

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN  
BETONARME BİNALARDA KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Omar Mustafa A. HANOUN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
İnşaat Mühendisliği Programı

Temmuz, 2019



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN  
BETONARME BİNALARDA KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mohammad Omar Mustafa A. HANOUN  
(Y1713.090015)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sepanta NAİMİ

Temmuz, 2019





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1413.090019** numaralı öğrencisi **MOHAMMAD OMAR MUSTAFA A HANOUN'** nın **"EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN BETONARME BİNALARDA KARŞILAŞTIRILMASI"** adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 12.06.2019 tarih ve 2019/12 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *ay birliğ.* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak  *kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

**Tez Savunma Tarihi : 12/07/2019**

**1) Tez Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi Sepanta NAİMİ

.....  
*Sepanta Naımi*

**2) Jüri Üyesi :** Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

.....  
*Mehmet Fatih Altan*

**3) Jüri Üyesi :** Dr. Öğr. Üyesi Hafez KEYPOUR

.....  
*Hafez Keypour*

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Betonarme Binalarda Karşılaştırılması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../2019)

Mohammad Omar Mustafa A. HANOUN  
/ İmza





## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü konuda desteğini esirgemeyen, çalışmalarımı ilgili konularda gerekli yönlendirmeyi sağlayan; kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sepanta NAİMİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü durumda yanımda olan, maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili ailem; bu tezin ortaya çıkmasındaki en büyük emek sizindir. Emeginiz ve varlığınız için çok teşekkürler.

**Temmuz , 2019**

**Mohammad HANOUN**  
İnşaat Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET .....	xi
ABSTRACT.....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Kapsam .....	1
1.1.1 Yapıların Sismik Tasarım Felsefesi .....	1
1.1.2 Depreme Dirençli Yapılar .....	2
1.1.3 Deprem Tasarım Felsefesi.....	2
1.1.4 Yapılardaki Önlenemez Hasar .....	3
1.2 Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....	4
1.2.1 Tanımı .....	4
1.2.2 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	5
1.2.3 Düşey Elastik Tasarım Spektrumu .....	7
1.3 Bina Kullanım Sınıfları Ve Önem Katsayıları.....	8
1.3.1 Bina Kullanım Sınıfları .....	8
1.3.2 Bina Önem katsayıları.....	8
1.4 Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar.....	9
1.4.1 Düzensiz Binaların Tanımı.....	9
1.4.2 Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar .....	13
1.5 Deprem Yüğü Katsayıları Ve Kapasite Tasarımı İlkeleri.....	14
1.5.1 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	14
1.6 Deprem Etkisinin Açıklanması Ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi.....	17
1.6.1 Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu.....	17
<b>2. EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL DEPREM HESABI ....</b>	<b>19</b>
2.1 Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Belirlenmesi .....	19
2.2 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Belirlenmesi .....	19
<b>3. SAP2000 YAPISAL TASARIM VE ANALİZ.....</b>	<b>31</b>
3.1 SAP2000’de Birimler ve Aks Oluşturma .....	31
<b>4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....</b>	<b>33</b>
4.1 Projede Kullanılan Malzemeler ve Yapıya Ait Genel Bilgiler .....	33
4.2 Çözüm Adımları .....	35
4.3 Mode Birleştirme Hesabı .....	47
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>65</b>



## **KISALTMALAR**

<b>TS-500</b>	: Türk Standard 500
<b>TS-498</b>	: Türk Standard 498
<b>TBDY</b>	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
<b>SAP2000</b>	: Structural Analysis Programme 2000



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Farklı Deprem Yoğunluğu Sarsıntısı Altındaki Performans Hedefleri .....	3
Şekil 1.2: Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı .....	5
Şekil 1.3: 1 Saniye Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı.....	5
Şekil 1.4: Spektrum Eğrisi.....	6
Şekil 1.5: Yer Değiştirme Spektrum Eğrisi .....	7
Şekil 1.6: Düşey Spektrum Eğrisi.....	8
Şekil 1.7: Bina Önem Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.....	9
Şekil 1.8: Düzensiz Binalar .....	10
Şekil 1.9: Burulma Düzensizliği.....	11
Şekil 1.10: A2 Düzensiz Durumları .....	12
Şekil 1.11: A3 türü düzensiz durumu .....	13
Şekil 1.12: Düzey Düzensizliği .....	13
Şekil 1.13: Bina Taşıyıcı Sistemleri .....	16
Şekil 1.14: Betonarme Taşıyıcı Sistemleri Ve Etkin Rijitliği .....	17
Şekil 1.15: Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı .....	18
Şekil 1.16: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar .....	18
Şekil 2.1: Idealized Single- Degree- Of Freedom System.....	22
Şekil 2.2: Tek Serbestlik Dereceli Bir Sistemin Sönümsüz Serbest Titreşimi .....	23
Şekil 2.3: Tek dereceli bir serbest sistemin sönümlü serbest titreşimi .....	23
Şekil 2.4: Çok Kütleli Bir Sistemin Tek Kütleli Bir Sistemle Gösterilmesi.....	24
Şekil 2.5: Genel Model İlişkileri .....	25
Şekil 2.6: Spektrum Eğrisi.....	26
Şekil 2.7: Cevap Spektrumu Kavramı .....	27
Şekil 2.8: İvme Spektrumu .....	27
Şekil 2.9: Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı .....	28
Şekil 4.1: Projenin Statik Planı.....	33
Şekil 4.2: Betonarme Çerçeve .....	34
Şekil 4.3: Kısa ve 1.0 saniye periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları .....	35
Şekil 4.4: Birinci Çerçevenin Elemanları .....	37
Şekil 4.5: İkinci Çerçevenin Elemanları.....	37
Şekil 4.6: Üçüncü Çerçevenin Elemanları.....	38
Şekil 4.7: Dördüncü Çerçevenin Elemanları .....	38
Şekil 4.8: Beşinci Çerçevenin Elemanları .....	39
Şekil 4.9: A Çerçevenin Elemanları .....	39
Şekil 4.10: B Çerçevenin Elemanları .....	40
Şekil 4.11: C Çerçevenin Elemanları .....	40
Şekil 4.12: D Çerçevenin Elemanları .....	41
Şekil 4.13: E Çerçevenin Elemanları.....	41
Şekil 4.14: İkinci Kat Planı .....	42
Şekil 4.15: Üçüncü kat planı.....	43
Şekil 4.16: Dördüncü kat planı .....	44
Şekil 4.17: Beşinci kat planı .....	45
Şekil 4.18: Altıncı kat planı.....	46
Şekil 4.19: Birinci Çerçevenin Elemanları .....	51

<b>Şekil 4.20:</b> İkinci Çerçevenin Elemanları .....	<b>51</b>
<b>Şekil 4.21:</b> Üçüncü Çerçevenin Elemanları .....	<b>52</b>
<b>Şekil 4.22:</b> Dördüncü Çerçevenin Elemanları.....	<b>52</b>
<b>Şekil 4.23:</b> Beşinci Çerçevenin Elemanları.....	<b>53</b>
<b>Şekil 4.24:</b> A Çerçevenin elemanları .....	<b>53</b>
<b>Şekil 4.25:</b> B Çerçevenin elemanları .....	<b>54</b>
<b>Şekil 4.26:</b> C Çerçevenin elemanları.....	<b>54</b>
<b>Şekil 4.27:</b> D Çerçevenin elemanları .....	<b>55</b>
<b>Şekil 4.28:</b> E Çerçevenin elemanları.....	<b>55</b>
<b>Şekil 4.29:</b> İkinci kat planı .....	<b>56</b>
<b>Şekil 4.30:</b> Üçüncü kat planı.....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.31:</b> Dördüncü kat planı .....	<b>58</b>
<b>Şekil 4.32:</b> Beşinci kat planı .....	<b>59</b>
<b>Şekil 4.33:</b> Altıncı kat planı .....	<b>60</b>



# EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN BETONARME BİNALARDA KARŞILAŞTIRILMASI

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, binaları tasarlamak için kullanılan yöntem analizinin etkisini ve analizlerini tanımlamaktır. Nitekim sismik durumlarda binaların ve diğer inşaat mühendisliği yapılarının temel analizi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Her ikisi de sismik tutulum şeklinde ve yapı idealizasyonunda farklılaştırılabilir. Sismik tasarım kuvvetlerini tanımlamak için iki yöntem vardır: birincisi, eşdeğer bir statik kuvvettir ve ikincisi, birçok biçimde olabilen dinamik bir analizdir. Bu formlardan birisi süperpozisyon modudur. Bu araştırma, bu yöntemlerin altı katlı beton binaların analizindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır; Statik ve dinamikten elde edilen her iki sonuç da sonuçta karşılaştırılacaktır. Sonuçlar, altı kat veya daha fazla olan MDOF sisteminin dinamik analizinin statik analize kıyasla daha küçük kuvvetlere yol açacağını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Eşdeğer Deprem Yükleri, Mod Birleştirme Yöntemi, SAP 2000 Program, Yeni Deprem Yönetmeliği, Deprem, Betonarme Çerçeve*



# COMPARISON OF EQUIVALENT STATIC ANALYSIS AND MOD COMBINATION METHOD IN CONCRETE BUILDINGS

## ABSTRACT

This study aims to define the impact of methods analysis that is used to design buildings and their analysis. To do this, there exist a series of methods for fundamental analysis of buildings and other civil engineering structures under seismic situations. Both can be differentiated in the shape of the seismic involvement and in the structure idealization. There are two measures to identify seismic design forces: firstly, is equivalent static force, and secondly is dynamic analysis which can be in many forms. One of these forms is the superposition mode. This study intends to assess the impacts of these methods in the analysis of six story concrete building; both results obtained from the static and dynamic will be ultimately compared. The results show that, MDOF system such as six floors or more, the dynamic analysis will lead to displacements and smaller forces compared with static process.

**Key Words:** *Equivalent earthquake loads, mod combination method, SAP2000 program, earthquake, modern earthquake standards, moment resisting frames.*



## 1. GİRİŞ

### 1.1 Kapsam

Deprem yönetmeliğinin amacı; yapının en üst seviyesinden temel zeminine kadarki yapının taşıyıcı sistemine ait yatay ve düşey yüklerin aktarımını gerçekleştirmektir. Bu doğrultuda, bir deprem yönetmeliği yapının kafi derecede rijitliğini, kararlılığını ve mukavemetini gösteren konstüriktif kurallar ve hesaplardan meydana gelmektedir. Deprem yönetmeliği, oluşturuldukları süreye kadar geçen zamandaki teorik araştırmalardan, yapılan uygulamalarda elde edilmiş olan deneyim ve deprem sonrası incelemelerindeki verilere dayalı olarak hazırlanmaktadır.

Deprem Yönetmelikleri'ndeki genel süreç sünek taşıyıcı sistemlerin kullanımına yönlendirmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda, yapısal ihtimaller göz önüne alınarak oluşturulmaktadır. İhtimaller dâhilinde tasarlanan yapı, deprem ertesinde kullanılamayacak durumda olsada, kısmen veya tümüyle yıkılması arz edilmemektedir. DBYBHY, yapı önem katsayısı (I) 1 olan yapıların, dönüşüm sıklığını 475 yıl olarak Kabul ederken, en az 50 yıl ve üzeri zaman aşımında olası yer hareketleri ihtimaliyle ilave %10'luk güvenlik katsayısı konulması gerekli görmektedir [1].

#### 1.1.1 Yapıların Sismik Tasarım Felsefesi

Bir deprem boyunca sözü geçen alandaki yer sarsıntısı küçük, orta veya güçlü derecede olabilmektedir. Göreceli olarak belirtmek gerekirse, küçük çaplı depremler sıklıkla, orta derecedekiler arada sırada ve güçlü sarsıntılar ise çok az oluşmaktadır. Örneğin, ortalama olarak dünyada yıllık 800 deprem boyutu 5.0-5.9 iken bu sayı oluşan 18 deprem için 7.0-7.9 civarında tespit edilmektedir.

Bu nedenle, yapı ömrü yalnızca 50 veya 100 yıllık olabilecek olan bir bina olmasına karşılık seçilmiş olan alanda 500 veya 2000 yılda bir olabilecek olan çok az görülen yer sarsıntısına karşılık direnç sağlaması açısından bir yapı

tasarımını mı yapılandırılmalıdır? Yapılardaki fazladan olan deprem güvenliğini sağlamak pahalıya mal olduğundan ortaya bir anlaşmazlık çıkmaktadır: Deprem etkilerine karşı mı yapılar inşa edilmelidir? Yoksa güçlü veya az görülen yer sarsıntısı sırasında zararın oluşmadığı yerde ‘depreme dayanıklı’ olması açısından mı yapılar inşa edilmelidir? Açıkçası belirtilen önceki yaklaşım büyük felaketlere yol açabilmekte, ikincisi ise çok maliyetli olabilmektedir. Tüm bu nedenlerden ötürü deprem felsefesi bu iki uç bakış açısında bir yerlerde yer almalıdır.

### **1.1.2 Depreme Dirençli Yapılar**

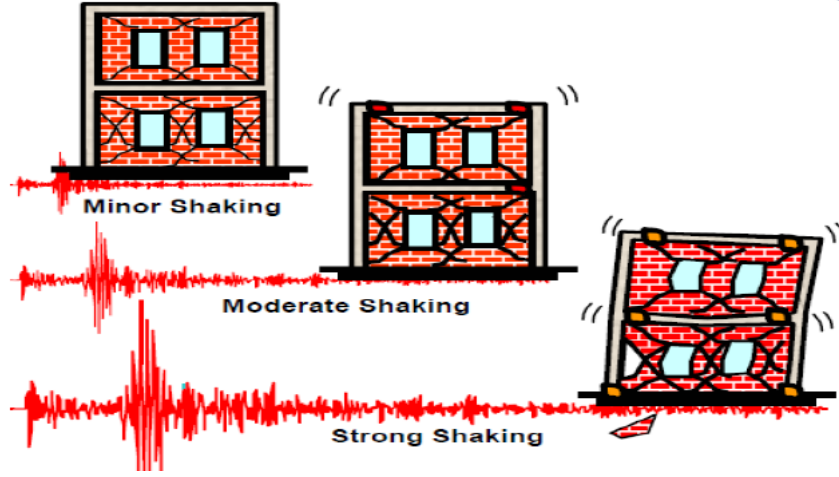
Mühendisler az ancak güçlü olan depremler esnasında bile zarar görmeyecek olan yapıların depreme dayanıklı olması yönünde girişimde bulunmamaktadırlar. Bu türden yapılar çok fazla dirençli ve maliyetli olmaktadır. Bunun yerine, mühendislerin bu durumda hedefledikleri şey depreme dayanıklı binalar yapmak, bu binaların ciddi zararlar alması ancak güçlü depremler sırasında yıkılmamış olmalarına karşı yer sarsıntılarının etkilerine karşı dirençli olmasıdır.

Böylelikle, depreme dayanıklı yapılarda kişi ve yapıların içeriğindeki güvence altına alınmakta ve dolayısıyla felaketin önüne geçilmektedir. Bu da dünya çapında sismik tasarım kodlarının temel amacını oluşturmaktadır.

### **1.1.3 Deprem Tasarım Felsefesi**

Deprem tasarım felsefesi aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir (Şekil 1.1):

- Küçük ancak sık sarsıntıda, dikey ve yatay kuvvetleri taşımakta olan yapının temel öğeleri zarar görmemelidir ancak yük taşıyan yapı bölümleri onarılabilecek olan zararları destekleyebilmektedir.
- Orta ancak arada sırada olan sallantıda, temel öğeler tamir edilebilir zararı destekleyebilmekte ancak depremden sonra yenisiyle değiştirilmek zorunda olabilecek olan diğer türden yapı bölümleri zarara uğrayabilmektedir ve
- Güçlü ancak nadir sarsıntıda, temel öğeler ciddi zararlar (hatta onarılamaz) alabilmekte ancak yapı yıkılmamaktadır.



**Şekil 1.1:** Farklı deprem yoğunluğu sarsıntısı altındaki performans hedefleri.

Böylelikle, küçük bir sarsıntı sonrası yapı kısa bir süre içerisinde işlemsel olarak tam olabilecek ve onarım ücretleri az olacaktır. Orta derecedeki bir sarsıntı sonrası, yapı bir kereliğine onarılabilecek ve zarar görmüş temel öğelerin direnimi tamamlanmaktadır. Ancak güçlü bir deprem sonrası, bina ileri kullanımlar için işlevini kaybedebilmekte ancak kişilerin boşaltılabilmesi ve malın kurtarılmasının ardından varlığını sürdürecektir.

Yapının uğramış olduğu zararın sonuçları tasarım felsefesi içerisinde yer alan bakış açısına göre değerlendirilmelidir. Örneğin, hastaneler ve yangın istasyonları gibi önemli yapılar deprem sonrası faaliyetlerinde kritik bir rol oynamaktadır ve deprem sonrasında işlevselliğini korumaktadır. Bu yapılar çok az zarar görmeli ve daha yüksek bir deprem koruma düzeyine göre inşa edilmelidir. Depremler esnasında barajların yerle bir olması ikinci bir felakete yol açabilecek olan akıntılardaki taşmalara neden olabilmektedir. Bu nedenle barajlar (ve buna benzer olarak nükleer elektrik santralleri) daha yüksek bir deprem hareketine göre tasarlanmalıdır.

#### **1.1.4 Yapılardaki Önlenemez Hasar**

Depreme dayanıklı olan yapıların tasarımı makul ücret oranında kabul edilebilir düzeylerdeki hasarı kontrolü kapsamına almaktadır. Deprem sonrası yapıda oluşan bir çatlakın mesken açısından güvensiz olması yaygın görüşüne karşılık, depreme dayanıklı yapılar tasarlayan mühendisler bazı hasarların önlenemez olduğunun fark etmişlerdir. Depremler esnasında yapılarda farklı hasar tipi (temel olarak gözlemlenen çatlakların yanı sıra; özellikle betonda ve duvar

yapılarında gözlemlenenler) oluşmaktadır. Bu çatlakların bazıları kabul edilebilirken (hem boyut hem yer açısından) diğerleri değildir. Örneğin, kolonlar arasındaki kagir dolgu duvara sahip desteklenmiş bir beton çerçeve yapıda dikey kolonlar ve kagir dolgu duvarlar arasındaki çatlaklar kabul edilebilirdir ancak kolonlar arasında bitişik olan çapraz çatlaklar kabul edilebilir değildir. Genelde, nitelikli teknik profesyonellerin nedenleri ve depreme dayanıklı yapılardaki hasar şiddeti bilinebilirdir.

## 1.2 Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları

### 1.2.1 Tanımı

Deprem yer hareketi spektrumu yer hareketi seviyesini referans alarak bir sönüm oranı (%5) için TBDY 2.3.2, TBDY 2.3.3, TBDY 2.3.4 ve TBDY 2.3.5'te sunulduğu şekilde; harita spektral ivme katsayı ve yerel zemin etki katsayısına göre standart ya da TBDY 2.4.1'e göre sahaya özel deprem tehlikesi analizi sonucuna göre tanımlamaktadır.

TBDY 2.3.2. – Harita Spektral İvme ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

TBDY 2.3.2.1 – Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları, 2.2'de verildiği üzere 4 farklı deprem yer hareketi seviyesinin Türkiye Deprem Riskleri Haritası bağlamında betimlenmiştir:

(a) Kısa periyot bölgesi harita spektral ivme katsayısı ( $S_S$ )

(b) 1.0 sn'lik periyodun harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ); yatay doğrultuda birbirlerine dik iki deprem etkisinin geometrik ortalaması iken, harita spektral ivme katsayısı ise (belirli bir deprem yer hareketi seviyesi için referans zemin koşulu [ $(V_S)_{30} = 760$  m/s] kabul edilerek) %5 sönüm oranı için harita spektral ivme değerinin yerçekimi ivmesine bölünmesiyle elde edilmiş katsayı olarak ifade edilmiştir.

TBDY 2.3.2.2 – 2.3.2.1'de  $S_S$  ve  $S_1$  (harita spektral ivme katsayıları),  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  (tasarım spektral ivme katsayıları)'e dönüştürülmüştür:

$$S_{DS} = S_S F_S$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (1.1)$$



### TBDY 1.3.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları

TBDY 2.3.3.1 – Bkz.16.5 yerel zemin sınıflarına göre tanımlanan katsayıları  $F_S$  ve  $F_1$  ise, Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’de gösterilmiştir. Tablolarda bu katsayıların ara değerleri lineer enterpolasyon uygulanarak elde edilebilmektedir.

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

Şekil 1.2: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı [11]

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

Şekil 1.3: 1 saniye bölgesi için yerel zemin etki katsayısı [11]

TBDY 2.3.3.2 – Şekil 1.2 ile Şekil 1.3 esas alınarak, yerel zemin sınıfına dahil olan zeminler ( $Z_F$ ) ait oldukları sahaya özel davranış analizleri TBDY 16.5’e göre yapılacaktır.

