

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BETONARME BİR YAPIDA DEĞİŞEN ZEMİN SINIFININ DEPREM  
KUVVETLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMLERİ  
İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**SEÇİL KÜÇÜKYEŞİL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :**      **Dr. Öğr. Üyesi Fehmi ÇİVİCİ**                      **(Tez Danışmanı)**  
                                 **Dr. Öğr. Üyesi Altuğ YAVAŞ**  
                                 **Dr. Öğr. Üyesi Serkan SAĞIROĞLU**

**BALIKESİR, OCAK - 2023**

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Betonarme Bir Yapıda Değişen Zemin Sınıfının Deprem Kuvvetleri Üzerindeki Etkisinin Doğrusal Analiz Yöntemleri İle Karşılaştırılması**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Seçil KÜÇÜKYEŞİL**

(imza)

## ÖZET

### BETONARME BİR YAPIDA DEĞİŞEN ZEMİN SINIFININ DEPREM KUVVETLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEÇİL KÜÇÜKYEŞİL

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ FEHİMİ ÇİVİCİ)

BALIKESİR, OCAK - 2023

Yapıların güvenli tarafta olması ve tehlike arz etmemesi, yapının üzerine gelen tüm kuvvetleri karşılaması ile açıklanabilir. Yapıya etki eden bu yükler hareketli, zati, rüzgâr, deprem, su, toprak yükü gibi başlıklarda toplanabilir. Deprem yükü hariç diğer tüm yüklerin tek bir değeri varken deprem yükü çözümde uygulanan analiz yöntemine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Ayrıca deprem yükünü, binanın inşa edileceği koordinatlar, bina yüksekliği, yerel zemin sınıfı, bina önem katsayısı, taşıyıcı sistem katsayısı da etkilemektedir.

Binaların değerlendirme ve tasarımında kullanılacak yöntemler, TBDY 2018’de iki başlıkta verilmiştir. Bunlar doğrusal analiz yöntemleri ve doğrusal olmayan analiz yöntemleridir. Doğrusal analiz yöntemleri kendi içinde eşdeğer deprem yükü yöntemi ve modal hesap yöntemleri olarak ikiye ayrılırken, doğrusal olmayan analiz yöntemleri, zaman tanım alanında ve itme hesap yöntemleri olarak iki başlığa ayrılmıştır.

Bu çalışmada bina yüksekliği ve değişen zemin sınıflarının taban kesme kuvvetine etkisini incelemek hedeflenmiştir. Bu amaçla aynı taşıyıcı sisteme sahip 5 katlı ve 10 katlı iki ayrı yapı modellenmiştir. Modellenen yapıların tabanına etkileyen taban kesme kuvvetinin hesabında eşdeğer deprem yükü analizi ve mod birleştirme analizi kullanılmıştır. Yapı analizleri SAP2000 analiz programı ile yapılmış, analiz sonucunda ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinin değişimi raporlanmıştır. Analizler sonucunda 5 katlı yapıda ZA, ZB, ZC zemin sınıflarında eşdeğer taban kesme kuvvetlerinin, mod birleştirme kuvvetlerinden %10-%20 oranında daha büyük olduğu gözlemlenirken ZD ve ZE zemin sınıflarında bu değer yaklaşık %20-%25 oranına ulaşmıştır. 10 katlı yapıda ise eşdeğer taban kesme kuvvetleri her zemin sınıfında, mod birleştirme kuvvetlerinden %25 oranında daha büyük sonuçlar vermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Mod birleştirme yöntemi, eşdeğer deprem yükü yöntemi, TBDY 2018

Bilim Kod / Kodları : 91102, 91104, 91128

Sayfa Sayısı: 78

## ABSTRACT

### COMPARISON OF THE EFFECT OF CHANGING SOIL CLASS ON EARTHQUAKE FORCE IN A REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH LINEAR ANALYSIS METHODS

MSC THESIS  
SEÇİL KÜÇÜKYEŞİL  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CIVIL ENGINEERING  
(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. FEHMİ ÇİVİCİ)

BALIKESİR, JANUARY - 2023

The fact that the structures are on the safe side and do not pose a danger can be explained by the fact that the structure meets all the forces on it. These loads affecting the structure can be grouped under headings such as live, dead, wind, earthquake, water, ground load. Except for the earth quake load, all other loads have a single value, while the earthquake load may differ according to the analysis method applied in the solution. In addition, the earthquake load is affected by the coordinates in which the building will be constructed, the height of the building, the local ground class, the building importance factor, response reduction factors.

The purpose of the evaluation and design of the buildings is given under two headings in TBEC 2018. These are linear analysis methods and nonlinear analysis methods. While linear analysis methods are divided into two as Equivalent Earthquake Load Method and Modal Analysis Methods, nonlinear analysis methods are divided into two titles as time history and Pushover Methods.

In this study, it is aimed to examine the effect of building height and changing ground classes on the base shear force. For this purpose, two separate 5-storey and 10-storey buildings with the same structural systems were modeled. Equivalent earthquake load analysis and mod combination analysis were used to calculate the base shear force acting on the base of the modeled structures.

Structural Analyzes were made with the SAP2000 analysis program, and as a result of the analysis, the change in the base shear force acting on the structure in ZA, ZB, ZC, ZD and ZE ground classes was reported. As a result of the analyzes, it was observed that the equivalent base shear forces in the ZA, ZB, ZC ground classes in the 5-storey building were 10%-20% larger than the mode combination forces, while this value reached approximately 20%-25% in the ZD and ZE ground classes. On the other hand, in a 10-storey building, equivalent base shear forces yielded 25% greater results than the mode combination forces in each ground class.

**KEYWORDS:** Mode combination method, equivalent earthquake load method, TBEC 2018

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Yöntem ve Kapsam.....	1
1.3. Literatür.....	2
<b>2. DEPREM ETKİSİNDEKİ BİNALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN GENEL ESASLAR</b> .....	<b>5</b>
2.1. Deprem Tehlike Haritaları.....	5
2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	5
2.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....	6
2.3.1. Tasarım Spektral İvme Katsayıları ve Harita Spektral İvme Katsayıları.....	6
2.3.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	6
2.4. Deprem Yer Hareketi Spektrumları.....	6
2.4.1. Yatay Yönde Elastik Tasarım Spektrumu.....	7
2.4.2. Düşey Yönde Elastik Tasarım Spektrumu.....	9
2.5. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı.....	10
2.6. Deprem Tasarım Sınıfları.....	10
2.7. Bina Yükseklik Sınıfları.....	10
<b>3. DEPREM ETKİSİNDEKİ BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI</b> ..	<b>11</b>
3.1. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı.....	11
3.2. Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı.....	11
3.3. Yatay Yönde Deprem Etkisinde Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu.....	12
3.4. Düşey Yönde Deprem Etkisi.....	12
3.5. Doğrusal Hesap Yöntemleri.....	12
3.5.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Doğrusal Deprem Analizi.....	13
3.5.2. Modal Hesap Yöntemleri.....	14
<b>4. SAP2000 ile EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ METODU ANALİZİ</b> .....	<b>16</b>
4.1. Bina Genel Bilgileri.....	16
4.2. SAP2000 Programında Yapı Modellenmesi.....	18
4.2.1. Yeni Model Tanımlama.....	18
4.2.2. Malzeme Tanımlama.....	19
4.2.3. Kesit ve Döşeme Tanımlama.....	21
4.2.4. Kolon, Kiriş ve Döşemelerin Çizimi.....	23
4.2.5. Yük Modelleri ve Yük Tanımlama.....	24
4.2.6. Döşeme ve Kirişlerde Yük Girişi.....	24
4.2.7. Kat Kopyalama ve Mesnet Tanımlama.....	27
4.2.8. Kütle Katılım Katsayısı ve Ağırlık Kombinasyonu Tanımlaması.....	29
4.2.9. Analiz ve Bina Periyodunun Okunması.....	31
4.2.10. Bina ağırlık hesaplaması.....	33

