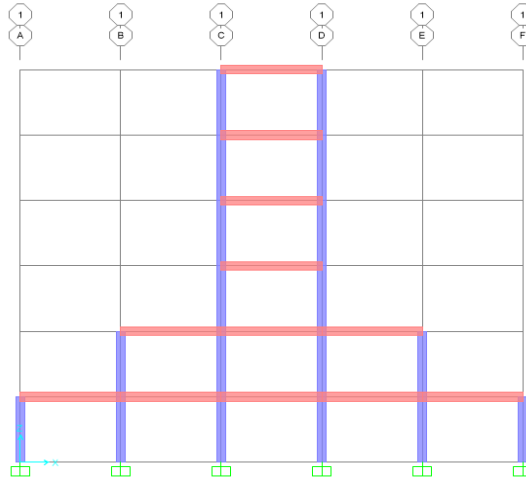
(a)



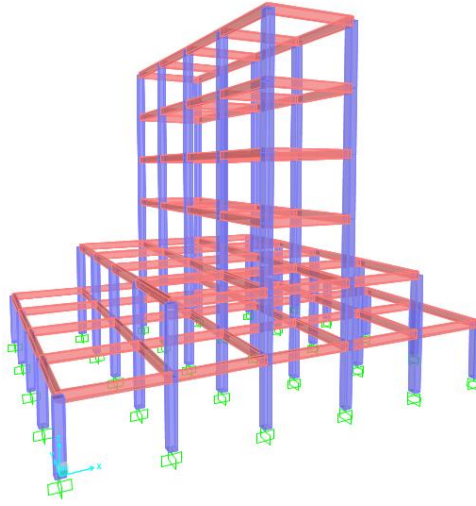
(b)

(c)

Şekil 42 (a) Zemin Kat için Çekmeli Binanın Kat Planı (b) (c) Binanın Üst Katlar için Kat Planı



Şekil 43 Çekmeli Bina Modellerine Ait Düşey Kesit



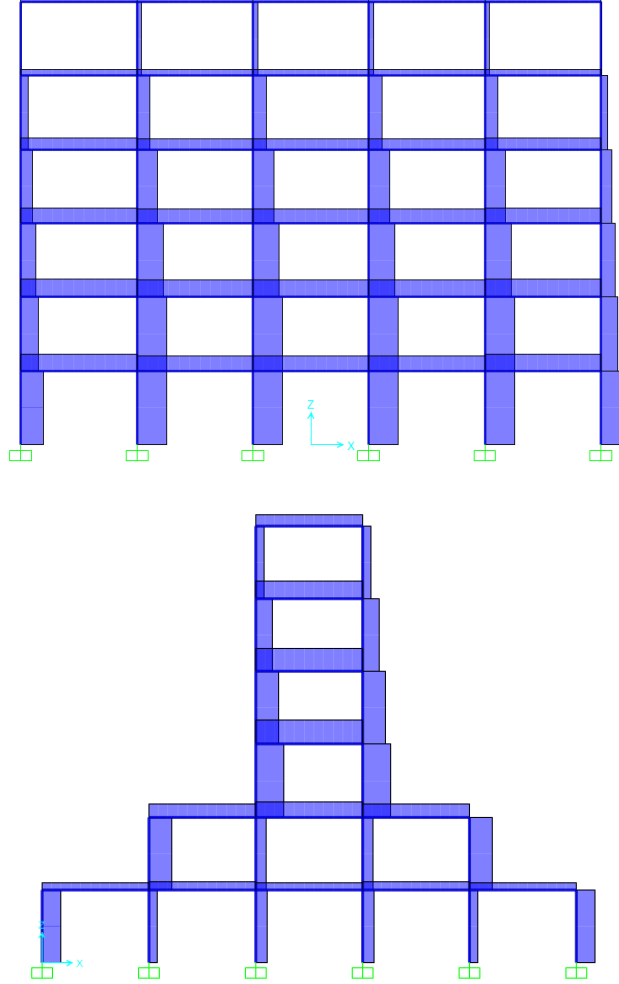
Şekil 44 Çekmeli Binanın Taşıyıcı Sistemine Ait 3D Modeli

1. Düzenli Bina ve Çekmeli Binadaki Kesme Kuvveti, Moment ve Eksenel Kuvveti

Düzenli bina ve depreme karşı davranışını incelenmiştir. Düzenli bina simetrik olduğu için binanın betonarme taşıyıcı sisteminde çekme düzensizliği oluşmamıştır. Ayrıca deprem sırasında taşıyıcı sisteminde iç kuvvetleri düzgün şekilde dağılmaktadır. Yalnız çekmeli binalarda deprem anında binanın taşıyıcı sisteminde kesme kuvveti ve moment diyagramında ani değişimi gözlenmiştir. Bu tez çalışmada, SAP2000' kullanarak deprem sırasında binanın kesme kuvveti, momenti ve ölü yüklerden gelen yüklerden dolayı eksenel kuvveti çizilmiştir.

a) Kesme Kuvveti

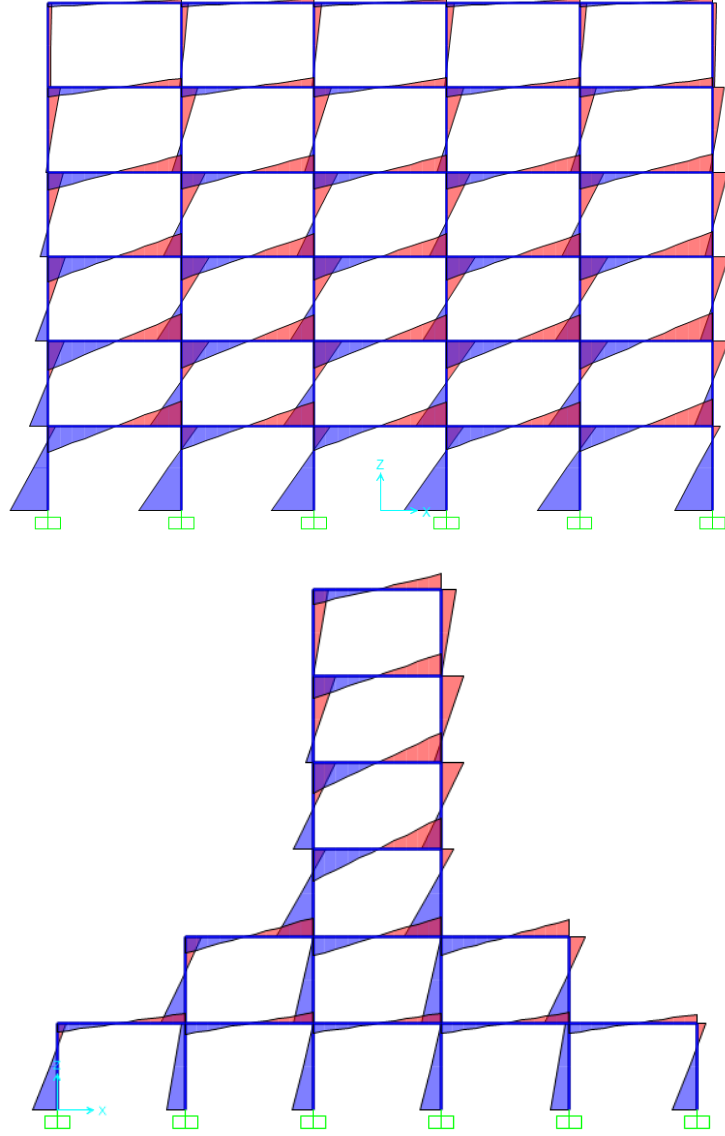
Çekme düzensizliği oluşan ve düzenli binalarda taşıyıcı sistem elemanlarında kesme kuvvetin değişimi Şekil 45’te gösterilmektedir. Yapısal analizi programı (SAP2000) kullanarak düzenli ve çekmeli binalardaki iç kuvvetin (kesme kuvvetin) grafiği çizilmiştir. Deprem sırasında çekme bulunmayan (düzenli) binalarda kolonlarda oluşan kesme kuvvet değerleri üst katlara doğru giderek azalmaktadır. Kesme kuvveti, binanın en alt katta en yüksek değeri (maksimum kesme kuvveti) alır. Bu artışlar çekme etkisinden dolayı olmuştur. Ayrıca çekmeli binada çekmenin özellikli orta katta oluşturulmasını fark edilmiştir.



Şekil 45 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Kesme Kuvveti

b) Moment

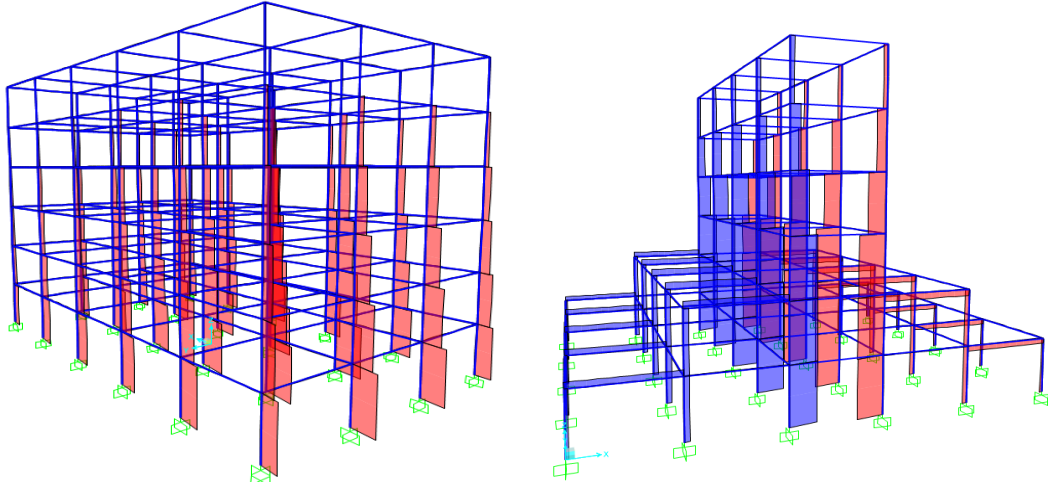
Çekme düzensizliği oluşan binalarda taşıyıcı sistem elemanlarda moment değişimi Şekil 46'da gösterilmektedir. (Düzenli) binalarda deprem sırasında kolonlar ve kirişlerdeki oluşan moment değerleri üst katlara doğru giderek azalmaktadır. Ancak çekmeli binada orta katta momentte ani değişim oluşturulmuştur. Bu artış binada özellikli orta katta çekmeye yol açmaktadır.



Şekil 46 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Momenti

c) Eksenel Kuvveti

Çekme bulunmayan düzenli binadaki ölü yüklerden dolayı kolonlarda oluşan eksenel kuvveti Şekil 47’de gösterilmiştir. Düzenli bina eksenel kuvveti, yan kolonlarında en alt kısmında en yüksek değer alır. Ancak kolonlardaki oluşan eksenel değerleri üst katlara doğru giderek azalmaktadır. Ancak çekmeli binada binanın en yüksek kısmında (orta kısmı) kolonların alt kısmında en yüksek eksenel kuvveti alır. Ayrıca kolonlardaki oluşan eksenel değerleri üst katlara doğru giderek azalmaktadır.

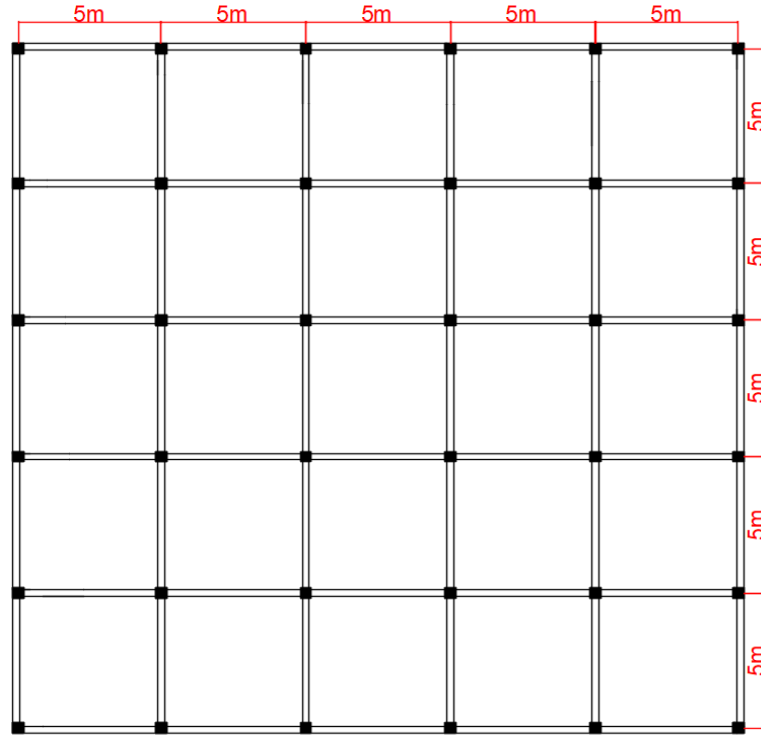


Şekil 47 (Düzenli) Bina ve (Çekmeli) Bina Modellerine Ait Eksenel Kuvveti

2. Analizlerde düzenli ve çekmeli bina modellerinin genel özellikleri

Bu tez çalışmasında, çekmeli betonarme binalar deprem sırasında binaların kat sayısı arttıkça binanın davranışını incelenmiştir. Kat sayısının değişimini incelemek için 4, 8 ve 12 katlı çekme bulunmayan (düzenli) bina ve çekme bulunan bina modeli SAP 2000’i kullanarak binanın genel özellikleri elde edilir. Binanın genel verileri Çizelge 8’de verilmiştir.

Çekme düzensizliği bulunan binalar ve düzenli binaların arasındaki farklarını incelemek aynı zamanda grafiklerini çizmek için SAP 2000’i kullanılmıştır. Her 4 katlı , 8 katlı ,12 katlı bir tane düzenli bina modeli ve üç tane farklı çekmeli bina modeli varsayılmıştır. Çekme bulunmayan (düzenli) bina modeline ait kat planı Şekil 48’de verilmiştir. Aynı zamanda çekmeli binaların için zemin kat planıdır.



