

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

136267

HAREKETLİ YÜK DAĞILIMININ BURULMA DÜZENSİZLİĞİNE
ETKİSİNİN SAP 2000 İLE ANALİZİ

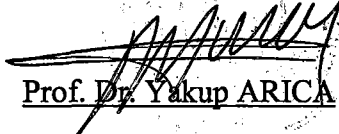
ŞULE BAKIRCI

136267

İC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BÜYÜK MANTASYON MERKEZİ

TEMMUZ 2003

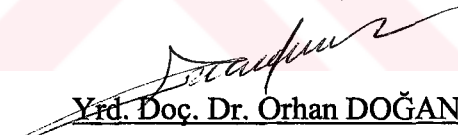
Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı


Prof. Dr. Yakup ARICA
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak İnşaat Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarız.


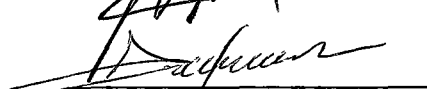
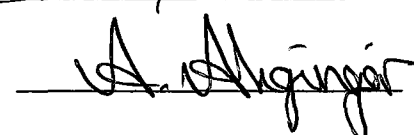

Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Yrd. Doç. Dr. A. Payidar AKGÜNGÖR

ÖZET

HAREKETLİ YÜK DAĞILIMININ BURULMA DÜZENSİZLİĞİNE ETKİSİNİN SAP 2000 İLE ANALİZİ

BAKIRCI, Şule

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yr. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Temmuz 2003, 128 sayfa

1999 Marmara Depremi'nden sonra yapılan incelemelerde, binaların amacının dışında kullanılması ve kat içerisindeki hareketli yük dağılımının üniform (düzgün yayılı) olmaması nedeniyle, ağırlık merkezinin değişebileceği düşünülmüştür. Binanın ağırlık merkezinin yer değiştirmesi ile rijitlik merkezine göre eksantrisitenin arttığı, binanın dönmeye zorlandığı ve ikinci mertebe burulma momenti etkisi altında binanın yıkılmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında Hareketli Yükün Burulma Düzensizliği Üzerindeki Etkisi incelenmek istenmiş bu amaçla farklı modeller kullanılarak, zemin sınıfının ve döşemelerdeki hareketli yük dağılım ve miktarının burulma düzensizliği üzerindeki etkisi "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ve "Mod Birleştirme Yöntemi" uygulanarak SAP2000 ile analiz edilmiştir. İlk model için yapılan analizlerde Burulma

Düzensizliği, Görelil Kat Ötelenmeleri Kontrolü ve İkinci Mertebe Etkileri tablolar halinde düzenlenmiştir. İkinci modelde ise planda simetrik olmayan üç döşemeli “L” tipi bir yapı modeli incelenmiştir. Her analizde farklı döşemeler farklı hareketli yük var kabul edilerek (depo olarak) incelenmiş ve burulma düzensizliği tablo ve grafikler halinde düzenlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER : Burulma düzensizliği, eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi görelil kat ötelenmeleri, ikinci mertebe etkileri, düzgün olmayan yayılı yük.



ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF LIVE LOADS DISTRIBUTION ON TORSIONAL IRREGULARITY WITH SAP 2000

BAKIRCI, Şule

Kırıkkale University

Institute of Science and Technology

Department of Civil Eng., M.Sc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Orhan DOĞAN

June 2003, 128 pages

After 1999 Marmara Earthquake, it was hypothesized that the gravity center can change because of use of buildings different then their design purpose and nonuniformities of live load distribution in a floor level. It was also hypothesized that due to change in center of gravity of building eccentricity relative to center of rigidity increases, building is exposed to torsion and building can collapse under secondary torsional moment effect. For this purpose, the analysis were performed by means of SAP2000 Program.

In this study the effect of live loads on the torsional irregularity was investigated. More specifically, the influence of soil type and distribution and amount of slab live loads on the torsional irregularity was studied using the

“Equivalent Earthquake Load Method” and “Mode Coupling Method”. Two different models were used for this purpose. In the first symmetrical model, the torsional irregularity, relative floor displacements and secondary effects were investigated. In the second model, the torsional irregularity of an ‘L’ type, nonsymmetrical slab for different loading combinations was examined.

The study results suggest that, with the changes of soil type in the first model there are no changes at torsional irregularity and secondary effects. In the second model there is a slight (2.72 %) change in the torsional irregularity.

KEY WORDS : Torsional irregularity, the equivalent earthquake load method, the mode coupling method, relative floor displacements, secondary effects, nonuniform distributed load.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında değerli fikir ve yönlendirmeleriyle yardımcı olan danıőmanım Yr. Doç. Dr. Orhan DOğAN'a, SAP2000 Statik ve Dinamik Hesap Programı konusundaki katkılarıyla Kurs hocam İnő. Müh. Murat DEMİRHAN'a, bugünkü bilgi seviyesine ulaőmama katkısı bulunan tüm ğretim elemanlarına, desteğini esirgemeyen arkadaşlarıma ve aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLERvi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kaynak Özetleri	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1. Genel.....	5
2.1.1. Sistem Modelinin Oluşturulması.....	5
2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması.....	6
2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması	6
2.1.4. Yüklerin Tanımlanması	6
2.1.5. Çözüm (Analiz).....	7
2.1.6. Boyutlandırma.....	7
2.2. SAP2000 Genel Menü Düzeni.....	7
2.2.1. File Menüsü.....	7
2.2.2. Edit Menüsü.....	8
2.2.3. View Menüsü.....	8

2.2.4. Define Menüsü.....	8
2.2.5. Draw Menüsü.....	8
2.2.6. Select Menüsü.....	8
2.2.7. Assign Menüsü	8
2.2.8. Analyse Menüsü.....	8
2.2.9. Display Menüsü.....	9
2.2.10. Design Menüsü	9
2.2.11. Options Menüsü.....	9
2.2.12. Help Menüsü.....	9
2.3. Yapılarda Düzensizlik Durumlarının İncelenmesi.....	9
2.3.1. Planda Düzensizlikler.....	11
2.3.1.1. Burulma Düzensizliği (A1).....	11
2.4. Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma Durumları.....	14
2.5. Çok Katlı Yapılarda Plan Geometrisi.....	16
2.5.1. Simetrik Yapılar.....	16
2.5.2. Simetrik Davranışlı Yapılar.....	17
2.6. Burulma Yapan Yapıların Sınıflandırılması	21
2.7. Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi	21
2.8. Çok Katlı Yapılarda Burulma	24
2.9. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi.....	26
2.10. Yatay Yerdeğiştirmelerin Hesabı.....	27
2.11. Yapı Sistemleri Serbestlik Dereceleri.....	29
2.11.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler.....	29
2.11.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler.....	32
2.12. Diyafram.....	33

2.12.1. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar.....	34
2.12.2. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışmayan Yapılar.....	35
2.13. Analiz Yöntemleri.....	39
2.13.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	40
2.13.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Adımları.....	40
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	57
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analizler.....	57
3.1.1. Model1a.....	57
3.1.1.1. Bina Bilgileri	57
3.1.1.2. Deprem Bilgileri.....	57
3.1.1.3. Kat Ağırlıkları.....	58
3.1.1.4. Fiktif Kat Yüğülerinin Hesabı	58
3.1.1.5. Kat Deplasmanları Hesabı	59
3.1.1.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı	59
3.1.1.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı	60
3.1.1.8. Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin +%5 Eksantrik Olarak Yapıya Yüğülenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı.....	61
3.1.1.9. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü	61
3.1.1.10. Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü	62
3.1.1.11. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	63
3.1.2. Model1d	63
3.1.2.1. Deprem Bilgileri	63
3.1.2.2. Kat Ağırlıkları	63
3.1.2.3. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodu Hesabı ...	64
3.1.2.4. Eşdeğer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı	65

3.1.2.5. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrik Olarak	
Yapıya Yüklenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı	65
3.1.2.6. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü	66
3.1.2.7. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	66
3.1.2.8. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	67
3.1.3. Modelle.....	67
3.1.3.1. Deprem Bilgileri	67
3.1.3.2. Kat Ağırlıkları.....	67
3.1.3.3. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	68
3.1.3.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodu Hesabı ..	69
3.1.3.5. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı	70
3.1.3.6. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrik	
Olarak Yapıya Yüklenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı....	70
3.1.3.7. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü	71
3.1.3.8. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	71
3.1.3.9. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	72
3.1.4. Model2a.....	73
3.1.4.1. Veriler.....	73
3.1.4.2. Bina Bilgileri	73
3.1.4.3. Deprem Bilgileri	74
3.1.4.4. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	74
3.1.4.5. Dışmerkezlilikler.....	74
3.1.4.6. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	75
3.1.4.7. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodu Hesabı...75	

3.1.4.8. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	76
3.1.4.9. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	76
3.1.5. Model2b.....	77
3.1.5.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	77
3.1.5.2. Dışmerkezlilikler.....	77
3.1.5.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	78
3.1.5.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim	
Periyodunun Hesabı.....	78
3.1.5.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri	79
3.1.5.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	79
3.1.5.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	79
3.1.6. Model2c.....	80
3.1.6.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	80
3.1.6.2. Dışmerkezlilikler.....	80
3.1.6.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	81
3.1.6.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim	
Periyodu Hesabı.....	81
3.1.6.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri	82
3.1.6.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	82

3.1.6.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	82
3.1.7. Model2d.....	83
3.1.7.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	83
3.1.7.2. Dışmerkezlilikler.....	83
3.1.7.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	84
3.1.7.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı.....	84
3.1.7.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri	85
3.1.7.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	85
3.1.7.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	85
3.1.8. Model2e.....	86
3.1.8.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	86
3.1.8.2. Dışmerkezlilikler.....	86
3.1.8.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	87
3.1.8.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı.....	87
3.1.8.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri	88
3.1.8.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	88
3.1.8.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	88
3.1.9. Model2f.....	89
3.1.9.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri	89
3.1.9.2. Dışmerkezlilikler.....	89

3.1.9.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	90
3.1.9.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı.....	90
3.1.9.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri	91
3.1.9.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği.....	91
3.1.9.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği.....	91
3.1.10. Model2g.....	92
3.1.10.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	92
3.1.10.2. Dışmerkezlilikler.....	93
3.1.10.3.Katlara Etkileyen Fiktif Yükler.....	93
3.1.10.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı....	93
3.1.10.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	94
3.1.10.6. Deprem Yüklerinin + %5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği.....	94
3.1.10.7. Deprem Yüklerinin -% 5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği.	95
3.1.11. Model2h.....	95
3.1.11.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	96
3.1.11.2. Dışmerkezlilikler.....	96
3.1.11.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	96
3.1.11.4.Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı.....	97
3.1.11.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	98
3.1.11.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği.....	98

3.1.11.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak	
Bulunan Burulma Düzensizliği.....	98
3.2. Dinamik Analizler.....	99
3.2.1. Model1 _din.....	99
3.2.1.1. Kaydırılmış Kütle Merkezleri (+%5 dışmerkezlilikleri).....	99
3.2.1.2. Kat Kütle Eylemsizlik Momentleri.....	99
3.2.1.3. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	100
3.2.1.4. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	100
3.2.1.5. Spektrum Analizi.....	101
3.2.1.6. Kat Deplasmanları.....	101
3.2.1.7. Maksimum Görelî Kat Deplasmanları.....	102
3.2.1.8. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	102
3.2.1.9. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	103
3.2.1.10. Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	104
3.2.2. Model2a.....	106
3.2.2.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	106
3.2.2.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	106
3.2.2.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	106
3.2.2.4. Spektrum Analizi.....	107
3.2.2.5. Model2a+%5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği.....	107
3.2.2.6. Model2a-% 5 _ din'e ait Burulma Düzensizliği.....	107
3.2.3. Model2b.....	108
3.2.3.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	108
3.2.3.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	108
3.2.3.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	108

3.2.3.4. Spektrum Analizi.....	109
3.2.3.5. Model2b+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği.....	109
3.2.3.6. Model2b-%5 _din' e ait Burulma Düzensizliği.....	109
3.2.4. Model2c.....	110
3.2.4.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	110
3.2.4.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	110
3.2.4.3.Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	110
3.2.4.4. Spektrum Analizi.....	111
3.2.4.5. Model2c+%5 _din' e ait Burulma Düzensizliği.....	111
3.2.4.6. Model2c - % 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği.....	111
3.2.5. Model2d.....	112
3.2.5.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	112
3.2.5.2.Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	112
3.2.5.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	112
3.2.5.4.Spektrum Analizi.....	113
3.2.5.5.Model2d+%5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	113
3.2.5.6. Model2d-% 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	113
3.2.6. Model2e.....	114
3.2.6.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	114
3.2.6.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	114
3.2.6.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	114
3.2.6.4. Spektrum Analizi.....	115
3.2.6.5.Model2e+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği	115
3.2.6.6. Model2e-%5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	115
3.2.7. Model2f.....	116

3.2.7.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	116
3.2.7.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	116
3.2.7.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	117
3.2.7.4. Spektrum Analizi.....	117
3.2.7.5. Model2f+ % 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	117
3.2.7.6. Model2f- % 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği.....	117
3.2.8. Model2g.....	118
3.2.8.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	118
3.2.8.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	118
3.2.8.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	118
3.2.8.4. Spektrum Analizi.....	119
3.2.8.5. Model2g+% 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	119
3.19.6. Model2g - % 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	119
3.2.9. Model2h.....	120
3.2.9.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı.....	120
3.2.9.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	120
3.2.9.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	120
3.2.9.4. Spektrum Analizi.....	121
3.2.9.5. Model2h+% 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	121
3.2.9.6. Model2h- % 5 _din' e ait Burulma Düzensizliği	121
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	122
KAYNAKLAR	127

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1.a. Burulmalı Öteleme	13
2.1.b. $P_x(z)$ ve $P_y(z)$ Birlikte Etkimesi	13
2.2. Döşemelerin Kendi Düzlemleri İçinde Rijit Diyafram Olarak Çalışmaları Durumu.....	15
2.3. Simetrik Yapılar.....	16
2.4. Simetrik Davranışlı Yapılar.....	17
2.5. Simetrik Davranışlı Yapılarda Perde Yerleştirilmesi.....	18
2.6. Simetrik Davranışlı Perdeleri Olan Yapılar.....	19
2.7. Simetrik Olmayan Yapılar.....	19
2.8. Merkezi Simetrisi Olmayan Yapılar.....	20
2.9. Yapı Planında Esnek ve Rijit Taraflar.....	23
2.10. Kütlenin Bir Noktada ve Rijitliğin Bir Elemanda Toplanması.....	30
2.11. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler için Model Gösterimleri.....	31
2.12. Rijit Diyafram Modeli.....	34
2.13. Esnek Diyafram.....	37
2.14. Keskin Köşelerde Çatlaklar.....	38
2.15. Fiktif Yükler ve Yerdeğiştirmeleri.....	41
2.16. Tasarım İvme Spektrumu Grafiği.....	47
2.17. Kat Hizalarına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri.....	49
2.18. Kaydırılmış Kütle Merkezleri.....	50
3.1. Modell' e ait Kat Planı.....	54

3.2.a. Model2 ' ye ait 3. kat Planı.....	55
3.2.b. Model2 ' ye ait 1. ve 2. kat Planı.....	56
4.1. Model1 için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Görelî Kat Ötellenmesi Grafiğı.....	124
4.2. Model1 için Mod Birleştirme Yöntemiyle Görelî Kat Ötellenmesi Grafiğı.....	124



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1.	Yapılarda Oluşabilecek Planda ve Düşey Doğrultuda	
	Düzensizlik Durumları.....	10
2.2.	Hesap Yönteminin Seçimi.....	39
2.3.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceğı Binalar.....	40
2.4.	Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı (n).....	44
2.5.	Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0).....	44
2.6.	Bina Önem Katsayısı.....	45
2.7.	Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B).....	46
2.8.	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı.....	48
3.1.	Model1a' ya ait Fiktif Yüğülerin Hesabı.....	58
3.2.	Model1a' ya ait Kat Deplasmanları.....	59
3.3.	Model1a' ya ait Rayleigh Oranı ile T_1 'in Hesabı.....	59
3.4.	Model1a' ya ait Eşdeğer Kat Deprem Yüğüleri.....	60
3.5.	Model1a' ya ait Kat Deplasmanları.....	61
3.6.	Model1a' ya ait Burulma Düzensizliğı Kontrolü.....	62
3.7.	Model1a' ya ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	62
3.8.	Model1a' ya ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	63
3.9.	Model1d' ye ait Kat Eşdeğer Deprem Yüğüleri.....	65
3.10.	Model1d' ye ait Kat Deplasmanları.....	65
3.11.	Model1d' ye ait Burulma Düzensizliğı Kontrolü.....	66
3.12.	Model1d' ye ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	66

3.13.	Model1d' ye ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	67
3.14.	Model1e' ye ait Fiktif Kat Yükleri	68
3.15.	Kat Deplasmanları.....	68
3.16.	Model1e' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı	69
3.17.	Model1e' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	70
3.18.	Model1e' ye ait Kat Deplasmanları.....	70
3.19.	Model1e' ye ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	71
3.20.	Model1 e' ye ait Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü.....	71
3.21	Model1e' ye ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	72
3.22.	3.Kat Kolon Boyutları.....	73
3.23.	Model2a' ya ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	74
3.24.	Model2a' ya ait Dışmerkezlîkler.....	74
3.25.	Model2a' ya ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	75
3.26.	Model2a' ya ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	75
3.27.	Model2a' ya ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	76
3.28.	Model2a' ya ait + % 5 Eksantrisite ile -Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	76
3.29.	Model2a' ya ait - % 5 Eksantrisite ile -Burulma Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	76
3.30.	Model2b' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	77
3.31.	Model2b' ye ait Dışmerkezlîkler.....	77
3.32.	Model2b' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	78
3.33.	Model2b' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 Hesabı.....	78
3.34.	Model 2b' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	79
3.35.	Model2b'ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	79

3.36	Model2b' ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	79
3.37.	Model2c' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	80
3.38.	Model2c' ye ait Dışmerkezlikler.....	80
3.39.	Model2c' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	81
3.40.	Model2c' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	81
3.41.	Model2c' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	82
3.42.	Model2c' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	82
3.43	Model 2c'ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	82
3.44	Model2d' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	83
3.45	Model2d' ye ait Dışmerkezlikler.....	83
3.46.	Model2d' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	84
3.47.	Model2d' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı	84
3.48.	Model2d' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	85
3.49.	Model2d' ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	85
3.50.	Model2d' ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	85
3.51.	Model2e' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	86
3.52.	Model2e' ye ait Dışmerkezlikler.....	86
3.53.	Model2e' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	87
3.54.	Model2e' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	87
3.55.	Model2e' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	88
3.56.	Model2e' ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	88
3.57.	Model2e' ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	88
3.58.	Model2f' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	89
3.59.	Model2f' ye ait Dışmerkezlikler.....	89
3.60.	Model2f' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	90

3.61.	Model2f 'ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	90
3.62.	Model2f ' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	91
3.63.	Model2f ' ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	91
3.64.	Model2f ' ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	91
3.65.	Model2g 'ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	92
3.66.	Model2g 'ye ait Dışmerkezlilikler.....	93
3.67.	Model2g 'ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	93
3.68.	Model2g 'ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	93
3.69.	Model2g 'ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	94
3.70.	Model2g 'ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	94
3.71.	Model2g 'ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	95
3.72.	Model2h 'ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri.....	96
3.73.	Model2h 'ye ait Dışmerkezlilikler.....	96
3.74.	Model2h ' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler.....	96
3.75.	Model2h ' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı.....	97
3.76.	Model2h ' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	98
3.77.	Model2h ' ye ait + % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	98
3.78.	Model2h ' ye ait - % 5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	98
3.79.	Model1 _ din' e ait Kaydırılmış Kütle Merkezi Koordinatları	99
3.80.	Model1 _ din' e ait Kat Kütle Eylemsizlik Momentleri.....	99
3.81.	Model1 _ din' e ait Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı.....	100
3.82.	Model1 _ din' e ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	100
3.83.	Model1 _ din' e ait β Katsayısı Kontrol Tablosu.....	101
3.84.	Model1 _ din' e ait Kat Deplasmanları.....	101
3.85.	Model1 _ din' e ait Maksimum Göreli Kat Deplasmanları.....	102

3.86.	Model1 _ din' e ait Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü.....	102
3.87	Model1a _ din' e İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.....	103
3.88.	Model1d _ din' e İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	103
3.89.	Model1e _ din' e İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	104
3.90.	Model1a _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	104
3.91.	Model1d _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	105
3.92.	Model1e _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	105
3.93.	Model2a'ya ait Kütle Atalet Momentleri.....	106
3.94.	Model2a' ya ait Titreşim Mod Peryotlarının Hesabı.....	106
3.95.	Model2a' ya ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	106
3.96.	Model2a' ya ait β Katsayısı Kontrol Tablosu.....	107
3.97.	Model2a + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	107
3.98.	Model2a - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	107
3.99.	Model2b' ye ait Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı	108
3.100.	Model2b' ye ait Titreşim Mod Periyotları	108
3.101	Model2b' ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	108
3.102.	Model2b' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	109
3.103.	Model2b + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	109
3.104	Model 2b - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	109
3.105.	Model2c' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	110
3.106.	Model2c' ye ait Titreşim Mod Periyotları.....	110
3.107.	Model 2c _ ait Etkin Kütle Oranları	110
3.108.	Model 2c' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	111
3.109	Model2c + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	111
3.110.	Model2c - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	111

3.111. Model2d' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	112
3.112. Model2d' ye ait Titreşim Mod Periyotları.....	112
3.113. Model2d' ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	112
3.114. Model2d' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	113
3.115. Model2d + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	113
3.116. Model2d - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	113
3.117. Model2e' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	114
3.118. Model2e' ye ait Titreşim Mod Peryotları.....	114
3.119. Model2e' ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı.....	114
3.120. Model2e' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	115
3.121. Model2e + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	115
3.122. Model2e - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	115
3.123. Model2f' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	116
3.124. Model2f' ye ait Titreşim Mod Peryotları.....	116
3.125. Model2f' ye ait Etkin Kütle Oranları.....	116
3.126. Model2f' ye ait β Katsayısı Kontrolü	117
3.127. Model2f + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	117
3.128. Model2f - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	117
3.129. Model2g' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	118
3.130. Model2g' ye ait Titreşim Mod Periyotları.....	118
3.131. Model2g' ye ait Etkin Kütle Oranları.....	118
3.132. Model2g' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	118
3.133. Model2g + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	119
3.134. Model2g - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	119
3.135. Model2h' ye ait Kütle Atalet Momentleri.....	120

3.136. Model2h' ye ait Titreşim Mod Peryotları.....	120
3.137. Model2h' ye ait Etkin Kütle Oranları.....	120
3.138. Model2h' ye ait β Katsayısı Kontrolü.....	121
3.139. Model2h + % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	121
3.140. Model2h - % 5 _ din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	121
4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Model1' e ait Göreli Kat Ötelenmeleri	123
4.2. Mod Birleştirme Yöntemiyle Model1' e ait Göreli Kat Ötelenmeleri	123
4.3. Model1 için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Burulma Düzensizliği Katsayıları	125
4.4. Model1 için Mod Birleştirme Yöntemiyle Burulma Düzensizliği Katsayıları	125
4.5. Model2' ye ait Burulma Düzensizliği, Hareketli Yüğü Miktarı ve Konumu Tablosu.....	126

1. GİRİŞ

Yapının her katına ait kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste çakışmaması durumunda yapıda burulma meydana gelmektedir. Yapının her katına ait burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}), Yeni Deprem Yönetmeliği' nde verilen burulma düzensizliği koşulunu sağlaması durumunda ($\eta_{bi}<1.20$) Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemiyle hesap yapılabilir, $\eta_{bi}>2.00$ olması durumunda ise Dinamik Hesap gerekmektedir. (Her model için dinamik hesap yapılabilir ancak $\eta_{bi}>2.00$ olması durumunda dinamik hesap zorunludur). Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} ' nin bu iki sınır arasında, ($1.20<\eta_{bi}<2.00$) olduğu durumlarda Yeni Deprem Yönetmeliği' ne göre dışmerkezlilik artırılarak, yine Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle hesap yapılabileceği belirtilmektedir. Ayrıca Yeni Deprem Yönetmeliği' nde Görelî Kat Ötelenmesi ile ilgili sınırlamalar da getirilmiştir.⁽¹⁾

1.1. Kaynak Özetleri

1998'de G. Özmen "Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi" isimli bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada her iki doğrultuda 5'er açıklıklı, 16 katlı kirişsiz döşemeli betonarme uzay yapıda çekirdek perdenin konumuna bağılı olarak burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) değışimi incelenmiştir. Bunun için çekirdek perdenin yapıdaki konumu değıştirilerek söz konusu yapılardaki perdenin üç değışik konumu için burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) değıerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar değıerlendirilmiştir.⁽¹⁾

Günay Özmen^(2,3) 2000 yılında Türkiye Deprem Vakfı tarafından yürütölen

“Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi” ve 2001 yılında “Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi” konulu çalışmalar yapmıştır.