4.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Analizi .....	34
4.4. Düzensizlik Kontrolü .....	44
<b>5. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ANALİZ .....</b>	<b>51</b>
5.1. Azaltılmış Spektrum Eğrileri .....	51
5.2. Tepki Spektrum Analizi .....	52
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>59</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>70</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>73</b>
<b>EK A: TBDY 2018 “Deprem Etkisindeki Binaların Tasarımı Ve Değerlendirilmesi İçin Genel Esaslar” bölümünde verilen tablolar .....</b>	<b>73</b>
<b>EK B: TBDY 2018 “Deprem Etkisindeki Binaların Dayanıma Göre Tasarımı” ...</b>	<b>77</b>
<b>bölümünde verilen tablolar .....</b>	<b>77</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>78</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: “Deprem tehlike haritası” (AFAD, 2018). .....	5
Şekil 2.2: “Yatay elastik tasarım spektrum eğrisi” (TBDY, 2018). .....	8
Şekil 2.3: “Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri” (TBDY, 2018). .....	8
Şekil 2.4: “Düşey elastik tasarım spektrum ivmesi” (TBDY, 2018). .....	9
Şekil 4.1: Sap2000 plan görünümü. ....	17
Şekil 4.2: SAP2000 aks tanımlama. ....	18
Şekil 4.3: Beton tanımlama penceresi. ....	19
Şekil 4.4: Donatı tanımlama penceresi. ....	20
Şekil 4.5: Kiriş tanımlama penceresi. ....	21
Şekil 4.6: Kolon tanımlama penceresi. ....	22
Şekil 4.7: Döşeme tanımlama penceresi. ....	22
Şekil 4.8: Kolon, kiriş ve döşemelerin çizimi. ....	23
Şekil 4.9: Yük tanımlama penceresi. ....	24
Şekil 4.10: Döşemelerde ölü yük girişi. ....	25
Şekil 4.11: Döşemelerde hareketli yük girişi. ....	25
Şekil 4.12: Dış kirişlere duvar yükü girişi. ....	26
Şekil 4.13: İç kirişlere duvar yükü girişi. ....	26
Şekil 4.14: 5 katlı yapı modeli. ....	27
Şekil 4.15: 10 katlı yapı modeli. ....	28
Şekil 4.16: Mesnet tanımlama penceresi. ....	29
Şekil 4.17: Hareketli yük kütle katılım katsayısı tanımlama. ....	29
Şekil 4.18: Ağırlık kombinasyonu tanımlaması. ....	30
Şekil 4.19: Kombinasyonların tanımlanması. ....	30
Şekil 4.20: EZ’ nin programa girilmesi. ....	31
Şekil 4.21: Analiz penceresi. ....	31
Şekil 4.22: 10 katlı binada kütle katılım oranı ve periyot okunması. ....	32
Şekil 4.23: 5 katlı binada kütle katılım oranı ve periyot okunması. ....	32
Şekil 4.24: Analiz sonuçlarından P kuvvetlerinin bulunması. ....	33
Şekil 4.25: Kolon alt ucu kuvvetleri. ....	33
Şekil 4.26: X yönünde eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi. ....	45
Şekil 4.27: X yönünde pozitif %5 eksatirisite verilmiş eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi. ....	45
Şekil 4.28: X yönünde negatif %5 eksatirisite verilmiş eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi. ....	46
Şekil 4.29: X yönünde deplasman okuma penceresi. ....	47
Şekil 4.30: Düğüm noktasından deplasman okuma. ....	48
Şekil 5.1: Yatay elastik tasarım spektrumları. ....	51
Şekil 5.2: ZA için yatay elastik tasarım spektrum eğrisinin SAP2000’e eklenmesi. ....	52
Şekil 5.3: Tepki spektrum ayarları. ....	53
Şekil 5.4: MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina). ....	54
Şekil 5.4: MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina). ....	54
Şekil 5.5: Tepki spektrum ayarlarında $\beta tE$ katsayısının işlenmesi. ....	55

<b>Şekil 5.6:</b> $\beta tE$ katsayısı ile büyütülmüş MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina).....	56
<b>Şekil 5.7:</b> $\beta tE$ katsayısı ile büyütülmüş MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina). .....	56
<b>Şekil 6.1:</b> $S_{DS}$ ve $S_{D1}$ karşılaştırma grafiği.....	59
<b>Şekil 6.2:</b> Yatay elastik tasarım spektrumu karşılaştırma grafiği.....	60
<b>Şekil 6.3:</b> (X) doğrultusunda eşdeğer taban kesme kuvvetleri. ....	61
<b>Şekil 6.4:</b> (Y) doğrultusunda eşdeğer taban kesme kuvvetleri. ....	61
<b>Şekil 6.5:</b> (X) doğrultusunda mod birleştirme taban kesme kuvvetleri. ....	62
<b>Şekil 6.6:</b> (Y) doğrultusunda mod birleştirme taban kesme kuvvetleri. ....	63
<b>Şekil 6.7:</b> (X) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (5 katlı yapı). ....	63
<b>Şekil 6.8:</b> (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (5 katlı yapı). ....	64
<b>Şekil 6.9:</b> (X) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (10 katlı yapı). ....	65
<b>Şekil 6.10:</b> (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (10 katlı yapı). ....	65
<b>Şekil 6.11:</b> (X) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (5 katlı bina).....	66
<b>Şekil 6.12:</b> (Y) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (5 katlı bina).....	67
<b>Şekil 6.13:</b> (X) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (10 katlı bina).....	68
<b>Şekil 6.14:</b> (Y) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (10 katlı bina).....	68



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1:</b> Bina tasarım özellikleri.....	16
<b>Tablo 4.2:</b> Tasarım spektral ivme katsayıları.....	17
<b>Tablo 4.3:</b> Hesaplanan periyotlar.....	34
<b>Tablo 4.4:</b> ZA zemin sınıfında X yönündeki taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması.....	37
<b>Tablo 4.5:</b> ZA zemin sınıfında Y yönündeki taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması.....	37
<b>Tablo 4.6:</b> ZA zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (5 katlı bina).....	38
<b>Tablo 4.7:</b> ZA zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (10 katlı bina).....	38
<b>Tablo 4.8:</b> ZB zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (5 katlı bina).....	39
<b>Tablo 4.9:</b> ZB zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (10 katlı bina).....	39
<b>Tablo 4.10:</b> ZC zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (5 katlı bina).....	40
<b>Tablo 4.11:</b> ZC zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (10 katlı bina).....	40
<b>Tablo 4.12:</b> ZD zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (5 katlı bina).....	41
<b>Tablo 4.13:</b> ZD zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (10 katlı bina).....	41
<b>Tablo 4.14:</b> ZE zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (5 katlı bina).....	42
<b>Tablo 4.15:</b> ZE zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri..... (10 katlı bina).....	42
<b>Tablo 4.16:</b> (X) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	43
<b>Tablo 4.17:</b> (Y) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri.....	43
<b>Tablo 4.18:</b> ZE zemin sınıfında EX yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.....	49
<b>Tablo 4.19:</b> ZE zemin sınıfında EXP-EXN yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.....	49
<b>Tablo 4.20:</b> ZE zemin sınıfında EY yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.....	50
<b>Tablo 4.21:</b> ZE zemin sınıfında EYP-EYN yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.....	50
<b>Tablo 5.1:</b> Beta katsayısı ile düzenlenmiş taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina).....	57
<b>Tablo 5.2:</b> Beta katsayısı ile düzenlenmiş taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina).....	57
<b>Tablo 5.3:</b> Hesaplanan taban kesme kuvvetleri (X yönü).....	58
<b>Tablo 5.4:</b> Hesaplanan taban kesme kuvvetleri (Y yönü).....	58
<b>Tablo A.1:</b> “Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları” (TBDY, 2018).....	73
<b>Tablo A.2:</b> “1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları” (TBDY, 2018).....	73
<b>Tablo A.3:</b> “Yerel zemin sınıfları” (TBDY, 2018).....	74

<b>Tablo A.4:</b> “Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayıları” (TBDY, 2018). .....	75
<b>Tablo A.5:</b> “Deprem tasarım sınıfı” (TBDY, 2018). .....	75
<b>Tablo A.6:</b> “Bina yükseklik sınıfları” (TBDY, 2018). .....	76
<b>Tablo B.1:</b> “R ve D katsayıları” (TBDY, 2018). .....	77
<b>Tablo B.2:</b> “Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar” .....	77
(TBDY, 2018). .....	77