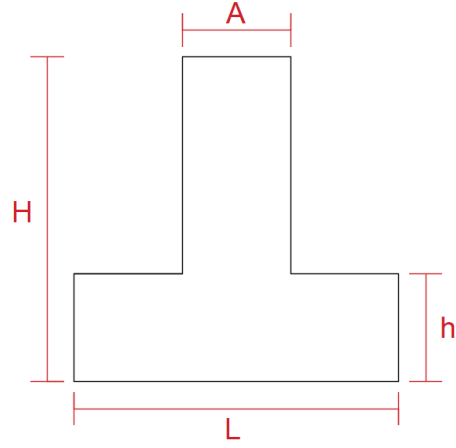
Şekil 48 Bina modellerine ait kat planı ve çekmeli binanın zemin kat planı

Taşıyıcı sistem boyutları

Binanın Kat Sayısı	Kolon	Kiriş
4 kat	40×40 cm	25×50 cm
8 kat	50×50 cm	25×50 cm
12 kat	65×65 cm	25×50 cm

Çizelge 9 Düzenli ve çekmeli binaların taşıyıcı sistem boyutları

Taban ve kule plan boyutları arasındaki yüksekliği, taban plan boyutuna oranı çekme oranı (R_A) denir. Taban yüksekliğinin bina toplam yüksekliğine oranına çekme kat seviyesi oranı (R_H) denir. Yapısal modeller üzerinde çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H) bulmak için plan boyutları Şekil 49'da tipik çekmeli bina modelleri üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 49 Tipik çekmeli bina modelleri

$$R_A = \frac{L-A}{L} \quad (14)$$

$$R_H = \frac{h}{H} \quad (15)$$

- Binaların kat sayısına göre hesap modelleri


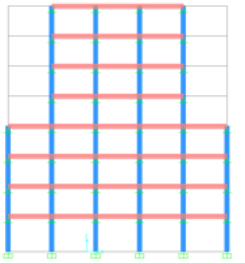
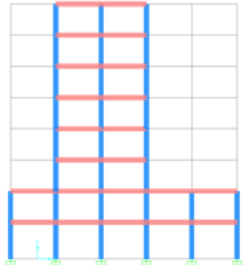
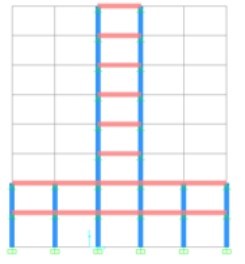
A) 4 katlı bina modeli

Bina Kodu	Bina Modeli	h (m)	H (m)	A (m)	L (m)	R_A	R_H
4KAT001		14,2	14,2	25	25	0	1
4KAT002		4	14,2	15	25	0,4	0,28
4KAT003		4	14,2	10	25	0,6	0,28
4KAT004		4	14,2	5	25	0,8	0,28

Çizelge 10 4 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H)

Çizelge 10’da çekme bulunmayan (düzenli) bina ve üç tane farklı çekme düzensizliği bulunan bina modelleri üzerinden farklı (R_A) ve (R_H) değerlerine göre çekmeli bina modelleri üretilmiştir. Çekme bulunmayan (düzenli) binada çekme kat seviyesi oranı 1 ve çekme oranı sıfırdır. 4 katlı binaların modeline 4KAT001, 4KAT002, 4KAT003 ve 4KAT004 olarak kod verilmiştir. Modeller üzerinde %40, %60 ve %80 oranında çekme oluşturulmuştur. Çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin binanın deprem davranışı üzerindeki etkisi ise %28 çekme kat seviye oranı ve düzenli binada %100 çekme kat seviye oranına sahip modeller üzerinde incelenmiştir.

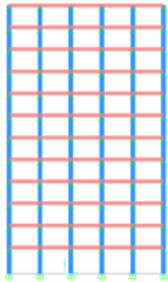
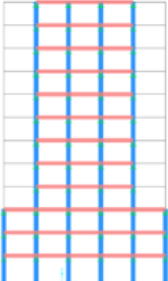
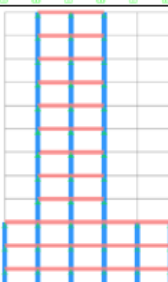
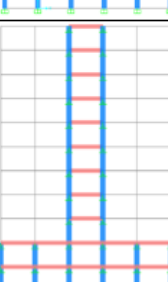
B) 8 katlı bina modeli

Bina Kodu	Bina Modeli	h (m)	H (m)	A (m)	L (m)	R_A	R_H
8KAT001		27,8	27,8	25	25	0	1
8KAT002		14,2	27,8	15	25	0,4	0,51
8KAT003		7,4	27,8	10	25	0,6	0,27
8KAT004		7,4	27,8	5	25	0,8	0,27

Çizelge 11 8 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H)

Çizelge 11’de 8 katlı binaların modeline 8KAT001, 8KAT002, 8KAT003 ve 8KAT004 olarak kod verilmiştir. Modeller üzerinde %40, %60 ve %80 oranında çekme oluşturulmuştur. Çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin binanın deprem davranışı üzerindeki etkisi ise %51 ve %27 çekme kat seviye oranı ve düzenli binada %100 çekme kat seviye oranına sahip modeller üzerinde incelenmiştir.

C) 12 katlı bina modeli

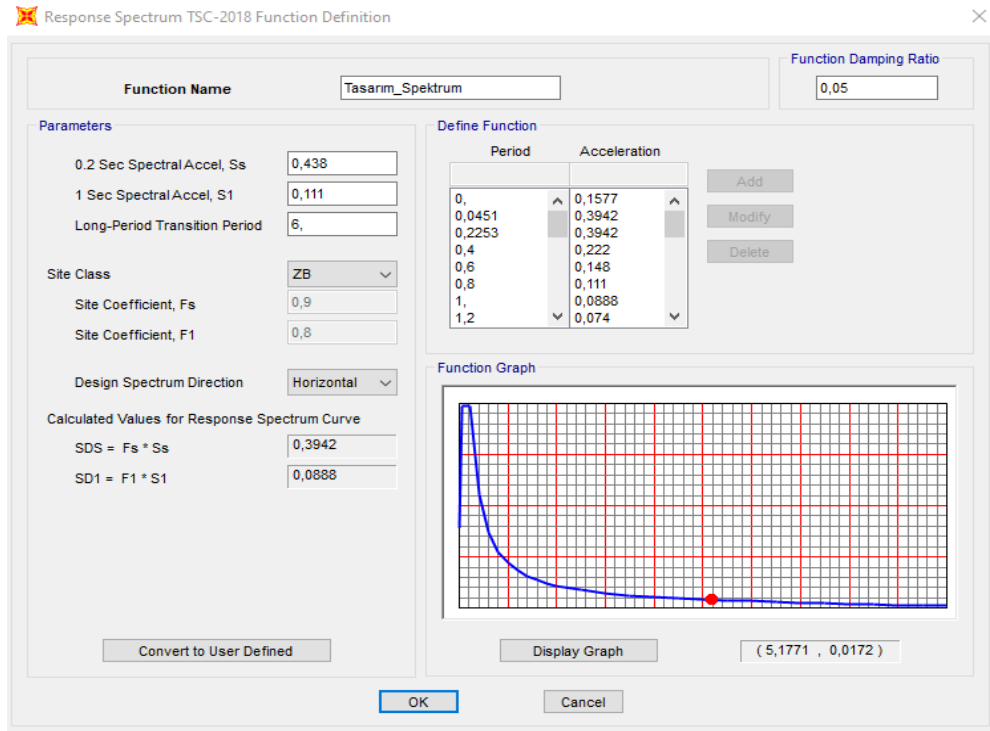
Bina Kodu	Bina Modeli	h (m)	H (m)	A (m)	L (m)	R_A	R_H
12KAT001		41,4	41,4	25	25	0	1
12KAT002		10,8	41,4	15	25	0,4	0,26
12KAT003		10,8	41,2	10	25	0,6	0,26
12KAT004		10,8	41,2	5	25	0,8	0,26

Çizelge 12 12 katlı bina için çekme oranı (R_A) ve çekme kat seviyesi oranı (R_H)

Çizelge 12’de 12 katlı binaların modeline 12KAT001, 12KAT002, 12KAT003 ve 12KAT004 olarak kod verilmiştir. Modeller üzerinde %40, %60 ve %80 oranında

çekme oluşturulmuştur. Çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin binanın deprem davranışı üzerindeki etkisi ise %26 çekme kat seviye oranı ve düzenli binada %100 çekme kat seviye oranına sahip modeller üzerinde incelenmiştir.

Bu plan modeli çizim kat seviyesine eklidir; çekme meydana geldiği kat seviyesinden başlayarak belirli derecelere azaltılarak çekmeli bina modelleri üretilmiştir. Yapısal analizin ilk bölümünde, simetrik çekmeli binalarda çekme oranı ve çekme kat seviye oranı parametrelerinin kat seviyesine göre değişkenliğini araştırmak için planda herhangi bir iç eksen seçilerek düzlem 2D çerçeve modelleri incelenmiştir. Yapısal modellemede sistem bir çerçeve sistemdir; her katın kendi düzleminde rijit olduğu varsayılarak her kat için rijit bir diyafram tanımı yapılmış yalnız döşeme tanımlanmamıştır. Hesap modellerinde, döşemelerden kirişlere aktarılan yükler, planın kare geometrisi nedeniyle üçgen olarak dağıtılır ve yükler manuel olarak hesaplanır ve kirişler üzerine düzgün yayılı yükler olarak SAP2000 ortamına girilmiştir. Çekme bulunmayan (düzenli) bina ve çekme düzensizliği bulunan (çekmeli) binaları, kat sayısı arttıkça deprem sırasında binaların taşıyıcı sistemin davranışı incelenebilmek için mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Şekil 50'de SAP2000 üzerinde deprem özelliklerinde response spektrum (yatay elastik tasarım spektrumu) fonksiyonu tanımlanmıştır.



Şekil 50 SAP2000’inde response spektrum fonksiyonu tanımı

Şekil 51’de SAP2000 de yük durumlarda tanımlanan mod birleştirmede response spektrum kısmında scale factor (9,81/8) hesaplanmıştır.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Tasarim_Sep	1,2263
Accel	U1	Tasarim_Sepktul	1,2263

Şekil 51 SAP2000’inde mod birleştirmede response spektrum

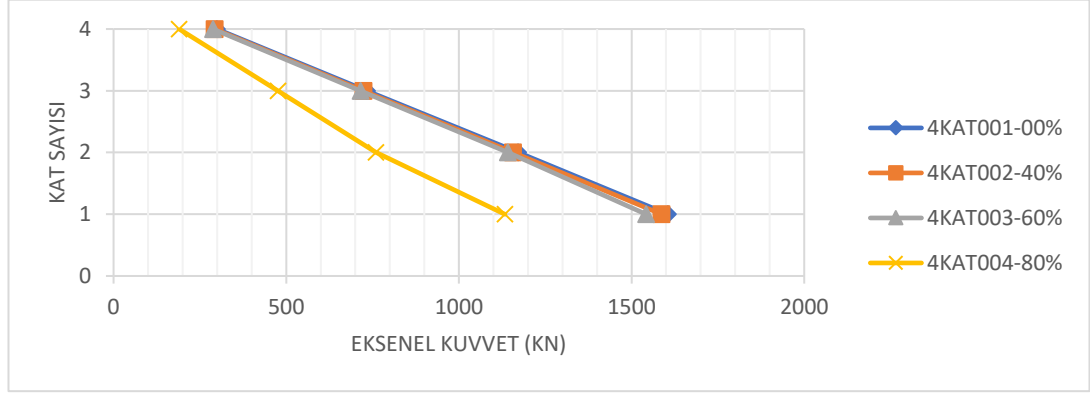
Çekme düzensizliği bulunmayan ve çekme düzensizliği bulunan binalar üzerinde deprem sırasında çekme oranı, çekme kat seviye oranı ve kat sayısı parametrelerinin binanın taşıyıcı sistemin davranışı üzerindeki etkisi düzlem 2D çerçeve modeller üzerinde incelenerek tablo ve grafiklerle açıklanmıştır. Modeller üzerinde çekme düzensizliği etkisi deprem davranış parametrelerine (eksenel kuvvet, kesme kuvvet, moment değişimi ve görelî kat ötelenmeleri) incelenmektedir.

- Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

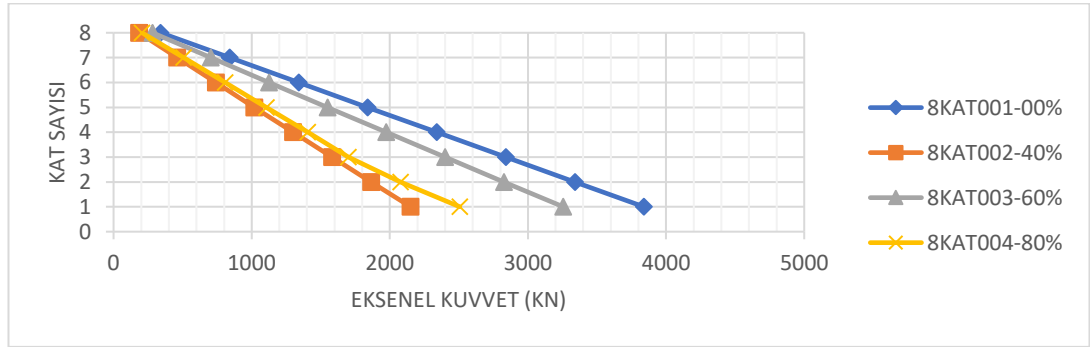
Bu tez çalışmada, çekme düzensizliği bulunmayan (düzenli) ve çekme düzensizliği bulunan binaların kat sayısı artıka bu binalar deprem sırasında davranışı incelenmiştir. Ölü ve hareketli yükler elle hesaplayarak SAP2000 ile çizilmiştir. Ayrıca bütün farklı katlı binaların deprem sırasında kesme kuvveti, ekstenel kuvveti, moment ve görelî kat ötelenmeleri) inceleyip SAP2000 düzlem 2D çerçeve modeller olarak çizilmiştir. Ve bütün diyagramların değerleri alıp grafik üzerinde belirlenmiştir.

a) Eksenel Kuvvet Değerleri

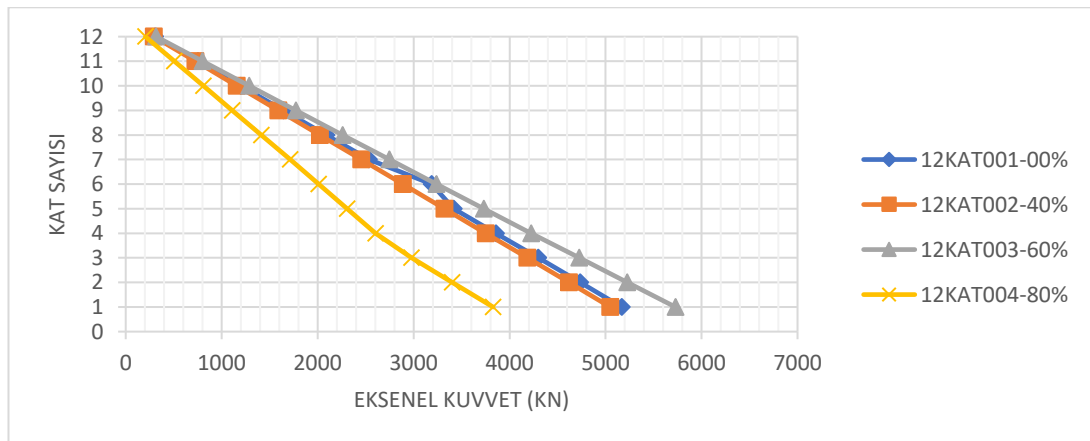
Analizler sonucunda zemin kolonlarındaki ölü ve hareketli yüklerden elde edilen eksenel kuvvetin %40, %60 ve %80'lik geri çekme oranlarına ilişkin en büyük değerleri sırasıyla Şekil 52'de kat planında gösterilmektedir.