### 1.2.2 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY 2.3.4.1 – Deprem yer hareketi seviyes, yatay elastik tasarım ivme spektrumunun koordinatları (yatay elastik tasarım spektral ivmesi  $S_{ae}(T)$  ve yerçekimi ivmesi [g]) cinsinden Denklem (1.2)’de izah edilmiştir (Şekil 1.4):

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 \times 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (1.2)$$

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

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

$S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ : tasarım spektral ivme katsayıları

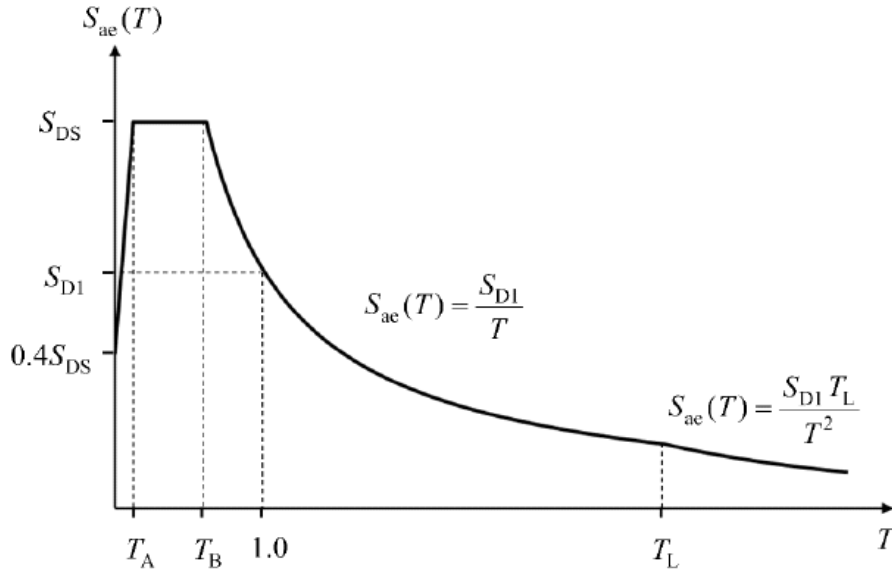
T: doğal titreşim periyodu

Olarak temsil edilmektedir.

Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$  Denk.(1.3) ile  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  'e göre betimlenmektedir:

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (1.3)$$

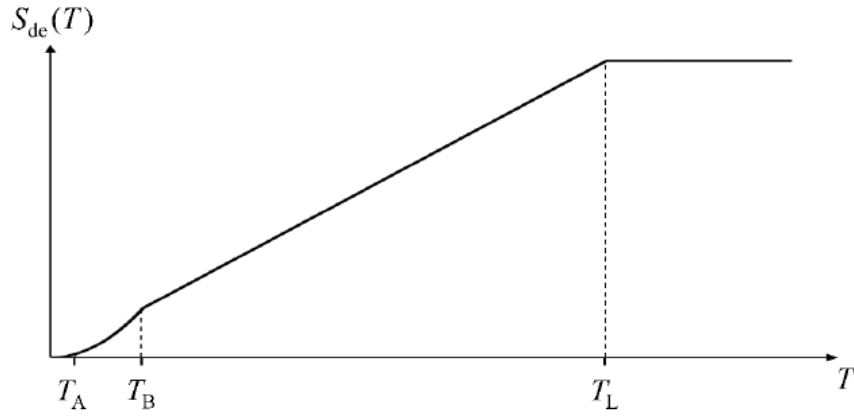
Hesaplama, sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu ( $T_L$ ) 6 sn alınmıştır.



**Şekil 1.4:** Spektrum eğrisi [11]

TBDY 2.3.4.2 – Randomize bir deprem yer hareketi seviyesi için yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumunun koordinatları ( $S_{de}(T)$ ) doğal titreşim periyoduna göre m türünden Denk.(1.4) eşitliği ile verilmektedir (Şekil 1.5):

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (1.4)$$



**Şekil 1.5:** Yer Değiştirme Spektrum Eğrisi [8]

### 1.2.3 Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Değerlendirmesi yapılmış tesadüfi bir deprem yer hareketi düzeyi Denk (1.5)'te sunulmaktadır. Buna göre koordinatlar; düşey elastik tasarım spektral ivmesi  $S_{aeD}(T)$ , spektral ivme katsayısı, yatay deprem yer hareketi için tanımlanmış kısa periyod tasarımı ve yerçekimi ivmesi [g]'dir[26]:

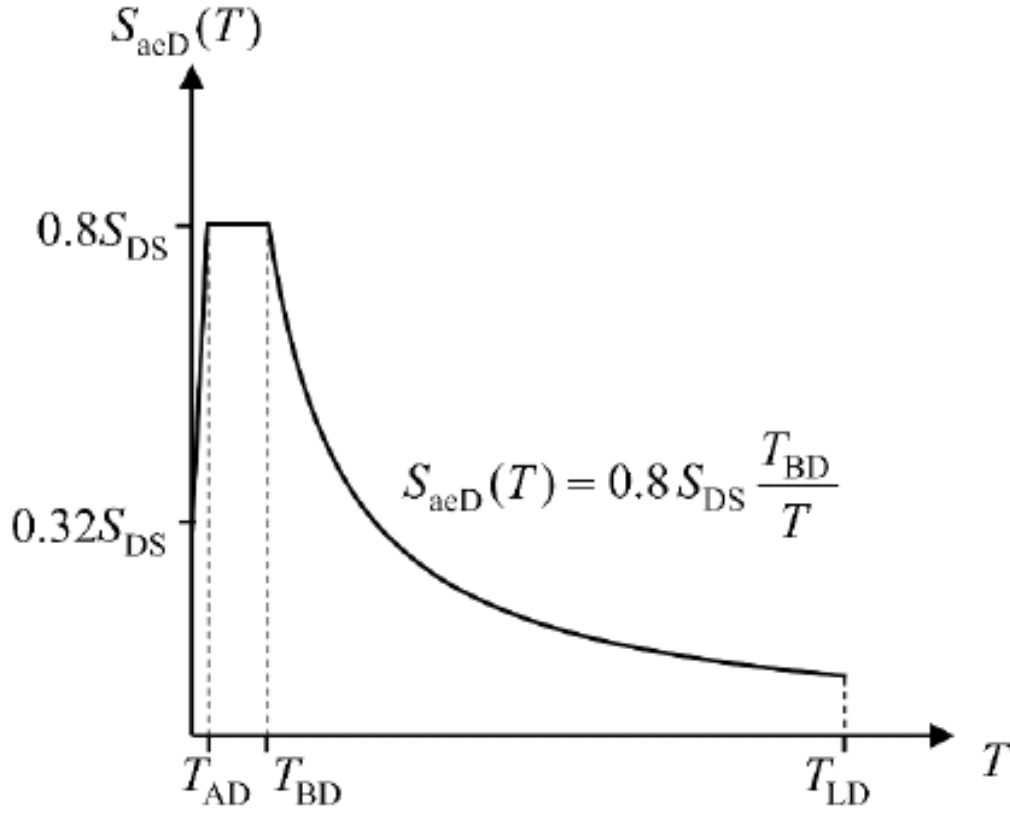
$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (1.5)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

Düşey spektrum köşe periyotları ( $T_{AD}$  ve  $T_{BD}$ ) ve  $T_{LD}$  periyodu Denk.(1.6)'da verilmiştir.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (1.6)$$



Şekil 1.6: Düşey spektrum eğrisi [8]

### 1.3 Bina Kullanım Sınıfları Ve Önem Katsayıları

#### 1.3.1 Bina Kullanım Sınıfları

Bina kullanım sınıfları, binanın kullanım amacına uygun olacak biçimde, 3.2’de verilmiş olan Deprem Tasarım Sınıflarını belirlemek için kullanılmaktadır (Bkz: Şekil 1.7).

#### 1.3.2 Bina Önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıflarına göre Bina Önem Katsayıları Şekil 1.7’de sunulmaktadır.

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

Şekil 1.7: Bina önem sınıfları ve bina önem katsayıları [11]

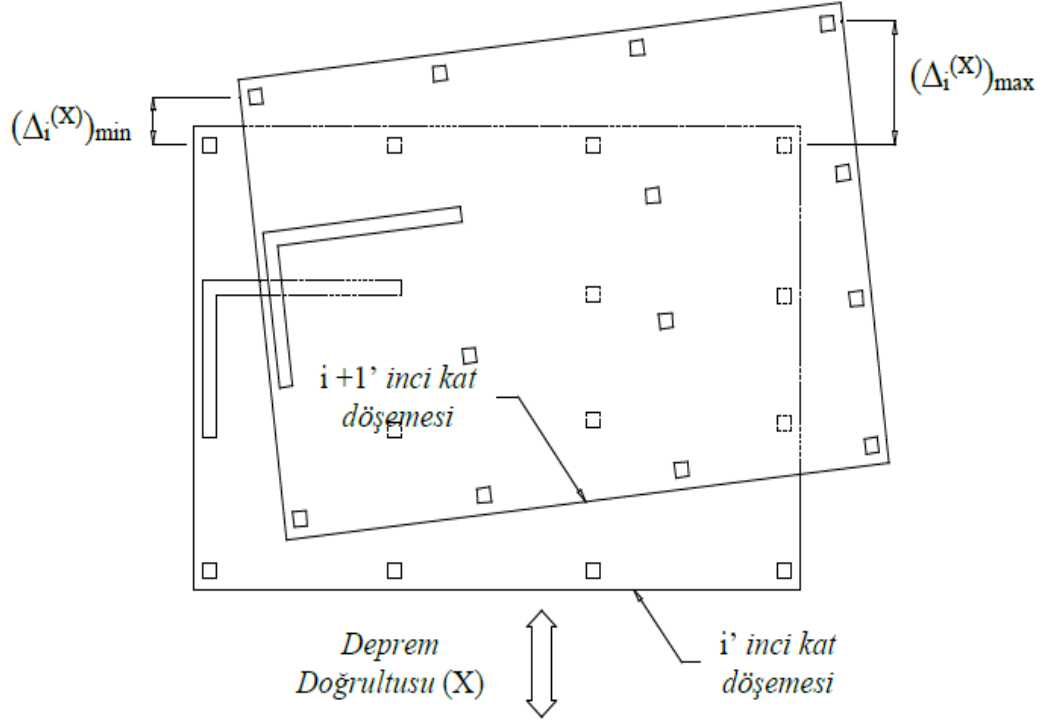
## 1.4 Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar

### 1.4.1 Düzensiz Binaların Tanımı

Binaların, depreme karşı geliştirecekleri olumsuz davranışlarını önlemek için tasarımında dikkat edilmesi ve uzak durulması planda ve düşey doğrultuda düzensizliklere yol açan durumlar ve bu durumların koşulları Şekil 1.8’de ve TBDY 3.6.2’de sunulmuştur.

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p><b>A1 – Burulma Düzensizliği:</b> 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 <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{bi}</math>'nin 1.2'den büyük olması durumu (<b>Şekil 3.1</b>).</p> <p><math>[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{\max} / (\Delta_i^{(X)})_{\text{ort}} &gt; 1.2]</math>. <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	3.6.2.1
<p><b>A2 – Döşeme Süreksizlikleri:</b> Herhangi bir kattaki döşemede (<b>Şekil 3.2</b>);</p> <p>I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,</p> <p>II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,</p> <p>III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	3.6.2.2
<p><b>A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması:</b> Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (<b>Şekil 3.3</b>).</p>	3.6.2.2
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p><b>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat):</b> Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{ci}</math>'nin 0.80'den küçük olması durumu.</p> <p><math>[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} &lt; 0.80]</math></p> <p><i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i></p> <p><math>(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i</math></p> <p>Not: <b>4.9.1.3(b)</b>'de tanımlanan duvarlar için <math>A_k = 0</math> alınacaktır.</p>	3.6.2.3
<p><b>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):</b> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{ki}</math>'nin 2.0'den fazla olması durumu.</p> <p><math>[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{\text{ort}} &gt; 2.0</math> veya</p> <p><math>\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{\text{ort}} &gt; 2.0]</math></p> <p><i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	3.6.2.1
<p><b>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:</b> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (<b>Şekil 3.4</b>).</p>	3.6.2.4

**Şekil 1.8:** Düzensiz binalar [11]



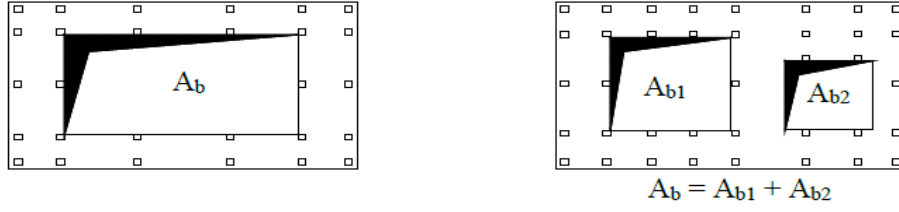
*Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda*

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 1/2 [(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min}]$$

*Burulma düzensizliği katsayısı:  $\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$*

*Burulma düzensizliği durumu:  $\eta_{bi} > 1.2$*

**Şekil 1.9:** Burulma Düzensizliği [11]

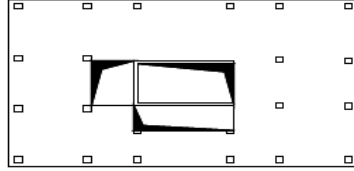


**A2 türü düzensizlik durumu – I**

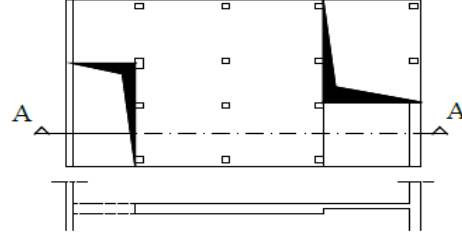
$$A_b / A > 1/3$$

$A_b$  : Boşluk alanları toplamı

$A$  : Brüt kat alanı



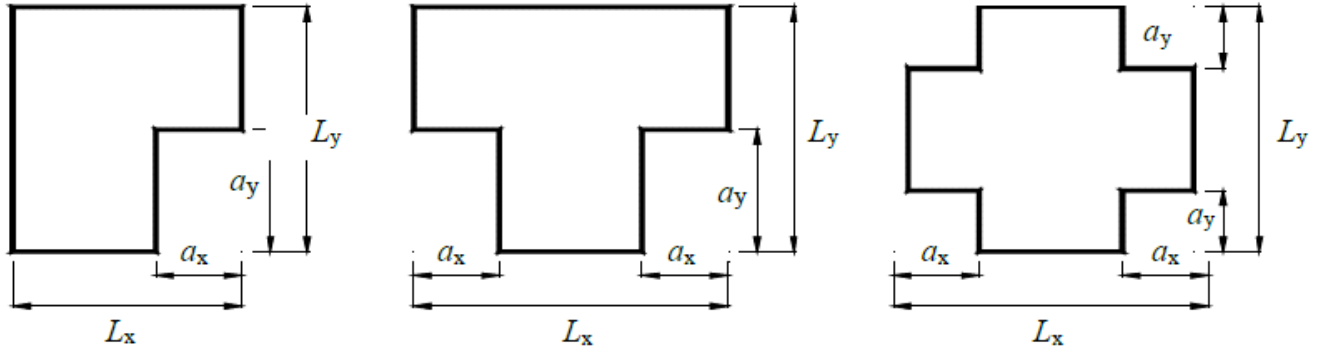
**A2 türü düzensizlik durumu – II**



*Kesit A-A*

**A2 türü düzensizlik durumu – II ve III**

**Şekil 1.10:** A2 düzensiz durumları [11]

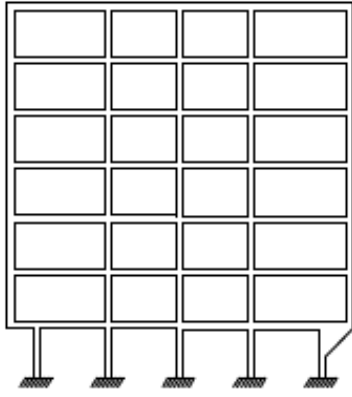


**A3 türü düzensizlik durumu:**

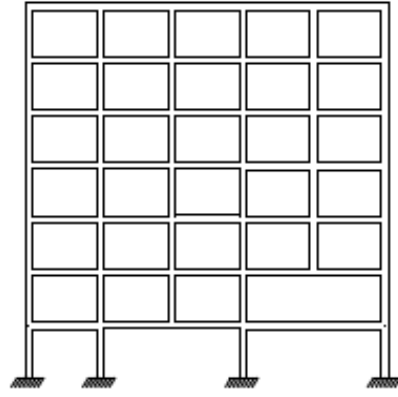
$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

**Şekil 1.11:** A3 türü düzensiz durumu [11]

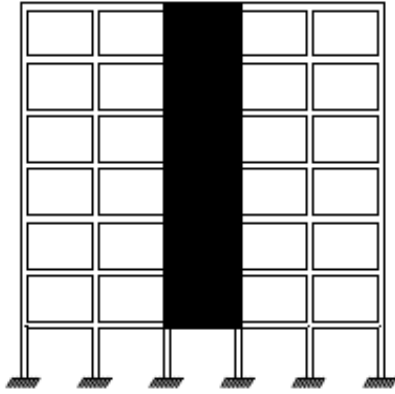




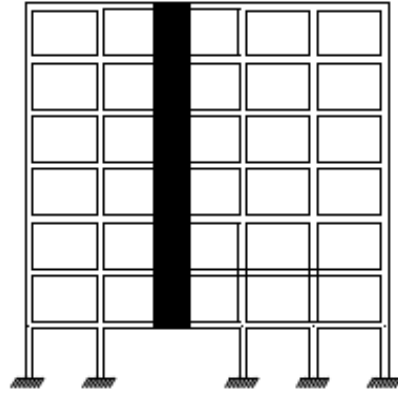
*Bkz. 3.6.2.4 (a)*



*Bkz. 3.6.2.4 (b)*



*Bkz. 3.6.2.4 (c)*



*Bkz. 3.6.2.4 (d)*

**Şekil 1.12: Düzey Düzensizliği [11]**

#### **1.4.2 Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar**

TBDY Şekil 1.8’da ifade edilen düzensizlik durumlarına ait koşullar aşağıda sunulmuştur:

TBDY 3.6.2.1-A<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> cinsiden düzensizlikler, deprem hesaplama metodunu (4.6’ya göre ) seçerken en önemli düzensizliklerdir.

TBDY 3.6.2.2 – A2 ve A3 cinsiden düzensizliklerin görüldüğü yapılarda, kat döşemelerinin kendi düzlemlerinde deprem kaynaklı kuvvetlerin düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında emniyetle dağıtıldığını göstermek için iki boyutlu levha (membran) ya da kabuksonlu elemanlar ile örnekler verilecektir (Bkz.4.5.6.2).

TBDY 3.6.2.3 – B1 cinsi düzensizliğin görüldüğü yapılarda, birinci kata mevcut dolgu duvar alanları toplamı ikinci kat dolgu duvar alanı toplamından fazla ise,  $\eta_{ci}$  hesaplamasına dolgu duvarlar dahil edilmeyecektir.  $\eta_{ci}$ 'nin minimum olduğu kat dikkate alınacak; katsayı  $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$  aralığında alınacak ve Şekil 1.13'de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $1.25(\eta_{ci})_{\min}$  değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda yapının tamamı için uygulanacaktır. Ancak  $\eta_{ci}$ , 0.60 değerinden daha küçük seçilmeyecektir. Aksi takdirde, zayıf durumdaki katın depreme mukavemeti, veri rijitliği artırılarak yeniden değerlendirilecektir.

TBDY 3.6.2.4 – B<sub>3</sub> cinsi düzensizlik görülen yapılara ilişkin koşulları şu şekilde listeyebiliriz:

- (a) Kolonlar, yapının hiç bir katında konsol kirişleri vey alındaki guselerin üzerine ya da ucuna yerleştirilemez.
- (b) Kolon, iki ucundan mesnetli bir kirişe yerleştirilirse, 4.4.3'e bağlı olarak düşey deprem hesaplaması yeterli olacaktır.
- (c) Üst katlarda bulunan perdeler alttaki kolonlara oturtulamaz.
- (d) Perdeler, yapının herhangi bir katında kendi düzlemleri dahilinde kiriş üzerine ve açıklık ortasına yerleştirilemezler.

## **1.5 Deprem Yüğü Katsayıları Ve Kapasite Tasarımı İlkeleri**

### **1.5.1 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı**

TBDY 4.2.1.1 – Dayanıma Göre Tasarım prensibine göre, öngörülen süneklik kapasitesi ve dayanım talebi bağlantısı ile buna bağlı deprem yüğü katsayıları EK 4A'da yer almaktadır.