## SEMBOL LİSTESİ

<b><math>A_t</math></b>	: Eşdeğer alan [m <sup>2</sup> ] (Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılır)
<b>BKS</b>	: Bina Kullanım Sınıfı
<b>BYS</b>	: Bina Yükseklik Sınıfı
<b><math>C_t</math></b>	: Ampirik doğal titreşim periyodu formülünde kullanılan bir katsayı
<b>D</b>	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
<b>DD-1</b>	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
<b>DD-2</b>	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
<b>DD-3</b>	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
<b>DD-4</b>	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi
<b>DTS</b>	: Deprem Tasarım Sınıfı
<b><math>d_{fi}</math></b>	: $i$ 'inci kata etki ettirilen fiktif yükten oluşan yer değiştirme [m]
<b><math>E_d</math></b>	: Tasarıma esas toplam deprem etkisi
<b><math>E_d^{(H)}</math></b>	: Tasarıma esas yatay deprem etkisi
<b><math>E_d^{(X)}</math></b>	: (X) yönünde tasarıma esas deprem etkisi
<b><math>E_d^{(Y)}</math></b>	: (Y) yönünde tasarıma esas deprem etkisi
<b><math>E_d^{(Z)}</math></b>	: (Z) yönünde tasarıma esas deprem etkisi
<b><math>F_{fi}^{(X)}</math></b>	: (X) yönünde $i$ 'inci kata etki ettirilen deprem yükü [kN]
<b><math>F_{iE}^{(X)}</math></b>	: (X) yönünde $i$ 'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü [kN]
<b><math>F_s</math></b>	: Kısa periyot bölgesindeki yerel zemin etki katsayısı
<b><math>F_1</math></b>	: 1.0 saniye periyot bölgesindeki yerel zemin etki katsayısı
<b><math>\Delta F_{NE}^{(X)}</math></b>	: (X) yönünde binanın son katına etki eden ek eşdeğer deprem yükü [kN]
<b><math>G</math></b>	: Ölü yük
<b><math>g_i</math></b>	: Yapının $i$ 'inci katındaki toplam ölü yük
<b><math>g</math></b>	: Yerçekim ivmesi [ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ]
<b><math>h_i</math></b>	: Binanın $i$ 'inci katının kat yüksekliği [m]
<b><math>I</math></b>	: Bina Önem Katsayısı
<b><math>n</math></b>	: Hareketli yük katılım katsayısı
<b><math>R</math></b>	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
<b><math>R_a(T)</math></b>	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
<b><math>S_{ae}(T)</math></b>	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
<b><math>S_{de}(T)</math></b>	: Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirme [m]
<b><math>S_{DS}</math></b>	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
<b><math>S_{D1}</math></b>	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
<b><math>S_s</math></b>	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
<b><math>S_1</math></b>	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
<b><math>T</math></b>	: Doğal titreşim periyodu [s]
<b><math>T_A</math></b>	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumunda köşe periyodu [s]
<b><math>T_{AD}</math></b>	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumunda köşe periyodu [s]

- $T_B$**  : Yatay elastik tasarım ivme spektrumunda köşe periyodu [s]
- $T_{BD}$**  : Düşey elastik tasarım ivme spektrumunda köşe periyodu [s]
- $T_L$**  : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
- $T_{LD}$**  : Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
- $T_p$**  : Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
- $W$**  : Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- $w_i$**  : Binanın  $i$ 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

## **ÖNSÖZ**

Tez çalışmam boyunca bilgi, tecrübe ve yardımlarını benden esirgemeyen tez danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi FEHMİ ÇİVİCİ 'ye, maddi ve manevi her konuda destek veren eşim İnş. Yük. Müh. Ömer Faruk KÜÇÜKYEŞİL'e teşekkürlerimi sunarım.

**Balıkesir, 2023**

**Seçil KÜÇÜKYEŞİL**

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz fay hatları üzerinde bulunduğundan inşa edilen yapıların tasarlanmasında deprem kuvvetinin önemli bir rolü vardır. Yapıların depreme dayanıklı olması, binaların güncel yönetmeliklere göre tasarlanması ve tasarıma uygun olarak şantiyede uygulama yapılması ile mümkündür.

Deprem yönetmeliğimize göre yapılara etkileyen deprem yüklerinin hesabı, doğrusal ve doğrusal olmayan analizler olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir. Binanın inşa edileceği zeminin zemin sınıfı, bina önem katsayısı, bina yüksekliği gibi parametreler bina üzerine etkileyen deprem kuvvetlerini etkilemektedir.

Bu çalışma kapsamında ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki, bina yükseklik sınıfı 4 olan 5 katlı yapı ve bina yükseklik sınıfı 7 olan 10 katlı, iki ayrı yapıya etki eden taban kesme kuvvetinin değişimi iki farklı analiz yöntemi ile incelenmiştir.

### 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez araştırmasında kat yükseklikleri farklı olan iki ayrı binaya etki eden toplam taban kesme kuvvetlerinin, bina yükseklik sınıfı, yerel zemin sınıfı ve seçilen doğrusal analiz yöntemine göre değişimini incelemek amaçlanmıştır. Mod birleştirme yöntemi ve eşdeğer deprem yükü metodu ile analiz edilen 5 ve 10 katlı iki ayrı yapıda, binaya etkileyen taban kesme kuvvetleri grafikler üzerinde incelenerek, doğrusal analiz yöntemlerinden hangisinin, hangi bina yüksekliği ve zemin sınıflarında uygulanmasının bir yapı inşasında daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

### 1.2. Yöntem ve Kapsam

Bu tez çalışmasında uluslararası mühendislik programı, “Structural Analysis Program” (SAP 2000)‘den yararlanılmıştır. ZA, ZB, ZC, ZD, ZE olmak üzere 5 farklı zemin sınıfı, kat sayısı 5 ve 10 olan iki farklı bina ve iki ayrı analiz türü kullanılmıştır. Bu analizler eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemleridir. Tüm bu değişkenlerle 20 adet analiz yapılmış ve analizler sonucunda taban kesme kuvvetlerinin değişimi grafikler üzerinde incelenmiştir. Bundan sonraki bölümlerde eşdeğer deprem yükü yönteminden, EDYY olarak, mod birleştirme yönteminden kısaca MBY olarak bahsedilecektir.

Daha önce yapılan çalışmalar Literatür başlığı altında Bölüm 1.3’de verilmiştir. Bölüm 2’de deprem etkisindeki binaların tasarımı ve değerlendirilmesi için genel esaslara değinilmiştir. Bölüm 3’te TBDY 2018’deki doğrusal hesap yöntemleri açıklanmıştır. Bölüm 4’te ise 5 ve 10 katlı iki ayrı betonarme binanın, 5 zemin sınıfında da, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre analizleri gerçekleştirilmiştir. Bölüm 5’de analiz yöntemi değişmiş ve aynı binaların mod birleştirme yöntemi ile analizi yapılmıştır. Son olarak bölüm 6’da analiz sonuçları grafiklerle gösterilmiş ve karşılaştırılmıştır.

### **1.3. Literatür**

Deprem, yüzyıllardır insanlığın en büyük korkularından biri olmuştur. Geçmiş nesiller deprem hakkında bilgi sahibi olabilmek için çeşitli araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırmalar neticesinde sadece deprem dalgalarını ve yer hareketlerini incelemenin depremi felaket olmaktan çıkarmayacağı anlaşılmıştır. Bu anlayış üzerine yapıların depreme karşı dayanımı incelenmeye başlanmıştır. Ülkemizde de deprem etkisindeki binaların tasarımı ve değerlendirilmesi için araştırmalar yapılmış ve devam etmektedir. TBDY 2018’de deprem etkisindeki binaların dayanıma göre tasarım ilkesinde deprem analizi yöntemleri yer almaktadır. Bu yöntemler doğrusal analiz yöntemi olan eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemidir. Aşağıda bu iki analiz yöntemi ile ilgili daha önce yapılan araştırmalara yer verilmiştir.

Mehmet Ali İŞSEVER, 2012 yılında yaptığı Eşdeğer Deprem Yükü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Çok Katlı Betonarme Bir Yapıda Kıyaslanması isimli tez çalışması yapmıştır. Tez çalışmasında doğrusal analiz yöntemleri ile analiz yapılmış, bulunan taban kesme kuvvetlerinin, EDYY’ de, MBY’ ne göre %10 daha büyük olduğu belirlenmiştir

Mohammad Omar Mustafa A. HANOUN, 2019 yılında yaptığı, Eşdeğer Deprem Yükü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Betonarme Binalarda Karşılaştırılması adlı tezinde 6 katlı betonarme bir binanın SAP2000 programı ile üzerine deprem yüklemesi yapılmış, doğrusal analiz yöntemleri karşılaştırılmıştır. MBY ile yapılan analizde kat kuvvetleri statik kuvvetlerden daha az çıkmış, ancak kat sayısı düşük binalarda bunun tam aksi gözlemlenmiştir. Düşük ve yüksek katlar arasındaki bu farklılığın kat kuvvetlerindeki daha yüksek modların etkisine bağlı olduğu gözlemlenmiştir.

