



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BİTİŞİK NİZAMDA YAPILMIŞ BİNALARIN DEPREMDE ETKİLEŞİMİ

MUSTAFA AKSEL ABACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
Şubat – 2006**

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİTİŞİK NİZAMDA YAPILMIŞ BİNALARIN DEPREMDE ETKİLEŞİMİ

MUSTAFA AKSEL ABACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

**Bu Tez 13 /02/ 2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.**

.....
Yrd. Doç. Dr.
M. Metin Köse
BAŞKAN

.....
Yrd. Doç. Dr.
Hatip Tok
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr.
Adil Akyüz
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. ÖZDEN GÖRÜCÜ
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÖNSÖZ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Binaların Depremdeki Hareketleri Üzerine İncelemeler.....	3
2.2. Deprem Riski Altındaki Yapılar ve Projelendirmede Dikkat Edilecek Hususlar.....	4
2.2.1. Betonarme İskelette Derzlerin Kademelendirilmesi.....	4
2.2.2. Derzlerin Yerleri ve Birbirinden Uzaklıkları.....	5
2.2.3. Bitişik Nizam Düzeninde Yapılan Yapılar.....	6
2.2.4. Bitişik Nizamlı Yapılarda Bırakılması Gereken Deprem Derzleri.....	8
2.3. Deprem Yükleri Altında Deformasyona Uğrayan Betonarme Yapı Elemanları.....	10
2.3.1. Birleşim Bölgeleri.....	10
2.3.2. Perdelerdeki Deformasyon Türleri ve Tasarımı.....	11
2.4. Analiz Metotları.....	12
2.4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi.....	12
2.4.1.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler.....	13
2.4.1.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler.....	13
2.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi.....	14
2.4.3. Zaman Tanım Alanında Analiz.....	18
2.4.3.1. Sabit Ortalama İvme Yöntemi.....	20
2.4.3.2. Doğrusal İvme Değişimi Yöntemi.....	20
3. MATERYAL VE METOD.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Analizde Kullanılan Binaların Özellikleri.....	21
3.1.2. Hesapta Kullanılacak Analiz Programı.....	21
3.1.3. Derz Modellemesinde Kullanılacak Link(Gap) Elemanın Özellikleri...	21
3.2. Metot.....	22
3.2.1. Binaların ve Derzlerin Bilgisayarda Modellenmesi.....	22
3.2.2. Yapı Modellerinde Uygulanan Analiz Yöntemleri ve Kabuller.....	23
3.2.3. Analizlerde Kullanılan Sönümlenmeler.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28

4.1. Kare Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi.....	28
4.2. U Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi.....	36
4.3. T Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi.....	44
4.4. L Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi.....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
5.1. Sonuçlar.....	61
5.1.1. Kare Tipi Yapılar.....	61
5.1.2. U Tipi Yapılar.....	62
5.1.3. T Tipi Yapılar.....	62
5.1.4. L Tipi Yapılar.....	63
5.2. GENEL SONUÇLAR.....	64
5.3. ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	68

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

BİTİŞİK NİZAMDA YAPILMIŞ BİNALARIN DEPREMDE ETKİLEŞİMİ

MUSTAFA AKSEL ABACIOĞLU

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. M. METİN KÖSE

Yıl: 2006 Sayfa: 68

**Jüri: Yrd. Doç. Dr. M. Metin Köse
Yrd. Doç. Dr. Hatip Tok
Yrd. Doç. Dr. Adil Akyüz**

Depremde meydana gelen yatay hareketler yapılarda deformasyonu ortaya çıkarır. Bu deformasyonlar mümkün olduğunca az olmalıdır. Projesi sağlam teoriler üzerine kurulmuş olsa bile, binalar bitişik imar nizamına göre yapıldıklarında bile büyük şekil değiştirmelere uğrarlar. Bu büyük şekil değiştirmeler, blok sayısı fazla olan binaların ayrı ayrı projelendirilip, yan yana yapılmasından dolayı oluşur. Bitişik nizamda yapılmış olan binaların depremde yer değiştirmeleri ve periyotlarından dolayı oluşan salınımları farklı mimarideki bloklar için farklı değerler oluşturur. Bu değerler, dilatasyon derzlerinde oluşan çarpışma hareketlerini oluşturarak binaya büyük deformasyonlar yaptırırlar.

Bu çalışmada, yapıların taşıyıcı sistemleri ve bu taşıyıcı sistemlerin deprem anında birbirleri ile olan etkileşimi, detaylı olarak incelenmiş ve bilgisayar ortamında SAP2000 programıyla modellenmiştir. Yapıların mimari projelendirilmesinden dolayı oluşan statik ve dinamik etkileri, deprem anında oluşan blokların birbirlerine olan itme etkisi ve salınım anında bloklar arasındaki dilatasyon derzlerinde oluşan zorlanmaların analiz ve incelemeleri yapılmıştır. Önce her blok “Zaman Tanım Alanındaki” dinamik analiz yöntemiyle ayrı ayrı analiz yapılmıştır. Daha sonra tüm blokları, link elemanlar yardımıyla bitişik nizama uygun olarak zaman tanım alanındaki dinamik analiz yöntemiyle analizi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, iki ayrı analizin sonuçları karşılaştırılarak bitişik yapılan blokların deprem anındaki davranışları incelenerek birbirlerine olan etkilerinin avantajları ve dezavantajları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dilatasyon derzi, Deprem, Bitişik nizam

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAS SUTCU IMAM
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

MSc THESIS

ABSTRACT

**INTERACTION OF ATTACHED BUILDINGS UNDER EARTHQUAKE
LOADING**

MUSTAFA AKSEL ABACIOĞLU

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Metin KÖSE

Year: 2006 Page: 68

**Jury: Assist. Prof. Dr. M. Metin Köse
Assist. Prof. Dr. Hatip Tok
Assist. Prof. Dr. Adil Akyüz**

Structures undergo the deformation due to lateral movements in earthquake loadings. In attached building systems, the buildings are generally designed separately without taking the interaction into the account. However, in attached building systems, buildings designed separately behave differently under the earthquake loading due to interaction between them. In general, the buildings in attached systems have different period and lateral displacement amplitudes. So, collision occurs between the attached buildings. Occurrence of collision changes the amplitude of the lateral roof displacement, and maximum moment, shear and axial forces in the in the columns in each building.

In this study, interaction of the attached buildings in different geometries was investigated. Buildings were modeled in SAP2000 computer program separately and together to investigate effect of the interaction between the buildings. Interaction between the buildings was modeled by compression-only struts. Nonlinear time history analysis was performed to investigate the changes in the lateral roof displacements and moment, shear and axial forces in the columns. At the end of the study, the advantages and the disadvantages of the attached buildings were explained and some suggestions were made to reduce the effect of the interaction between the attached buildings.

Keywords: Dilatation, Attached buildings, Earthquake

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, eğitim-öğretim ve iş hayatımda edindiğim tecrübelerimi taşıyıcı sistemlerdeki sistem seçimini, binaların depremde birbirleri ile olan etkileşimi konusunda edindiğim deneyimlerimi meslektaşlarımla paylaşmayı amaçladım.

Yüksek lisans tezimi yürüten danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. M.Metin KÖSE'ye yardımlarından dolayı şükranlarımı sunuyorum.

Bilgi ve tecrübesiyle benden desteklerini esirgemeyen hocalarım sayın Yrd. Doç. Dr. M.Metin Köse, Sayın Yrd. Doç. Dr. Hatip Tok'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Temiz teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarımdaya desteğini esirgemeyen can dostum A.Rıza İlker Akgönen'e teşekkür ederim.

Şubat 2006
KAHRAMANMARAŞ

Mustafa Aksel ABACIOĞLU

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Eşdeğer Deprem Analizinin Sınırlamaları.....	12
Çizelge 2.2. Newmark Metodu	18
Çizelge 4.1. Kare Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	29
Çizelge 4.2. Kare Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	35
Çizelge 4.3. U Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.4. U Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	43
Çizelge 4.5. T Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.6. T Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	51
Çizelge 4.7. L Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	54
Çizelge 4.8. L Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Betonarme İskelette Derzlerin Kademelendirilmesi.....	4
Şekil 2.2. Rijit Elemanı Kenarda Olan Çerçeve.....	5
Şekil 2.3. İki Başta Sabit Kalabilecek Elemanları Olan Yapı.....	5
Şekil 2.4. Farklı Yükler.....	6
Şekil 2.5 Farklı Temel ve Üst Yapı.....	6
Şekil 2.6. Bitişik Nizam Düzeninde Yapılan Yapılar.....	7
Şekil 2.7. Bitişik Nizam Düzeninde Yapılan Yapılar.....	7
Şekil 2.8. Bitişik Nizam Düzeninde Yapılmış Binalar.....	8
Şekil 2.9. Farklı Zemin Şartları.....	9
Şekil 2.10. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Kabul Edilen Plastik Mafsallık Oluşma Yerleri.....	11
Şekil 2.11. Perdelerdeki Deformasyon Türleri.....	12
Şekil 3.1. Gap Elemanın Çalışma Şekli.....	22
Şekil 3.2. Deprem Anında Yapılarda Oluşan Salınım.....	23
Şekil 3.3. Kare Model.....	24
Şekil 3.4. T Model.....	24
Şekil 3.5. U Model.....	24
Şekil 3.6. L Model.....	24
Şekil 3.7. Kare Model 10 Katlı.....	26
Şekil 3.8. U Model 10 Katlı.....	26
Şekil 3.9. T Model 10 Katlı.....	27
Şekil 3.10. L Model 10 Katlı.....	27
Şekil 4.1. Kare Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar.....	28
Şekil 4.2. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	31
Şekil 4.3. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	31
Şekil 4.4. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	32
Şekil 4.5. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	32
Şekil 4.6. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	33
Şekil 4.7. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	33
Şekil 4.8. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	34
Şekil 4.9. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	34

Şekil 4.10. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	35
Şekil 4.11. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	36
Şekil 4.12. U Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar.....	37
Şekil 4.13. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	39
Şekil 4.14. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	39
Şekil 4.15. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	40
Şekil 4.16. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	40
Şekil 4.17. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	41
Şekil 4.18. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	41
Şekil 4.19. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	42
Şekil 4.20. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	42
Şekil 4.21. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	43
Şekil 4.22. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	44
Şekil 4.23. T Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar.....	45
Şekil 4.24. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	47
Şekil 4.25. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	47
Şekil 4.26. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	48
Şekil 4.27. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	48
Şekil 4.28. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	49
Şekil 4.29. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	49
Şekil 4.30. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	50
Şekil 4.31. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	50
Şekil 4.32. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	51
Şekil 4.33. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	52

Şekil 4.34. L Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar.....	53
Şekil 4.35. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	55
Şekil 4.36. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması.....	55
Şekil 4.37. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	56
Şekil 4.38. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	56
Şekil 4.39. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	57
Şekil 4.40. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması.....	57
Şekil 4.41. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	58
Şekil 4.42. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması.....	58
Şekil 4.43. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	59
Şekil 4.44. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması.....	60
Şekil 4.45. Kare Tipi Blokların Deprem Esnasındaki Davranışı.....	60
Şekil 4.46. Kare Tipteki Blokların Deprem Esnasındaki Etkileşimi xz kesiti	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A(T)	: Spektral İvme Katsayısı
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
ABS	: Sum of the Absolute Value
BS	: Beton Sınıfı
CQC	: Complete Quadratic Combination
GMC	: General or Gupta Modal Combination
C	: Sistem sönüm matrisi
c	: Sönümleme
E	: Elastisite Modülü
EC	: Eurocode
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
i	: Zaman adımı sayısı
K	: Sistem rijitlik matrisi
K_j	: j elemanı için rijitlik matrisi
K_i	: i. mod için verilen modal rijitlik
k	: Dinamik analizin hareket denklemindeki rijitlik
M_w	: Magnitude
M	: Sistem kütle matrisi
N_{maks}	: Maksimum Eksenel Kuvvet
m	: Kat kütleleri
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
r_{ij}	: Sönüm oranı
r	: Modal sönüm oranı
S₁	: Maksimum Deprem Spektral Tepki İvmesi
SRSS	: Square Root of Sum of Square
T	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T₁	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_{1A}	: Binanın ampririk bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
TDY	: Türkiye Deprem Yönetmeliği
t	: Zaman
Δ_t	: Zaman tanım alanında analiz için zaman adımı süresi
Δ_{maks}	: Maksimum Deplasman
UBC	: Uniform Building Code
V_{maks}	: Maksimum Kesme Kuvveti
V_{tB}	: Mod Birleştirme Yönteminde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
Z2, Z4	: Yerel zemin sınıfı

β	: Newmark Katsayısı
γ	: Newmark Katsayısı
ω	: Açısal hız
v	: Yerdeğiştirme vektörü
\dot{u}	: Hız vektörü
\ddot{u}	: İvme vektörü
Φ_i	: i. mod için mod şekli

1. GİRİŞ

Türkiye, dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte ülkemizde büyük can ve mal kaybına neden olan bir çok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de meydana gelebilecek depremlerde benzeri durumu yaşayacağımız akıldan çıkarılmamalıdır.

D

Depremlerin çok büyük bir bölümü, yer kabuğunda soğuma veya çeşitli etkilerden meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasından meydana gelir. Litosfer olarak adlandırılan yerkabuğunu oluşturan levhalar hareket halindedirler. Bu hareketler, levha sınırlarında gerilme meydana gelmesine neden olurlar. Litosfer tabakasında meydana gelen ani ve büyük yer hareketleri sonucunda tektonik deprem oluşur. Bir depremin yıkıcılığı; meydana getirdiği fayın özelliklerine, zemin şartlarına ve depremin odak derinliğine bağlıdır. Depremin yapıda oluşturacağı hasar ise, zemin hakim periyodunun, yapının doğal periyoduna yaklaşmasına bağlı olarak değişmektedir. Zeminin hakim periyodu ile yapının doğal periyodu çakışmamalıdır(Bayülke,1993).

Yapıların deprem hesabında, kesin ve yaklaşık olmak üzere iki farklı metot kullanılmaktadır. Kesin hesap metodu, “zaman-tanım alanında hesap metodu” dur. Yaklaşık hesap metodu ise, “eşdeğer statik deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi” olarak tanımlanır. Yaklaşık dinamik analiz yöntemi olan “mod birleştirme” yönteminde türetilmiş fonksiyonlar göz önüne alınmaktadır. Bu yöntemde kütlelerin yapının düğüm noktalarında toplandığı kabul edilmiştir. “Eşdeğer deprem yükü” metodunda ise hesap için, yapının birinci doğal titreşim periyodu kullanılır. Bu hesapta, kat ağırlıkları kat seviyelerinde toplanmış kabul edilir. Yapı ağırlığına, yapı sünekliğine ve zemin durumuna bağlı olarak, eşdeğer statik deprem yükü bulunur. Kesin dinamik analiz yöntemi olan “zaman-tanım alanında hesap” yönteminde ise, gerçek yer ivme kayıtları kullanılarak analiz yapılmaktadır. Burada mod sayısına göre yapının gerçek periyodu bulunur(Celep, Kumbasar,1993).

Deprem bölgeleri haritasına göre, ülkemizin %92’sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95’nin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98’i ve barajlarımızın %93’ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak depremlerden her yıl ortalama 1.003 vatandaşımız ölmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır(Coşkun,2004).

Ülkemizin böyle sıkıntılı dönemler geçirmiş olduğu ve geçireceği ortadadır. Bunun önüne geçilebilmesi için öncelikle ülkemizde kapsamlı bir deprem bölgesi haritası çıkartılmalıdır. İlk olarak yapılması gereken, her türlü jeolojik ve jeofizik etütlerin deneysel ve uygulamalı olarak ortaya çıkartılmasıdır. Jeolojik etütler sonucunda ülkemizin deprem bölgesi haritası hem global olarak ortaya konulmalı hem de lokal ölçekte her türlü yerleşim merkezinin bulunduğu yerlerin detaylı şekilde zemin bilgileri ile sunulmalıdır. Bu harita, sadece zemin etüdü olarak değil, yapay deprem dalgaları gönderilerek yani sismik bir araştırma yapılarak da yeni yerleşim birimlerinin de hangi bölgelere konumlandırılacağı ve de şehirlerin yeni imara açılacağı bölgelerinin nerelere yapılacağını belirlemelidir.

Bu harita sağlam zeminler üzerine oturan yapıların yapılmasına olanak sağlayacağından en azından zeminle ilgili depremde oluşacak zararları minimuma indirecektir.

Deprem bölgesi haritalarının çıkartılmasından sonra şehir ve bölge planlamada çizilecek olan 50 veya 100 yıllık şehir haritaları (nazım imar planı) deprem bölgesi haritasına göre çizileceğinden hangi zemine ne kadar yükseklikte kat müsaadesi verileceği, hangi tür binanın(okul,hastane,itfaiye gibi) yapılabileceği nazım imar planı tarafından belirlenebilir. Bu planda kötü zemine yüksek kat ve önemli binaların yapılması engellenerek deprem zararlarını minimuma indirilir. En son aşama olan afet yönetmeliğine göre projelendirilecek olan yapının son çıkan analiz yöntemleriyle ve malzemelerin lineer olmayan kısımlarında analizler yapacak bir afet yönetmeliği hazırlanmalıdır. Bu çalışmalardan sonra inşaat mühendisine düşen görev taşıyıcı sistemi tasarımından dolayı, depreme dayanıklı bir yapı tasarlamak olur.

Depremde meydana gelen yatay hareketler yapılarda deformasyonu ortaya çıkarır. Bu deformasyonlar mümkün olduğunca az olmalıdır. Projesi sağlam teoriler üzerine kurulmuş olsa bile, binalar bitişik imar nizamına göre yapıldıklarında bile büyük şekil değiştirmelere uğrarlar. Bu büyük şekil değiştirmeler, blok sayısı fazla olan binaların ayrı ayrı projelendirilip, yan yana yapılmasından dolayı oluşur. Bitişik nizamda yapılmış olan binaların depremde yer değiştirmeleri ve periyotlarından dolayı oluşan salınımları farklı mimarideki bloklar için farklı değerler oluşturur. Bu değerler, dilatasyon derzlerinde oluşan çarpışma hareketlerini oluşturarak binaya büyük deformasyonlar yaptırırlar. Bu çalışmada bitişik nizam ve ayırık nizamda yapılan binaların depremdeki birbirleriyle olan etkileşimi incelenecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Binaların Depremdeki Hareketleri Üzerine İncelenmeler

Kumbasar (1993), bir makalesinde; deprem kayma çerçevelerin çarpışma problemi adı altında bitişik nizam yapıların birbirine etkisini anlatmıştır. “Deprem etkisinde, bitişik nizam veya genelleşme derzi ile ayrılmış binaların birbirine çarpması sonucu hasarların oluştuğu bilinmektedir. Bazı deprem yönetmelikleri, bu tür binaların arasında belirli aralıklar bırakılmasını şart koşmuştur. Bu çalışmada, sözü edilen binalar için, depremde çarpışma problemi incelenmiştir. Yapıların kat seviyeleri ve kat adetleri aynı olduğu kabul edilen yapılar incelenmiştir. Basitleştirme sağlamak için yapılar kayma çerçevesi olarak ele alınmış, çarpışma sırasındaki etkileşim aralığının sıfırdan büyük olması durumunda yay katsayısı sıfır olan bir yayla temsil edilmiştir. El Centro depremi esas alınarak sayısal çözümler yapılmış, değişik kütle oranları için parametrik inceleme sonuçları verilmiştir.” Bu çalışmada yapıların deprem etkilerini zaman tanım alanında dinamik analiz metoduyla ve el centro depremini bilgisayar ortamında modelleyerek bulmuştur.

Robinson ve Chen (1993), dinamik analizin eski yöntemlerle, yeni yöntemlerini kıyaslamışlardır. Zaman tanım alanında dinamik analizi kullanarak yapının serbestlik derecelerini belirlemişlerdir. Geleneksel analizlerde serbestlik dereceleri az olan ve yapıdaki bir çok kabulün az serbestlik derecesine göre yapılmasından dolayı ortaya çıkan sonuçların, çok serbestlik dereceli hesap yönteminde ortaya çıkan sonuçlardan ne kadar eksik olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar mod sayısının artmasının gerekliliğini ortaya koyar. Her mod sayısında oluşacak deformasyonlar ve de tesirler ayrı ayrı değerlendirilerek kıyaslanır.

Aka ve arkadaşları (1975), betonarme yapılarda yapılacak derzleri incelemişlerdir. Çalışmalarında derzlerin çeşitlerini, yapıma nedenlerini derzlerin yerlerini, birbirlerinden uzaklıklarını, derz düzenleme özelliklerini, derzlerin genişliğini, yapıma kurallarını ve derzlerin kapatılmasını açıklamışlardır. Betonarme yapılarda yapılması gereken derzleri şöyle sıralamışlardır.

- Genleşme Derzleri(Dilatasyon derzleri): Rötne, sünme, sıcaklık değişmesi yüzünden oluşan boy değişimleri için bloklar arasına konan derzlerdir.
- Oturma Derzleri: Temel zemini özelliklerinin veya yapı yüklerinin bütün alanda düzgün olmayışı yüzünden meydana gelecek farklı oturmaların ve dönmelerin engellenmesi için yapılan derzler.
- Konstrüktif Derzler: Statik hareketli yükler ve dinamik kuvvetlerden dolayı meydana gelecek deformasyonların bölgesel kalması için yapılan derzlerdir.
- Deprem Derzleri: Yapıyı deprem etkisiyle kendi içinde az zararlı titreşim yapabilecek bölümlere ayıran derzlerdir.

Karaduman ve Döndüren (2004), tarafından yapılan çalışmada farklı mimarilerdeki yüksek katlı yapıları zaman tanım alanında analiz yöntemiyle ayrı ayrı inceleyip depremdeki dayanımlarını değerlendirmişlerdir. Binaların düzensizliklerinin neden kaynaklandığını ve burulma etkisinin hangi tür mimari yapılarda ortaya çıktığını ortaya koymuşlardır. Kütle merkezi ile rijitlik merkezinin yapıda yol açtığı burulma nedeniyle oluşan tüm deplasmanları ortaya koymuşlardır.

İrtem ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada; depremde bir yapının önceden yapı performansını belirleyip, deprem salınımı sırasında duvarların depremde yapı performansını ne derecede arttırdığını statik doğrusal olmayan(pushover) analiz yöntemiyle ortaya koymuşlardır.

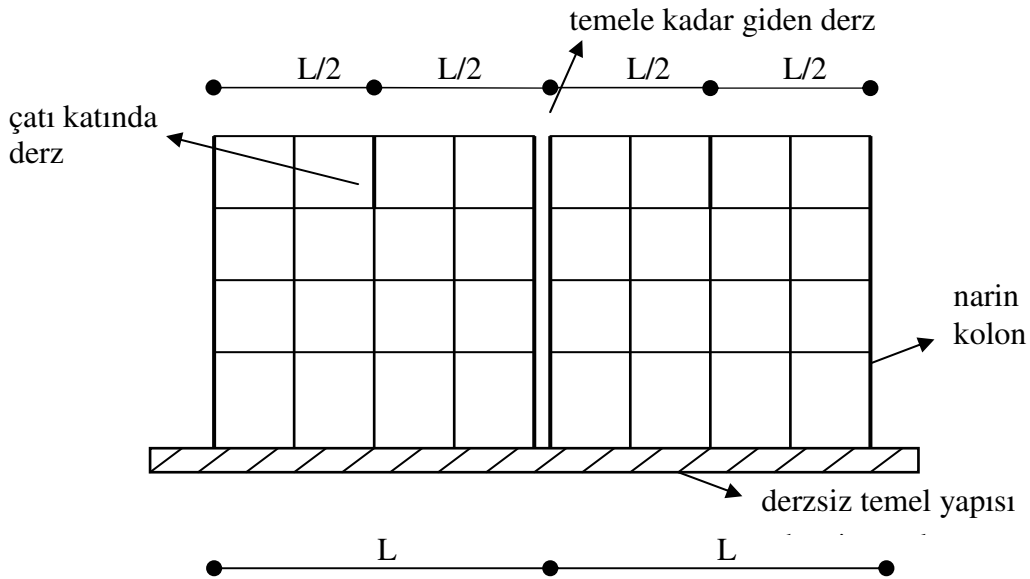
2.2. Deprem Riski Altındaki Yapılar ve Projelendirmede Dikkat Edilecek Hususlar

Yapıların depreme karşı mukavemetini rahat bir şekilde gösterebilmeleri için deprem yönetmelikleri hazırlanır. Bu yönetmelikler, belirli sınır durumları için belirli hareket özellikleri tanımlar. Yapılar bu sınır durumlarını geçtikleri anda risk altındadırlar. Bu risk durumları Coşkun (2004) tarafından yapılan çalışmada aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Planda ve düşeyde simetrik olmayan sistemler
- Kat alanları ve kat yükseklikleri yapı yüksekliği boyunca değişkenlik gösteren sistemler
- Diyaframda büyük boşluklar içeren ya da zayıf diyafram bağları olan sistemler
- Sistemdeki süreksizlikler nedeniyle yükleri en kısa yoldan zemine aktaramayan yapılar
- Bitişik nizam düzeninde yapılan yapılar
- Büyük ağırlıkların, kütlelerin bulunduğu yapılar
- Yapıda yumuşak kat, kısa kolon bulunması.

2.2.1. Betonarme İskelette Derzlerin Kademelenmesi

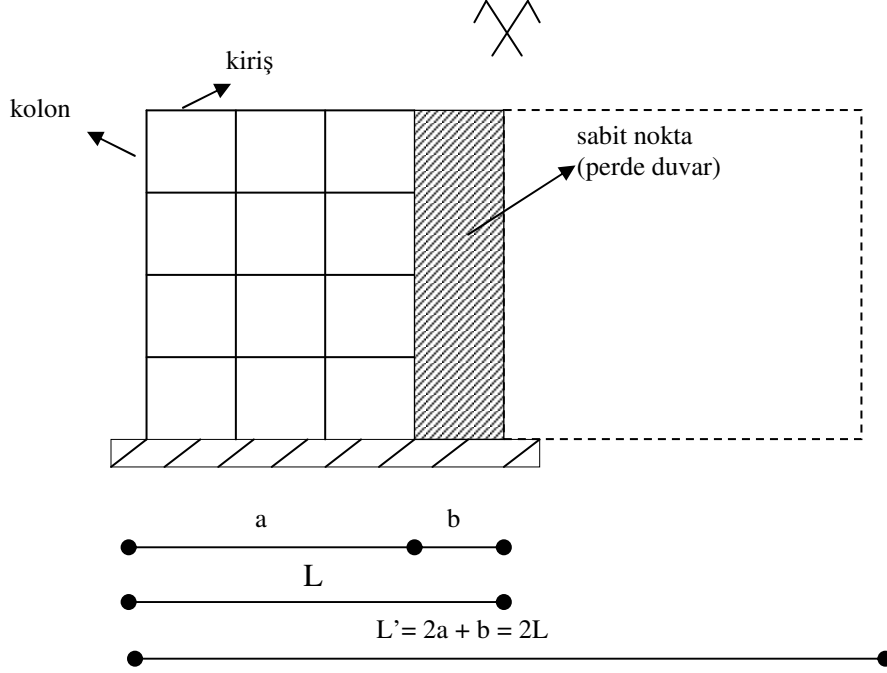
Narin kolonlar üzerinde sıcaklık değişmelerine karşı korunmuş, elastik bir iskeleti bulunan yapıda derzler 40-45 m ara ile düzenlenebilir. Böyle bir yapıda temelde oturmalar, beklenmiyorsa sıcaklık değişmesi ve rötreten az etkilenecek olan temel derzsiz yapılabilir. Buna karşılık, sıcaklık değişmesinin çok olabileceği en üst katta, çatıda iki derz arasında alt katlarda devam etmeyen bir derz daha düzenlenerek etkiler azaltılabilir (Aka ve ark., 1975).



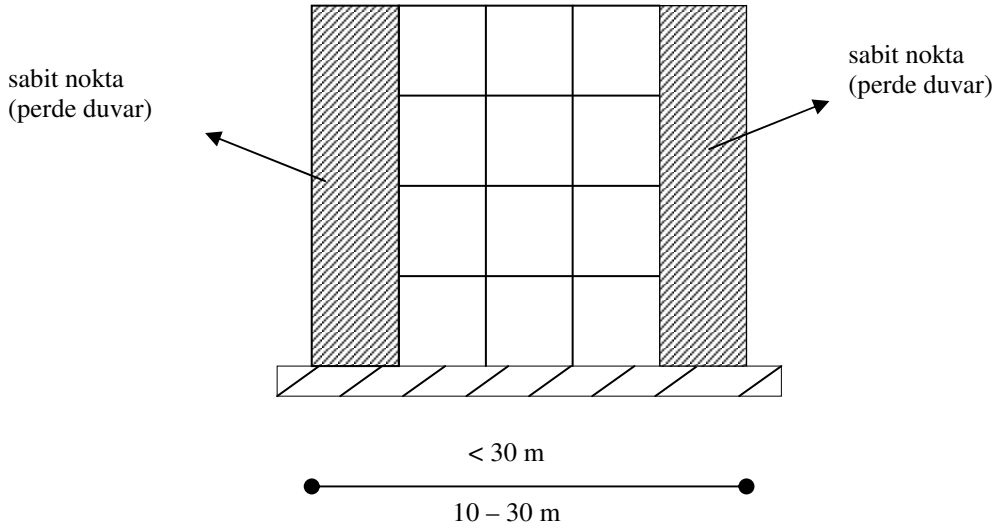
Şekil 2.1. Betonarme İskelette Derzlerin Kademelenmesi

2.2.2. Derzlerin Yerleri ve Birbirinden Uzaklıkları

Normal olarak derz aralıklarının 30 m yi aşmaması ve dış etkilere açık olan yapılarda, örnek olarak stadyum tribünleri, saçaklar gibi, daha da küçük tutulması uygun olur. Yangın tehlikesi fazla olan yapılarda blok boyları 30 m yi aşmamalıdır (Aka ve ark., 1975).