Haluk Boğa'nın 2000 yılında yaptığı “Çok Katlı Betonarme Yapılarda Burulma Düzensizliğinin İrdelenmesi” konulu tez çalışmasında Kirişsiz Döşemeli çok katlı betonarme uzay yapılarda burulma düzensizliği koşulunun sağlatılabilmesi için çözüm önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kirişsiz döşemeli, betonarme uzay çerçeve sistem yapılar ele alınmakta ve burulma düzensizliğini artıracak şekilde yapıda bulunan çekirdek perdenin plandaki konumu değiştirilmektedir.⁽¹⁾

Ramazan Livaoglu'nun 2001 yılında yaptığı “Yapıların Deprem Hesabında Burulma Düzensizliğinin ve Hesap Yöntemlerinin Etkinliğinin İncelenmesi” adlı tezde Eşdeğer Deprem Yüğü, Mod Birleştirme ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleriyle yapıların deprem hesabı açıklanmakta, bu yöntemler üç farklı yapıya uygulanarak elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir. Bu çalışma dikkate alınan üç farklı yapı için sonuçların, dışmerkezliğe göre %75, kullanılan hesap yöntemine göre ise %100' lere varan oranlarda değişebileceğini ortaya koymuş bulunmaktadır.⁽⁴⁾

“Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğinin Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi ile İncelenmesi” adlı 1999 yılında H. Murat Tanarslan'ın yaptığı çalışmada Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi için hazırlanmış olan bilgisayar programı ile bir örnek çözülmüş aynı örnek SAP2000 ve SAP90 ile çözümlenip sonuçlar kıyaslanmıştır.⁽⁵⁾

Fatih Aydınalev' in 2000 yılında yaptığı “Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY' 98)' ne göre Analizi ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi”

adlı tezde burulma düzensizliği Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak irdelenmiştir.⁽⁶⁾

“Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi” adlı Oğuzhan Erol’ün 1999 yılındaki tez çalışmasında Burulma Düzensizliği içeren yapı örneği yönetmeliğimizin öngördüğü şartlar, analizlerde göz önüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre çözülmüş, böylece mevcut düzensizliğin hangi yöntemle daha iyi temsil edildiği araştırılmıştır.⁽⁷⁾

Düzensizlik durumları ve bunların yapının deprem davranışı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla birçok deneysel ve parametrik çalışma yapılmıştır. (Tezcan, Alhan, 2001, Goel, Chopra, 1991; Chandler, Hutchinson, 1987; Humor, 1984; Poole, 1977; RutenbegPekau, 1983; Chpra, 1977; Wong, Tso, 1985; Zhu, Tso, 1992; Tso, Zhu, 1992; Tso, Ying, 1990; Goel, Chopra, 1991; Moehle, Alarcan 1984; Moehle, 1986; Moehle, 1984; Özmen, 2001).

Sadece ek dışmerkezlilik üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. (Doğangün, Livaoğlu, 2001; Duan, Chandler, 1993; Humor, 1984; Ju, Lio; 2000; Kan Chopra 1977; Tezcan, Alhan 2001; Tso Bozorgnia, 1986; Tso.Sadek, 1985 Ying, Tso, 1990). Bu konu üzerinde yapılan çalışmalardan bazıları da var olan yönetmelikleri karşılaştırmalı olarak incelemiştir. (Zhu, Tso, 1992; Tso, Zhu, 1992; Wong, Tso 1995; Duan, Chandler, 1993; Chandler vd., 1994; Goel, Chopra, 1991; Rosenblueth, 1979)

Diğer düzensizlik durumlarına ilişkin bilgiler çeşitli kaynaklarda verilmektedir. (Tezcan, Alhan, 2001)⁽⁴⁾

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, 01.01.1998’ de yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” te tanımlanan burulma düzensizliği, görelî kat ötelenmeleri ve ikinci merteye etkileri; zemin sınıfı değişimi ve aynı katta farklı döşemelerin farklı hareketli yüklerle yüklenmesi göz önünde bulundurularak irdelenmektedir. İlk modelde plan geometrisi tamamen simetrik olan bir yapıda farklı döşemelerin farklı amaçla kullanılması ve bunun sonucu farklı hareketli yük katılım katsayısı ve farklı hareketli yük sebebiyle binaya getirilen ek dışmerkezliğin burulma düzensizliğini nasıl etkilediği incelenmektedir.

İkinci modelde simetrik olmayan bir model için yapılan analizlerde, her analizde farklı bir döşemenin farklı bir hareketli yük (depo olarak) yüklendiği düşünülerek bu durumun burulma düzensizliğini nasıl etkilediği gösterilmek istenmiştir.

Her iki model için hem Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, hem Mod Birleştirme Yöntemi ile analizler yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Genel

Çalışmanın hazırlanması SAP2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SAP2000 yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan Genel Amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel Grafik Kullanıcı Arayüzü (Graphical User Interface – GUI) yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Herhangi bir yapı sisteminin SAP2000 yardımı ile analiz ve boyutlandırmasında genel olarak, aşağıdaki yol izlenmektedir:

2.1.1. Sistemin Modelinin Oluşturulması

Bu ilk aşamada, ya doğrudan doğruya veya SAP2000 içinde bulunan Şablon (Template) sistemler kullanılarak

- Kiriş, kolon v.b. çubuk elemanlar,
- Duvar, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik veya lineer olmayan birleşimler veya yaylar,
- Çeşitli tipte mesnetler

tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada, çeşitli yapı elemanlarının birleştiği Düğüm Noktaları (Joints), program tarafından otomatik olarak türetilmektedir. Oluşturulan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne Nesne (Object) adı verilmektedir.

Bazı durumlarda, ele alınan sistemin önce küçük (veya kaba) bir bölümü oluşturulur. Daha sonra SAP2000 'in Copy, Paste, Replicate, Mesh Shells gibi olanaklarından yararlanarak sistem tamamlanır.

Bazı özel durumlarda da, sistemin geometrisi AutoCAD veya EXCEL yazılımları ile geliştirilip SAP2000 içine aktarılabilmektedir.

2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

SAP2000 içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan Beton (CONC) ve Çelik (STEEL) malzemeleri mevcuttur. İstenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirilebileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Çeşitli kesit tipleri ayrı kütükler içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilir gibi, istenen türde kesit tanımlamak için, pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanmaktadır.

2.1.4. Yüklerin Tanımlanması

Tekil, düzgün yayılı, üçgen veya yamuk yüklerle sıcaklık değişimleri tanımlanıp düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedir.

Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, Mod Birleştirme Yöntemi ile Dinamik Hesap da yapılabilir. Çok sayıda (sabit, hareketli, rüzgar, deprem v.b.) değişik yüklemeler tanımlanabileceği gibi, bunlar çeşitli süperpozisyon katsayıları ile çarpılarak Yükleme Kombinasyonları da oluşturulabilmektedir.

2.1.5. Çözüm (Analiz)

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlanması bittikten sonra Çözüm (Analiz) yapılır. Çözüm sonuçları da SAP2000 ekranında görüntülenmektedir. Bu görüntü üzerinde istenen her türlü ayrıntı ayrıca görüntülenip incelenebilir. İstenirse, çözüm sonuçları bir kütüğe yazdırılıp orada incelenir veya bastırılabilir.

2.1.6. Boyutlandırma

Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen bir yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları da yapılabilmektedir.

2.2. SAP2000 Genel Menü Düzeni

2.2.1. File Menüsü: Bu menü altındaki komutlar ve alt komutlar yardımıyla yeni çalışma başlatma, kütük kayıt işlemleri, çalışmanın başka ortamlara aktarılması veya başka ortamlardan bilgi aktarımı, çıktı oluşturma gibi işlemler gerçekleştirilir.

2.2.2. Edit Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarının düzenlenmesi, kopyalanması, çoğaltılması, silinmesi, yeniden adlandırılması gibi işlemler yapılabilir.

2.2.3. View Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistemin görünümü ve bakış açılarını düzenleme işlemleri gerçekleştirilir.

2.2.4. Define Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların özellikleri, yüklemeler, yük kombinezonları v.b. tanımlanabilir.

2.2.5. Draw Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların çizilmesi, yardımcı çizgilerin ve çizim araçlarının düzenlenmesi v.b. işlemler yapılabilir.

2.2.6. Select Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistem modelini oluşturma arasında gereken seçim işlemleri yapılabilir.

2.2.7. Assign Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarına kesit özellikleri veya yüklemeler atanabilir ve gruplama işlemleri yapılabilir.

2.2.8. Analyse Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistemin çözümü (analizi) yapılır.

2.2.9. Display Menüsü: Bu menüdeki komutlar ile sistemin şekil değiştirmiş durumu, yüklemeler, mod şekilleri gibi çeşitli durumlardaki görünümü elde edilebilir.

2.2.10. Design Menüsü: SAP2000 ile çelik veya betonarme boyutlandırma yapmak için bu menü kullanılabilir.

2.2.11. Options Menüsü: Model görüntü ayarlarının yapıldığı menüdür.

2.2.12. Help Menüsü: Programla ilgili yardım bilgilerinin bulunduğu menüdür.⁽⁸⁾

2.3. Yapılarda Düzensizlik Durumlarının İncelenmesi

Bir yapının tasarım aşamasında mimari tasarım ile yapının depreme karşı dayanımı arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Yükseklik, geometri, eleman süreksizlikleri, plan boyutları, yapı sisteminin seçimi, kütle dağılımı, rijitlik dağılımı, dayanım ve süneklik gibi bir çok parametre yapının depreme karşı davranışını etkilemektedir. Bütün bunların neden olacakları olumsuz etkileri en asgari seviyeye çekebilmek ve yapının depremden büyük ölçüde zarar görmesini önlemek amacıyla birçok ülke deprem yönetmeliği hazırlamıştır. (ABYYHY, 1998; EC8, 1984; UBC, 1997; NBCC, 1995; NZC, 84).⁽⁴⁾

1998’de yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” te yatay yükler altında yapının üç boyutlu olarak analiz edilmesi

zorunluluğu getirilmiş ve bu yapıların mümkün olduğunca düzensizliklerden arınması gerekliliği ortaya konulmuştur. Fakat gerek mimari zorunluluklar gerekse arsa gibi kısıtlayıcı etkenler yapıların simetrik yapılabilmesini imkansız kılmakta ve bazı düzensizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapının simetrik olmaması halinde projelendirme aşamasında bu etkileri de göz önüne alınması gerekmektedir.

Binalar simetrik olsa bile şiddetli deprem halinde deprem dalgalarının binaya yayılışı asimetrik olacağından kolon ve kirişlerdeki mafsallar aynı anda oluşmayabilir. Sonuçta kütle ve rijitlikleri simetrik olan binalarda bile deprem anında dışmerkezlilikler meydana gelebilir.⁽⁵⁾

Çizelge 2.1. Yapılarda Oluşabilecek Planda ve Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

No	Planda Düzensizlikler	No	Düşeyde Düzensizlikler
A1	Burulma düzensizliği	B1	Zayıf kat
A2	Döşeme süreksizliği	B2	Yumuşak kat
A3	Plan görünüşü	B3	Kolon ve\veya perde süreksizliği
A4	Ortogonal olmayan eleman(lar)	B4	Çekiçleme
A5	Simetrik fakat eşit olmayan kolon sınıflandırması	B5	Kötüleşme (Setback)
A6	Planda asimetriklik	B6	Asimetrik Kütle
		B7	Kısa Kolon
		B8	Eşit olmayan kat yükseklikleri
		B9	Zayıf kolon rijit kat

Mimari tasarım aşamasında kaçınılması gereken birçok düzensizlik durumu bulunmaktadır. Bunlar kat yükseklikleri arasındaki farktan, kütlelerin ve rijitliklerin bir bölgede toplanmasından, kısa kolon oluşumundan, çekiçlemeye imkan verebilecek düzenlemelerden ve ortogonal yapı elemanı tasarımı gibi bir çok nedenden dolayı ortaya çıkmaktadır.⁽⁴⁾

Yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensizlikler şunlardır.⁽⁹⁾

A . Planda Düzensizlik Durumları

A1- Burulma Düzensizliği

A2- Döşeme Süreksizlikleri

A3- Planda Çıkıntılar Bulunması

A4- Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

B . Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)

B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat)

B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

2.3.1. Planda Düzensizlikler

2.3.1.1. Burulma Düzensizliği (A1)

Ocak1998'de yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliğinde olduğu gibi birçok deprem yönetmeliğinde en çok göz önüne alınan düzensizlik türü burulma düzensizliği olmuştur. Bu yönetmeliklerden 39 tanesinde burulma düzensizliği ile ilgili yaptırımlar mevcuttur. Bunlardan 11 tanesinde düzensizliğin varlığına izin verilmemiştir. 4 yönetmelikte ek dışmerkezlilik uygulaması görülmüş, 13 tanesinde

dinamik hesap kullanılması önerilmiş ve 10 tanesinde belirli koşulların sağlanmaması durumunda ek dışmerkezliğin artırılması gerektiği belirtilmiştir.⁽²⁾

Taşıyıcı sistemleri, konumlarıyla simetrik olmayan yapılarda, deprem ve rüzgar kuvvetlerinden dolayı burulma etkileri meydana gelmektedir. Yönetmelikte ise yapıların, simetrik de olsalar gene yatay yük doğrultusuna dik doğrultudaki en büyük bina boyutunun en az % 5' i bir dışmerkezliğin varlığının kabul edilmesiyle bulunacak burulma momentlerine göre irdelenmesi ön görülmektedir. Yapıların yatay yüklere göre hesabında burulmadan doğan etkilerin dikkate alınması önem kazanmaktadır. Bu durumda çok katlı yapıları, geometrik özelliklerine ve yüklerin şekline bağlı olarak;

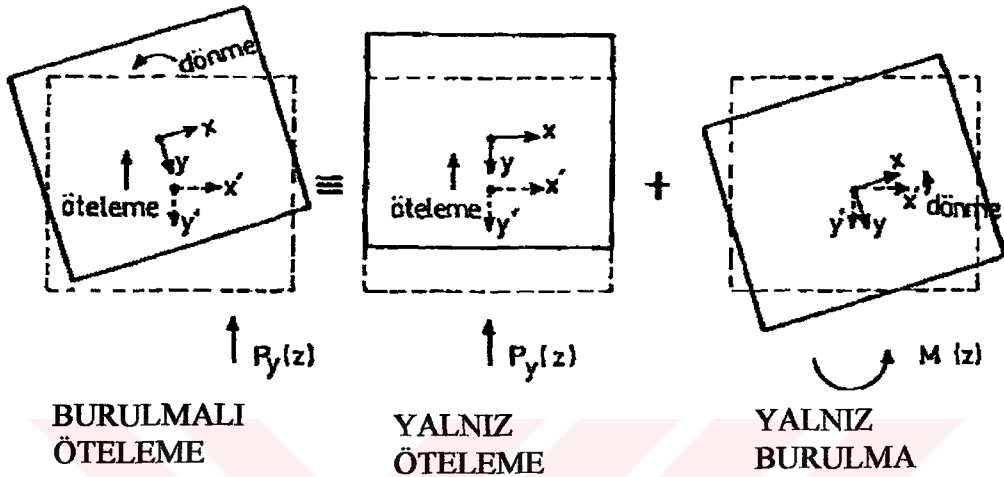
1) Burulma yapmayan yapılar

2) Burulma yapan yapılar

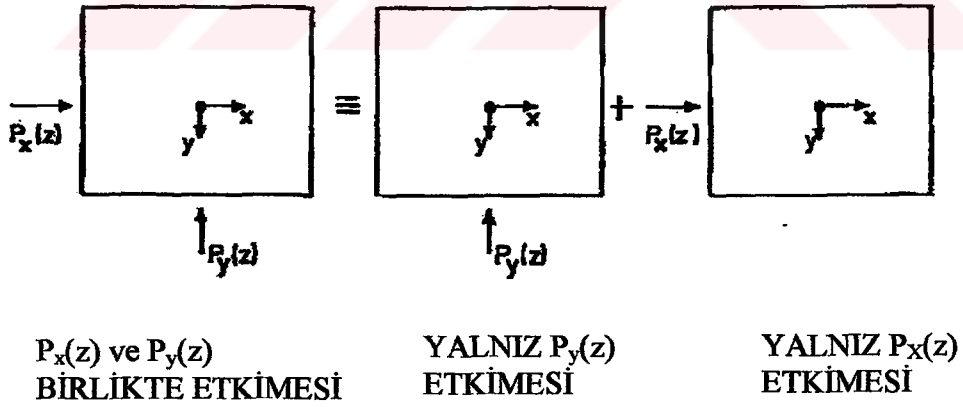
olmak üzere iki gruba ayırmak da önemlidir. Yatay yükler etkisi altında düşey eksenler etrafında burulma yapmayan yani, bütün katlarında çeşitli düşey taşıyıcı elemanlara gelen kesme kuvvetlerinin bileşkesi yatay yükler ile aynı düşey düzlem içinde bulunan yapılara “Burulma Yapmayan Yapılar” adı verilmektedir. Bu tip yapılara örnek olarak planda en az iki simetri ekseni olan ve yükleri de bu simetri eksenlerinden geçen düşey düzlemler içinde bulunan yapılar gösterilebilir. Herhangi bir katında düşey taşıyıcı elemanlara gelen kesme kuvvetlerinin bileşkesi yatay yükler ile aynı düşey düzlem içinde bulunmayan yapılar ise “Burulma Yapan Yapılar” dır.

Çok katlı yapıların yalnız çerçevelerden oluşması durumunda, alt katlardaki kesit tesirlerinin büyük değerleri, mukavemet hesaplarında sorun oluşturmaktadır. Perdelerin devreye girmesi ile taşıyıcı sistemin iç kuvvet dağılışı tamamen

değişmekte ve özellikle alt katlarda çerçevelerin, daha az kesme kuvveti almaları sağlanmaktadır. Böylece kiriş ve kolon boyutları yapı yüksekliği boyunca sabit alınabilmektedir.⁽¹⁰⁾



Şekil 2.1.a. Burulmalı Öteleme



Şekil 2.1.b $P_x(z)$ ve $P_y(z)$ Birlikte Etkimesi

2.4. Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma Durumları

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Bu bağlamda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.⁽⁵⁾

A1-Burulma Düzensizliği

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

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (2.1)$$

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max} \quad (2.2)$$

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min} \quad (2.3)$$

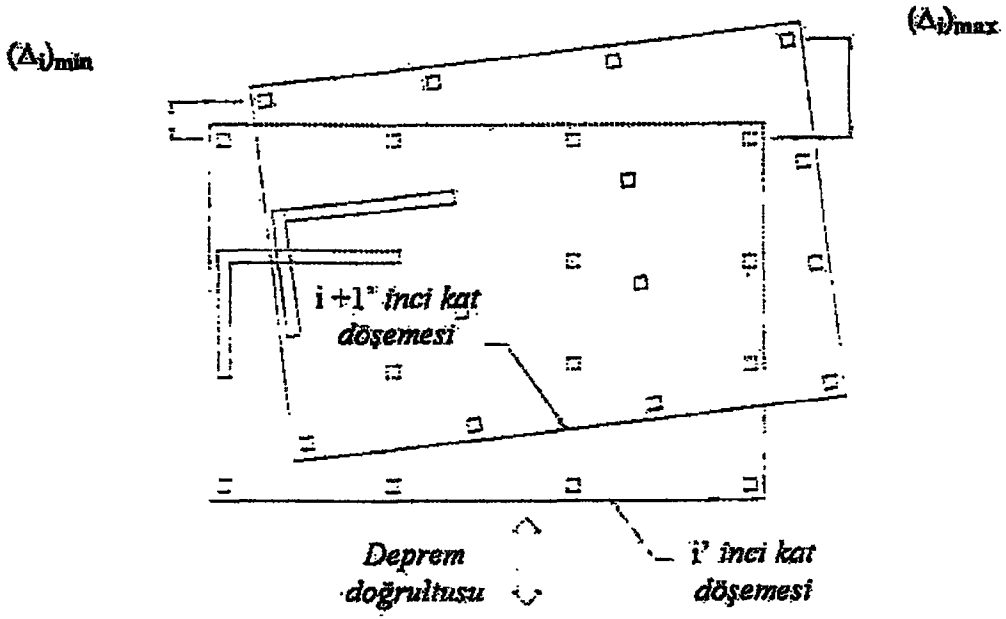
$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] / 2 \quad (2.4)$$

Burada kat deplasmanları (d_i) ve görelî kat ötelemeleri (Δ_i) , deprem yüklerinin \pm %5 eksantrik olarak yapıya etki ettirilmesiyle belirlenir.⁽⁹⁾

$(\Delta_i)_{\max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi,

$(\Delta_i)_{\min}$: Binanın i'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi,

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



Şekil 2.2. Döşemelerin Kendi Düzlemleri İçinde Rijit Diyafram Olarak Çalışmaları Durumu

Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması ile belirgin duruma gelir. Kat ötelemelerinin hesabında kütle merkezindeki olası değişiklikleri de göz önüne alarak, deprem kuvvetinin etkidiği doğrultuya dik bina boyutunun $\pm\%5$ kadar bir dış merkezlik bulunduğu kabul edilecektir. Kabul edilen elde olmayan bu dışmerkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa bile daima $\eta_{bi} > 1.0$ olacaktır. Yapıda ek düzensizlik bulunması bu oranı daha da artıracaktır.⁽¹¹⁾

Burulma Düzensizliğini etkileyen başlıca faktörler:

_Yapının plan geometrisi

_Planda rijitlik dağılımı

2.5. Çok Katlı Yapılarda Plan Geometrisi

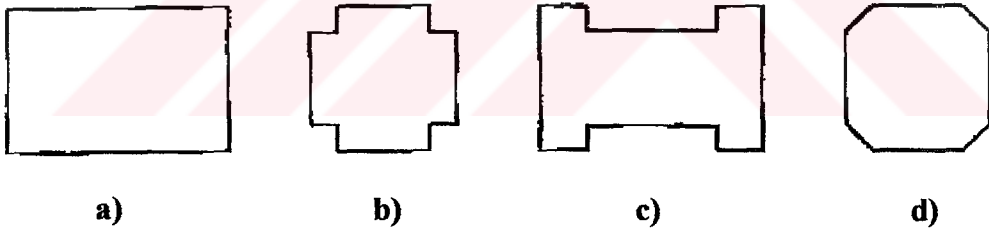
Çok katlı yapıları plan geometrisi bakımından üç grupta toplamak mümkündür.

1. Simetrik Yapılar,
2. Simetrik Davranışlı Yapılar,
3. Simetrik Olmayan Yapılar,

Bu gruplar aşağıda ele alınarak burulma özellikleri açıklanacaktır.

2.5.1. Simetrik Yapılar

Planda en az iki ortogonal simetri eksenine bulunan yapılar “Simetrik Yapılar” olarak adlandırılmaktadır. Bu tip yapıların uygulamada kullanılan türlerinden bazıları Şekil 2.3’te gösterilmiştir.

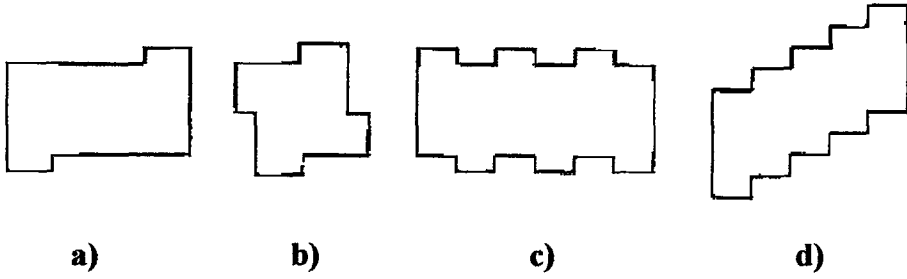


Şekil 2.3. Simetrik Yapılar

Bu tür yapılarda, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolonların kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak, perde de kullanılması halinde, perdelerin konumlarının sistemin simetrisini bozmayacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Düşey taşıyıcı elemanlar bakımından da simetrik olan bazı sistemlerde, yine perde konumlarından kaynaklanan ve “Gizli Burulma Düzensizliği” olarak nitelendirilen bir durumla karşılaşılabilir.