Şeyda HAVA'nın 2019 yılında yaptığı, Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle TDY 2007 Ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi isimli tez çalışmasında, TBDY 2018 ile yapılan analizde kat deplasmanları ve periyot değerinin TDY 2007'ye ile yapılan analizden daha büyük olduğu ortaya konmuştur. TBDY 2018 ile yapılan çalışmada ZA zemin sınıfından ZD zemin sınıfına gidildikçe taban kesme kuvvetinin büyüdüğü gözlemlenmiştir.

Bismellah FAİZİ'nin , 2022 yılında yaptığı, Binaların Kütle Ve Rijitliğindeki Tedrici Değişimin Eşdeğer Deprem Yüğü Ve Mod Birleştirme Yöntemi İle İncelenmesi adlı tezinde, seçilen 4, 7 ve 10 katlı binalar ETABS programında analiz edilerek EDYY' de bulunan taban kesme kuvvetinin MBY' den daha büyük olduğu ortaya konmuştur.

Emre UKÇUL'un , 2013 yılında yayınlanan, Betonarme Bir Yapıda Farklı Zemin Sınıflarının Deprem Davranışına Etkisi isimli tez araştırmasında D.B.Y.B.H.Y. 2007 'ye göre tasarlanan perde ve çerçeve sistemli 13 katlı betonarme bir yapı, Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında, EDYY ve MBY ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Z1 den Z4 e doğru deprem kuvvetlerinin arttığı ve EDYY ile bulunan deprem kuvvetlerinin MBY ile bulunan deprem kuvvetlerinden daha büyük olduğu ortaya konmuştur.

Doğacan TURAN 'ın 2012 yılında yaptığı, Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı isimli tez çalışmasında, 1. Derece deprem bölgesinde, 12 katlı perde ve çerçevesel betonarme bir yapı, D.B.Y.B.H.Y. 2007 'ye göre tasarlanmış, MBY ve EDYY' ye göre analiz edilmiştir. Analiz sonucunda EDYY' e göre elde edilen sonuçların MBY' ye göre bulunan sonuçlardan daha büyük olduğu gözlemlenmiştir.

Taner UÇAR ve Onur MERTER' in 2012 yılında, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*'nde yayınlanan, Binaların Deprem Hesabında Kullanılan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle İlgili Bir İrdeleme isimli makalelerinde, EDYY ve MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri birbiriyle ve Zaman Tanım alanında hesap yöntemi ile elde edilen kuvvetlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçta elde edilen taban kesme kuvveti, kat kesme kuvveti ve görelî kat ötelemesi büyükten küçüğe doğru, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi, MBY ve EDYY' de bulunmuştur. Bunun sebebi EDYY ve MBY' de deprem



yükü azaltma katsayısı kullanılarak deprem yüklerinin azaltılması, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'nde ise deprem ivmelerinin binaya doğrudan etki ettirilmesidir.

Mahmud Sami DÖNDÜREN, Şeyda HAVA ve Ali Serdar ECEMİŞ'in 2021 yılında Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayınlanan, Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle DBYBHY 2007 Ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi isimli makalelerinde, çerçevesi-perdeli ve çerçevesi taşıyıcı sisteme sahip modeller, 2018 ve 2007 deprem yönetmeliklerine göre çözümlenerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde TBDY 2018' de, TDY 2007' ye göre periyodun, kat deplasmanlarının, büyük olduğu, kat kesme kuvvetlerininse daha küçük olduğu görülmüştür. Kat kesme kuvvetleri ve kat deplasmanlarında görülen artış oranı iyi zeminden kötü zemine doğru,TBDY 2018' de TDY 2007' ye göre daha fazla olduğu görülmüştür

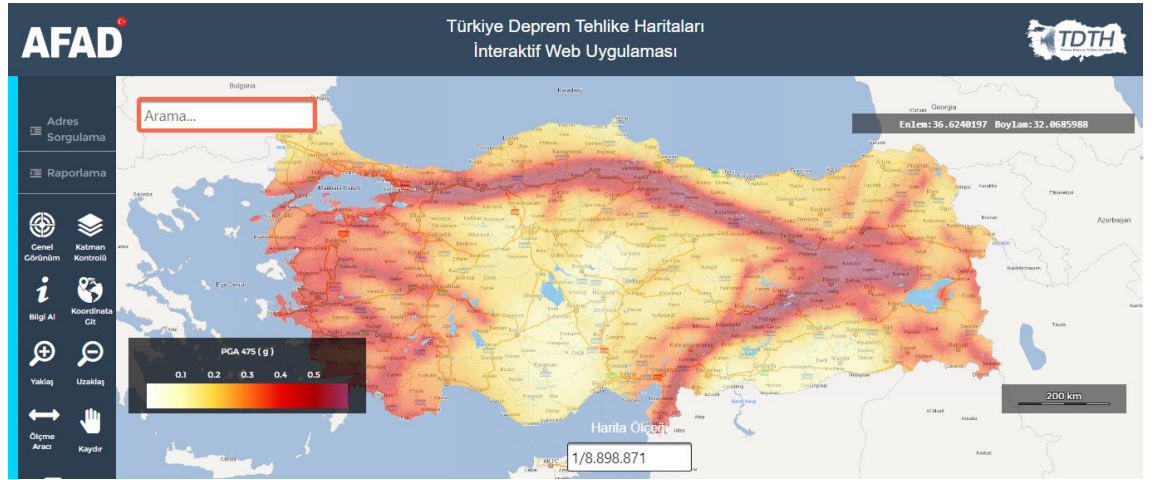
Alper ÖZMEN ve Erkut SAYIN'ın 2021 yılında, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'nde yayınlanan, Deprem Etkisinde Çok Katlı Betonarme Bir Binanın TDY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması isimli makalelerinde, beş katlı düzenli betonarme bir yapı TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre, EDYY kullanılarak SAP2000 programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda mod şekilleri, periyot, kat yer değiştirmeleri ve taban kesme kuvveti elde edilmiştir. Sonuçta periyodun TBDY 2018'de daha büyük olduğu, TBDY-2018'e göre bulunan deprem kuvvetlerinin tüm yerel zemin sınıfları için TDY-2007'ye göre bulunan deprem kuvvetlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

## 2. DEPREM ETKİSİNDEKİ BİNALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN GENEL ESASLAR

Bakanlar Kurulunun kararı ile uygulanmaya başlayan TBDY 2018’ de, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları, Deprem Tasarım Sınıfları, deprem etkisinde yapıların tasarımı ve değerlendirilmesi için genel bilgiler verilmiş ve uygulama aşamaları ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Bu bölümde bu açıklamalara yer verilmiştir.

### 2.1. Deprem Tehlike Haritaları

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde, deprem etkisi altındaki yapıların tasarımında esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin bilgiler bu bölümde açıklanmıştır. <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile deprem yer hareketi düzeyleri için gerekli veriler elde edilir. Şekil 2.1’de interaktif AFAD web sitesi uygulamasından alınmış Türkiye Deprem Tehlike Haritası verilmiştir.



Şekil 2.1: “Deprem tehlike haritası” (AFAD, 2018).

### 2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde deprem yer hareketi düzeyleri dörde ayrılıp açıklanmıştır. DD-1’ de, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma sıklığı 2475 yıl, DD-2’ de, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma sıklığı 475 yıl, DD-3’ de spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma sıklığı 72 yıl, DD-4’ de, spektral büyüklüklerin 50 yılda

aşılma olasılığı %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve tekrarlanma sıklığı 43 yıldır. Ülkemizde en sık kullanılan deprem yer hareketi düzeyi DD-2'dir.

### **2.3. Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları**

TBDY 2018'de verilen Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları bu bölümün alt başlıkları altında açıklanmıştır.