Şekil 2.2. Rijit Elemanı Kenarda Olan Çerçeve

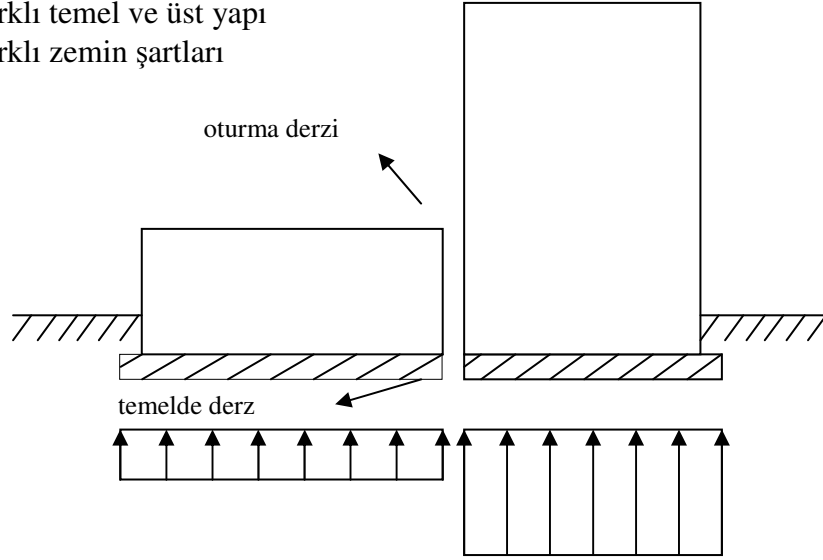


Şekil 2.3. İki Başta Sabit Kalabilecek Elemanları Olan Yapı

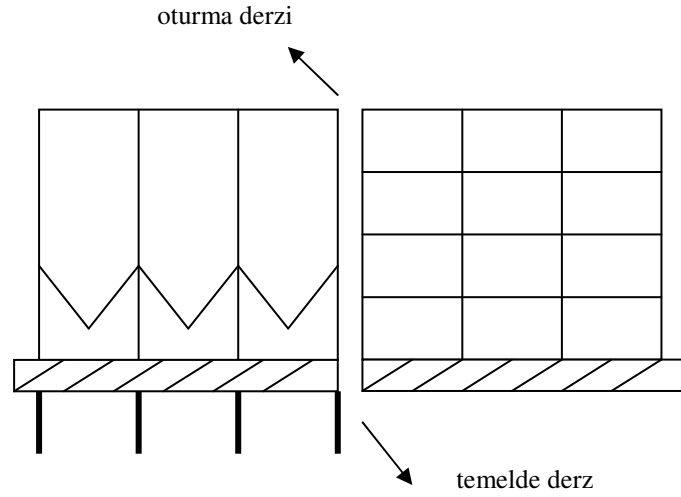
Simetrik olmayan sistemlerde derzler tesbit edilirken sabit noktaların kenara kayacağı göz önüne alınarak blok boyu küçültülmelidir. Simetrik olmasına rağmen iki yanında sabit kalabilecek rijitlikte düşey elemanlar bulunan yapılarda kirişlerdeki çekme kuvveti çok büyük olabileceğinden blok boylarının küçük yapılmasına özellikle dikkat etmek gerekir.

Derzler arasındaki bu uzaklık planda her iki doğrultuda da gerçekleştirilmelidir. Binalar, farklı zeminlerde ve farklı yükler altında hareket ettiklerinden dolayı binalar arasında mecburi oturma derzleri bırakılır. Binalar arasında yapılan oturma derzleri tüm yapıyı etkilemektedir. Oturma derzleri üç tipte yapılır (Aka ve ark., 1975).

- Farklı yükler
- Farklı temel ve üst yapı
- Farklı zemin şartları



Şekil 2.4. Farklı Yükler



Şekil 2.5. Farklı Temel ve Üst Yapı

2.2.3. Bitişik Nizam Düzeninde Yapılan Yapılar

Sakarya depreminde yıkımları sağlayan önemli neden şehrin hemen hemen hasarlı binalarının ana caddede ve bitişik nizam olmasıdır. Bu bitişik nizamda yapı taban gerilmelerinin birbirlerini etkilemeleri sonucu, oralarda bazı olumsuz noktalar doğar. Ayrıca bu konuda; deprem etkisi aşağıdan yukarıya titreşerek gelince yapının, önce varsa bodrum katına eğer yapı zemine çok düşük bir temel derinliği ile oturtulmuş ise, yapıya

büyük ölçüde tesir eder ki yapıyı ötelemesi ve yapıya daha büyük hasar vermesi isten değildir. Sakarya'da çok yanlış olarak temel derinlikler çok sığ tutulmuştur (Ülker, 2004).



Şekil 2.6. 17 Ağustos Sakarya Depreminde Bitişik Nizam Düzeninde Yapılmış Binalar (İstanbul Büyükşehir Belediyesi Devlet Arşivi, 1999)

Adapazarı'nın zemini, Sakarya Nehri'nin getirdiği alüvyonlar üzerindedir. Zeminler önceden yüklenmiş konumda değildir. Bu zeminler jeolojik devirlerde bu günden fazla bir yükün altında kalmış değildir. Bu sebeple o bölgelerde bu zeminin özgül periyodu dediğimiz, yani zeminin titreşiminin değeri yaklaşık olarak 0.5 saniye ile 0.8 saniye arasındadır. Lokal olarak su yüksekliği de bunun bir doğal sonucudur. Şekil itibariyle üst yapının özgül periyodu ile zeminin özgül periyodu eğer birbirine yaklaşırsa, bu konuda bir rezonans olayı doğar. Yani deprem o bölgelerde daha uzun ve şiddetli sürer. Üst yapıda tabii titreşimler ve büyütmenin etkisiyle daha uzun sürer. Bu durum farklı mimarideki yapıların, depremde farklı hareket etmeleri sonucunu doğurur. Binaların bitişik nizamda yapılmasından dolayı bu farklı hareketler binaların birbirine çarpışarak yeni bir yıkıma yol açar (Ülker, 2004).



Şekil 2.7. 17 Ağustos Sakarya Depreminde Bitişik Nizam Düzeninde Yapılmış Binalar (Sakarya Valiliği Devlet Arşivi, 1999)

Bitişik Nizamda yapılan yapıların birbirine en az zarar verecek düzeyde konumlanması için gerekli kriterler aşağıda Türkiye Deprem Yönetmeliği'nin bölüm 6.10.3'de açıklandığı gibidir.

2.2.4. Bitişik Nizamlı Yapılarda Bırakılması Gereken Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

Aşağıdaki 6.10.3.2'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yer değiştirmelerin mutlak değerlerinin toplamı ile, aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yer değiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan yer değiştirmelerin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yer değiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.

(b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile farklı seviyelerde olmaları durumunda tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.

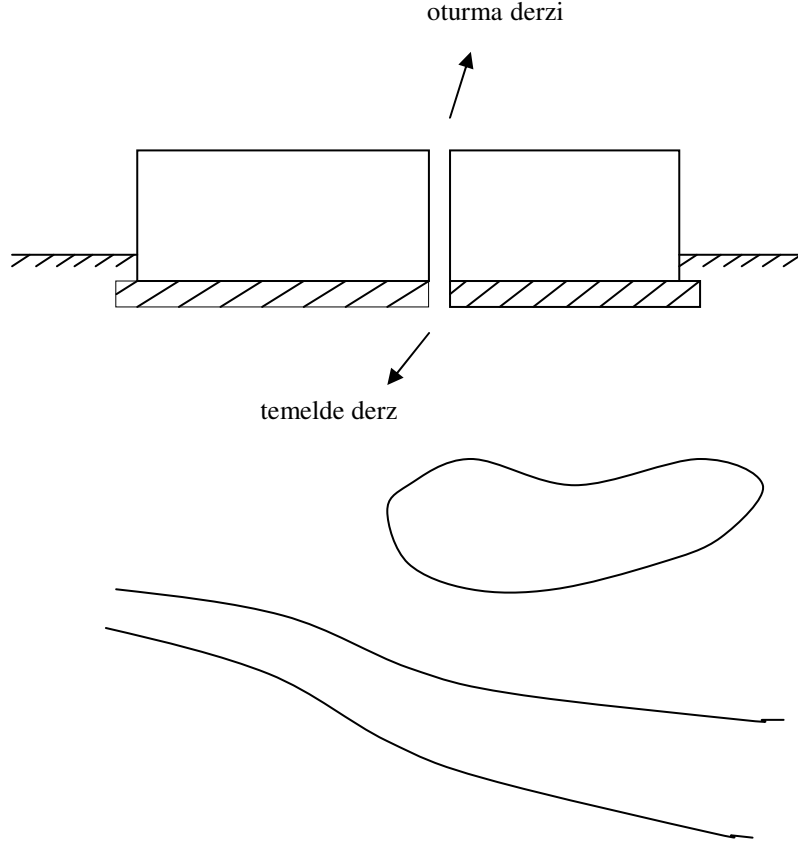
6.10.3.2-Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m den sonraki her 3 m.lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir (Anonim, 1998).



Şekil 2.8 17 Ağustos Sakarya Depreminde Bitişik Nizam Düzeninde Yapılmış Binalar (Sakarya Valiliği Devlet Arşivi, 1999)

Çeşitli zemin şartları ya da sıkışabilen zemin üzerindeki çok farklı yükler yüzünden farklı oturmalar beklenen yerlerde yapıyı boyutlarına bakmaksızın derzlerle ayırmak ve bu ayırmayı temelde de devam ettirmek zorunlu olur. Farklı temel yapısı olan iki bölüm de yükleri farklı olmasa bile birbirinden ayrılmalıdır. Örnek olarak kazık temeller üzerindeki bir silo yanındaki yüzeysel temelli depoya bağlanmamalıdır.



Şekil 2.9 Farklı Zemin Şartları

Deprem bakımından yapının kare ya da kareye yakın planlı, rijitlik ve ağırlık merkezleri elden geldiği kadar birbirine yakın bölümlere ayrılması her bölümün en az zorlanmaları doğuracak titreşimi yapmasını sağlar. Bu bakımdan U, H, T biçiminde ya da uzun blokların uygun derzlerle bölünmesi gereklidir.

Bir yapıda derz yerlerinin tespiti için yapı plandaki boyutları belli sınırlar içinde kalan bölümlere ayrılır. Bu sınırlar yapının sıcaklık değişimlerine açık olup olmadığına, özellikle temel üstündeki kolonlarının narinliğine, yapı içinde yatay boy değişimlerini engelleyecek merdiven, asansör perdeleri, gibi rijit elemanların bu bölümün ortasına veya kenarına geldiğine, iklim şartlarına göre değişik değerler alır. Eğer temel zemini şartları ya da yükler değişirse bu ayırma temelde de devam eder.

Temel şartları yüzünden yapılan ayrımlar bölümlerin boyları düşünülmeden bu şartların gerektirdiği yerlerde olur ve blok boyları genleşme bakımından gereken sınırları aşarsa arada başka derzlerde düzenlenir.

2.3. Deprem Yükleri Altında Deformasyona Uğrayan Betonarme Yapı Elemanları

Deprem yükleri altında, yapıda büyük deformasyonlar oluşur. Bu deformasyonlar büyük oranda yapının, depreme büyük direnç gösterdiği bölgelerinde oluşur. Bu deformasyonların oluşma sınırları vardır ve bu sınırlar geçildiği takdirde yapıda göçme mekanizması çalışmaya başlar. Deformasyon türleri, taşıyıcı sistem elemanlarında ve bölgelerinde aşağıda gösterildiği gibidir.

2.3.1. Birleşim Bölgeleri

- a) **Döşeme - Kiriş Birleşimi**
- b) **Döşeme - Kolon ve Perde Birleşimi**
- c) **Kiriş – Kolon Birleşimi**

a) **Döşeme Kiriş Birleşimi:** Döşeme - kiriş birleşim noktasının zorlanması, daha çok yüklerin birikmiş olduğu döşemelerden gelmektedir. Depremden sonra görülen döşeme kiriş arasındaki çatlaklar, döşemelerin oturduğu mesnet kirişlerine tam olarak bağlanmamasından dolayı oluşarak yekpare bir yapı oluşturmaz. Bunun nedeni birleşim noktasında oluşan eğilme momentlerini alan ve teoride kabul edilen sabit mesnedin oluşturulamamasındandır.

b) **Döşeme - Kolon ve Perde Birleşimi:** Rijitlik ve atalet farkı çok fazla olan bir birleşim şeklidir. Rijitlik farkının oluşması birleşim bölgelerinde büyük gerilme yığılmaları oluşturarak plastikleşmeye başlangıç teşkil eder. Döşeme kolon birleşimleri bulunan yapılar genelde birinci derece deprem bölgelerinde yapılamayan kirişsiz döşemelerde bulunur. Zımbalamaya müsait bir yapı şeklinde olduğundan beton kalınlığı artırılıp zımbalama donatısı konulmalıdır.

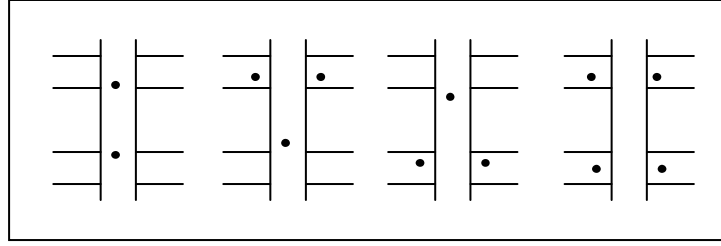
c) **Kiriş – Kolon Birleşimi:** Depremde başlayan göçme mekanizması, bu birleşim bölgelerinin gerilme sınır durumlarını geçtikleri anda oluşur. Deformasyonlar birleşim bölgesinde, kolonlara x veya y yönündeki birleşen kirişlerin farklı rijitliklerde yapılmasından dolayı oluşan kuşatılmamış kolon yetersizliği durumu ortaya çıkar. Deprem sırasında yapı göçme anına geçmeden belli bir dayanımda olmalıdır ve bunu için gerekli kriterler Celep ve diğerlerinin (2000) deki çalışmalarında ortaya konmuştur:

- Birleşim bölgesinde her iki taraftan gelen donatıların mümkün olduğunca sürekliliği devam etmelidir.
- Birleşim bölgelerinde oluşturulan kolonların dayanımı kirişlerden az olmamalıdır. Güçlü kolon zayıf kiriş oluşumu şeklindedir ve kolon etriyeleri birleşim bölgesinin içinde de aynen devam ettirilmelidir.
- Deprem büyük olmadığı durumlarda, birleşim bölgesinin şekil değiştirmeleri kat ötelenmelerini etkilememelidir. Elastik bir yapı oluşturulmalıdır.
- Birleşim bölgelerinin dayanımı, birleşen elemanların dayanımından daha zayıf olmamalıdır.

Yatay yüklerle oluşan zorlanmalar, yapının birleşim bölgelerinde büyük deformasyonlar oluşturur. Deformasyonların arttığı bu bölgelerde plastik mafsallar oluştuğu kabul edilir.

Mafsalların artması sonucu yapıda güç tükenme mekanizması oluşmaya başlar.

Taşıyıcı sistemin güç tükenme sınırlarına erişmesi, mafsallaşmaların oluşma biçimine göre değişmektedir.



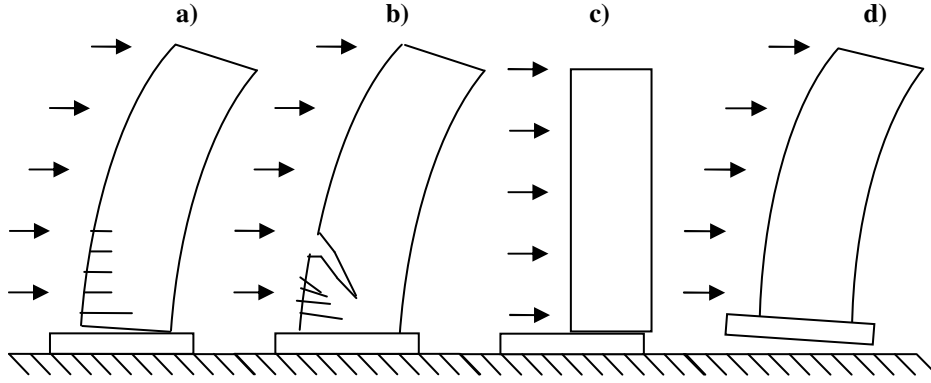
Şekil 2.10 Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Kabul Edilen Plastik Mafsal Oluşma Yerleri

Taşıyıcı sistemde mafsallaşmaların kirişlerde ortaya çıkması ve deprem enerjisinin bu suretle yutulması arzu edilir. Güç tükenmesinin bir kattaki kolonların alt ve üst uçlarında oluşmasıyla ortaya çıkması, yalnız bir katta oluşan az sayıda plastik mafsal sonucu, birbirini takip edecek güç tükenmelerine ve büyük can kaybına neden olacağı için önemlidir. Bu düşünce zayıf kiriş ilkesi olarak ifade edilir.

2.3.2. Perdelerdeki Deformasyon Türleri ve Tasarımı

Deprem yükleri altındaki bir yapıda; perdeler oluşan deprem enerjisinin büyük bölümünü alan ve tüm yapıdaki kirişler ve döşemelerde bu enerjiyi dağıtan yapı elemanlarıdır. Projelendirme yapılırken, yüksek katlı ve ağır binalarda kritik bölgelere konulduğunda binada oluşacak burkulma, burulma ve kayma etkilerini alarak temele yekpare bir iletim sağlar. Böyle bir rijit bir yapının elde edilebilmesi için perdelerin oluşturulması gereken yerler:

- Bina dış cephesinde oluşturularak yapıya gelen burulma etkileri önlenmiş olur.
- Perdeler yapıda x ve y yönlerinde en az 3 açıklık boyunca düz giden aks'lar üzerine oturtulmalıdır. Bu hem yapının mukavemetini hem de deprem doğrultusundaki kuvvetleri alan ilk taşıyıcı sistem elemanları olur. En az bu üç açıklıktaki perde kolon dağılımı Perde-Perde-Perde şeklinde değil de, Perde-Kolon-Perde veya Kolon-Perde-Kolon olmalıdır.
- Binayı taşıyan toplam düşey taşıyıcıların sayısının bina yüksekliğine bağlı olarak 1/3 oranında veya 1/2 oranında perde olarak yapılmalıdır.
- Yüksek katlı yapılarda(en az 7 kat ve üstü için) perdeler projede kolon sayısına oranla düzenli bir dağılım oluşturarak düzenlenmelidir. Sadece belli yerlerde perdeler toplanmamalıdır. Çünkü bu durum, binanın bir tarafının narin diğer tarafının ise zayıf olmasından dolayı birleşim noktalarının mafsallaşmalara neden olmaktadır.
- Perdeye saptanan kirişler en az dört yerden perdeye bağlanmalıdır. Böylece yapıdaki ve dolayısıyla perdelerinde eğilme etkileri de alınmış olur.
- Binada taşıyıcı sistem tasarlanırken mümkün olduğunca çerçeveler oluşturulmalıdır. Çerçeve etkilerinin perdelerle dayanımları artırıldığı zaman yapı sünekliliği kadar rijitliğide ön plana çıkmış olur (Karaduman ve Döndüren, 2003). Perdeler yapıya gelen çoğu yükleri alarak deformasyonlara uğrarlar. Bu deformasyonlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.11 Perdelerdeki Deformasyon Türleri

- a) Eğilme deformasyonu
- b) Kesme deformasyonu
- c) Kayma deformasyonu
- d) Devrilme deformasyonu (Kumbasar ve Celep, 2001).

2.4. Analiz Metotları

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler(Anonim, 1998).

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- Mod Birleştirme Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemidir.

2.4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Eşdeğer deprem yüğü yapının kendi ağırlığına bağlı olarak birinci doğal titreşim periyoduna göre yapılan analizdir. Yapının kendi ağırlığına göre yapılan bir analiz metodu olması dolayısıyla tabanda oluşacak olan tesirler ve yapıda oluşacak zararlar yüksek katlı ağır yapılarda büyük deformasyonlar oluşturur. Bu hesap yönteminin belli sınırlamaları vardır.

Çizelge 2.1. Eşdeğer Deprem Analizinin Sınırlamaları (TDY, 1998).

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Diğer hesap yöntemleri incelemeyen önce yapı dinamiği konusunda belirli bazı kabullerin bilinmesi gerekmektedir. Bu kabuller analiz sırasında yapının depremdaki tepkisinin ve de bu tepkiden dolayı oluşacak deplasmanların ve dönmelerin sonucunu direkt etkilemektedir. Bu nedenle yapı dinamiği konusu hakkında bazı bilgiler sunulacaktır.

Serbestlik derecelerine göre sistemler iki gruptan oluşur. Bunlar tek serbestlik dereceli sistemler ve çok serbestlik dereceli sistemler.

2.4.1.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistemlere tek serbestlik dereceli sistem olarak isimlendirilir. Böyle bir sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için sistemin hareket denkleminin hareket denkleminin yazılmasına ihtiyaç vardır. Hareket denklemi; sisteme etkiyen kuvvetlere, atalet kuvvetinin de eklenmesiyle, kuvvet dengesi olarak da görülebilir (Celep ve Kumbasar, 2000).

2.4.1.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Çok serbestlik dereceli sistemler yakın bağlantılı ve uzak bağlantılı sistemler olarak düşünülebilir. Burada, kayma çerçevesi yakın bağlantılı, düzlem çerçeveler ise uzak bağlantılı sistemler olarak bilinir.

Rijitliği büyük kirişlere bağlı kolonlar ankastre mesnetle meye yakın davranırlar. Kolonun öteleme ve kolon kesme kuvvetine bağlı olarak kolon uçlarının rölatif yer değiştirmesinde kolonlarda kesme kuvveti etkili olur. Bu tip çerçeve sistemlere kayma çerçevesi denir.

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, eğer birden fazla parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistemler çok serbestlik dereceli sistemler olarak isimlendirilir (Karaduman ve Döndüren, 2003).

Sistemin serbestlik derecesi, hareket halindeki konumunu tam olarak belirlemek için gerekli ve yeterli bağımsız parametre sayısına eşittir. Böyle bir sistem, serbestlik derecesi kadar birbirinden bağımsız hareket türüne sahiptir. Sistemin hareketini, serbestlik derecesi kadar yazılacak diferansiyel denklem yönetir. Hareket denklemleri; sisteme etkiyen atalet kuvvetleri, sönüm etkileri ve şekil değiştirme sonucu meydana gelen elastik kuvvetlerle, varsa dış kuvvetlerin dengesinden ibarettir. Sadece yer hareketinin varlığı kabul edilirse, bu denklem:

$$[M][\ddot{v}] + [C][\dot{v}] + [K][v] = -[M][\ddot{v}_g] \quad \text{olarak yazılabilir.} \quad (2.1)$$

$[M]$: Sistem Kütle Matrisi	$[\dot{v}]$: Hız Vektörü
$[C]$: Sistem Sönüm Matrisi	$[v]$: Yer Değiştirme Vektörü
$[K]$: Sistem Rijitlik Matrisi	$[\ddot{v}_g]$: Zemin İvme Vektörü
$[\ddot{v}]$: İvme Vektörü	

2.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_s < T_r$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s / T_r < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için karelerin toplamının kare kökü kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için tam karesel birleştirme (CQC) kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır (Anonim, 2005).

Bu elastik çözümleme yöntemi, sistemin davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan cevabının ayrı ayrı elde edilmesinden sonra birleştirilmesi ile bulunabileceği esasına dayanır. Binalarda kütlelerin katlarda toplandığı kabul edilerek her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketi nedeniyle katlarda kütle merkeziyle rijitlik merkezinin etkisi de hesaba katılmış olur (Celep ve diğ., 2000).

Modal tepkiler analizlerde belirli kombinasyonlara göre yapılır. Bu kombinasyonlar farklı yönetmeliklerde kabul edilen belirli metotlara göre kullanılır.

- **Modal Kombinasyonlar**
- **Direkt Kombinasyonlar**
- **Modal Kombinasyonlar:** İstatistiksel modal kombinasyon metotlarıdır. Bu metotlarda her ülkenin kendi yönetmeliğindeki uygulamak istediği modal etkilerin matematiksel olarak formüle edilmesiyle elde edilen artırılmış veya azaltılmış ya da ortalama değer olarak alınan değerlerdir. Bu metotlar arasında en çok kullanılanlar aşağıdaki gibidir.

- CQC (Complete Quadratic Combination) : Tam karesel birleştirme
- SRSS (Square Root of Sum of Squares) : Karelerin toplamının karekökü
- ABS (Sum of the Absolute Value) : Mutlak değer
- GMC (General or Gupta Modal Combination) : Tam karesel birleştirme

$$\bullet \text{ SSRS} \quad : |R_{maks}| = \sqrt{\sum |R_i|^2} \quad (2.2)$$

$$\bullet \text{ GMC, CQC} : |R_{maks}| = \sqrt{\sum \sum R_i \cdot p_{ij} \cdot R_j} \quad (2.3)$$

$$\bullet \text{ ABS} \quad : |R_{maks}| = \sum |R_i| \quad (2.4)$$

$$\text{SSRS} : |R_{maks}| = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2} \quad (2.5)$$

$$\text{ABS} : |R_{maks}| = maks (R_1^* \cdot R_2^* \cdot R_3^*) \quad (2.6)$$

$$R_1^* = R_1 + \nu \cdot (R_2 + R_3) \quad (2.7)$$

$$R_2^* = R_2 + \nu \cdot (R_1 + R_3) \quad (2.8)$$

$$R_3^* = R_3 + \nu \cdot (R_1 + R_2) \quad (2.9)$$

$$\nu = 0 \div 1$$

R_i : Modal Etkiler

CQC: Modal sönümlemenin hesaba katıldığı bir yöntemdir. Bu hesap yönteminde modal sönümleme sıfır alınır aynı SRSS yöntemindeki gibi benzer bir hesap yöntemi oluşur. Nispeten yeni mod birleştirme yöntemi; Tam Kare Birleştirme (CQC) olup, bu yöntem ilk defa 1981 de yayınlanmıştır. Rasgele titreşim teorilerine dayanan ve mühendislerin çoğu tarafından geniş kabule mahzar olan bu yöntem, sismik analiz yapan modern bilgisayar programlarının çoğuna bir seçenek olarak girmiştir. Mod değerlerinden tipik bir kuvvetin pik değeri çift toplam denklemini uygulayarak, CQC yöntemi ile tahmin edilebilir. Mutlak değerlerin toplamı, çok kaba bir şekilde, bütün sonuçları gerçek değerinden fazla vermektedir. Buna karşılık CQC yöntemi, zaman tanım alanında kesin hesaba yakın ve çok gerçekçi değerler vermektedir (Wilson, 2000).

SRSS: Modal sönümlemenin hesaba katılmadığı bir hesap yöntemidir ve dolayısıyla değer sıfır olmaktadır. Bir yapıdaki kuvvet veya deplasmanın pik değerini tahmin etmek için kullanılan en korunumlu(güvenli tarafta kalan) yöntem, modal davranış büyüklüklerinin mutlak değerlerinin toplamını kullanmaktır. Bu yaklaşım, bütün modlar için maksimum mod değerlerinin aynı anda oluştuğunu kabul eder. Bir diğer çok yaygın yaklaşım ise (SRSS), deplasman veya kuvvetlerin değerlerini tahmin etmek için, maksimum mod değerlerinin karelerinin toplamının karekökünü kullanmaktır. SRSS yöntemi, bütün maksimum mod değerlerinin istatistiksel olarak bağımsız olduklarını kabul eder. Çok sayıda frekansın hemen hemen özdeş olduğu üç boyutlu yapılarda bu kabul doğrulanmaz. SRSS yöntemi, yükler doğrultusunda olan taban kesme kuvvetlerini, gerçek değere göre yaklaşık olarak yüzde 30 a kadar eksik ve yüklere dik doğrultudaki taban kesme kuvvetlerini ise on misli kadar fazla hesaplamaktadır (Wilson, 2000).

ABS : Bu hesapta modal sonuçlar mutlak değerler toplamıdır.