a) 4 katlı bina modeli



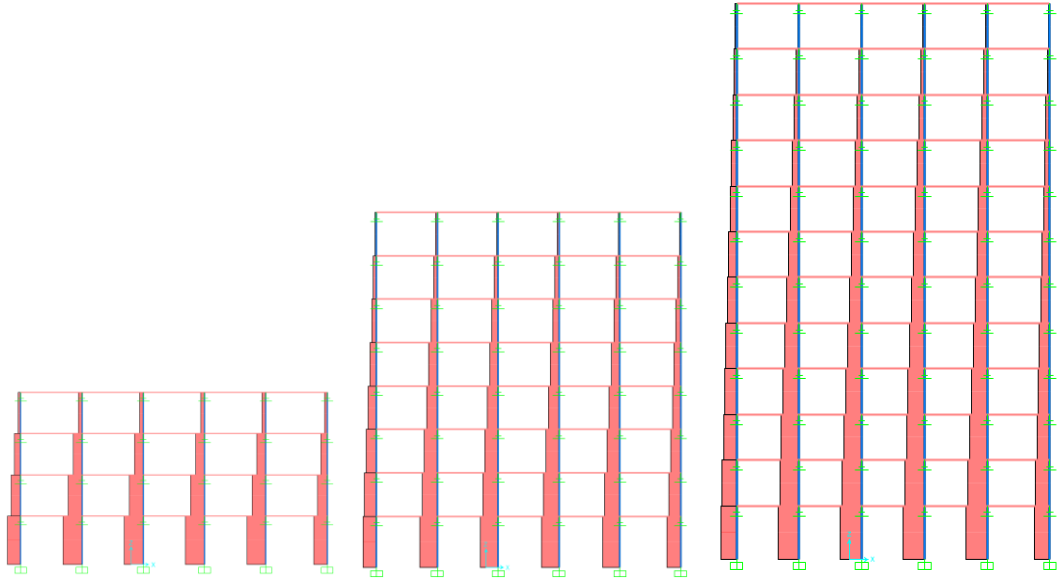
b) 8 katlı bina modeli



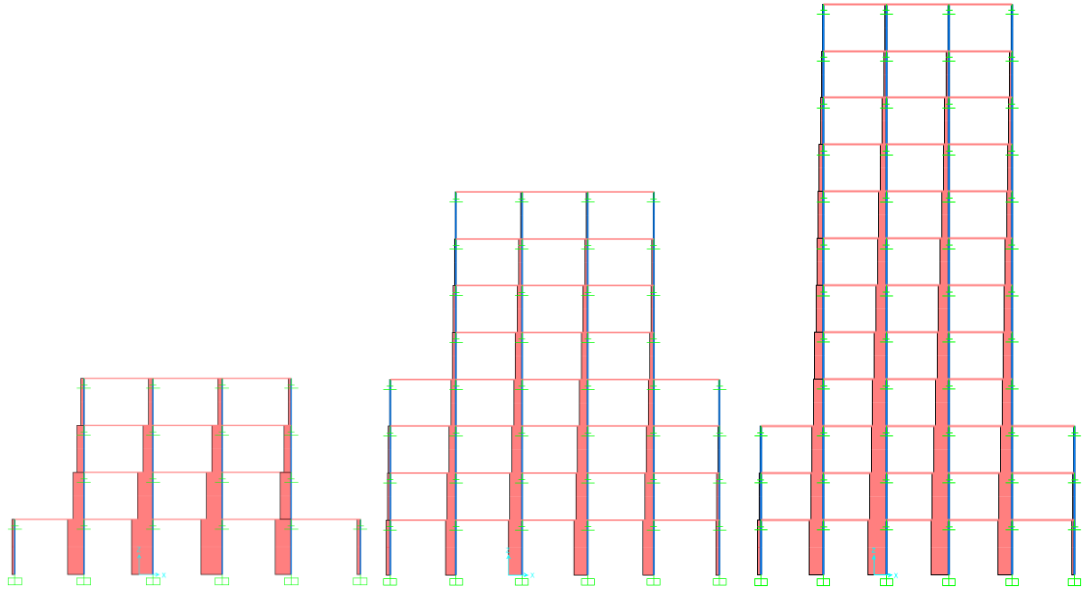
c) 12 katlı bina modeli

Şekil 52 a-b-c) Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen en büyük eksenel kuvvet değerleri

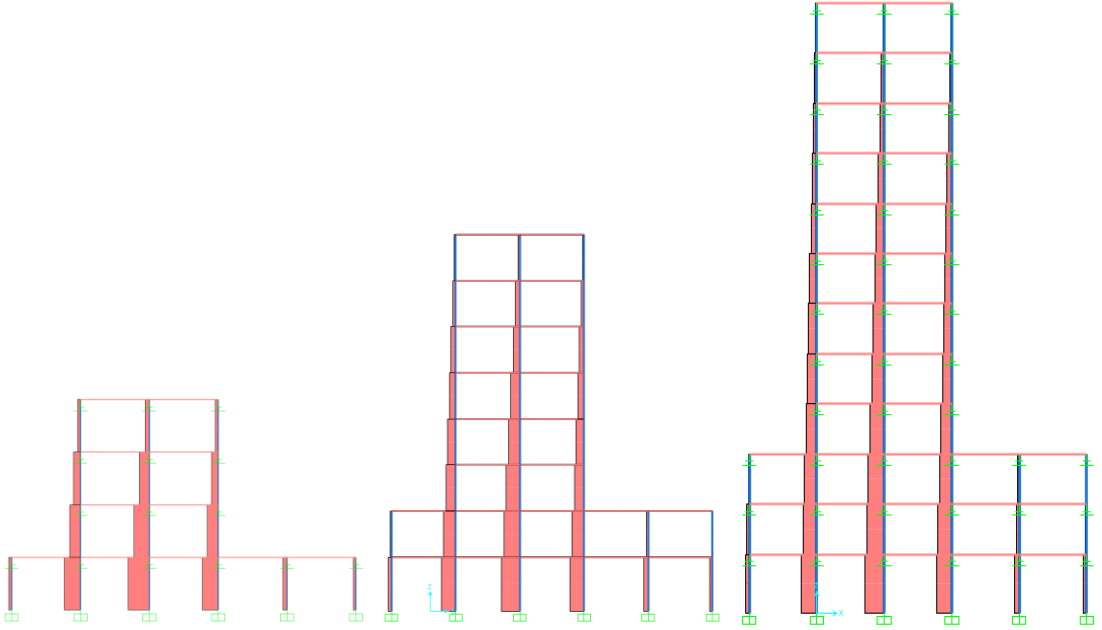
4KAT001, 8KAT001, ve 12KAT001 kodlar çekme düzensizliği bulunmayan (düzenli) bina referans modele ait sonuçları göstermektedir. Diğer modeller, geri çekilme düzensizlikleri olan binaların kat seviyesinde planda yapılan geri çekilme yüzdesini göstermektedir. Elde edilen sonuçtan elde edilen grafikler, zemin ve zemin üzerinde elde edilen aksenal kuvvetin değeri artmış olmasına rağmen, referans modelden daha küçük olan belirli bir katın altındaki katlardaki aksenal kuvvetlerin değerlerini elde etmiştir. Bu artışın miktarı para çekme yüzdesiyle orantılıdır. Sonuç olarak, alt katlarda yapılan geri çekmelerin aksenal kuvvetler açısından üst katlara göre daha etkili olduğu, ancak geri çekilme yüzdesinde bir artışla aksenal kuvvetlerde önemli bir artış olduğu kaydedilmiştir. SAP2000i kullanarak ölü ve hareketli yüklerden dolayı her bina için aksenal kuvveti diyagramı çizilmiştir. Şekil 53, 54, 55, 56'da bu diyagramlar gösterilmektedir.



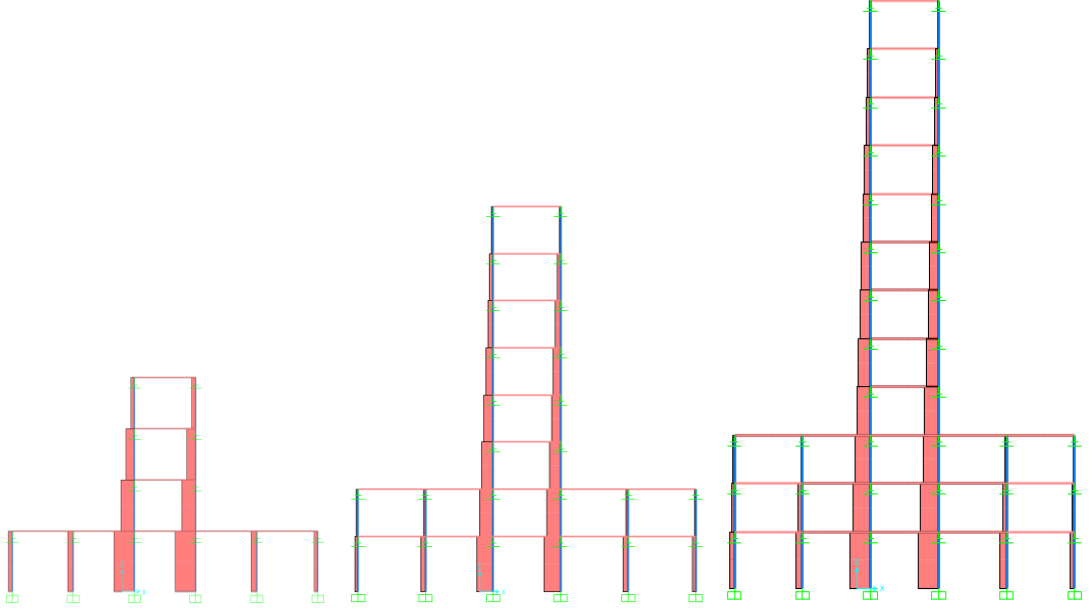
Şekil 53 Düzenli binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen aksenal kuvvet



Şekil 54 40% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen aksenal kuvvet

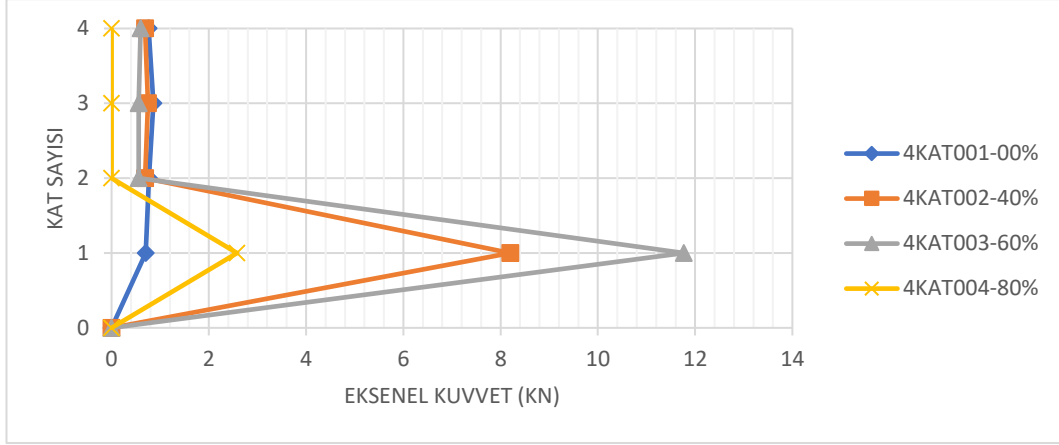


Şekil 55 60% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen aksenal kuvvet

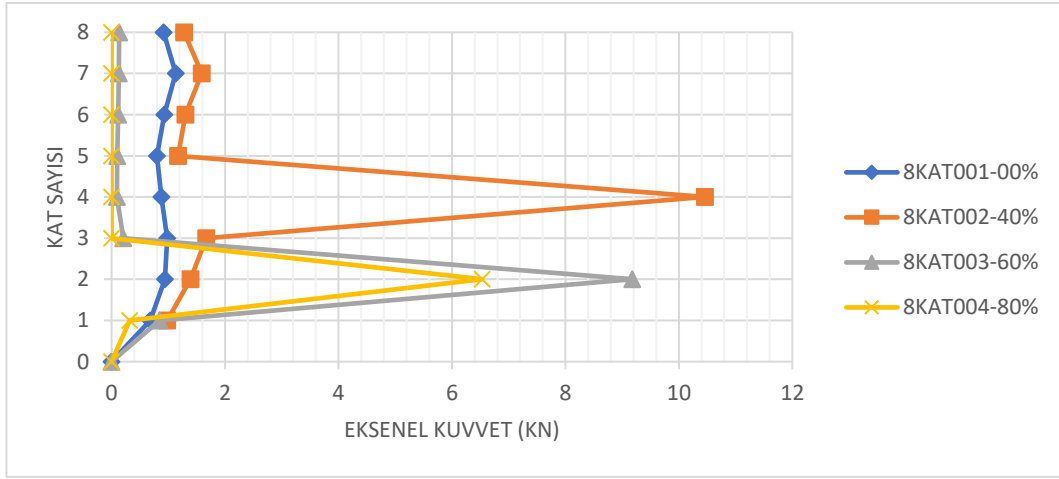


Şekil 56 80% çekme oranlı binalar için Kat kolonlarında ölü ve hareketli yüklerden elde edilen aksel kuvvet