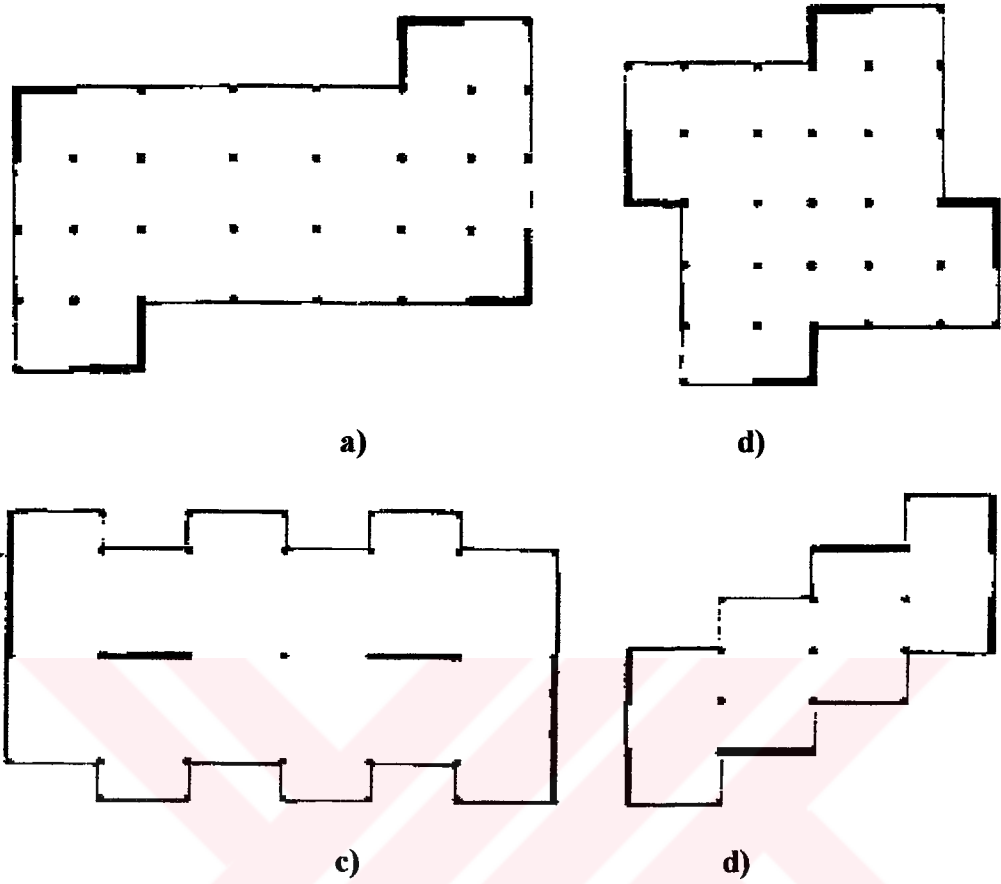
2.5.2. Simetrik Davranışlı Yapılar

Bazı yapılar planda iki ortogonal simetri eksenine sahip olmakla birlikte, yatay yükler etkisi altında simetrik yapılar gibi davranış göstermektedir. Bunlar planda noktasal simetrik olan yapılardır. Bu tür yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.4' te gösterilmiştir.



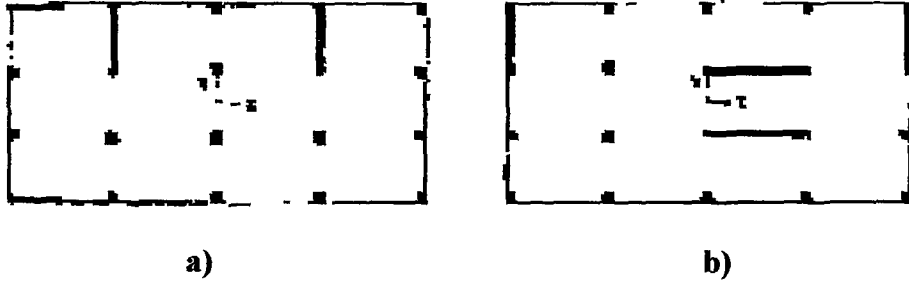
Şekil 2.4. Simetrik Davranışlı Yapılar

Bu tür yapılarda da, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolon kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak perde kullanılması durumunda, bunların yapının noktasal simetri durumuna uygun konumlarda yerleştirilmesi gerekir. Şekil 2.4' teki yapılarda, perde yerleştirilmesine ait örnekler Şekil 2.5' te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Simetrik Davranışlı Yapılarda Perde Yerleştirilmesi

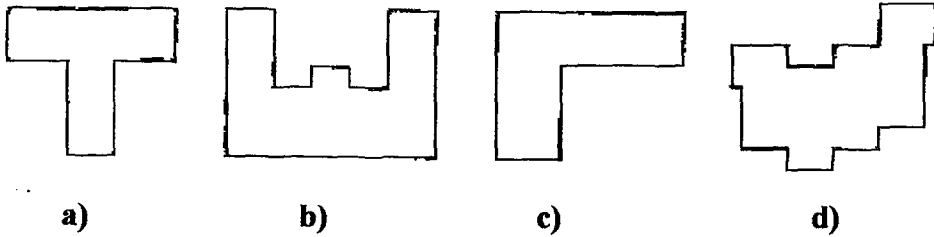
Geometrik bakımdan düzenli olan, fakat perdeleri noktasal simetrik biçimde yerleştirilmemiş olan bazı yapılar da bu kategoriye girmektedirler. Bu tip yapılara ait bazı örneklerin şematik kalıp planları Şekil 2.6' da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Simetrik Davranışlı Perdeleri Olan Yapılar

Bu tür yapıların özelliği, X eksenini doğrultusundaki perdelerin Y eksenine göre, Y eksenini doğrultusundaki perdelerin de X eksenine göre, simetrik olarak yerleştirilmiş olmalarıdır. Bu tür yapılar, her iki doğrultudaki deprem etkileri altında simetrik olarak davranmaktadır.

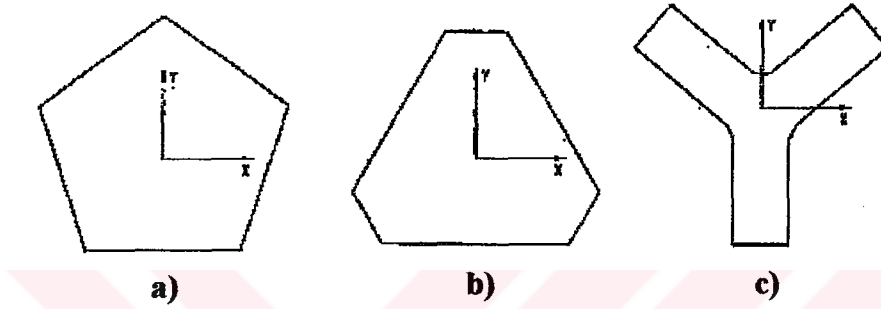
Plan geometrisinde iki ortogonal simetri eksenine olmayan yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Simetrik Olmayan Yapılar

Görüldüğü gibi bu tür yapıların bazılarında tek simetri eksenine vardır; bazılarında ise hiç simetri eksenine bulunmamaktadır. Bu yapılarda, simetriden şaşma miktarına ve özellikle de perde konumlarına bağlı olarak, az veya çok miktarda burulma düzensizliği olabilmektedir.

Ortogonal olmayan, yani bazı çerçeveleri ve/veya perdeleri birbirine dik düzlemler içinde olmayan yapılar, genellikle simetrik olmayan yapılar sınıfına girerler. Bu tür bazı yapıların planda ikiden çok sayıda, fakat ortogonal olmayan simetri eksenleri vardır. Merkezi simetrisi olan bu yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Merkezi Simetrisi Olmayan Yapılar

Deprem yönetmeliklerinde, bu tür yapıların deprem hesaplarının iki ortogonal doğrultuda yapılması ve tasarım büyüklüklerinin özel bir süperpozisyon formülü ile elde edilmesi öngörülmektedir. Ortogonal deprem doğrultularından biri sistemin simetri eksenlerinden biri olarak seçilebilir. Örneğin Şekil 2.8’ de gösterilen yapıların Y eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik olduğu halde X eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik değildir. Uygulamada özellikle perdelerin ve/veya çekirdeklerin konumları nedeniyle bu tür yapıların merkezi simetri özellikleri de bozulmaktadır.

2.6. Burulma Yapan Yapıların Sınıflandırılması

Burulma yapan yapıların dört sınıfa ayrılabilirdiği gözlenmiştir.

1. Geometrik bakımdan düzensiz olan yapılar,
2. Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar
3. Geometri ve rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar
4. Gizli burulma düzensizliği olan yapılar

İlk üç sınıfa giren yapılarda burulma düzensizliğinin mevcut olması doğaldır.

4. sınıfa giren yapılar, hem geometri hem de rijitlik dağılımı bakımından tamamen simetrik oldukları halde burulma bakımından düzensiz olan yapılardır.⁽²⁾

Burulma düzensizliği binanın plan geometrisinden daha çok, taşıyıcı sistemin rijitlik dağılımı ile ilgili bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, yapının taşıyıcı sisteminin belirlenmesi, projelendirme aşamasında en dikkat edilmesi gereken konuların başında gelmektedir. Burulma düzensizliği oluşturmamak için, özellikle yapıya konulacak perde yerleri ve boyutlarının iyi seçilmesi, mümkün olduğu ölçüde perdelerin simetrik şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde bilgisayar programlarının yaygınlaşması, çok ayrıntılı çözümün yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu konuda dikkat edilmesi gereken konu, taşıyıcı sistemin modelinin çalışma biçimine uygun yapılmış olmasıdır. Sistemin her zaman kendisinden beklenen şekilde çalışmayacağı unutulmamalıdır.⁽¹²⁾

2.7. Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi

1. Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olabilmektedir.

2. Burulma bakımından en elverişsiz nitelikteki yapılarda η_b burulma düzensizliği katsayıları, ABYYHY’te eşdeğer deprem yükü uygulaması için sınır değer olarak belirtilen 2.00 değerinin altında kalmaktadır.
3. Bu tür yapıların “Zayıf” akslarındaki taşıyıcı elemanlarda yapılacak düzenlemelerle burulma düzensizliği geniş ölçüde giderilebilmektedir.
4. Burulma düzensizliğini azaltmak için en etkili önlem zayıf akslara, kısıtlı sayı ve boyutta da olsa, perde (ler) yerleştirilmesidir.
5. Zayıf akslardaki kolon ve/veya giriş boyutlarının artırılması da burulma düzensizliğini azaltma yönünde bir miktar yararlı olmaktadır.
6. Yüksek oranda burulma düzensizliği olan yapılarda bile, boyutlandırma bakımından önemli bir olumsuzlukla karşılaşılmamaktadır. Yönetmeliklerde burulma düzensizliği için öngörülen önlemlerde değişiklik (ler) yapılmasının gerektiği ileri sürülebilir.⁽³⁾

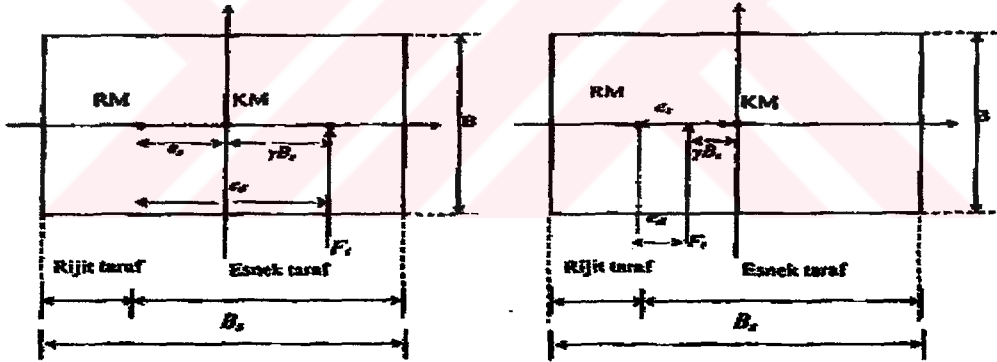
Deprem yönetmeliğinde tanımlanan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriye yakın düzenlenmelidir. Binaların tasarımında burulma düzensizliğinden olabildiğince kaçınılmalıdır. Bu da ancak perde vb. rijit taşıyıcı sistem elemanlarının, binanın burulma rijitliğini arttırmayacak biçimde yerleştirilmesi ile mümkündür.⁽⁵⁾

Birçok deprem yönetmeliğinde deprem kuvvetlerinin kat seviyelerinde ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak hesaplanması öngörülmektedir. Çoğu deprem yönetmeliğinde her bir eleman için en büyük tasarım kuvvetini meydana getirecek dinamik tasarım dış merkezliği (e_d) aşağıdaki bağıntılar yardımıyla belirlenmektedir.

$$e_d = \alpha e_s + \gamma B_s \quad (2.5)$$

$$e_d = \delta e_s - \gamma B_s \quad (2.6)$$

Burada B_s yer hareketi yönüne dik olan plan boyutu, α , γ , δ belirli katsayıları, e_s ise sistemin mevcut dışmerkezliğini göstermektedir. Bunlardan α ve δ katsayıları mevcut dışmerkezlik, burulma, süneklilik ve dayanım etkilerini hesaba katabilmek için kullanılmakta ve yönetmeliklerde farklı şekillerde düzenlenmektedir. Bağlantılardaki γB_s ise ek dışmerkezlik ya da gelişigüzel dışmerkezlik olarak da adlandırılmaktadır. Bu sebeple (2.5) bağıntısı esnek tarafta bulunan elemanlar için kullanılacak tasarım dışmerkezliğini, (2.6) bağıntısı ise rijit tarafta bulunan elemanlar için kullanılacak tasarım dışmerkezliğini göstermektedir. (Şekil 2.9) (Tezcan, Alhan, 2001, Chopra, Goel, 1991)



Şekil 2.9. Yapı Planında Esnek ve Rijit Taraflar

Örnek olarak Uniform Building Code (UBC-97) ve Applied Technology Council (ATC-3) bu parametreleri $\gamma=0.1$ ve $\alpha=1.5$, $\delta=0.5$ ve New Zealand Code (NZC-84)' te $\gamma=0.1$, $\alpha=\delta=1.0$, ABYYHY' te bu parametreler $\gamma=0.05$ ve $\alpha=\delta=1.0$ olarak dikkate alınmakta ve ek dışmerkezlik burulma düzensizliğinin derecesine

bağlı olarak $D_i=(\eta_b/1.2)^2$ katsayısı ile artırılmaktadır. Burada $\alpha=1.0$ olması burulmadan kaynaklanabilecek artırıcı yönde etkinin olmadığı manasına gelmektedir.

Daha önce verilmiş olan (2.5) ve (2.6) bağıntılarının e_s' yi içeren ilk terimi planda mevcut dışmerkezliliğin yapıda meydana getirebileceği burulma etkilerini gözönüne alabilmek içindir. Buna karşın ikinci terim δB_s ise yapıda tahmin edilebilen belirgin faktörleri değil rijitlik dayanım, ve zati yüklerin hesaplanan değerleri ile gerçek değerleri arasındaki farkları hesaba katabilmek için kullanılmaktadır. Bu ek dışmerkezlik (accidental eccentricity) deprem yönüne dik yapı boyutunun bir oranı şeklinde ifade edilmekte ve rijitlik merkezinin bulunduğu doğrultuda uygulanmaktadır.⁽⁴⁾

2.8. Çok Katlı Yapılarda Burulma

Taşıyıcı sistemi birbirine dik iki doğrultuda düzenlenmiş simetrik binalarda, kütle merkezi ile rijitlik merkezi teorik olarak çakıştığı için taşıyıcı elemanlar burulma etkisine maruz olmayacaktır. Bu durumda yapıda, yatay yüklerden dolayı sadece öteleme hareketi meydana gelecektir.⁽¹³⁾

Kütle merkezinin bulunması oldukça kolaydır. Kat döşemesi ağırlığı, kirişlerin ağırlığı, kolonların ağırlığı, bölme duvarların ve diğer sabit ağırlıkların yanısıra kat için düzgün yayılı kabul edilen hareketli yük ve diğer yükler dikkate alınır. Bu yüklerin x ve y eksenleri kullanılarak ağırlık merkezi hesaplanır. Bu merkez Kütle Merkezi (K. M.) olur ve deprem kuvvetlerinin F_{ix} ve F_{iy} , bu merkezden geçen birbirine dik olan iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılır.

Rijitlik Merkezi (R. M.) deprem kuvveti etkisi altında düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesinin geçtiği noktadır. Doğal olarak, deprem yükünün x - yönüne paralel etki ettiği durumda, düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin bileşkesi de, deprem yüküne ters yönde ve x - eksenine paralel olacaktır (x - yönünde rijitlik aksı). Deprem yükünü kendi düzlemi içinden geçiren döşeme plağı, bu yükü düşey taşıyıcılara aktarır ve düşey taşıyıcılarda kesme kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Bu kesme kuvvetleri ile deprem yükü, her düzeyde dengelenmek zorundadır ($\Sigma H = 0$).⁽¹⁴⁾

Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapılarda ise yatay kuvvetlerin bileşkesi yapının g kütle merkezinden geçerken, yapı r rijitlik merkezi etrafında dönmeye çalışacaktır.

Yapılarda burulma momenti etkisini azaltabilmek için taşıyıcı sistemin mümkün olduğu kadar simetrik oluşturulmasına dikkat etmek gerekir.

Böyle bir durumun gerçekleştirilebilmesi için de mimari proje aşamasında mimar ve mühendislerin ortak çalışma yapmasında ya da bilgi alış-verişinde bulunmasında yarar vardır.

Çekirdek ve tüplerin kütle merkezine, perdelerin ise mümkün olduğu kadar binanın dış çevresine yakın ve bina kenarına paralel olarak yerleştirilmesi, burulma etkisini azaltıcı yönde katkıda bulunacaktır.⁽¹³⁾

2.9. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi

Tüm dünyada olduğu gibi, önemli deprem hattı üzerinde bulunan ülkemizde de inşa edilen binaların çoğunluğu betonarme olarak yapılmaktadır. Yüksek mukavemetli beton ve çelik kullanımı ile üretilen bu türden yapılar, uzun ömürlü ve ekonomik olma özellikleri yanısıra monolitik olma özelliğine de sahiptir. Konvansiyonel tarzda genellikle 8-10 katlı, seyrek olarak 12-16, nadir olarak da 20 ve daha fazla katlı binalar inşa edilmekte olan ülkemizde, 20 yıldan bu yana ön yapım tekniği ile her türlü bina yapılmaktadır.

Yüksek yapıların deprem etkisi altındaki davranışında bazı özelliklerin bulunması istenir. Örneğin sık olan ve hafif şiddetteki depremlerden doğan titreşimlerin bina içinde yaşayanlarca hissedilmemesi, seyrek olan orta şiddetteki depremlerin etkisi altında lineerlik sınırının aşılmaması, çok seyrek olan büyük şiddetteki depremlerde ise can kaybının olmaması ve yalnız onarılabılır hasarların meydana gelmesi istenir.

Taşıyıcı sistemin bütün bu özelliklere sahip olması için hafif ve orta şiddetteki deprem etkisi altında rijit, büyük şiddetteki deprem etkisinde ise sünek (düktil) bir davranış göstermesi gerekmektedir.

Yapılarda kat adedinin artması, alt katlardaki kesit boyutlarının büyümesine ve artan yük etkisiyle mukavemet açısından sorunların doğmasına neden olmaktadır. Bu türden problemler perde taşıyıcı elemanlarının kullanılmasıyla giderilebilmektedir.

Çerçeve süneklik oranının fazla, perde rijitliğinin yüksek olması bu iki taşıyıcının bir arada kullanılabilmesini mümkün hale getirmektedir.

Farklı davranış gösteren bu iki taşıyıcı elemanın birlikte çalışması, kendi düzleminde rijit kabul edilen döşemeler tarafından sağlanmaktadır.

Çerçeve sistemler, yatay yüklemeye karşı mukavemetini, kendisini meydana getiren elemanların düğüm noktalarının rijitliğinden alan taşıyıcı sistemlerdir.

Çerçeve tipi bir taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmenin, giriş ve kolonlardaki eğilmeden ve kolonların aksenal şekil değiştirmelerinden meydana geldiği düşünülebilir. Yükseklik, genişlik oranı arttıkça kolon aksenal şekil değiştirmeleri önem kazanır.

Ayrıca, çerçeve elemanlarında veya temeldeki bir çökme ile normal kuvvetlerin ve sistemlerin doğurduğu ikinci mertebe momentlerin etkisi de yatay yer değiştirmeyi artırıcı etmenlerdir.⁽¹³⁾

2.10. Yatay Yer Değiştirmelerin Hesabı

Yatay yük etkisi altındaki betonarme yüksek yapıda, dolgu duvarlarının çatlamasını, camların kırılmasını, doğramaların şekil değiştirmesini ve binada yaşayanların titreşimlerden doğan rahatsızlığını önlemek amacıyla taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmelerinin, belirli bir sınırı aşmaması istenir.⁽¹³⁾

Sistemin yatay kuvvetler etkisi altında dinamik ve statik analizi için bazı hesap yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler,

a) Kesin Yöntemler

b) Yaklaşık Yöntemler

a) **Kesin Yöntemler:** Genellikle deplasman yönteminin çok katlı yapılara uygulanmasıdır. Bu yöntemlerde bilinmeyen sayısı fazladır, uzun ve yorucu hesaplar ancak bilgisayar yardımı ile yapılabilir. Bu yöntemde hesapların uzunluğundan dolayı doğan yuvarlanma hataları ortaya çıkabilmektedir.

b) **Yaklaşık Yöntemler:** Çok katlı yapıların yatay yüklere göre hesabı için taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak geliştirilen yaklaşık yöntemler bazı basitleştirici kabuller yardımı ile hesapların büyük ölçüde kısalmasını sağlayan yöntemlerdir. Bu yöntemlerle yapılan hesaplarda yuvarlanma ve kesme hataları önemsiz mertebelerde olduğundan, elde edilen sonuçlar yaklaşık fakat güvenilir olmaktadır. Bazı yaklaşık yöntemler kullanılarak ardışık yaklaşım yolu ile kesin sonuçlar elde etmek mümkündür.

Yatay yüklerin etkisi altındaki çok katlı yapı, geometrik olarak simetrik olmadığı takdirde kütle merkezi ile rijitlik merkezi altındaki dışmerkezlilik yüzünden burulma etkisi altındadır. Diğer taraftan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” e göre simetrik yapılarda bile belli bir dışmerkezlilik dikkate alınarak burulma etkisinin dahil edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Yine aynı yönetmelikte, burulma düzensizliği ön plana çıkarılmış ve tanımlanan bir katsayı (η_{bi}) için sınırlar önerilmiş ve bu sınırlar haricinde, hesap şeklinin değiştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Burulma etkisi tüm yapılarda dikkate alınmalıdır. Bu etkinin belirlenmesi için bir çok çalışmacı tarafından değişik yöntemler geliştirilmiştir.

Bir yapının dönmeden öteleme yapabilmesi ancak yatay kuvvetlerin her katta, o katın “Rijitlik Merkezi” ne doğrudan etkimesi ile mümkündür. ⁽⁵⁾

2.11. Yapı Sistemleri Serbestlik Dereceleri

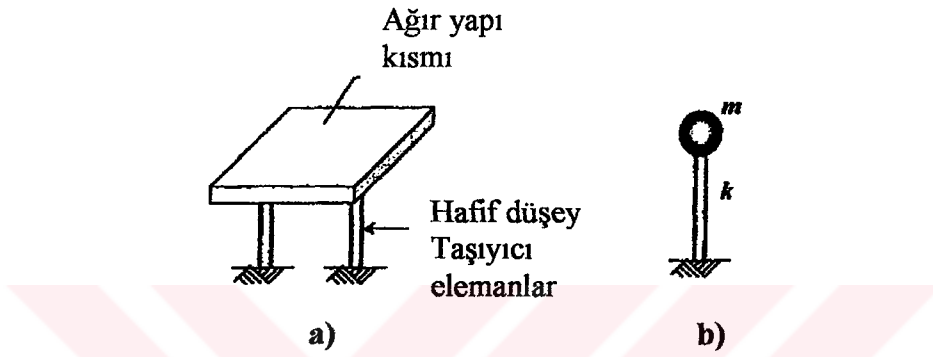
Yatay yük etkisindeki taşıyıcı sistemler herhangi bir yükleme durumu için üç boyutlu olarak Matris Deplasman Yöntemi uygulanarak hesaplanabilirler. Bu durumda her düğüm noktasında üçü x, y, z koordinat eksenleri etrafındaki ötelenme ve dönme olmak üzere altı serbestlik derecesi söz konusudur. Dolayısıyla taşıyıcı sistemdeki düğüm noktası sayısının altı katı kadar bilinmeyenle çalışmak gerekecektir. Her ne kadar böyle bir hesabın yürütülmesi için genellikle bilgisayar programları kullanılıyorsa da bilinmeyen sayısının çokluğu işlem sayısını arttırdığı için hem çözüm süresini uzatmakta, hem de kesme hataları birikimi nedeniyle hassas olmayan sonuçlar alınabilmektedir. Bu nedenle bilinmeyen sayısını azaltmak uygun olmaktadır.