TBDY 4.2.1.2 – EK 4A'ya uygun olarak doğrusal elastik deprem yüklerinin düşürülmesinde esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı  $R_a(T)$  aşağıda gösterilmektedir:

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad (T > T_B) \quad (1.7)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad (T \leq T_B) \quad (1.8)$$

Burada R ve D sırasıyla; Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ile Dayanım Fazlalığı Katsayısı'dır (Şekil 1.13). Diğer taraftan, I; Bina Önem Katsayısı (Şekil 1.7), T: sistemin doğal titreşim periyodu ve  $T_B$  ise, Denk.(1.3)'te evrilen spektrum köşe periyodu anlamına gelmektedir.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları <i>BYS</i>
<b>A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
<b>A11.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
<b>A12.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
<b>A13.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
<b>A14.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
<b>A15.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
<b>A16.</b> Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
<b>A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)</b>			
<b>A21.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
<b>A22.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
<b>A23.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
<b>A24.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$
<b>A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)</b>			
<b>A31.</b> Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
<b>A32.</b> Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
<b>A33.</b> Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

Şekil 1.13: Bina taşıyıcı sistemleri [11]

## 1.6 Deprem Etkisinin Açıklanması Ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

### 1.6.1 Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin tespiti (TBDY 4.8.2) için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumunun, belirli bir T doğal titreşim periyodunda ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T)$  aşağıdaki formülasyon (Denk 1.9) ile hesaplanmaktadır:

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (1.9)$$

$S_{ae}(T)$ : DD-2 deprem yer hareketi (Denk 1.2) için belirlenen yatay elastik tasarım spektral ivmesi,  $R_a(T)$ : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (Denk 1.7-1.8.)

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

Şekil 1.14: Betonarme taşıyıcı sistemleri ve etkin rijitliği [11]

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

Şekil 1.15: Haretki yük kütle kartılım katsayısı [11]

Şekil 1.16’da eşdeğer deprem yükü metodunun uygulanabileceği yapılar gösterilmektedir.

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS $\geq 4$	BYS $\geq 5$
Diğer tüm binalar	BYS $\geq 5$	BYS $\geq 6$

Şekil 1.16: Eşdeğer deprem yükü yöntemi’nin uygulanabileceği binalar[11]

## 2. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE DOĞRUSAL DEPREM HESABI

Eşdeğer Deprem Yükü, binaya etkileyen birbirlerine dik (X) ve (Y) doğrultular bağımsız şekilde uygulanmaktadır. Aşağıda verilen bağlantılar bodrumlu ve bodrumsuz yapılarda (X) deprem doğrultusu için bina tabanı ve yüksekliği tanımlamaları (3.3.1) esas alınacaktır.

### 2.1 Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

(X) deprem doğrultusunda, yapının tümüne tesir eden toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) Denk. (2.1) kullanılarak hesaplanır:

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR} (T_p^{(X)}) \geq 0.04m_t I S_{DS} g \quad (2.1)$$

Burada,  $S_{aR} (T_p^{(X)})$ , (X) deprem doğrultusunda 4.7.3'e göre hesaplanan yapının doğal titreşim periyoduna ( $T_p^{(X)}$ ) bakılarak Denk.(1.9) ile bulunan Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi'ni vermektedir. Kısa periyot için 2.3.2.2'de ifade edilen tasarım spektral ivme katsayısı'dır.

Denk.(2.1)'daki  $m_t$  binanın Denk.(2.2) ile hesaplanmış olan toplam kütleini karşılamaktadır:

Burada  $i$ 'inci kat döşemesinin toplam kütleidir.

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (2.2)$$

### 2.2 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

TBDY 4.7.2.1 – Denk.(2.1) ile hesaplanmış olan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etki eden eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(2.3) ile gösterilmektedir:

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (2.3)$$

TBDY 4.7.2.2 – Binanın  $N$ 'inci katına (tepesine) etki eden ek eşdeğer depremyükü

'in değeri Denk.(2.4) ile saptanacaktır.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (2.4)$$

TBDY 4.7.2.3 – Toplam eşdeğer deprem yükünün haricinde kalan kısmı, N'inci katı da kapsayarak yapının katlarına Denk.(2.5) ile bölünecektir (Şekil 4.2a).

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{iE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (2.5)$$

TBDY 4.7.2.4 – Kat döşemelerinin 4.5.6.4'e göre rijit diyafram olarak modellenmesi halinde Denk.(2.5) ile hesaplanmış olan  $F_{iE}^{(X)}$  eşdeğer deprem yükü, birinci kata bulunan ana düğüm noktası dikkate alınarak deprem doğrultusunda etki ettirilecektir.

TBDY 4.7.2.5 – Kat döşemelerinin TBDY 4.5.6.2'ye uygun olarak levha (membran) sonlu elemanlar ile modellenmesi halinde, i'nci katta j'inci düğüm noktasına etki eden eşdeğer deprem yükünün hesaplaması Denk.(2.6) ile yapılacaktır:

$$f_{jE}^{(S)} = \frac{F_{iE}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)} \quad (2.6)$$

Burada  $m_j^{(S)}$ 'inci düğüm noktasının Denk.(2.6) ile tanımı yapılan tekil kütesidir.

TBDY 4.7.2.6 – Deprem yükleri nedeniyle yapı tabanında oluşan toplam devrilme momenti ise Denk.(2.7) kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$M_o^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} H_i \quad (2.7)$$

Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre MBY ile Dinamik İnceleme Adımları:

Düzgün kütle ve rijitlik dağılımına sahip simetrik yapılar oldukça öngörülebilir şekilde davranırken asimetrik veya süreksizlik veya düzensizlik alanları olan binalar yapmaz.

Bu tür binalar için aşağıdaki gibi önemli tepki özelliklerini belirlemek için dinamik analiz kullanılır:

a. Yapının dinamik özelliklerinin yanal kuvvetlerin düşey dağılımı üzerindeki etkileri



- b. Burulma hareketlerinden dolayı dinamik yüklerde artış; ve
- c. Daha yüksek modların etkisi, kat kesmelerinde ve deformasyonlarda bir artışa neden olur.

Bina kodlarında belirtilen statik yöntemler, yüksek mod efektleri dahil basit düzeltmelerle tek modlu yanıtı temel alır. Basit düzenli yapılar için uygun olsa da, basitleştirilmiş prosedürler karmaşık yapıların tüm sismik davranışlarını dikkate almaz. Bu nedenle, olağandışı veya düzensiz geometriye sahip binaların tasarımı için dinamik analiz tercih edilen yöntemdir.

İki dinamik analiz yöntemine izin verilir:

- a. Elastik tepki spektrum analizi ve
- b. Elastik veya elastik olmayan zaman geçmişi analizi.

Tepki spektrumu analizi tercih edilen yöntemdir. Çünkü kullanımı daha kolaydır. Zaman geçmişi prosedürü, esnek olmayan yanıt özelliklerini göstermek veya yapının dinamik yanıtını hesaplarken zamana bağlı etkileri dahil etmek için önemliyse kullanılır.

Zemine inşa edilen ve zeminin üzerinde bir mesafe dikey olarak uzayan yapılar, sismik yer hareketlerine maruz kaldıklarında basit veya karmaşık osilatörler olarak yanıt verir. Basit osilatörler, tek serbestlik dereceli sistemler (SDOF) ve karmaşık osilatörler, çoklu serbestlik dereceli (MDOF) sistemler tarafından temsil edilir.

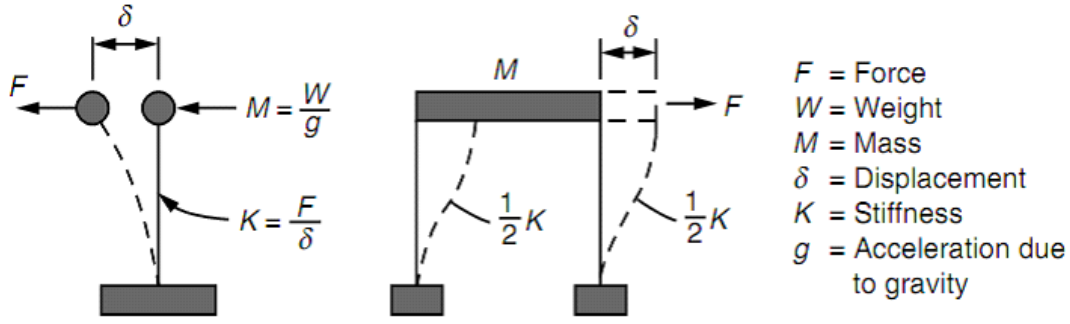
Basit bir osilatör, dikey olarak eğimli bir direğin üst ucundaki tek bir kütle kütleli veya Şekil 2.1'de gösterildiği gibi iki kolon tarafından desteklenen bir kütle ile temsil edilir. İdealize edilmiş sistem iki tür yapıyı temsil eder:

- a. Tepesinde nispeten büyük bir kütleyle sahip tek kolonlu bir yapı ve
- b. Esnek sütunlara ve sert kirişe sahip tek katlı bir çerçeve.

M kütleli, yerçekimi  $g$ 'nin, yani

$$M = W / g.$$

Sistemin sertliği  $K$ , karşılık gelen deplasmana  $\Delta$  bölünmüş  $F$  kuvvetidir. Kütle eğilir ve sonra aniden serbest bırakılırsa, belli bir oranda titrer.



**Şekil 2.1:** Idealized single- degree- of freedom system

Frekans, doğal veya temel titreşim frekansı olarak adlandırılır. Frekansın karşılığı titreşim periyodudur. Kütle için tek bir tam döngü boyunca hareket etme süresini temsil eder. T periyodu ilişkisi ile verilir (2.1) sönümlenmesi olmayan ideal bir sistemde sistem sonsuza dek titreşir (Şekil 2.2).

Her zaman biraz sönümlenmenin olduğu gerçek bir sistemde, hareket tamlığı yapı tamamen durdurulana kadar her döngü için kademeli olarak azalacaktır (Şekil 2.3). Kütle üstte yer değiştirmek yerine, tabana ani bir itme uygulanırsa, sistem benzer şekilde tepki verir.

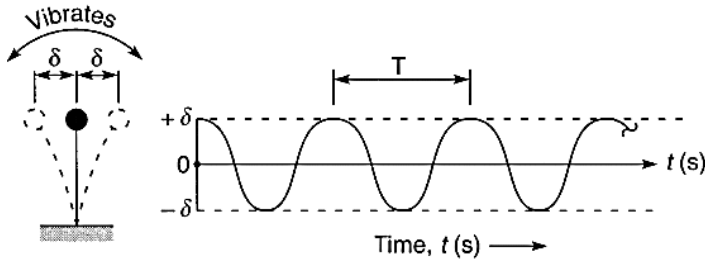
Sönümlenmesi olmayan ideal bir sistemde, sistem sonsuza dek titreşir (Şekil 2.2). Her zaman biraz sönümlenmenin olduğu gerçek bir sistemde, hareketin büyüklüğü yapı tamamen duruncaya kadar her döngü için kademeli olarak azalacaktır (Şekil 2.3). Kütle üstte yer değiştirmek yerine, tabana ani bir itme uygulanırsa, sistem benzer şekilde tepki verir. Binalar, dikey olarak konsollu bir direğin uzunluğu boyunca aralıklarla hikaye kütlelerini toplayarak çok serbestlik dereceli (MDOF) sistemler olarak analiz edilebilir. Titreşim sırasında, her kütle bir yönde veya başka yönlerde saptırılır. Daha yüksek titreşim modları için bazı kütleler zıt yönlerde hareket edebilir. Veya tüm kütleler aynı anda temel moddakiyle aynı yönde yön değiştirebilir. İdealleştirilmiş bir MDOF sistemi kütle sayısına eşit sayıda moda sahiptir. Her modun, saptırılmış kütleleri birbirine bağlayan bir çizginin oluşturduğu benzersiz bir modla kendi doğal titreşim süresi vardır. Çok kütleli sistemin tabanına yer hareketi uygulandığında, sistemin saptırılmış şekli tüm mod şekillerinin bir birleşimidir, ancak temel hareketin baskın sürelerine yakın süreleri olan modlar diğer modlardan daha fazla hareketlenecektir. Çok kütleli sistemin her modu kütle ve sertlik için

genelleştirilmiş  $M$  ve  $K$  değerleri olan eşdeğer bir tek kütle sistemi ile temsil edilebilir. Genelleştirilmiş değerler,  $m_1, m_2, \dots$  ve rijitlik  $k_1, k_2, \dots$

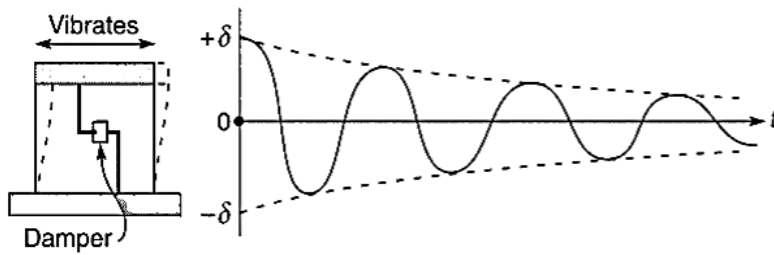
Şekil 6.4'te gösterilen bu kavram, çok katlı binaları analiz etmek için tek kütleli sistemlere dayanan yanıt spektrumlarını kullanmak için hesaplamalı bir temel sağlar.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

Çok katlı bir binanın periyodu, mod şekli ve kütle dağılımı göz önüne alındığında, saptırılmış şekli, hikayeyeyi hesaplamak için tek serbestlik dereceli (SDOF) bir sistemin yanıt spektrumlarını kullanabiliriz.



Şekil 2.2: Tek serbestlik dereceli bir sistemin sönümsüz serbest titreşimi



Şekil 2.3: Tek dereceli bir serbest sistemin sönümlü serbest titreşimi

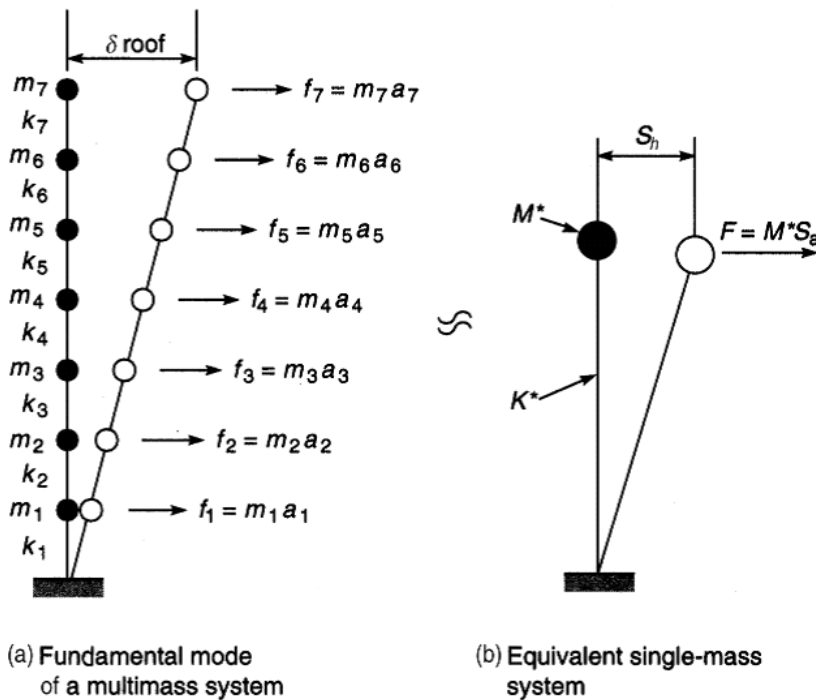
İvmeler, kuvvetler ve devrilme anları her baskın mod ayrı ayrı analiz edilir ve sonuçlar, çoklu mod yanıtını hesaplamak için istatistiksel olarak birleştirilir.

Simetrik şekil, sağlamlık ve kütle dağılımı ve dikey sürekliliği ve düzgünlüğü olan binalar oldukça öngörülebilir bir şekilde davranırken, binalar eksantrik olduğunda veya süreksizlik veya düzensizlik alanlarına sahip olduğunda davranış özellikleri çok karmaşıktır. Binanın baskın tepkisi, binanın görünen ana eksenlerinden çarpık olabilir. Bükülme yanıtının yanı sıra iki çeviri yanıt

yönünün bağlanması veya etkileşimi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu, Mohr'nın temel gerilmelerin daire temsiline benzer.

Bu nedenle, her bir mod şekli, boyuna ve enine yer değiştirme ve dikey bir eksen etrafında dönme ile üç boyutta tanımlandığı için üç boyutlu analiz yöntemleri gereklidir. Bu nedenle, bina usulsüzlükleri yalnızca dinamik analiz yöntemini değil aynı zamanda modları birleştirmek için kullanılan yöntemleri de karmaşıktır.

Düzenli ve esasen simetrik olan bir bina için, iki boyutlu bir model genellikle yeterlidir. Binanın kat planı en boy oranı (uzunluk-genişlik) büyük olduğunda, burulma tepkisi baskın olabilir, bu nedenle başka bir simetrik ve normal binada 3 boyutlu bir analiz yapılmasını gerektirir. Binalar, yüksek modların etkileri önemli olabilir. Oldukça üniform bir yapı için, dinamik özellikler Şekil 2.5'da gösterilen genel modal ilişki kullanılarak yaklaşılabılır. Temel titreşim periyodu kod formülleri kullanılarak tahmin edilebilir ve ikinci ila beşinci modlar için süreler



Şekil 2.4: Çok kütleli bir sistemin tek kütleli bir sistemle gösterilmesi

Mode	1	2	3	4	5
Ratio of period to 1st mode period	1.000	0.327	0.186	0.121	0.083
Participation factor at roof	1.31	-0.47	0.24	-0.11	0.05
Base shear participation factor	0.828	0.120	0.038	0.010	0.000

**Şekil 2.5:** Genel Model İlişkileri [11]

Şekil 2.5 gösterilen ilişki kullanılarak tahmin edilebilir. Tablo aynı zamanda binanın çatı katlarındaki modal katılım faktörlerini ve ilk beş moda karşılık gelen taban kesme katılım faktörlerini tahmin etmek için kullanılabilir.

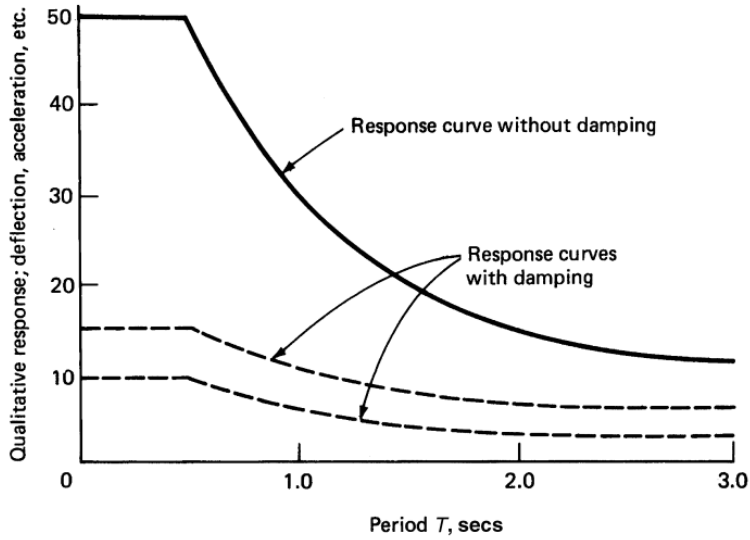
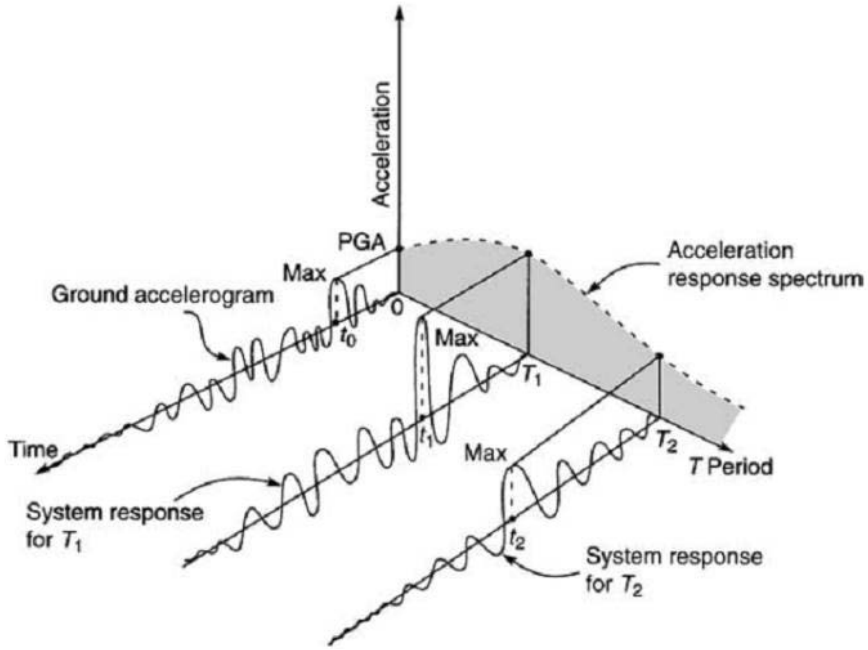
Çoğu bina için, elastik olmayan bir yanıtın, elastik olmayan bir analizin tasarım için daha uygun olduğunu ima eden büyük bir deprem sırasında meydana gelmesi beklenebilir. Bununla birlikte, doğrusal olmayan elastik olmayan programların mevcut olmasına rağmen, tipik tasarım uygulamalarında kullanılmazlar çünkü:

- Uygun kullanımları kendi iç çalışmalarını ve teorilerini bilmeyi gerektirir;
- Üretilen sonuçların geleneksel tasarım kriterlerine göre yorumlanması ve uygulanması zordur;
- Gerekli hesaplamalar pahalıdır. Bu nedenle, pratikte analizler tipik olarak cevap spektrum yöntemine dayanan doğrusal elastik prosedürler kullanır.