GMC: Bu hesap yönteminde de modal sönümleme hesaba katılır ve büyük frekanslardaki modlar arasında oluşan modal tepkiler birbirleri ile yüksek bir ilişkilendirme yapılarak hesabı yapılır.

- **Direkt Kombinasyonlar:** Bu tür kombinasyonda, farklı yönlerdeki ivmesel yükleride içine alan ve diğer yönlerdeki modal etkilerin hesaba katılarak analizinin yapılmasıdır.

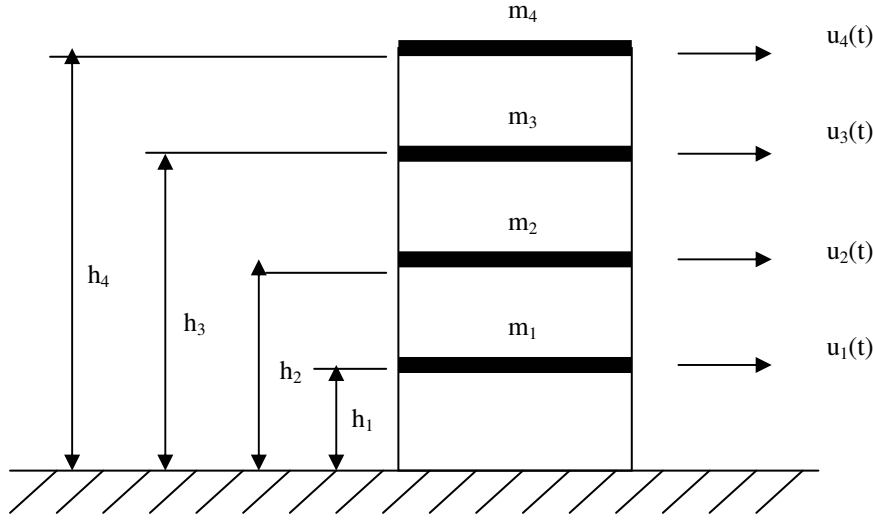
SRSS: Tek yönlü yapılan kombinasyon tekniğidir ve yükleme yönüne göre bağımsız olarak yapılan hesaplama yöntemidir.

ABS: Farklı yönlerdeki oluşan modal etkileride hesaba katan bir analiz yöntemidir. Tek bir yön için yapılan hesabın farklı yönlerde de belirli bir oran arttırarak uygulanmasıyla oluşan ve iki veya üç yönde de oluşabilecek durumları da inceleyebilen hesaptır.

Mod birleştirme yöntemi, modal analizdeki bulunan yapının her modunun ayrı ayrı hesaplanıp ve daha sonra bu modların istatistiksel olarak analize katılarak hesaplanmasıdır. Bu nedenle modal analizin nasıl olduğu ve hesabı basit bir analizle sunulacaktır.

- **Modal Analiz:** Modal analizde yapıların dinamik modları nümerik analiz metotlarından olan eigen vektörleri ve ritz vektörleri metoduyla bulunur. Bu analiz metotlarına kadar ve sonrasında yapılan hesap şekli aşağıdaki gibi sunulmuştur.

İdealleştirme yapılmış bir yapıda kayma çerçevesi halinde 4 katlı bir yapı incelenecektir. Yapıdaki katlar rijit bir kiriş gibi kabul edilerek kat sayısı kadar serbestlik derecesi tanımlanmıştır.



Sistem eşitlikleri matris formunda yazıldığında,

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 & 0 \\ 0 & -c_3 & c_3 + c_4 & -c_4 \\ 0 & 0 & -c_4 & c_4 \end{bmatrix} \quad \text{bulunur.}$$

m = Kat kütleleri, c = Sönümleme, k = Rijitlik

Serbestlik derecesi fazla olan çözümü karışık sistemlerde, eşitlikler ayrılmalı ve kendi içinde bireysel çözümler yapılmalıdır. Bu analizde esas olan eigen vektörleri değerleridir. Bu çözüm; sistemin modlarının bulunması, eğilme şeklinin belirlenmesi ve yapının frekansının bulunmasını sağlar.

$$[K - \omega^2 M] \phi = 0 \quad (2.11)$$

Sadece modal özellikleri bulunan sistemin tepkisinin bulunabilmesi için belirli değerlerin yerine yazılması gerekir. Bu durumda yer hareketinin yapıda oluşturduğu tepkiyi belirlemek için farklı formlardaki hareket denklemlerinin gerekli olan nümerik integrasyon teknikleri ile çözülmesi gerekir (Erdal, 1991).

$$\begin{aligned} u(t) &= \phi q(t) \\ \dot{u}(t) &= \dot{\phi} \dot{q}(t) \quad M\ddot{u}_t + C\dot{u}_t + Ku_t = F_t \text{ Bu metotlar,} \\ \ddot{u}(t) &= \ddot{\phi} \ddot{q}(t) \end{aligned} \quad (2.12)$$

- **Newmark**
- **Wilson**
- **Collocation**
- **Hilber – Hughes Taylor**
- **Chung and Hulbert dir.**

Bir çok kullanılan hareket interpolasyon metotları farklı temellere dayanan metotlardır ve bu metotlar arasından newmark metoduna kısaca değinilecektir.

- **Newmark Metodu**

$$\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + [(1 - \gamma)\Delta_t] \ddot{u}_i + (\gamma\Delta_t) \ddot{u}_{i+1} \quad (2.13)$$

$$u_{i+1} = u_i + (\Delta_t) \dot{u}_i + [(0.5 - \beta)(\Delta_t)^2] \ddot{u}_i + [\beta(\Delta_t)^2] \ddot{u}_{i+1} \quad (2.14)$$

Yukarıdaki parametreler β ve γ newmark parametreleridir. İvme ve zaman adımları arasındaki ilişkiye bağlıdır.

$$\gamma = \frac{1}{2} \quad \& \quad \beta = \frac{1}{4} \quad \text{Normal bir ivme değeri için,} \quad (2.15)$$

$$\gamma = \frac{1}{2} \quad \& \quad \beta = \frac{1}{6} \quad \text{Lineer bir ivme değeri için kullanılır.} \quad (2.16)$$

Bu iki eşitlik ve hareket denklemi verilen zaman adımlarında, yerine konulduğunda her i durumu için ve sonraki gelecek olan i+1 durumu için gerekli olan eğilme değerlerinin çözümü bulunur. Newmark 'daki denge durumları için;

$$\frac{\Delta_t}{T_n} \leq \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\gamma - 2\beta}} \quad T_n = \text{Sistemin doğal periyodu.} \quad (2.17)$$

Her iki durumda da tepkisel denge durumu için;

$$\gamma = \frac{1}{2} \quad \& \quad \beta = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{\Delta_t}{T_n} \leq \infty \quad \& \quad \gamma = \frac{1}{2} \quad \& \quad \beta = \frac{1}{6} \rightarrow \frac{\Delta_t}{T_n} \leq 0.551 \quad (2.18)$$

Bu metottaki iterasyonlar belirlenmiş olan dört adımda gerçekleşir(Chopra, Anil 2001).

Çizelge 2.2. Newmark Metodu

1. İlk Durum İçin Çözümler ($i = 0$).

$$\begin{aligned} u(0) &= u_0 \\ \dot{u}(0) &= \dot{u}_0 \\ \ddot{u}(0) &= M^{-1}[P(0) - C\dot{u}(0) - Ku(0)] \end{aligned}$$

2. İlk Analiz.

$$\begin{aligned} \hat{K} &= K + \frac{\gamma}{\beta\Delta_t} C + \frac{1}{\beta(\Delta_t)^2} M \\ A &= \frac{1}{\beta\Delta_t} M + \frac{\gamma}{\beta} C \\ B &= \frac{1}{2\beta} M + \Delta_t \left[\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right] C \end{aligned}$$

3. Her bir i adımı için analiz yapılır.

$$\begin{aligned} \Delta u_i &= K^{-1}[\Delta P_i + A\dot{u}_i + B\ddot{u}_i] \\ \Delta \dot{u}_i &= \frac{\gamma}{\beta\Delta_t} \Delta u_i - \frac{\gamma}{\beta} \dot{u}_i + \Delta_t \left(1 - \frac{\gamma}{2\beta} \right) \ddot{u}_i \\ \Delta \ddot{u}_i &= \frac{1}{\beta(\Delta_t)^2} \Delta u_i - \frac{1}{\beta\Delta_t} \Delta \dot{u}_i - \frac{1}{2\beta} \ddot{u}_i \end{aligned}$$

4. Farklı adımlar için üçüncü durumdan sonra her adım için tekrar edilir.

$$\begin{aligned} u_{i+1} &= u_i + \Delta u_i \\ \dot{u}_{i+1} &= \dot{u}_i + \Delta \dot{u}_i \\ \ddot{u}_{i+1} &= \ddot{u}_i + \Delta \ddot{u}_i \end{aligned}$$

2.4.3. Zaman Tanım Alanında Analiz

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılır. Hesaplama en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılır ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınır (Aksel, 1993).

Özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır.

a) İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi; ivmelerin zarfları ± 0.05 g den az olmamak koşulu ile, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

b) Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için, tanımlanan $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90'ından az olmayacaktır. Ancak, zaman tanım alanında doğrusal elastik hesap yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri ile hesaplanacaktır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları, bu yönetmeliğin genel felsefesi çerçevesinde, geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir (Anonim, 2005).

Zaman tanım alanında hesap yönteminde afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikteki ana kuralların ötesine geçilerek deprem mühendisliği bilgileri ile gerçek veya üretilmiş bir deprem kaydının kullanılması gerekir. Boyutlama sırasında gerçek deprem kaydının esas alınması, hesaba esas olan deprem büyüklüğü, merkez üssü ve odak uzaklığı, kaynak mekanizması ve zemin koşullarının gerçek durumla en iyi bir şekilde uyuşturulması bakımından tercih edilir. Böylece pek çok belirsizlik önlenmiş olur. Deprem kaydının bulunmaması durumunda, deprem hareketinin rasgele bir titreşim kabul ederek yapay deprem kayıtları elde edilebilir. Genellikle deprem hareketinin, başlangıç ve son devreleri dışındaki orta bölümü kararlı rasgele titreşim olarak alınır. Ancak bu durum da, yapay depremin büyüklüğü ve frekans içeriği hakkında kabuller yapmak gerekir (Celep ve ark., 2000).

Zaman tanım alanında analiz yöntemine ilave olarak artımsal itme analizi esas alınarak analizler yapılır. Bu analizler doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerdir. Doğrusal elastik olmayan analizde, yığılı plastik davranış hipotezi(plastik mafsallı hipotezi) esas alınır. Buna göre çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılır. Bu tür analizlerde eşdeğer deprem yükü için artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi için artımsal mod birleştirme yöntemi, zaman tanım alanında analiz için ise zaman tanım alanında artımsal hesap yöntemleri kullanılır (Anonim, 2005).

Zaman Tanım Alanında Artımsal Hesap Yöntemi: Taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin artımsal olarak adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana

gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır (Anonim, 2005).

Zaman tanım alanındaki analiz yöntemlerinde kullanılan deprem ivme kayıtları iki metoda göre elde edilir.

- **Sabit Ortalama İvme Yöntemi**
- **Doğrusal İvme Değişimi Yöntemi**

2.4.3.1. Sabit Ortalama İvme Yöntemi

Bu analiz yönteminde, t ve $t + \Delta_t$ zaman aralığında ivme değişimi için yaklaşım yapılarak bir sabit ortalama değer kabul edilir. Bu kabule göre, rijitlik ve yük artımı matrisleri;

$$k^*(t) = k(t) + \frac{2}{\Delta_t} c(t) + \frac{4}{(\Delta_t)^2} m \quad (2.19)$$

$$\Delta_p^*(t) = -m\Delta\ddot{v}_g(t) + m \left[\left[\frac{4}{\Delta_t} \dot{v}(t) + 2v(t) \right] + 2c(t) \right] + 2c(t)\dot{v}(t) \quad \text{olarak yazılır.} \quad (2.20)$$

$$k^*(t) = \Delta_p^*(t) \quad \text{eşitliğinden faydalanarak, gerekli bağlantılar bulunur.} \quad (2.21)$$

Burada hız artım matrisi için ;

$$\Delta_{v(t)} = \frac{2}{\Delta_t} \Delta_{v(t)} - 2\dot{v}(t) \quad \text{denklemleri yazılır.} \quad (2.22)$$

2.4.3.2. Doğrusal İvme Değişimi Yöntemi

Bu analiz yönteminde, t ve $t + \Delta_t$ zaman aralığında ivmenin doğrusal değiştiği kabul edilir. Burada, bir önceki kısımda olduğu gibi rijitlik ve yük artım matrisi,

$$k^*(t) = k(t) + \frac{3}{\Delta_t} c(t) + \frac{6}{(\Delta_t)^2} m \quad (2.23)$$

$$\Delta_p^*(t) = -m\Delta\ddot{v}_g(t) + m \left[\left[\frac{6}{\Delta_t} \dot{v}(t) + 3\ddot{v}(t) \right] + c(t) \left[3\dot{v}(t) + \frac{\Delta_t}{2} \ddot{v}(t) \right] \right] \quad (2.24)$$

denklemleri yazılır.

Her iki metot içinde zaman adımı sonunda yer değiştirme ve hız için;

$$v(t + \Delta_t) = v(t) + \Delta v(t) \quad (2.25)$$

$$\dot{v}(t + \Delta_t) = \dot{v}(t) + \Delta \dot{v}(t) \quad \text{denklemleri yazılır.} \quad (2.26)$$

Elde edilen yeni değerle, bir sonraki zaman adımında kullanılarak işlemlere devam edilir (Celep ve diğerleri, 1993)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Analizde Kullanılan Binaların Özellikleri

Bitişik nizamda yapılmış olan binaların depremde birbirlerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla Kahramanmaraş'ta uygulanan imar planına uygun düzendeki kat seçimlerine göre tasarlanmıştır. Bitişik yapılmış blokların deprem etkisi altında birbirlerine olan etkisini belirlemek amacıyla dört tip yapı türü kullanılmıştır. Kullanılan yapılar; mimari planlarına göre isimlendirilirse kare sistem, U sistem, T sistem ve L sistemleridir. Her yapı türü kendi içinde bloklara ayrılarak dizayn edilmiştir. Kullanılan yapı tiplerinin hepsinin blok sayıları birbirinden farklıdır. Kare sistem dört bloktan, U sistem üç bloktan, T sistem iki bloktan, L sistem 2 bloktan oluşmaktadır. Bu yapı tiplerinin her biri üç farklı bina yüksekliğinden oluşmaktadır. Bina yükseklikleri sırasıyla beş kat, yedi kat ve on kattır. İncelenecek olan her bir taşıyıcı sistem blokları x ve y yönleri için farklı mesafelerden oluşmaktadır. Bu durum, yapıda oluşacak burulmaların da dikkate alınmasını sağlayacaktır. Yapıda kullanılan kolonların ebatları (40x40), kiriş ebatları (25x60) ve döşeme kalınlığı da 15 cm olarak girilmiştir. Analizde kullanılan binaların yapısal özellikleri aşağıda sunulmuştur;

- Yapı yükseklikleri her modelde 15m(beş kat), 21m(yedi kat) ve 30m(on kat) olarak üç farklı yüksekliktedir.
- Yapı tipleri L,T,U ve kare şeklindedir.
- Yapı tipleri arasında 3 cm' lik deprem dilatasyon derzleri bırakılmıştır. Bu derzler her yapıda farklı sayıda kullanılmıştır. L ve T tipli yapılarda tek adet derz açıklığı, U tipinde üç adet derz açıklığı ve kare tipte dört adet derz açıklığı kullanılmıştır.
- Yapı yüksek sünek bir yapı olarak analizi yapılmıştır.
- Modellerde kullanılan betonun sınıfı BS20 ve donatı sınıfı BÇIII(S420) olduğu kabul edilmiştir.
- Betonun lineer elastik, homojen ve izotop malzeme olduğu kabul edilmiştir.
- Bina ölü yükleri 0.5 t/m^2 ve hareketli yükleri 0.2 t/m^2 olarak alınmıştır(Anonim, 1987).

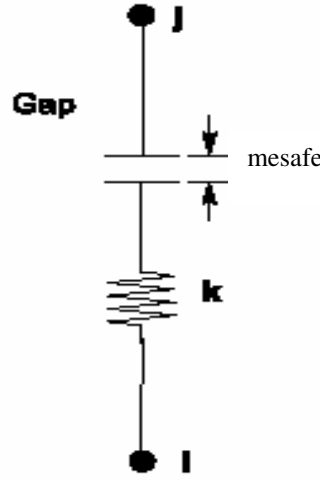
3.1.2. Hesapta Kullanılacak Analiz Programı

Tüm yapı tipleri ve blokların derzlerdeki birbirleri ile olan etkileşimi SAP2000 V9.1.6. analiz programı kullanılarak yapılmıştır.

3.1.3. Derz Modellemesinde Kullanılacak Olan Link(Gap) Elemanın Özellikleri

Bloklar arasındaki derzlerin modellenmesi için binaların zaman tanım alanındaki analizde oluşan her deplasman değerlerine karşılık gelen deformasyonları yanındaki yapıya aynen aktarması gerekmektedir. Kütle ağırlıkları kat seviyelerinde toplandığı kabul edilen bitişik nizamda yapılan binaların deprem esnasındaki etkileşimlerini incelemek üzere, derz boşluklarından binalar birbirlerine link elemanlarla bağlanmıştır. Her serbestlik derecelerindeki deformasyonlardan belirli yönler için sadece basınç kuvvetinin alındığı çekme kuvvetinin alınmadığı durumlarda kullanılan bir eleman türüdür. Bütün iç deformasyonlar bağımsız olarak oluşur.

Bir gap elemanın bir yönde açılıp veya kapanması diğer deformasyonların davranışını etkilemez (Anonim, 2002).



Şekil 3.1. Gap Elemanın Çalışma Şekline Örnek

Eğer doğrusal olmayan bir özellikteki tek serbestlik derecesi tanımlanmazsa, Bu serbestlik derecesinin etkin rijitliği doğrusal olarak oluşturulur ve bu değer sıfır olabilir.

Lineer olmayan kuvvet deformasyon ilişkisi

$$f = d + \text{mesafe} < 0 \quad \text{ise} \quad k(d + \text{mesafe})$$

degilse 0 Burada (3.1)

k = Yay sabitidir.

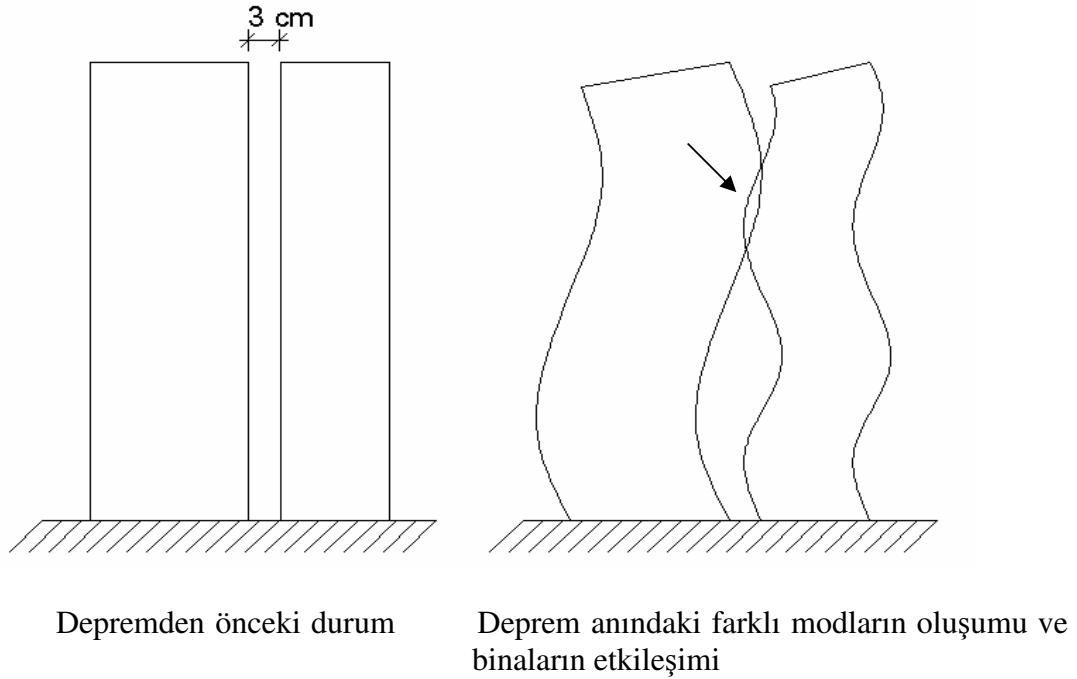
Open = Gap elemanın hareket mesafesidir. Bu değer sıfır veya pozitif olmalıdır.

3.2. Metot

3.2.1. Binaların ve Derzlerin Bilgisayarda Modellenmesi

Bitişik nizam şeklinde yapılmış yapıların derz boşluklarında kullanılan ve yapıları birbirine bağlayan link(gap) elemanlar, öngörülen basınç dayanımına kadar rijit ve bu dayanımın aşıldığı durumda öngörülen açıklık (gap) miktarı kadar serbest hareket edecek şekilde modellenmiştir. Basınç dayanım değeri yeterince büyük verildiği ve herhangi bir boşluk tanımlanmadığı takdirde, basınç kuvvetleri altında iki alan elemanı arasında sonsuz rijit bir yaslanma yüzeyi elde edilmiş olur (Tem Mühendislik, 2005).

Tüm yapı türlerinde, bloklar arasındaki deprem derzleri 3cm' dir. Bloklar arasındaki etkileşim, deprem derzi için bırakılan 3 cm lik boşluğu aştıktan sonra meydana gelir. Farklı mimarilerdeki bloklar farklı modlara girerler. Eğer bu yapı türleri boşluksuz bitişik olarak yapılırsa birbirleri ile etkileşimleri çok fazla olmaktadır. Bunun sonucunda modal deformasyonlar artış gösterir.



Şekil 3.2. Deprem Anında Yapılarda Oluşan Salınım

Binalar, yapının lineer olmayan bölgede analiz yapılacağı düşünülerek modellenmiştir. Bu nedenle yapıların mod durumları incelenerek hangi analizde ne kadar sönüm oranı girileceği belirlenmiştir. Yapıların modal analiz sonucundaki mod değerlerinin en farklı olduğu modlar, birinci modla altıncı mod arasındadır. Her iki mod arasındaki mod farkı, sönüm değerinin emniyetli bölgede seçilmesine olanak sağlamıştır. Bu sönüm, yapının deprem anındaki her ivme değeri için gerçekleşecek olan hareket denklemini oluşturarak; bulunmuş olan sönüm değerinin yerine konulması sonucu, yapının depremdeki hareketinin en yaklaşık ve emniyetli durumu göz önüne alınarak analizi yapılmasını sağlamıştır.

3.2.2. Yapı Modellerinde Uygulanan Analiz Yöntemleri ve Kabuller

Tüm modellerde, zaman tanım alanında analiz yöntemi uygulanmıştır. Her blok için deprem ivme kaydı olarak Düzce Depremi kullanılmıştır. İvme kayıtları Kandilli Rasathanesi'nin Bolu kayıt cihazından alınmıştır. Yöntem ve kabuller aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Modellerin Kahramanmaraş deprem bölgesinde olduğu kabul edilmiştir.
- 2) Zaman tanım alanında analiz yapılırken, Kandilli Rasathanesi'nin Bolu'daki istasyonundan alınan deprem yer ivme kayıtları kullanılmıştır.
- 3) Düzce depreminin deprem ivme kayıtlarında, en kuvvetli ivmelerin olduğu depremin 10 saniyelik kısmı alınmıştır.

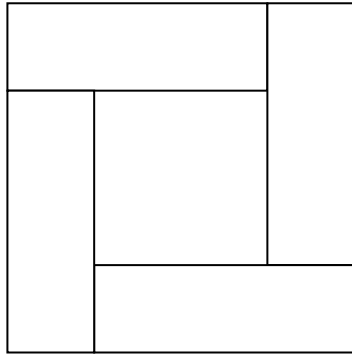
Diğer kayıtlar, bilgisayar analizinin uzun sürmesi dolayısıyla ihmal edilmiştir.

- 4) Bu 10 saniyelik deprem kaydı 0.01 adımla yapıp, toplam 1000 adımda çözülmüştür.

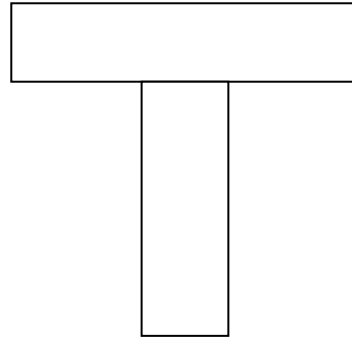
5) Dinamik analizde, her mod için %5 sönüm oranı olduğu kabul edilmiştir. Ancak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yaptığımızdan dolayı her mod için gerekli olan sönümleme miktarı ayrı ayrı analiz sırasında hesaplanmıştır.

- 6) Döşemeler, kendi düzleminde rijit diyafram olduğu kabul edilmiştir.
- 7) Kat kütlelerinin, her katın kütle merkezinde toplandığı kabul edilmiştir.
- 8) Statik ve dinamik analizler SAP2000 programıyla yapılmıştır.
- 9) Modeller kare, U, T ve L olmak üzere bitişik nizam yapılarda en çok kullanılan dört tip model seçilmiştir. Her model kendi içinde 3 kombinasyondan oluşmaktadır. Bu kombinasyonlar bina yüksekliğine göre belirlenmiştir. Analize esas olan yapılar Kahramanmaraş'ın imar planına uygun ve bölgede en çok inşa edilen yapı kat sayısıdır. Bu yapılar 10 kat, 7, kat, ve 5 katlıdır.

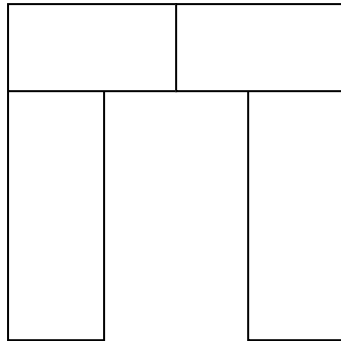
Şekil 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6 da verilen modellerde, bloklar arasındaki derzler, blokların birleştiği noktalarda çizilen koyu çizgilerle ifade edilmiştir.



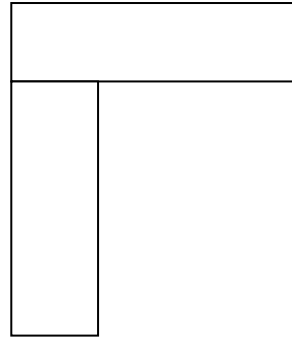
Şekil 3.3 Kare Model



Şekil 3.4 T Model



Şekil 3.5 U Model



Şekil 3.6 L Model

Modellerde analiz için kullanılan sönümlenmeler ve analizde kullanılan sönümlenmeler ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.2.3. Analizlerde Kullanılan Sönümlenmeler:

Dinamik analizde belirli bazı sönümlenme değerleri vardır. Bu sönümlenmeler yapılacak analiz türüne göre belirlenir. Farklı analizler için farklı sönümlenme değerleri kullanılır. Malzemenin sönüm değeri malzeme özelliklerine bağlıdır ve bütün analizi etkiler. Her analiz için belirli sönümlenme değerleri ilave edilebilir. Kullanılan sönümlenme değerleri sıralanırsa;

a) Modal Sönüm

- b) **Viskoz (Viscous) Sönüm**
 c) **Tersinir (Hysteretic) Sönüm**

a) **Modal Sönüm:** Bu sönüm türü malzemenin modal sönümlenme türüdür. Bu yöntem mod birleştirme yöntemini ve zaman tanım analizi yönteminin modal analiz metoduyla çözümlenmesine dayanır. Her malzemenin modal sönümleme parametreleri vardır. Bu parametreler malzemeye bağlı olarak veya matematiksel sınırlamalardan dolayı bazı sınır değerleri vardır. Bu parametreler aşağıdaki gibidir.

$$r_{ij} = \frac{r\phi_i^T K_j \phi_i}{K_i} \quad (3.2)$$

$$K_i = \sum_j \phi_i^T K_j \phi_i \quad (3.3)$$

r : Modal sönüm oranı $0 \leq r \leq 1$ arasında olmalıdır.

r_{ij} : Sönüm oranıdır. j elemanın i . moddaki katkısı r_{ij} dir.

Φ_i : i . mod için mod şeklidir.

K_j : j elemanı için rijitlik matrisidir.

K_i : i . mod için verilen modal rijitlik.