Bu amaçla, yatay yük etkisindeki yapıların hesabı için yapılan varsayım, katların kendi düzlemleri içinde şekil değişimine uğramadan rijit cisim hareketi yaptığıdır. Bu şekilde, bir katta bulunan düğüm noktalarındaki kat düzlemi içinde kalan yer değiştirmeler ile kat düzlemine dik doğrultudaki dönmeleri, kendi düzlemi içinde rijit olduğu varsayılan katın iki yer değiştirme bileşeni ile düzlemi içinde dönmesi cinsinden ifade etme olanağı doğar. ⁽¹⁵⁾

2.11.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Tek serbestlik dereceli sistemlere uygun yapılara basit yapılar da denilmektedir. Bu tür yapıların özelliği yapı kütesinin önemli bir kısmının yapının belirli bir bölgesinde toplanmış olmasıdır. Bu tür yapılara örnek olarak, bir katlı yapılar, çardaklar, kameriyeler, ayaklı depolar ve hafif çelik profillerle desteklenmiş

ağır çatılara sahip yapılar verilebilir. Bu yapılarda kütle yoğun olduğu bölgede bir noktada toplandığı ve mevcut bütün taşıyıcı eleman rijitliklerinin (katlıklarının) görece olarak bir kolonda toplandığı kabul edilmektedir. Tek serbestlik dereceli yapılar için yapılan bu varsayımlar, yapı dinamiğinin temelini oluşturan varsayımlardan birkaçıdır.



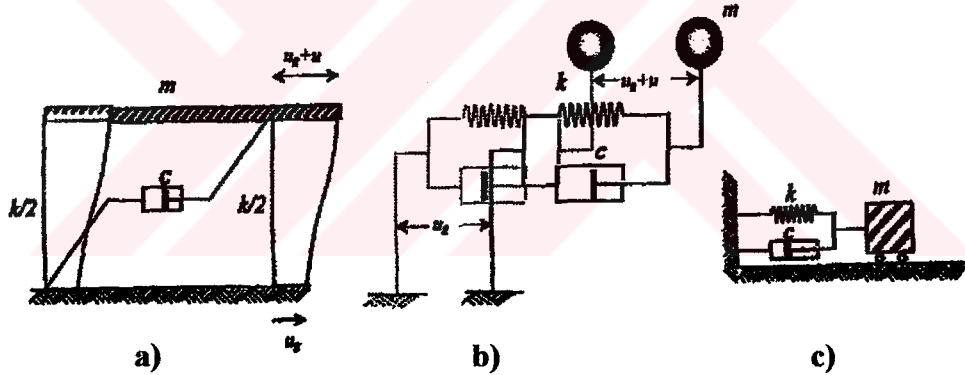
Şekil 2.10. Kütlenin Bir Noktada ve Rijitliğin Bir Elemanda Toplanması

Sönümün de dikkate alındığı tek serbestlik dereceli sistemlere ilişkin olarak kullanılan modeller Şekil 2.11’de görülmektedir. Bu şekildeki m yapı kütlelerini, C sönümü, k rijitliği, u_g zeminin, u ise yapının yer değiştirmesini temsil etmektedir.

Rijitlik için, yapı zemine göre yer değiştirdiğinde onu ilk durumuna getirmeye çalışan mekanizma yorumu yapılabilir. Kütle zemine göre u kadar yer değiştirdiğinde bunu ilk konumuna getirecek olan kuvvet $F=ku$ olacaktır. Burada k’ya rijitlik ya da orantı sabiti denilmektedir. Sönüm için ise yapı titreştiği zaman titreşimi zayıflatan mekanizma yorumu yapılabilir. Sönüm etkisinin belirlenmesi daha sonra da irdeleneceği gibi son derece zor olmaktadır. Hatta bir yapı için sönümün gerçekçi olarak belirlenmesinin imkansız olduğu söylenebilir. Sönüm etkisini hesaplarda dikkate alabilmek için genellikle viskoz sönüm esas alınmaktadır.

Bununla ilgili kuvvet olarak, içerisinde viskoz özellikte sıvı bulunan bir silindirde piston belirli bir hızla hareket ettiğinde viskoz sönüm denilen hızla orantılı olarak meydana gelen kuvvet tanımı yapılmaktadır. Bu durum için pistonun hızı du/dt olduğundan bununla ilgili kuvvetin ifadesi cu olmaktadır. Buradaki c ' ye sönüm katsayısı ya da orantı katsayısı denildiği gibi kısaca sönüm de denilmektedir.

Bu tür sistemler tek katlı yapı sistemi olarak da nitelendirilebilir. Geleneksel bir yapıda kirişler, kolonlar, duvarlar gibi yapı elemanları yukarıda adı geçen kütle, rijitlik ve sönüm özelliklerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Tüm bu özellikler dikkate alınarak tek serbestlik dereceli sistemlerin çeşitli şekillerdeki model görünümleri Şekil 2.11'de verilmektedir.



Şekil 2.11. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler için Model Gösterimleri

Şekil 2.11'de verilen sistemlerdeki kütlelerin sadece bir doğrultuda yatay yerdeğiştirme yaptığı kabul edilmektedir. Bu nedenle sistem tek serbestlik dereceli sistem olarak adlandırılmakta, dolayısıyla da dinamik serbestlik derecesi bir olmaktadır. Dinamik serbestlik derecesi daha açık olarak sistemde bulunan her bir kütlelerin rölatif yer değiştirmelerini belirleyebilmek için gerekli bağımsız yer değiştirme sayısı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.11'de gösterilen modellerin

davranışları dikkate alındığında (a) daki gösteriliş tarzı birçok kitapta kullanılmasına rağmen sistemde bulunan kütlenin çok az da olsa yukarı aşağı hareket edeceği düşünülebilir. Aynı şekilde (b) deki gösteriliş tarzında ise kütlenin dönme yapacağı da düşünülebileceğinden, bu gösteriliş tarzı da pek uygun gözükmemektedir. Bu yüzden gösterim olarak da tek serbestlik dereceli sistemi ifade eden en iyi gösteriliş tarzı (c) olmaktadır. Ancak inşaat mühendisliğinin ilgi alanına giren yapının araba üstüne bindirilmiş gibi modellenmesi uygun düşmemektedir (Oshaki, 1991).⁽⁴⁾

2.11.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Bu sistemlerde, sistemin hareket halindeki konumu birden fazla parametrenin verilmesi ile belirlenebilmektedir. Sistemin serbestlik derecesi hareket halindeki konumunu tam olarak belirleyebilmek için gerekli ve yeterli parametre sayısına eşittir. Çok serbestlik dereceli sistem denildiğinde akla hemen çok katlı yapılar gelmektedir. Oysa çok katlı bir yapıda da sadece bir doğrultuda yatay yer değiştirme yerine, yapının iki doğrultuda yer değiştirme yapabildiği ya da iki yer değiştirmeye ilave olarak düşey eksen etrafında dönebildiği de dikkate alındığı durumda yapı tek katlı olmasına rağmen yine de çok serbestlik dereceli bir sistemdir.⁽⁴⁾

Kendi düzlemine paralel yüklenen döşeme plağı, deprem yükü altında ihmal edilecek kadar küçük eğilme sehimi oluşturur, ancak bütün düşey taşıyıcıları beraber sürükleyerek ötelenmelerini sağlar. Başka bir deyişle, döşeme rijit kütle hareketi göstererek ötelenir. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmasına diyafram görevi adı verilir.

Etkin bir diyafram görevi için döşeme kendi düzlemi içinde etkileyen deprem yükü altında çok küçük sehim yapmalıdır, $\delta \cong 0.0$. Bunun sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Döşeme boşluklarının ise, bu rijitliği azalttığı açıktır.

Ayrıca, deprem yükleri altındaki döşeme plağı, kesme kuvvetlerine ve momente maruzdur. İşte bu kesme kuvvetleri ve momentler altında, döşeme plağında kesme kırılması veya moment kırılması oluşmamalıdır.⁽¹⁴⁾

2.12. Diyafram

Düşey taşıyıcıları kat düzeylerinde birbirine bağlar.

- Kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit kabul edilirler.
- Kat düzeyinde, düşey taşıyıcıların eşit ötelenme yapmasını sağlar.
- Her düşey taşıyıcı, kendi ötelenme rijitliğine orantılı olarak, toplam deprem kuvvetinden pay alır.
- Deprem oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini düşey taşıyıcılara dağıtmak.
- Bu dağıtımda, diyafram içinde önemli kesme kuvvetleri ve momentler oluşacak.
- Döşemede delikler ve keskin köşeler, oluşan kesme kuvvetlerine ve momentlere karşı direnci zayıflayabilir.⁽¹⁴⁾

2.12.1. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar

Rijit diyafram kabulünde döşemelerin düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmedeği kabul edilmektedir. Böylece döşeme üzerinde seçilen bir “Master Noktası”nın birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğümlerin deplasmanları, master noktası deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Kolon, kiriş ve rijit diyafram döşemelerinden her katta ;

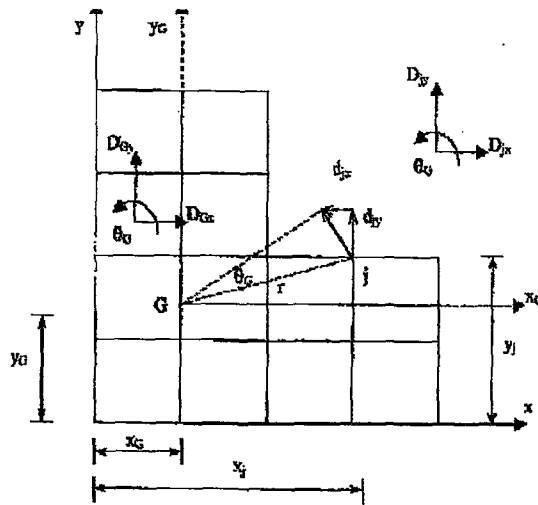
$$3 * (\text{Düğüm Sayısı}) + 3 \quad (2.7)$$

adet bilinmeyen deplasman bulunmaktadır. Dolayısıyla N katlı bir yapıda,

$$\text{Bilinmeyen sayısı} = N * (3 * j + 3) \quad (2.8)$$

j = kattaki düğüm sayısı

olacaktır. Şekil 2.12’ nin incelenmesinden görülebileceği gibi döşemeye ait j noktasındaki deplasmanlar master noktası deplasmanları cinsinden :



Şekil 2.12. Rijit Diyafram Modeli

$$\Theta_j = \Theta_G \quad (2.9)$$

$$D_{jx} = D_{Gx} - \Theta_G * (y_j - y_G) \quad (2.10)$$

$$D_{jy} = D_{Gy} + \Theta_G * (x_j - x_G) \quad (2.11)$$

Bağıntıları ile hesaplanabilir. Düğüm noktalarına diğer deplasmanlar ise (3*i) düğümlerin iki yatay eksen etrafındaki dönme ve düşey eksen doğrultusundaki öteleme deplasmanları olup bu deplasmanlar master noktası deplasmanlarından bağımsızdır.

Ayrıca kirişler rijit diyafram içinde kaldığından bu elemanlarda aksenal deformasyon meydana gelmemektedir. Bu kabulün getirdiği kolaylıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1) Döşeme diyaframları dış yükler altında rijit cisim hareketi yapacağından kat kütleleri, bu diyaframın kütle merkezinde tanımlanabilmektedir.
- 2) Bilinmeyen sayısı büyük ölçüde azalacağından, çözüm kolaylaşmaktadır.
- 3) Döşemelerin varlığının hesaba katılması sağlanmaktadır. Aksi takdirde döşemelerin üç boyutlu kabuk elemanı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile sisteme dahil edilmesi gerekmektedir.⁽⁹⁾

2.12.2. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışmayan Yapılar

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktaramadığı durumlarda rijit diyafram modelinin kullanılması sakıncalı olup yanlış sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda döşemenin düzlem içi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir.

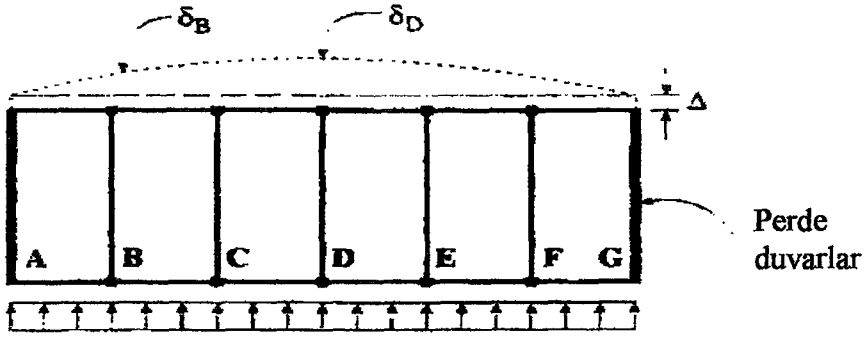
İzlenecek yol, döşemenin yeterli sayıda üç boyutlu kabuk elemanlara bölünerek oluşturulacak sonlu elemanlar modelinin statik veya dinamik analizinin yapılmasıdır. Modelde kat kütlelerinin döşeme düğüm noktalarına uygun bir tarzda dağıtılması gerekmektedir.

Özellikle plandaki yapı düzensizliklerinin (A2, A3 düzensizlikleri) çok olumsuz olması durumunda rijit diyafram modeli ile yapılan analiz hatalı sonuçlar verebilir.⁽⁹⁾

Esnek Diyafram Etkisi

- Kendi düzlemi içinde sonsuz rijit diyafram kabulü geçerli olmayabilir.
- Deprem kuvvetinin perde duvarlar arasında dağılımı, elastik kabuller ile yaptığı dağılımdan değişik olur.⁽¹⁴⁾

ESNEK DİYAFRAM



$$(\Delta + \delta_D) > (\Delta + \delta_B)$$



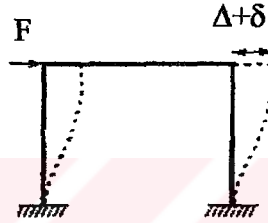
Kolon ve kiriş boyutları eşit
iki çerçeve



$(\Delta + \delta_D)$ ötelenmesini oluşturmak için
daha büyük (F) gerekir



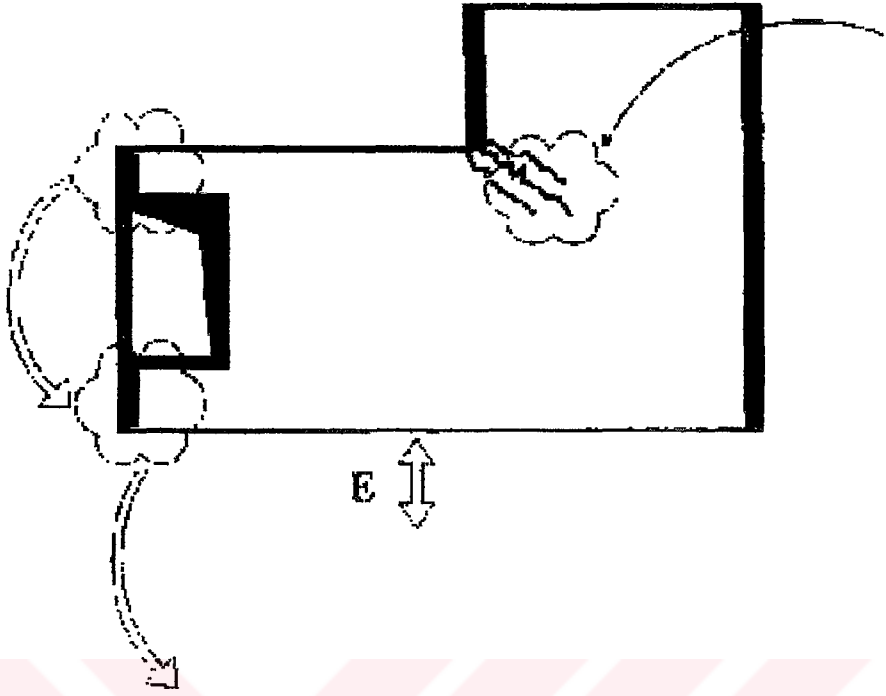
D çerçevesi daha büyük deprem
kuvveti çekmiştir.



B ve D çerçeveleri

Bu fark %20-%40
mertebelerine ulaşabilir.

Şekil 2.13. Esnek Diyafram



Şekil 2.14. Keskin Köşelerde Çatlaklar

Keskin köşelerde döşemede olabilecek keskin köşelerden başlayan çatlaklar, sonsuz rijit diyafram kabulünü geçersiz kılmaktadır. Döşemeden kuvvet aktarımı küçük bir uzunlukta oluşur. Bu bağlantı yeterli olmazsa, perdenin yatay yük taşıma etkinliği büyük ölçüde kaybolur. Perde, ancak döşemede-perde bağlantı uzunluğunun yatay kuvvet aktarma kapasitesi kadar yatay yük taşıyabilir.⁽¹⁴⁾

Burulma düzensizliklerinin bulunduğu yapılar için Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanmasında bazı kısıtlamalar olup bu yöntemin sonuçları, Mod Birleştirme Yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Genel olarak dinamik yöntemlerle, Düzensizliklerin bulunduğu sistemlerin çözümünün daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir. Ancak, bu yapılar için Mod Birleştirme Yöntemiyle elde edilen sonuçların yine de Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması öngörülmektedir.⁽⁴⁾

2.13. Analiz Yöntemleri

Yeni deprem yönetmeliğinde bina türü yapıların hesaplarında kullanılmak üzere üç yöntem önerilmektedir.

- a) Eşdeğer deprem yükü yönetimi
- b) Mod birleştirme yöntemi
- c) Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri her türlü yapı sistemine uygulanabildiği halde, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabilmesinde deprem bölgesi, H_N yapı yüksekliği, A1 – Burulma Düzensizliği ve B2 – Yumuşak Kat Düzensizliği ile ilgili koşullara bağlıdır. Bu koşullar göz önüne alınarak hesap yönteminin seçimi için hazırlanan akış diyagramı aşağıda verilmiştir.⁽⁹⁾

Çizelge 2.2. Hesap Yönteminin Seçimi

1.ve 2. DEPREM BÖLGESİ				
$H_N \leq 25$ m		$25 < H_N < 60$ m		$H_N > 60$ m
B2 KONTROLÜ YOK		B2 KONTROLÜ VAR		DİNAMİK
A1 KONTROLÜ VAR		$\eta_{ki} \leq 1.5$	$\eta_{ki} > 1.5$	
$\eta_{bi} \leq 2$	$\eta_{bi} > 2$	A1 KONTROLÜ VAR	DİNAMİK	
STATİK	DİNAMİK	$\eta_{bi} \leq 2$	$\eta_{bi} > 2$	
		STATİK	DİNAMİK	
2. VE 4. DERECE DEPREM BÖLGESİ				
$H_N \leq 75$ m		$H_N > 75$ m		
STATİK		DİNAMİK		

2.13.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Deprem hesabı yapılacak binalarda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.⁽⁹⁾

Çizelge 2.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

DEPREM BÖLGESİ	BİNA TÜRÜ	TOPLAM YÜKSEKLİK SINIRI
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

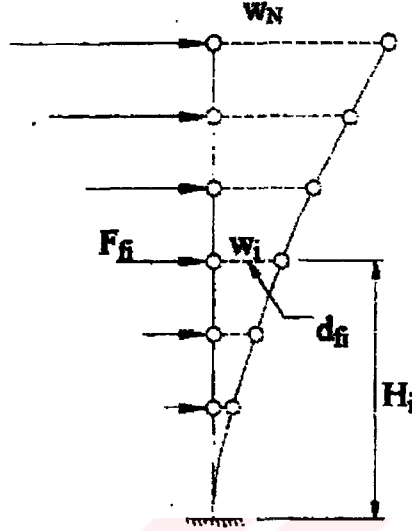
2.13.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Adımları

- TDY 98' e göre binaların deprem hesaplarının üç boyutlu yapı sistemi olarak modellenmesi gerekmektedir. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilir. Her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşenleri göz önüne alınacaktır.
- Kat kütleleri kütle merkezinde tanımlanır.
- Katlara etkiyen yükler hesaplanır (F_{fi})

$$F_{fi} = w_i * H_i / \sum_{j=1}^N (w_j * H_j) \quad (2.12)$$

H_i : Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir.

w_i : i 'inci kat ağırlığıdır.



Şekil 2.15. Fiktif Yükler ve Yerdeğiştirmeleri

- Bulunan fiktif yükler (F_f) seçilen deprem doğrultusunda, yapının kat kütle merkezlerine yerleştirilerek statik analiz yapılır ve kuvvet doğrultusundaki deplasmanlar (d_f) bulunur.
- Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu (T_1) hesaplanır.

Yönetmelikte, T_1 ' in hesabı :

D) Ampirik yöntemle T_1 ' in hesabı :

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde temel üstünde ölçülen toplam bina yüksekliğinin $H_N \leq 25$ m koşulunu sağlayan üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde, Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulandığı tüm binalarda, Birinci Doğal Titreşim Periyodu aşağıda verilen yaklaşık formül ile hesaplanmasına izin verilmektedir.

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.13)$$

H_N : Yapı yüksekliği

Bu bağıntıda görülen C_t değeri, bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

a) Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri;

$$C_t = 0,075 / A_t^{1/2} \leq 0,05 \quad (2.14)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

A_t : Eşdeğer alanı

$$A_t : \sum A_{wj} [0,2 (L/w_j / H_N)^2] \quad (2.15)$$

ile verilmektedir. Burada,

A_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt en kesit alanı,

L_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğudur.

($L/w_j / H_N$) oranının en büyük değeri 0.9 olarak göz önüne alınacaktır.

b) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınacaktır.

II) Rayleigh oranı ile T_1 ' in hesabı:

$$T_1 = 2 \Pi [(\sum m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (2.16)$$

$$m_i = w_i / g \quad (2.17)$$

m_i = Binanın i' inci katının kütlesi,

d_{fi} : F_{fi} fiktif yüklemesinden dolayı, binanın i' inci katında meydana gelen yatay yerdeğiştirmeyi göstermektedir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh Oranı ile hesaplanması halinde, periyot değeri bir kere de Ampirik Formül ile de hesaplanacak ve bu formülden bulunan değerin $T_{1A} > 1.0$ sn olması durumunda, T_1 ' in deprem hesabında kullanılacak en büyük değeri T_{1A} ' nın 1.30 katından daha büyük olmayacaktır.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, Rayleigh Oranı ile hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25$ m koşulunu sağlayan binaların üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun Ampirik Formül ile hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N > 25$ m olması durumunda ise Rayleigh Oranı ile hesaplanması zorunludur.

• Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti) (V_t) hesaplanır.

$$V_t = WA (T_1) / R_a (T_1) \geq 0,10 A_o \cdot I \cdot W \quad (2.18)$$

Bu ifadedeki büyüklükler ;

W : Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığıdır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.19)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (2.20)$$

w_i : i' inci katın deprem sırasındaki toplam ağırlığı,

g_i : i' inci katın toplam sabit yükü,

q_i : i ' inci katın toplam hareketli yükü,

n : Hareketli yük katılım katsayısıdır.

Çizelge 2.4 Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

BİNANIN KULLANIM AMACI	n
Depo, antre, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.3

Spektral İvme Katsayısı [$A(T_1)$] : Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak % 5 sönüm oranı için Elastik Tasarım İvme Spektrum'un yerçekimi ivmesi g ' ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı, $A(T_1)$, aşağıdaki denklem ile verilmiştir.

$$A(T_1) = A_0 \cdot I \cdot S(T_1) \quad (2.21)$$

A_0 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı,

I : Bina Önem Katsayısı,

$S(T_1)$: Spektrum Katsayısıdır.