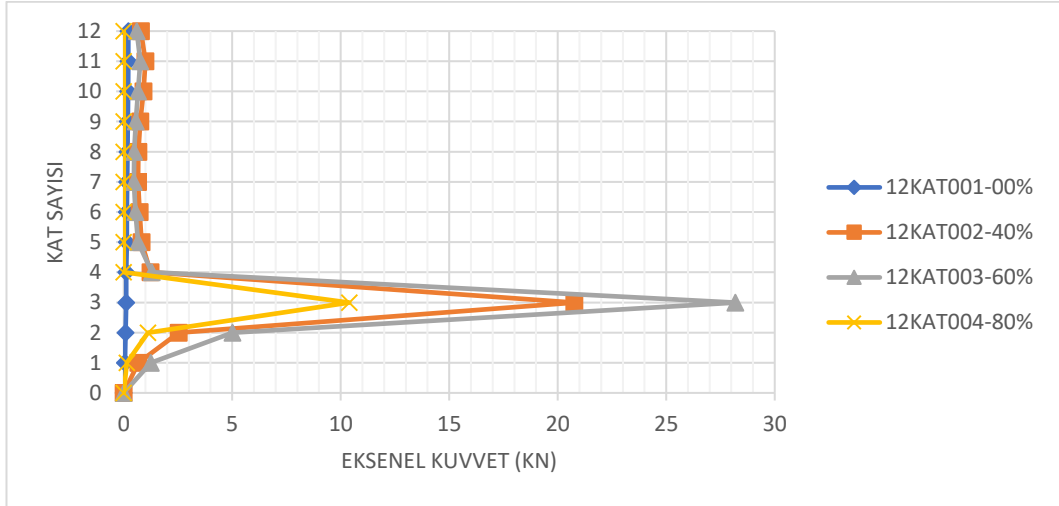
Yapılan analizler sonucunda deprem sırasındaki yüklerden elde edilen aksel kuvvetin %40, %60 ve %80 geri çekilme oranlarındaki zemin kirişlerindeki en büyük değerleri sırasıyla şekil 57'de kat planında gösterilmektedir. Deprem yükler, yatay yükler olarak binalara etkilemektedir. Bu yüzden binalarda taşıyıcı sistem elemanı kirişlerde aksel kuvvet oluşmaktadır. Şekil 57'de deprem sırasında her kat için kirişler nasıl etkilendiğini göstermektedir. 4kat001, 8kat001 ve 12kat001 kod olan düzenli binalar deprem sırasında kirişlerde aksel kuvvet her katta düzenli şekilde oluşmuştur. Düzenli binaların kat sayısı arttıkça, katlarda kirişlerin üst katlara gittikçe aksel kuvveti değerleri artmaktadır. Yalnız geri çekmeli binalarda çekme olduğu yerde (katta) aksel kuvvette ani değişim oluşmaktadır. Şekil 57'de kat sayısı arttıkça kirişlerde aksel kuvvet için grafikler gösterilmektedir.



a) 4 katlı bina modeli



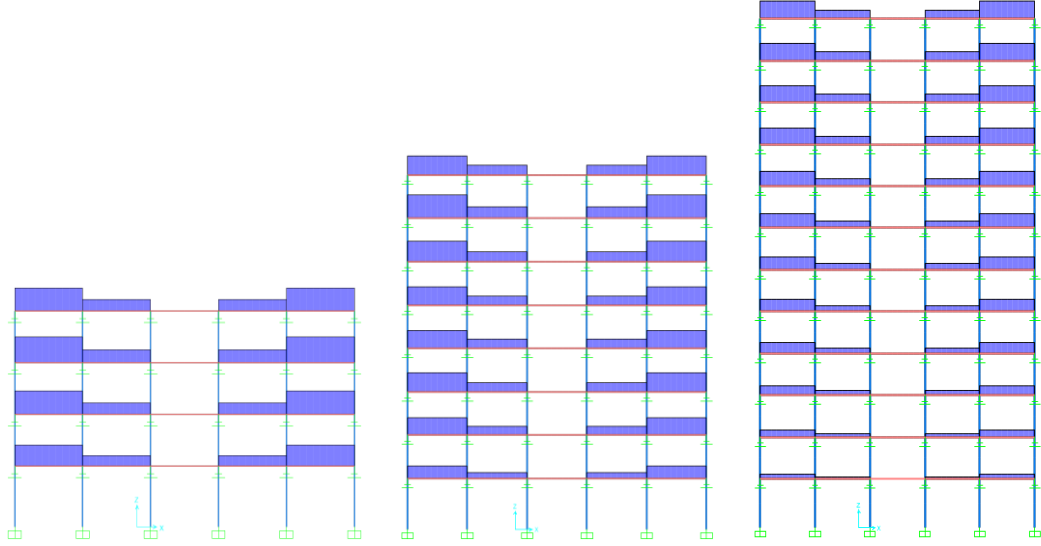
b) 8 katlı bina modeli



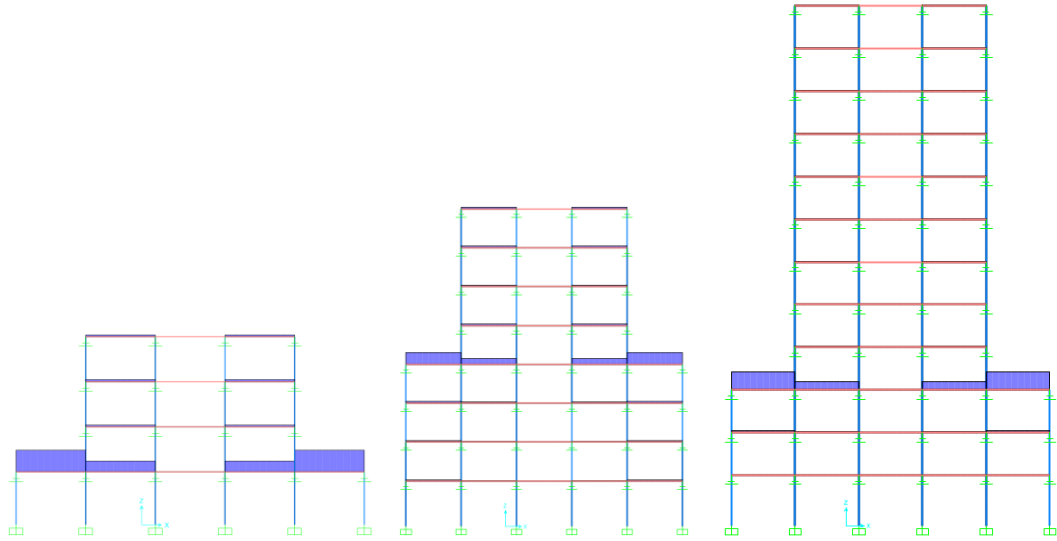
c) 12 katlı bina modeli

Şekil 57 a-b-c) bina Katlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kirişlerde en büyük eksenel kuvvet değerleri

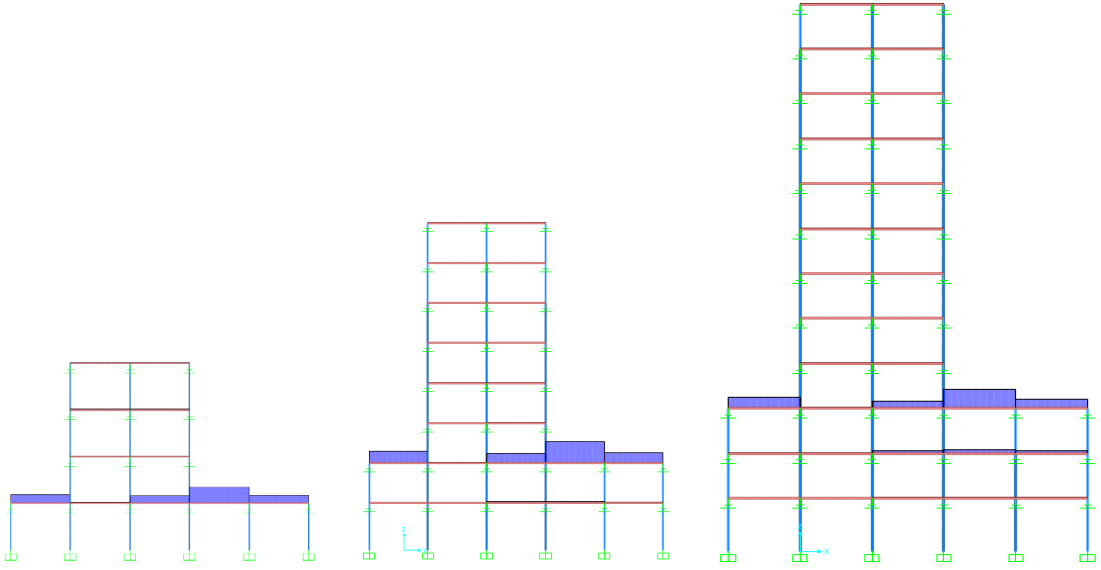
Düzenli ve çekmeli binalar için SAP2000i kullanarak deprem sırasında her kat için aksel kuvveti diyagramı çizilmiştir. Düzenli binaların kat sayısı arttıkça, katlarda kirişlerin üst katlara gittikçe aksel kuvveti değerleri artmaktadır. Yalnız geri çekmeli binalarda çekme olduğu yerde (katta) aksel kuvvette anı değişim oluşmaktadır. Şekil 58, 59, 60, 61’de bu diyagramlar gösterilmektedir.



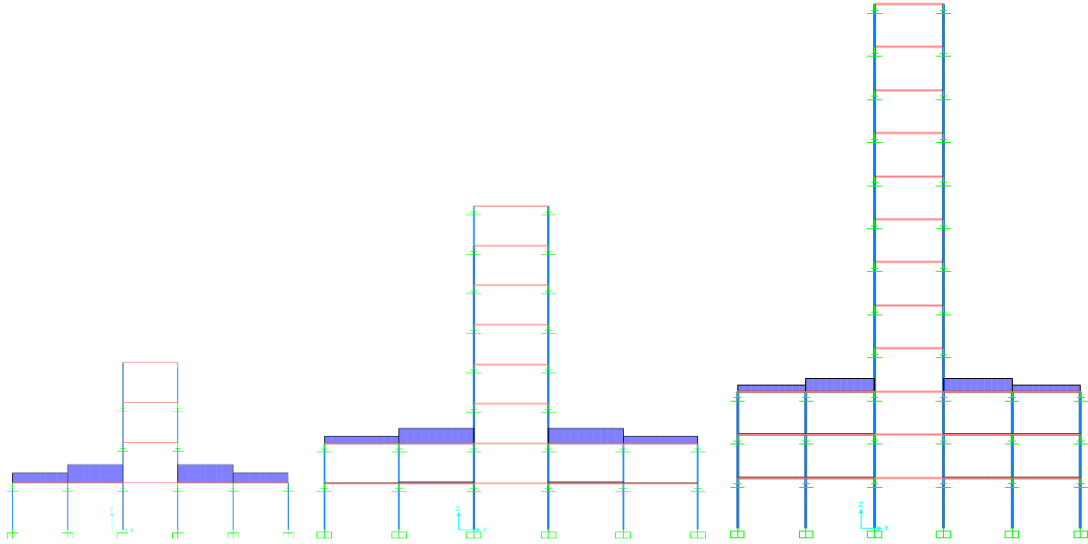
Şekil 58 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksel kuvveti



Şekil 59 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksel kuvveti



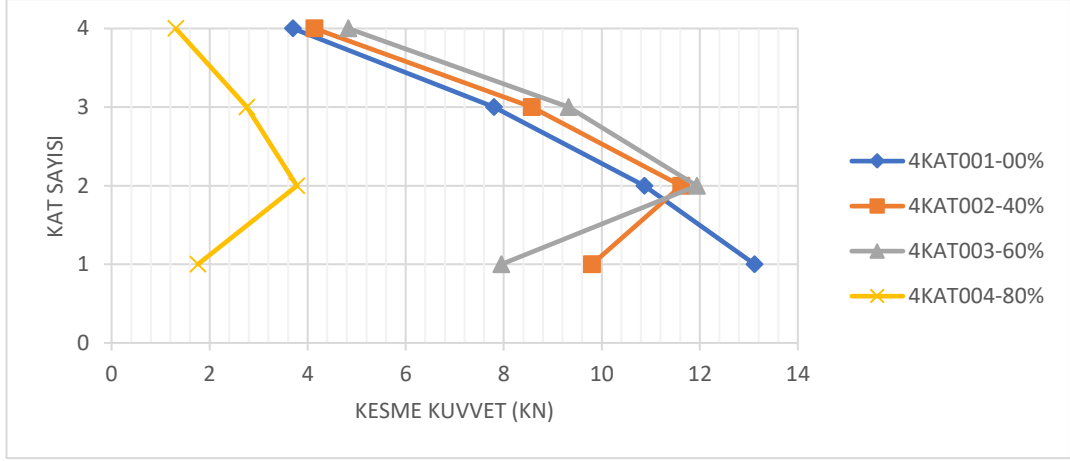
Şekil 60 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksel kuvveti



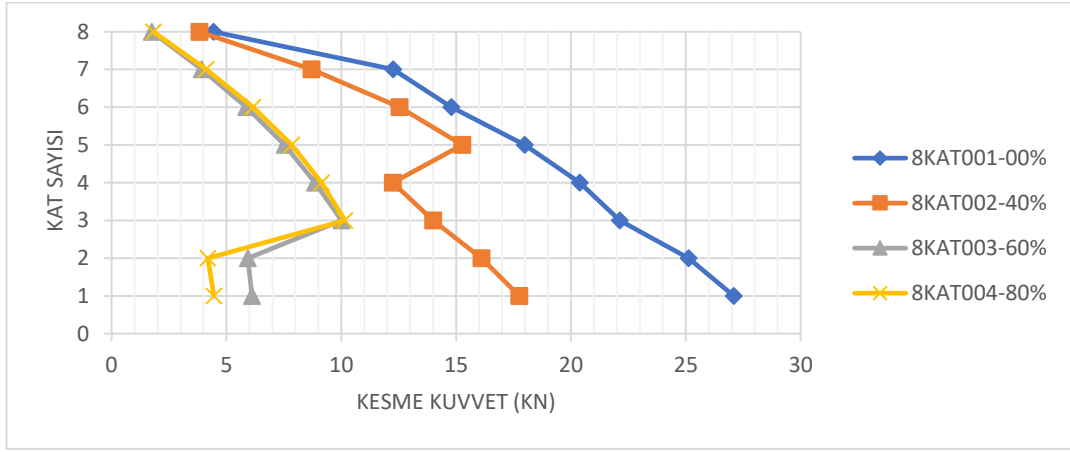
Şekil 61 80% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan aksel kuvveti

b) Kesme Kuvveti Değerleri

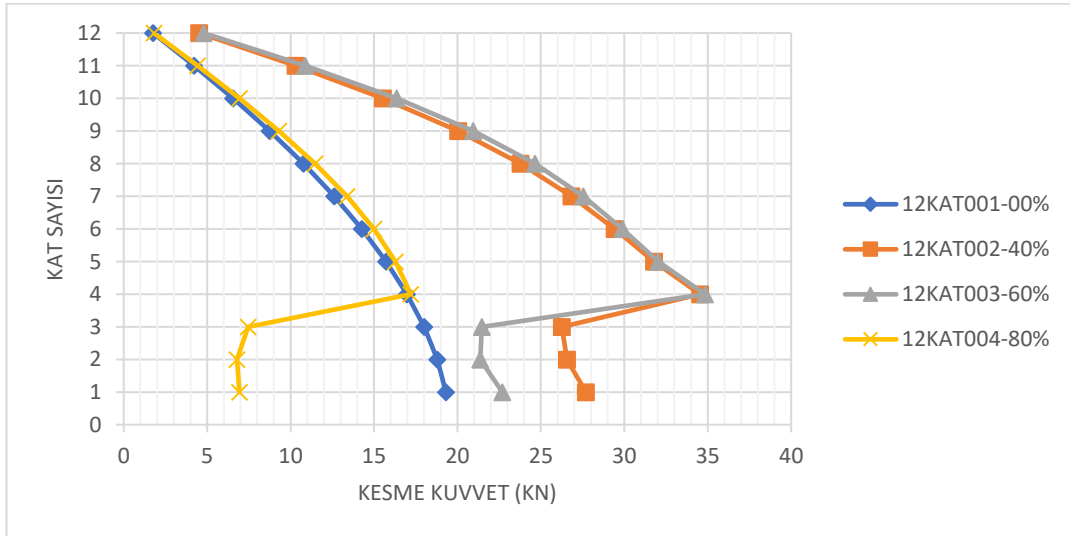
Çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinde çekme nedeniyle kesme kuvvetinde ani artışlar olmakta ve kule kısmında referans bina modeline göre daha büyük kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Çekmenin kat orta seviyesinin üzerinde yapıldığı modellerde kat sayısı arttıkça, referans bina modeline göre taban kısmında daha büyük kesme kuvvetleri meydana gelmektedir. Şekil 62'de kat sayısı arttıkça deprem sırasında kolonlarda kesme kuvvet için grafiklerini göstermektedir.