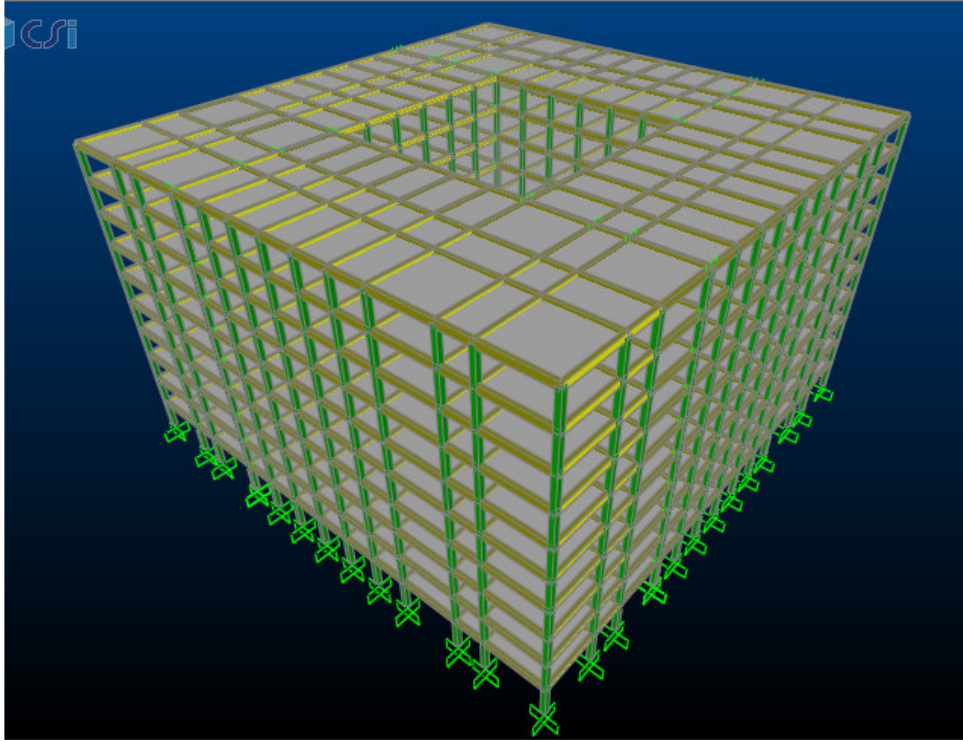
b) **Viskoz (Viscous) Sönüm:** Bina zaman tanım analizi yöntemine göre hesabı yapılacaksa ve analiz sırasında her zaman tanım aralığında oluşturulan denklemler direkt entegrasyon metoduna göre çözümlenecekse viskoz sönüm kullanılır. Her malzeme için belirli bir kütle katsayısı a , ve rijitlik katsayısı b belirlenebilir. Malzemenin j elemanı için sönüm matrisi aşağıdaki gibidir.

$$C_j = aM_j + bK_j \quad (3.4)$$

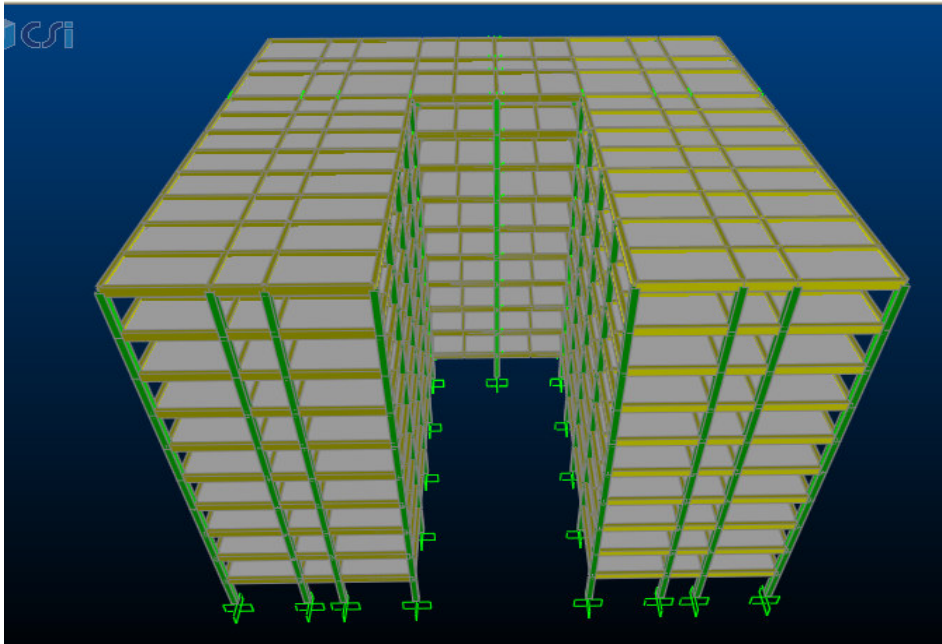
c) **Tersinir (Hysteretic) Sönüm:** Yapının analizi steady state ve power spectral density gibi frekansa dayalı analiz türü yapılacağı zaman kullanılması gereken bir sönüm türüdür. Bu sönümün hesabında her malzemenin kütle katsayısı g , ve bir rijitlik katsayısı h belirlenebilir. Tersinir sönüm malzemenin j elemanı için aşağıdaki gibidir (Anonim, 1995).

$$C_j = gM_j + hK_j \quad (3.5)$$

Modellerin analizinde zaman tanım alanında analiz metodu kullanılarak direkt integral yöntemi seçilmesiyle analiz yapılmıştır. Bu nedenle sönüm olarak viskoz sönüm kullanılmıştır.

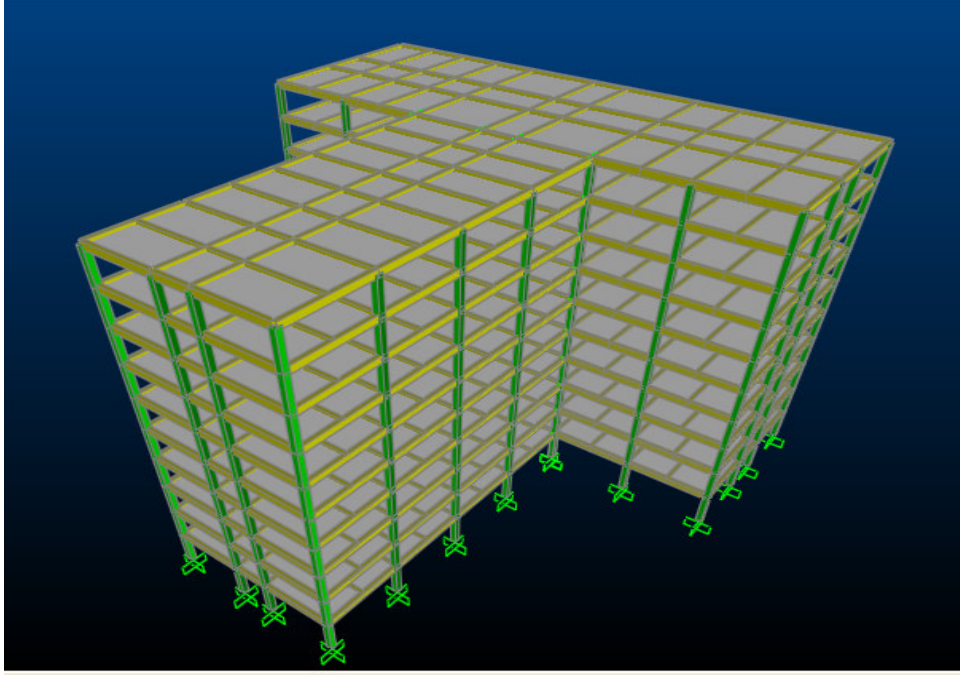


Şekil 3.7 Kare Model 10 Katlı

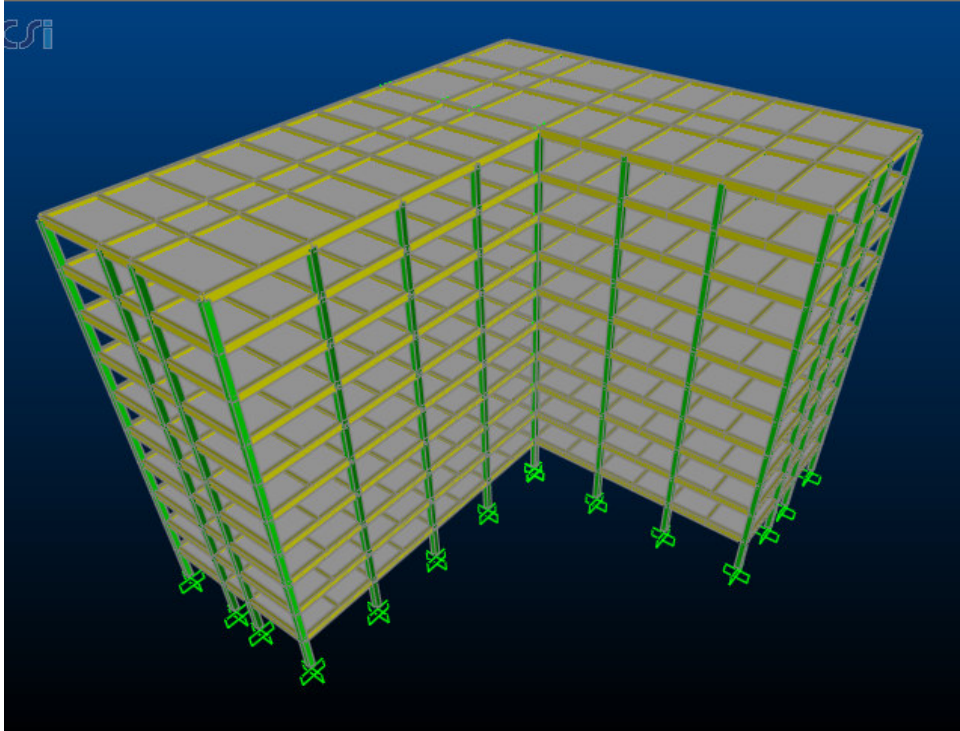


Şekil 3.8 U Model 10 Katlı

Zaman tanım alanında analiz yönteminde sönümlenme için kullanılan periyot değerleri Sir Rayleigh tarafından belirlenen yöntemlerle bulunmuştur. Sir Rayleigh bir yapının doğal periyodunu, yapının maksimum potansiyel enerjisi ile maksimum kinetik enerjisini eşitlemesiyle göstermiştir (Atımtay, 2001).



Şekil 3.9 T Model 10 Katlı



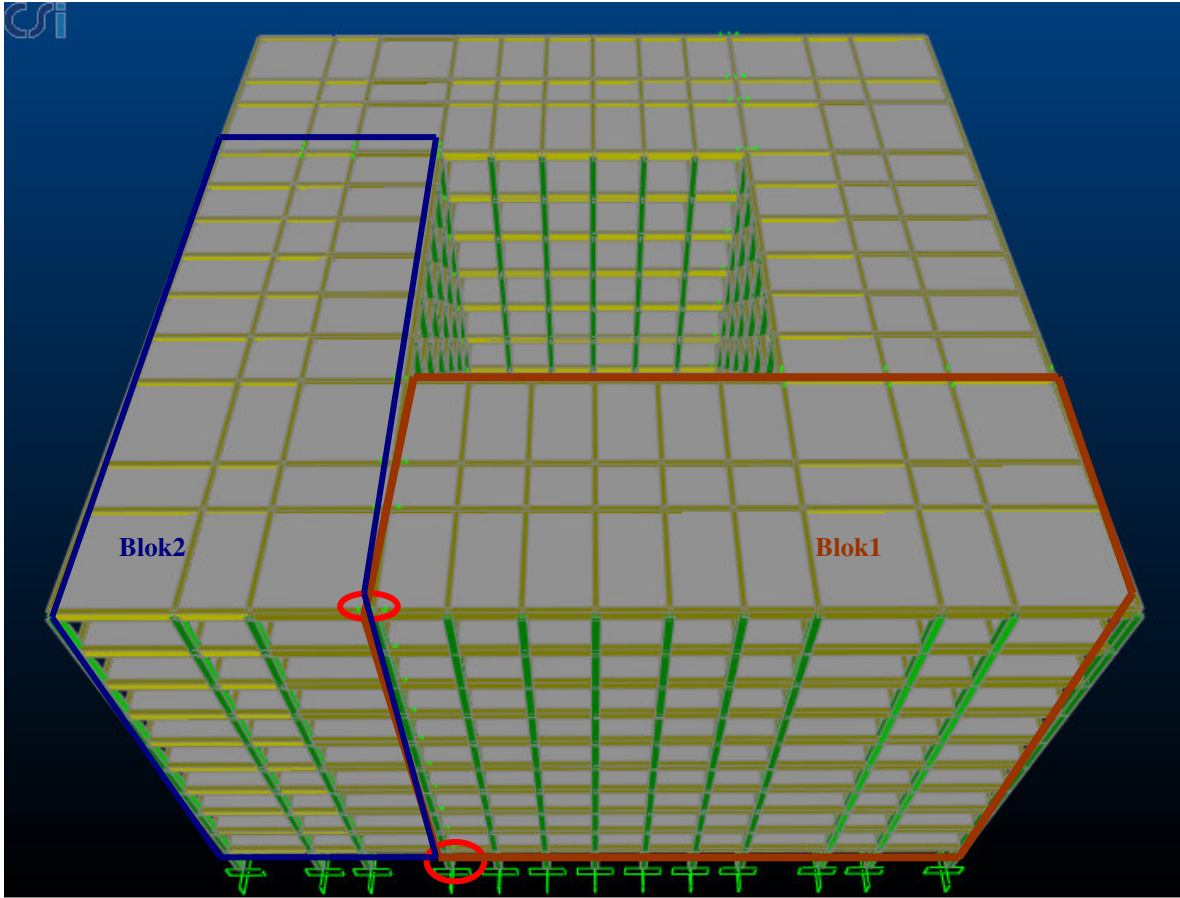
Şekil 3.10 L Model 10 Katlı

Modellerde görüldüğü gibi blokların birleşim bölgelerinde 3 cm'lik deprem dilatasyon derzleri bırakılmıştır. Deprem dilatasyon derzleri nedeni ile kare model 4 blok, U model 4 blok, T model 2 blok ve L model 2 blok olarak K.Maraş daki yapı sistemine göre tasarlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kare Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi

Kare tipi yapıda bulunan değerler şekil 4.1’de gösterilen blok 1 ve blok 2’ ye aittir. Yapının tepe noktası deplasmanı Δ_{maks} olarak daire içine alınan nokta kullanılmıştır. Kolon değerleri için M_{maks} , V_{maks} ve N_{maks} olarak daire içine alınan 1.kat kolonu kullanılmıştır. Kare tipin zaman tanım alanındaki doğrusal(lineer) analizinde blokların ayrı ayrı tek blok olarak analizi yapılmıştır ve bu analiz tablolarda ayrık nizam olarak göz önüne alınmıştır. Şekil 4.1’de verilen bitişik nizam şeklindeki yapının analizi zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

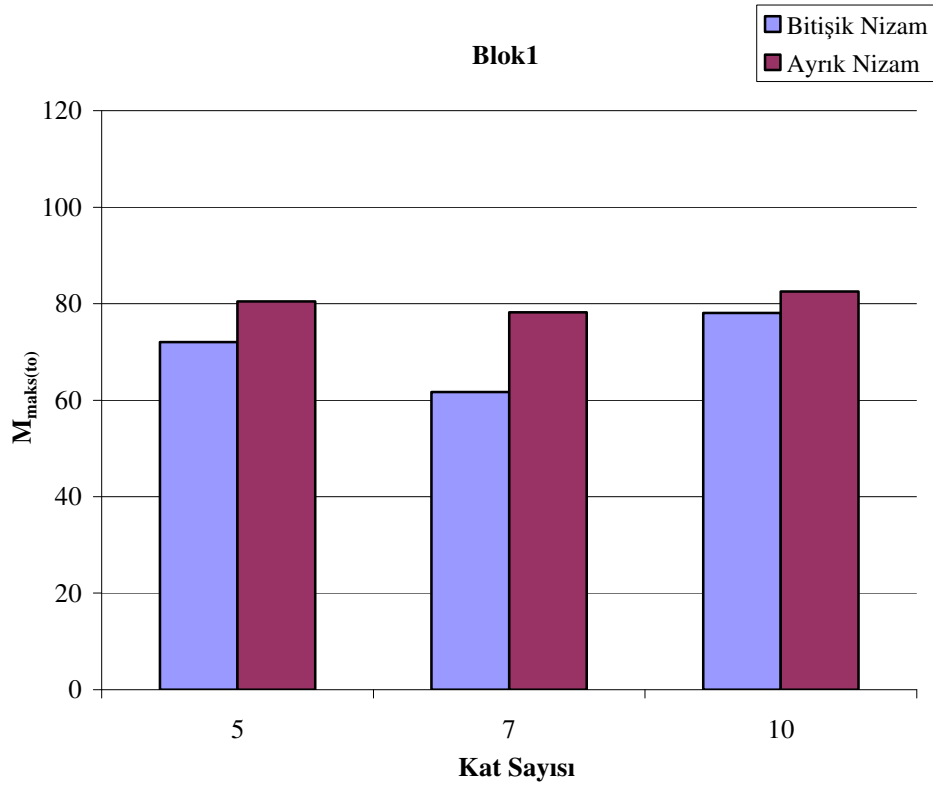


Şekil 4.1. Kare Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar

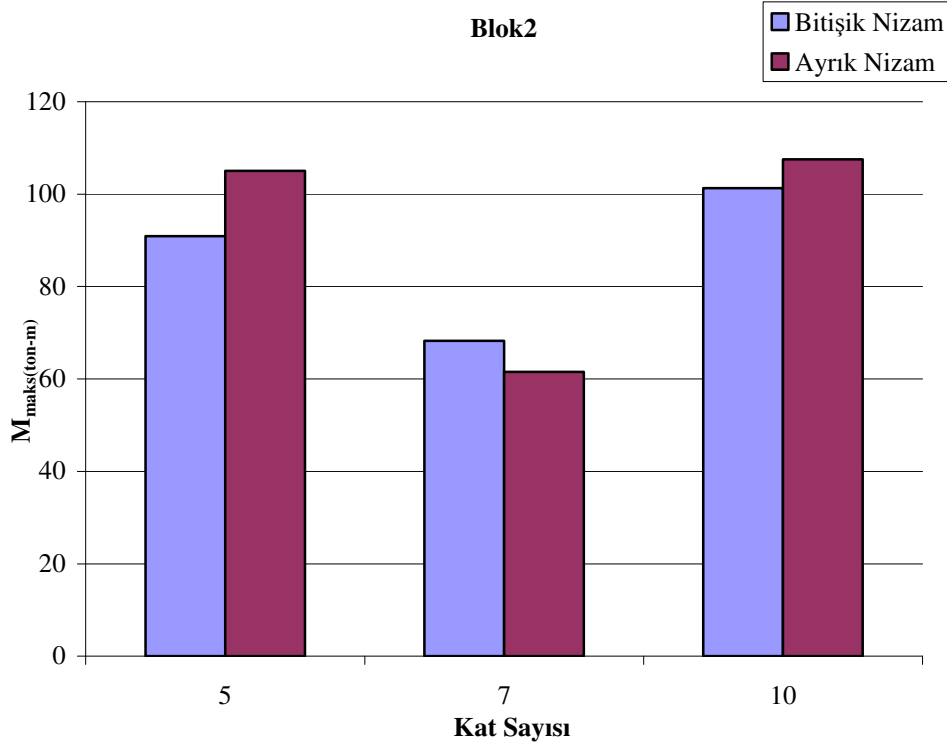
Yapı tiplerinin her katı için(5 kat, 7 kat, 10 kat) seçilen deplasman tepe noktası ve seçilen 1. kat kolon değerleri bulunmuştur ve tablolarda ayrı ayrı sunulmuştur. Bu tablo değerlerine karşılık gelen grafiklerde her yapı tipinde bulunan 1. blok ve 2. blok için değerlendirilmiştir. Bu belirtilen 1. blok ve 2. blok değerleri için bitişik nizam ve ayrık nizam olarak iki ayrı sütun grafiklerde her M_{maks} , V_{maks} , N_{maks} ve Δ_{maks} değerleri için çizilmiştir. Zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan (nonlinear) ve doğrusal (linear) analizde tepe noktası olarak seçilen nokta ve 1. kat kolonu olarak seçilen kolon, blokların birbirleri ile temas halinde oldukları dilatasyon derzlerinin bulunduğu yerlerden seçilmiştir.

Çizelge 4.1. Kare Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması

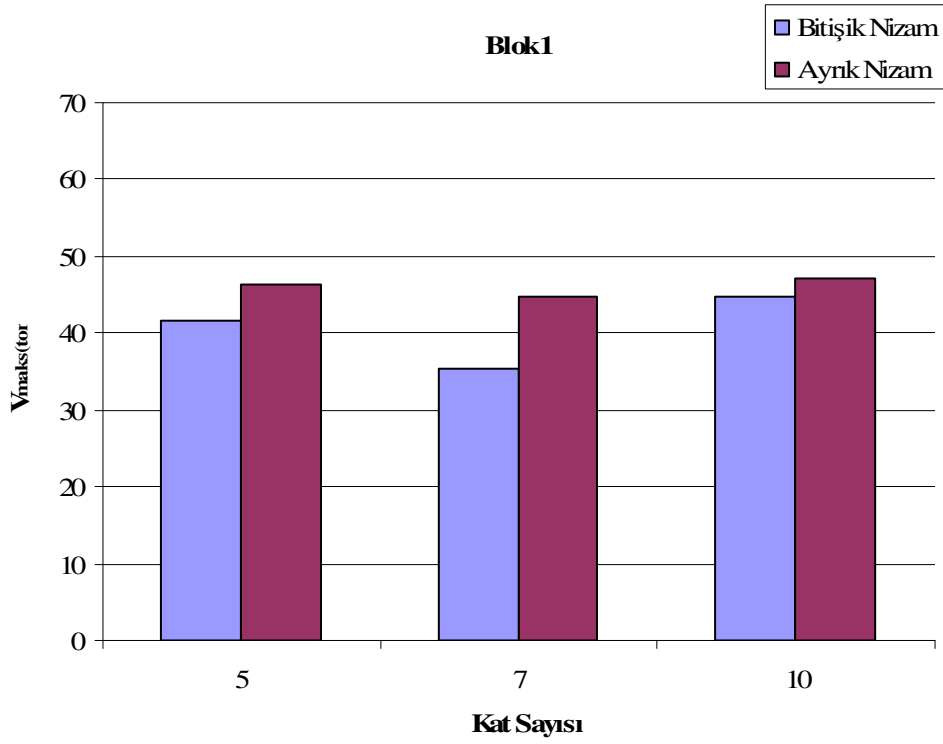
Kat Sayısı	KARE tipi															
	BİTİŞİK NİZAM								AYRIK NİZAM							
	Blok 1				Blok 2				Blok 1				Blok 2			
	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta
	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)
5	72.06	41.68	173.96	0.09	90.90	50.27	136.89	0.14	80.45	46.39	200.59	0.11	105.01	57.55	134.56	0.15
7	61.69	35.46	202.41	0.12	68.21	35.46	202.41	0.12	78.23	44.71	279.89	0.16	61.51	33.45	137.82	0.14
10	78.08	44.81	294.50	0.20	101.29	55.43	237.73	0.24	82.52	47.17	319.64	0.21	107.48	58.49	247.87	0.27



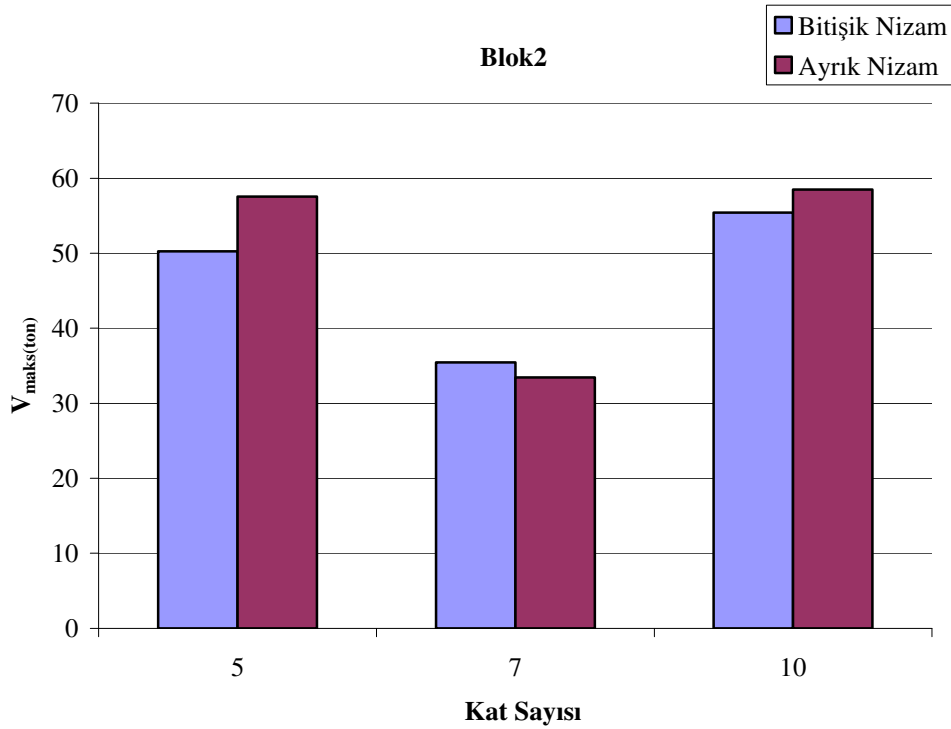
Şekil 4.2. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



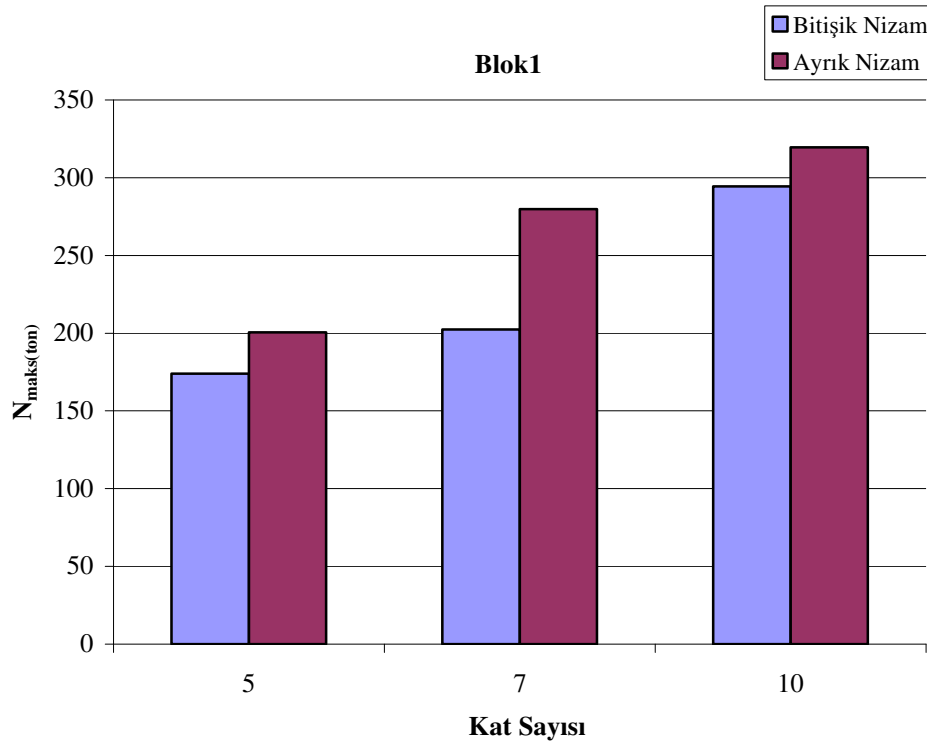
Şekil 4.3. Kare Tip’de Blok 2’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



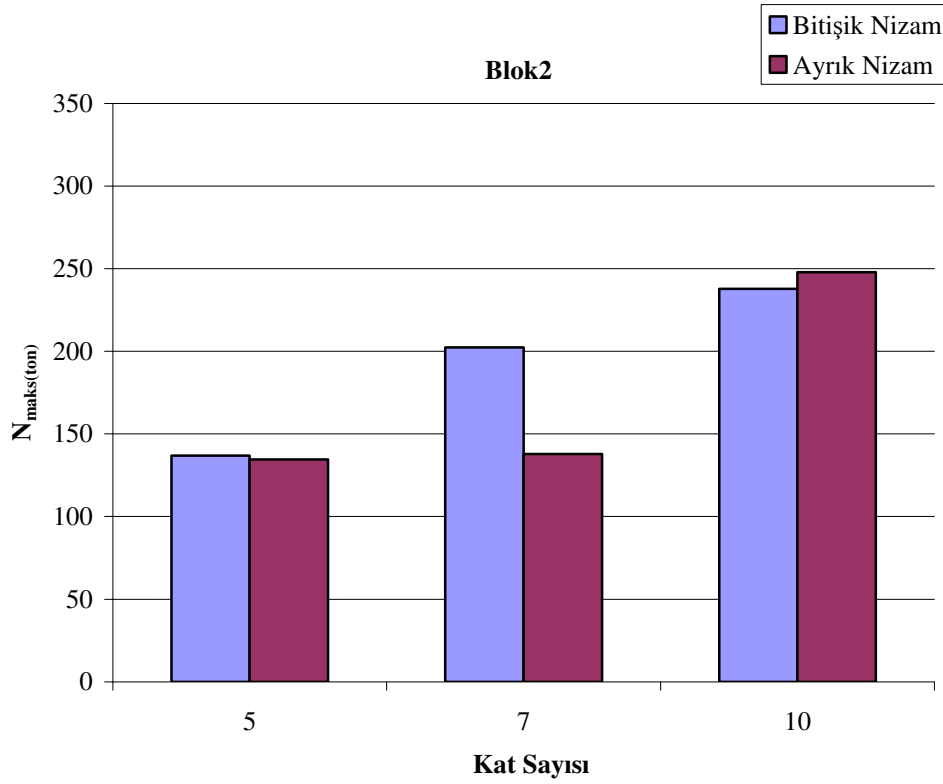
Şekil 4.4. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