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) : Maksimum deprem ivmesinin g ' ye oranı olarak tanımlıdır. Bu katsayı deprem analizini yaptığımız yapının hangi deprem bölgesinde olduğuna bağlı olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.5. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Bina Önem Katsayısı (I) : Yapının kullanım amacına bağlı olarak belirlenmektedir. Aşağıda görüleceği üzere depremden hemen sonrası kullanımı gereken binalarda, tehlikeli madde içeren binalarda, insanların uzun süreli ve yoğun olarak buldukları binalarda bu katsayı daha büyüktür.

Çizelge 2.6. Bina Önem Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı(I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, ceza evleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Spektrum Katsayısı [S (T₁)] : Yerel zemin koşullarına ve yapının birinci doğal periyoduna bağlı olarak aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır.

$$S (T_1) = 1 + 1.5 T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.22)$$

$$S (T_1) = 2.5 \quad (T_A < T_1 \leq T_B) \quad (2.23)$$

$$S (T_1) = 2.5 (T_B / T_1)^{0.8} \quad (T_1 > T_B) \quad (2.24)$$

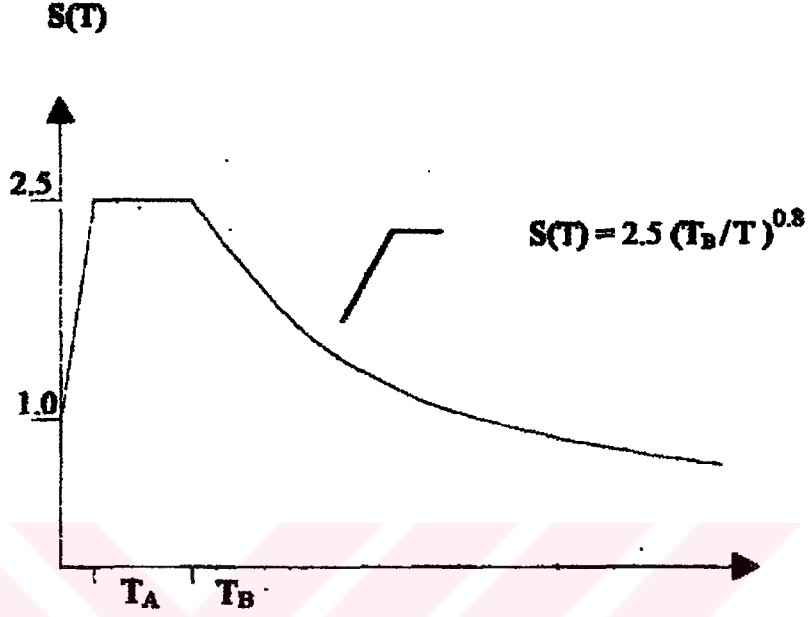
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) : Bu periyotlar Yerel Zemin Sınıflarına bağı olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.7. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

YEREL ZEMİN SINIFI	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, aşağıdaki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak denklem (2.22), (2.23) ve (2.24)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

Özel Tasarım İvme Spektrumları



Şekil 2.16. Tasarım İvme Spektrumu Grafiği

Zemin sınıfına göre $T_A = 0.1 - 0.2$ sn arasında değişmektedir. Bu tür zeminlerde, spektrum eğrisinin $0 \leq T \leq T_A$ bölümü arasında bulunan yapılar bir veya en çok iki katlı binalara karşı gelmektedir. Yeni deprem yönetmeliğinde spektrum katsayısı değeri $S(T) \geq 0.1 R$ alt sınırı verilmektedir.

Spektrum katsayısı yukarıdan da görüleceği gibi maksimum değerini, yapı periyodu T 'nin spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B arasında yer aldığı zaman 2.5 değerine karşılık gelmektedir.

Yapı periyot değerlerinin T_B değerinden daha büyük olması durumunda ise spektrum katsayısı küçülmektedir. Yukarıdaki tasarım ivme spektrum grafiği %5 sönüm için hazırlanmıştır.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı [$R_a(T_1)$] : Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere , $A_o . I . S . (T_1)$ spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı' na bölünecektir.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, $R_a(T_1)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki çizelgede tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R' ye ve doğal titreşim periyodu, T' ye bağılı olarak aşağıdaki denklemler ile belirlenecektir.

$$R_a(T_1)=1.5+(R-1.5) T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.25)$$

$$R_a(T_1)=R \quad (T_1 > T_A) \quad (2.26)$$

Çizelge 2.8. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	SÜNEKLİK DÜZEYİ NORMAL SİSTEMLER	SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK SİSTEMLER
YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Çerçeve	4	8
(1.2) Bağ kirişli boşluklu perde	4	7
(1.3) Perde	4	6
(1.4) Çerçeve+Perde (Boşluklu ve/veya Boşluksuz Perde)	4	7

Hesaplanan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (V_t) bina katlarına etkiyen Eşdeğer Deprem yüklerinin toplamı olarak aşağıdaki ifade ile belirlenecektir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.27)$$

N : Toplam Kat Sayısı

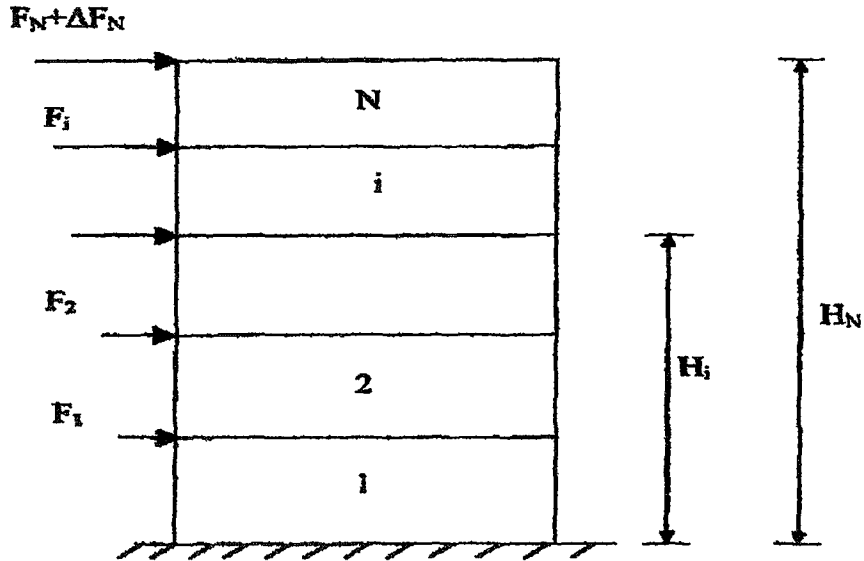
ΔF_N : Ek Eşdeğer Deprem Yüğü

$H_N > 25$ m için binanın N ' inci katına (tepesine) etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yüğü ΔF_N ' in değeri, hesaplanan Birinci Doğal Titreşim Periyodu T_1 ' e bağlı olarak, aşağıdaki ifade ile belirlenecektir. $H_N \leq 25$ m için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (2.28)$$

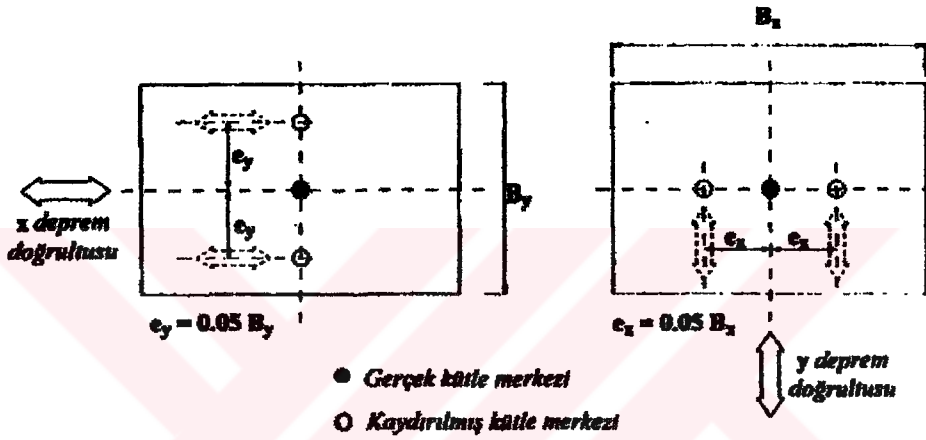
Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N ' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri aşağıdaki denklem ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.29)$$



Şekil 2.17. Kat Hizalarına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılması için kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yük olarak uygulanmalıdır. Yapılan Analiz sonucunda kat deplasmanları ve iç kuvvetler bulunur. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin $\pm \%5$ kaydırılması ile belirlenen noktalardır.



Şekil 2.18. Kaydırılmış Kütle Merkezleri

A1 burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılır.

Yapılan kontrollerde,

1 ve 2. Derece Deprem bölgelerinde $\eta_{ki} > 1.5$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur.

$1.2 < \eta_{bi} < 2$ ise eksantrisite değerleri D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve yeniden eşdeğer deprem yükleri büyütülmüş eksantrisite değerlerinin olduğu yerlere uygulanarak analiz tekrarlanmalıdır.

$$D_i = (\eta_{bi}/1.2)^2 \quad (2.30)$$

* Göreli Kat Ötelemeleri kontrolü yapılır.

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden

* Göreli Kat Ötelemesi,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.31)$$

d_i ve d_{i-1} , binanın i ' inci ve $(i-1)$ ' inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i ' inci katındaki kolon veya perdelerde, (2.30) denklemi ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{\max}$ aşağıda verilenlerden elverişsiz olanı sağlayacaktır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (2.32)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02/R \quad (2.33)$$

Yukarıda verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacak ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb.), elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

- İkinci mertebeye etkilerinin kontrolü yapılır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebeye etkileri aşağıda belirtildiği gibi göz önüne alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci merteye Gösterge Değeri, θ_i 'nin (2.33) ile verilen koşulun sağlanması durumunda, ikinci merteye etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \quad (2.34)$$

Burada;

$(\Delta_i)_{ort}$: i' inci kattaki kolon ve perdelerle hesaplanan görece kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri,

V_i : i' inci kattaki kesme kuvvetini,

H_i : i' inci kat yüksekliği

$\sum_{j=1}^N w_j$: i' inci katın üstündeki kat ağırlıkları toplamını göstermektedir.

İkinci Merteye Gösterge Değeri, θ_i değerinin herhangi bir katta 0.12' den büyük olması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.⁽⁹⁾

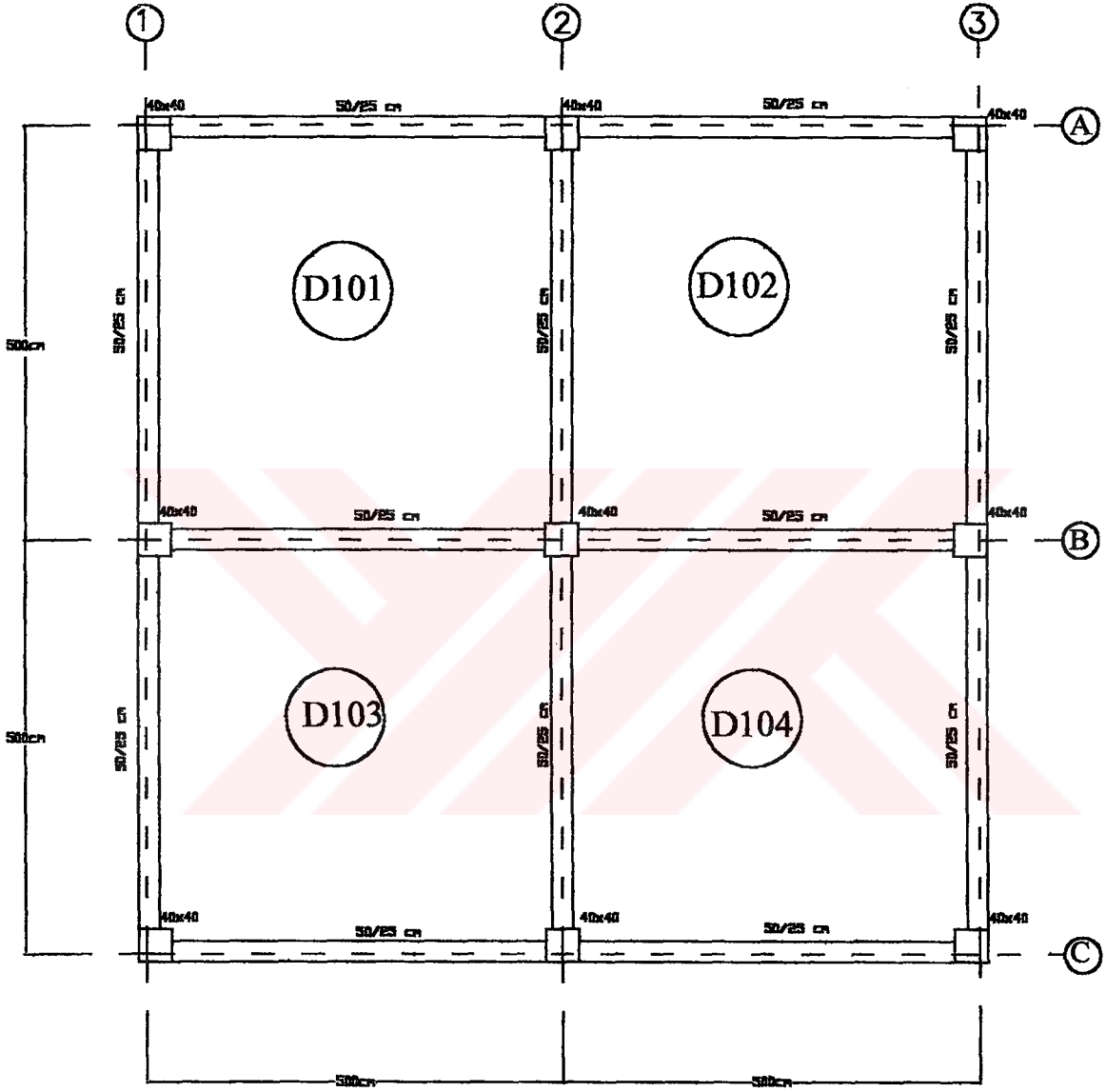
$$\theta_i \leq 0.12 \quad (2.35)$$

Yatay yüklere karşı kirişleri birbirine bağlayarak yapıyı rijitlendirmek gerekir. Döşemeler genelde kirişlere, bazen de kolonlara oturur. Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında büyük yatay ötelemeler yaparlar. İkinci dereceden momentlerin şiddetli depremlerde kritik durumlar yaratma ihtimali vardır.

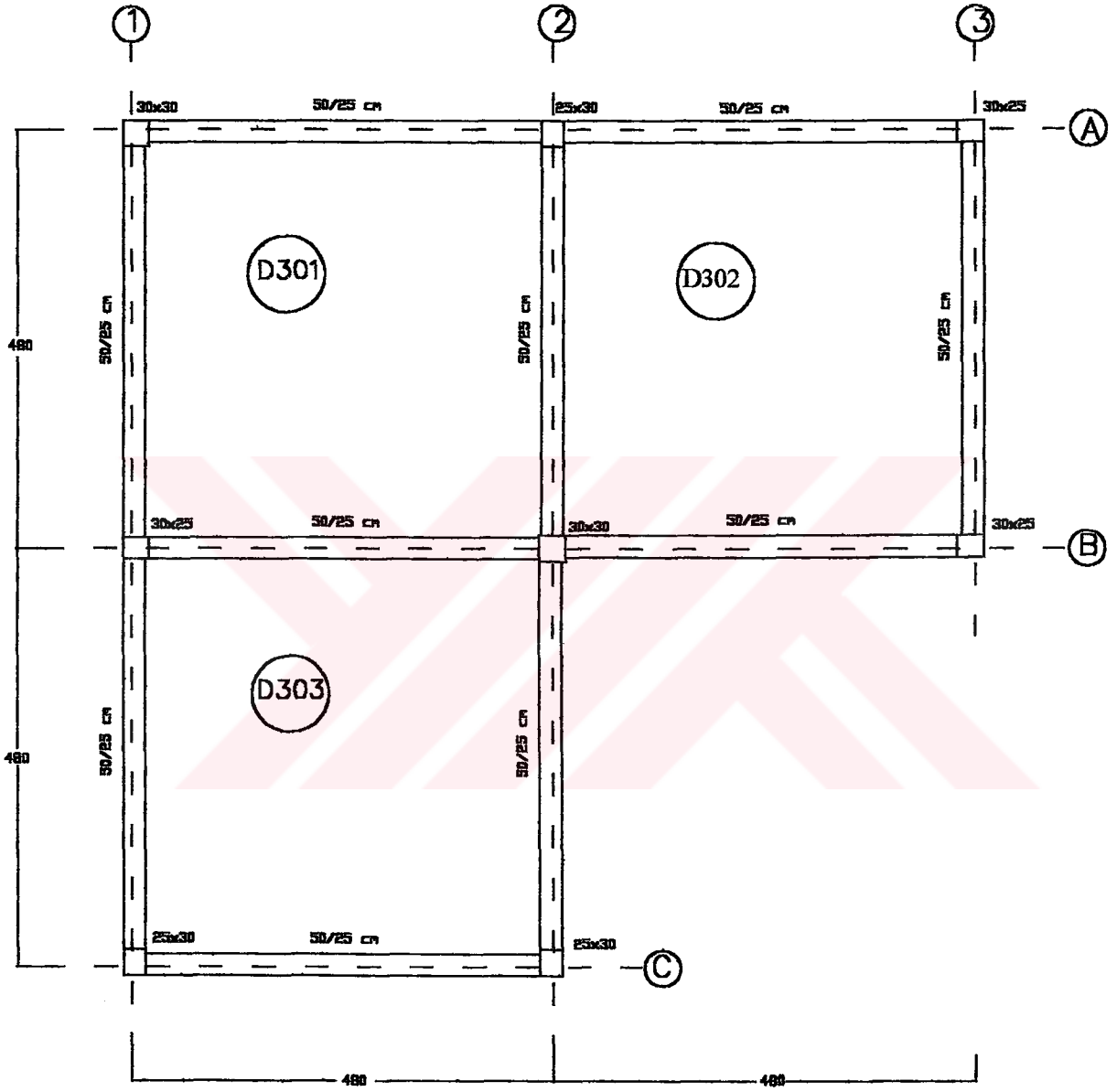
Depremlerde yapıya gelen kuvvetler yapının ağırlığı ile orantılıdır. Yapının ağır olması deprem etkisini artıracaktır. Kesitleri küçük tutarak kuvvetin azalmasının sağlanması halinde yapı esnek olacak, yatay yükler altında büyük öteleme deplasman yapmasına sebep olabilecektir. Büyük ötelemeler ikinci dereceden momentlerin oluşmasına yol açtıklarından yapının göçme olasılığı artacaktır. Betonarme yapılarda bölme ve dolguların hafif olması önem kazanmaktadır.

Yapıların planları basit ve simetrik olmalıdır. Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizlerin güç olması nedeniyle statik ve dinamik çözümler hassas yapılamamaktadır. Ayrıca simetrik olmayan yapılarda burulma etkisi de ortaya çıkmaktadır.

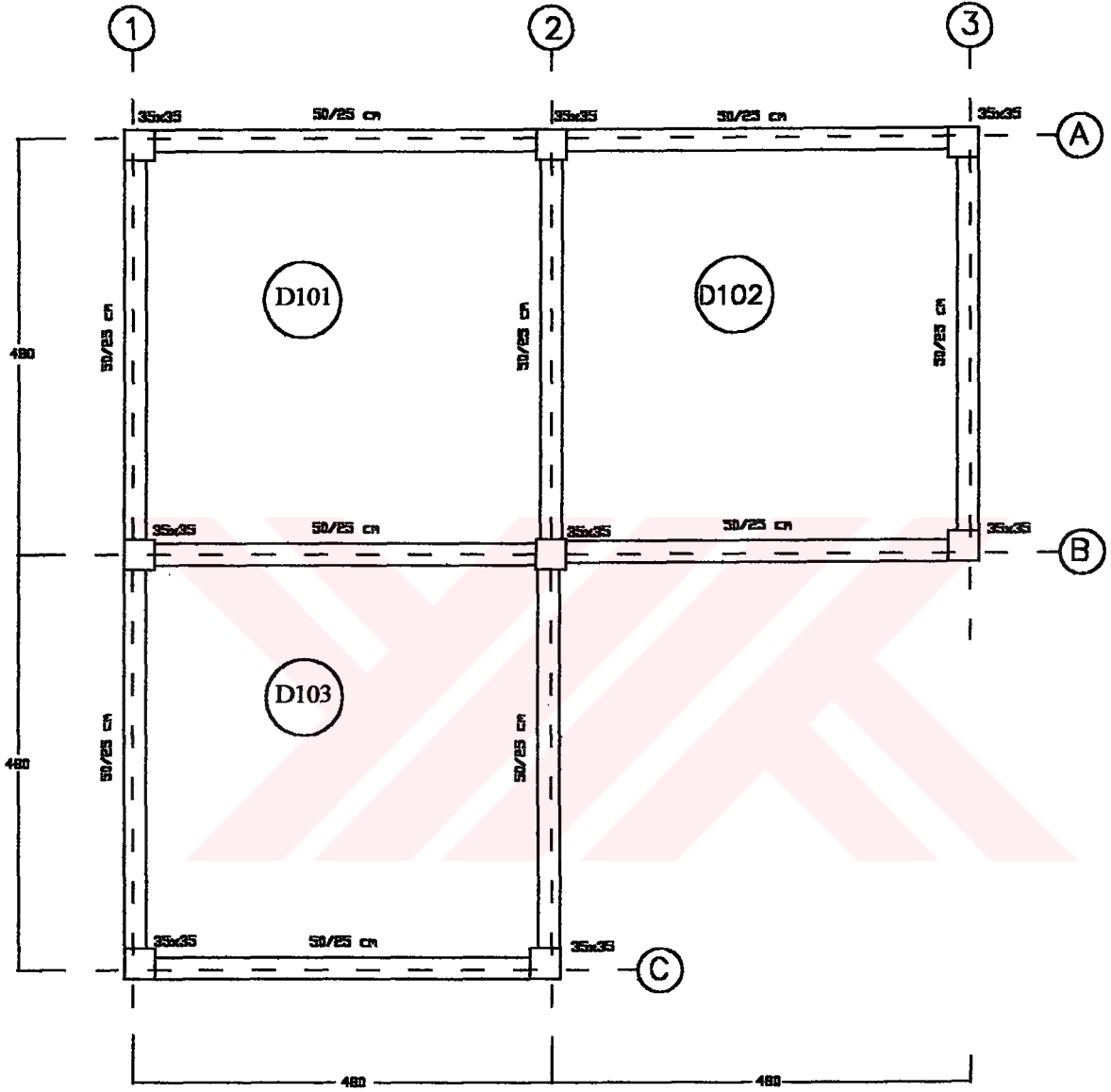
Yapılara deprem anında kuvvetlerin etki ettiği noktalar yapının kütle merkezidir. Bir bakıma bu noktalar yapının geometrik merkezidir. Rijitlik merkezi ise yapının taşıyıcı elemanlarının rijitlikleri merkezidir. Kütle merkezi ile rijitlik merkezlerinin farklı oluşu yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı düşey bir eksen çevresinde burmasına sebep olmaktadır. Kolonlar, rijitlik merkezinden olan uzaklıklarına göre burulma momentlerinin doğurduğu etkileri almaya başlar.⁽¹⁶⁾



Şekil 3.1. Model1'e ait Kat Planı



Sekil 3.2.a. Model2'ye ait 3. Kat Planı



Sekil 3.2.b. Model2' ye ait 1. ve 2. Kat Planı

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analizler

3.1.1. Model1a: (D1-Z1)

Döşeme	:12 cm
Duvar Kalınlığı	: 20 cm
Kirişler	:50×25 cm
Kolonlar	:40×40 cm

3.1.1.1. Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 8
Bodrum Kat Sayısı	: _
Bina Önem Katsayısı	: 1

Taşıyıcı Sistem Türü :Yerinde Dökme Betonarme Çerçevesi Sistem

Kat Yükseklikleri	:3 m
-------------------	------

3.1.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi	: 1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0=0.40$
Yerel Zemin Sınıfı	: Z4
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A=0.10, T_B=0.30$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	: 8

Deprem Yönü

:X

3.1.1.3. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı İçin:

Tüm Döşemeler: 19.405 t

Normal Katlar İçin:

1 ve 2 Nolu Döşeme: 26.133 t

3 ve 4 Nolu Döşeme: 34.633 t

3.1.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.1 Model1a' ya ait Fiktif Yüklerin Hesabı

Kat No	$w_i(t)$	$H_i(m)$	$w_i H_i$	$F_n(t)$
8	77.62	24	1862.88	0.1543
7	121.532	21	2552.172	0.2114
6	121.532	18	2187.576	0.1812
5	121.532	15	1822.98	0.1510
4	121.532	12	1458.384	0.1208
3	121.532	9	1093.788	0.0906
2	121.532	6	729.192	0.0604
1	121.532	3	364.596	0.0302
Σ	928.344		12071.568	1

Kütle Merkezleri

Çatı Katı: (5.00 m ; 5.00 m)

Normal Kat: (5.35 m ; 5.00 m)

3.1.1.5. Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.2. Modella' ya ait Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
8	0.000693
7	0.000663
6	0.000610
5	0.000533
4	0.000436
3	0.000325
2	0.000203
1	0.0000811

3.1.1.6. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.3. Modella' ya ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı

Kat No	m_i	F_{fi}	d_{fi}	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$
8	7.9123	0.1543	0.000693	3.79987×10^{-6}	0.000107
7	12.3886	0.2114	0.000663	5.44564×10^{-6}	0.00014
6	12.3886	0.1812	0.000610	4.6098×10^{-6}	0.000111
5	12.3886	0.1510	0.000533	3.51946×10^{-6}	0.0000805
4	12.3886	0.1208	0.000436	2.35502×10^{-6}	0.0000527
3	12.3886	0.0906	0.000325	1.30855×10^{-6}	0.0000294
2	12.3886	0.0604	0.000203	5.10522×10^{-7}	0.0000123
1	12.3886	0.0302	0.0000811	8.14824×10^{-8}	0.00000245
Σ	94.6324	1	0.003544	2.16304×10^{-5}	0.000535

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

Rayleigh Oranı ile Periyot Hesabı

$$T_1 = 1.2634 \text{ sn}$$

Bina önem Katsayısı $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ($1.2634 > T_A$) $R_a = (T_1) = R = 8$

Spektrum Katsayısı $(1.2634 > T_B)$ $S(T_1) = 2.5(T_B/T_1)^{0.8}$
 $= 2.5(0.30/1.2634)^{0.8}$
 $= 0.7914$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1) = A_0 I S(T_1) = 0.40 \times 1 \times 0.7914$
 $= 0.3166$

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü : $V(T_1) = \Sigma W \times A(T_1) / R_d(T_1)$
 $= 928.344 \times 0.3166 / 8 = 36.7392 \text{ t}$

$V(T_1) \geq 0.1 \times A \times I \times \Sigma W = 0.1 \times 0.4 \times 1 \times 928.344$
 $= 37.1338 \text{ t olduğundan}$

$V(T_1) = 37.1338 \text{ t alınacaktır.}$

Ek Eşdeğer Deprem yükü yok. Çünkü bina yüksekliği $< 25 \text{ m}$

3.1.1.7. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F_i = V(T_1) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} = V(T_1) F_{fi}$$

Dışmerkezlilik $+ \%5 (10 \times 0.05) = 0.50 \text{ m}$

Çizelge 3.4. Model1a' ya ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(t)$	$H_i(m)$	$w_i H_i$	$F_i(t)$
8	77.62	24	1862.88	5.730475
7	121.532	21	2552.172	7.850831
6	121.532	18	2187.576	6.729284
5	121.532	15	1822.98	5.607737
4	121.532	12	1458.384	4.486189
3	121.532	9	1093.788	3.364642
2	121.532	6	729.192	2.243095
1	121.532	3	364.596	1.121547
Σ	928.344		12071.57	37.1338

3.1.1.8. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrik Olarak Yapıya Yüklenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.5. Model1a' ya ait Kat Deplasmanları

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$
8	0.0274	0.024043
7	0.0263	0.023
6	0.0242	0.021123
5	0.0211	0.018447
4	0.0173	0.015103
3	0.0129	0.01124
2	0.00808	0.007031
1	0.00322	0.002799

3.1.1.9. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1 Burulma
Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} < 1.2$$

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max}$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min}$$

$$(\Delta_i)_{ort} = [(d_i)_{max} - (d_{i-1})_{min}] / 2$$

Çizelge 3.6. Model1a' ya ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_b
8	0.00116	0.001042	0.001101	1.053828
7	0.00212	0.001877	0.002	1.061188
6	0.00304	0.002676	0.002859	1.063919
5	0.00381	0.003344	0.003578	1.065346
4	0.00441	0.003863	0.004137	1.066349
3	0.00482	0.004209	0.004512	1.067269
2	0.00485	0.004233	0.004543	1.068429
1	0.00322	0.002799	0.00301	1.070361

3.1.1.10. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Çizelge 3.7. Model1a' ya ait Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Kat No	$h_i(\text{m})$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
8	3	0.00116	0.000387
7	3	0.00212	0.000707
6	3	0.00304	0.001013
5	3	0.00381	0.00127
4	3	0.00441	0.00147
3	3	0.00482	0.001607
2	3	0.00485	0.001617
1	3	0.00322	0.001073

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/8 = 0.0025$$

3.1.1.11. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Çizelge3.8. Model1a' ya ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\Sigma w_i(t)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$V_i(t)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.001101	5.730475	3	0.004971
7	121.532	199.152	0.002	13.5813	3	0.009776
6	121.532	320.684	0.002859	20.3106	3	0.015047
5	121.532	442.216	0.003578	25.9183	3	0.020349
4	121.532	563.748	0.004137	30.4045	3	0.025569
3	121.532	685.28	0.004512	33.7692	3	0.030521
2	121.532	806.812	0.004543	36.0123	3	0.033927
1	121.532	928.344	0.00301	37.1338	3	0.025083
Σ	928.344					

3.1.2. Model1d: (D1-Z4)

3.1.2.1. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0=0.4$
Yerel Zemin Sınıfı	:Z4
Spektrum Karakteristik Periyotlar	: $T_A=0.20, T_B=0.90$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	:8
Deprem Yönü	:X

3.1.2.2. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı

Tüm Döşemeler :19.405 t

Normal Kat

1 ve 2 Nolu Döşeme : 26.133 t

3 ve 4 Nolu Döşeme : 34.633 t

Kütle Merkezleri

Çatı Katı Kütle Merkezi (5.00 m; 5.00 m)

Normal Kat Kütle Merkezi (5.35 m; 5.00 m)

3.1.2.3. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodu Hesabı

$T_1=1.2634$ sn

Bina Önem Katsayısı $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ($1.2634>T_A$) $R_a(T_1)=R=8$

Spektrum Katsayısı ($1.2634>T_B$) $S(T_1)=2.5(T_B/T_1)^{0.8}=(2.5)(0.90/1.2634)$
 $=1.9059$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)=A_0 \times I \times S(T_1)=(0.40) \times 1 \times (1.9059)$
 $=0.7624$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü: $V(T_1)=\sum W \times A(T_1)/R_a(T_1)=928.344 \times (0.76249)/8$
 $=88.4668$ t

$V(T_1) \geq 0.1 \times A \times I \times \sum W=(0.1) \times (0.4) \times 1 \times (928.344)=37.1338$ t

Ek Eşdeğer Deprem yüğü yok. Çünkü bina yüksekliği <25 m

3.1.2.4. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.9 Model1d' ye ait Kat Eşdeğer Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(t)$	$H_i(m)$	$w_i H_i$	$F_i(t)$
8	77.62	24	1862.88	13.65216
7	121.532	21	2552.172	18.70366
6	121.532	18	2187.576	16.03171
5	121.532	15	1822.98	13.35976
4	121.532	12	1458.384	10.68781
3	121.532	9	1093.788	8.015854
2	121.532	6	729.192	5.343903
1	121.532	3	364.596	2.67195
Σ	928.344		12071.57	88.4668

Dışmerkezlilik: $e=10 \times 0.05=0.5$ m

3.1.2.5. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrik Olarak Yapıya Yüklenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.10. Model1d' ye ait Kat Deplasmanları

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$
8	0.0654	0.057279
7	0.0626	0.054796
6	0.0576	0.050323
5	0.0503	0.043947
4	0.0412	0.035981
3	0.0307	0.026778
2	0.0192	0.016751
1	0.00768	0.006667

3.1.2.6. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 3.11. Model1d' ye ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
8	0.00277	0.002483	0.002624	1.053829
7	0.00506	0.004472	0.004764	1.061188
6	0.00725	0.006376	0.006812	1.063919
5	0.00908	0.007966	0.008523	1.065347
4	0.0105	0.009203	0.009857	1.06635
3	0.0115	0.010027	0.01075	1.067269
2	0.0116	0.010083	0.010824	1.06843
1	0.00768	0.006667	0.007172	1.070361

3.1.2.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.12. Model1d' ye ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Kat No	$h_i(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}/h_i$
8	3	0.00277	0.000923
7	3	0.00506	0.001687
6	3	0.00725	0.002417
5	3	0.00908	0.003027
4	3	0.0105	0.0035
3	3	0.0115	0.003833
2	3	0.0116	0.003867
1	3	0.00768	0.00256

3.1.2.8. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Çizelge 3.13. Model1d' ye ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\Sigma w_i(t)$	$(d_i)_{ort}$	$V_i(t)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.002624	13.65216	3	0.004973
7	121.532	199.152	0.004764	32.35582	3	0.009774
6	121.532	320.684	0.006812	48.38753	3	0.015049
5	121.532	442.216	0.008523	61.74729	3	0.020346
4	121.532	563.748	0.009857	72.4351	3	0.025572
3	121.532	685.28	0.01075	80.45095	3	0.030523
2	121.532	806.812	0.010824	85.79485	3	0.03393
1	121.532	928.344	0.007172	88.46681	3	0.025087
Σ	928.344					

3.1.3. Model1e:(D1-Z 4)

3.1.3.1. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $A_0=0.4$
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyotlar	: $T_A=0.20, T_B=0.90$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	:8
Deprem Yönü	:X

3.1.3.2. Kat Ağırlıkları

Çatı Katı

Tüm Döşemeler :19.405 t

Normal Kat

Tüm Döşemeler : 26.133 t

Çatı Kat Ağırlığı :77.62 t

Normal Kat Ağırlığı :104.532 t

Kütle Merkezleri

Çatı Katı Kütle Merkezi (5.00 m; 5.00 m)

Normal Kat Kütle Merkezi (5.00 m; 5.00 m)

3.1.3.3. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı

Çizelge 3.14. Modelle' ye ait Fiktif Kat Yükleri

Kat No	m_i	$w_i(t)$	$H_i(m)$	$w_i H_i$	$F_{fi}(t)$
8	7.912	77.62	24	1862.88	0.175024
7	10.656	104.532	21	2195.172	0.206244
6	10.656	104.532	18	1881.576	0.176781
5	10.656	104.532	15	1567.98	0.147317
4	10.656	104.532	12	1254.384	0.117854
3	10.656	104.532	9	940.788	0.08839
2	10.656	104.532	6	627.192	0.058927
1	10.656	104.532	3	313.596	0.029463
Σ	82.504	809.344			1

Çizelge 3.15. Kat Deplasmanları

Kat No	$d_{fi}(m)$
8	0.000702
7	0.000670
6	0.000614
5	0.000535
4	0.000438
3	0.000326
2	0.000204
1	0.0000811

3.1.3.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodu Hesabı

Çizelge 3.16. Modelle' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 'in Hesabı

Kat No	$m_i(\text{ts}^2/\text{m})$	F_{fi}	d_{fi}	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$
8	7.912	0.175024	0.000702	3.9×10^{-6}	0.000123
7	10.656	0.206244	0.000670	4.78×10^{-6}	0.000138
6	10.656	0.176781	0.000614	4.02×10^{-6}	0.000109
5	10.656	0.147317	0.000535	3.05×10^{-6}	0.0000788
4	10.656	0.117854	0.000438	2.04×10^{-6}	0.0000516
3	10.656	0.08839	0.000326	1.13×10^{-6}	0.0000288
2	10.656	0.058927	0.000204	4.43×10^{-7}	0.000012
1	10.656	0.029463	0.0000811	7.01×10^{-8}	0.00000239
Σ	82.504	1		1.94×10^{-5}	0.000543

$$T_1 = 1.1876 \text{ sn}$$

Bina Önem Katsayısı $I=1$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ($1.2634 > T_A$) $R_a(T_1) = R = 8$

$$\begin{aligned} \text{Spektrum Katsayısı } (1.2634 > T_B) \quad S(T_1) &= 2.5(T_B/T_1)^{0.8} = (2.5)(0.90/1.1876)^{0.8} \\ &= 2.0026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spektral İvme Katsayısı} \quad A(T_1) &= A_0 \times I \times S(T_1) = (0.40) \times 1 \times (2.0026) \\ &= 0.8010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü: } V(T_1) &= \Sigma W \times A(T_1) / R_a(T_1) = 809.344 \times (0.8010) / 8 \\ &= 81.0356 \text{ t} > 37.1338 \text{ t} \end{aligned}$$

Ek Eşdeğer Deprem yüğü yok. Çünkü bina yüksekliği $< 25 \text{ m}$

3.1.3.5. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Çizelge3.17. Modelle' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(t)$	$H_i(m)$	$w_i H_i$	$F_i(t)$
8	77.62	24	1862.88	14.18318
7	104.532	21	2195.172	16.71311
6	104.532	18	1881.576	14.32552
5	104.532	15	1567.98	11.93793
4	104.532	12	1254.384	9.550346
3	104532	9	940.788	7.16276
2	104.532	6	627.192	4.773173
1	104.532	3	313.596	2.387587
Σ	809.344		10643.57	81.0356

Dışmerkezlilik: $e=10 \times 0.05=0.5$ m

3.1.3.6. Eşdeğer Kat Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrik Olarak Yapıya Yüklenmesi ve Kat Deplasmanları Hesabı

Çizelge 3.18. Modelle' ye ait Kat Deplasmanları

Kat No	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$
8	0.0606	0.053102
7	0.0579	0.050655
6	0.0531	0.046398
5	0.0463	0.040436
4	0.0379	0.033055
3	0.0282	0.024573
2	0.0176	0.015359
1	0.00703	0.00611

3.1.3.7. A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 3.19. Modelle' ye ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
8	0.00273	0.002447	0.002588	1.054689
7	0.00481	0.004257	0.004535	1.061346
6	0.00678	0.005962	0.006369	1.063924
5	0.00841	0.007381	0.007896	1.065319
4	0.00969	0.008483	0.009085	1.066316
3	0.0105	0.009214	0.009878	1.067241
2	0.0106	0.009249	0.009928	1.06841
1	0.00703	0.00611	0.006572	1.07035

3.1.3.8. Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü

Çizelge 3.20. Modelle' ye ait Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü

Kat No	$h_i(\text{m})$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}/h_i$
8	3	0.00273	0.00091
7	3	0.00481	0.001603
6	3	0.00678	0.00226
5	3	0.00841	0.002803
4	3	0.00969	0.00323
3	3	0.0105	0.0035
2	3	0.0106	0.003533
1	3	0.00703	0.002343

3.1.3.9. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Çizelge 3.21. Modelle' ye ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\sum w_i(t)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$V_i(T)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.002588	14.18318	3	0.004721
7	104.532	182.152	0.004535	30.89629	3	0.008912
6	104.532	286.684	0.006369	45.22181	3	0.013459
5	104.532	391.216	0.007896	57.15974	3	0.018014
4	104.532	495.748	0.009085	66.71009	3	0.022505
3	104.532	600.28	0.009878	73.87285	3	0.026756
2	104.532	704.812	0.009928	78.64802	3	0.029657
1	104.532	809.344	0.006572	81.03561	3	0.021879
Σ	809.344					

3.1.4. Model2a

3.1.4.1. Veriler

Kolon Boyutları

1.Kat Tüm Kolonlar :350mm x 350mm

2.Kat Tüm Kolonlar :300mm x 300mm

3.Kat Kolonları:

Çizelge 3.22. 3.Kat Kolon Boyutları

KOLON NO	BOYUT (X)	BOYUT (Y)
A1, B2	300 mm	300 mm
A2, C1, C2	250 mm	300 mm
A3, B1, B3	300 mm	250 mm

Sabit Kat Yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli Yükler : $Q=2.00$ kN/m² $Q_{\text{çatı}}=1.50$ kN/m²

Elastisite Modülü: $E=2.85 \times 10^7$ kN/m²

Poisson Oranı : $\nu=0.15$

3.1.4.2. Bina Bilgileri

Kat Sayısı :3

Bina önem katsayısı: $I=1$

Taşıyıcı Sistem Türü: Yerinde dökme Betonarme çerçevesel sistem

3.1.4.3. Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: $A_0=0.4$

Yerel Zemin Sınıfı: Z3

Spektrum Karakteristik Periyotları: $T_A=0.15$ s, $T_B=0.60$ s

Hareketli Yük Katılım Katsayısı: $n=0.3$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı: $R=8$

Deprem Yönü: X

Kütle Merkezleri

Tüm Katlar $x_0=4$ m, $y_0=5.60$ m

3.1.4.4. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.23. Model2a' ya ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	728.472	74.26
1	728.472	74.26

3.1.4.5. Dışmerkezlikler

Çizelge 3.24. Model2a' ya ait Dışmerkezlikler

	Tüm Katlar	
	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.00	6.08
-%5	4.00	5.12

3.1.4.6. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.25. Model 2a' ya ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.87	0.4027
2	728.472	6.7	4880.76	0.3886
1	728.472	3.6	2622.50	0.2088
Σ	1973.048		12561.08	1

3.1.4.7. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.26. Model2a' ya ait Rayleigh Oranı ile T_1 hesabı

Kat No	m_i (kNsn ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fi} (m)	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$ (kNm)
3	52.61	0.4027	5.59×10^{-5}	1.64×10^{-7}	2.25×10^{-5}
2	74.26	0.3886	4.20×10^{-5}	1.31×10^{-7}	1.63×10^{-5}
1	74.26	0.2088	2.01×10^{-5}	3.00×10^{-8}	4.20×10^{-6}
Σ	201.13	1		3.25×10^{-7}	4.30×10^{-5}

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right]^{1/2}$$

$$T_1 = 0.5462 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan $S(T_1) = 2.5$ olmaktadır.

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1) = 8'$ dir.

Spektral ivme katsayısı

$$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times (2.5) = 1.0$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (1973.048) \times (1) / 8 = 246.631 \text{ kN}$$

$H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ 'dır.

$$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 1973.048 = 78.922 \text{ kN}$$

Çizelge 3.27. Model2a'ya ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_i (t)
3	516.104	9.8	5057.819	99.3080
2	728.472	6.7	4880.76	95.8315
1	728.472	3.6	2622.50	51.4916
Σ	1973.048		12561.08	

3.1.4.8. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.28. Model2a'ya ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00378	0.003149	0.003466	1.091562
2	0.00579	0.005144	0.005468	1.059317
1	0.00526	0.004707	0.004985	1.055782

3.1.4.9. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.29. Model2a'ya ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00363	0.003096	0.003364	1.079726
2	0.00588	0.004817	0.005346	1.099029
1	0.00538	0.004378	0.004878	1.102364

3.1.5. Model2b

- 3 nolu döşeme depo olarak kullanılmaktadır.

Sabit kat yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli yükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{çatı}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük=2.00 kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=687.0+0.3\times 46.08\times 2+0.8\times 23.04\times 2$
 $=751.512$ kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m, $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=3.95$ m, $y_0=5.50$ m

3.1.5.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.30. Model2b' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	751.512	76.607
1	751.512	76.607

3.1.5.2. Dışmerkezlilikler

Çizelge 3.31. Model2b' ye ait Dışmerkezlilikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	X_0 (m)	Y_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.0	6.08	3.95	5.98
-%5	4.0	5.12	3.95	5.02

3.1.5.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.32. Model2b' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.819	0.395192
2	751.512	6.7	5035.13	0.393419
1	751.512	3.6	2705.443	0.21139
Σ	2019.128		12798.39	1

3.1.5.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.33. Model2b' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 Hesabı

Kat No	$m_i(w_i/g)$ (kNsn ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fi} (m)	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$ (kNm)
3	52.61	0.395192	0.000056	0.000000153	0.000022
2	76.607	0.393419	0.0000419	0.000000134	0.0000165
1	76.607	0.21139	0.0000200	0.0000000306	0.00000423
Σ	205.824	1	0.000118	0.000000328	0.0000427

$$T_1=0.5507 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ olur.

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan;

$$S(T_1) = 2.5$$

Spektral İvme Katsayısı:

$$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times (2.5) = 1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (2019.128) \times 1 / 8 = 252.391 \text{ kN}$$

$H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ ' dir.

$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 2019.128 = 80.765$ kN

3.1.5.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.34. Model2b' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_i (t)
3	516.104	9.8	5057.819	99.7429
2	751.512	6.7	5035.13	99.2954
1	751.512	3.6	2705.443	53.3528
Σ	2019.128		12798.39	252.39

3.1.5.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.35. Model2b' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
3	0.00382	0.003168	0.003493	1.093008
2	0.00596	0.005207	0.005581	1.067159
1	0.00544	0.004773	0.005106	1.0652464

3.1.5.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.36. Model2b' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
3	0.00365	0.003125	0.00339	1.078126
2	0.00595	0.004962	0.005457	1.090827
1	0.00646	0.004534	0.004996	1.09267

3.1.6. Model2c

- 3 nolu döşeme depo olarak kullanılmaktadır. (Depodaki hareketli yük 5 kN/m², dir.)

Sabit Kat Yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli Yükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{\text{çatı}}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük 5.00 kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=687.0+0.3\times 46.08\times 2+0.8\times 23.04\times 5$
 $=806.808$ kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=3.85$ m $y_0=5.29$ m

3.1.6.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.37. Model2c' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	806.808	82.2434
1	806.808	82.2434

3.1.6.2. Dışmerkezlilikler

Çizelge 3.38. Model2c' ye ait Dışmerkezlilikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	X_0 (m)	Y_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.0	6.08	3.85	5.77
-%5	4.0	5.12	3.85	4.81

3.1.6.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.39. Model2c' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.819	0.378354
2	806.808	6.7	5405.614	0.404371
1	806.808	3.6	2904.509	0.217274
Σ	2129.72		13367.94	1

3.1.6.4. Rayleigh Oramı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.40. Model2c' ye ait Rayleigh Oramı ile T_1 ' in Hesabı

Kat No	m_i (kNsn ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fi} (m)	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$ (kNm)
3	52.61	0.378354	0.0000549	0.000000159	0.0000208
2	82.2434	0.404371	0.0000417	0.000000143	0.0000169
1	82.2434	0.217274	0.0000200	0.0000000329	0.00000435
Σ	217.0968	1		0.000000334	0.0000420

$$T_1=0.5603 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan spektrum katsayısı

$$S(T_1) = 2.5 \text{ olur.}$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ olur.

$$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times 2.5 = 1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (2129.72) \times 1 / 8 = 266.215 \text{ kN}$$

$H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ ' dir.

$$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 2129.72 = 85.1888 \text{ kN}$$

3.1.6.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.41. Model2c' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$w_i H_i$	$F_i(\text{t})$
3	516.104	9.8	5057.819	100.7236
2	806.808	6.7	5405.6136	107.6497
1	806.808	3.6	2904.5088	57.8416
Σ	2129.72		13367.942	266.215

3.1.6.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.42. Model2c' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00390	0.00321	0.003555	1.096335
2	0.00635	0.00536	0.005852	1.084454
1	0.00586	0.00493	0.005395	1.085941

3.1.6.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.43. Model2c' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00371	0.003193	0.00345	1.07444
2	0.00614	0.005306	0.005723	1.072741
1	0.00565	0.004905	0.005279	10.70887

3.1.7. Model2d

- 2 nolu döşeme depo olarak kullanılmaktadır.

Sabit Kat Yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

HareketliYükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{çatı}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük=2.00 kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=687.0+0.3\times46.08\times2+0.8\times23.04\times2$
 $=751.512$ kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m, $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=4.10$ m, $y_0=5.65$ m

3.1.7.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.44. Model2d' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	751.512	76.607
1	751.512	76.607

3.1.7.2. Dışmerkezlikler

Çizelge 3.45. Model2d' ye ait Dışmerkezlikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	X_0 (m)	Y_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.0	6.08	4.10	6.13
-%5	4.0	5.12	4.10	5.17

3.1.7.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.46. Model2d' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$w_i H_i(\text{kNm})$	$F_{fi}(\text{kN})$
3	516.104	9.8	5057.819	0.395192
2	751.512	6.7	5035.13	0.393419
1	751.512	3.6	2705.443	0.211389
Σ	2019.128		12798.39	1

3.1.7.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.47. Model2d' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı

Kat No	$m_i(\text{kNsn}^2/\text{m})$	$F_{fi}(\text{kN})$	$d_{fi}(\text{m})$	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}(\text{kNm})$
3	52.61	0.395192	0.0000556	0.000000153	0.000022
2	76.607	0.393419	0.0000419	0.000000134	0.0000165
1	76.607	0.211389	0.0000200	0.0000000306	0.00000423
Σ	205.824	1	0.000118	0.000000328	0.0000427

$$T_1 = 0.5507 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan spektrum katsayısı

$$S(T_1) = 2.5 \text{ olur.}$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ olur.