a) 4 katlı bina modeli



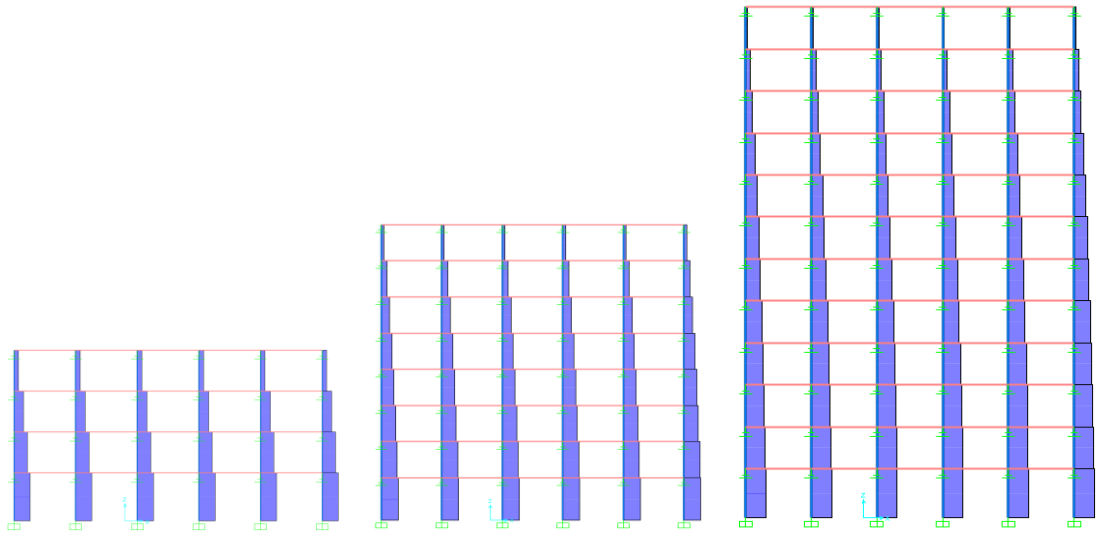
b) 8 katlı bina modeli



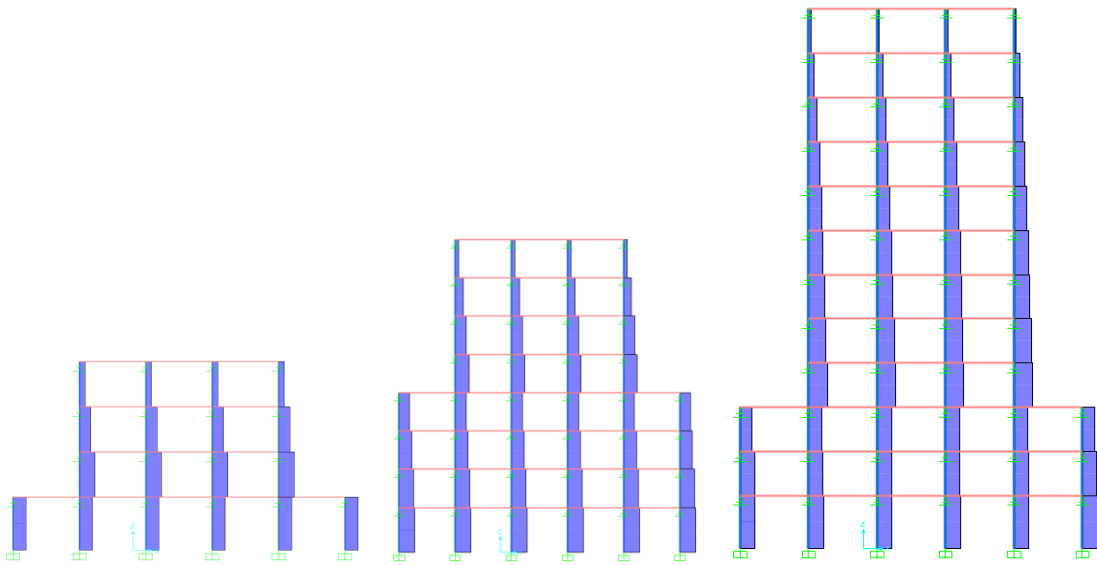
c) 12 katlı bina modeli

Şekil 62 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda en büyük kesme kuvvet değerleri

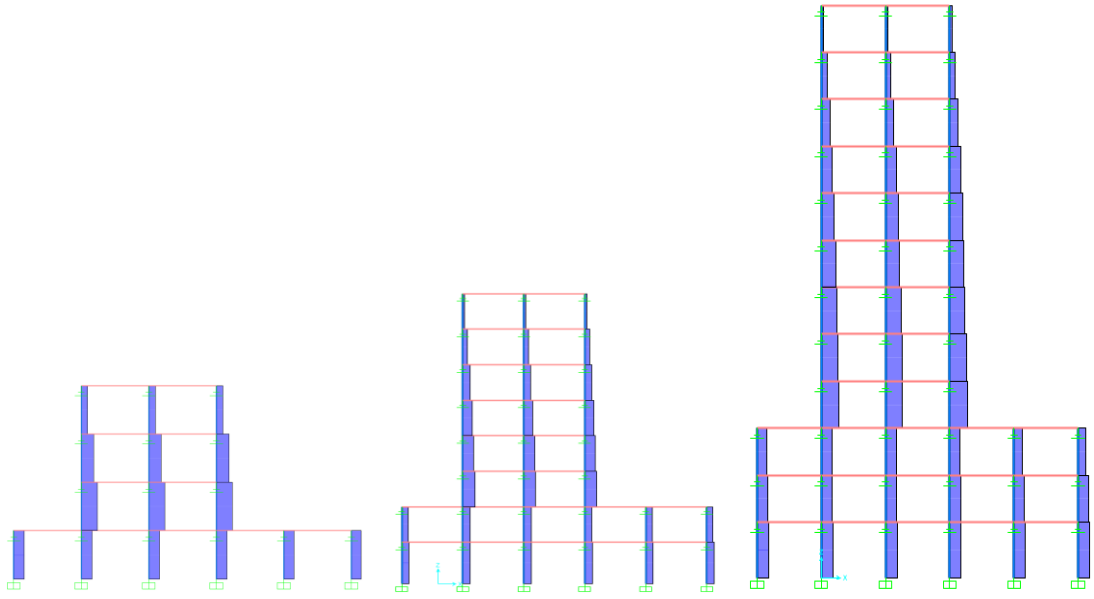
Referans model için (düzenli bina), üst katlara doğru giderken kolonun kesme kuvvetlerinde bir azalma olduğunu gözlenmiştir. Yalnız çekme düzensizliği bulunan binalarda bu azalma çekme kat seviyesine kadar devam etmekte, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinde ise ani artışlar gözlenmektedir. Çekme düzensizliği bulunan binaların taban kısmında referans (düzenli) bina modeline göre daha düşük, kule kısmında ise daha büyük kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir. Çekme düzensizliği bulunan binalarda kolonlarda oluşan kesme kuvvet değişimi için SAP2000'i kullanarak diyagramı çizilmiştir. Şekil 63, 64, 65, 66'da bu diyagramlar gösterilmektedir.



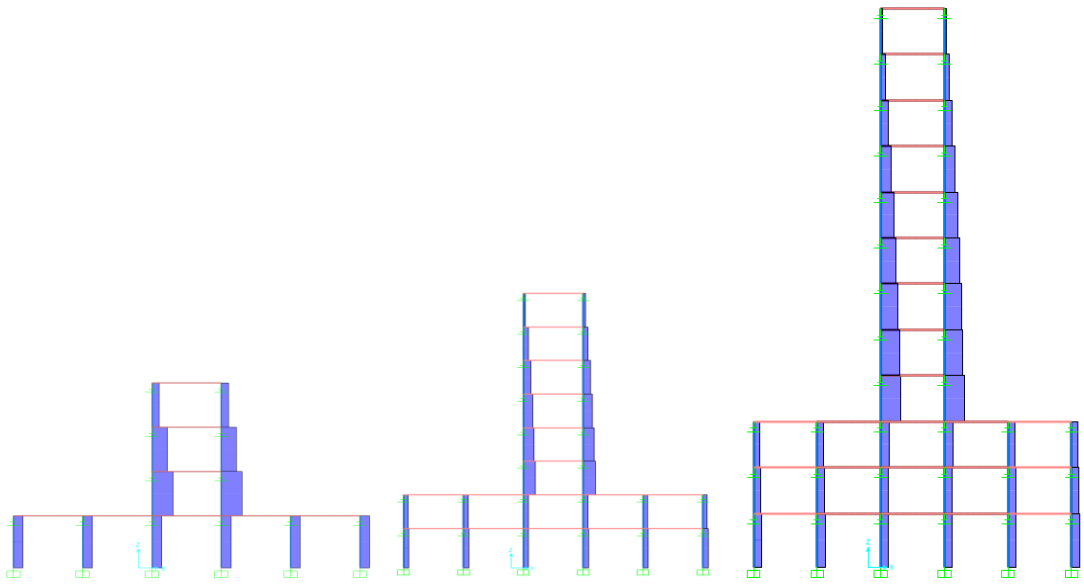
Şekil 63 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti



Şekil 64 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti



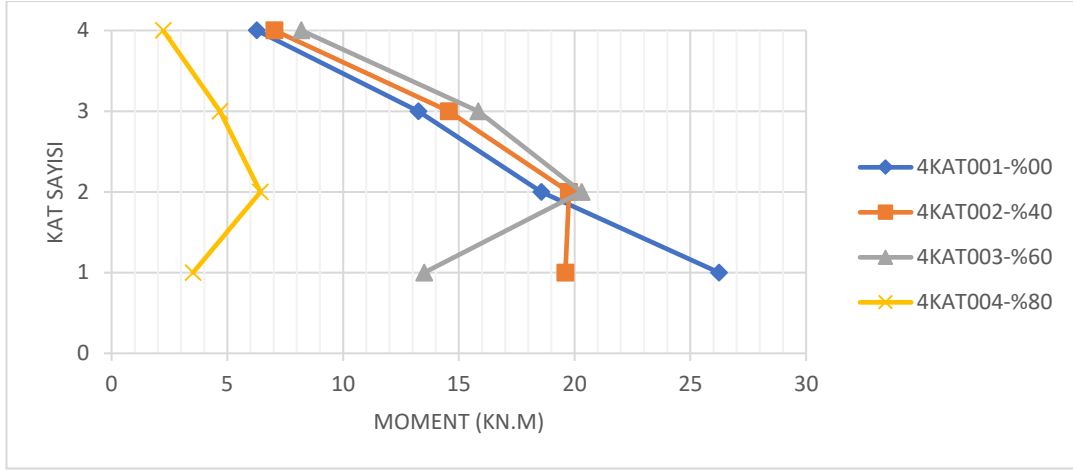
Şekil 65 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti



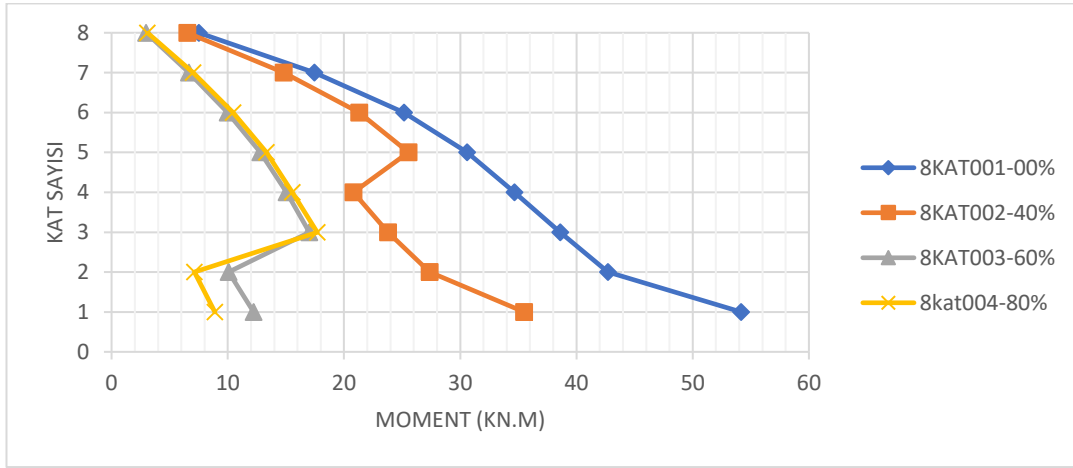
Şekil 66 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan kesme kuvveti

c) Eğilme Momenti Değerleri

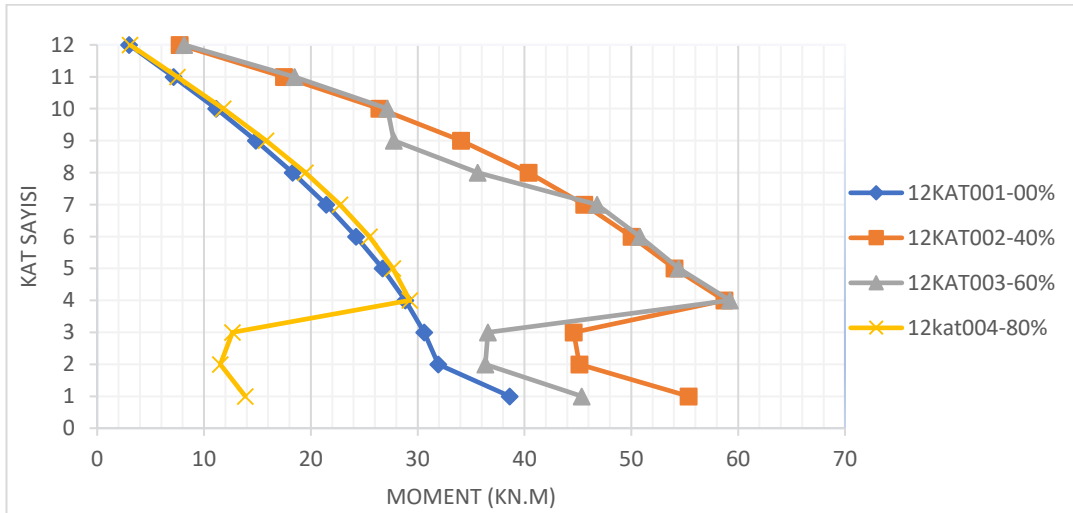
Analizler sonucunda, (düzenli bina) referans yapı modelinde elde edilen kolonun en büyük eğilme momentinin ve çekme düzensizlikleri olan binaların değerleri Şekil 67'de verilmiştir.