#### **2.3.1. Tasarım Spektral İvme Katsayıları ve Harita Spektral İvme Katsayıları**

Yönetmelikte iki adet harita spektral ivme katsayısı belirlenmiştir. Bunlar 1.0 saniye periyot noktasındaki harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ) ve kısa periyot bölgesinde harita spektral ivme katsayısı ( $S_S$ )'dir.

Elde edilen harita spektral ivme katsayısı, yerel zemin etki katsayısıyla çarpılarak Denklem 2.1' de gösterildiği gibi tasarım spektral ivme katsayısı elde edilir.  $F_S$  ve  $F_1$  değerleri yerel zemin etki katsayılarıdır. Denklem 2.1'de  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  değerleri verilmiştir.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (2.1)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

#### **2.3.2. Yerel Zemin Etki Katsayıları**

$F_1$  ve  $F_S$  değerleri Tablo A.1 ve Tablo A.2'den harita spektral ivme katsayısı ve yerel zemin sınıflarına göre belirlenir. Tablodaki ara basamaklar için doğrusal enterpolasyon yapılır. Yerel zemin sınıfları Tablo A.3'den zemin cinsine bağlı olarak bulunur. Tez çalışması kapsamında yerel zemin etki katsayıları <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden elde edilmiştir.

### **2.4. Deprem Yer Hareketi Spektrumları**

Bu spektrumlar sönüm oranının %5 olduğu kabulü ile belirlenir. Ayrıca yerel zemin etki katsayısına ve harita spektral ivme katsayısına bağlı olarak, klasik biçimde ya da ZF yerel zemin sınıfında ise sahaya özel tasarım analiziyle tanımlanırlar. Yatay ve düşey yönde deprem etkisinde spektrumlar alt başlıklarda açıklanmıştır.

#### 2.4.1. Yatay Yönde Elastik Tasarım Spektrumu

$S_{ae}(T)$  yatay elastik tasarım spektral ivmesi, periyota bağlı olarak, g cinsinden, periyotun aralık değerlerine göre Denklem 2.2' den hesaplanır. T doğal titreşim periyodudur.

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A} \right) \quad (T_A \geq T \geq 0) \quad (2.2)$$

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

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

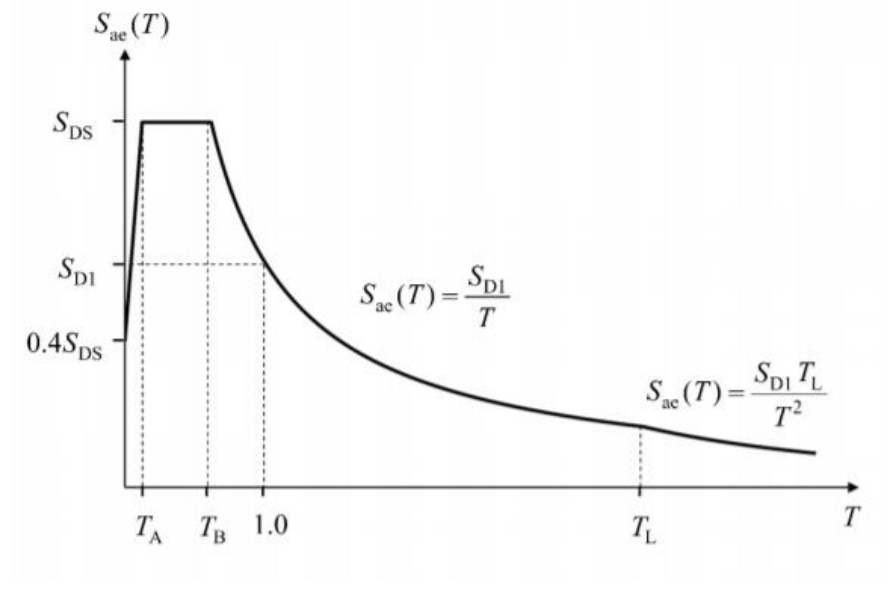
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T \geq T_L)$$

Denklem 2.3' de  $T_A$  ve  $T_B$ , yatay tasarım spektrum köşe periyotları verilmiştir.

$$T_A = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} 0,2 \quad (2.3)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

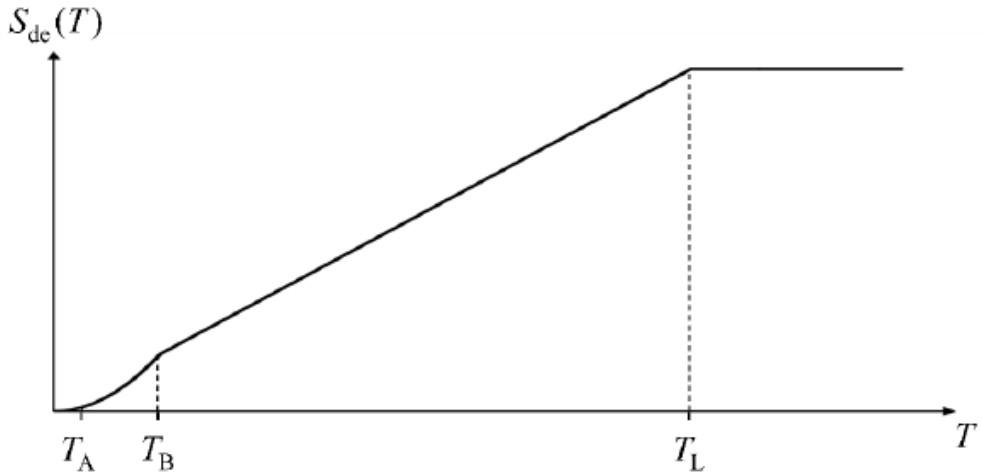
$T_L$ , grafikte yer değiştirmenin sabit olduğu bölgeye geçiş periyodudur ve TBDY 2018'de 6 saniye olarak hesap yapılması gerektiği yer almaktadır. Şekil 2.2' de Yatay elastik tasarım spektrumunun grafiği gösterilmiştir.



Şekil 2.2: “Yatay elastik tasarım spektrum eğrisi” (TBDY, 2018).

Herhangi bir deprem yer hareketi düzeyinde, yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri  $S_{de}(T)$ , [m] cinsinden Denklem 2.4 ile hesaplanır. Şekil 2.3:

$$S_{de}(T) = \left( \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \right) \quad (2.4)$$



Şekil 2.3: “Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri” (TBDY, 2018).

#### 2.4.2. Düşey Yönde Elastik Tasarım Spektrumu

$S_{aeD}(T)$  düşey elastik tasarım spektral ivmesidir. Yerçekimi ivmesi cinsinden denklem 2.5’ de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (T_{AD} \geq T \geq 0) \quad (2.5)$$

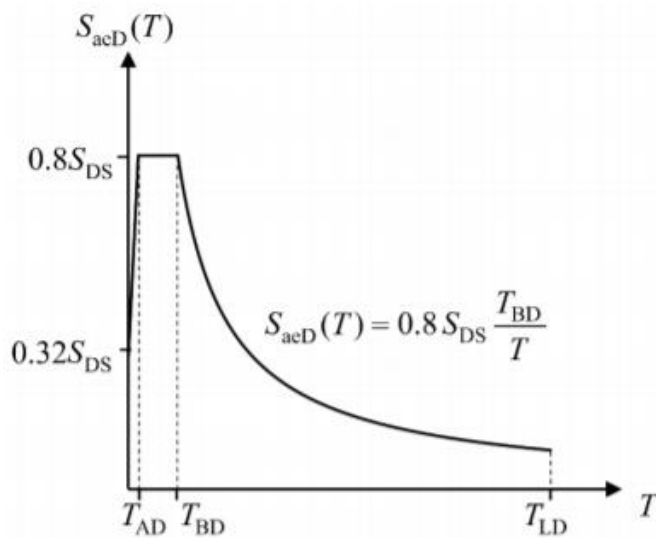
$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{BD} \geq T \geq T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 \frac{T_{BD}}{T} S_{DS} \quad (T_{LD} \geq T \geq T_{BD})$$

Düşey spektrumun köşe periyotları  $T_{AD}$  ve  $T_{BD}$ ’ dir.  $T_{LD}$  sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu olup Denklem 2.6 ile hesaplanır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (2.6)$$

Şekil 2.4’de düşey elastik tasarım spektrum grafiği gösterilmiştir.



Şekil 2.4: “Düşey elastik tasarım spektrum ivmesi” (TBDY, 2018).