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times (2.5) = 1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (2019.128) \times (1) / 8 \approx 252.391 \text{ kN}$$

$H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ ' dir.

$$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 2019.128 \approx 80.7651 \text{ kN}$$

3.1.7.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.48. Model2d' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_i (t)
3	516.104	9.8	5057.819	99.7429
2	751.512	6.7	5035.13	99.2954
1	751.512	3.6	2329.687	53.3528
Σ	2019.128		12422.64	252.391

3.1.7.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.49. Model2d' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00381	0.00317	0.003492	1.090754
2	0.00588	0.00526	0.005572	1.0554
1	0.00536	0.00484	0.005096	1.051004

3.1.7.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.50. Model2d' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00366	0.00312	0.003388	1.080513
2	0.00601	0.00489	0.005448	1.10313
1	0.00552	0.00445	0.004986	1.107359

3.1.8. Model2e

- 2 nolu döşeme depo olarak kullanılmıştır.

Sabit kat yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli yükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{çatı}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük= 5.00 kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W1=G1+nQ1=687.0+0.3\times 23.04\times 2+0.8\times 23.04\times 5$
 $=806.808$ kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m, $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=4.31$ m, $y_0=5.76$ m

3.1.8.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.51. Model2e' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	806.808	82.2434
1	806.808	82.2434

3.1.8.2. Dışmerkezlikler

Çizelge 3.52. Model2e' ye ait Dışmerkezlikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	X_0 (m)	Y_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.0	6.08	4.31	6.24
-%5	4.0	5.12	4.31	5.28

3.1.8.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.53. Model2e' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.819	0.378354
2	806.808	6.7	5405.614	0.404371
1	806.808	3.6	2904.509	0.217274
Σ	2129.72		13367.94	1

3.1.8.4. Rayleigh Oramı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.54. Model2e' ye ait Rayleigh Oramı ile T_1 ' in Hesabı

Kat No	m_i (kNsn ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fi} (m)	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}$ (kNm)
3	52.61	0.378354	0.0000549	0.000000159	0.0000208
2	82.2434	0.404371	0.0000417	0.000000143	0.0000169
1	82.2434	0.217274	0.0000200	0.0000000329	0.00000435
Σ	217.0968	1	0.000117	0.000000334	0.000042

$$T_1=0.5603 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan spektrum katsayısı:

$$S(T_1)=2.5$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1)=R=8$ olur.

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1)=0.40 \times 1 \times S(T_1)=0.40 \times 1 \times (2.5)=1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (2129.72) \times (1) / 8 = 266.2150 \text{ kN}$$

$H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ ' dir.

$$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 2129.72 = 85.19 \text{ kN}$$

3.1.8.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.55. Model2e' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$w_i H_i$	$F_i(\text{t})$
3	516.104	9.8	5057.819	100.7236
2	806.808	6.7	5405.614	107.6497
1	806.808	3.6	2904.509	57.8416
Σ	2129.72		13367.94	266.215

3.1.8.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.56. Model2e' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00387	0.00324	0.003551	1.088814
2	0.00609	0.00555	0.00582	1.046305
1	0.00558	0.00515	0.005361	1.040025

3.1.8.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.57. Model2e' ye ait - %5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00373	0.00316	0.003446	1.08241
2	0.00633	0.00505	0.00569	1.112649
1	0.00587	0.00462	0.005245	1.118836

3.1.9. Model2f

- 2 ve 3 nolu döşemeler depo olarak kullanılmıştır.

Sabit kat yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli yükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{çatı}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemelerde hareketli yük =5.00 kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=687.0+0.3\times 23.04\times 2+0.8\times 46.08\times 5$
=885.144 kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m, $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=4.14$ m, $y_0=5.88$ m

3.1.9.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.58. Model2f' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (kNsn ² /m)
3	516.104	52.61
2	885.144	90.2287
1	885.144	90.2287

3.1.9.2. Dışmerkezlilikler

Çizelge 3.59. Model2f' ye ait Dışmerkezlilikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	X_0 (m)	Y_0 (m)	X_0 (m)	Y_0 (m)
+%5	4.0	6.08	4.14	6.36
-%5	4.0	5.12	4.14	5.40

3.1.9.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.60. Model2f' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w _i (kN)	H _i (m)	w _i H _i (kNm)	F _{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.819	0.356818
2	885.144	6.7	5930.465	0.418381
1	885.144	3.6	3186.518	0.224802
∑	2286.392		14174.8	1

3.1.9.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.61. Model2f' ye ait Rayleigh Oranı ile T₁' in Hesabı

Kat No	m _i (kNsn ² /m)	F _{fi} (kN)	d _{fi} (m)	m _i d _{fi} ²	F _{fi} d _{fi} (kNm)
3	52.61	0.356818	0.0000541	0.000000154	0.0000193
2	90.2287	0.418381	0.0000415	0.000000155	0.0000174
1	90.2287	0.224802	0.0000200	0.0000000361	0.0000045
∑	233.0674	1	0.000116	0.000000345	0.0000412

$$T_1=0.5750 \text{ sn}$$

H_N<25 m olduğunda, T₁ Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

T_A<T₁<T_B olduğundan

$$S(T_1)=2.5 \text{ olur.}$$

T₁>T_A olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı R_a(T₁)=R=8 olur.

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1)=0.40 \times 1 \times S(T_1)=0.40 \times 1 \times (2.5)=1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = W \times A(T) / R_a = (2286.392) \times (1) / 8 = 285.799 \text{ kN}$$

H_N<25 m olduğundan ΔF_N=0' dır.

$$V_t > 0.1 \times 0.40 \times 2286.392 = 91.4557 \text{ kN}$$

3.1.9.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.62. Model2f' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$w_i H_i$	$F_i(\text{t})$
3	516.104	9.8	5057.819	101.9781
2	885.144	6.7	5930.405	119.5728
1	885.144	3.6	3186.518	64.2481
Σ	2286.392		14174.8	285.799

3.1.9.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.63. Model2f' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00394	0.00332	0.00363	1.086322
2	0.00639	0.00595	0.006171	1.035466
1	0.00589	0.00558	0.005737	1.027156

3.1.9.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.64. Model2f' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00382	0.003224	0.003523	1.084826
2	0.00678	0.005285	0.006033	1.123996
1	0.00636	0.00487	0.005613	1.132289

3.1.10. Model2g

- 2 ve 3 nolu döşeme depo olarak kullanılmıştır.

Sabit Kat Yükleri : $G_1=687.0 \text{ kN}$ $G_2=687.0 \text{ kN}$ $G_3= 485.0 \text{ kN}$

Hareketli Yükler : $q=2.00\text{kN/m}^2$ $q_{\text{çatı}}=1.50 \text{ kN/m}^2$

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük $=5.00 \text{ kN/m}^2$

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=687.0+0.3\times 23.04\times 2\times 2+0.8\times 46.08\times 5$
 $=885.144 \text{ kN}$

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00 \text{ m}$, $y_0=5.60 \text{ m}$

Normal Katlar $x_0=4.14 \text{ m}$, $y_0=5.46 \text{ m}$

3.1.10.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.65. Model2g' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$m_i(\text{kNsn}^2/\text{m})$
3	516.104	52.61
2	885.144	90.2287
1	885.144	90.2287

3.1.10.2. Dışmerkezlilikler

Çizelge 3.66. Model2g' ye ait Dışmerkezlilikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	Xo(m)	Yo(m)	Xo(m)	Yo(m)
+%5	4.0	6.08	4.14	5.94
-%5	4.0	5.12	4.14	4.98

3.1.10.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.67. Model2g' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	w _i (kN)	H _i (m)	w _i H _i (kNm)	F _{fi} (kN)
3	516.104	9.8	5057.819	0.356818
2	885.144	6.7	5930.465	0.418381
1	885.144	3.6	3186.518	0.224802
Σ	2286.392			1

3.1.10.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.68. Model2g' ye ait Rayleigh Oranı ile T₁' in Hesabı

Kat No	m _i (kNsn ² /m)	F _{fi} (kN)	d _{fi} (m)	m _i d _{fi} ²	F _{fi} d _{fi} (kNm)
3	52.61	0.356818	0.0000540	0.000000153	0.0000193
2	90.2287	0.418381	0.0000415	0.000000155	0.0000174
1	90.2287	0.224802	0.0000200	0.0000000361	0.0000045
Σ	233.0674	1	0.000116	0.000000345	0.0000412

$$T_1=0.5750 \text{ sn}$$

H_N<25 m olduğunda, T₁ Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

T_A < T₁ < T_B olduğundan spektrum katsayısı

$$S(T_1)=2.5 \text{ olur.}$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ olur.

Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_0 = 0.40$

Bina Önem Katsayısı: $I = 1$

Spektral İvme Katsayısı

$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times (2.5) = 1$

Taban Kesme Kuvveti:

$V_t = 285.799$ kN

3.1.10.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.69. Model2g' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_i (t)
3	516.104	9.8	5057.819	101.9781
2	885.144	6.7	5930.465	119.5728
1	885.144	3.6	3186.518	64.2481
Σ	2286.392		14174.8	285.799

3.1.10.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.70. Model2g' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
3	0.00397	0.003294	0.003635	1.093626
2	0.00665	0.005761	0.006203	1.071247
1	0.00617	0.005368	0.005771	1.069839

3.1.10.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.71. Model2g' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
3	0.00380	0.003256	0.003528	1.077082
2	0.00659	0.00554	0.006065	1.086544
1	0.00614	0.005151	0.005647	1.087713

3.1.11. Model2h

- 1 nolu döşeme depo olarak kullanılmıştır.

Sabit kat yükleri : $G_1=687.0$ kN $G_2=687.0$ kN $G_3= 485.0$ kN

Hareketli yükler : $q=2.00$ kN/m² $q_{\text{çatı}}=1.50$ kN/m²

- Depo olarak kullanılan döşemede hareketli yük =5.00kN/m²

Normal Kat Ağırlığı: $W_1=G_1+nQ_1=806.808$ kN

Kütle Merkezleri

Çatı Katı $x_0=4.00$ m, $y_0=5.60$ m

Normal Katlar $x_0=3.84$ m, $y_0=5.76$ m

3.1.11.1. Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Çizelge 3.72. Model2h' ye ait Kat Ağırlıkları ve Kat Kütleleri

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$m_i(\text{kNsn}^2/\text{m})$
3	516.104	52.61
2	806.808	82.2434
1	806.808	82.2434

3.1.11.2. Dışmerkezlilikler

Çizelge 3.73. Model2h' ye ait Dışmerkezlilikler

	Çatı Katı		Normal Kat	
	$X_o(\text{m})$	$Y_o(\text{m})$	$X_o(\text{m})$	$Y_o(\text{m})$
+%5	4.0	6.08	3.84	6.24
-%5	4.0	5.12	3.84	5.28

3.1.11.3. Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Çizelge 3.74. Model2h' ye ait Katlara Etkiyen Fiktif Yükler

Kat No	$w_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$w_i H_i(\text{kNm})$	$F_{fi}(\text{kN})$
3	516.104	9.8	5057.819	0.378354
2	806.808	6.7	5405.614	0.404371
1	806.808	3.6	2904.509	0.217274
Σ	2129.72		13367.94	1

3.1.11.4. Rayleigh Oranı ile Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabı

Çizelge 3.75. Model2h' ye ait Rayleigh Oranı ile T_1 ' in Hesabı

Kat No	$m_i(\text{kNsn}^2/\text{m})$	$F_{fi}(\text{kN})$	$d_{fi}(\text{m})$	$m_i d_{fi}^2$	$F_{fi} d_{fi}(\text{kNm})$
3	52.61	0.378354	0.0000549	0.000000159	0.0000208
2	82.2434	0.404371	0.0000417	0.000000143	0.0000169
1	82.2434	0.217274	0.0000200	0.0000000329	0.00000435
Σ	217.0968	1		0.000000334	0.0000420

$$T_1=0.5603 \text{ sn}$$

$H_N < 25$ m olduğunda, T_1 Ampirik Yöntemle de hesaplanabilir.

$$T_1 \approx T_{1A} = C_t H_N^{3/4} = 0.07 \times (9.8)^{3/4} \approx 0.39 \text{ sn}$$

$T_A < T_1 < T_B$ olduğundan spektrum katsayısı

$$S(T_1) = 2.5 \text{ olur.}$$

$T_1 > T_A$ olduğundan Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ olur.

Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_0 = 0.40$

Bina Önem Katsayısı: $I = 1$

Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_1) = 0.40 \times 1 \times S(T_1) = 0.40 \times 1 \times (2.5) = 1$$

Taban Kesme Kuvveti:

$$V_t = 266.215 \text{ kN}$$

3.1.11.5. Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Çizelge 3.76. Model2h' ye ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri

Kat No	$F_i(t)$
3	100.7236
2	107.6497
1	57.8416
Σ	266.215

3.1.11.6. Deprem Yüklerinin +%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.77. Model2h' ye ait +%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
3	0.00387	0.003235	0.003551	1.088814
2	0.00609	0.005551	0.00582	1.046305
1	0.00558	0.005146	0.005361	1.040025

3.1.11.7. Deprem Yüklerinin -%5 Eksantrisite ile Uygulanarak Bulunan

Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.78. Model2h' ye ait -%5 Eksantrisite ile Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
3	0.00373	0.003162	0.003446	1.08241
2	0.00633	0.005049	0.00569	1.112649
1	0.00587	0.004622	0.005245	1.118836

3.2. Dinamik Analizler

3.2.1. Model1_din

3.2.1.1. Kaydırılmış Kütle Merkezleri (+ % 5 Dışmerkezlikler)

Çizelge 3.79. Model1_din ' e ait Kaydırılmış Kütle Merkezi Koordinatları

Model No	x (m)	y (m)
Model1a_din	5.35	5.50
Model1d_din	5.35	5.50
Model1e_din	5.00	5.50

3.2.1.2. Kat Kütle Eylemsizlik Momentleri

Çizelge 3.80. Model1_din ' e ait Kat Kütle Eylemsizlik Momentleri

Model1a_din Model1d_din			Model1e_din		
Kat No	m_i	$m_i\theta_i$	Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
8	7.9123	131.8717	8	7.9123	131.8717
7	12.3886	207.9943	7	10.6557	177.595
6	12.3886	207.9943	6	10.6557	177.595
5	12.3886	207.9943	5	10.6557	177.595
4	12.3886	207.9943	4	10.6557	177.595
3	12.3886	207.9943	3	10.6557	177.595
2	12.3886	207.9943	2	10.6557	177.595
1	12.3886	207.9943	1	10.6557	177.595
Σ	94.6325		Σ	82.5022	

3.2.1.3. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.81 Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

	Model1a_din	Model1d_din	Model1e_din
Mod No	Periyot(sn)	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	1.419526	1.419526	1.348882
2	1.410131	1.410131	1.343089
3	1.014378	1.014378	0.972579
4	0.460856	0.460856	0.437951
5	0.457726	0.457726	0.436018
6	0.331398	0.331398	0.317828
7	0.263249	0.263249	0.250072
8	0.261339	0.261339	0.248889

3.2.1.4. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim mod sayısının hesabı için, x ve y doğrultularının her birinde, her bir mod için etkin kütle oranları hesaplanarak, ilk 5 modun katkısının yeterli olunacağı aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.82. Model1_din ' e ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Mod No	Model1a_din		Model1e_din	
	Model1d_din			
	M_{xx}/M_T	M_{yy}/M_T	M_{xx}/M_T	M_{yy}/M_T
1	54.0636	26.4912	80.8943	0.0000
2	80.9242	81.3087	80.8943	81.6497
3	81.6765	81.6773	81.6483	81.6497
4	88.4069	84.9753	91.7232	81.6497
5	91.7516	91.8013	91.7232	91.8211
6	91.8457	91.8474	91.8185	91.8211
7	94.3272	93.0631	95.5322	91.8211
8	95.5612	95.5817	95.5322	95.5733

3.2.1.5. Spektrum Analizi

Çizelge 3.83. Model1_din ' e ait β Katsayısı Tablosu

	Model1a_din	Model1d_din	Model1e_din
$V_{IB}(\text{ton})$	35.723029	82.578906	76.967327
$V_t(\text{ton})$	37.1338	88.4668	81.0356
β	0.90	0.90	0.90
V_{IB}/V_t	0.96	0.93	0.93

Bu modeller için $V_{IB}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerleri büyütme gerek yoktur.

3.2.1.6. Kat Deplasmanları

Çizelge 3.84. Model1_din ' e ait Kat Deplasmanları

Kat No	Model1a_din		Model1d_din		Model1e_din	
	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$	$(d_i)_{\max}$	$(d_i)_{\min}$
1	3.19×10^{-3}	0.002565	7.43×10^{-3}	0.005973	6.92×10^{-3}	0.005577
2	7.88×10^{-3}	0.006364	1.86×10^{-2}	0.014973	1.73×10^{-2}	0.013991
3	1.24×10^{-2}	0.010015	2.95×10^{-2}	0.023818	2.75×10^{-2}	0.02228
4	1.64×10^{-2}	0.013276	3.93×10^{-2}	0.031812	3.67×10^{-2}	0.029796
5	1.98×10^{-2}	0.016057	4.76×10^{-2}	0.038625	4.46×10^{-2}	0.036231
6	2.25×10^{-2}	0.018277	5.42×10^{-2}	0.044004	5.08×10^{-2}	0.041348
7	2.44×10^{-2}	0.019852	5.87×10^{-2}	0.047741	5.51×10^{-2}	0.044954
8	2.55×10^{-2}	0.020747	6.11×10^{-2}	0.049822	5.76×10^{-2}	0.047016

3.2.1.7. Maksimum Görelî Kat Deplasmanları

Çizelge 3.85. Model1_din ' e ait Maksimum Görelî Kat Deplasmanları

Kat No	Model1a din (Δ_i) _{max}	Model1d din (Δ_i) _{max}	Model1e din (Δ_i) _{max}
1	3.19×10^{-3}	7.43×10^{-3}	6.92×10^{-3}
2	4.69×10^{-3}	1.11×10^{-2}	1.04×10^{-2}
3	4.50×10^{-3}	1.09×10^{-2}	1.02×10^{-2}
4	4.01×10^{-3}	9.82×10^{-3}	9.22×10^{-3}
5	3.41×10^{-3}	8.34×10^{-3}	7.86×10^{-3}
6	2.70×10^{-3}	6.55×10^{-3}	6.22×10^{-3}
7	1.90×10^{-3}	4.51×10^{-3}	4.35×10^{-3}
8	1.06×10^{-3}	2.45×10^{-3}	2.43×10^{-3}

3.2.1.8. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.86. Model1_din ' e ait Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Kat No	h _i (m)	Model1a din	Model1d din	Model1e din
		(Δ_i) _{max} /h _i	(Δ_i) _{max} /h _i	(Δ_i) _{max} /h _i
1	3	0.00106	0.00248	0.00231
2	3	0.00156	0.00370	0.00347
3	3	0.0015	0.00363	0.00340
4	3	0.00134	0.00327	0.00307
5	3	0.00114	0.00278	0.00262
6	3	0.0009	0.00218	0.00207
7	3	0.00063	0.00150	0.00145
8	3	0.00035	0.00082	0.00081

3.2.1.9. İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Çizelge 3.87. Model1a_din ' e ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\Sigma w_i(t)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$F_i(t)$	$V_i(t)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.000977	5.730475	5.730475	3	0.00441
7	121.532	199.152	0.001739	7.850831	13.581306	3	0.0085
6	121.532	320.684	0.002462	6.729284	20.310590	3	0.01296
5	121.532	442.216	0.003094	5.607737	25.918327	3	0.0176
4	121.532	563.748	0.003634	4.486189	30.404516	3	0.02246
3	121.532	685.28	0.004075	3.364642	33.769158	3	0.02756
2	121.532	806.812	0.004246	2.243095	36.012253	3	0.03171
1	121.532	928.344	0.002876	1.121547	37.133800	3	0.02397
Σ	928.344			37.133800			

Çizelge 3.88. Model1d_din ' e ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\Sigma w_i(t)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$F_i(t)$	$V_i(t)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.002266	13.65216	13.65216	3	0.00429
7	121.532	199.152	0.004124	18.70366	32.3558	3	0.00846
6	121.532	320.684	0.005965	16.03171	48.3875	3	0.01318
5	121.532	442.216	0.007577	13.35976	61.7473	3	0.01809
4	121.532	563.748	0.008906	10.68781	72.4351	3	0.0231
3	121.532	685.28	0.009871	8.015854	80.451	3	0.02803
2	121.532	806.812	0.010064	5.343903	85.7949	3	0.03155
1	121.532	928.344	0.006701	2.67195	88.4668	3	0.02344
Σ	928.344			88.4668			

Çizelge 3.89. Modelle_{in} ' e ait İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Kat No	$w_i(t)$	$\Sigma w_i(t)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$F_i(t)$	$V_i(t)$	$h_i(m)$	θ_i
8	77.62	77.62	0.002248	14.18318	14.18318	3	0.0041
7	104.532	182.152	0.003977	16.71311	30.8963	3	0.00782
6	104.532	286.684	0.00567	14.32552	45.2218	3	0.01198
5	104.532	391.216	0.007149	11.93793	57.1597	3	0.01631
4	104.532	495.748	0.008366	9.550346	66.7101	3	0.02072
3	104.532	600.28	0.009241	7.16276	73.8728	3	0.02503
2	104.532	704.812	0.009399	4.775173	78.648	3	0.02808
1	104.532	809.344	0.006249	2.387587	81.0356	3	0.0208
Σ	809.344			81.0356			

3.2.1.10. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Çizelge 3.90. Model1a_{in} ' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	3.19×10^{-3}	0.002565	3.19×10^{-3}	0.002565	0.002876	1.108134
2.kat	7.88×10^{-3}	0.006364	4.69×10^{-3}	0.003799	0.004246	1.105413
3.kat	1.24×10^{-2}	0.010015	4.50×10^{-3}	0.003651	0.004075	1.103922
4.kat	1.64×10^{-2}	0.013276	4.01×10^{-3}	0.003261	0.003634	1.1027
5.kat	1.98×10^{-2}	0.016057	3.41×10^{-3}	0.002782	0.003094	1.100969
6.kat	2.25×10^{-2}	0.018277	2.70×10^{-3}	0.00222	0.002462	1.09848
7.kat	2.44×10^{-2}	0.019852	1.90×10^{-3}	0.001575	0.001739	1.094455
8.kat	2.55×10^{-2}	0.020747	1.06×10^{-3}	0.000895	0.000977	1.083434

Çizelge 3.91. Model1d_{din} ' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	7.43×10^{-3}	0.005973	7.43×10^{-3}	0.005973	0.006701	1.108587
2.kat	1.86×10^{-2}	0.014973	1.11×10^{-2}	0.009	0.010064	1.105687
3.kat	2.95×10^{-2}	0.023818	1.09×10^{-2}	0.008845	0.009871	1.103921
4.kat	3.93×10^{-2}	0.031812	9.82×10^{-3}	0.007994	0.008906	1.102454
5.kat	4.76×10^{-2}	0.038625	8.34×10^{-3}	0.006813	0.007577	1.100753
6.kat	5.42×10^{-2}	0.044004	6.55×10^{-3}	0.005379	0.005965	1.098309
7.kat	5.87×10^{-2}	0.047741	4.51×10^{-3}	0.003737	0.004124	1.093737
8.kat	6.11×10^{-2}	0.049822	2.45×10^{-3}	0.002081	0.002266	1.081693

Çizelge 3.92. Model1e_{din} ' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	6.92×10^{-3}	0.005577	6.92×10^{-3}	0.005577	0.006249	1.107655
2.kat	1.73×10^{-2}	0.013991	1.04×10^{-2}	0.008414	0.009399	1.104767
3.kat	2.75×10^{-2}	0.02228	1.02×10^{-2}	0.008289	0.009241	1.103007
4.kat	3.67×10^{-2}	0.029796	9.22×10^{-3}	0.007516	0.008366	1.101562
5.kat	4.46×10^{-2}	0.036231	7.86×10^{-3}	0.006435	0.007149	1.099911
6.kat	5.08×10^{-2}	0.041348	6.22×10^{-3}	0.005117	0.00567	1.097575
7.kat	5.51×10^{-2}	0.044954	4.35×10^{-3}	0.003606	0.003977	1.093327
8.kat	5.76×10^{-2}	0.047016	2.43×10^{-3}	0.002062	0.002248	1.082514