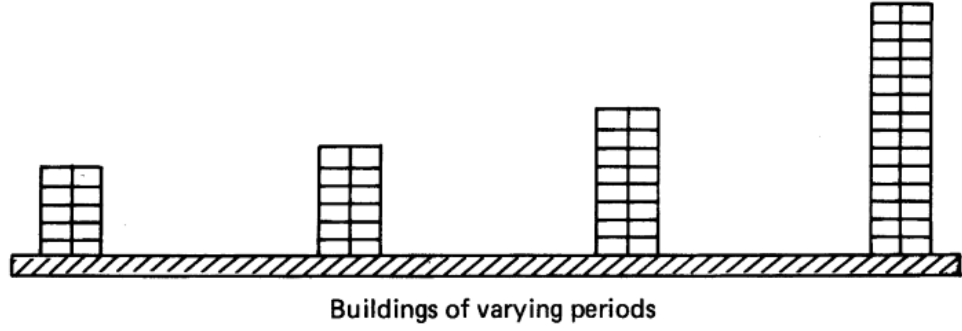
Tepki Spektrum Yöntemi:

Sismik mühendislikteki spektrum sözcüğü geniş süreçlere sahip olan yapıların tepkisinin tek bir grafikte özetlendiği fikrini taşımaktadır. Bahsi geçen deprem hareketi ve kritik sönümlendirme oranı için, tipik bir tepki spektrumu ivme, hız ve tüm oran, spektrum ve yapı süreçleri için deprem bağlantılı olan tepki krokisini vermektedir.

Bu nedenle, bir tepki spektrumu (Şekil 2.6) temel in ortak yan sismik hareketine ait artmakta olan doğal süreçleri ile devamlı olarak daha uzun bir dizi konsol sarkacın dinamik tepkisinin grafik temsili olarak gözlemlenebilmektedir.



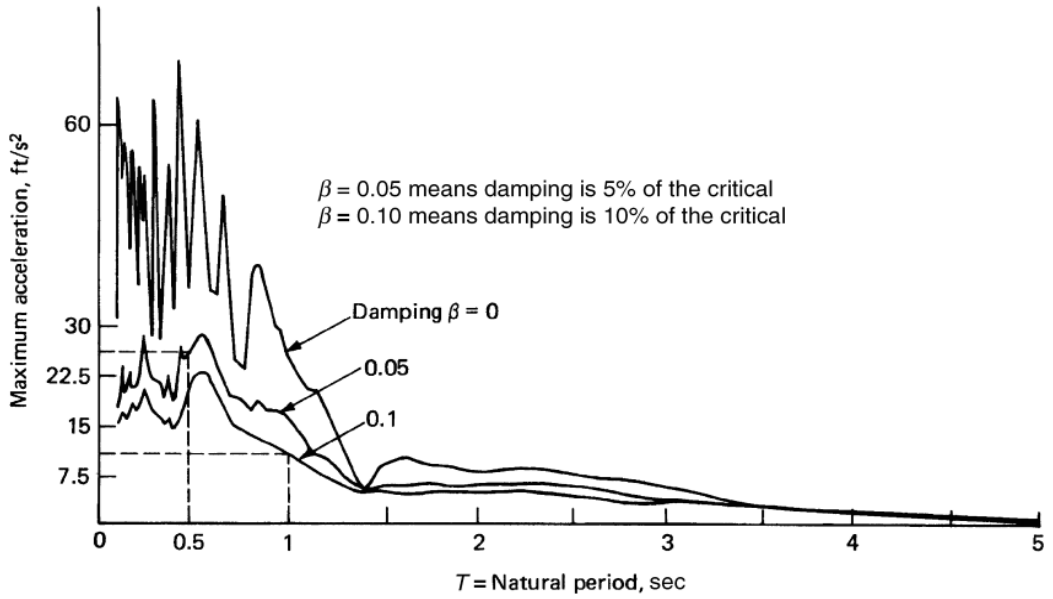
Şekil 2.6: spektrum eğrisi [17]



**Şekil 2.7:** Cevap Spektrumu Kavramı [17]

Dirseklerin sabit temelini yatay yönde, gerçekleşen bir depremde oluşana karşılık olan hareketinin, öne ve arkaya doğru hızlıca hareket ettiğini düşünün.

Sarkaç sürelerine karşılık ivmeler gibi maksimum dinamik tepkinin krokisi bize gerçekleşecek olan bir deprem için Şekil 2.6’te gösterildiği üzere ivme tepki spektrumunu vermektedir. Bu şekilde, her bir sarkacın uyarımı sırasında oluşan zirve ivme tepkisinin tam değeri ivme spektrum kavisindeki bir nokta ile temsil edilmektedir. Örnek olarak, 1940 El Centro depreminin ivme tepki spektrarı Şekil 2.8’de gösterilmektedir. Girdi olarak zemin ivmesi kullanılarak, tepki spektrum eğrileri ailesi sönümlendirmenin daha düşük spectral tepkiye sebep olduğu sönümlendirmenin daha yüksek değerli olduğu çeşitli düzeyler için oluşturulabilmektedir.



**Şekil 2.8:** İvme Spektrumu [17]

Yapı klasik sönümlü ise dinamik etkilere tepkisi titreşim mod şekillerinin süperpozisyonu ile incelenebilir. Bu analiz uygun yönetmeliklerde mod birleştirme Yöntemi (MBY) olarak isimlendirilir ve aşağıda türkiye ve ABD'nin uygun yönetmelikleri örneğinde sistemin dinamik serbestlik derecesine uyumlu dinamik [k] rijitlik matrisi ve [m] kütle matrisleri kurulu burada  $M_k$ ,  $W_k$ ,  $g_k$ ,  $q_k$  uygun olarak k. Katın kütlesi ,ağırlığı kata gelen sabit yük hareketli yük ve n ise hareketli yük katılım katasayısı (yönetmelik, Şekil 2.9'da verilmiştir) olarak adlandırılır.

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

Şekil 2.9: Hareketli yük kütle katılım katsayısı [11]

Sistemin belli sönüm oranı (yönetmelikte spektrum eğrileri oranı için yapılmıştır), yapının yer aldığı zeminin belli sınıfı ve yapının her bir K. Doğal titreşim periyodu ( $T_k$ )'ya bağlı spektrum katsayısı ( $S(T_k)$ ) hesaplanır.

Deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a$  (tk) depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik ve elastik olmayan davranışını göz önüne alır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

Burada R - taşıyıcı sistem davranış katsayısı' dır.

Aşağıda Mod Birleştirme Yönteminin adımları listelenmiştir;

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1k} & \dots & k_{1N} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2k} & \dots & k_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{k1} & k_{k2} & \dots & k_{11} & \dots & k_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{11} & \dots & k_{NN} \end{bmatrix}$$



$$[m] = \begin{vmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_N \end{vmatrix}$$

$$m_k = w_k/g; \quad w_k = g_k + nq_k$$

$$[\omega_0] = \begin{vmatrix} \omega_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega_{02} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_{0k} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{0N} \end{vmatrix}$$

$$[a] = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2k} & \cdots & a_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{11} & \cdots & a_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{11} & \cdots & a_{NN} \end{vmatrix}$$

$$f_k = \frac{\omega_k}{2\pi} \quad ; \quad T_k = \frac{1}{f_k}$$

$$[m]\{\ddot{u}\} + [k]\{u\} = \{0\}$$

$$\{u\} = \{a\} \sin \omega_0 t$$

$$([k] - \omega_0^2[m])\{a\} = \{0\}$$

$$\omega_{0i}^2, \{a\}_i \quad i = 1, n$$

$$\phi_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\{a_j\}^T [m] \{a_j\}}}$$

$$\phi_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^N m_k a_{ij}^2}}$$

$$W_{*k} = \frac{(\sum_{i=1}^N \phi_{ik} w_i)^2}{W_k}$$

$$W_k = \sum_{i=1}^N \phi_{ik}^2 w_i$$

$$M_{*k} = \frac{(\sum_{i=1}^N \phi_{ik} m_i)}{M_k}$$

$$M_k = \sum_{i=1}^N \phi_{ik}^2 m_i$$

$$r = 0.9 \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^N (V_k^2)}}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (V_k^2)}}$$

$$\sum_{i=1}^N m_i \phi_{ik}^2 = 1$$

### **3. SAP2000 YAPISAL TASARIM VE ANALİZ**

Yapısal model yapımızı temsil edecek aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

1. Birimler ve Aks Oluşturma.
2. Malzeme Tanımlaması.
3. Kesitler Tanımlaması.
4. Yük Tanımlaması.
5. Yük Kombinasyonların Tanımlaması.
6. Döşemelerin Çizilmesi.
7. Kolon ve Kirişlerin Kesitlerinin Belirlenmesi.
8. Döşemelerin Sabit ve Hareketli Yük Tanımlaması.
9. Döşemelerden Gelen Yükü Kirişlere Aktarılması.
10. Katların Çoğulması
11. Analiz 3D Çerçeve Seçimi.
12. Ankastre Mesnetlenme Seçimi.
13. Run Analizi Gerçekleştirilmesi.
14. Kesme Kuvveti Diyagramları.
15. Moment Diyagramları.
16. Normal Kuvvet Diyagramları.
17. Tasarım Yük Kombinasyonların Seçimi.
18. Tasarımı Başlatılması.
19. Bütün Kullandığı Elemanların Sağlanıp Sağlanmadığını Araştırması.

#### **3.1 SAP2000'de Birimler ve Aks Oluşturma**

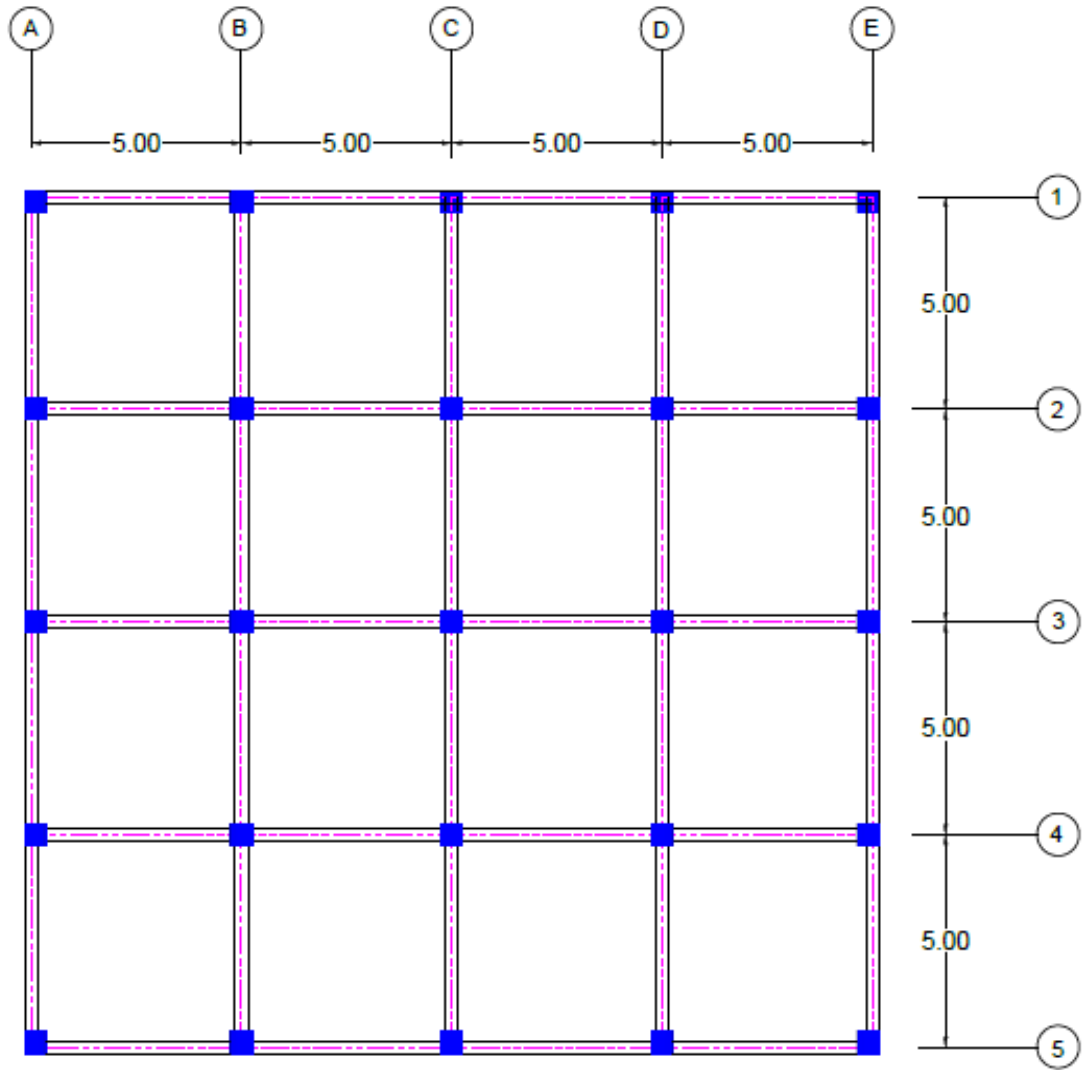
Son yıllarda, bilgisayar modelleme programları karmaşık yapısal sistemleri tasarlarken yapı ile uğraşan tasarımcıların ve mühendislerin zaman ve enerjiden tasarruf etmesi için kullanılmaktadır. Yapı analiz programları mühendisler için kullanışlı bir araç olarak düşünülmektedir ve program sonuçları kontrol edilmeli ve deneyimli bir mühendis tarafından denetimi sağlanmalıdır. Sap2000 doğrusal analizden doğrusal olmayana, köprülere ve kiriş tasarımı gibi yapısal

mühendislik alanında basit ve uygulama çeşitliliği açısından en kullanışlı programlardan biridir. Bizim durumumuzda ise, depremde ve sismo tasarımında Sap2000'in özellikleri gösterilecektir.

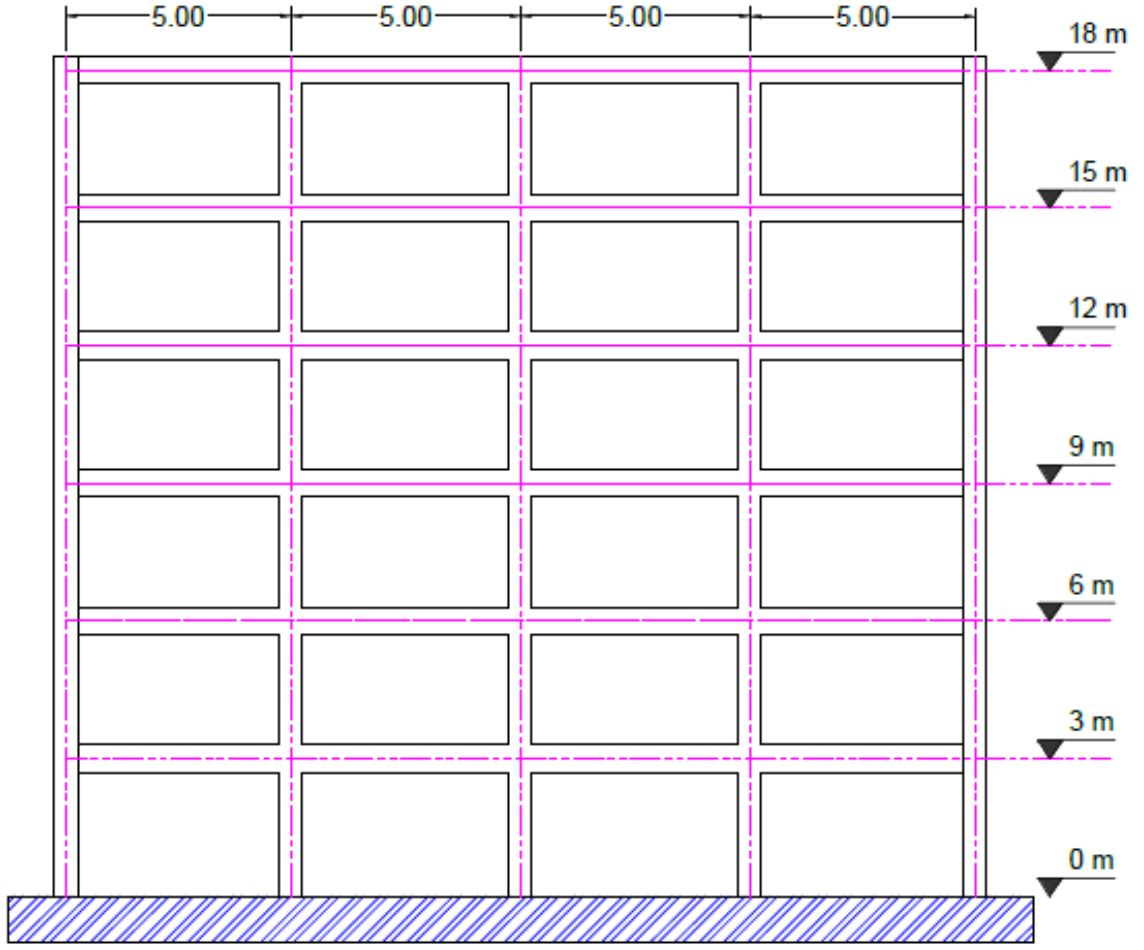
Yapısal elementteki olağan iç kuvvetleri, tepkileri, koparma(kesme) kuvvetlerini ve bükme momentini belirlemek için, bir Sap2000 modeli takviye detaylandırmasını ve altı katlı binanın düzenli yapı uygulamasının element boyutlarını göz önünde bulundurarak yapılandırılmıştır. Model analizinin yerdeğiştirme sonuçları dengeli statik yükleri belirleyebilen katlardaki suni kuvvetleri işaret etmek için kullanılabilir. Ancak, dengeli statik ve mod üstdüşüm metotlarını kullanarak kesme tabanının yaklaşık ortalaması hesaplanmıştır. Yer sismolojisi açısından önem faktörlü ZB toprak tipi,  $I=1$ ,  $R=4$  ve  $D=2.5$ . TBDY'ye bağlı olarak, kısa periyot ve saniye ivme spektrumları  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  sırasıyla 0.87g ve 0.243g. Türk standartlarına bağlı olarak ötelenme oranı % 5 olarak ayarlanmıştır. Model açık çerçeve yapısı olarak oluşturulmuştur. Yapıdaki kolonlar 16 mm ve 4 cm beton kaplamalı boyuna çubuk donatıları olan 50 cmx50cm boyutlarındadır. Kolonların kısıtlaması 4 cm yarı çaplı ve 15 cm aralıklıdır. Işın boyutları 4 cm beton kaplamalı 30 cm x 60 cm olacak şekilde seçilmektedir. Tabla kalınlığı 15 cm olarak seçilmiştir. Tavan yüksekliği 3 m'tir ve zemin katın kolonları sert bir kurulumu temsil etmesi için zemine destek olarak sabitlemek için tahsis edilmiştir. Malzeme modelleme açısından, kullanılan beton 25MPa basınç dayanımı, 30GPa elastiklik katsayısı ve 0.2 poisson oranına sahiptir. Aynı zamanda 420 MPa'nın gerilme mukavemetinin çelik çubukları tanımlanmıştır. Yapıdaki yük kombinasyonu Türk Standartları TBDY ve TS 498 -7'ye bağlı olarak seçilmiştir. 5 m x 5'lik boyutlarla segmentlere bölünen levhalara 2 kNw dağıtılmış canlı yük uygulanmıştır. Eşit istatistik analiz sonuçları deprem yük kalıpları ve yapısal üyeler basınç ve kapasiteleri yüke direnmede yeterli olması durumunda doğrulandığı için modelin üzerine doğrudan olacak şekilde uygulanmıştır.