## **2.5. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı**

TBDY 2018’de, deprem kuvvetleri geldikten sonra, binaların ne kadar hasar alması gerektiğine ya da hiç hasar almaması üzerine, binalar kullanım amacına göre sınıflandırılmıştır. Önem katsayısı büyük olan yani deprem sonrasında kullanılması mecburi olan yapılarda, deprem sonrası hasarın sıfır ve ya çok az olması için bina önem katsayısı ve bina kullanım sınıfının belirlenmesi gerekir. Bina önem katsayısı (I) ve bina kullanım sınıfı (BKS) Tablo A.4’de verilmiştir.

## **2.6. Deprem Tasarım Sınıfları**

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve Tablo A.4’de tanımlanan bina kullanım sınıfı için Tablo A.5’e göre belirlenecektir. Burada DTS kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak bulunur.

## **2.7. Bina Yükseklik Sınıfları**

Deprem etkisindeki binaların tasarımında bina yükseklikleri sekize ayrılmıştır. Tablo A.6’da bina yükseklik sınıfı verilmiş olup,  $H_N$  binanın tabanından ölçülen toplam yükseklik, DTS ise deprem tasarım sınıfıdır.

### 3. DEPREM ETKİSİNDEKİ BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI

Dayanıma göre tasarımda öncelikle deprem yükleri tayin edilir. Bu yükler altında doğrusal deprem analizi yapılır. Sistemin dayanım sınırı yani iç kuvvetler, dış kuvvetler ile, görelî kat ötelemeleri de izin verilen sınırlar ile karşılaştırılır. Dayanım kapasiteleri dayanım talebinden daha küçük çıkıyorsa ve görelî kat ötelemeleri izin verilen sınırları geçiyorsa kesitlerde değişim yapılarak tüm hesaplar tekrarlanmak suretiyle sonuca varılır.

#### 3.1. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Deprem yüğü azaltma katsayısı  $R_a(T)$ , yapıların kendine has doğrusal olmayan davranışları gözönüne alınarak türetilmiş bir katsayıdır. Deprem yükünün bu katsayı ile azaltılmasının nedeni sistemin şekil değiştirmeleri tarafından deprem yüklerinin bir miktarının sönmüneceği düşüncesidir.  $R_a(T)$ ,  $T_B$ 'den büyük ya da küçük olma durumuna göre Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 ile hesaplanır.  $T_B$  bina hâkim titreşim periyodunun köşe periyodudur.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.1)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.2)$$

#### 3.2. Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

Tablo B.1'de yerinde döküm betonarme taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler için dayanım fazlalığı katsayısı  $D$  ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı  $R$  gösterilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de ön üretimli betonarme yapılar için ve çelik yapılar ile ilgili taşıyıcı sistem davranış katsayıları da ayrıca verilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan binaların sistemi süneklik düzeyi yüksek ve yerinde dökme betonarme bina olarak kabul yapıldığı için sadece ilgili kısım tablo olarak gösterilmiştir.  $R$  ve  $D$  katsayıları seçiminde etkili olan binanın taşıyıcı sistemidir.



### 3.3. Yatay Yönde Deprem Etkisinde Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}^{(T)}$ , belirli bir T doğal titreşim periyodundaki azaltılmış tasarım ivme spektrumunun ordinatıdır. Denklem 3.3' de  $S_{ae}^{(T)}$  yatay elastik tasarım spektral ivmesi (DD-2'de),  $R_a^{(T)}$  deprem yükü azaltma katsayısıdır.

$$S_{aR}^{(T)^X} = \frac{S_{ae}^{(T)^X}}{R_a^{(T)^X}} \quad (3.3)$$

### 3.4. Düşey Yönde Deprem Etkisi

Düşey deprem hesabı, DTS 1a, 1, 2a ve 2 olan ve aşağıdaki bazı koşullara uyan yapılarda, düşey elastik ivme spektrumu kullanılarak MBY ile yapılmalıdır. Bu şekilde hesap yapıldığında, D=1 ve R/I=1 alınacaktır. Yukarıda bahsedilen koşullar şunlardır;

- Yataydaki izdüşümü 20 m veya daha büyük açıklıkları olan kirişleri içeren binalar
- Yataydaki izdüşümü 5 m veya daha büyük açıklıkları olan konsolları içeren binalar
- Kolonların kirişler üzerine oturduğu binalar
- Kolonların eğimli olduğu binalar.

Düşey deprem etkisi  $E_d^{(Z)}$ 'nin hesabı, yukarıdaki maddelerin haricindeki yapı elemanlarında ve DTS= 2,2a,1,1a, tasarım sınıfının dışındaki yapılarda Denklem 3.4'te verildiği gibidir.

$$E_d^{(Z)} = \frac{2}{3} S_{DS} G \quad (3.4)$$

### 3.5. Doğrusal Hesap Yöntemleri

Modal Hesap Yöntemleri ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Doğrusal hesap yöntemleridir. Modal Hesap Yöntemleri; Mod Toplama Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi olarak iki başlığa ayrılır. Modal yöntemler bu bölüm kapsamındaki binaların hepsinin deprem hesaplarında uygulanabilir. TBDY 2018'de verilen koşullara göre EDYY Tablo B.2' de belirtilen binalarda uygulanabilir.

### 3.5.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle Doğrusal Deprem Analizi

(X) ve (Y) doğrultuları için EDYY ayrı ayrı hesaplanacaktır. (X) doğrultusunda toplam eşdeğer deprem yükü yani toplam taban kesme kuvveti  $V_{tE}^{(X)}$  Denklem 3.5 ile belirlenecektir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (3.5)$$

$S_{aR}(T_p^{(X)})$  azaltılmış tasarım spektral ivmesidir. Eşdeğer deprem yükü, katlara etkiyen deprem yüklerinin toplanması ile bulunur. Denklem 3.6:

$$V_{tE}^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} + \Delta F_{NE}^{(X)} \quad (3.6)$$

$\Delta F_{NE}^{(X)}$  yapıların N'inci katına etki eden ek eşdeğer deprem yüküdür ve hesabı Denklem 3.7 'de verilmiştir.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0,0075 V_{tE}^{(X)} N \quad (3.7)$$

Toplam taban kesme kuvvetinin, bina katlarına dağıtımını Denklem 3.8 ile yapılır. Burada  $\Delta F_{NE}^{(X)}$  dışında geri kalan kısım, N'inci kat dâhil olmak üzere bina katlarına dağıtılır.

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.8)$$

Binanın hakim doğal titreşim periyodu  $T_p^{(X)}$  daha kesin bir hesap yapılmadıkça Denklem 3.9 ile hesaplanacaktır.  $T_{pA}$  Ampirik hakim doğal titreşim periyodu Denklem 3.10 ile hesaplanacaktır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.9)$$

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.10)$$

Deprem hesabında  $T_p^{(X)}$ ,  $T_{pA}$  periyodunun 1.4 katından daha büyük olmayacaktır. Deprem yönetmeliğine göre taşıyıcı sistemi sadece betonarme olan yapılarda  $C_t = 0,1$  alınmalıdır.

### 3.5.2. Modal Hesap Yöntemleri

Modal hesap yöntemleri binanın modal davranışını yani her frekansta yaptığı mod şeklini esas alarak yapılan hesap yöntemleridir. Modal hesap yöntemleri, deprem spektrumu tanımlanarak çözüm yapılan Mod Birleştirme Yöntemi (doğrusal hesap) ve geçmiş deprem dalgalarını gözönüne alan ve yapıya etkiyen deprem kuvvetinin zamana bağlı bir fonksiyonu oluşturularak zaman tanım alanında hesaba dayalı Mod Toplama Yöntemi (doğrusal olmayan hesap) olarak ikiye ayrılmıştır. “*Mod Birleştirme Yönteminde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak göz önüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir*” (TBDY,2018). Bu hesap çok serbestlik dereceli sistemlerin genel davranışını veren denklemlerin tüm mod şekilleri için ayrı ayrı değerlendirilmesidir. Mod Birleştirme Yönteminde toplam deprem kuvvetinin hesaplanmasında, titreşim modu sayısı kütle katılım oranına bağlıdır. Bu yönüyle Eşdeğer deprem yükü metodundan farklıdır.

(X) ve (Y) yönündeki modal etkin kütle toplamı, binanın toplam kütlelerinin %95’inden fazla olmalıdır. Eğer bu toplam %95’ten küçük ise mod sayısı artırılarak analiz tekrarlanmalıdır.