a) 4 katlı bina modeli



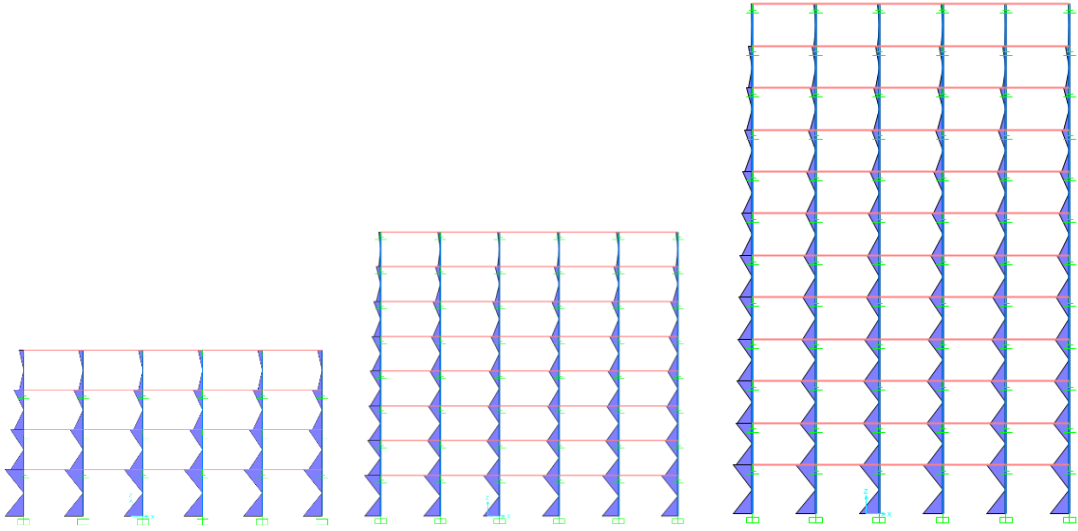
b) 8 katlı bina modeli



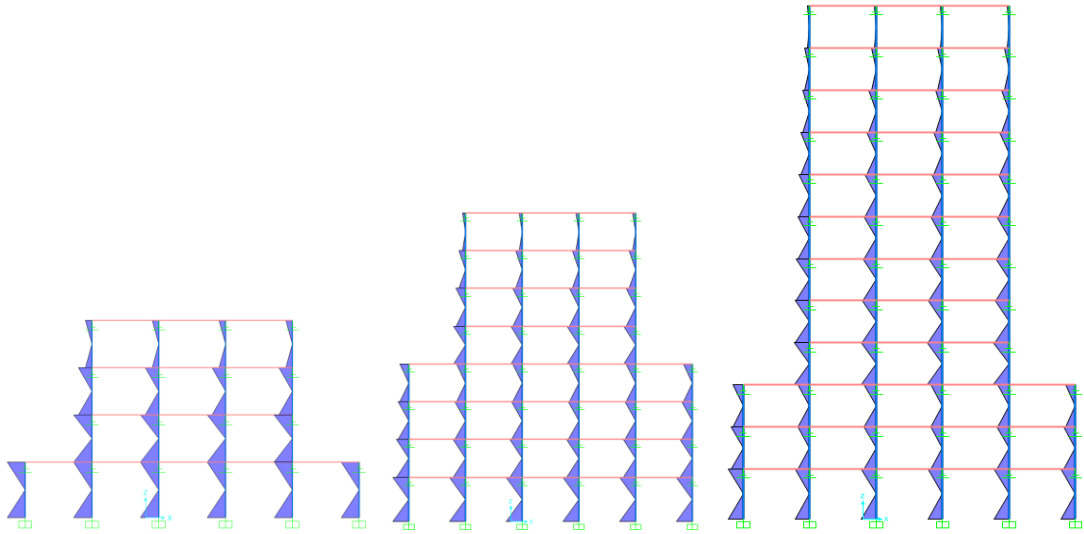
c) 12 katlı bina modeli

Şekil 67 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda en büyük moment değerleri

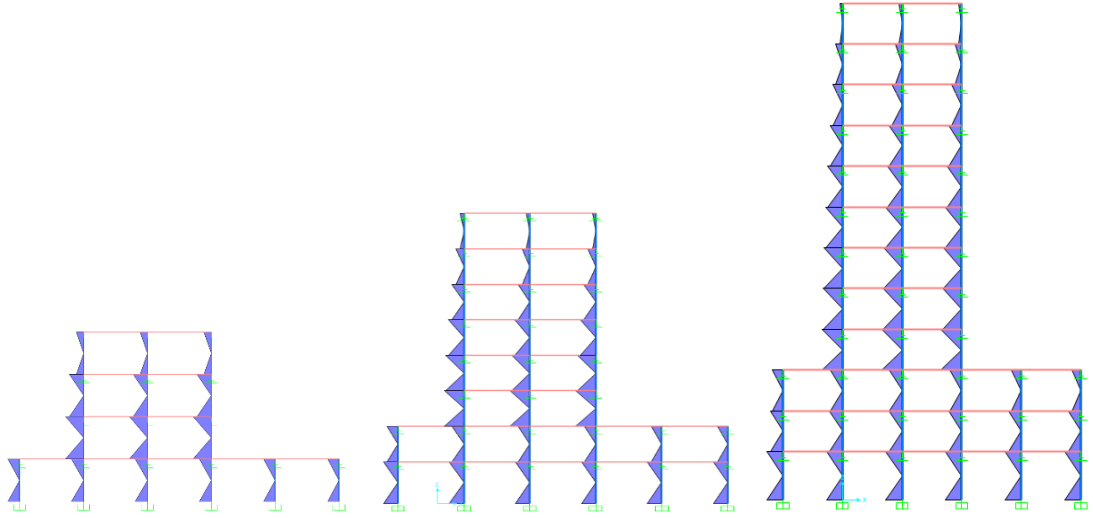
Çekme düzensizliği bulunan binalarda kolonlarda oluşan moment değişimi için SAP2000'i kullanarak diyagramı çizilmiştir. Çekme bulunmayan (düzenli) binalarda kolonlarda oluşan değerleri üst katlara doğru giderek azalmaktadır. Yalnız çekme düzensizliği bulunan binalarda düzenli binalara göre taban kısmında daha küçük değerlerle karşılaşılmaktadır. Ancak kule kısmında bu değerler düzenli binalara göre daha büyük olduğunu gözlenmektedir. Bu çekme etkisinden dolayı çekme kat seviyesinde ani artışlar meydana gelmektedir. Bu ani artışlar çekme oranının artmasıyla ve çekmenin özellikle orta kat seviyesinde oluşturulması durumunda daha belirgin hale gelmektedir. Çekme düzensizliği bulunan binalarda kolonlarda oluşan kesme kuvvet değişimi için SAP2000'i kullanarak diyagramı çizilmiştir. Şekil 68, 69, 70, 71'de bu diyagramlar gösterilmektedir.



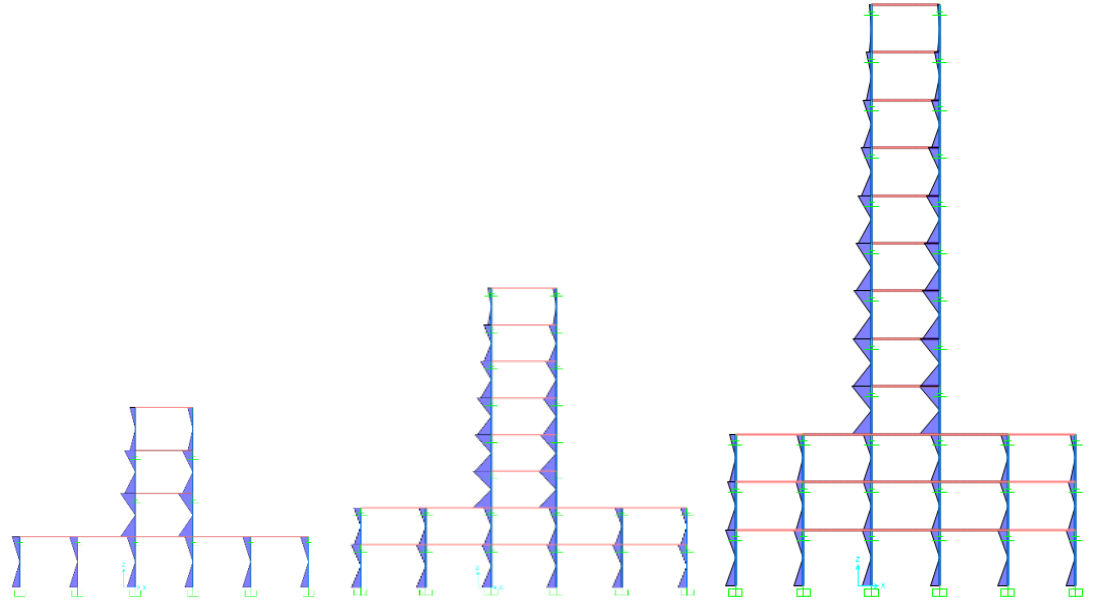
Şekil 68 Düzenli binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment



Şekil 69 40% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment



Şekil 70 60% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment

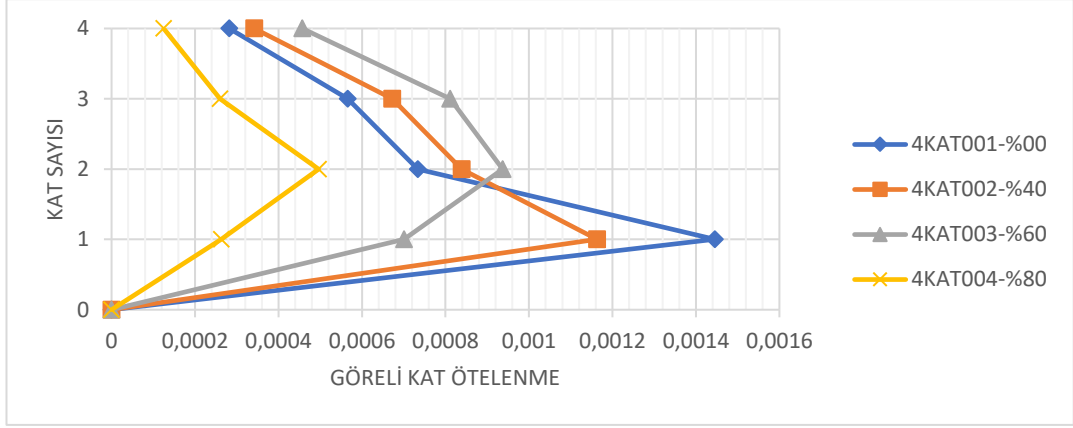


Şekil 71 80% çekme oranlı binalar için deprem sırasında kirişlerde oluşan moment

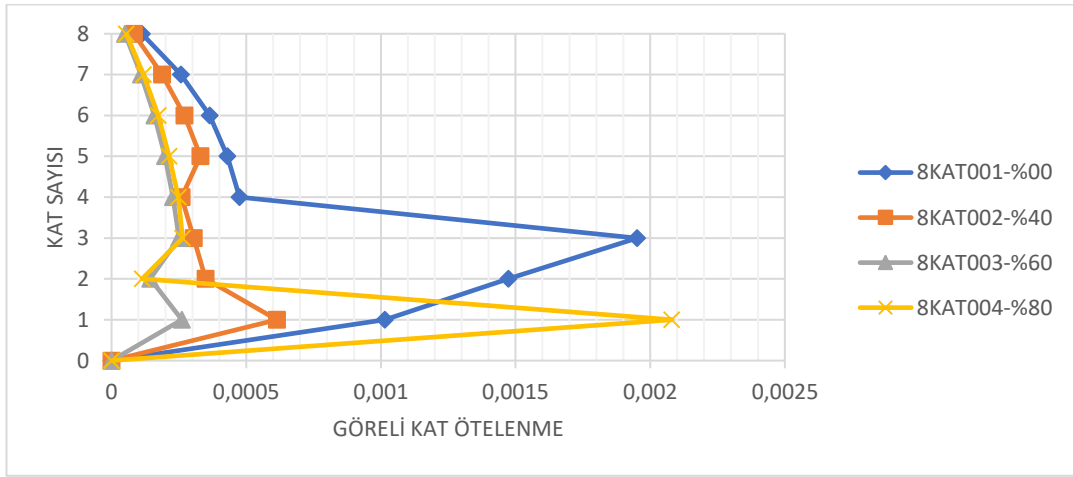
Çekme düzensizliği bulunan binalarda oranının moment değişimi üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu gözlenmiştir. Özellikle, kat sayısı arttıkça çekmenin orta kat seviyesinde oluşturulduğu modeller üzerinde moment artışı belirgin bir hal almaktadır.

d) Etkin Görelî Kat Ötelemeleri Oranı Değerleri

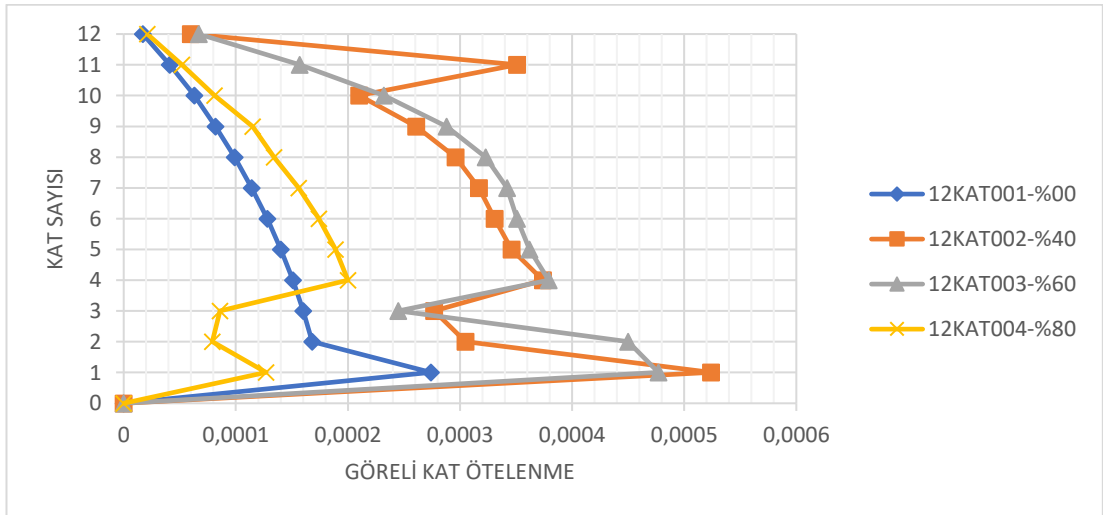
Analiz sonucunda, çekme düzensizliği olmayan binalarda (referans model) ve çekiş düzensizliği olan binalarda farklı katlarda yapılan geri çekmeler sonucunda elde edilen en büyük görelî kat ötelenme oranı değerleri Şekil 72'de verilmiştir.



a) 4 katlı bina modeli



b) 8 katlı bina modeli



c) 12 katlı bina modeli

Şekil 72 a-b-c) kolonlarında deprem sırasında yüklerden elde edilen kolonlarda görelî kat ötelenme değerleri

%40 çekme oranı ile elde edilen değerlerin (referans model) düzenli yapı ile yakınlık gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, geri çekilme%60'a yükseldiğinde, geri çekilen katlardaki görelî kat ötelenme oranlarının bir önceki duruma göre arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, en belirgin fark%80'in geri çekilmesinde görülmektedir. Sıradan bir bina (referans model) ile karşılaştırıldığında, birinci katın geri çekilmesine bağılı nispi kat yer değıştirme oranlarının önemli ölçüde azaldığı kaydedilmiştir. Ancak bu oran, çekilişin yapıldığı destelerde önemli bir artış göstermiştir. Planda, alt katlarda yüksek oranda yapılan çekmelerde zeminin ilgili kat ve bir üst kattaki görelî kat ötelenme oranlarında önemli bir artış olduğu kaydedildi.