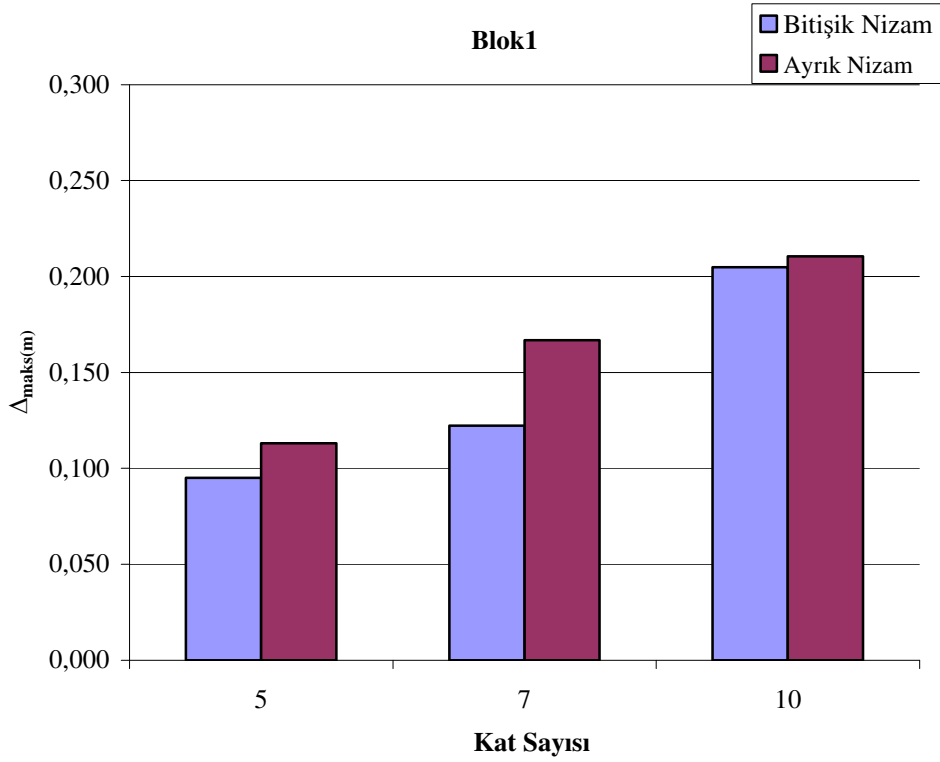
Şekil 4.5. Kare Tip’de Blok2’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



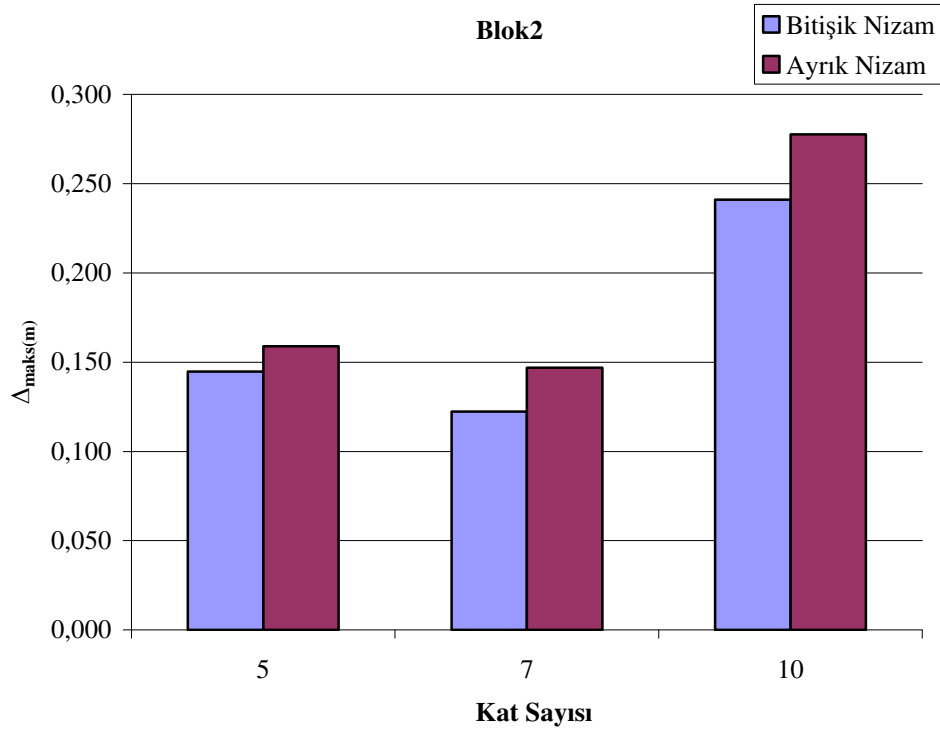
Şekil 4.6. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.7. Kare Tip’de Blok2’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



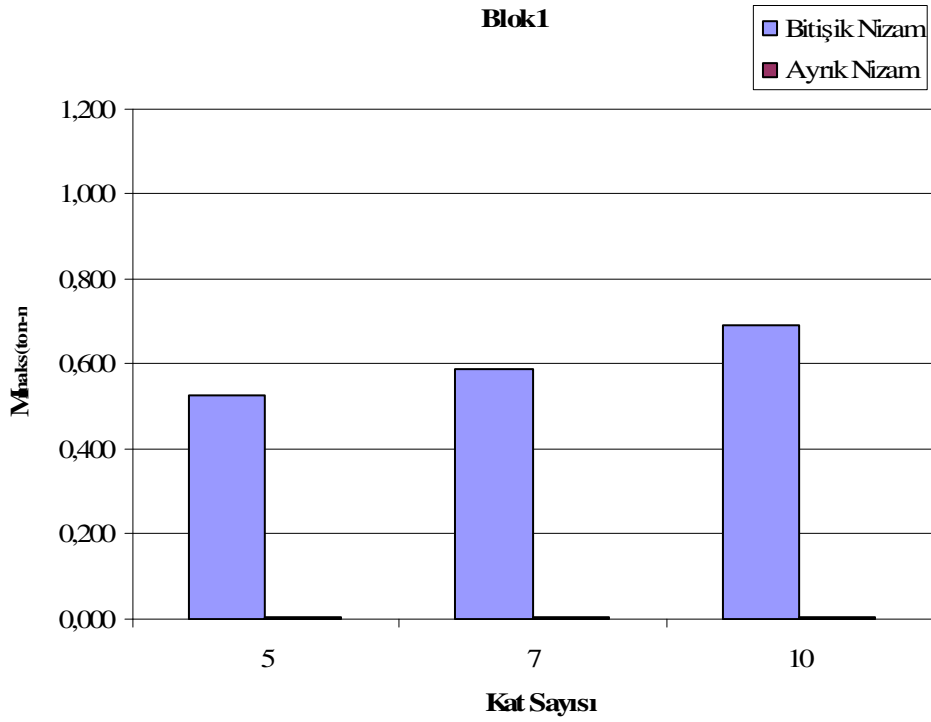
Şekil 4.8. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması



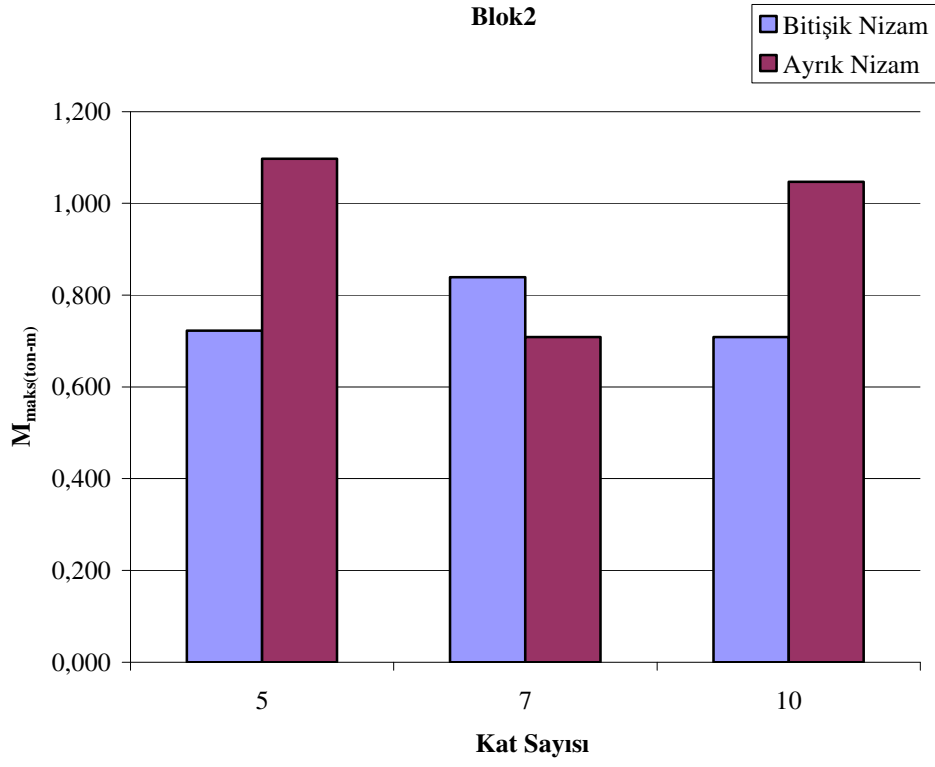
Şekil 4.9. Kare Tip’de Blok2’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması

Çizelge 4.2. Kare Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

BURULMA MOMENTLERİ				
Kat Sayısı	BİTİŞİK NİZAM		AYRIK NİZAM	
	Blok 1	Blok 2	Blok 1	Blok 2
	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)
5	0.526	0.723	0.006	1.097
7	0.590	0.839	0.005	0.708
10	0.690	0.709	0.006	1.047



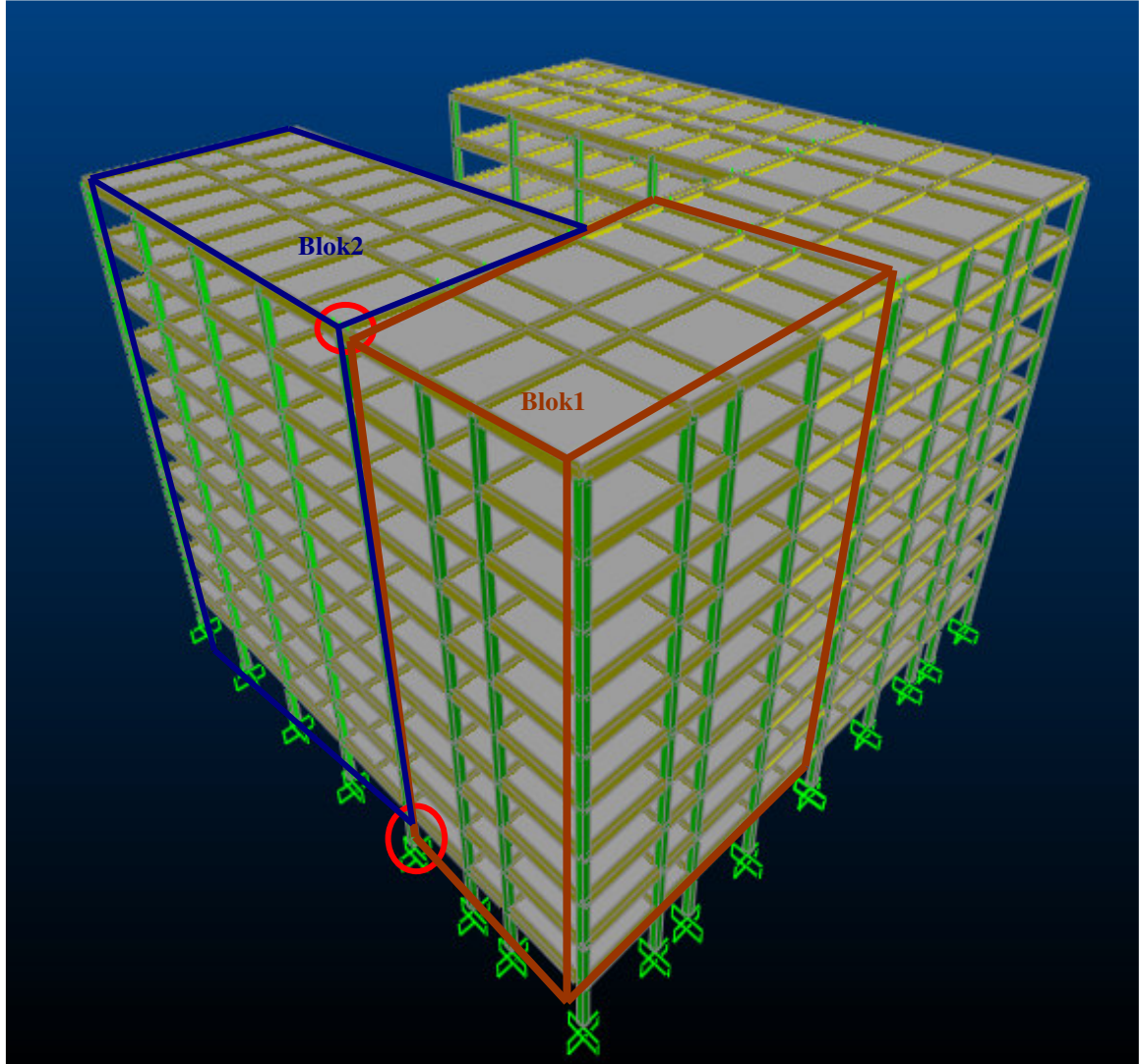
Şekil 4.10. Kare Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.11. Kare Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması

4.2. U Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi

Yapı tiplerinin her katı için(5 kat, 7 kat, 10 kat) yapının tepe noktası deplasmanı ve 1. kat kolona ait M_{maks} , V_{maks} ve N_{maks} değerleri bulunmuştur ve tablolarda ayrı ayrı sunulmuştur. Bu tablo değerlerine karşılık gelen grafikler her yapı tipindeki bulunan 1. blok ve 2. blok için değerlendirilmiştir. Bu belirtilen 1. blok ve 2. blok değerleri için bitişik nizam ve ayrık nizam olarak iki ayrı sütun grafiklerde her M_{maks} , V_{maks} , N_{maks} ve Δ_{maks} değerleri için çizilmiştir.

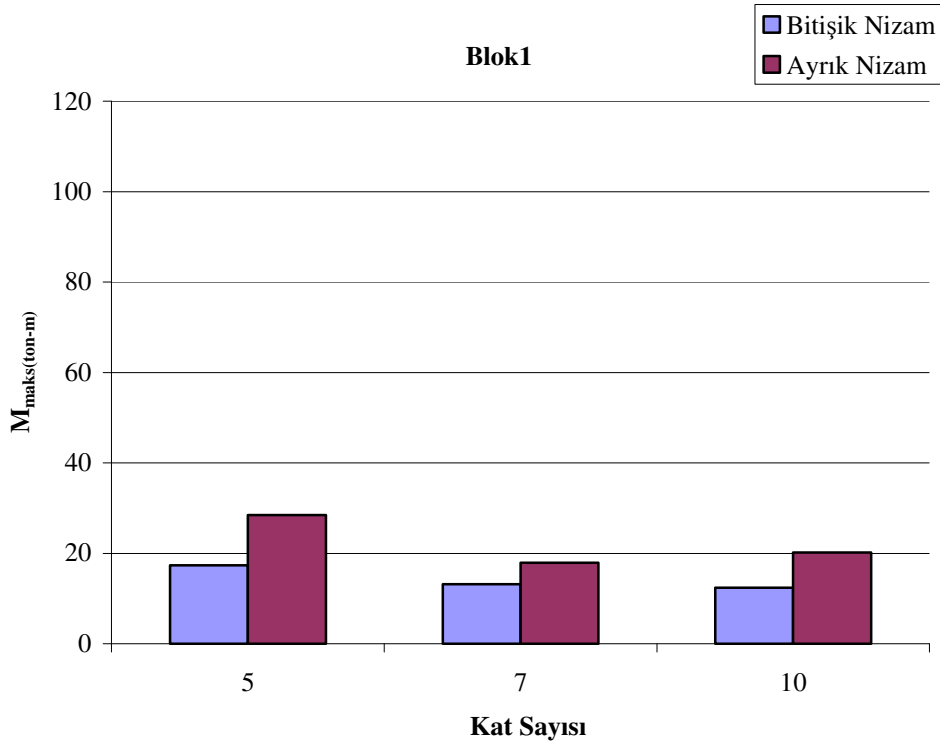


Şekil 4.12. U Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar

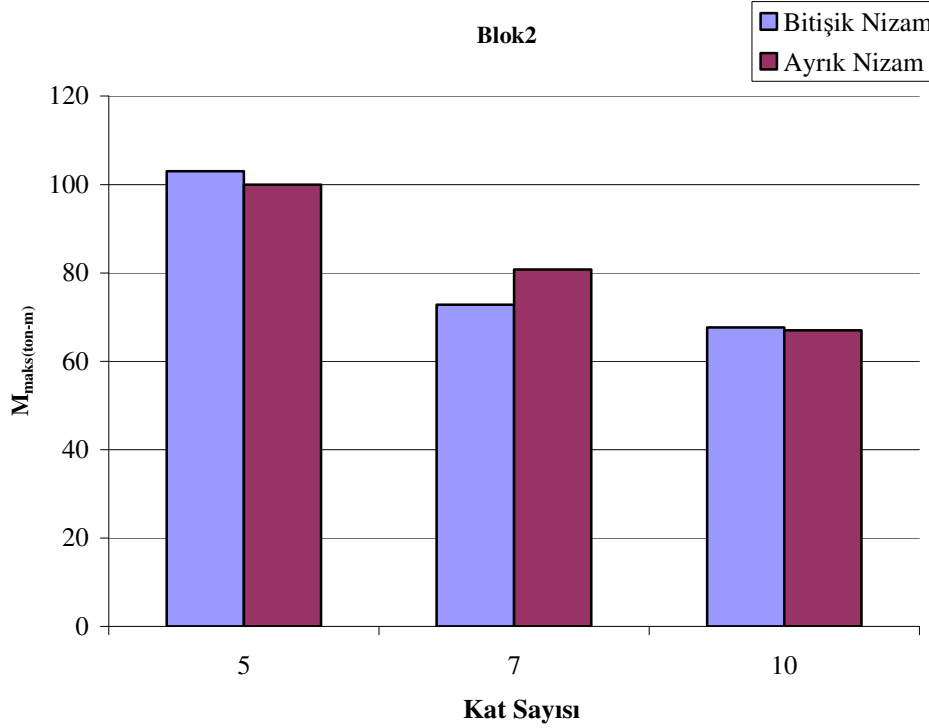
Zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan(nonlinear) ve doğrusal(lineer) analizde tepe noktası olarak seçilen nokta ve 1. kat kolonu olarak seçilen kolon, blokların depremde birbirleri ile temas halinde oldukları dilatasyon derzlerinin bulunduğu yerlerden seçilmiştir.

Çizelge 4.3. U Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması

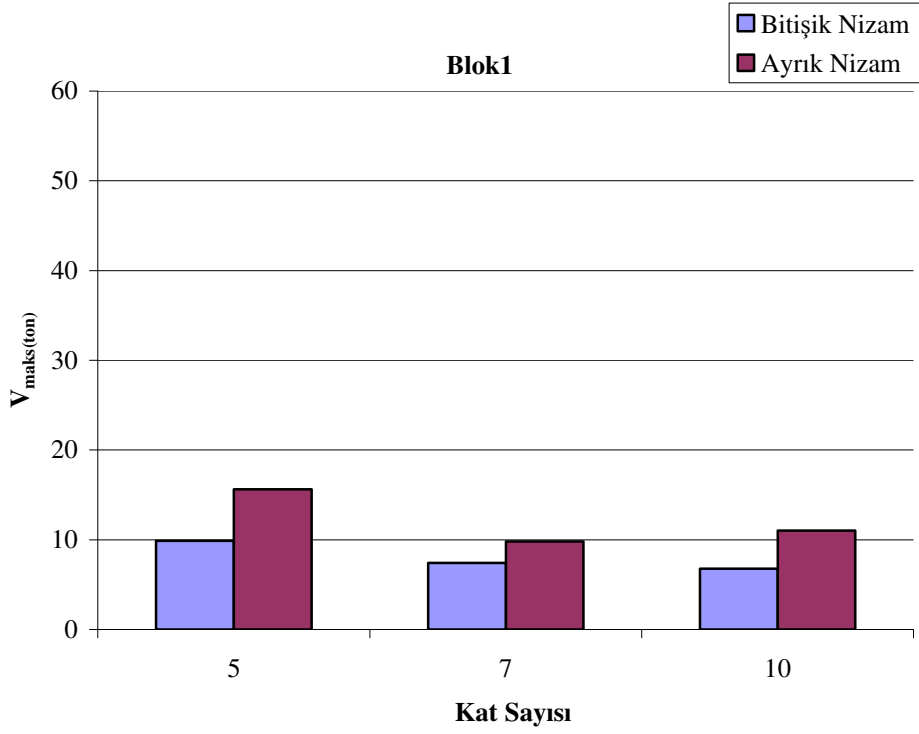
Kat Sayısı	U tipi															
	BİTİŞİK NİZAM								AYRIK NİZAM							
	Blok 1				Blok 2				Blok 1				Blok 2			
	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta	1. Kat Kolonu			Tepe Nokta
	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)
5	17.38	9.89	140.50	0.14	103.04	55.33	137.92	0.17	28.48	15.62	122.35	0.11	99.98	53.14	134.57	0.17
7	13.17	7.42	153.68	0.16	72.80	39.00	154.21	0.18	17.91	9.80	155.09	0.18	80.76	43.04	139.21	0.18
10	12.39	6.80	186.16	0.19	67.68	35.92	155.37	0.21	20.20	11.02	220.50	0.21	67.00	35.56	153.91	0.21



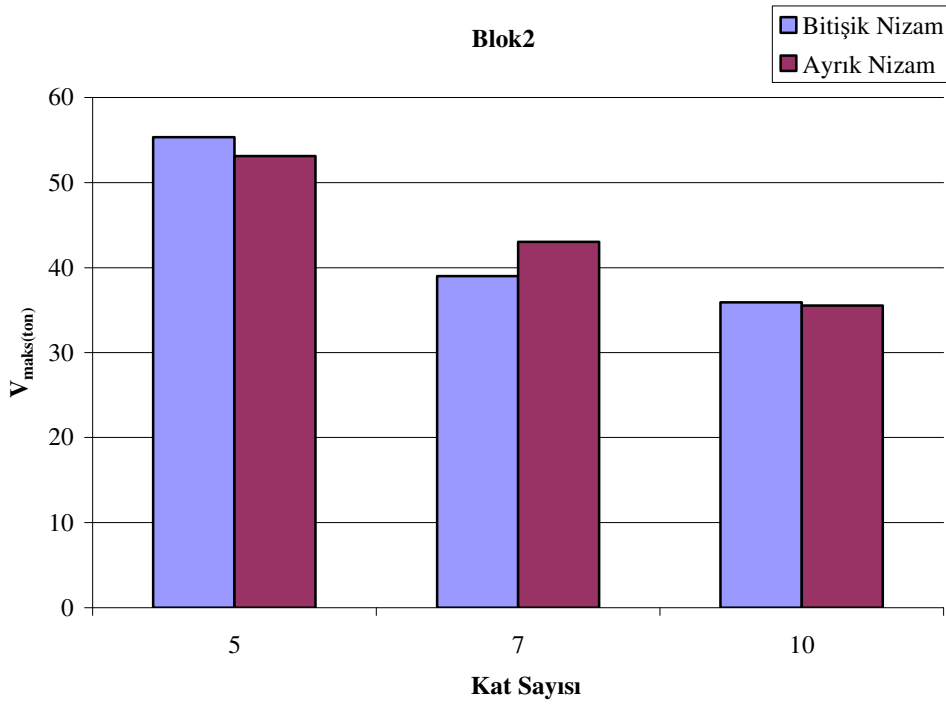
Şekil 4.13. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



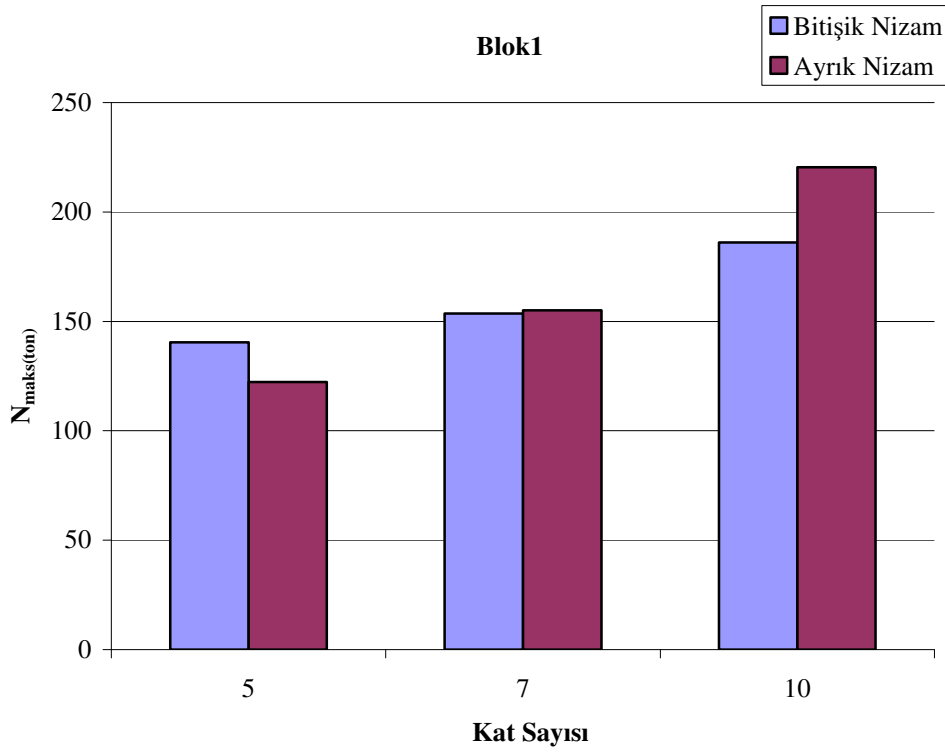
Şekil 4.14. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



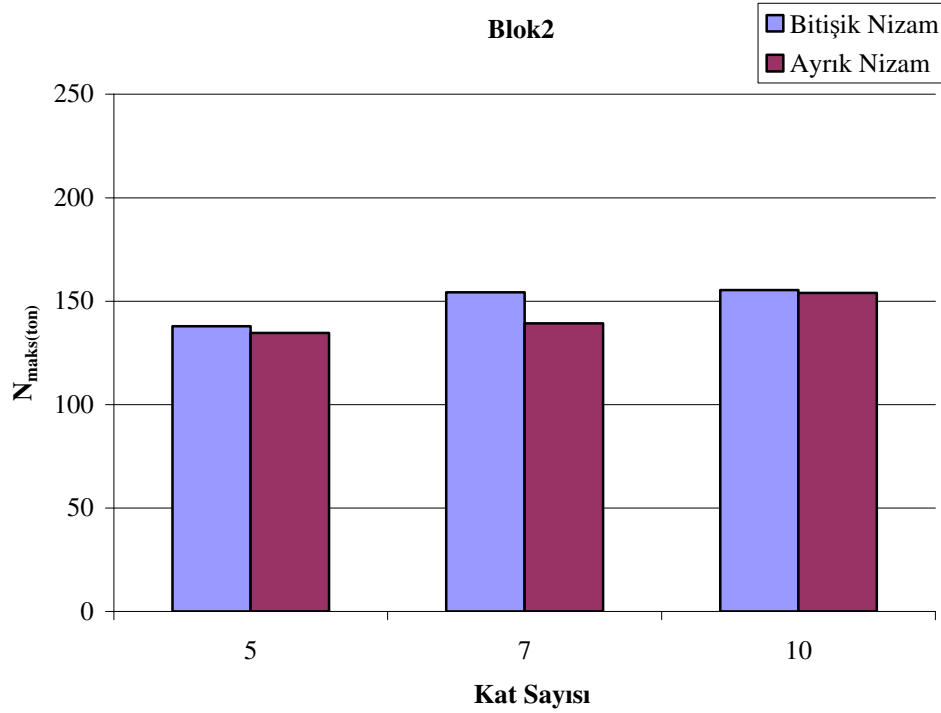
Şekil 4.15. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