## 4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

### 4.1 Projede Kullanılan Malzemeler ve Yapıya Ait Genel Bilgiler



Şekil 4.1: Projenin Statik Planı



Şekil 4.2: Betonarme çerçeve

Konum: İstanbul, Beyoğlu .[9]

Kat sayısı: 6

Zemin tipi: ZB

Taşıyıcı sistem: betonarme çerçeve

Betonsınıfı: C25

Çeliksınıfı: S420

R= 4; D=2.5

I=1.0 (KONUT).

Haraketli yük: 2

## 4.2 Çözüm Adımları

1. Türkiye deprem tehlike haritasından İstanbul Beyoğlu bölgesi için  $S_s=0.87g$ ,  $S_1=0.243g$ .

2. Yerel Zemin Etki Katsayıları, aşağıdaki şekilden bulunur.

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

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

Şekil 4.3: Kısa ve 1.0 saniye periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

$$F_s = 0.9, F_1 = 0.8$$

3.  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  aşağıdaki denklemlerden bulunur:

$$S_{DS} = S_s F_s = 0.87 \times 0.9 = 0.783$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.243 \times 0.8 = 0.1944$$

4. Ampirik hakim doğal titreşim periyodu aşağıdaki denklem kullanarak hesaplanacaktır;

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} = 0.1 \cdot 18^{3/4} = 0.874 \text{ sn}$$

Betonarme taşıyıcı çerçeve sistemi için  $C_t = 0.1$  kullanılmaktadır (TBYD, 2018).

5. Yatay Tasarım Spektrumu köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$  aşağıdaki bağlantılardan hesaplanmaktadır:

$$T_A = 0.2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \cdot \frac{0.1944}{0.783} = 0.0497 \text{ sn}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.1944}{0.783} = 0.2483 \text{ sn}$$

$$T_L = 6 \text{ sn alınacaktır.}$$

6. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu aşağıdaki bağıntıdan hesaplanacaktır:

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.1944}{0.874} = 0.222 \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

7. Deprem yükü azaltma katsayısı:

$$R_A(T) = \frac{R}{I} = \frac{4}{1} = 4 \quad T > T_B$$

8. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T)$  aşağıdaki bağıntıdan bulunur;

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_A(T)} = \frac{0.222}{4} = 0.0555$$

9. Toplam taban kesme kuvveti  $V_{tE}$  aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır;

$$V_{tE} = m_t \cdot S_{aR}(T_P) \geq 0.04 \cdot m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g$$

$$V_{tE} = 2732.3 \cdot 0.0555 = 151.64 \leq 0.04 \cdot 2732.3 \cdot 1 \cdot 0.783 \cdot 9.81 = 839.5 \text{ (kN).}$$

10. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükler toplamı aşağıdaki denklemden hesaplanmaktadır;

$$V_{iE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)}$$

Binanın tepesine (N.kat) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ise şu bağıntıdan hesaplanır;

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 \cdot N \cdot V_{tE} = 0.0075 \cdot 6 \cdot 839.5 = 37.78$$

Bina katlarına aşağıdaki denklemi kullanarak dağıtılacaktır.

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \cdot \frac{m_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot H_j}$$

$$F_1 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 3}{28690.2} = 38.177 \text{ kN}$$

$$F_2 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 6}{28690.2} = 76.354 \text{ kN}$$

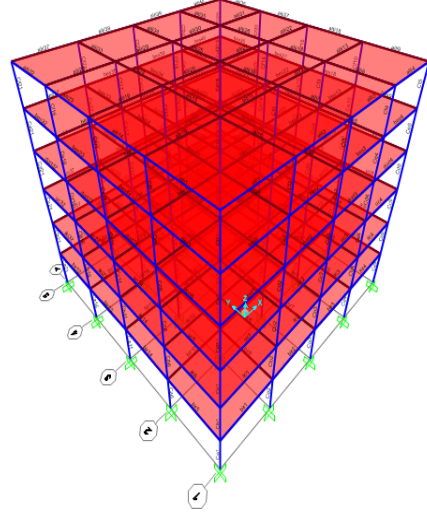
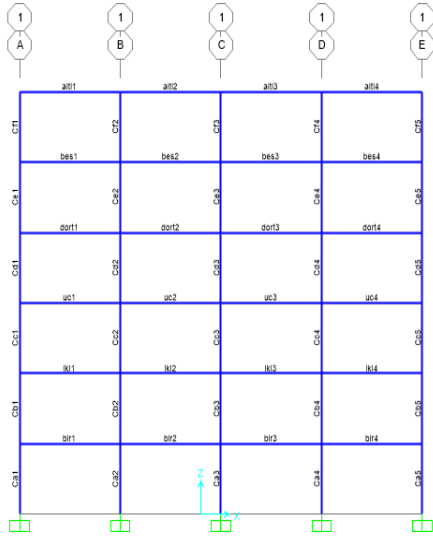
$$F_3 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 9}{28690.2} = 114.531 \text{ kN}$$

$$F_4 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 12}{28690.2} = 152.710 \text{ kN}$$

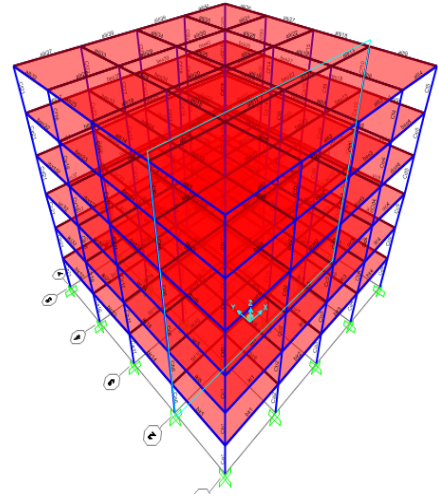
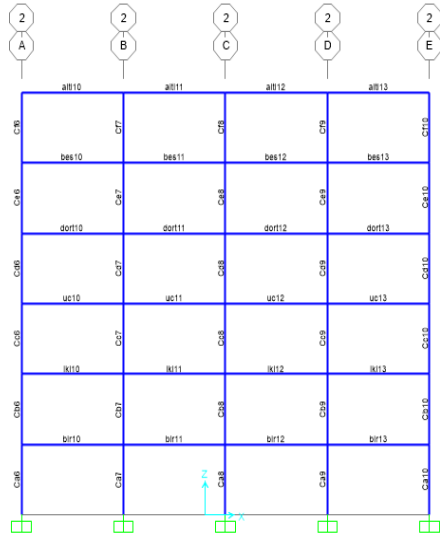


$$F_5 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 15}{28690.2} = 190.886 \text{ kN}$$

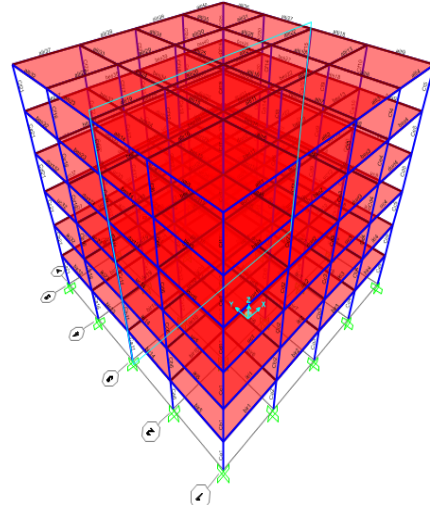
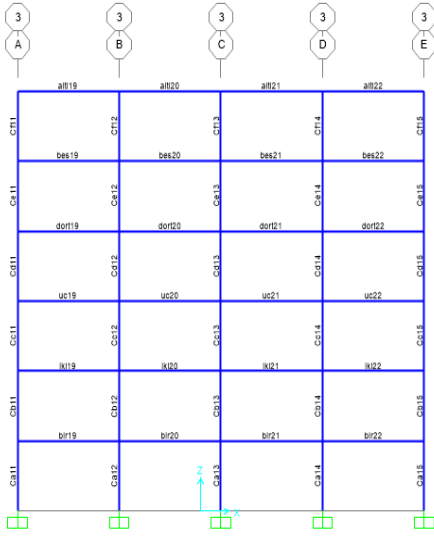
$$F_6 = (839.5 - 37.78) \cdot \frac{455.4 \cdot 18}{28690.2} + 37.78 = 266.843 \text{ kN}$$



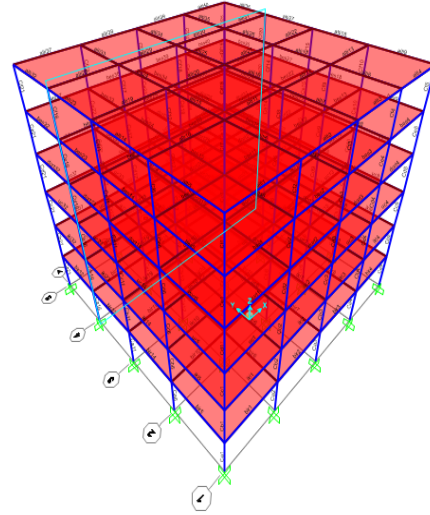
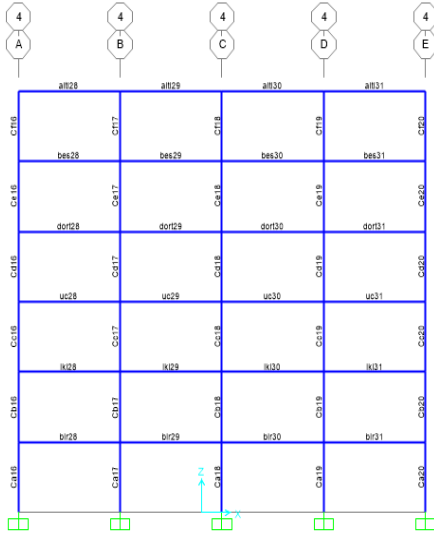
Şekil 4.4: Birinci çerçevenin elemanları [5]



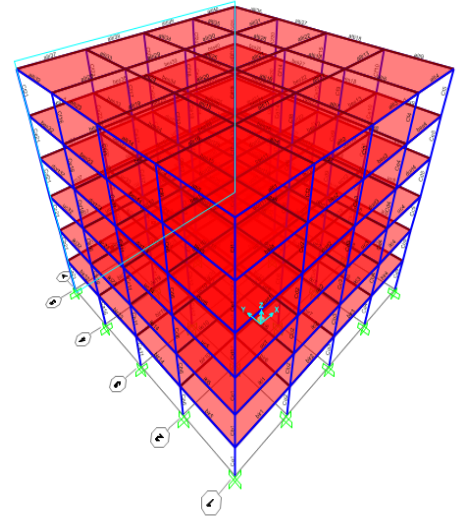
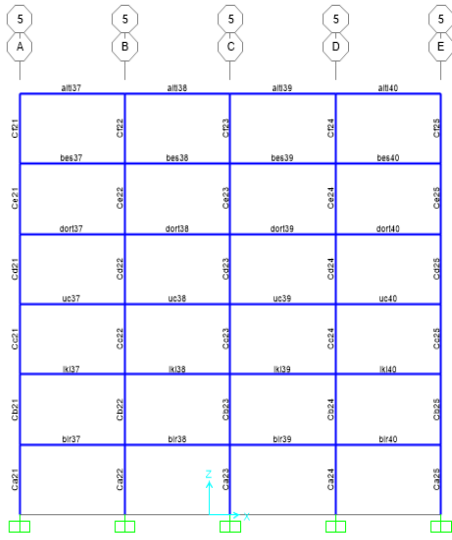
Şekil 4.5: İkinci çerçevenin elemanları [5]



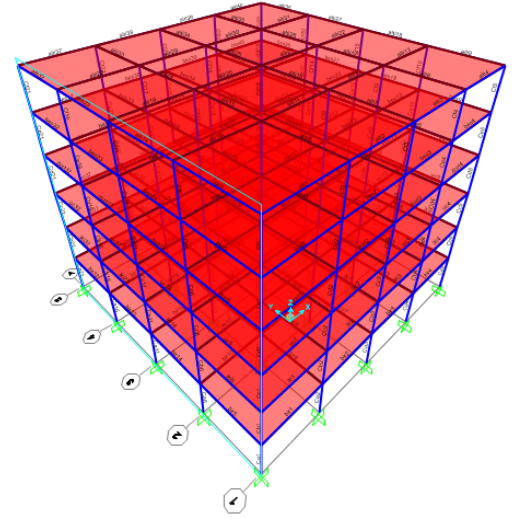
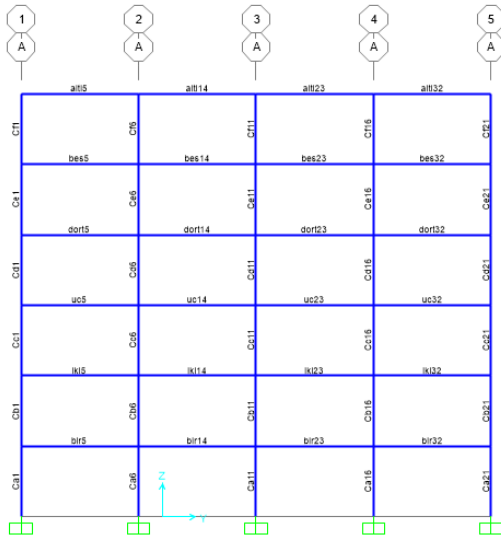
Şekil 4.6: Üçüncü çerçevenin elemanları [5]



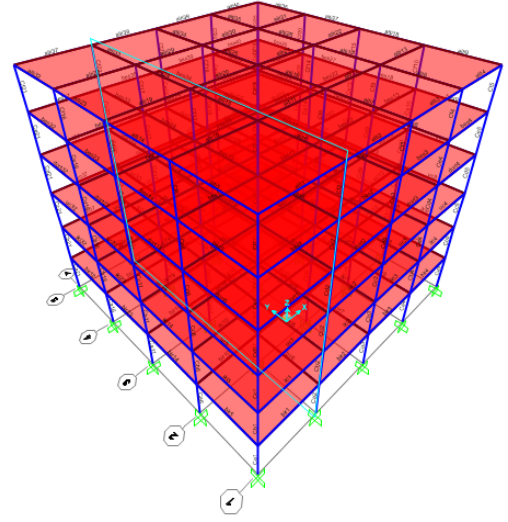
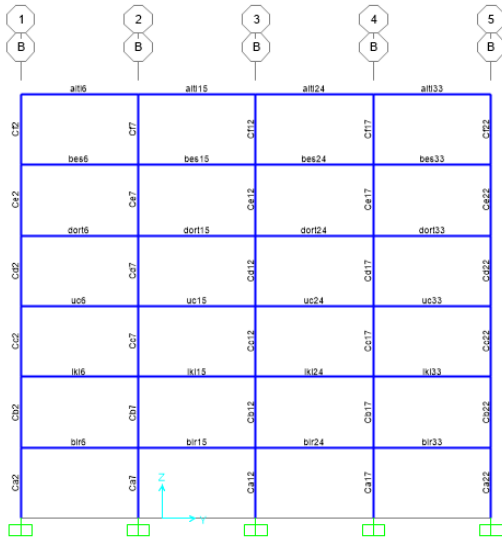
Şekil 4.7: Dördüncü çerçevenin elemanları [5]



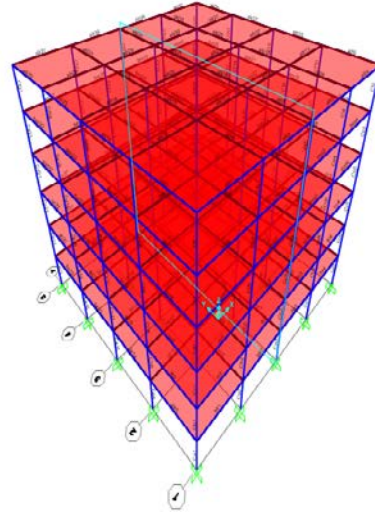
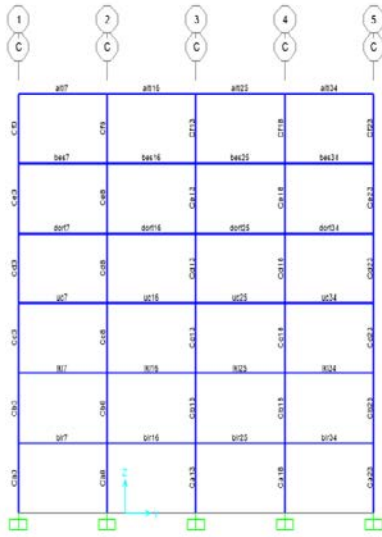
Şekil 4.8: Beşinci çerçevenin elemanları [5]



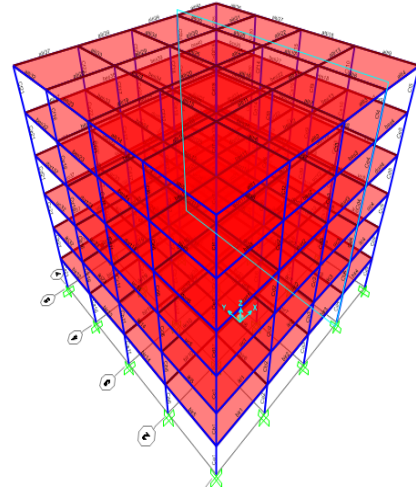
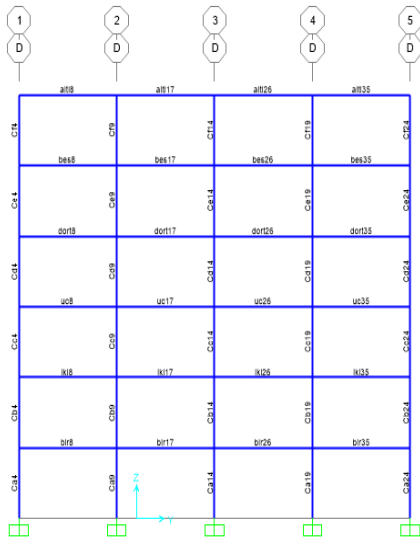
Şekil 4.9: A çerçevenin elemanları [5]



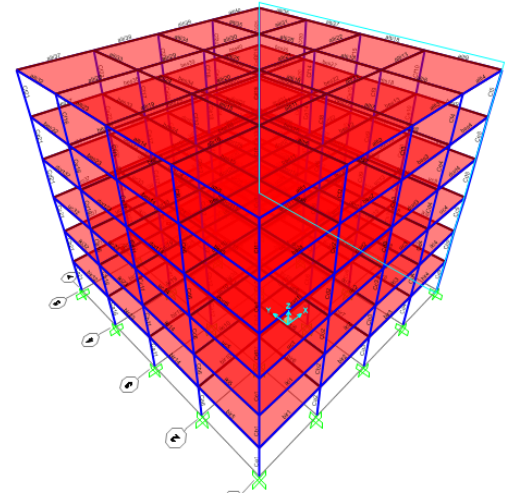
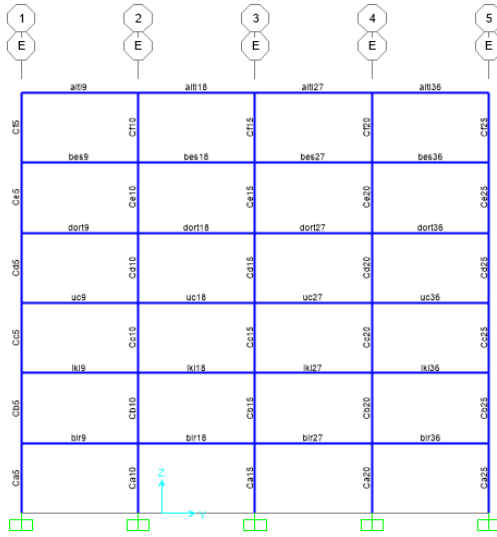
Şekil 4.10: B çerçevenin elemanları [5]