Elde edilen toplam deprem yükü  $V_{tx} < \gamma_E V_{tE}$  olması halinde, modal hesap ile bulunan tüm yer değiştirme büyüklükleri ve azaltılmış iç kuvvetler  $\beta_{tE}$  ile çarpılarak büyütülecektir.  $\beta_{tE}$  eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısıdır ve Denklem 3.11 ile hesaplanır.

$$\beta_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_{tx}} \geq 1 \quad (3.11)$$

Ampirik bir katsayı olan  $\gamma_E$  eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılır ve yapıda A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden hiçbirinin bulunmaması halinde  $\gamma_E = 0,8$  , bu düzensizliklerden birinin bulunması halinde  $\gamma_E = 0,90$  alınacaktır.

Denklem 3.11'de  $V_{tx}$  , MBY ile elde edilen toplam deprem yükünü,  $V_{tE}$ , EDYY'ye göre hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünü, göstermektedir. Yönetmeliğimizdeki bu bilgilere bakılarak mod birleştirme yöntemi ile analiz yaparken de öncesinde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre analiz yapılması gerekmektedir.

#### 4. SAP2000 ile EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ METODU ANALİZİ

Bu bölümde, kat sayıları farklı iki yapının tez çalışması kapsamında, farklı zemin sınıflarında eşdeğer deprem yüküne göre analizi gerçekleştirilmiştir. Alt başlıklarda bina genel bilgileri verilmiş ve hesap adımları açıklanmıştır.

##### 4.1. Bina Genel Bilgileri

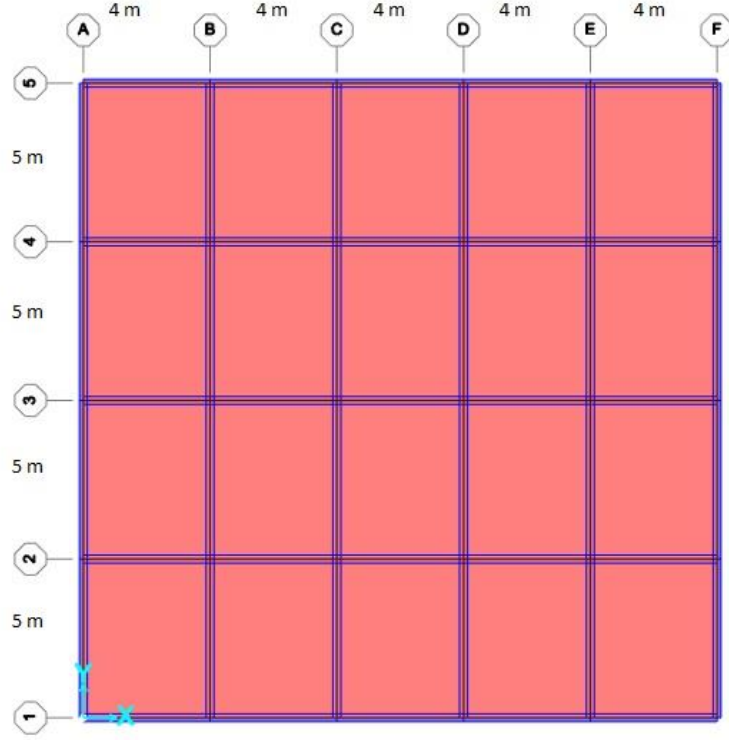
Tasarlanan yapının konumu Balıkesir Üniversitesi seçilmiştir (Enlem: 39,3231°, Boylam: 28,0029°) ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olmak üzere 5 farklı yerel zemin sınıfında, kat sayısı 5 ve 10 katlı iki yapının analizi yapılmıştır.

Hesaplarda yer alan spektral ivme katsayıları  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden elde edilmiştir. Donatı sınıfı B420C, beton sınıfı C30/37, kiriş boyutları 25x50 cm, kolon boyutları 70x70 cm ve döşeme kalınlıkları 15 cm seçilmiştir. TS 498'den yük değerleri alınmıştır. Malzemeler ve yoğunlukları TS ISO 9194'e uygun olarak seçilmiştir. İç kirişlerin tümü için 13 cm tuğla duvar (2,45 kN/m) yükü, dış kirişlerin tümü için 19 cm tuğla duvar (3,14 kN/m) yükü esas alınmıştır. Döşeme ölü yük değeri 3 kN/m<sup>2</sup>, hareketli yük değeri 2 kN/m<sup>2</sup>, çatı döşeme hareketli yük değeri 1,5 kN/m<sup>2</sup> kabul edilmiştir. Bina bilgileri özet olarak Tablo 4.1' de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Bina tasarım özellikleri.

Tasarım Özellikleri	Girilen Veriler
Kolon Boyutu	70 x 70 cm
Kiriş Boyutu	25 x 50 cm
Beton Sınıfı	C30/37
Donatı Sınıfı	B420C
Döşeme Kalınlığı	15 cm
$G_{İç\_kiriş}$	(13 cm tuğla duvar yükü) 2,45 kN/m
$G_{dış\_kiriş}$	(19 cm tuğla duvar yükü) 3,14 kN/m
$G_{(Döşeme)}$	3 kN/m <sup>2</sup>
$Q_{(Döşeme)}$	2 kN/m <sup>2</sup>
$Q_{(Çatı)}$	1,5 kN/m <sup>2</sup>
Kat Yüksekliği	3 m

Tasarlanan yapıların plandaki boyutları, en dış akslar arası ölçüsü  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 'dir. Kat yüksekliği  $3\text{ m}$  olarak kabul edilmiştir X yönündeki aksların aralıkları  $4\text{ m}$ 'dir. Y doğrultusundaki aksların aralıkları ise  $5\text{ m}$ 'dir. SAP2000 plan görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir.SAP2000 programında elemanlar çubuk eleman olarak tanımlandığı için kolonlar plan görünümünde görünmemektedir.



**Şekil 4.1:** Sap2000 plan görünümü.

AFAD Türkiye Deprem Haritaları kısmından Enlem:  $39,3231^\circ$ Boylam:  $28,0029^\circ$  koordinatları için Tablo 4.2' deki değerler okunmuştur.

**Tablo 4.2:** Tasarım spektral ivme katsayıları.

Zemin Sınıfı	$S_{DS}$	$S_{D1}$
ZA	0,943	0,221
ZB	1,061	0,221
ZC	1,415	0,414
ZD	1,212	0,565
ZE	1,128	0,806

## 4.2. SAP2000 Programında Yapı Modellenmesi

Bu bölümde Tablo 4.1’ de seçilen malzeme sınıfı ve özellikleri “Structural Analysis Program” (SAP 2000)’de tanımlama aşamaları gösterilmiştir. Yapı modellenmiş ve analizi yapılmıştır.

### 4.2.1. Yeni Model Tanımlama

Yeni bir modelleme yapmak için “Structural Analysis Program” (SAP 2000) programında file, new model sekmesi kullanılır. Aks aralıklarının tanımlanması için Grid only seçeneğinden aks aralıkları girilir. Number of grid lines bölümünde X, Y ve Z doğrultusunda kaç adet aks bulunduğu, grid spacing bölümünde bu aksların aralıklarının ölçüsü girilmiştir. First grid line location bölümünde ilk aksların koordinat sisteminde 0 koordinatında başlaması gerektiği girilmiştir. Şekil 4.2’ de aks tanımının yapıldığı pencere gösterilmiştir.

Quick Grid Lines

Cartesian Cylindrical

Coordinate System Name  
GLOBAL

Number of Grid Lines

X direction 6

Y direction 5

Z direction 11

Grid Spacing

X direction 4

Y direction 5

Z direction 3

First Grid Line Location

X direction 0,

Y direction 0,

Z direction 0,

OK Cancel

Şekil 4.2: SAP2000 aks tanımlama.

#### 4.2.2. Malzeme Tanımlama

Malzeme tanımlanması define, materials, add new material kısmından yapılır. Burada beton sınıfı C30/37 seçilmiştir. Elastisite modülü, poisson oranı, betonun birim hacim ağırlığı gibi bilgilerle beraber beton sınıfı tanımlanması Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekil 4.4’de donatı tanımlama penceresinde donatı çeliğinin akma dayanımı, elastisite modülü, çekme dayanımı bölümlerinde girilen bilgiler gösterilmiştir.