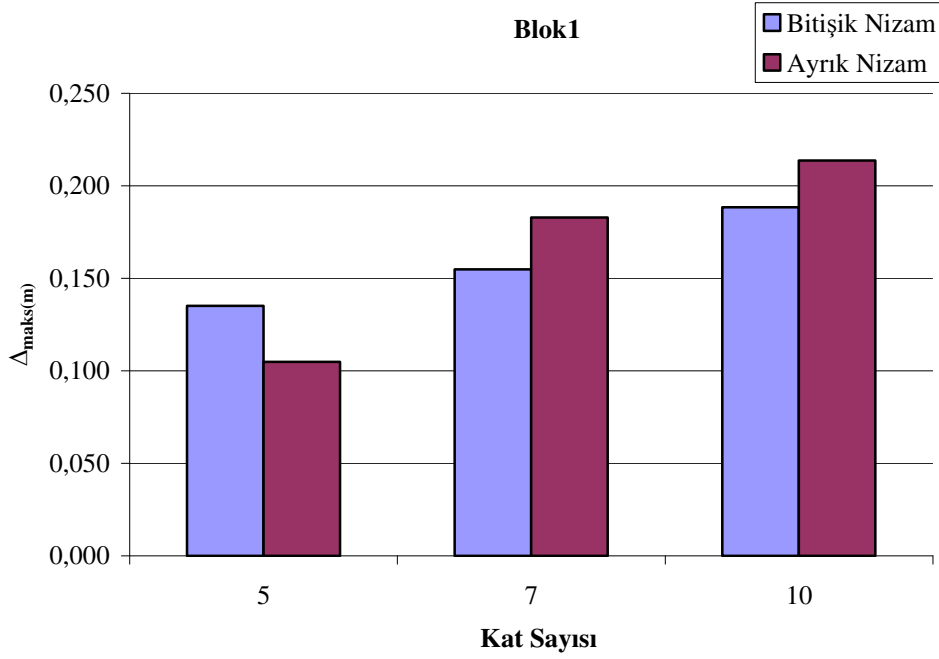
Şekil 4.16. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



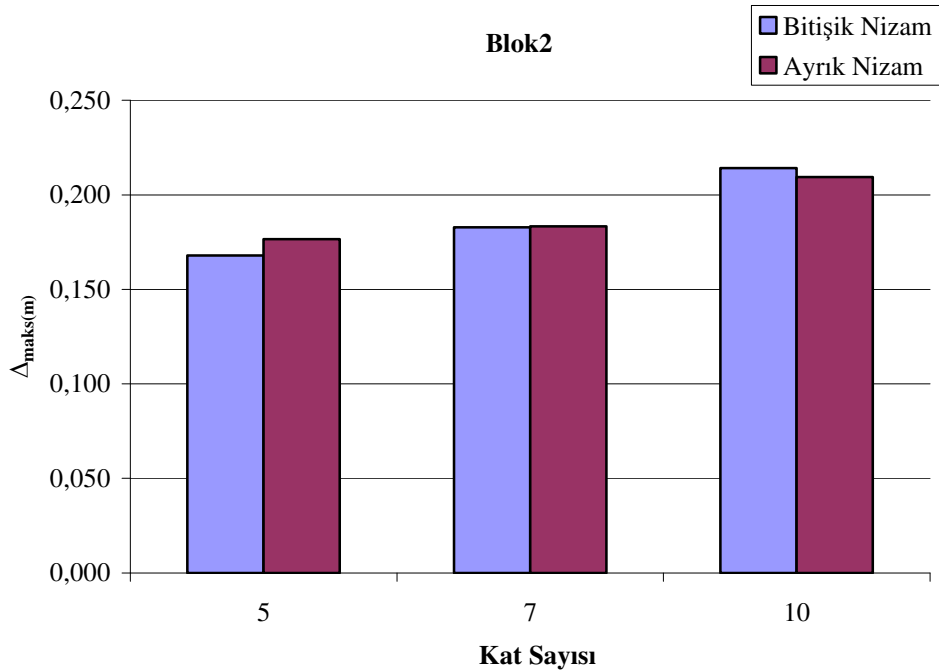
Şekil 4.17. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.18. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



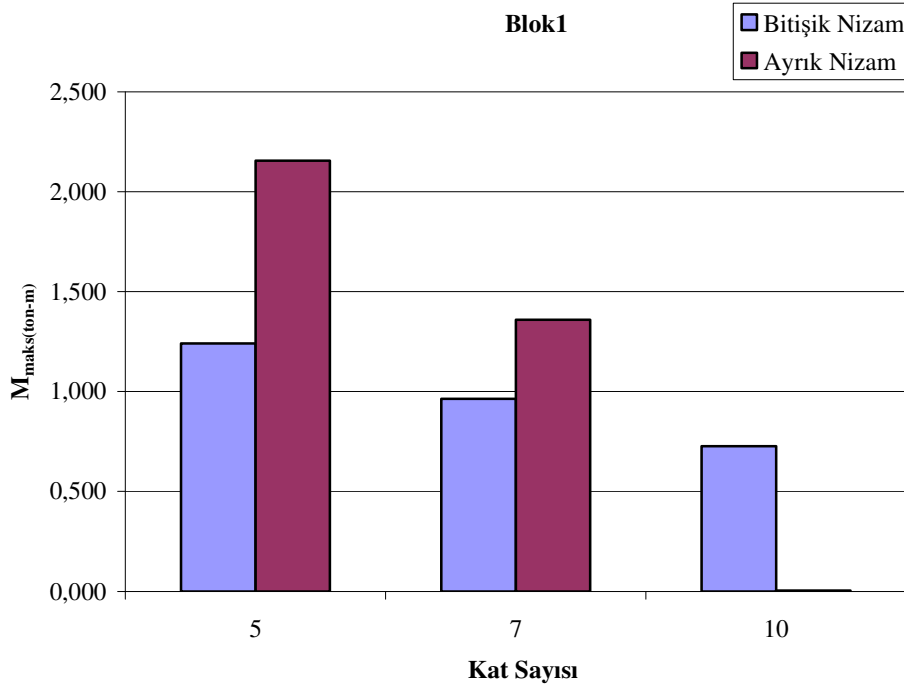
Şekil 4.19. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması



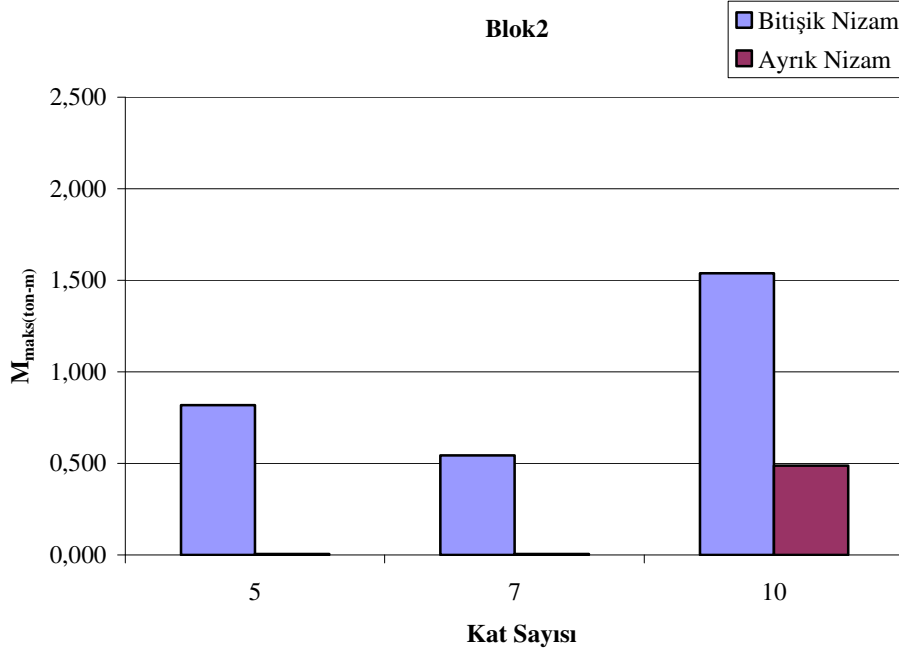
Şekil 4.20. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması

Çizelge 4.4. U Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

BURULMA MOMENTLERİ				
Kat Sayısı	BİTİŞİK NİZAM		AYRIK NİZAM	
	Blok 1	Blok 2	Blok 1	Blok 2
	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)
5	1.241	0.818	2.156	0.006
7	0.964	0.545	1.359	0.006
10	0.727	1.539	0.005	0.489



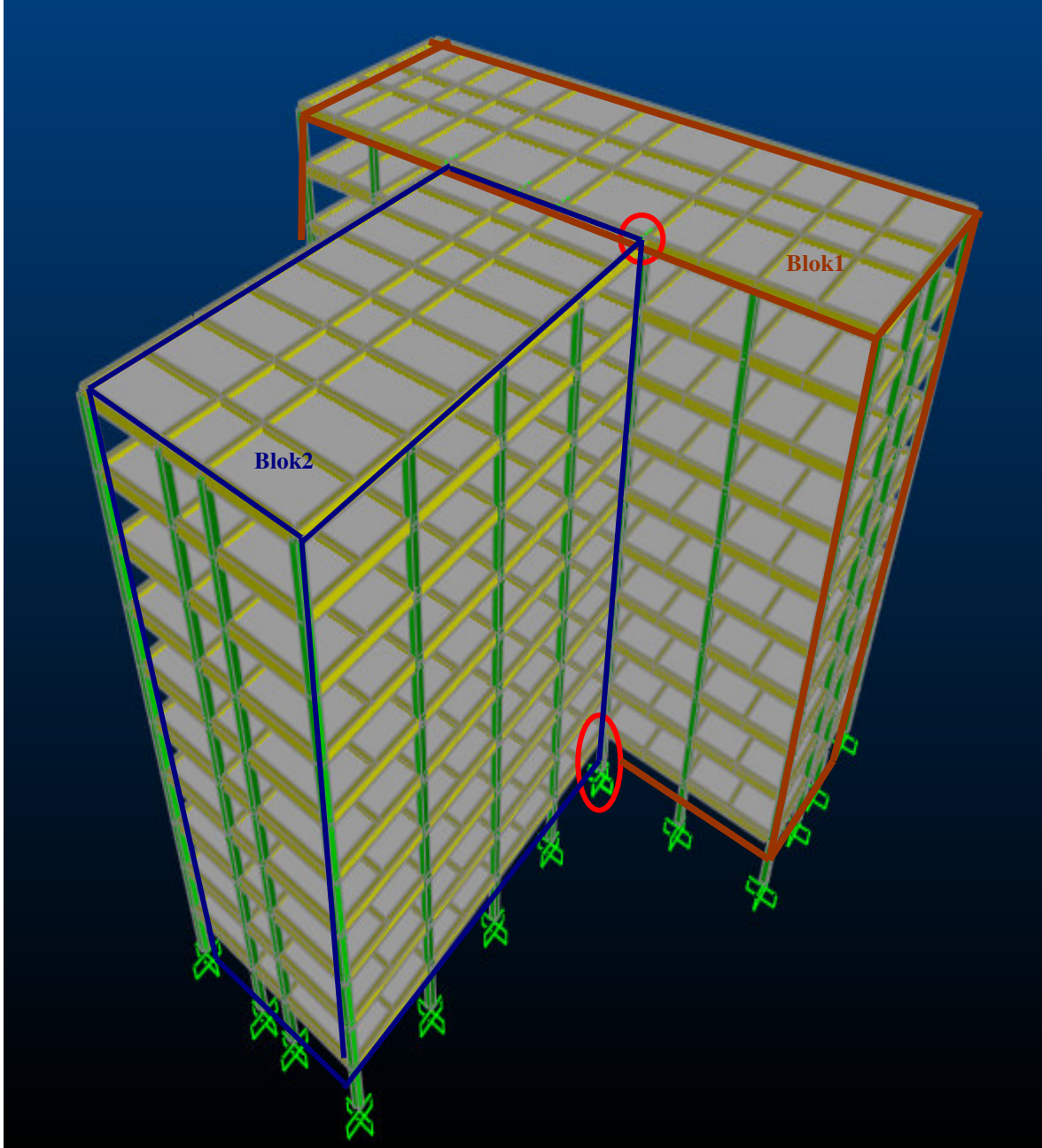
Şekil 4.21. U Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayırık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.22. U Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması

4.3. T Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi

Kare ve U tipi yapılarda uygulanan analiz ve değerlendirmeler T tipi yapılarda da aynen uygulanmıştır.

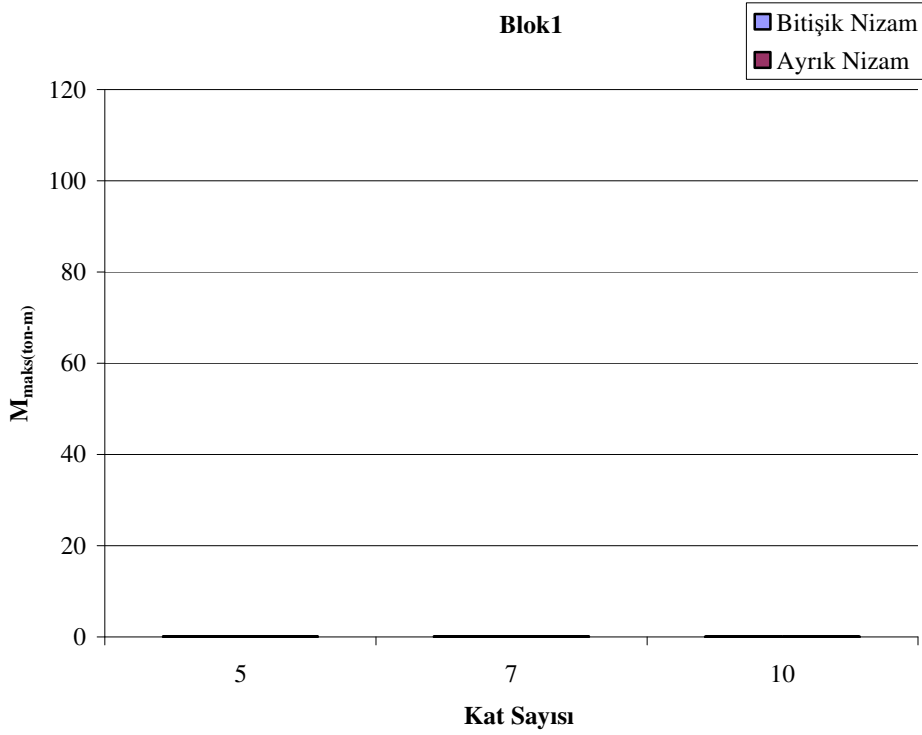


Şekil 4.23. T Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar

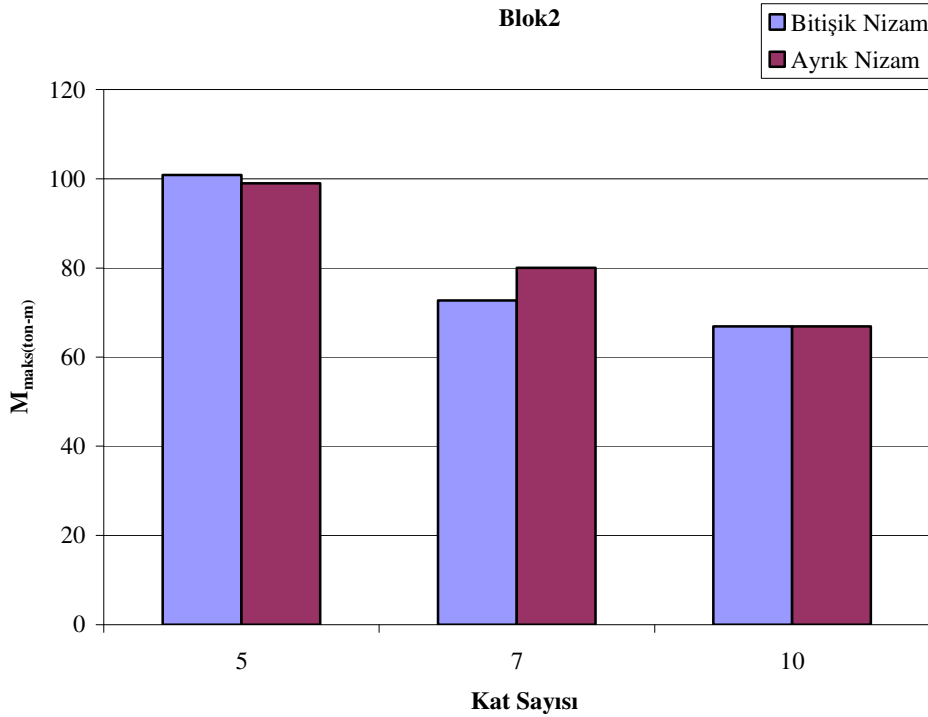
T tipi yapıda da alınan tepe noktası ve 1. kat kolonu şekil 4.19'da gösterilmiştir. T tipi yapıda, kare ve U tipi yapılara göre blok sayıları ve dilatasyon derzleri daha azdır. Kare tipi yapıda 4 dilatasyon derzi, U tipi yapıda 3 dilatasyon derzi varken T tipinde tek dilatasyon derzi bulunmaktadır.

Çizelge 4.5. T Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması

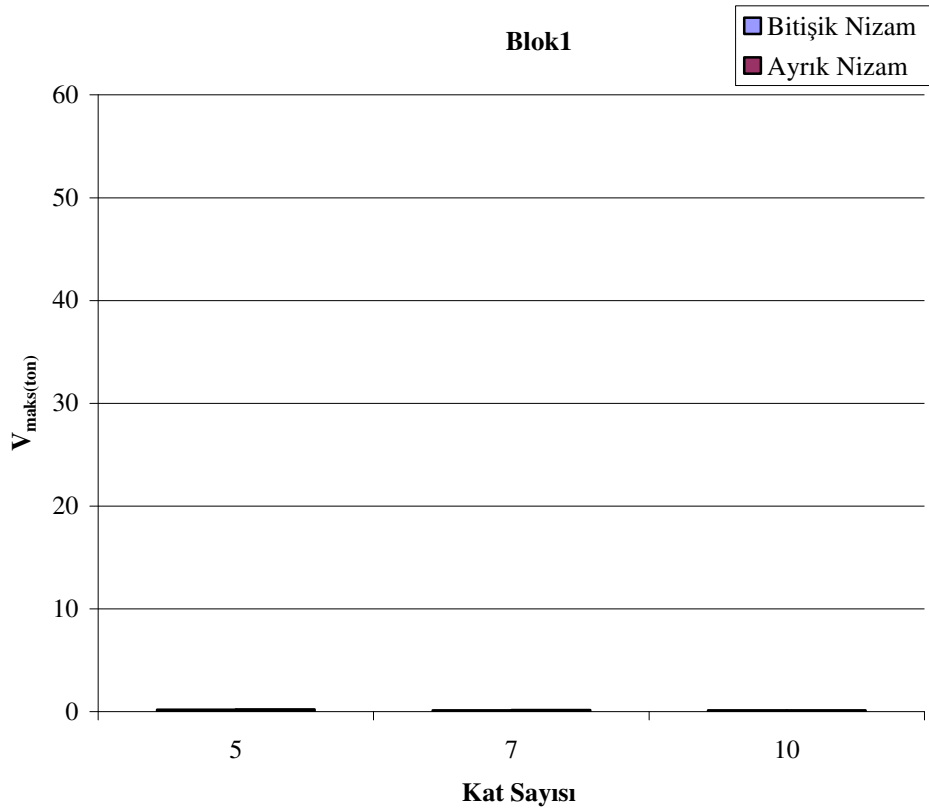
Kat Sayısı		T tipi														
		BİTİŞİK NİZAM				AYRIK NİZAM										
		Blok 1		Blok 2		Blok 1		Blok 2								
1. Kat Kolonu		Tepe Nokta	1. Kat Kolonu		Tepe Nokta	1. Kat Kolonu		Tepe Nokta								
M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	
45	0.18	0.20	161.04	0.16	100.86	53.54	145.07	0.19	0.17	0.22	186.50	0.18	99.02	52.63	133.26	0.18
	0.13	0.15	181.26	0.17	72.73	38.70	143.12	0.19	0.14	0.16	195.87	0.18	80.05	42.65	138.87	0.18
	0.11	0.13	208.77	0.20	66.88	35.50	153.88	0.21	0.11	0.13	208.77	0.20	66.88	35.39	153.88	0.21



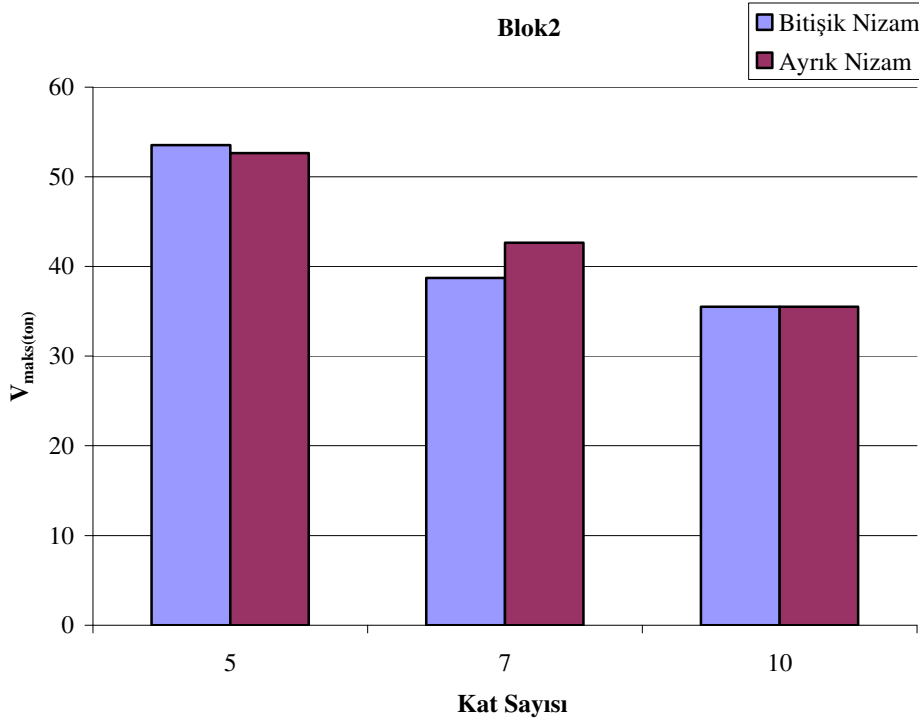
Şekil 4.24. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



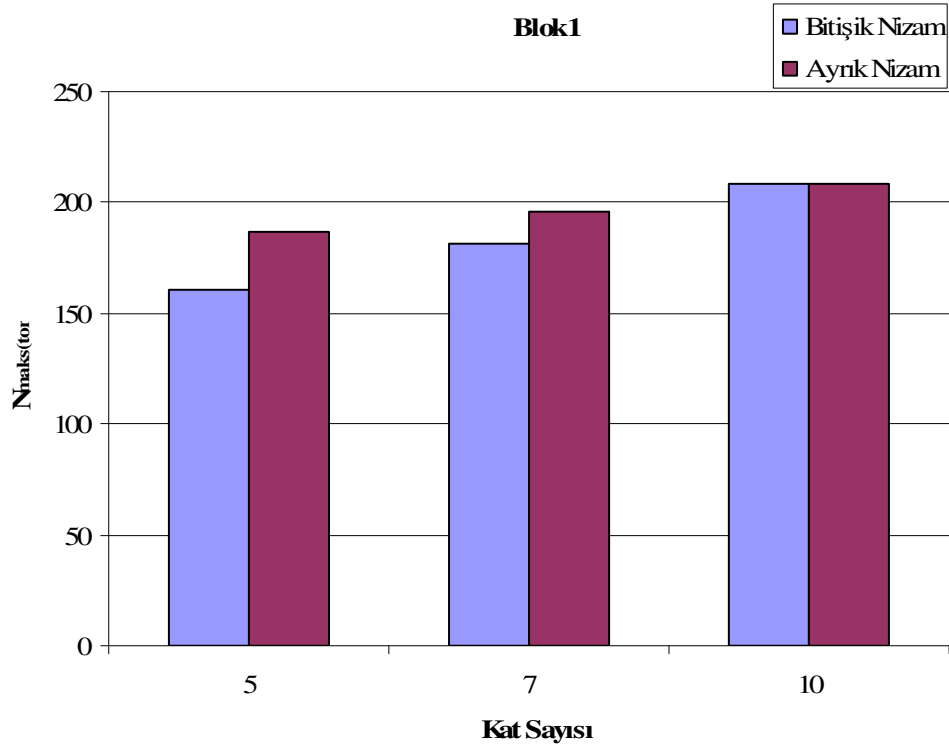
Şekil 4.25. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



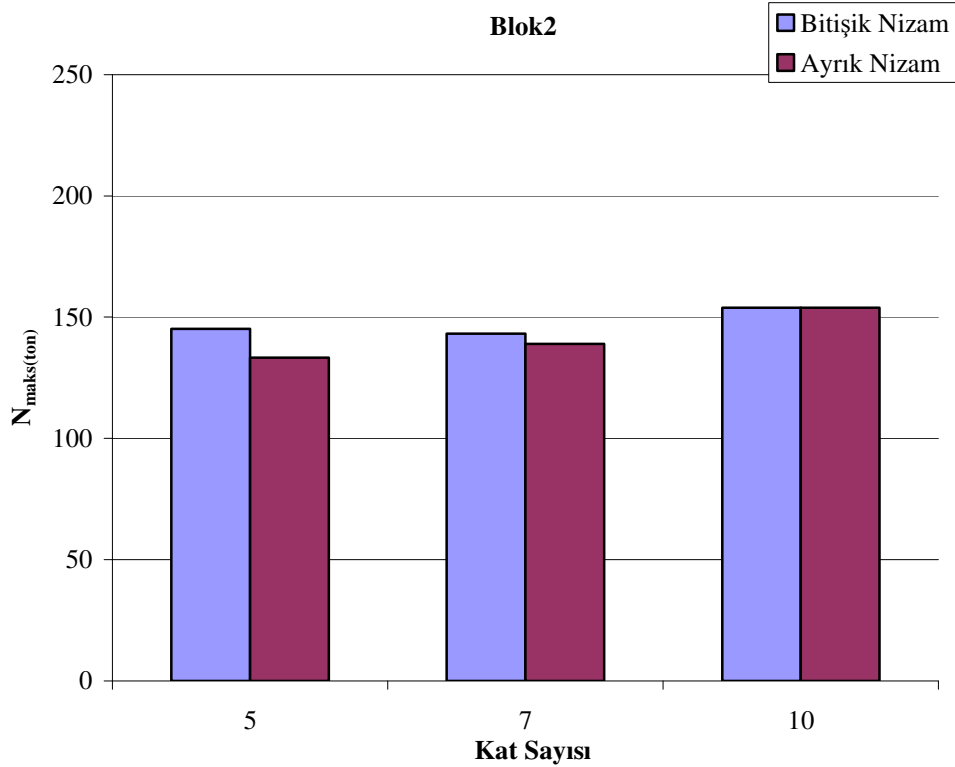
Şekil 4.26. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



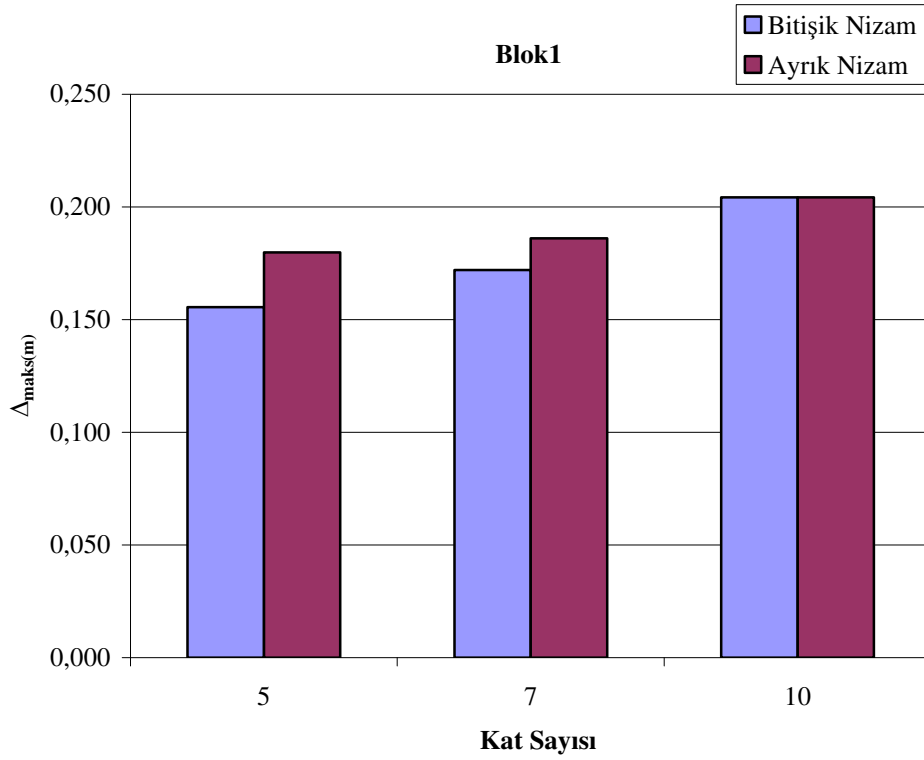
Şekil 4.27. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