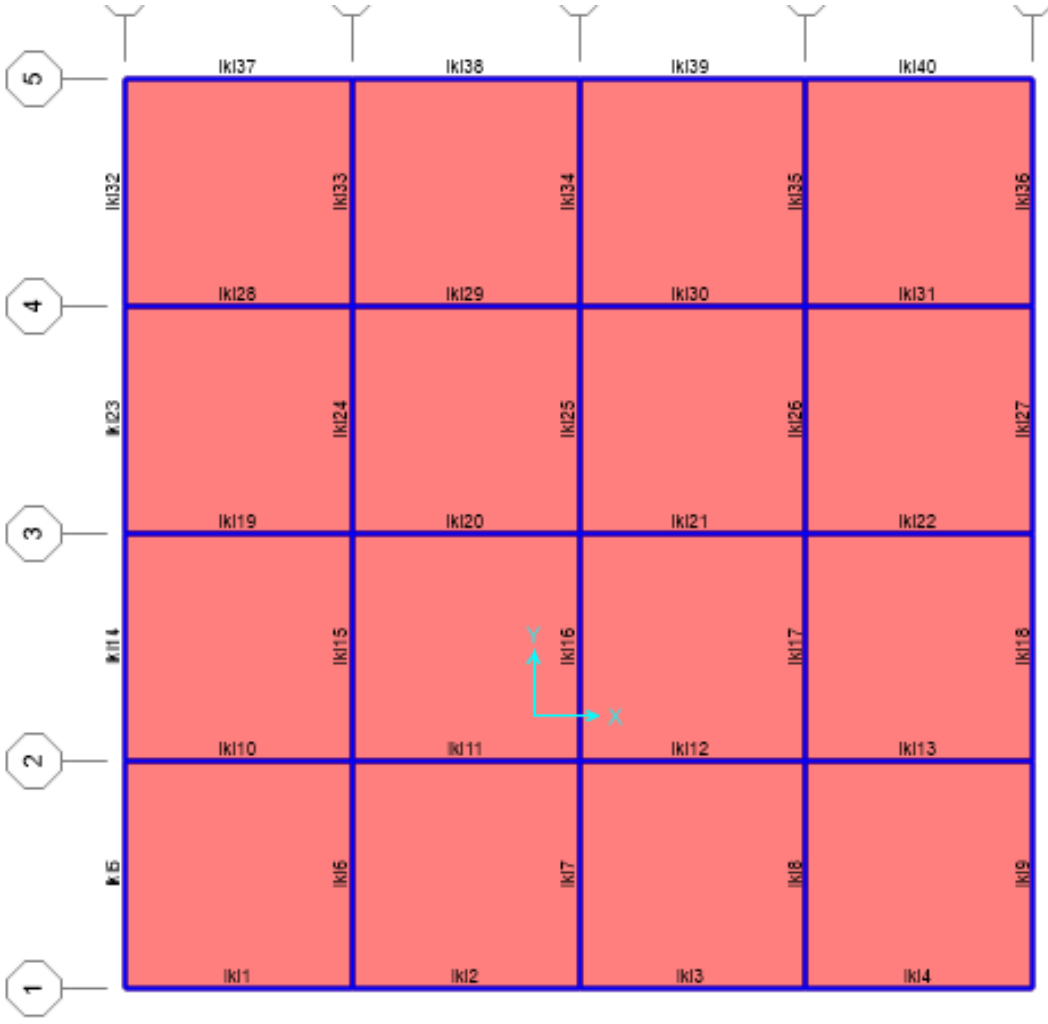
Şekil 4.11: C çerçevenin elemanları [5]



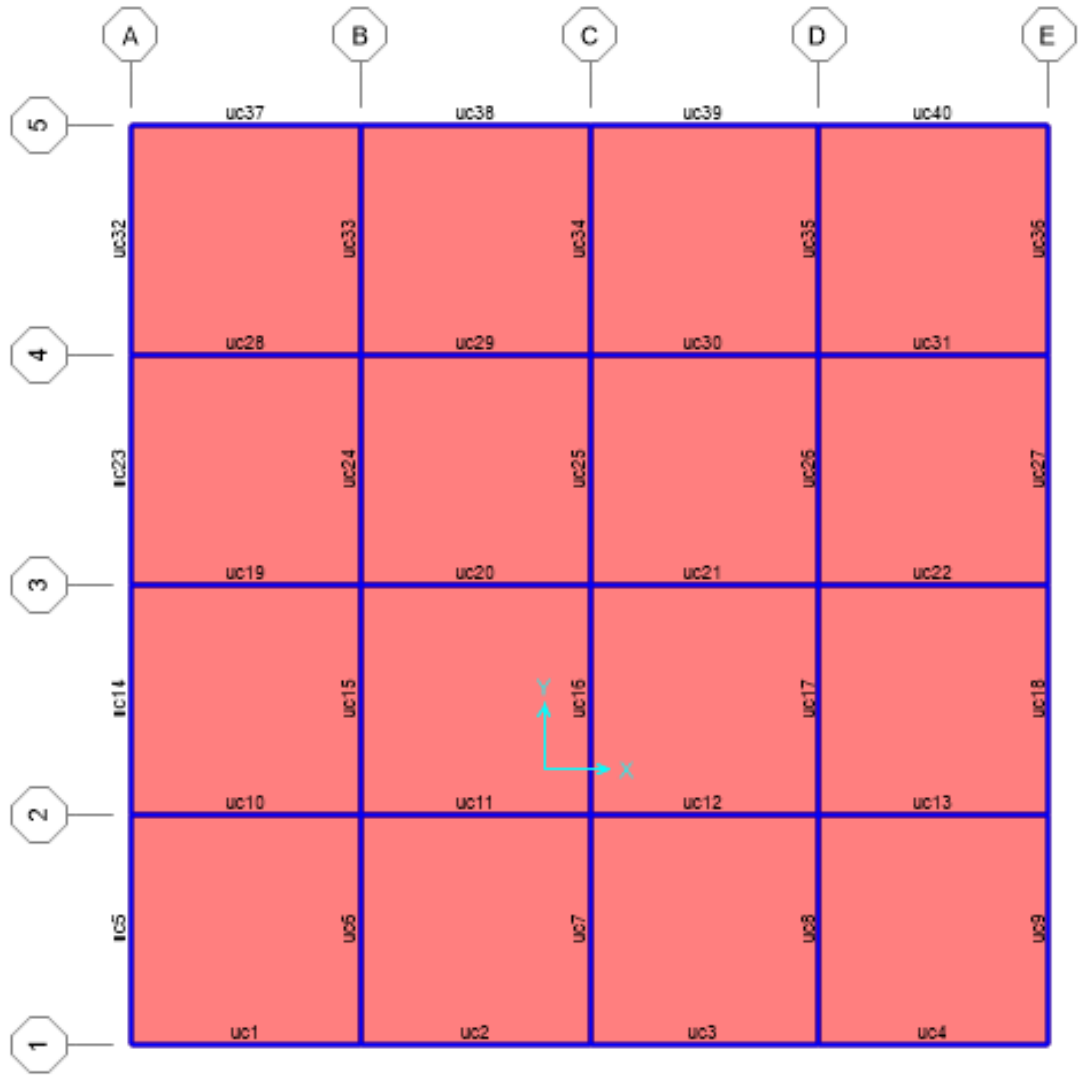
Şekil 4.12: D çerçevenin elemanları [5]



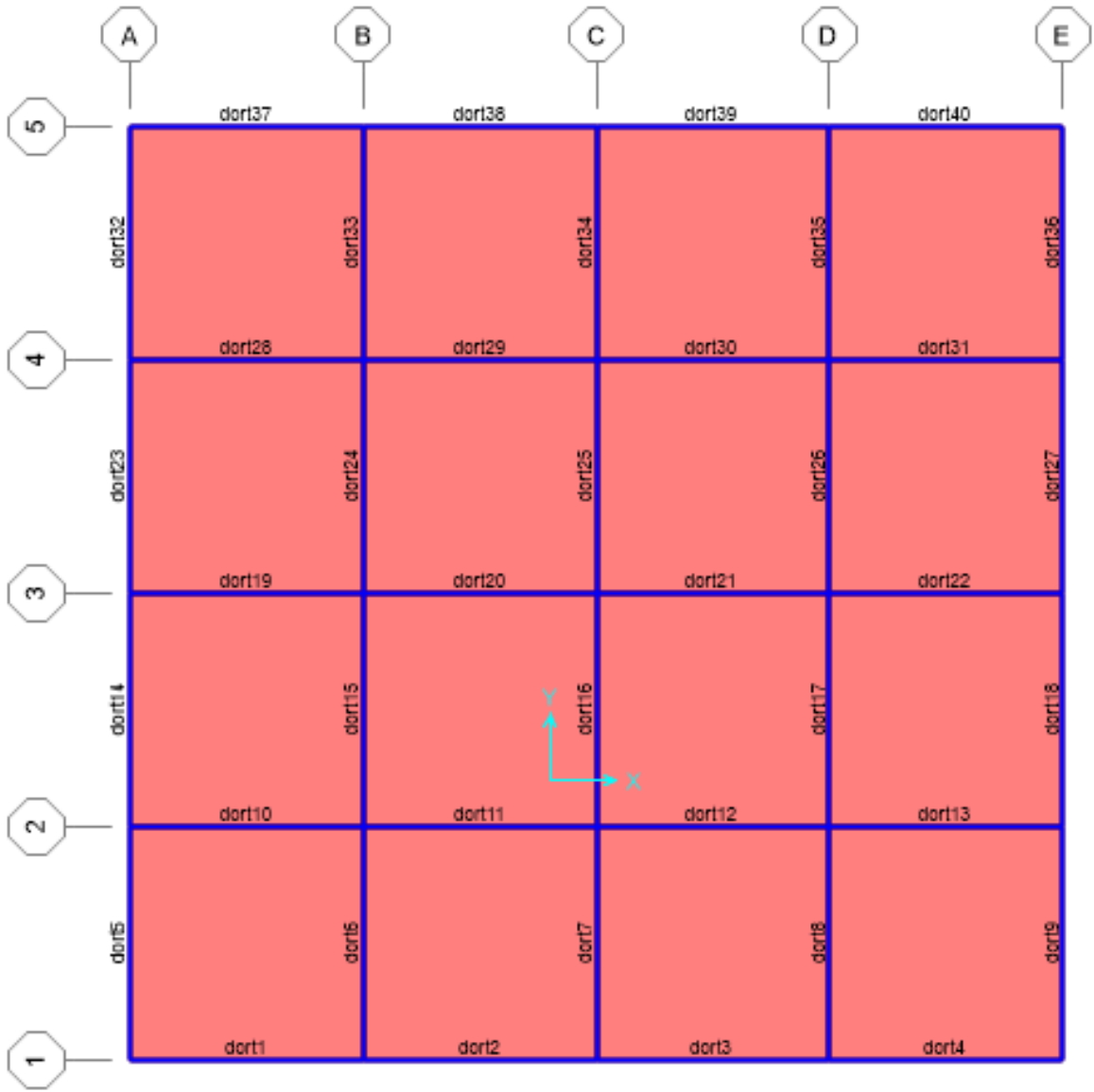
Şekil 4.13: E çerçevenin elemanları [5]



Şekil 4.14: İkinci kat planı [5]

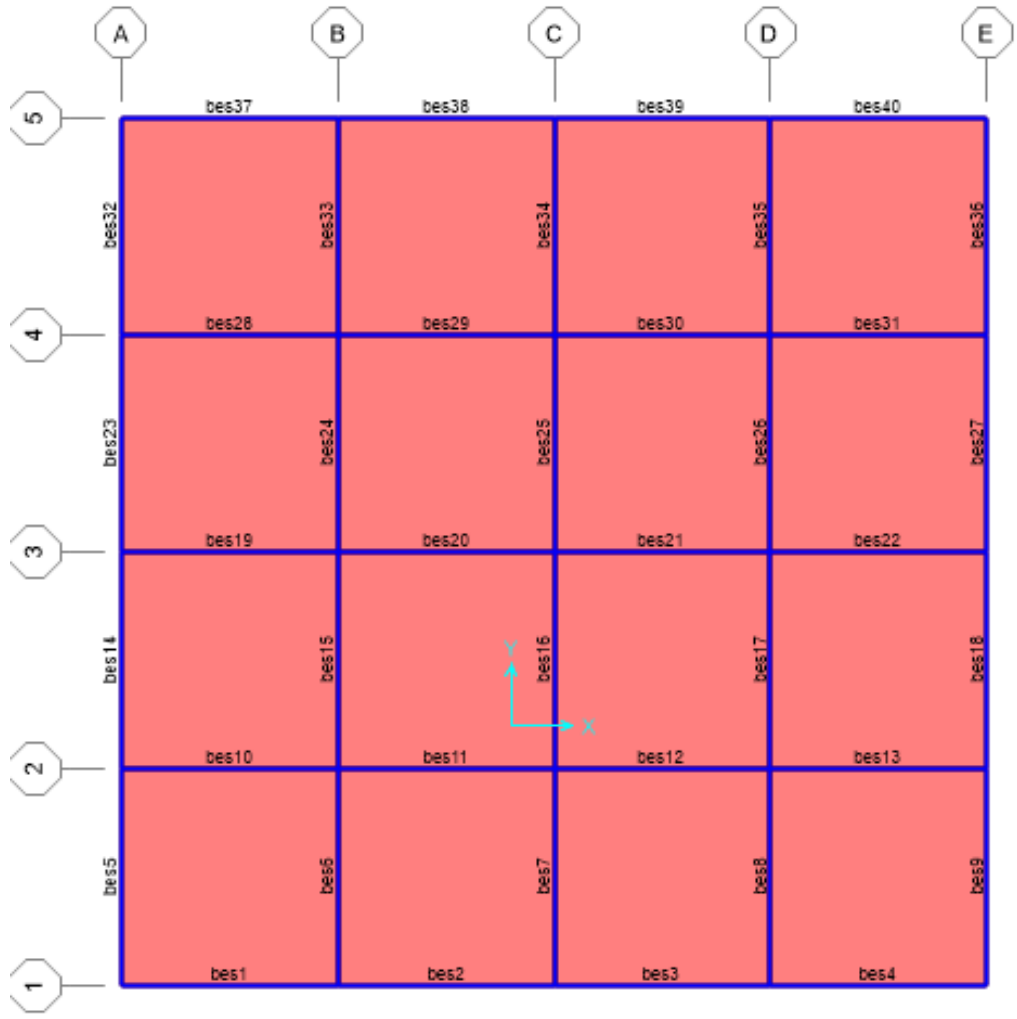


Şekil 4.15: Üçüncü kat planı [5]

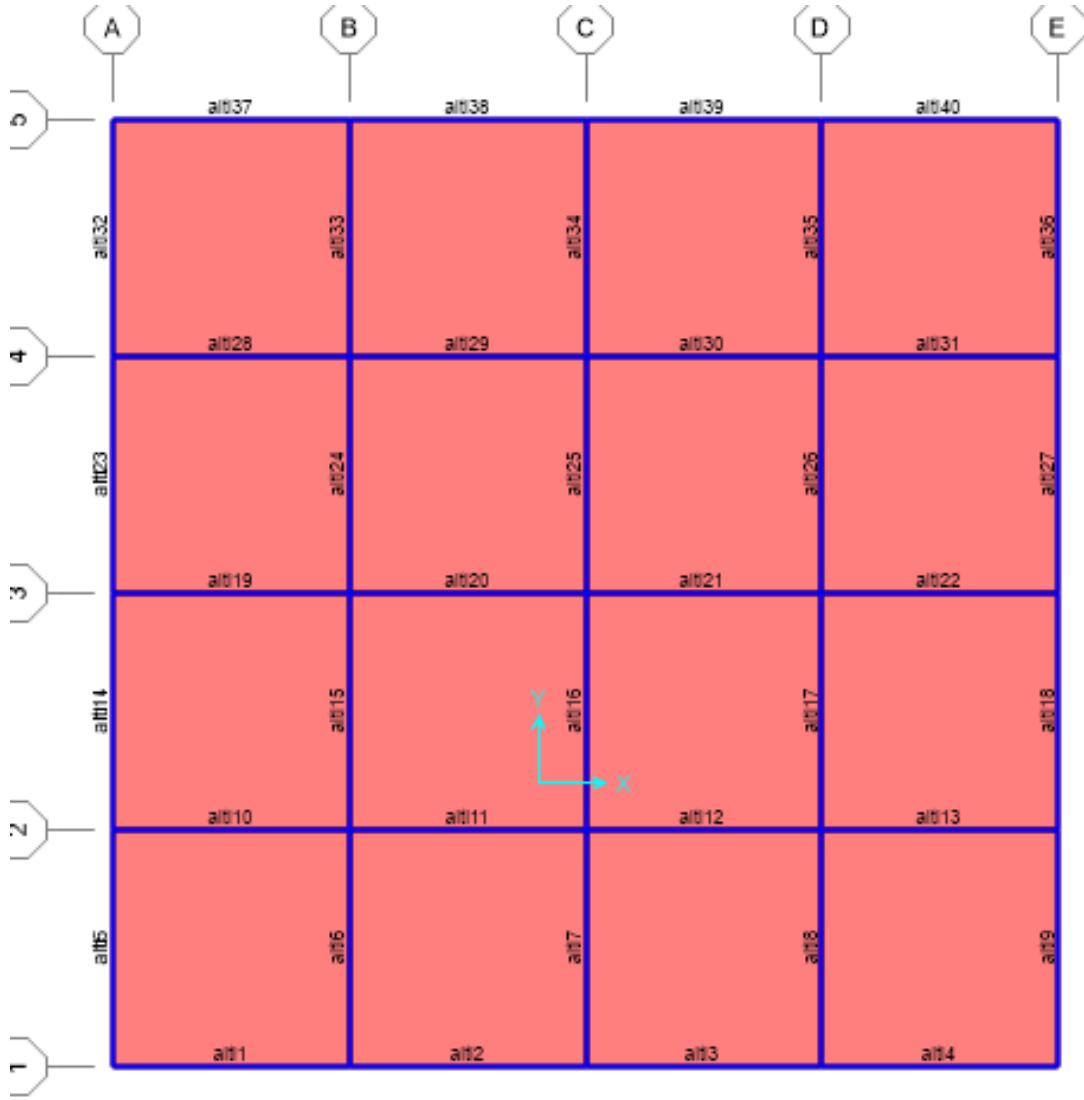


Şekil 4.16: Dördüncü kat planı [5]





Şekil 4.17: Beşinci kat planı [5]



Şekil 4.18: Altıncı kat planı [5]

### 4.3 Mode Birleştirme Hesabı

Kütle matrisi

$$[m] = \begin{bmatrix} 460 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 460 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 460 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 460 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 460 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 460 \end{bmatrix} kg$$

Rijitlik matrisi

$$[K] = \begin{bmatrix} 138888 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -69444 & 138888 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -69444 & 138888 & -69444 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -69444 & 138888 & -69444 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 & -69444 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 \end{bmatrix}$$

Eigen value

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} 1.7391 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.0911 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.9262 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.0805 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 13.0380 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 112.8398 \end{bmatrix}$$

$$[\omega] = \begin{bmatrix} 1.7391 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.0911 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.9262 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5.0805 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 13.0380 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 112.8398 \end{bmatrix}$$

$$([k] - \omega_0^2[m])\{\Phi\} = \{0\}$$

### 1st mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_1 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_1 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_1 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_1 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_1 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.0018 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0018 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0018 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0018 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0018 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.0018
 \end{array}$$

### 2nd mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_2 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_2 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_2 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_2 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_2 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.0091 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0091 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0091 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0091 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0091 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.0091
 \end{array}$$

### 3rd mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_3 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_3 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_3 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_3 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_3 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_3
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.003 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.003 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.003 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.003 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.003 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.003
 \end{array}$$

#### 4th mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_4 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_4 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_4 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_4 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_4 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_4
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.0051 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0051 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0051 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0051 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0051 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.0051
 \end{array}$$

#### 5th mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_5 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_5 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_5 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_5 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_5 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_5
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.0132 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0132 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0132 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0132 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.0132 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.0132
 \end{array}$$