Şekil 70'te gösterilen grafiklerde, çekme düzensizliği olan bina modellerinde, düzenli bina (referans bina) modeline göre daha düşük görelî kat ötelenmeleriyle karşılaşılrken, çekmenin yapıldığı kule kısmında daha büyük görelî kat ötelenmeleriyle karşılaşılmaktadır. Bu duruma bağılı olarak çekme meydana geldiğı kat seviyesine yakın yerlerde ani bir artış olduğunu gözlenmiştir. Ayrıca bu ani artış oranları, alt katlara doğru oluşturulması ortaya çıktığı duruma paralel olarak artmaktadır. Alt katlarda çekme meydana gelirse ani artış oranı en yüksek olmasına rağmen, orta kat seviyesinde çekme oluşturulması halinde kule kısmında daha büyük görelî kat ötelemeleri meydana geldiğini gözlenmiştir.

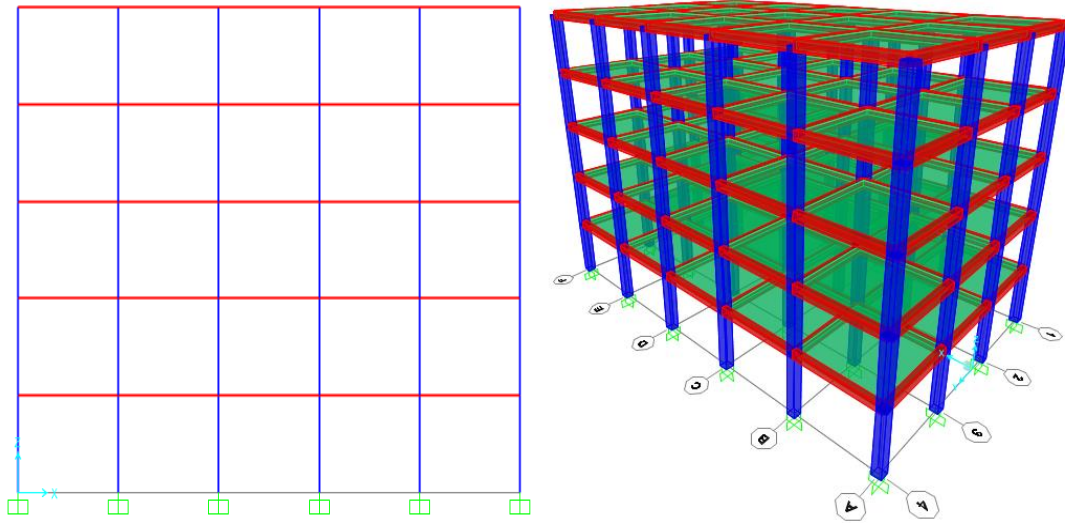
B. Burulma Düzensizliği için Sayısal Çalışması

Bu çalışmada, binanın katlarında oluşturulan burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. A1 turu burulma düzensizliği incelemek için 5 katlı düzenli (dikdörtgen) bir bina modeli farz edilmiştir. İse Çizelge 13'de binanın genel ayrıntılarını göstermektedir. Yapıların modellenmesi, sistem geometrisinin oluşturulmasıyla başladı ve daha sonra malzeme bilgisi, kolonların ve kirişlerin kesitlerinin belirlenmesiyle devam etti. Seçilen kolon ve Kirişlerin enine bilgileri planda belirtilen yerlerde sisteme aktarılmıştır. Zeminler iki eleman olarak tanımlanır ve tüm zeminler sisteme eklenir ve zeminlerin davranışında bulunabilecek kirişlere bağlanır. Kat döşemelerin yatay sismik yükler altında düzlemlerinde rijit cisim hareketi gerçekleştirdiğini varsayarsak, döşeme her kat için rijit bir diyafram olarak tanımlanır. Bu nedenle, döşemenin düzleminde iki yönde hareket ettiği ve düzlemine dik bir eksen döndürdüğü varsayılmaktadır.

Yapını genel verileri çizelge 13'de gösterilmiştir.

Kat yüksekliği	3,5 m
Döşeme kalınlığı	0,25 m
Yerel zemin sınıfı	ZC
Malzeme sınıfı	C25/30 - S420
Kolon boyutları	0,50m × 0,50m
Kiriş boyutları	0,30m × 0,45m
Hareketli yükler (Normal katlar)	6 kN/m ²
Hareketli yükler (Son kat)	3,7 kN/m ²
Ölü yükü (Normal katlar)	5,5 KN/m ²
Ölü yükü (Son katlar)	4 KN/m ²

Çizelge 13 Binanın genel ayrıntılarını



Şekil 73 binanın kat planı ve üç boyutlu modellemesi görünümü

Bir binanın herhangi bir kattaki maksimum göreceli ötelenmesinin, o katta aynı yöndeki ortalama göreceli ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} , birbirine dik iki deprem yönünün her biri için 1,2'den büyükse bu katta burulma düzensizliği var demektir.

Bu binanın çekme oranının sıfır ve %25 çekme kat seviye oranına sahip modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi sunulmaktadır. Bu sistem üzerinde çekme düzensizliği bulunmasına rağmen, çekmenin simetrik olarak oluşturulması nedeniyle η_{bi} değeri 1,2 değerinden küçük olup sistem üzerinde her iki doğrultuda burulma düzensizliği oluşmamaktadır.

DEPREM YÖNÜ-X	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
EX	0,000874	0,000873	0,0008735	1,00057241
EXP	0,000874	0,000873	0,0008735	1,00057241
EXN	0,000874	0,000873	0,0008735	1,00057241
EY	0,000002741	4,157E-07	1,57835E-06	1,73662369
EYP	0,000002741	4,157E-07	1,57835E-06	1,73662369
EYN	0,000874	0,000873	0,0008735	1,00057241
DEPREM YÖNÜ-Y				
EX	0,000875	0,000873	0,000874	1,00114416
EXP	0,000875	0,000873	0,000874	1,00114416
EXN	0,000875	0,000873	0,000874	1,00114416
EY	0,000001035	3,003E-07	6,6765E-07	1,55021344
EYP	1,035E-06	3,003E-07	6,6765E-07	1,55021344
EYN	0,000875	0,000873	0,000874	1,00114416

Çizelge 14 1.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları

Çizelge 14'te bina modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi verilmektedir. Model üzerinde çekme Y doğrultusunda yapılmış olup, doğrultusunda çekme bulunmamaktadır. Bu nedenle bu model üzerinde X yönünde burulma düzensizliği oluşmazken, Y doğrultusunda birinci katta η_{bi} değeri 1,2 değerinden büyük olup burulma düzensizliği oluşmaktadır.

DEPREM YÖNÜ-X	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
EX	0,001146	0,001145	0,0011455	1,00043649
EXP	0,001146	0,001145	0,0011455	1,00043649
EXN	0,001146	0,001145	0,0011455	1,00043649
EY	0,000001961	6,177E-08	1,01139E-06	1,93892534
EYP	0,000001961	6,177E-08	1,01139E-06	1,93892534
EYN	0,001146	0,001145	0,0011455	1,00043649
DEPREM YÖNÜ-Y				
EX	0,001146	0,001144	0,001145	1,00087336
EXP	0,001146	0,001145	0,0011455	1,00043649
EXN	0,001146	0,001144	0,001145	1,00087336
EY	0,000001154	3,089E-07	7,3145E-07	1,57768815
EYP	0,000001154	3,089E-07	7,3145E-07	1,57768815
EYN	0,001146	0,001144	0,001145	1,00087336

Çizelge 15 2.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları

Çizelge 15'te bina modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi verilmektedir. Model üzerinde çekme Y doğrultusunda yapılmış olup, doğrultusunda çekme bulunmamaktadır. Bu nedenle bu model üzerinde X yönünde burulma düzensizliği oluşmazken, Y doğrultusunda ikinci katta η_{bi} değeri 1,2 değerinden büyük olup burulma düzensizliği oluşmaktadır.

DEPREM YÖNÜ-X	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
EX	0,001012	0,001012	0,001012	1
EXP	0,001012	0,001012	0,001012	1
EXN	0,001012	0,001012	0,001012	1
EY	2,301E-07	1,517E-07	1,909E-07	1,20534311
EYP	2,301E-07	1,517E-07	1,909E-07	1,20534311
EYN	0,001012	0,001012	0,001012	1
DEPREM YÖNÜ-Y				
EX	0,001012	0,001011	0,0010115	1,00049432
EXP	0,001012	0,001011	0,0010115	1,00049432
EXN	0,001012	0,001011	0,0010115	1,00049432
EY	2,301E-07	5,67E-08	1,434E-07	1,60460251
EYP	2,301E-07	5,67E-08	1,434E-07	1,60460251
EYN	0,001012	0,001011	0,0010115	1,00049432

Çizelge 16 3.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları

Çizelge 16’te bina modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi verilmektedir. Model üzerinde çekme Y doğrultusunda yapılmış olup, doğrultusunda çekme bulunmamaktadır. Bu nedenle bu model üzerinde X yönünde burulma düzensizliği oluşmazken, Y doğrultusunda üçüncü katta η_{bi} değeri 1,2 değerinden büyük olup burulma düzensizliği oluşmaktadır.

DEPREM YÖNÜ-X	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
EX	0,000766	0,000766	0,000766	1
EXP	0,000766	0,000766	0,000766	1
EXN	0,000766	0,000766	0,000766	1
EY	9,741E-07	2,922E-07	6,3315E-07	1,53849799
EYP	9,741E-07	2,922E-07	6,3315E-07	1,53849799
EYN	0,000766	0,000766	0,000766	1
DEPREM YÖNÜ-Y				
EX	2,922E-07	1,556E-08	1,5388E-07	1,89888225
EXP	0,000767	0,000766	0,0007665	1,00065232
EXN	0,000767	0,000766	0,0007665	1,00065232
EY	0,000767	0,000766	0,0007665	1,00065232
EYP	2,922E-07	1,556E-08	1,5388E-07	1,89888225
EYN	0,000767	0,000766	0,0007665	1,00065232

Çizelge 17 4.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları

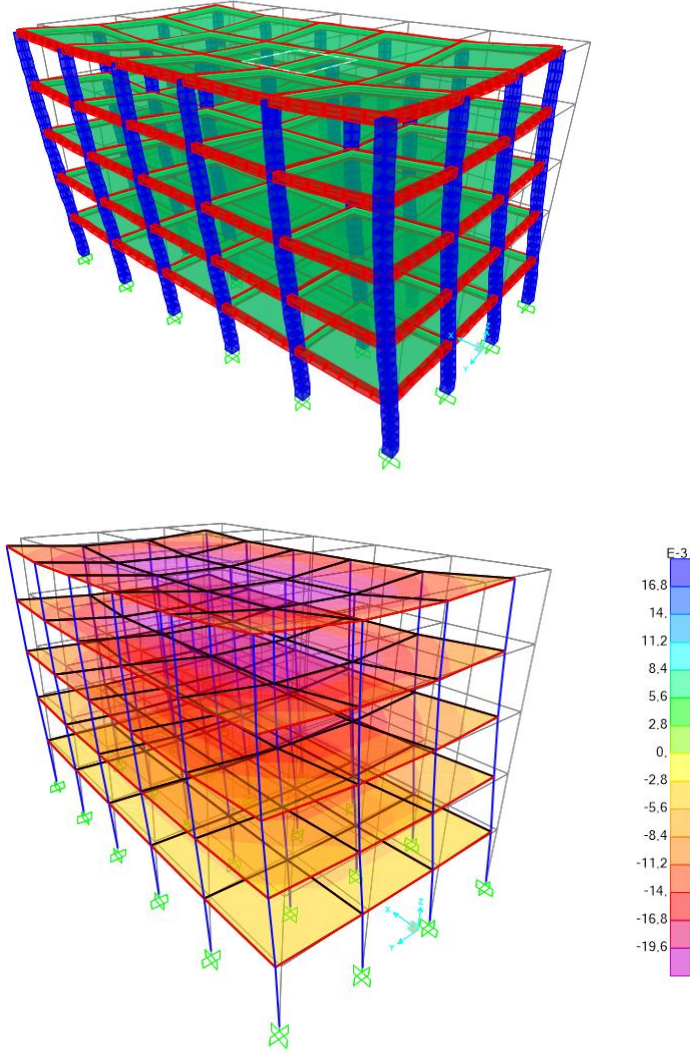
Çizelge 17’de bina modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi verilmektedir. Model üzerinde çekme Y doğrultusunda yapılmış olup, doğrultusunda çekme bulunmaktadır. Bu nedenle bu model üzerinde X yönünde burulma düzensizliği oluşmakta, Y doğrultusunda dördüncü katta η_{bi} değeri 1,2 değerinden büyük olup burulma düzensizliği oluşmaktadır.