3.2.2. Model2a

3.2.2.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.93. Model2a ' ya ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	74.26	1045.581
1	74.26	1045.581
Σ	201.13	

3.2.2.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.94. Model2a ' ya ait Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

	Model2a+%5	Model2a%5
Mod No	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.626393	0.623783
2	0.621403	0.621020
3	0.466658	0.468440
4	0.224155	0.223996
5	0.222644	0.222637

3.2.2.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim mod sayısının hesabı için, x ve y doğrultularının her birinde, her bir mod için etkin kütle oranları hesaplanarak, ilk 5 modun katkısının yeterli olunacağı aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.95. Model 2a ' ya ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Mod No	Model2a+%5		Model2a%5	
	M_{xT}/M_T	M_{yT}/M_T	M_{xT}/M_T	M_{yT}/M_T
1	84.3821	0.8968	72.6104	13.5897
2	85.3176	86.9802	86.2421	86.9809
3	87.0470	87.0331	87.0217	87.0332
4	96.7137	87.0342	96.6301	87.0841
5	96.7145	96.8970	96.6772	96.8970

3.2.2.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.96. Model2a ' ya ait β Katsayısı Kontrol Tablosu

	Model2a+%5	Model2a%5
$V_{\text{B}}(\text{ton})$	264.934777	268.306809
$V_{\text{t}}(\text{ton})$	246.631	246.631
β	0.90	0.90
$V_{\text{B}}/ V_{\text{t}}$	1.07	1.09

$V_{\text{B}}/ V_{\text{t}} > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.2.5. Model2a+%5_din ' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.97. Model2a+%5_din'e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00608	0.004361	0.00608	0.004361	0.005219	1.164447
2.kat	0.0127	0.009165	0.00664	0.004804	0.005724	1.160788
3.kat	0.0168	0.012189	0.00405	0.003024	0.003539	1.145552

3.2.2.6. Model2a-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.98. Model2a-%5_din'e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00598	0.004942	0.00598	0.004942	0.005462	1.095236
2.kat	0.0126	0.010351	0.00659	0.005409	0.006001	1.098669
3.kat	0.0168	0.0136	0.0042703	0.003249	0.003758	1.135565

3.2.3. Model2b

3.2.3.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.99. Model2b' ye ait Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	76.607	1079.584
1	76.607	1079.584
Σ	205.824	

3.2.3.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.100. Model2b'ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.629434	0.628240
2	0.625225	0.624781
3	0.469486	0.470478
4	0.225442	0.225986
5	0.224258	0.224239

3.2.3.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

İlk 5 modun katkısının yeterli olunacağı aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.101. Model2b'ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Mod No	Model2b din+ %5		Model2b din- %5	
	M_{xx}/M_T	M_{yy}/M_T	M_{xx}/M_T	M_{yy}/M_T
1	83.4726	2.0450	72.5427	13.5409
2	85.5794	87.0185	86.1500	87.0203
3	87.1118	87.0946	87.0792	87.0946
4	96.7277	87.1273	96.5203	87.2199
5	96.7626	96.9092	96.6401	96.9093

3.2.3.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.102. Model2b' ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2b_din+%5	Model2b_din%5
$V_{iB}(\text{ton})$	269.514265	271.472955
$V_t(\text{ton})$	252.391	252.391
β	0.90	0.90
V_{iB}/V_t	1.07	1.08

$V_{iB}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.3.5. Model2b+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.103. Model2b+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00611	0.004518	0.00611	0.004518	0.005314	1.149929
2.kat	0.0128	0.009472	0.00667	0.004955	0.005813	1.147656
3.kat	0.0168	0.012541	0.00405	0.003069	0.003557	1.137341

3.2.3.6. Model2b-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.104. Model2b-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00615	0.00493	0.00615	0.00493	0.005538	1.109828
2.kat	0.0129	0.010316	0.00674	0.005386	0.006065	1.111931
3.kat	0.0172	0.013529	0.00429	0.003213	0.003753	1.144016

3.2.4. Model2c

3.2.4.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.105. Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	82.2434	1167.741
1	82.2434	1167.741
Σ	217.0968	

3.2.4.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.106. Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2c din+%5	Model2c din%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.637083	0.639183
2	0.634373	0.633774
3	0.476762	0.475915
4	0.228587	0.230578
5	0.227933	0.227931

3.2.4.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

İlk 5 modun katkısının yeterli olacağı aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.107. Model2c' ye ait Etkin Kütle Oranları

Mod No	Model2c din+%5		Model2c din%5	
	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T
1	77.8240	8.1878	72.2820	13.4881
2	86.1438	87.0969	85.9007	87.1057
3	87.2673	87.2411	87.2195	87.2412
4	95.7601	88.3282	96.3131	87.5041
5	96.8576	96.9411	96.5705	96.9420

3.2.4.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.108. Model2c'ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2c_din+%5	Model2c_din%5
$V_{tB}(\text{ton})$	280.177276	278.649450
$V_t(\text{ton})$	266.215	266.215
β	0.90	0.90
V_{tB}/V_t	1.05	1.05

$V_{tB}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.4.5. Model2c+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.109. Model2c+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.000619	0.004885	0.00619	0.004885	0.005537	1.11765
2.kat	0.0129	0.010192	0.00673	0.005307	0.006018	1.118205
3.kat	0.0169	0.01336	0.00402	0.003168	0.003593	1.118448

3.2.4.6. Model2c-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.110. Model2c-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00652	0.0049	0.00652	0.0049	0.00571	1.141934
2.kat	0.0136	0.010231	0.00709	0.005331	0.006208	1.141257
3.kat	0.0179	0.013358	0.00434	0.003128	0.003735	1.162564

3.2.5. Model2d

3.2.5.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.111. Model2d'ye ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$mi\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	76.607	1079.584
1	76.607	1079.584
Σ	205.824	

3.2.5.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.112. Model2d'ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2d din+%5	Model2d din%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.630621	0.627126
2	0.625082	0.624828
3	0.468878	0.471107
4	0.225993	0.225444
5	0.224235	0.224254

3.2.5.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

İlk 5 modun katkısının yeterli olunacağı aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.113. Model2d'ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Mod No	Model2d din+%5		Model2d din%5	
	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T
1	85.2336	0.0298	76.7764	9.5970
2	85.2693	87.0731	86.3800	87.0741
3	87.1062	87.0944	87.0852	87.0944
4	96.5820	87.2212	96.6739	87.1273
5	96.7080	96.9004	96.7110	96.9003

3.2.5.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.114. Model2d' ye ait β Katsayısının Kontrolü

	Model2d din+%5	Model2d din%5
$V_B(\text{ton})$	268.262300	272.469130
$V_t(\text{ton})$	252.391	252.391
β	0.90	0.90
V_B/V_t	1.06	1.08

$V_B/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.5.5. Model2d+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.115. Model2d+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	6.19×10^{-3}	0.00437	6.1910^{-3}	0.00437	0.005279	1.172208
2.kat	1.29×10^{-2}	0.009174	6.7410^{-3}	0.004804	0.005773	1.167774
3.kat	1.70×10^{-2}	0.012175	4.0610^{-3}	0.003001	0.00353	1.149806

3.2.5.6. Model2d-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.116. Model2d-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00603	0.005051	0.00603	0.005051	0.005538	1.088046
2.kat	0.0127	0.010559	0.00663	0.005509	0.006068	1.092158
3.kat	0.0169	0.013827	0.00425	0.003268	0.003761	1.131226

3.2.6. Model2e

3.2.6.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.117. Model2e' ye ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	82.2434	1167.996
1	82.2434	1167.996
Σ	217.0968	

3.2.6.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.118. Model2e'ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2e din+%5	Model2e din-%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.641086	0.635397
2	0.633918	0.634021
3	0.474716	0.478041
4	0.230332	0.228978
5	0.227867	0.227880

3.2.6.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Çizelge 3.119. Model2e'ye ait Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Mod No	Model2e din+%5		Model2e din-%5	
	M_{xT}/M_T	M_{yT}/M_T	M_{xT}/M_T	M_{yT}/M_T
1	83.5253	1.6192	84.6600	2.0567
2	85.1313	87.2408	86.6935	87.2395
3	87.2478	87.2428	87.2363	87.2427
4	96.0324	87.9001	95.3492	88.6441
5	96.7035	96.9045	96.7887	96.9033

3.2.6.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.120. Model2e' ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2e_din+%5	Model2e_din-%5
$V_{tB}(\text{ton})$	275.866364	282.233125
$V_t(\text{ton})$	266.2150	266.2150
β	0.90	0.90
V_{tB}/V_t	1.04	1.06

$V_{tB}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.6.5. Model2e+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.121. Model2e+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bl}
1.kat	0.00645	0.004385	0.00645	0.004385	0.005416	1.190278
2.kat	0.0134	0.009184	0.00696	0.004799	0.005882	1.18409
3.kat	0.0175	0.01213	0.00406	0.002945	0.003504	1.159508

3.2.6.6. Model2e-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.122. Model2e-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bl}
1.kat	0.00612	0.005308	0.00612	0.005308	0.005715	1.071205
2.kat	0.0128	0.011053	0.00670	0.005744	0.006222	1.076799
3.kat	0.0170	0.014362	0.00422	0.003309	0.003764	1.120866

3.2.7. Model2f

3.2.7.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.123. Model2f' ye ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i\theta_i$
3	52.61	740.7488
2	90.2287	1279.263
1	90.2287	1279.263
Σ	233.0674	

3.2.7.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.124. Model2f' ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2f din+%5	Model2f din%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.655416	0.647764
2	0.646689	0.646425
3	0.481534	0.486243
4	0.235687	0.233406
5	0.232851	0.232859

3.2.7.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Çizelge 3.125. Model2f' ye ait Etkin Kütle Oranları

Mod No	Model2f din+%5		Model2f din%5	
	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T
1	85.0003	0.0001	69.9747	17.1214
2	85.0003	87.4309	87.0863	87.4313
3	87.4447	87.4416	87.4435	87.4416
4	96.6333	87.5332	96.5344	87.7863
5	96.7274	96.9823	96.8896	96.9819

3.2.7.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.126. Model2f' ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2f_din+%5	Model2f_din%5
$V_{tb}(\text{ton})$	286.524579	295.502090
$V_t(\text{ton})$	285.799	285.799
β	0.90	0.90
V_{tb}/V_t	1.002	1.03

$V_{tb}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.7.5. Model2f+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.127. Model2f+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bl}
1.kat	0.00679	0.004428	0.00679	0.004428	0.00561	1.210611
2.kat	0.0141	0.009243	0.00726	0.004814	0.006037	1.202546
3.kat	0.0181	0.012123	0.00406	0.00288	0.003472	1.17047

3.2.7.6. Model2f-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.128. Model2f-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bl}
1.kat	0.00625	0.005657	0.00625	0.005657	0.005956	1.050223
2.kat	0.0131	0.011716	0.00680	0.00606	0.006429	1.057449
3.kat	0.0172	0.015073	0.00417	0.003356	0.003761	1.107703

3.2.8. Model2g

3.2.8.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.129. Model2g'ye ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i \theta_i$
3	52.61	740.7488
2	90.2287	1273.957
1	90.2287	1273.957
Σ	233.0674	

3.2.8.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.130. Model2g' ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2g din+%5	Model2g din-%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.650849	0.649951
2	0.646683	0.646545
3	0.483464	0.484114
4	0.234077	0.234790
5	0.232827	0.232869

3.2.8.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Çizelge 3.131. Model2g' ye ait Etkin Kütle Oranları

Mod No	Model2g din+%5		Model2g-%5	
	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T
1	85.9086	0.1263	82.7900	3.6247
2	86.0259	87.4308	86.4170	87.4321
3	87.4592	87.4416	87.4258	87.4416
4	96.4702	87.8406	96.6632	87.4867
5	96.8658	96.9821	96.7153	96.9821

3.2.8.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.132. Model2g' ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2g din+%5	Model2g-%5
$V_{tb}(\text{ton})$	291.193664	292.617173
$V_t(\text{ton})$	285.799	285.799
β	0.90	0.90
V_{tb}/V_t	1.02	1.02

$V_{tb}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.8.5. Model2g+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.133. Model2g+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00656	0.004908	0.00656	0.004908	0.005732	1.143902
2.kat	0.0136	0.010207	0.00705	0.005299	0.006176	1.141925
3.kat	0.0176	0.013294	0.00404	0.003087	0.003563	1.133434

3.2.8.6. Model2g-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.134. Model2g-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{max}	d_{min}	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00667	0.00526	0.00667	0.00526	0.005964	1.117895
2.kat	0.0139	0.010924	0.00720	0.005663	0.006432	1.119543
3.kat	0.0182	0.014116	0.00430	0.003192	0.003748	1.148411

3.2.9. Model2h

3.2.9.1. Kütle Atalet Momentlerinin Hesabı

Çizelge 3.135. Model2h'ye ait Kütle Atalet Momentleri

Kat No	m_i	$m_i \theta_i$
3	52.61	740.7488
2	82.2434	1162.198
1	82.2434	1162.198
Σ	217.0968	

3.2.9.2. Titreşim Mod Periyotlarının Hesabı

Çizelge 3.136. Model2h'ye ait Titreşim Mod Periyotları

Mod No	Model2h din+%5	Model2h din-%5
	Periyot(sn)	Periyot(sn)
1	0.641307	0.636288
2	0.634275	0.633729
3	0.473914	0.477219
4	0.230213	0.228947
5	0.227962	0.227876

3.2.9.3. Etkin Kütle Oranlarının Hesabı

Çizelge 3.137. Model2h'ye ait Etkin Kütle Oranları

Mod No	Model2h din+%5		Model2h din-%5	
	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T	M_{xr}/M_T	M_{yr}/M_T
1	80.4279	4.6020	54.9588	31.5947
2	85.1590	87.0999	86.7040	87.0910
3	87.2481	87.2412	87.2363	87.2414
4	96.4892	87.4479	95.5935	88.4455
5	96.7021	96.9414	96.7888	96.9414

3.2.9.4. Spektrum Analizi

Çizelge 3.138. Model2h' ye ait β Katsayısı Kontrolü

	Model2h din+%5	Model2h din-%5
$V_{tB}(\text{ton})$	275.840356	282.164043
$V_t(\text{ton})$	266.215	266.215
β	0.90	0.90
V_{tB}/V_t	1.04	1.06

$V_{tB}/V_t > 0.90$ olduğundan iç kuvvet ve deplasman değerlerini artırmaya gerek yoktur.

3.2.9.5. Model2h+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.139. Model2h+%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00644	0.004389	0.00644	0.004389	0.005415	1.189488
2.kat	0.0134	0.009192	0.00696	0.004803	0.005881	1.183307
3.kat	0.0175	0.012139	0.00406	0.002946	0.003504	1.159165

3.2.9.6. Model2h-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği

Çizelge 3.140. Model2h-%5_din' e ait Burulma Düzensizliği Kontrolü

Katlar	d_{\max}	d_{\min}	Δ_{\max}	Δ_{\min}	Δ_{ort}	η_{bi}
1.kat	0.00612	0.00531	0.00612	0.00531	0.005713	1.070533
2.kat	0.0128	0.011056	0.00669	0.005746	0.00622	1.07615
3.kat	0.0170	0.014366	0.00422	0.00331	0.003763	1.120475

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sadece geometrik bakımdan düzensiz olan yapılarda ve düşey taşıyıcı sistem tasarımı uygun olmayan yapılarda burulma düzensizliği çok yüksek düzeyde değildir. Ancak kat düzleminde farklı döşemelerin farklı hareketli yüklerle yüklenmesi, kütle merkezinin rijitlik merkezinden uzaklaşması nedeniyle ilave dışmerkezlilikler getirecektir. Seçilen modelde ufak bir değişim görülmektedir. Değişimin az olması seçilen modellerin basit ve küçük olmasına bağlanmaktadır.

Bu çalışmada analizler hem Eşdeğer Deprem Yüğü, hem Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Farklı hesap yöntemleri ile bu yöntemlerin geçerliliği irdelenmemiştir.

- 1) Model1' de zemin sınıfının değişmesiyle burulma düzensizliği ve ikinci mertebe etkileri değişmezken, görelî kat ötelenmelerinde değişimler olmuştur.
- 2) Model2' de ise yükün üniform olarak dağıldığı durum ile hareketli yükün konum ve miktarının kat içerisinde değişmesi durumu için burulma düzensizliğinin % 2.72 oranında değiştiği gözlenmiştir. Seçilen modelde ufak bir değişim olduğu görülmektedir. Değişimin az olması seçilen modellerin basit ve küçük olmasına bağlanmaktadır. Değişik modeller üzerinde bu düzensizliğin daha da büyüyeceği düşünülmektedir. Yine hareketli yükün tasarım değerlerini aşması halinde eksantrisitenin büyüyeceği düşünülmektedir.

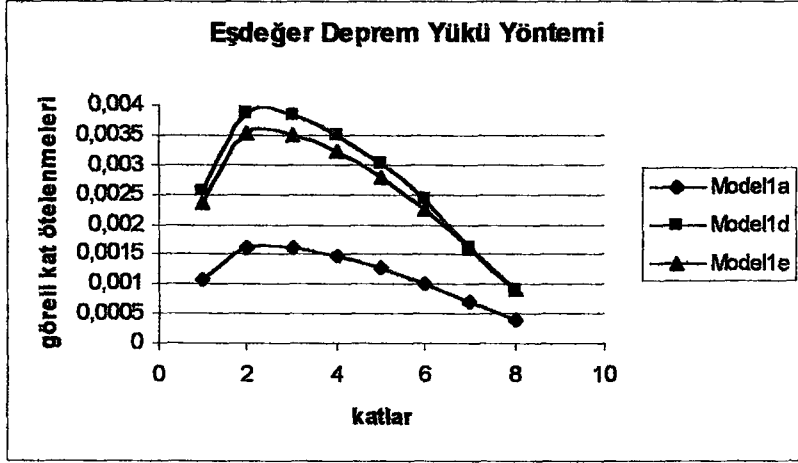
- 3) Her iki model için burulma düzensizliği katsayılarına bakıldığında dinamik analiz (mod birleştirme) yönteminin daha büyük eksantrisite sonuçları verdiği gözlenmiştir.
- 4) Model2 için en büyük burulma düzensizliği katsayısı 1.132 'dir. 1 ve 2 nolu döşemelerin depo kabul edildiği durumdur.

Çizelge 4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Model1'e ait Görelî Kat Ötelenmeleri

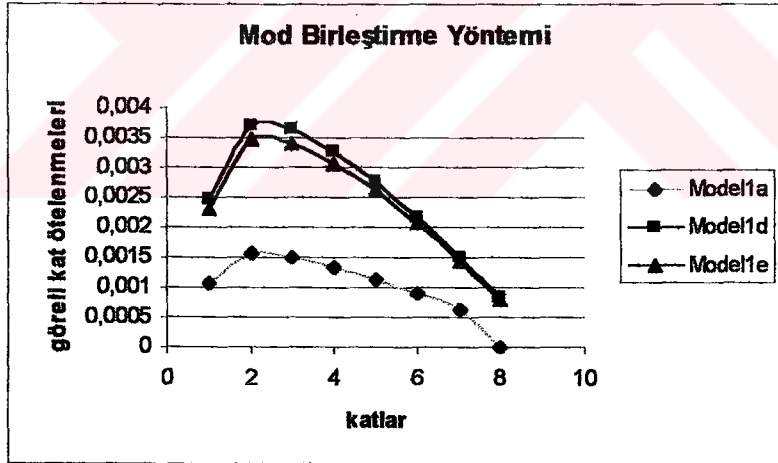
Kat No	Model1a	Model1d	Model1e
1	0.00107	0.00256	0.00234
2	0.00162	0.00387	0.00353
3	0.00161	0.00383	0.0035
4	0.00147	0.0035	0.00323
5	0.00127	0.00303	0.0028
6	0.00101	0.00242	0.00226
7	0.00071	0.00169	0.0016
8	0.00039	0.00092	0.00091

Çizelge 4.2. Mod Birleştirme Yöntemiyle Model1' e ait Görelî Kat Ötelenmeleri

Kat No	Model1a	Model1d	Model1e
1	0.00106	0.002477	0.00231
2	0.00156	0.0037	0.00347
3	0.0015	0.003633	0.0034
4	0.00134	0.003273	0.00307
5	0.00114	0.00278	0.00262
6	0.0009	0.002183	0.00207
7	0.00063	0.001503	0.00145
8	0.000353	0.000817	0.00081



Şekil 4.1. Model1 için Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemiyle Görel Kat Ötelenmesi Grafiği



Şekil 4.2. Model1 için Mod Birleştirme Yöntemiyle Görel Kat Ötelenmesi Grafiği

Çizelge 4.3. Model1 için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Burulma Düzensizliğı Katsayıları

Katlar	model1a	model1d	model1e
1	1.070361	1.070361	1.07035
2	1.068429	1.06843	1.06841
3	1.067269	1.067269	1.067241
4	1.066349	1.06635	1.066316
5	1.065346	1.065347	1.065319
6	1.063919	1.063919	1.063924
7	1.061188	1.061188	1.061346
8	1.053828	1.053829	1.054689

Çizelge 4.4. Model1 için Mod Birleştirme Yöntemiyle Burulma Düzensizliğı Katsayıları

Katlar	model1a	model1d	model1e
1	1.108134	1.108587	1.107655
2	1.105413	1.105687	1.104767
3	1.103922	1.103921	1.103007
4	1.1027	1.102454	1.101562
5	1.100969	1.100753	1.099911
6	1.09848	1.098309	1.097575
7	1.094455	1.093737	1.093327
8	1.083434	1.081693	1.082514

Çizelge 4.5. Model2 'ye Ait Burulma Düzensizliği, Hareketli Yük Miktarı ve Konumu Tablosu

Model Adı	Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Depo olarak kullanılan döşeme	Depodaki hareketli yük (kN/m^2)	max η_{bi} 'nin olduğu dışmerkezlilik	min η_{bi} 'nin olduğu dışmerkezlilik	$\eta_{bi\max}$	$\eta_{bi\min}$
Model2a	1	Z3			-%5	%5	1.10	1.055
Model2b	1	Z3	3	2	%5	%5	1.093	1.065
Model2c	1	Z3	3	5	%5	-%5	1.096	1.071
Model2d	1	Z3	2	2	-%5	%5	1.107	1.0511
Model2e	1	Z3	2	5	-%5	%5	1.119	1.04
Model2f	1	Z3	1 ve 2	5	-%5	%5	1.132	1.027
Model2g	1	Z3	2 ve 3	5	%5	%5	1.0936	1.0698
Model2h	1	Z3	1	5	-%5	%5	1.119	1,040

KAYNAKLAR

1. Haluk Boğa, Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 2000.
2. Günay Özmen, TMH Sayı 410_2000/6, Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi;37 (2000).
3. Günay Özmen, TMH Sayı 411_2001/1, Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi;37 (2001).
4. Ramazan Livaoglu, Yapıların Deprem Hesabında Burulma Düzensizliğinin ve Hesap Yöntemlerinin Etkinliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. KATÜ, Trabzon, 2001.
5. H. Murat Tanarlan, Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğinin Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 1999.
6. Fatih Aydınalev, Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY'98)'ne göre Analizi ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 2000.
7. Oğuzhan Erol, Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, İstanbul, 1999.
8. Günay Özmen, Engin Orakdoğan, Kutlu Darılmaz. Örneklerle SAP2000, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
9. İsmail H. Çağatay, Sena Güzeldağ, Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP2000N Uygulamaları, Adana, 2002.

10. Ümit Çelebi, Burulma Yapan Çok Katlı Perde Çerçeve Sistemlerin Yatay Yüklere Göre Hesabı için İki Ayrı Yöntem, Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 1990.
11. Zekai Celep, Nahit Kumbasar, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, 2000.
12. Alper Erdurmaz, Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Taşıyıcı Sisteminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2001.
13. Yıldırım Ertutar, Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi, İzmir, 1999.
14. Ergin Atımtay, Açıklamalı Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Cilt 1, Ankara, 2000.
15. Zekai Celep, Nahit Kumbasar, Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul, 2000.
16. Mehmet Emin Tuna, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım İlkeleri, Ankara, 1991.