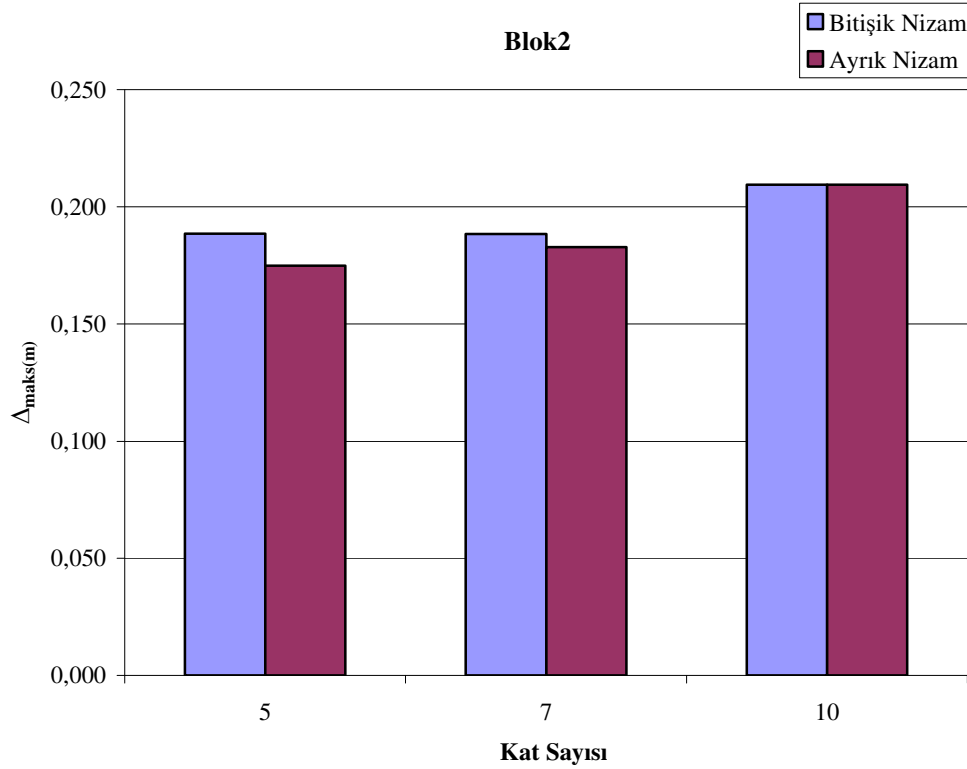
Şekil 4.28. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.29. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



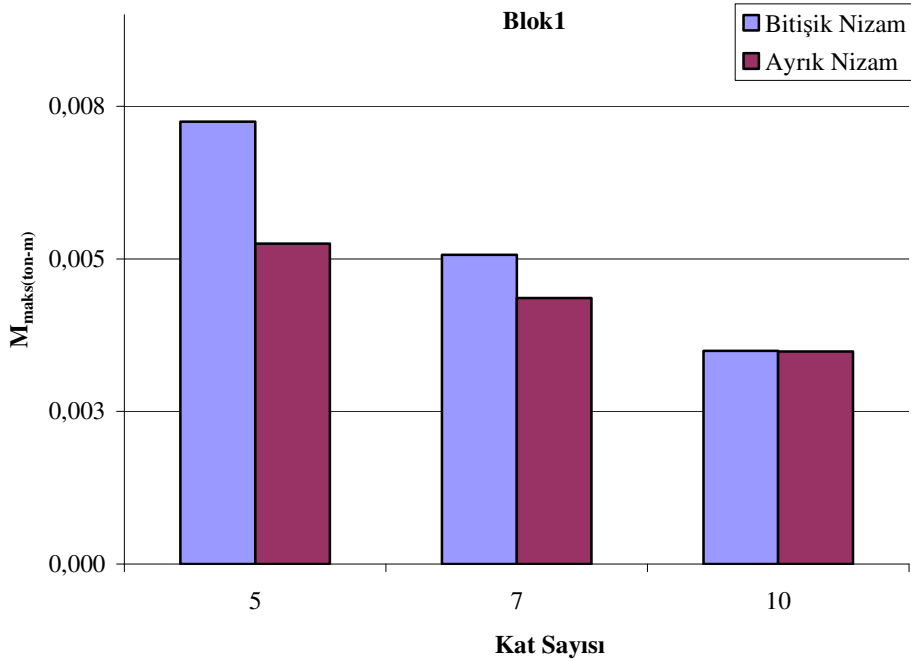
Şekil 4.30. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması



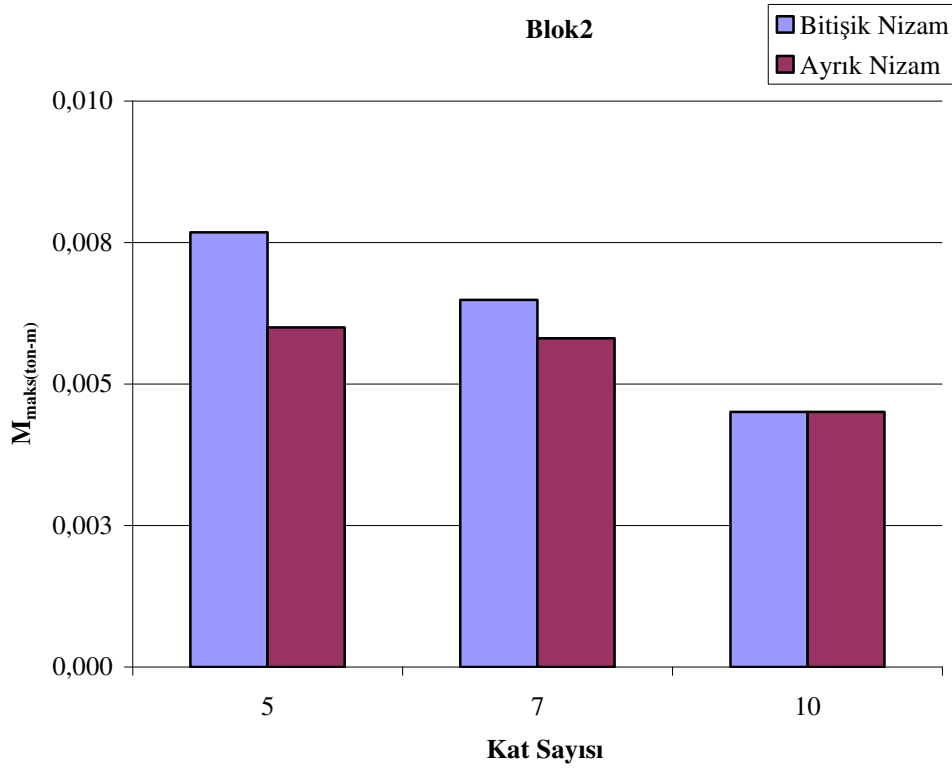
Şekil 4.31. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması

Çizelge 4.6. T Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

BURULMA MOMENTLERİ				
Kat Sayısı	BİTİŞİK NİZAM		AYRIK NİZAM	
	Blok 1	Blok 2	Blok 1	Blok 2
	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)
5	0.0073	0.0077	0.0053	0.0060
7	0.0051	0.0065	0.0044	0.0058
10	0.0035	0.0045	0.0035	0.0045

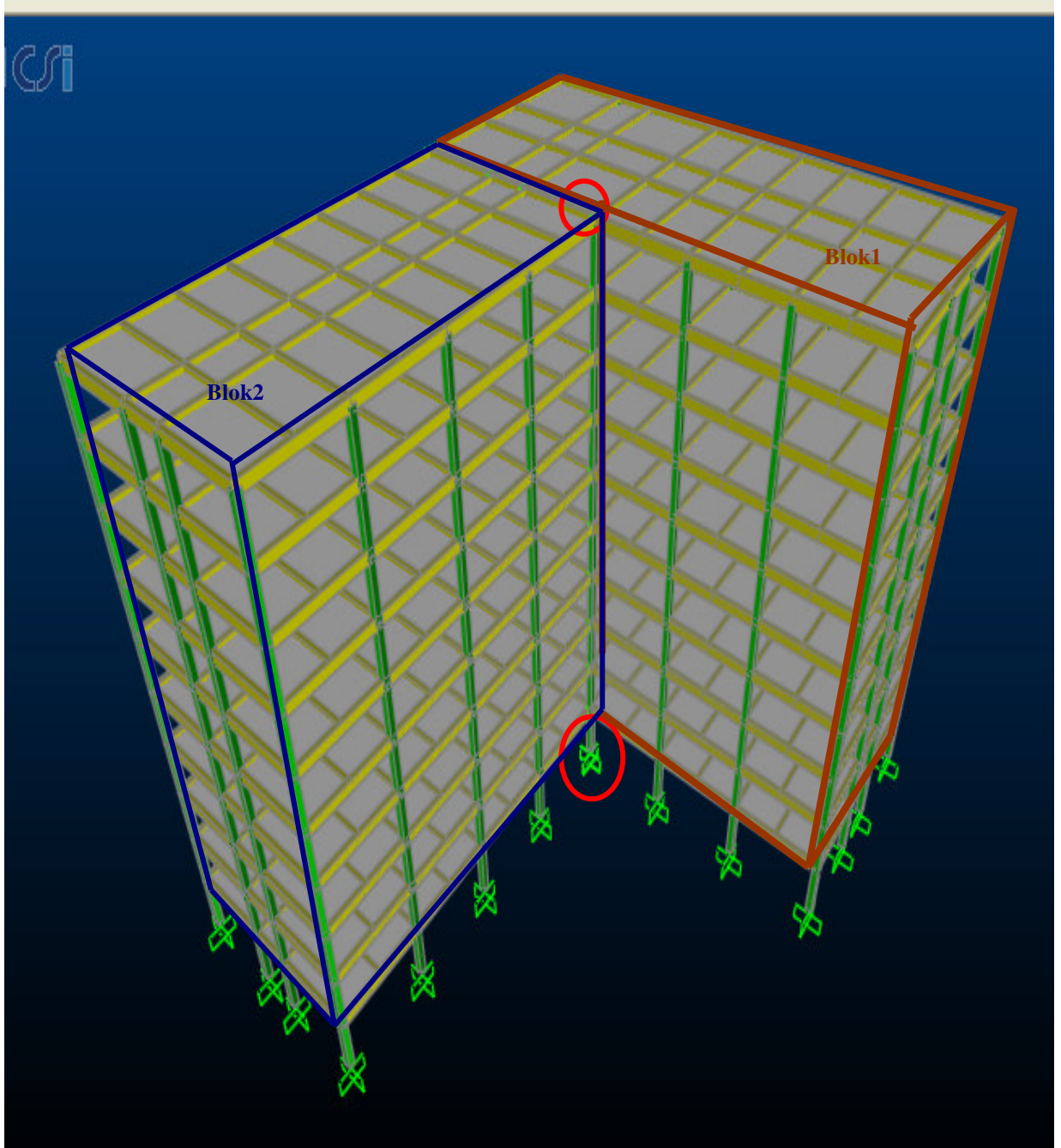


Şekil 4.32. T Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.33. T Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması

4.4. L Tipi Yapının Sonuçlarının İncelenmesi

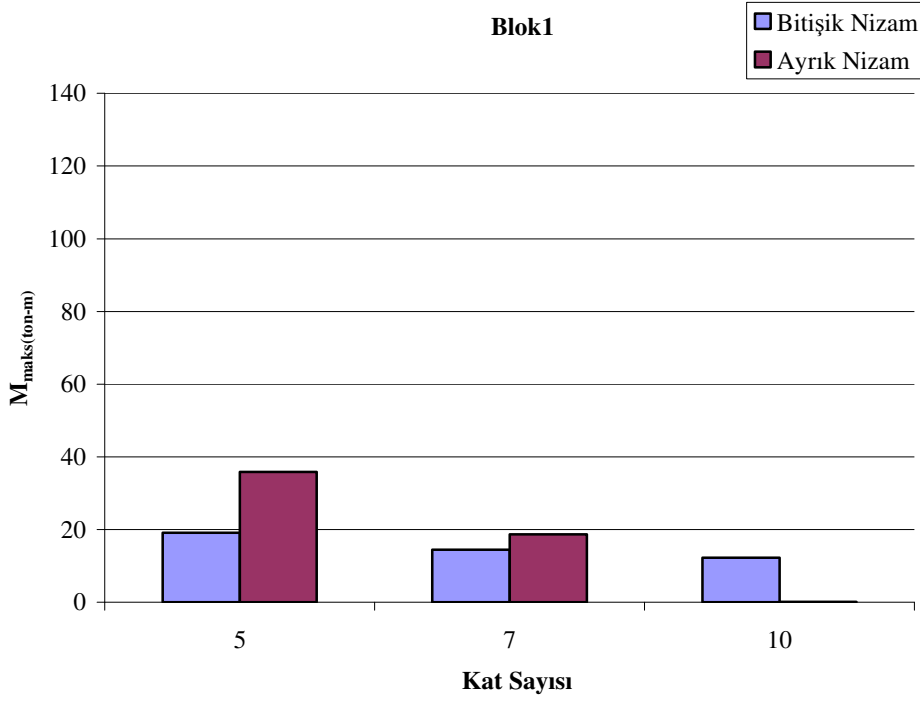


Şekil 4.34. L Tipi Yapıda Referans Alınan Deplasman Tepe Noktası ve Seçilen Kolonlar

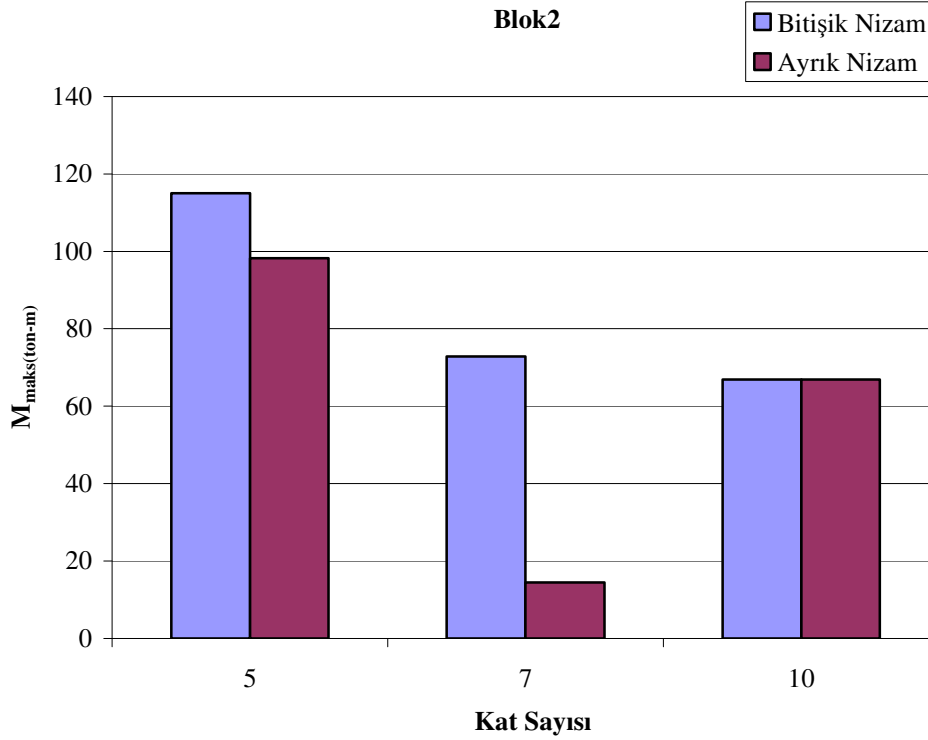
T ve L tipi yapılarda bloklar mimari konumlandırma bakımından birbirlerinden çok farklı değildir. T tipi bloklarda deprem anındaki çarpışmalar diğer bloğun ortasında oluşmaktayken L tipinde bloklar birbirlerine yandan çarpışarak burulmalar ve bunlara bağlı olarak büyük momentler oluşturmaktadır. L tipi yapıda da alınan tepe noktası ve 1. kat kolonu şekilde gösterilmiştir. L tipi yapıda diğer kare ve U tiplere göre blok sayısı ve dilatasyon derzi az olup tek dilatasyon derzi bulunmaktadır.

Çizelge 4.7. L Tipi Blokların Sonuçlarının Karşılaştırılması

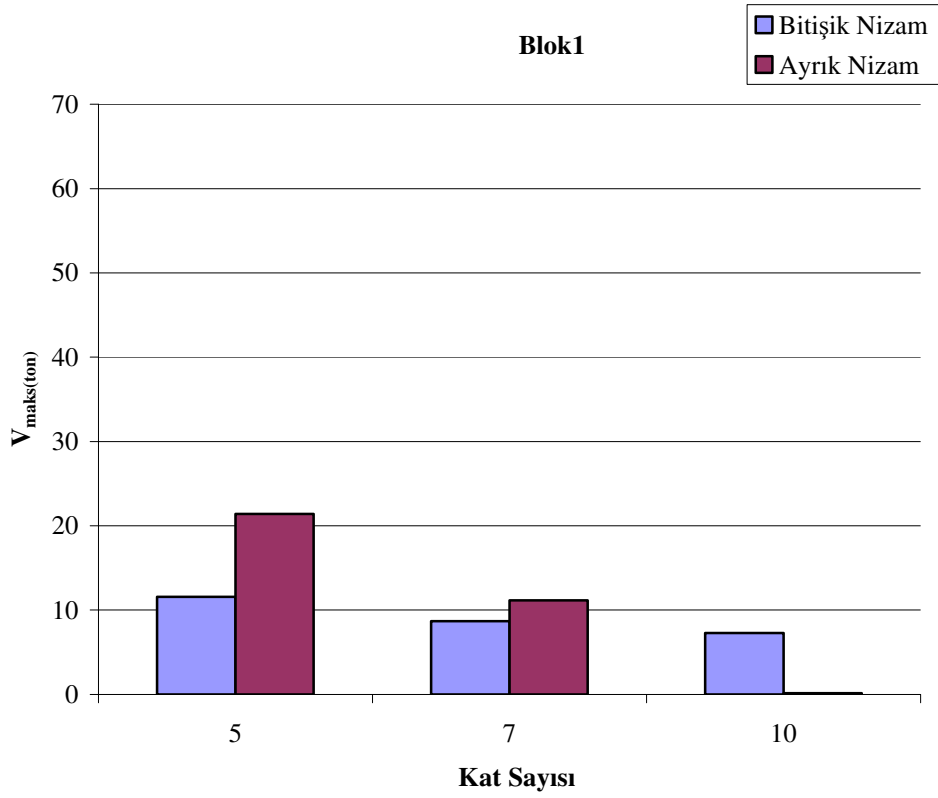
Kat Sayısı	L tipi															
	BİTİŞİK NİZAM				AYRIK NİZAM											
	Blok 1		Blok 2		Blok 1		Blok 2									
	1. Kat Kolonu		Tepe Nokta	1. Kat Kolonu		Tepe Nokta	1. Kat Kolonu		Tepe Nokta							
	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)	M_{maks} (ton-m)	V_{maks} (ton)	N_{maks} (ton)	Δ_{maks} (m)
5	19.15	11.58	165.45	0.16	114.98	61.34	117.23	0.20	35.84	21.42	129.11	0.13	98.23	52.24	132.36	0.17
7	14.50	8.70	175.61	0.17	72.83	38.78	131.58	0.17	18.66	11.16	167.40	0.16	14.50	42.21	79.13	0.18
10	12.25	7.30	192.38	0.19	66.88	35.50	153.88	0.21	0.11	0.13	208.77	0.20	66.88	35.50	153.88	0.21



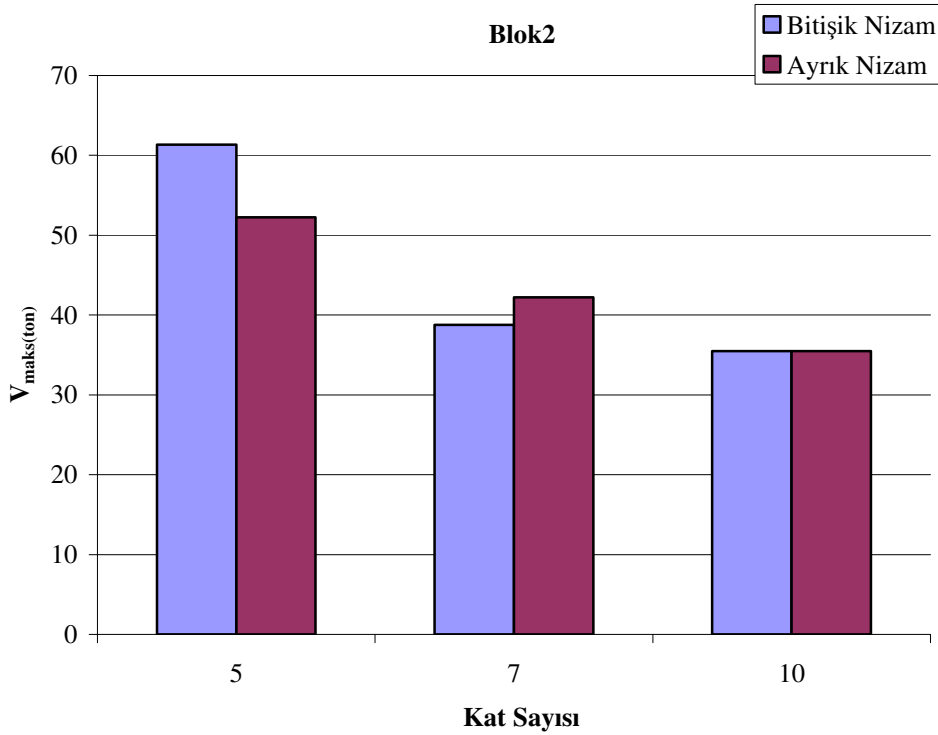
Şekil 4.35. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



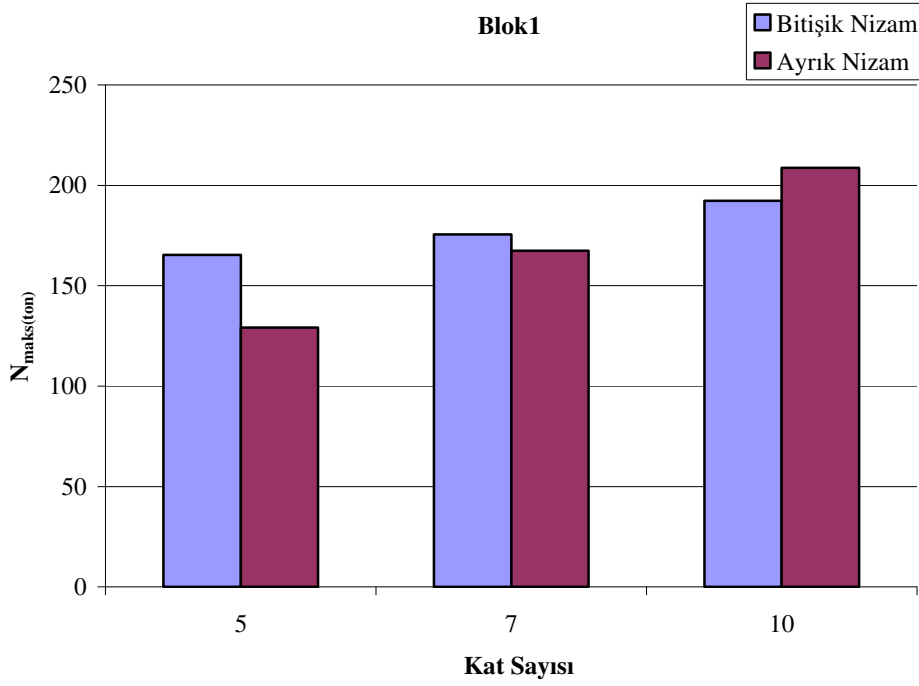
Şekil 4.36. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Moment Sonuçlarının Kıyaslanması



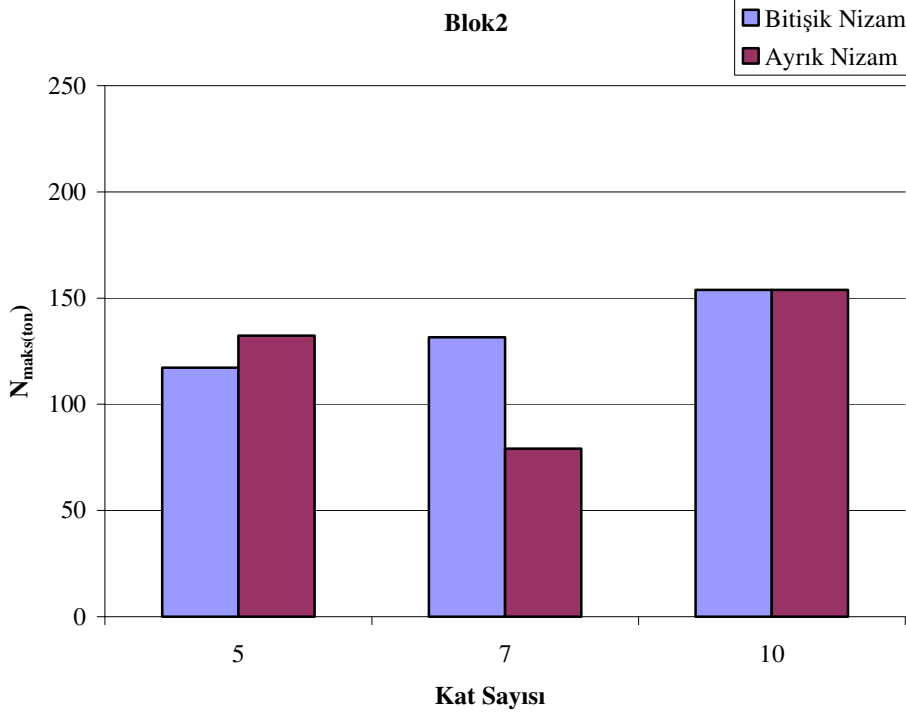
Şekil 4.37. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



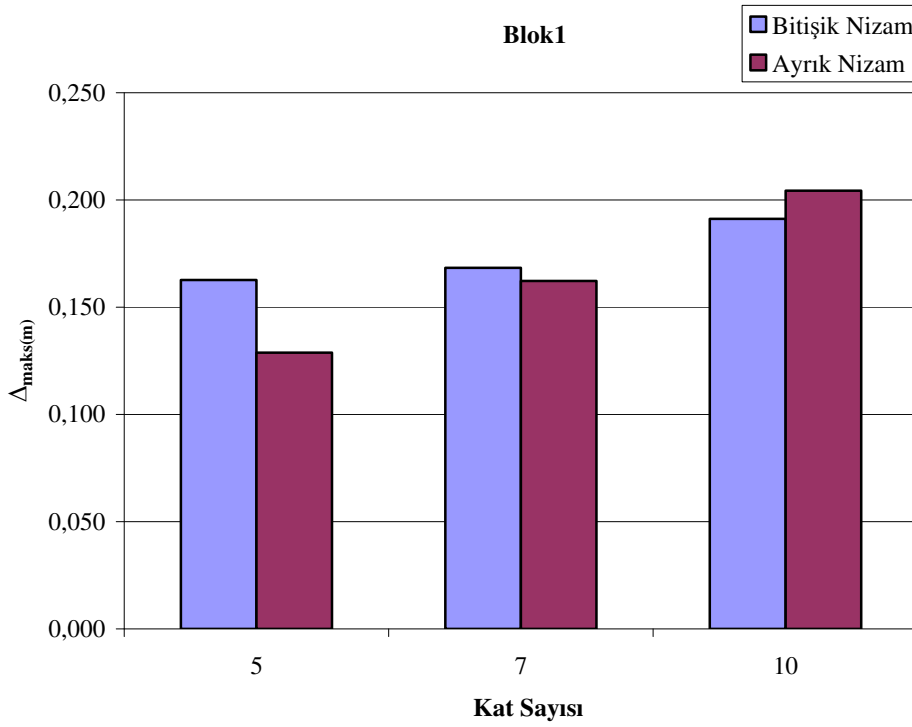
Şekil 4.38. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının Kıyaslanması