#### 6th mode shape

$$\begin{array}{cccccc}
 k_{11} - m_1\lambda_6 & k_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 k_{12} & k_{22} - m_2\lambda_6 & k_{32} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & k_{23} & k_{33} - m_3\lambda_6 & k_{43} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & k_{34} & k_{44} - m_4\lambda_6 & k_{54} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & k_{45} & k_{55} - m_5\lambda_6 & k_{65} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & k_{56} & k_{66} - m_6\lambda_6
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 138888 - 460 \cdot 0.114 & -69444 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.114 & -69444 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.114 & -69444 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.114 & -69444 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -69444 & 138888 - 460 \cdot 0.114 & -69444 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -69444 & 69444 - 460 \cdot 0.114
 \end{array}$$

$$\lambda_1 = 0.0018$$

$$\lambda_2 = 0.0021$$

$$\lambda_3 = 0.0030$$

$$\lambda_4 = 0.0051$$

$$\lambda_5 = 0.0132$$

$$\lambda_6 = 0.1140$$

$$S_{r1} = 0.1846$$

$$S_{r2} = 0.1683$$

$$S_{r3} = 0.1423$$

$$S_{r4} = 0.1080$$

$$S_{r5} = 0.0674$$

$$S_{r6} = 0.0225$$

$$S_{t1} = 0.7382$$

$$S_{t2} = 0.6732$$

$$S_{t3} = 0.5691$$

$$S_{t4} = 0.4319$$

$$S_{t5} = 0.2696$$

$$S_{t6} = 0.0916$$

$$t_1 = 0.2633$$

$$t_2 = 0.2888$$

$$t_3 = 0.3416$$

$$t_4 = 0.4501$$

$$t_5 = 0.7211$$

$$t_6 = 2.1213$$

$$\omega_1 = 23.8595$$

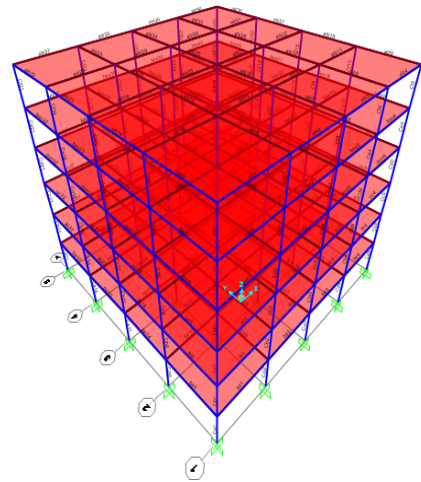
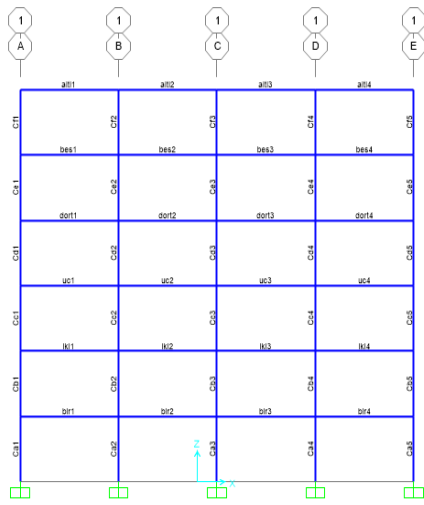
$$\omega_2 = 21.7588$$

$$\omega_3 = 18.3936$$

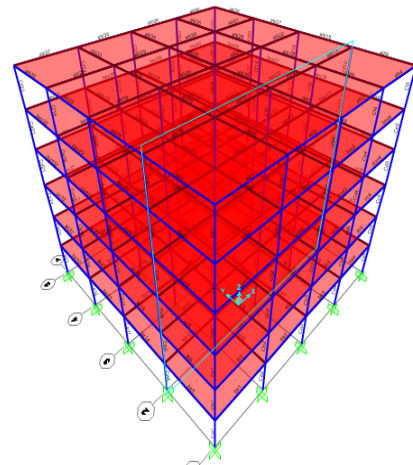
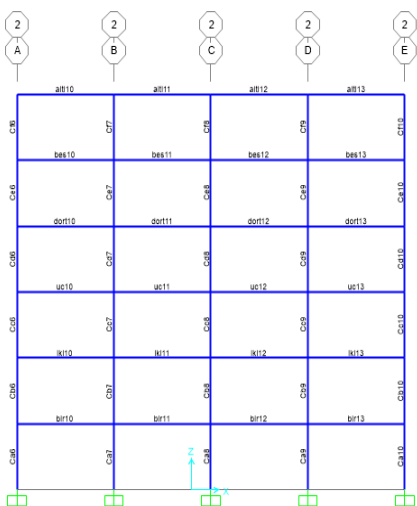
$$\omega_4 = 13.9594$$

$$\omega_5 = 8.7139$$

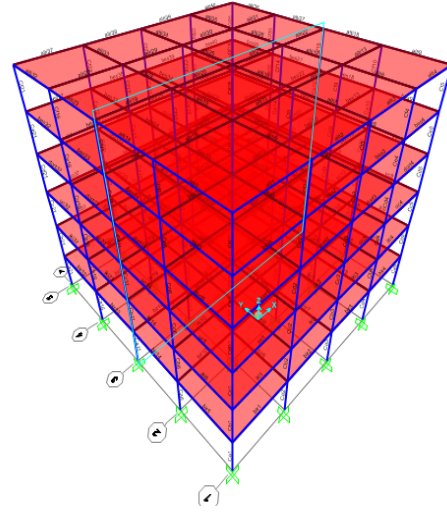
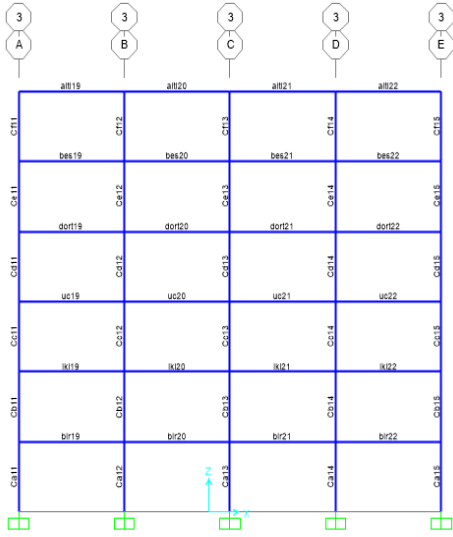
$$\omega_6 = 2.9620$$



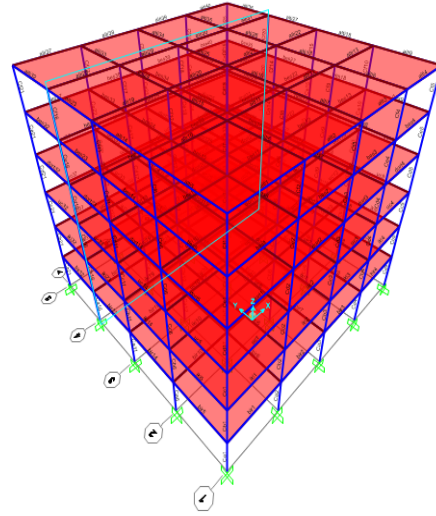
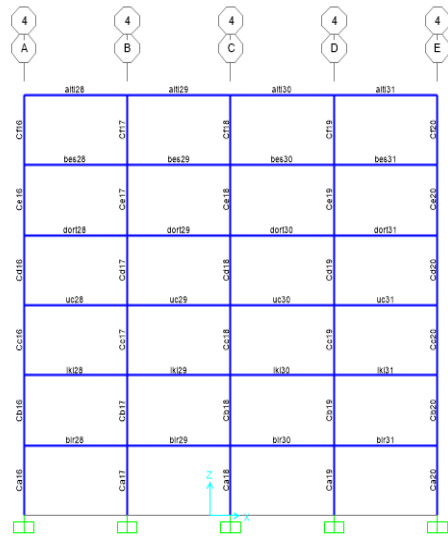
Şekil 4.19: Birinci çerçevenin elemanları [5]



Şekil 4.20: İkinci çerçevenin elemanları [5]

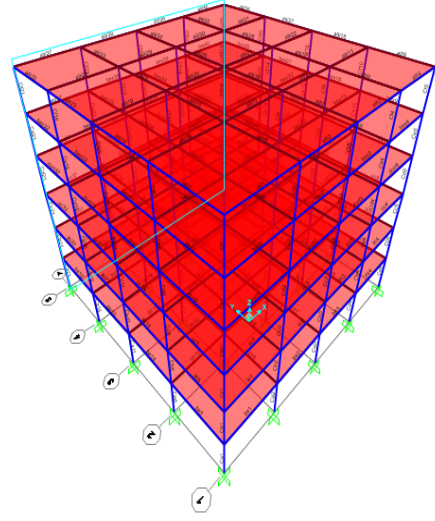
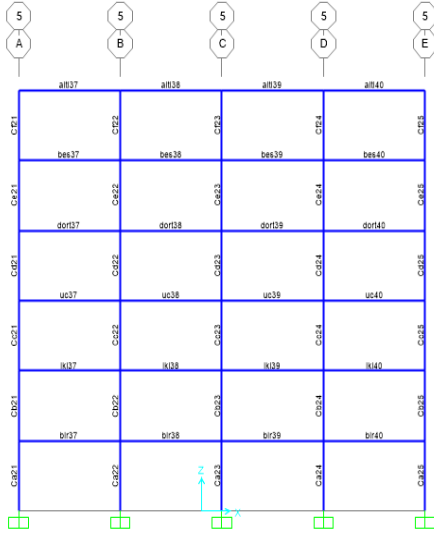


**Şekil 4.21:** Üçüncü çerçevenin elemanları [5]

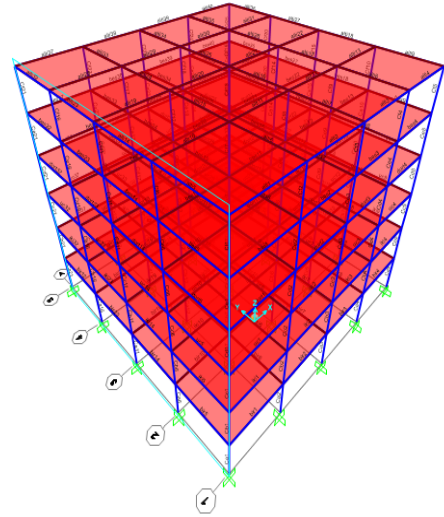
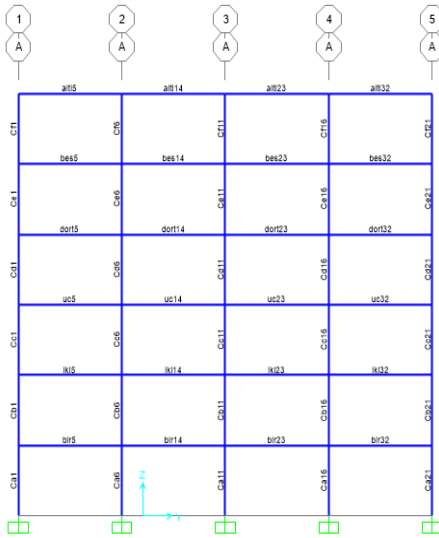


**Şekil 4.22:** Dördüncü çerçevenin elemanları [5]

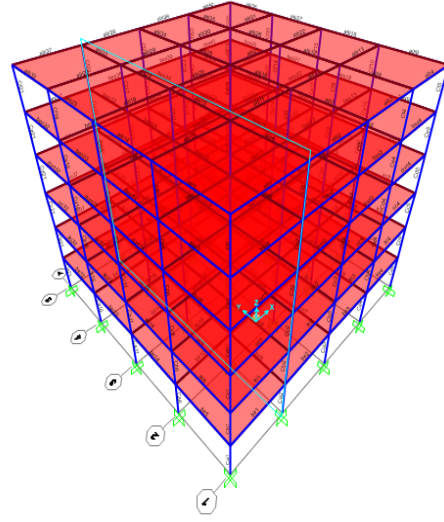
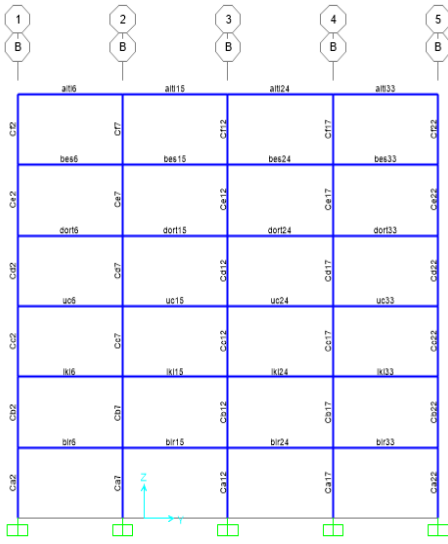




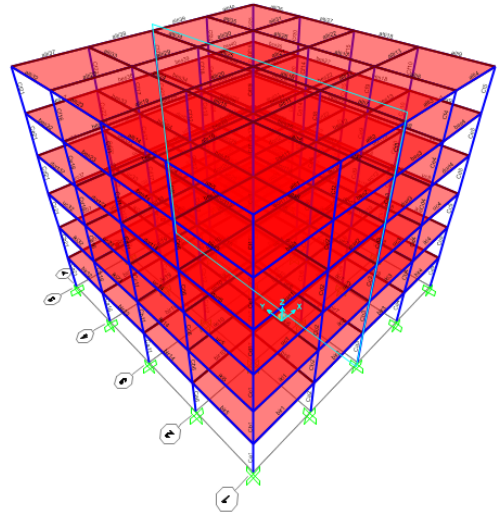
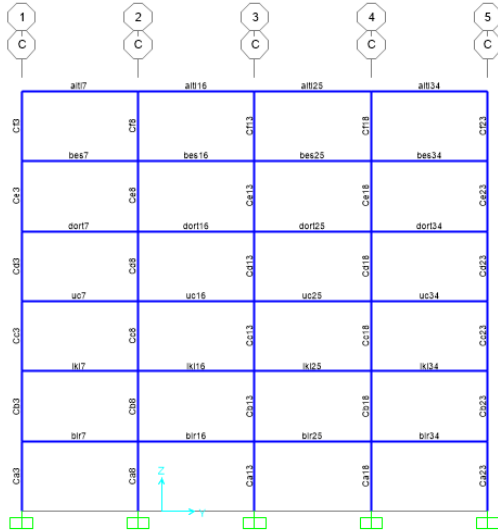
Şekil 4.23: Beşinci çerçevenin elemanları [5]



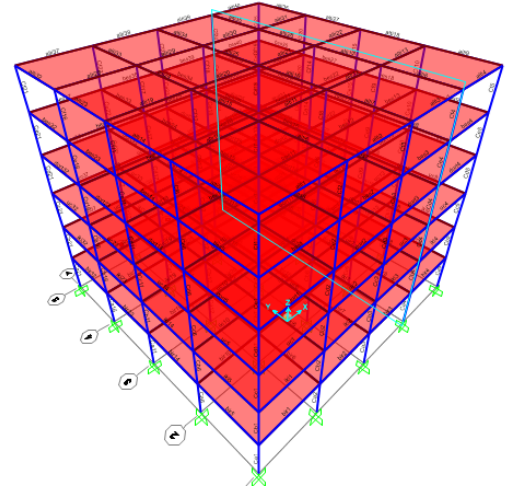
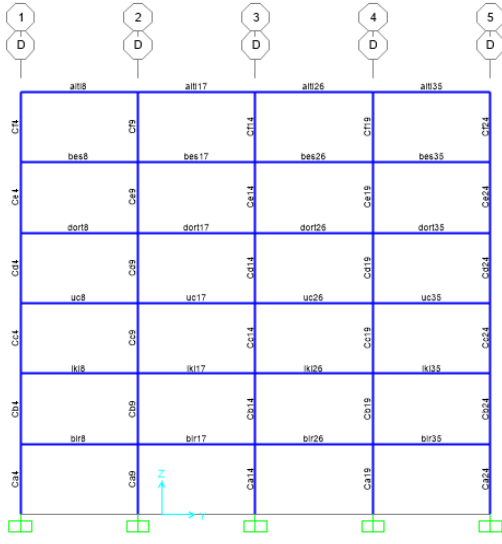
Şekil 4.24: A çerçevenin elemanları [5]



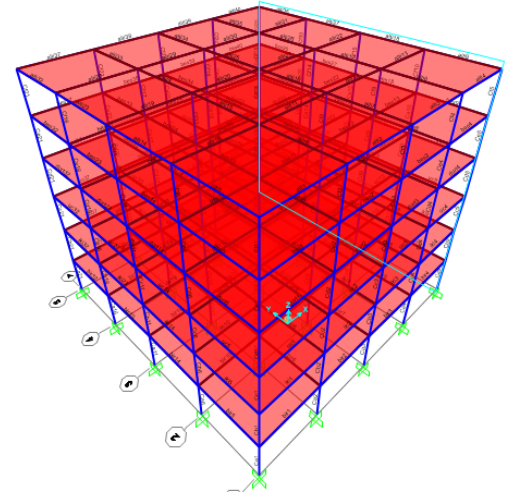
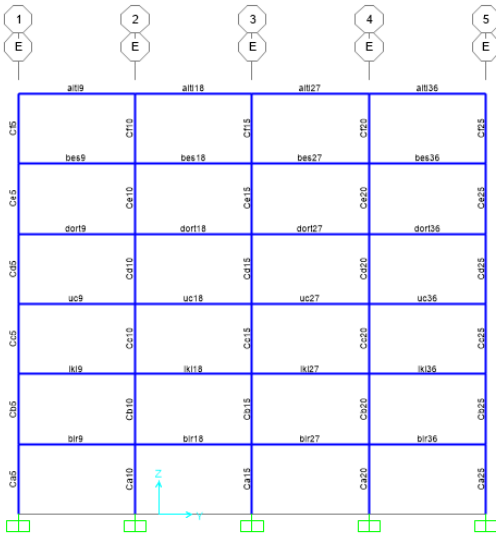
Şekil 4.25: B çerçevenin elemanları [5]



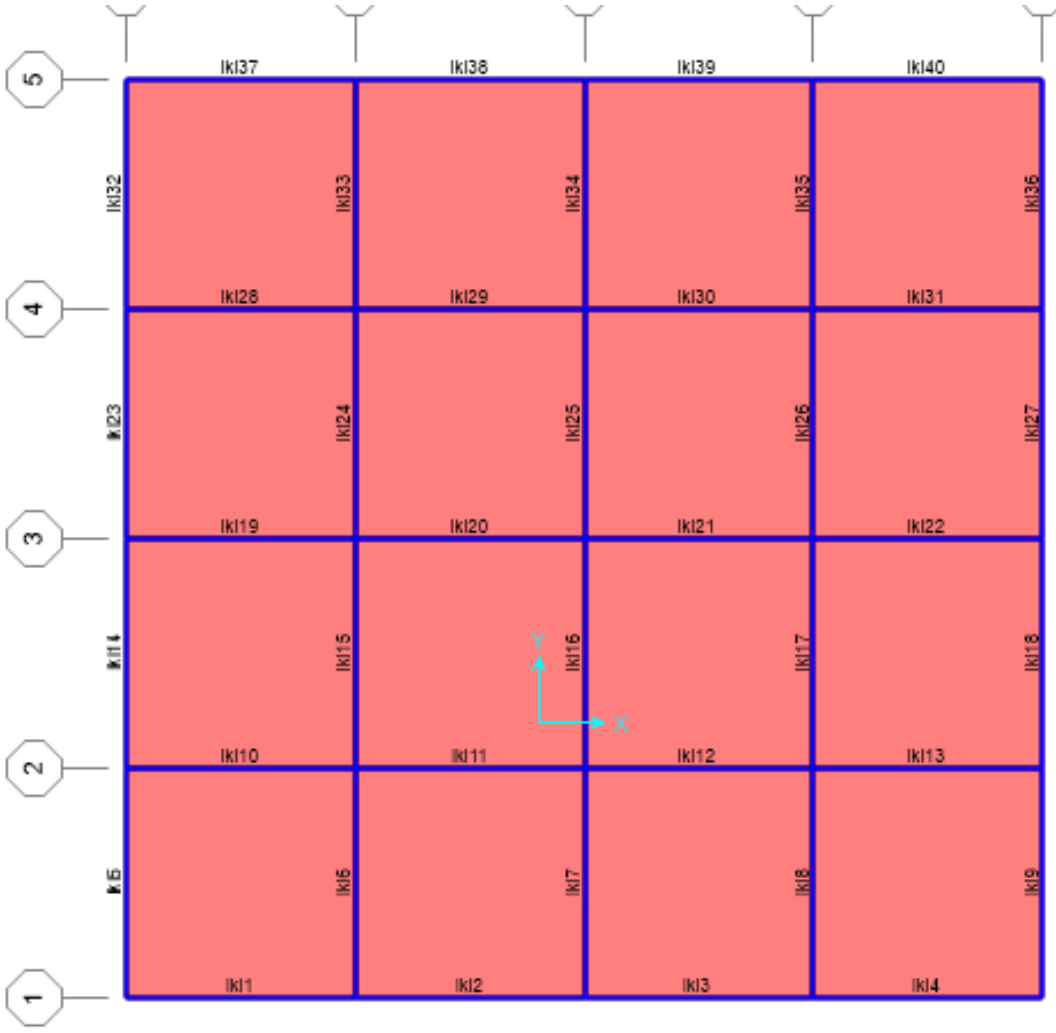
Şekil 4.26: C çerçevenin elemanları [5]