DEPREM YÖNÜ-X	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
EX	0,000451	0,000449	0,00045	1,00222222
EXP	0,000451	0,000449	0,00045	1,00222222
EXN	0,000451	0,000449	0,00045	1,00222222
EY	9,741E-07	2,922E-07	6,3315E-07	1,53849799
EYP	9,741E-07	2,922E-07	6,3315E-07	1,53849799
EYN	0,000451	0,000449	0,00045	1,00222222
DEPREM YÖNÜ-Y				
EX	0,000448	0,000443	0,0004455	1,00561167
EXP	0,000448	0,000443	0,0004455	1,00561167
EXN	0,000448	0,000443	0,0004455	1,00561167
EY	2,922E-07	1,556E-08	1,5388E-07	1,89888225
EYP	2,922E-07	1,556E-08	1,5388E-07	1,89888225
EYN	0,000448	0,000443	0,0004455	1,00561167

Çizelge 18 5.kat için düzenli bina modeline ait x-y doğrultularındaki burulma düzensizliği katsayıları

Çizelge 18’de bina modeline ait burulma düzensizliği katsayısının katlara göre değişimi verilmektedir. Model üzerinde çekme Y doğrultusunda yapılmış olup, doğrultusunda çekme bulunmaktadır. Bu nedenle bu model üzerinde X yönünde burulma düzensizliği oluşmakta, Y doğrultusunda beşinci katta η_{bi} değeri 1,2 değerinden büyük olup burulma düzensizliği oluşmaktadır.

Bu çalışmada, farz edilen bina modelinde SAP2000 programı kullanılmıştır. Burulma düzensizliği her katta oluşmaktadır. Burulma düzensizliği incelenirken en büyük η_{bi} değeri ($\eta_{bi} > 1,2$) beşinci katta gözlenmiştir. Bu yüzden beşinci katta en çok burulma düzensizliği oluşmaktadır.



Şekil 74 SAP2000 programında elde edilen deformasyon sonucu

IV. SONUÇ

Bu tez çalışmasında betonarme yapılara deprem yükü, zati yük ve hareketli yükler etkidiği zaman taşıyıcı sistemin davranışı incelenmiştir. Ayrıca betonarme binalar üzerinde deprem durumunda çekme düzensizliğinin etkisi; çekme oranı, çekme kat seviye oranı, kat sayısı ve düşey eksen etrafındaki simetri durumu (simetrik, asimetrik) parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir. Deprem sırasında taşıyıcı sistemin elemanların (kiriş ve kolon) davranışı incelenerek taşıyıcı sistemde meydana gelen aksel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme moment ve görel kat ötelenmesinin mod birleştirme yönetimi ile Sap2000 programın üzerinde değerleri ve diyagramlarını bulunmuştur. Aksel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme moment ve görel kat ötelenmesi

değeri üzerinden karşılaştırmalı olarak grafiklerde sunulmuştur. Ayrıca bu düzensizlik durumunun binaların burulma davranışı üzerindeki etkisi de incelenmiştir.

Dünya deprem yönetmeliklerinde bu yapı tipleri düşey geometrik düzensizlik başlığı altında gruplanmakta ve yapının geometrik boyutlarına göre düzensizlik kriterleri verilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, bu tip yapılarda, çekme etkisinden dolayı çekme kat seviyesindeki kütle ve rijitlikte ani bir azalma nedeniyle bu geçiş bölgesinde gerilme yığılmaları gibi problemlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Geçmiş depremlerde bu tür yapılar çekme etkisinden dolayı ciddi hasar görmüştür.

Analizlerden elde edilen verilerle, çekme düzensizliğinin çekme düzensizliği (düzenli) referans modeli olarak ve çekme düzensizliği bulunan farkı modelleri varsayım edilmiştir. Binalarda kat kolonlarında oluşan en büyük eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri ile zemin seviyelerinde meydana gelen görelî kat ötelenme oranları belirlenmiş ve sonuçları referans modeli (düzenli bina) ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; Binaların dinamik özelliklerine etkisi aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Alt katlarda oluşturulan çekmelerin eksenel kuvvetler açısından üst katlara göre daha etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, plandaki çekme oranı yüzdesinde bir artışla, iç katlarda eksenel kuvvetlerde önemli bir artış gözlenmiştir.
- 2) Referans model için (düzenli bina), üst katlara doğru giderken kolonun kesme kuvvetlerinde bir azalma olduğunu gözlenmiştir. Yalnız çekme düzensizliği bulunan binalarda bu azalma çekme kat seviyesine kadar devam etmekte, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinde ise ani artışlar gözlenmektedir. Çekme düzensizliği bulunan binaların taban kısmında referans (düzenli) bina modeline göre daha düşük, kule kısmında ise daha büyük kesme kuvveti oluştuğu görülmektedir.
- 3) Plandaki çekme oranı yüzdesindeki artışla birlikte referans modele göre eğilme momenti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Alt katların çekilmesi sonucu göreceli olarak anlık bir artış görülürken, üst katların değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Çekme bulunmayan (düzenli) binalarda kolonlarda oluşan değerleri

üst katlara doğru giderek azalmaktadır. Yalnız çekme düzensizliği bulunan binalarda düzenli binalara göre taban kısmında daha küçük değerlerle karşılaşılmaktadır. Ancak kule kısmında bu değerler düzenli binalara göre daha büyük olduğunu gözlenmektedir. Bu çekme etkisinden dolayı çekme kat seviyesinde ani artışlar meydana gelmektedir. Bu ani artışlar çekme oranının artmasıyla ve çekmenin özellikle orta kat seviyesinde oluşturulması durumunda daha belirgin hale gelmektedir.

4) Çekme düzensizliği bulunan betonarme binada, yükseklik boyunca rijitlikteki ani bir değişiklik nedeniyle çekme kat seviyesinde görelî kat ötelenmeleri değerlerinde değerinde ani bir artış meydana gelmektedir. Özellikle çekme oranındaki artmasıyla, referans (düzenli) yapı modeline göre, çekmeli yapının çekme altındaki görelî kat ötelenmeleri, taban kısmında azalmakta, kule kısmında ise artmaktadır. Bu yüzden taban ve kule arasındaki geçiş seviyesinde ani artışlar olmaktadır. Planda, alt katlarda yüksek oranda gerçekleştirilen geri çekmeler ilgili katın ve üst katın görelî kat ötelenme oranlarında önemli bir artış olduğu kaydedilmiştir. Alt katlarda çekme meydana gelirse ani artış oranı en yüksek olmasına rağmen, orta kat seviyesinde çekme oluşturulması halinde kule kısmında daha büyük görelî kat ötelenmeleri meydana geldiğini gözlenmiştir.

5) Betonarme binalara uygulanan çekme düzensizliğinde çekme oranının ve çekmenin seviyesinin binaların dinamik özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu duruma paralel olarak yapının geometrik boyutlarına bağlı olarak deprem yönetmeliğinde düzensizlik koşulları verilmiştir. Ancak bu çalışmanın önemli bulgularından biri, bina modellerinin boyutları simetrik (düzenli bina) olmasına rağmen incelenen binaların deprem davranışını önemli ölçüde etkilediğini gözlenmiştir. Düzenli modelin burulma düzensizliği katsayıları test edildiğinde bu fark açıkça görülmektedir. Burulma düzensizliği her katta oluştuğunu gözlenmiştir. Burulma düzensizliği incelenirken en büyük η_{bi} değeri ($\eta_{bi} > 1,2$) beşinci katta gözlenmiştir. Bu yüzden beşinci katta en çok burulma düzensizliği oluşmaktadır. Betonarme perde duvarların yapının kenarlarına yakın inşa edilmesi burulma düzensizliğine olumlu etki yapmaktadır. Ayrıca binanın orta kısmına yakın olan perdeler tercih edilmemelidir. Böyle bir durum varsa, merkezdeki perdeleri merkez ve kenarlardaki perdelerle dengelemek uygundur.

V. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC), (1989). **Evaluating the seismic resistance of existing buildings (ATC-22), Federal Emergency Management Agency, FEMA-178**, Washington, D. C., Applied Technology Council.

ATIMTAY, E. (2000). **Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar)**, Cilt 1, Ankara, Bizim Büro Basımevi. Yayın Dağıttım.

BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL (BSSC), (1988). **Recommended provisions for the development of seismic regulations for new buildings (NEHRP)**, Washington, D. C., Building Seismic Safety Council.

CELEP, Z. KUMBASAR, N. (2004). **Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, İstanbul, Beta Dağıttım.

CHARLES SCAWTHORN, WAI-FAH CHEN, (1992). **IAEE (International Association for Earthquake Engineering) Earthquake Resistant Regulations: A World List-1992, rev. ed.** Prepared by the International Association for Earthquake Engineering, Tokyo, distributed by Gakujutsu.

ÇAĞATAY, İ. H. ve GÜZELDAĞ, S. (2002). **Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP 2000 Uygulamaları**, İstanbul, Birsen Yayınevi.

- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (C.E.N), (2004),
Eurocode8 : **Design of structures for earthquake resistance, part-1:
general rules, seismic actions and rules for buildings**, Brussels, (C.E.N).
- ERSOY, U. (1995). **Betonarme 2 Döşeme ve Temelleri**, İstanbul, Evrim Yayınevi.
- INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDING OFFICIALS (I.C.B.O), (1991).
Uniform Building Code (UBC), Washington, US Government documents
additional_collections.
- KHAFAF, B. MIRGHADERI, R. IMANPOUR, A. and KHESHAVARZ, F. (2008).
“**Behavior of Torsional Effects of Asymmetric Pyramid Shape High
Rise Building in Seismic Zone**”, **Journal of Structural
Engineering(ASCE)**. British, Vancouver.
- RESTON, VIRGINIA, (2013). **Minimum design loads for buildings and other
structures 20191-4400**. American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI
7-10.
- TMMOB. (2007). **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeli**,
İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi, 2. Baskı.

MAKALELER

- ATHANASSIADOU, C. J. (2008). “Seismic performance of R/C plane frames
irregular in elevation”, **Journal of Engineering Structures**, cilt 30, sayı
5, ss.1250-1261.
- BAŞARAN, V. and HİÇYILMAZ, M. (2018), “Geri Çekme Düzensizliğine Sahip
Betonarme Düzlem Çerçevelerin Sismik Analizi”, **El-Cezeri Journal of
Science and Engineering**, cilt 5, sayı 2, ss. 353-360.
- CHEUNG, W. ve TSO, K. (1987). “**Lateral load analysis for buildings with
setback**”, **Journal of Structural Engineering**, cilt 113, sayı 2, ss. 209-
227.

- DEMİR, A. ve DÖNMEZ, D. (2008). “Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler”, **C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, cilt 4, sayı 1, ss.31-36.
- HUMAR, J. L. WRIGHT, W. (1977). “Earthquake response of steel-framed multistory buildings with set-backs”, **The Journal of the International Association for Earthquake Engineering**, cilt 5, sayı 1, ss. 15-39.
- KARAVASILIS, T. L. BAZEOS, N. ve BESKOS, D. E. (2007). “Seismic response of plane steel MRF with setbacks: Estimation of inelastic deformation demands”, **Journal of Constructional Steel Research**, cilt 64, sayı 6, ss. 644–654.
- KÖMÜR, M. ALTAN, M. (2005). “Deprem Hasarı Gören Binaların Hasar Tespitinde Bulanık Mantık Yaklaşımı”, **İstanbul Teknik Üniversite dergisi**, cilt 4, sayı 2, ss. 43-52.
- SARKAR, P. PRASAD, A. M. and MENON, D. (2010). **Vertical geometric irregularity in stepped building frames**, **Engineering Structures**, cilt 32, sayı 8.
- VARADHARAJAN, S. SEHGAL, V. K. ve SAINI, B. (2013). “Determination of inelastic seismic demands of RC moment resisting setback frames”, **Archives of Civil and Mechanical Engineering**, cilt 13, sayı 3, ss. 370-393.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

- URL-1 : Structural analysis program. <https://www.csiamerica.com/products/sap2000>.
(Erişim Tarihi: 15 Ocak 2022.)

TEZLER

AL-ALI, ALI. A. K. (1998). “Effects of Vericili Irregularities on Seismic Behavior of Building Structures”,(PhD thesis), Civil and Environmental Engineering, Stanford University.

ÇELEBİ, E. (2012). “Mevcut Binalarda Geri Çekme Düzensizliği”, (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

DEMİRBAŞ, N. (2019). “Taşıyıcı sisteminde çekme düzensizliği olan betonarme binaların burulma davranışının incelenmesi”, (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırsat Üniversitesi.

JHAVERI, D. P. (1967). “Earthquake forces in tall buildings with setbacks”, Thesis presented to the University of Michigan, at Ann Arbor, Mich., in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

YALÇIN, Ö. (2001). “Betonarme yapıların deprem altındaki davranışına döşeme modellemelerinin etkisi”, (Yüksek lisans tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul teknik Üniversitesi.

ORAK, BOĞA, H. (2000). “Türkiye. Çok Katlı Betonarme Yapılarda Burulma Düzensizliğinin İrdelenmesi”, (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi.

ORAK, MEHMET, S. (2012). “İstanbul. Planda ve Düşey Doğrultudaki Düzensizliklerin Betonarme Perde- Çerçeveli Binaların Davranışına Etkisi”, (Yüksek Lisans Tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

DİĞER KAYNAKLAR

AFAD. T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
Deprem Dairesi Başkanlığı.

BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI TÜRK
STANDARDI TS 500 / Şubat 2000.

- PERTH, BATI, (2010). Avustralya. Australian Earthquake Engineering Society Conference.
- GÜLKAN, P. YAKUT, A. SUCUOĞLU, H. YÜCEMEN, M. S., ÇITIPİTİOĞLU, E. (1994). “Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu”, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, ODTÜ.
- TBDY, (2018). DBYBHY, (2018). Ankara. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TDY (2007).
- TDY, (1968). Ankara. Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- TDY, (1975). Ankara. Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- TDY, (1998). Ankara. Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- TDY, (2007). Ankara. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- TMMOB, (1997). İzmir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İzmir İnşaat Mühendisleri Odası.
- OTTAWA, (1992). “Manual for Screening of Buildings for Seismic Investigation”, Institute for Research in Construction National Research Council Canada.
- MANAK BHAVAN, BAHADUR SHAH ZAFER MATG, (2002). “IS 1893 part 1. Indian standard criteria for earthquake resistant design of structures”. New Delhi: Bureau of Indian Standards;
- ATIMTAY, E. (2009). “Ankara. Depremde Çökmeyen Bina Nedir? Nasıl Projelendirilir?“, ODTÜ, İnşaat Müh. Bölümü.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Mart,(2007).Ankara. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Monir B.M OWDA

ÖĞRENİM DURUMU

Lise : 2011, Dair Abu Daif Erkek Lisesi

Lisans : 2019, Gazi Üniversite, Mühendisliği Fakültesi , İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : 2022, İstanbul Aydın Üniversite, Lisansüstü Eğitim enstitüsü, İnşaat Mühendisliği