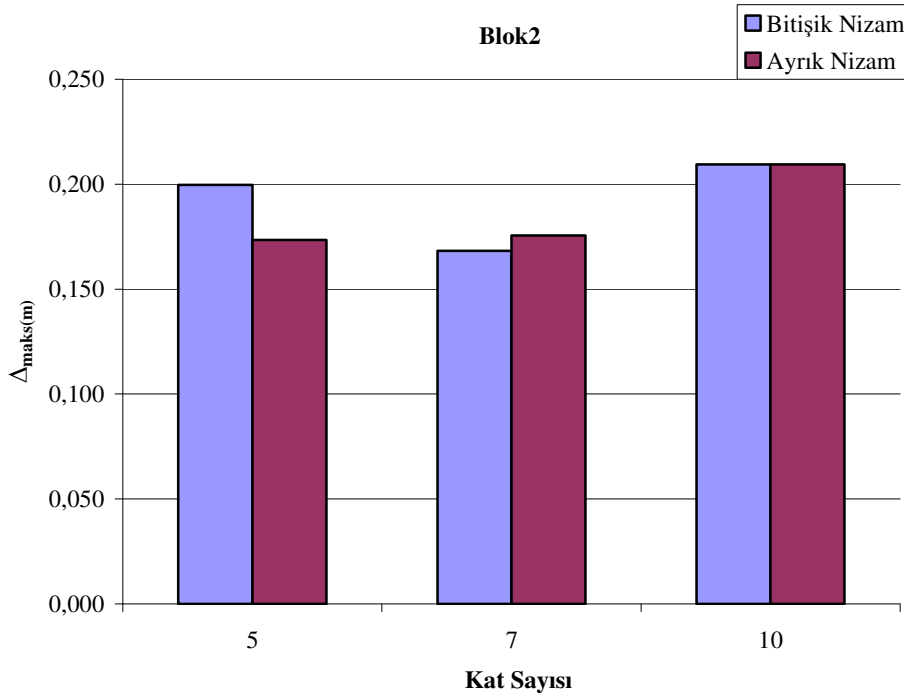
Şekil 4.39. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.40. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Eksenel Kuvvet Sonuçlarının Kıyaslanması



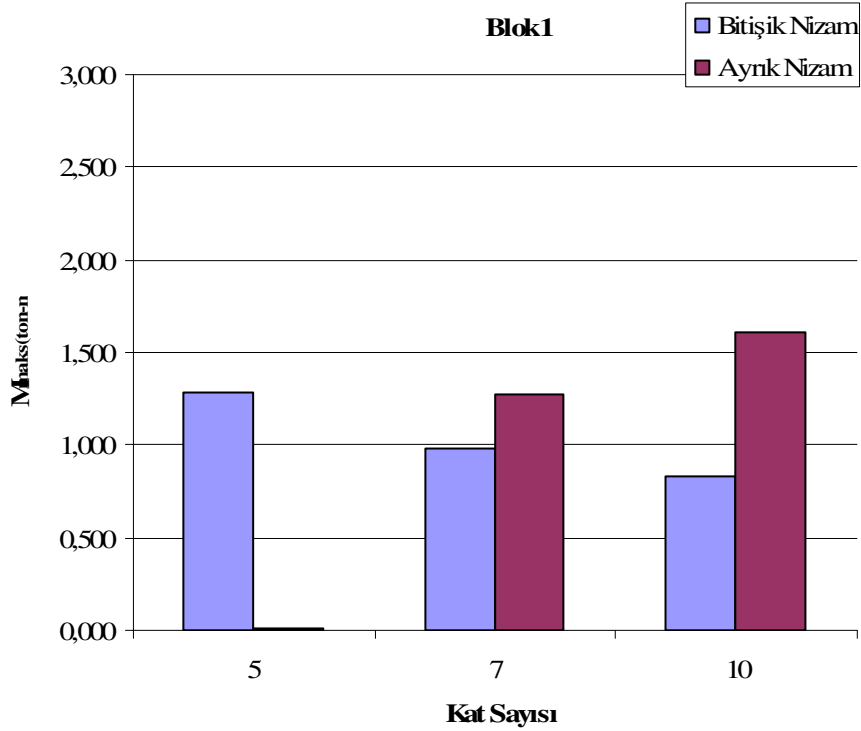
Şekil 4.41. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarının Kıyaslanması



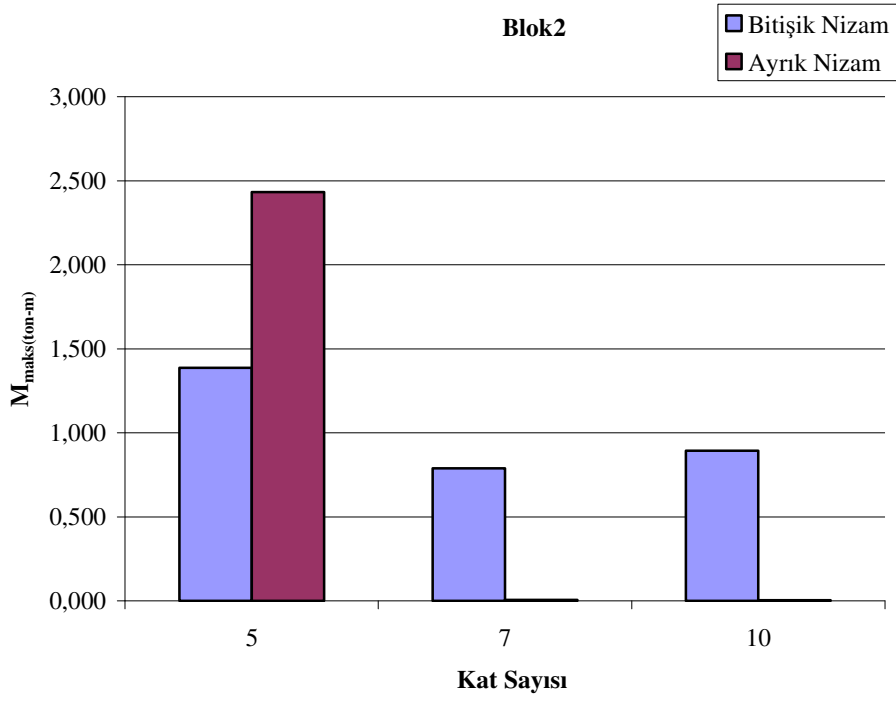
Şekil 4.42. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Tepe Deplasman Sonuçlarını Kıyaslanması

Çizelge 4.8. L Tipi Blokların Burulma Momentleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

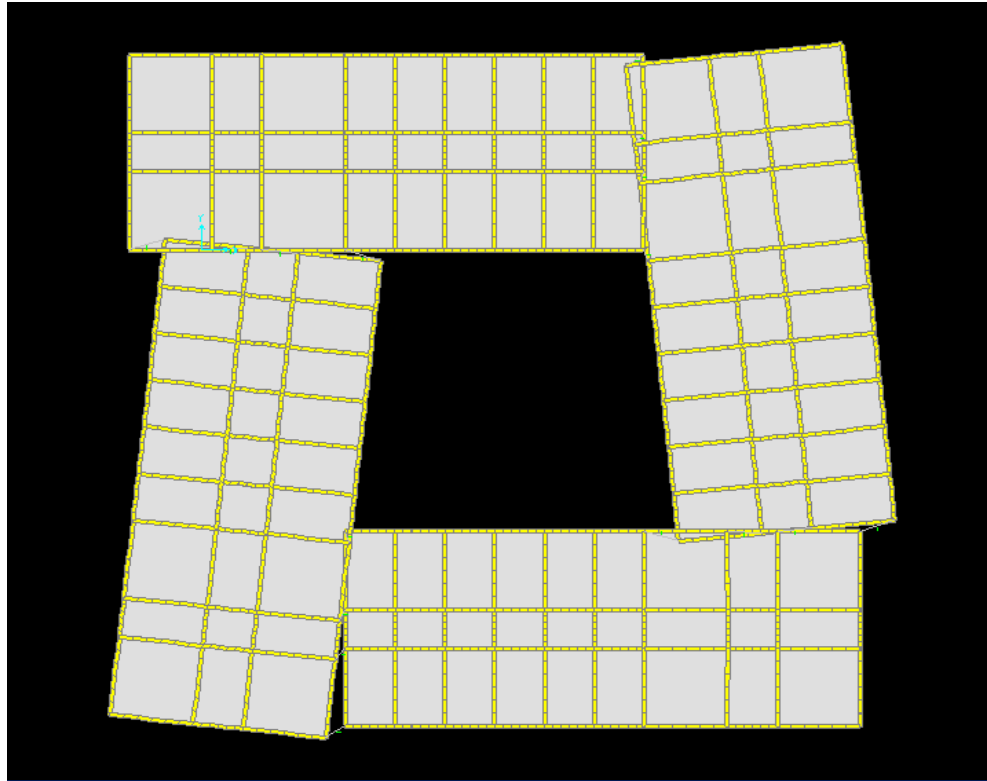
BURULMA MOMENTLERİ				
Kat Sayısı	BİTİŞİK NİZAM		AYRIK NİZAM	
	Blok 1	Blok 2	Blok 1	Blok 2
	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)	M_{maks} (ton-m)
5	1.284	1.387	0.006	2.433
7	0.981	0.789	1.269	0.006
10	0.835	0.893	1.609	0.005



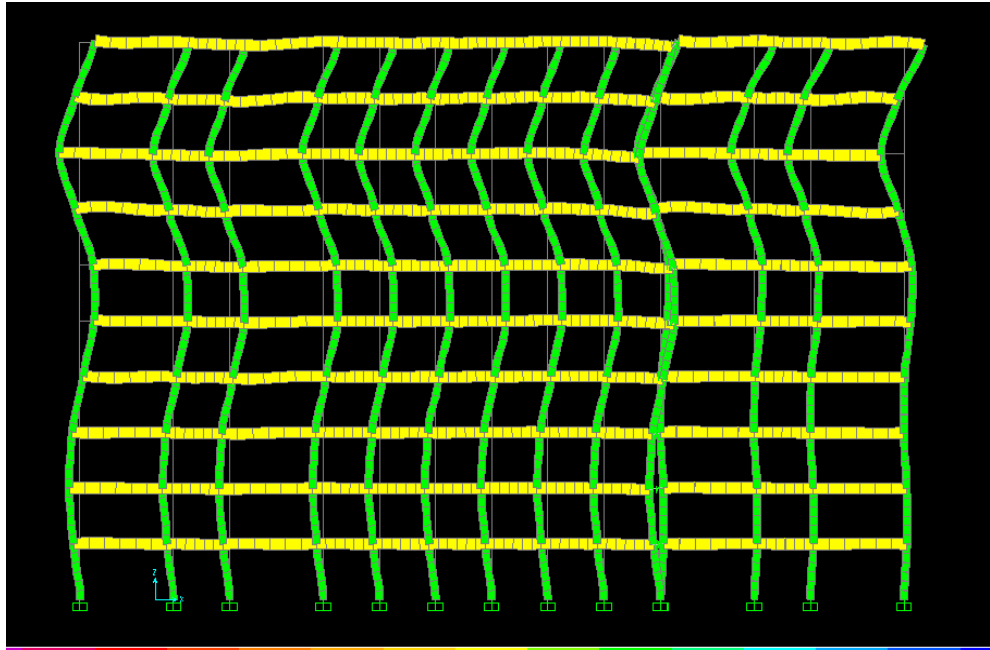
Şekil 4.43. L Tip’de Blok1’in Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.44. L Tip’de Blok2’nin Bitişik Nizam ve Ayrık Nizamda Burulma Momenti Sonuçlarının Kıyaslanması



Şekil 4.45. Kare Tipi Blokların Deprem Esnasındaki Davranışı



Şekil 4.46. Kare Tipi Blokların Deprem Esnasındaki Etkileşimi xz kesiti

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada bitişik imar nizamına uygun olarak yapılan ve en çok uygulanan kat adetleri göz önüne alınarak inşa edilen yapıların depremdeki davranışları doğrusal olmayan analizlerle incelenmiştir.

5.1.1. Kare Tipi Yapılar

- Kare tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlardaki M_{maks} değerleri Şekil 4.2'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayırık nizamın kolon moment değerleri bitişik nizam kolon moment değerlerinden %5-%22 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun M_{maks} değerleri Şekil 4.3'de incelendiğinde ise 5 ve 10 katlı olan bloklarda blok1 deki gibi ayırık nizamın kolon moment değerleri, bitişik nizamın moment değerlerinden %5- %15 arasında yüksek çıkmıştır. Ancak blok2'nin 7 katlı bloklarında oluşan kolon moment değerleri Şekil 4.3'de incelendiğinde bitişik nizamın kolon moment değerleri, ayırık nizamın kolon moment değerlerinden %15 yüksek çıkmıştır.
- Kare tipde blok1'in seçilmiş olan kolonundaki V_{maks} değerleri Şekil 4.4'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayırık nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %6-%23 yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun V_{maks} değerleri Şekil 4.5'de incelendiğinde 5 ve 10 katlı olan bloklarda ayırık nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %3-%13 arasında yüksek, 7 katlı bloklarda ise %5 düşük çıkmıştır.
- Kare tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki N_{maks} değerleri Şekil 4.6'da incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayırık nizamın kolon eksenel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerlerinden %12-%27 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun N_{maks} değerleri Şekil 4.7'de incelendiğinde 10 katlı bloklarda ayırık nizamın kolon eksenel kuvvet değeri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerinden %5 yüksek, 5 ve 7 katlı bloklarda ise düşük çıkmıştır. 5 katlı bloklarda oluşan bu fark %5' iken, 7 katlı bloklarda %33 dür.
- Kare tipde blok1'in seçilmiş olan noktalarındaki Δ_{maks} değerleri Şekil 4.8'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayırık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %2-%24 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan noktalarının Δ_{maks} değerleri Şekil 4.9'da incelendiğinde tüm bina yüksekliklerinde ayırık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %3-%10 arasında yüksek çıkmıştır.
- Kare tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki maksimum burulma momenti değerleri Şekil 4.10'da incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan bitişik nizamın kolon burulma moment değerleri, ayırık nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %50-%68 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun burulma momenti değerleri Şekil 4.11'de incelendiğinde 5 ve 10 katlı bloklarda ayırık nizamın kolon burulma momenti değerleri, bitişik nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %31-%34 arasında yüksek, 7 katlı bloklarda ise %17 düşük çıkmıştır.

5.1.2. U Tipi Yapılar

- U tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlardaki M_{maks} değerleri Şekil 4.13'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrık nizamın kolon moment değerleri bitişik nizam kolon moment değerlerinden %16-%47 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun M_{maks} değerleri Şekil 4.14'de incelendiğinde ise 5 ve 10 katlı olan bloklarda ayrık nizamın kolon moment değerleri, bitişik nizamın kolon moment değerlerinden %15- 45 arasında düşük çıkmıştır. Ancak blok2'nin 7 katlı bloklarında oluşan bitişik nizamın kolon moment değerleri, ayrık nizamın kolon moment değerlerinden %13 düşük çıkmıştır.
- U tipde blok1'in seçilmiş olan kolonundaki V_{maks} değerleri Şekil 4.15'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrık nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %15-%40 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun V_{maks} değerleri Şekil 4.16'da incelendiğinde 5 ve 10 katlı olan bloklarda ayrık nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %2-%5 arasında düşük, 7 katlı bloklarda ise %12 yüksek çıkmıştır.
- U tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki N_{maks} değerleri Şekil 4.17'de incelendiğinde, 7 ve 10 katlı olan bloklarda ayrık nizamın kolon eksenel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerlerinden %11-%22 arasında yüksek, 5 katlı olan bloklarda ise %15 düşük çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun N_{maks} değerleri Şekil 4.18'de incelendiğinde tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrık nizamın kolon eksenel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerlerinden %5-%10 arasında düşük çıkmıştır.
- U tipde blok1'in seçilmiş olan noktalarındaki Δ_{maks} değerleri Şekil 4.19'da incelendiğinde, 7 ve 10 katlı bloklarda ayrık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %12-%16 arasında yüksek, 5 katlı olan bloklarda ise %13 düşük çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan noktalarının Δ_{maks} değerleri Şekil 4.20'de incelendiğinde, 5 ve 7 katlı bloklarda ayrık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %0.5-%8 arasında yüksek, 10 katlı olan bloklarda ise %5 düşük çıkmıştır.
- U tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki maksimum burulma momenti değerleri Şekil 4.21'de incelendiğinde, 5 ve 7 katlı bloklarda bitişik nizamın kolon burulma momenti değerleri, ayrık nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %40-%45 arasında düşük, 10 katlı olan bloklarda ise %70 yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun burulma momenti değerleri Şekil 4.21'de incelendiğinde tüm bina yüksekliklerinde ayrık nizamın kolon burulma momenti değerleri, bitişik nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %25-%66 arasında düşük çıkmıştır.

5.1.3. T Tipi Yapılar

- T tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlardaki M_{maks} değerleri Şekil 4.24'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrık nizamın kolon moment değerleri bitişik nizam kolon moment değerlerinden %0.5-%8 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun M_{maks} değerleri Şekil 4.25'de incelendiğinde ise 5 ve 10 katlı olan

bloklarda ayrı nizamın kolon moment değerleri, bitişik nizamın kolon moment değerlerinden %0.5-%3 arasında düşük çıkmıştır. Ancak blok2'nin 7 katlı bloklarında oluşan bitişik nizamın kolon moment değerleri, ayrı nizamın kolon moment değerlerinden %16 düşük çıkmıştır.

- T tipde blok1'in seçilmiş olan kolonundaki V_{maks} değerleri Şekil 4.26'da incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrı nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %0.5-%10 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun V_{maks} değerleri Şekil 4.27'de incelendiğinde 5 ve 10 katlı olan bloklarda ayrı nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %0.5-%3 arasında düşük, 7 katlı bloklarda ise %12 yüksek çıkmıştır.

- T tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki N_{maks} değerleri Şekil 4.28'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrı nizamın kolon aksel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon aksel kuvvet değerlerinden %0.5-%12 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun N_{maks} değerleri Şekil 4.29'da incelendiğinde 10 katlı bloklarda ayrı nizamın kolon aksel kuvvet değeri, bitişik nizamın kolon aksel kuvvet değerlerinden %0.5 yüksek, 5 ve 7 katlı bloklarda ise %6-%9 arasında düşük çıkmıştır.

- T tipde blok1'in seçilmiş olan noktalarındaki Δ_{maks} değerleri Şekil 4.30'da incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrı nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %0.5-%14 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan noktalarının Δ_{maks} değerleri Şekil 4.31'de incelendiğinde tüm bina yüksekliklerinde ayrı nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %0.5-%7 arasında düşük çıkmıştır.

- T tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki maksimum burulma momenti değerleri Şekil 4.32'de incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan bitişik nizamın kolon burulma moment değerleri, ayrı nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %0.5-%24 arasında yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun burulma momenti değerleri Şekil 4.33'de incelendiğinde tüm bina yüksekliklerinde ayrı nizamın kolon burulma momenti değerleri, bitişik nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %0.5-%23 arasında düşük çıkmıştır.

5.1.4. L Tipi Yapılar

- L tipde blok1'in seçilmiş olan kolonlardaki M_{maks} değerleri Şekil 4.35'de incelendiğinde, 5 ve 7 katlı bloklarda oluşan ayrı nizamın kolon moment değerleri bitişik nizam kolon moment değerlerinden %11-%50 arasında yüksek, 10 katlı blokda ise %125 düşük çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun M_{maks} değerleri Şekil 4.36'da incelendiğinde, tüm bina yüksekliklerinde oluşan ayrı nizamın kolon moment değerleri, bitişik nizamın kolon moment değerlerinden %0.5-%76 arasında düşük çıkmıştır.

- L tipde blok1'in seçilmiş olan kolonundaki V_{maks} değerleri Şekil 4.37'da incelendiğinde, 5 ve 7 katlı bloklarda oluşan ayrı nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %25-%45 arasında yüksek, 10 katlı bloklarda ise %70 düşük çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun V_{maks} değerleri

Şekil 4.38'de incelendiğinde 5 ve 10 katlı olan bloklarda ayırık nizamın kolon kesme kuvveti değerleri, bitişik nizamın kolon kesme kuvveti değerlerinden %0.5-%15 arasında düşük, 7 katlı bloklarda ise %11 yüksek çıkmıştır.

- L tipte blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki N_{maks} değerleri Şekil 4.39'da incelendiğinde, 5 ve 7 katlı olan bloklarda ayırık nizamın kolon eksenel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerlerinden %9-%75 arasında düşük, 10 katlı olan bloklarda ise %10 yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun N_{maks} değerleri Şekil 4.40'da incelendiğinde 7 ve 10 katlı bloklarda oluşan ayırık nizamın kolon eksenel kuvvet değerleri, bitişik nizamın kolon eksenel kuvvet değerlerinden %0.5-%38 arasında düşük, 5 katlı bloklarda ise %15 yüksek çıkmıştır.

- L tipte blok1'in seçilmiş olan noktalarındaki Δ_{maks} değerleri Şekil 4.41'de incelendiğinde, 5 ve 7 katlı bloklarda ayırık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %3-%15 arasında düşük, 10 katlı olan bloklarda ise %13 yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan noktalarının Δ_{maks} değerleri Şekil 4.42'de incelendiğinde, 5 ve 10 katlı bloklarda ayırık nizamın tepe deplasman noktası değerleri, bitişik nizamın tepe deplasman noktası değerlerinden %0.5-%14 arasında düşük, 7 katlı olan bloklarda ise %6 yüksek çıkmıştır.

- L tipte blok1'in seçilmiş olan kolonlarındaki maksimum burulma momenti değerleri Şekil 4.43'de incelendiğinde, 7 ve 10 katlı bloklarda bitişik nizamın kolon burulma momenti değerleri, ayırık nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %20-%27 arasında düşük, 5 katlı olan bloklarda ise %128 yüksek çıkmıştır. Blok2'nin seçilmiş olan kolonunun burulma momenti değerleri Şekil 4.44'de incelendiğinde 5 katlı bloklarda oluşan ayırık nizamın kolon burulma momenti değerleri, bitişik nizamın kolon burulma momenti değerlerinden %42 yüksek, 7 ve 10 katlı bloklarda %70-%85 arasında düşük çıkmıştır.

5.2. Genel Sonuçlar

- Bitişik nizam ve ayırık nizamın depremde hareketleri çok farklıdır. Bu fark T tipte oluşan M_{maks} , V_{maks} , N_{maks} , Δ_{maks} değerlerinde genelde $\pm\%0.5$ iken L tipte $\pm\%128$ kadar ulaşmaktadır.

- Mimari yapı olarak kare ve U tipi yapılar, L ve T tipi yapılara göre bitişik nizamdaki blokların birbirlerine çarpma riskini ve çarpışma yerlerini arttırmaktadır.

- Kat sayılarının fazlalığı yapının yıkılma riskini her zaman artırıcı unsur değildir. 5 katlı yapının periyot değerleri yüksek bir değerdeyken 10 katlı yapı için aynı şeyler oluşmayabilir.

- Yapıların mimarisine göre depremdeki etkileşimi yapısal elemanlarda farklı sonuçlar oluşturabilir. Bu nedenle her bir bitişik yapı mimarisi için analizlerin yapılması gerekir. Bütün bitişik yapılar için bir genelleme yapılamaz.

5.3. Öneriler

- Bitişik nizam binaların statik projeleri hazırlanırken mimari projelerdeki gibi ayırık bir yapı şeklinde düşünülmemelidir. Yapı projelendirme aşamasında bu çalışmadaki gibi

bitişik olarak ve aralarında bağlantılar tanımlanarak projelendirilmelidir. Böylece deprem anındaki çarpışmalar göz önünde bulundurulmuş olur. Bu çalışmada ayrı projelendirilmiş blokların bitişik nizamda projelendirilmiş bloklardan çok farklı bir davranış gösterdiği ortaya konmuştur.

- Yapı, projelendirme aşamasında mümkün olduğunca sünek tasarlanmamalıdır. Bu durum yanındaki yapılara çarpma riskini artırmaktadır.
- Analiz metotları seçilirken zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmalıdır. Bu durum deprem anındaki çarpışmaların net bir şekilde ortaya çıkmasını sağlar.
- Kot farkı bulunan bitişik nizamdaki mimarilerde binaların katları arasında farklılıklar meydana gelebilir. Bitişik yapılarda düşük seviyedeki kat döşemesi bitişikteki binanın kolonlarına çarpması sonucu kolonlarda, çarptığı noktada kesme kuvvetleri ve bu kesme kuvvetlerinden kaynaklanan momentler meydana getirir. Bu nedenle kot farkı bulunan yapıların analiz sırasında göz önünde bulundurulması gerekir.
- Fazla sayıda bloklardan oluşan yapılardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Eğer yapılacaksa yapıların arasındaki mesafe mümkün olduğunca fazla bırakılmalıdır.
- Bitişik nizam uygulanacak binaların taşıyıcı sistemleri simetrik oluşturulmalı ve akslar her iki yönde eşit mesafeli olarak teşkil edilmelidir.
- Bitişik nizam yapılarda, yumuşak kat oluşumuna izin veren taşıyıcı sistem uygulamalarına müsaade edilmemelidir.
- Bitişik nizam yapılar modellenirken, deprem anında bloklar arasında oluşacak sürtünmelerde analize katılmalıdır. Bu çalışmada gap eleman kullanılmıştır. Sürtünmeler için t/c izolatör kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR.

- AKA, İ., KESKİNEL, F., ARDA, T.S., 1975. Betonarme Yapı Elemanları, ikinci baskı, İstanbul
- AKSEL, T., 1993. Yüksek Lisans Tezi Ms. CE. Cincinnati Üniv., OH, ABD.
- ATIMTAY E., 2001. Çerçevesel ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, II Cilt, Ankara.
- ANONİM, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS498, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 30 s.
- ANONİM, 1995. FEMA, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., ABD.
- ANONİM, 1997. SAP2000 Tutorials, Computers And Structures, Inc., Berkeley, 41 s ABD.
- ANONİM, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Yayın No: 25, 12. Baskı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.
- ANONİM, 2001. Zülfü Çınar ULUCAN, Fırat Üniversitesi Betonarme Ders Notları.
- ANONİM, 2002. SAP2000Refer, Nonlinear Analysis, Computers And Structures, Inc., Berkeley, California, ABD.
- ANONİM, 2005. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Afet İşleri ve Afet Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- BAYÜLKE, N., 1993. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayını.
- CELEP, Z., KUMBASAR, N. 1998. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İkinci Baskı, İstanbul, 888 s.
- CELEP, Z., KUMBASAR, N. 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul.
- CELEP, Z., KUMBASAR, N. 2001. Betonarme Yapılar, III. Baskı, İstanbul.
- CHEN, C.-C., ROBINSON, A.R., December, 1993, "Improved Time-History Analysis For Structural Dynamics.I: Treatment of Rapid Variation of Excitation and Material Nonlinearity", Journal of Engineering Mechanics.
- CHOPRA, ANİL, K., 2001. K. Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering, 2nd Edition. Prentice Hall, New Jersey ABD.

- COŞKUN, E., 2004. Betonarme Yapıların Geleneksel Yöntemlerle Depreme Karşı Güçlendirilmesi. Baskı, İstanbul.
- EDWARD L. WILSON, 2000. Sap2000refer, Sonlu Elemanlar Analizi, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley ABD.
- HASGÜR, Z., GÜNDÜZ, N., 1996, “Betonarme Çok Katlı Yapılar”, Beta Yayınevi, İstanbul.
- İRTEM, E., TÜRKER, K., HASGÜL, U., 2004. Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi. Baskı, Balıkesir Üniversitesi.
- KARADUMAN, A. VE DÖNDÜREN, M.S., 2004. Çok Katlı Betonarme Yapıların Dinamik Analizi. Türkiye Mühendislik Haberleri sayı 432.
- KARADUMAN, A VE DÖNDÜREN, M.S. 2003. Planda Değişik Geometriye Sahip Çok Katlı Betonarme Yapıların Zaman Tanım Alanında Analizi, Yüksek Lisans Tezi. Baskı, Selçuk Üniversitesi.
- KUMBASAR, N., 1993. Deprem Kayma Çerçevelerinin Çarpışma Problemi. İnşaat Mühendisleri Odası, Yayın No:1, Cilt:4
- NEWMARK, N. M., 1959. A Method of Computation for Structural Dynamics, ASCE Journal of the Engineering Mechanics Division, Vol. 85 No. EM3
- SAFAK, E., 1991. Identification of Linear Structures Using Discrete-Time Filters. Jnl of Strct, ABD.
- ÜLKER, 2005. Deprem ve Deprem Etkileri, İstanbulda Deprem. Eroğlu ve Ülker, İstanbul. www.geocities.com/geoteknik/istdeprem
- TEM MÜHENDİSLİK, 2005. TEM Mühendislik, [http: tem-engineering.com](http://tem-engineering.com).

ÖZGEÇMİŞ

27/07/1979 tarihinde Anakara'da doğdu. İlköğrenimini Kahramanmaraş Fatih İlkokulunda, orta eğitimini Özel Doğu Akdeniz Lisesi ve Kahramanmaraş ortaokulunda, Lise Eğitimini Kahramanmaraş Lisesinde yapmıştır. 1998 tarihinde Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde okumaya hak kazandı. 2002 yılında aynı bölümden İnşaat Mühendisi ünvanı olarak mezun oldu. 2002-2003 tarihleri arasında bir inşaat firmasında proje ve şantiye üzerine çalışmalar yaptı. 1976'da kurulan aile şirketinin 2003'te başına geçerek 2006'te ilk mühendislik projesini ve müteahhitliğini yaptığı binasını bitirdi. Halen proje ve müteahhitlik işine devam etmektedir.