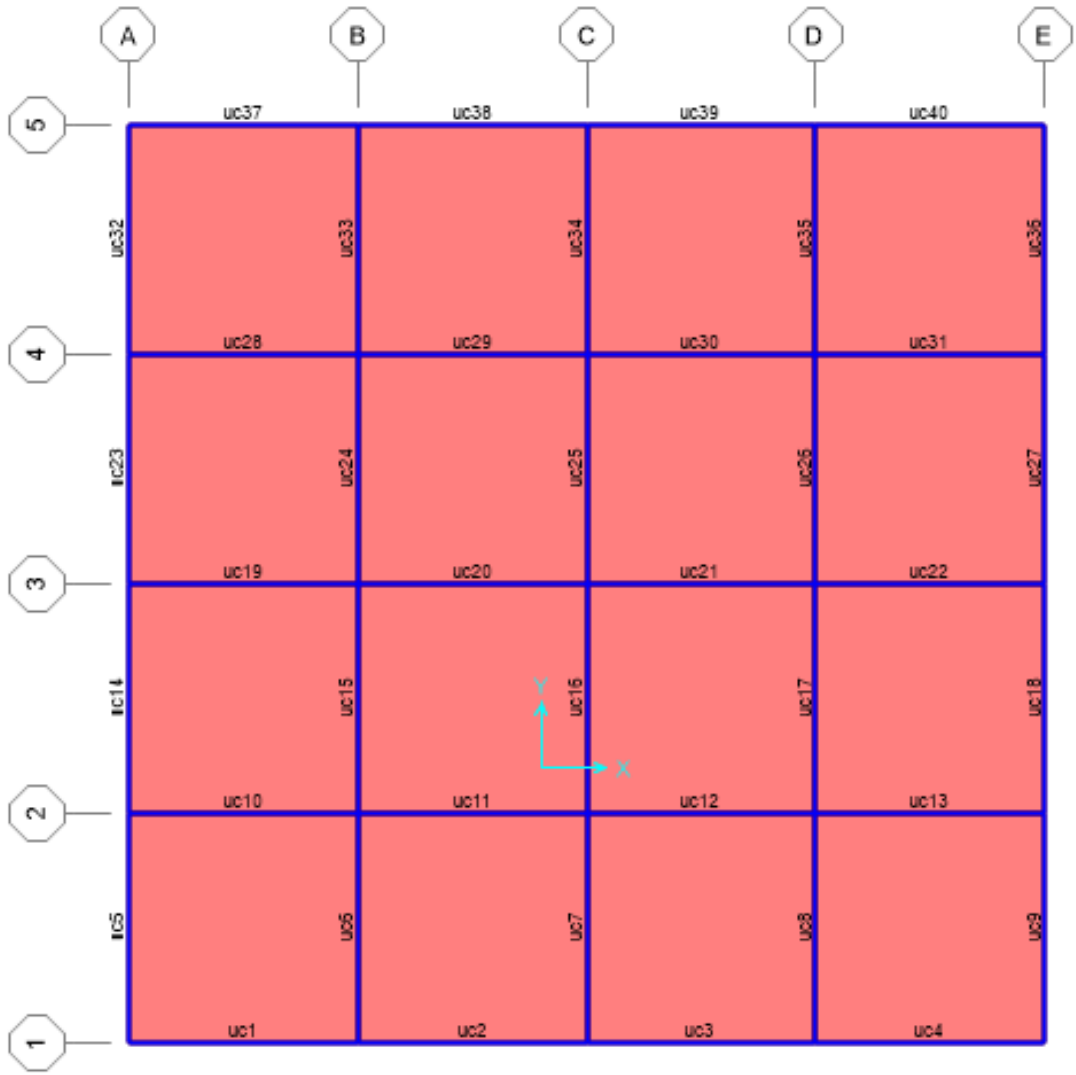
Şekil 4.27: D çerçevenin elemanları [5]



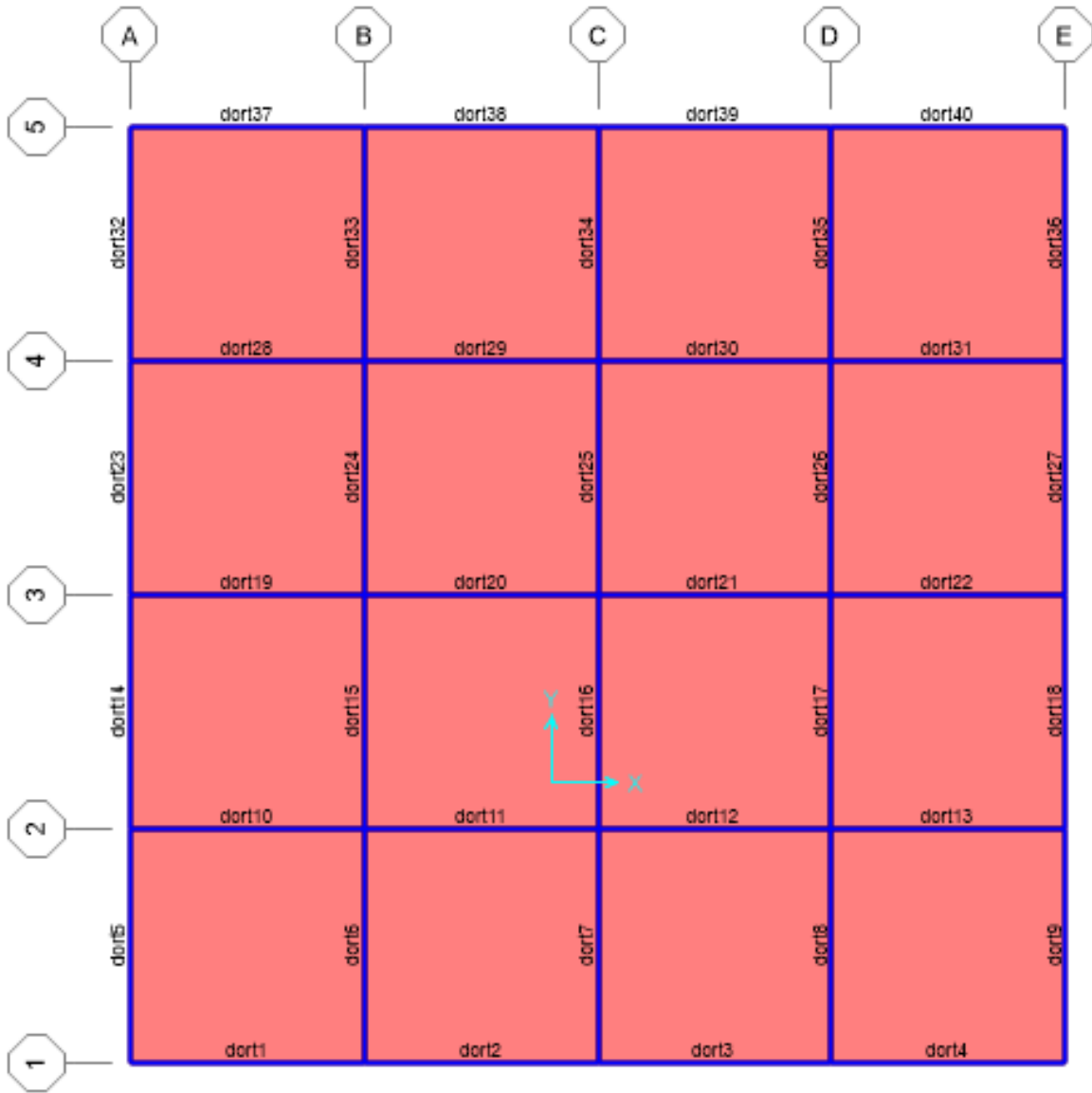
Şekil 4.28: E çerçevenin elemanları [5]



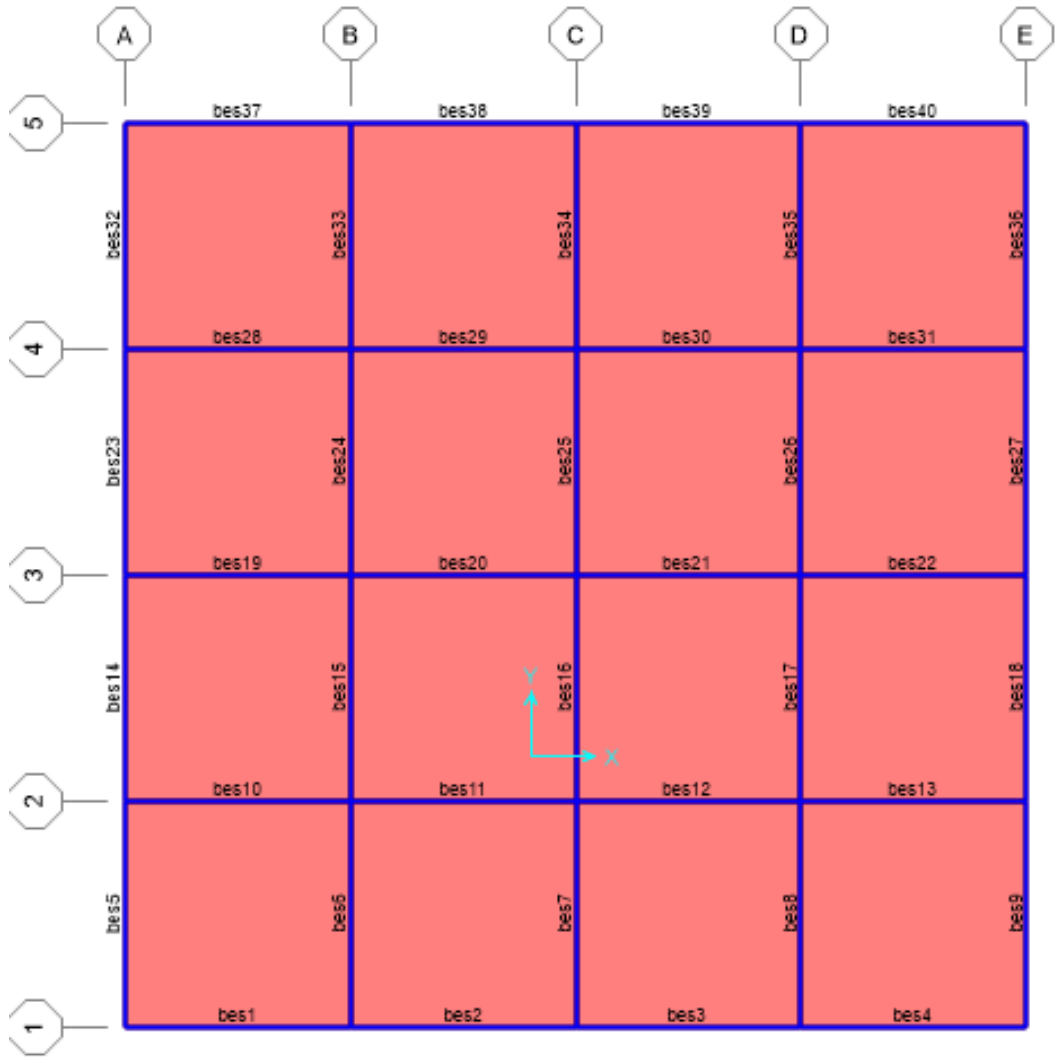
Şekil 4.29: İkinci kat planı [5]



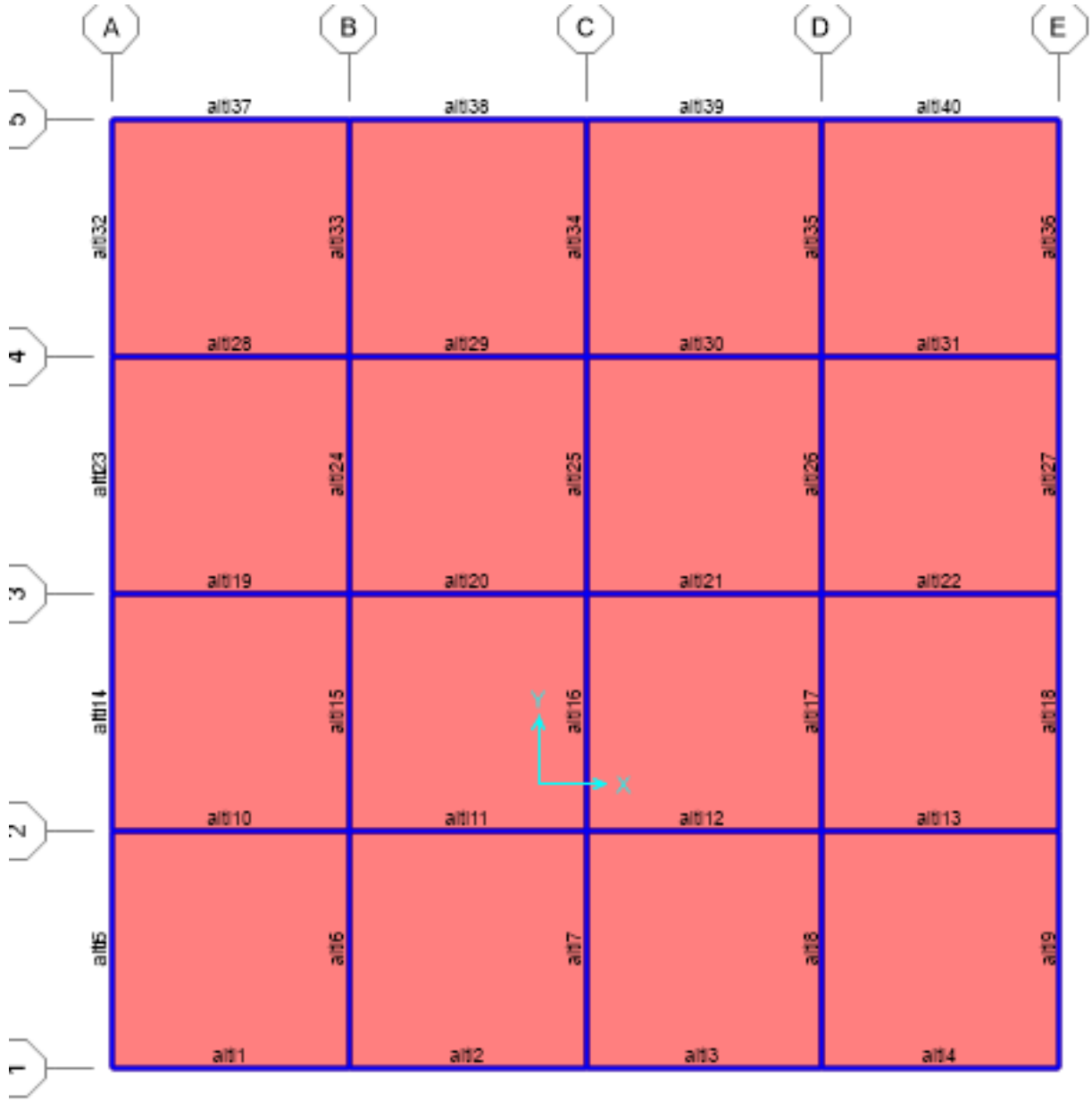
Şekil 4.30: Üçüncü kat planı [5]



Şekil 4.31: Dördüncü kat planı [5]



Şekil 4.32: Beşinci kat planı [5]



Şekil 4.33: Altıncı kat planı [5]



## 5. SONUÇ

Çalışmada 6 katlı betonarme bir çerçeve sistemine sahip yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre mevcut olan yüküne ilaveten deprem yüklemesi de yapılarak farklı deprem bölgelerindeki değişik zemin sınıflarındaki durumunun kıyaslanmasına dayanır. Yapı X ve Y doğrultularında simetriktir. Analizlerde sap 2000 programından faydalanılmıştır. Programda yapının elemanları çubuk elemanları olan kolon ve kirişler ile kabuk elemanı olarak perdeler tanımlanmıştır.

Bilgisayar donanım ve yazılımlarındaki gelişmeler, eskiden çoğu proje bütçesine göre çok pahalı olan analiz tekniklerini gerçekleştirmiştir. Bunlardan en önemlisi sismik cevap spektrum analizi olmuştur. Bu yöntem, eşdeğer statik yaklaşımdan çok daha doğru sonuçlar verir.

MDOF sistemleri için gerçekçi bir sismik tepkinin için iki yaklaşım kullanılmıştır: Yapıya bir dizi statik yatay kuvvetin uygulandığı eşdeğer statik analiz prosedürü. Bu kuvvetler, dinamik bir analizin öngöreceği bir yapıdaki maksimum etkileri taklit etmek içindir. İki modelden faydalanılmıştır: yapıya bir dizi statik horizontal kuvvetin uygulandığı özdeş istatistik analizi. Bu kuvvetler dinamik analizin tahminde bulunabileceği bir yapıda en büyük etkiyi koordine etmek için planlanmaktadır. Yapımız gösterişsiz ve küçük olduğu için bu metot iyi bir şekilde çalışır. Aynı zamanda dinamik bir analiz çeşitli kodlar tarafından belirlenmiş olan varsayım metodudur. Bu metot dinamik analizin en basit türü olduğu için modal analizini kullandık. Bu model yapının modu, şekilleri ve yaşını belirlemek için dinamik analizi zorunlu olarak gerektirir. Her bir modun yanıtını tanımlamak için yanıt spektrumunu kullanan metodu seçin. Her bir modun yanıtının diğer modlardan bağımsız olduğu, modal yanıtların toplam yapısal yanıtı tanımlamak için birleştirildiği onaylanmıştır. Altı kat veya daha fazla olan MDOF sistemleri için, dinamik analiz statik süreçle karşılaştırıldığında yer değiştirmelere ve daha küçük kuvvetlere yol açacaktır.

Sonuç olarak, kat kuvvetlerinin iki farklı analizi bulunmaktadır. Modal analizi ile elde edilen üst katlardaki kat kuvvetleri statik kuvvetlerden daha azdır ancak bu

sonuç daha düşük katlarda bunun tam aksinin gözlemlendiği ile devam etmez. Yüksek ve düşük katlar arasındaki bu farklılık kat kuvvetlerindeki daha yüksek modların etkisine bağlıdır. Sismik tasarım eşit statik analiz prosedürünün kullanılmasıyla, direnç gösteren yan yüke katları bağlamada kullanılması için kat düzeyindeki kuvvetler gerekli güvenlik düzeyinin sağlanması için elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Türk Standardları Enstitüsü.** (2000). Türk Standart 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.
- [2] **Türk Standardları Enstitüsü.** (1997). Türk standart 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin HesapDeğerleri.
- [3] **TBDY.** (2018). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
- [4] **Doğangün A.** (2018). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Biren Yayınevi, İstanbul.
- [5] Sap2000 Programıyla Analiz.
- [6] <https://www.engineeringexamples.net/structural-analysis-procedures-calculate-equivalent-static-force-acting-structure-due-earthquake-loading/> (last visit, 23.04.2019)
- [7] **Helou S. H. and Muhammad I.** (2014). Equivalent Lateral Load Method vs. Response Spectrum Analysis Which Way is Forward, Asian Journal of Engineering and Technology.
- [8] **Gottala A., Kishore K., Yajdhani S.** (2015) Comparative Study of Static and Dynamic Seismic Analysis of a Multistoried Building, IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering.
- [9] <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> (last visit, 23.04.2019)
- [10] **Armouti N. S.** (2004). Earthquake engineering theory and implementation. Amman. Jordan first edition
- [11] **Turkish building code (TBDY).** (2018). Ankara, Turkey.
- [12] **American Society of Civil Engineers.** (2010). "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-10", Reston, VA.
- [13] **İnşaat Mühendisliği / Program Eğitim / Sap2000 Eğitim**  
<https://www.insaatofis.com/sap2000-mi-sta4cad-mi-statik-hesap.html>
- [14] **Clough R. W.** (1995). Dynamics of Structures University of California, Berkeley.

- [15] **Armouti N. S.** (2008) Earthquake engineering theory and implementation, Amman. Jordan second edition
- [16] **UBC.** (1997). "Uniform Building Code" international Conference of building officials Whittier, California.
- [17] **Clough, R.W. , and Penzien, J.** (1993). Dynamic of structures 2nd edition, McGraw-Hill, New York.
- [18] **Eurocode 8-1998.** (2004). Design of structures for earthquake resistance.
- [19] **Özmen, G., Orakdöğen, E. Ve Darılmaz, K.** (2005). Örneklerle ETABS, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [20] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.** (2009). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, İstanbul Proje Koordinasyon Birimi, İstanbul.
- [21] **American Concrete Institute.** (2008). "Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318-08 and Commentary", Farmington Hills, MI.
- [22] **International Code Council.** (2009). "International Building Code, IBC 2009 ", Washington, D.C.
- [23] **Wight J. K. and McGregor J. G.** (2009). "Reinforced Concrete Mechanics and Design", Fifth edition, Pearson International Edition.
- [24] **Kasimzade A. A., Tuhta S., Atmaca G., Alameri I., Abrar O.** (2018). Novel Approach on Performance-Based Aseismic Design Based on FEMA Requirements, International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD).
- [25] **Tuhta S., Alameri I., Gunday F.** (2019). Numerical algorithms n4sid for system identification of buildings, International Journal of Advanced Research in Engineering Technology & Science.
- [26] **Al-Hagri G., Arslan M. K.** (2018), "Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin Tbdy 2018 Ve Tdy 2007'ye Göre Karşılaştırılması", Journal of Selcuk Technic, cilt 17, sayı 2.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Mohammad omar Mustafa A Hanoun

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 7.04.1993, Aqaba /ÜRDÜN

**E-posta** : omar\_hanon@hotmail.com

### Öğrenim Durumu

. **İlkokul ve lise** : Rosary Sister School Aqaba ve Wasfi Al-Tal Secondary Industrial Comprehensive School for Boys

. **Lisans** : 2016, Jerash Privet university. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

### Mesleki Deneyimler

Site Engineer at RCC for general constructing co.

From to (2/9/2015 to 28/10/2015)

Site engineer at DAR ALBENA FOR TRADING AND GENERAL CONT. CO.

From to (20/3/2016 to 25/7/2016)