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Includes "Material Name and Display Color" (C30/37 with a blue color swatch), "Material Type" (Concrete), "Material Grade" (C30/37), and "Material Notes" (Modify/Show Notes...).
- Weight and Mass:** Includes "Weight per Unit Volume" (2,499E-05) and "Mass per Unit Volume" (2,549E-09).
- Units:** A dropdown menu showing "N, mm, C".
- Isotropic Property Data:** Includes "Modulus Of Elasticity, E" (32000), "Poisson, U" (0,2), "Coefficient Of Thermal Expansion, A" (1,000E-05), and "Shear Modulus, G" (13333,333).
- Other Properties For Concrete Materials:** Includes "Concrete Characteristic Compressive Strength, fck" (30,), "Expected Concrete Compressive Strength" (30,), a checkbox for "Lightweight Concrete", and a "Shear Strength Reduction Factor" field.
- Switch To Advanced Property Display:** A checkbox at the bottom left.
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons at the bottom center.

Şekil 4.3: Beton tanımlama penceresi.



**Material Property Data** [Close]

**General Data**

Material Name and Display Color: B420C [Color: Green]

Material Type: Rebar [Dropdown]

Material Grade: [Empty]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7,697E-05

Mass per Unit Volume: 7,849E-09

**Units**

N, mm, C [Dropdown]

**Uniaxial Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 200000,

Poisson, U: 0,

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 6,500E-06

Shear Modulus, G: [Empty]

**Other Properties For Rebar Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 420

Minimum Tensile Stress, Fu: 500

Expected Yield Stress, Fye: 420

Expected Tensile Stress, Fue: 500

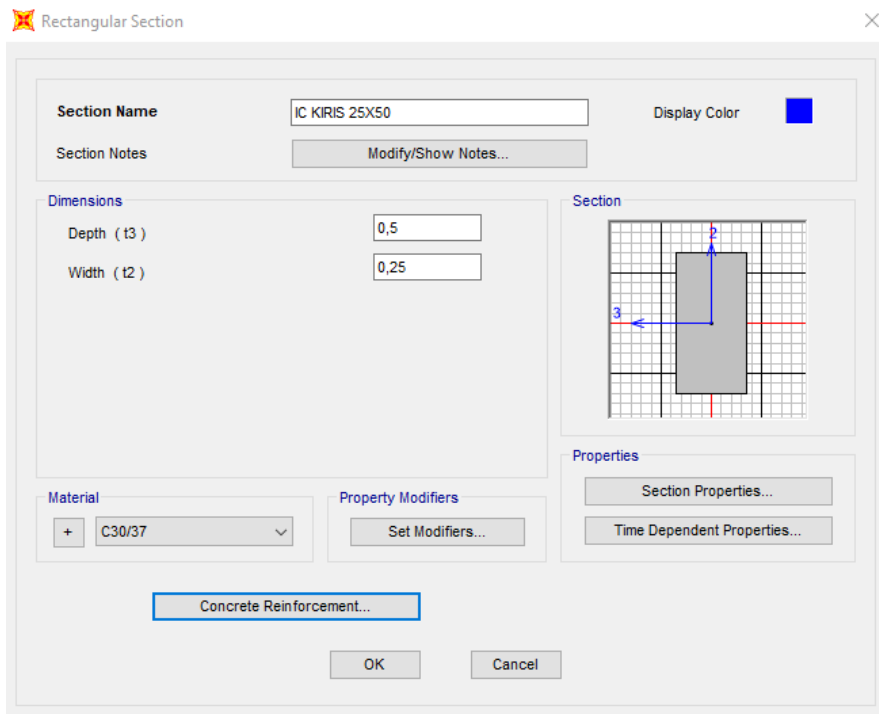
Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

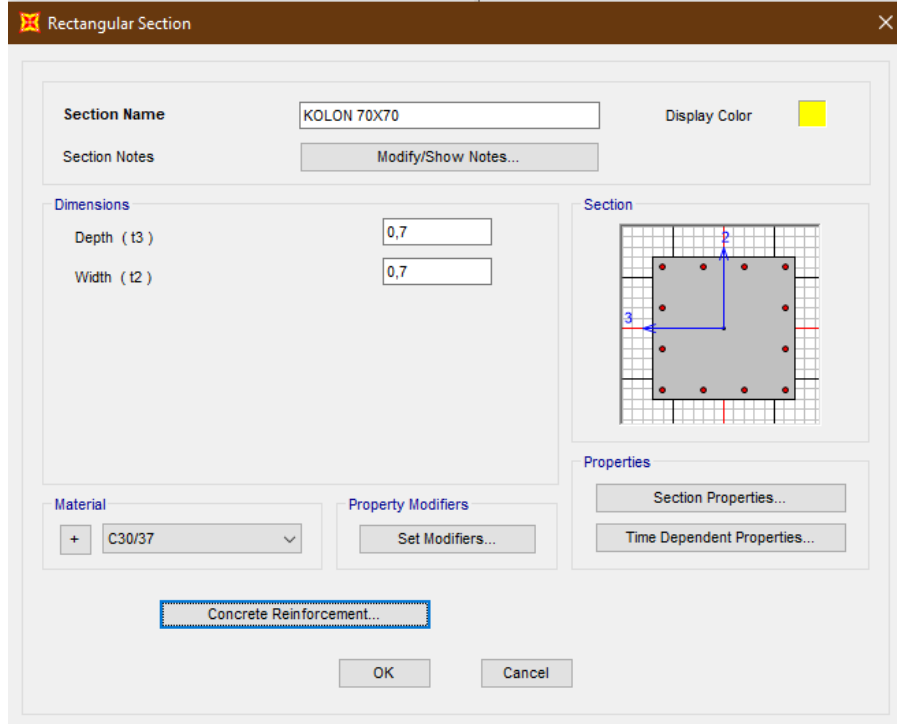
**Şekil 4.4:** Donatı tanımlama penceresi.

### 4.2.3. Kesit ve Döşeme Tanımlama

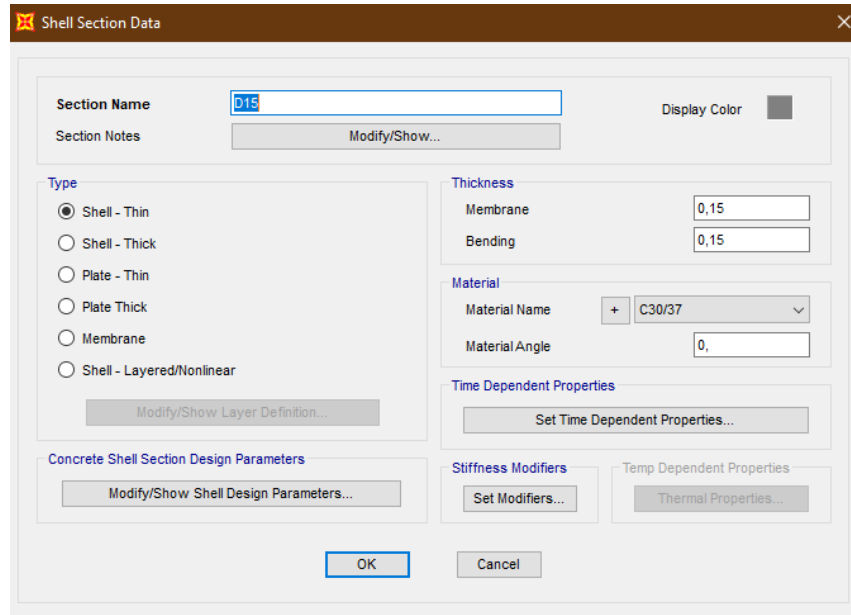
Kesit tanımlamada döşemeler kabuk eleman olarak, kolon ve kirişler çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. Tanımlama işlemi kolon ve kirişler için define, section properties, frame section bölümünden, döşemeler ise aynı menüde area section bölümünden tanımlanmış olup Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Kirişlerde, iç ve dış kirişlerde yük değerleri farklı olduğu için 2 ayrı yük tanımlama yapılmıştır. Kiriş ve kolon tanımlama penceresinde, depth ve width derinlik ve genişlik bilgileridir. Döşeme tanımlama penceresinde thickness bölümünde döşeme kalınlığı 15 cm girilmiştir.



Şekil 4.5: Kiriş tanımlama penceresi.



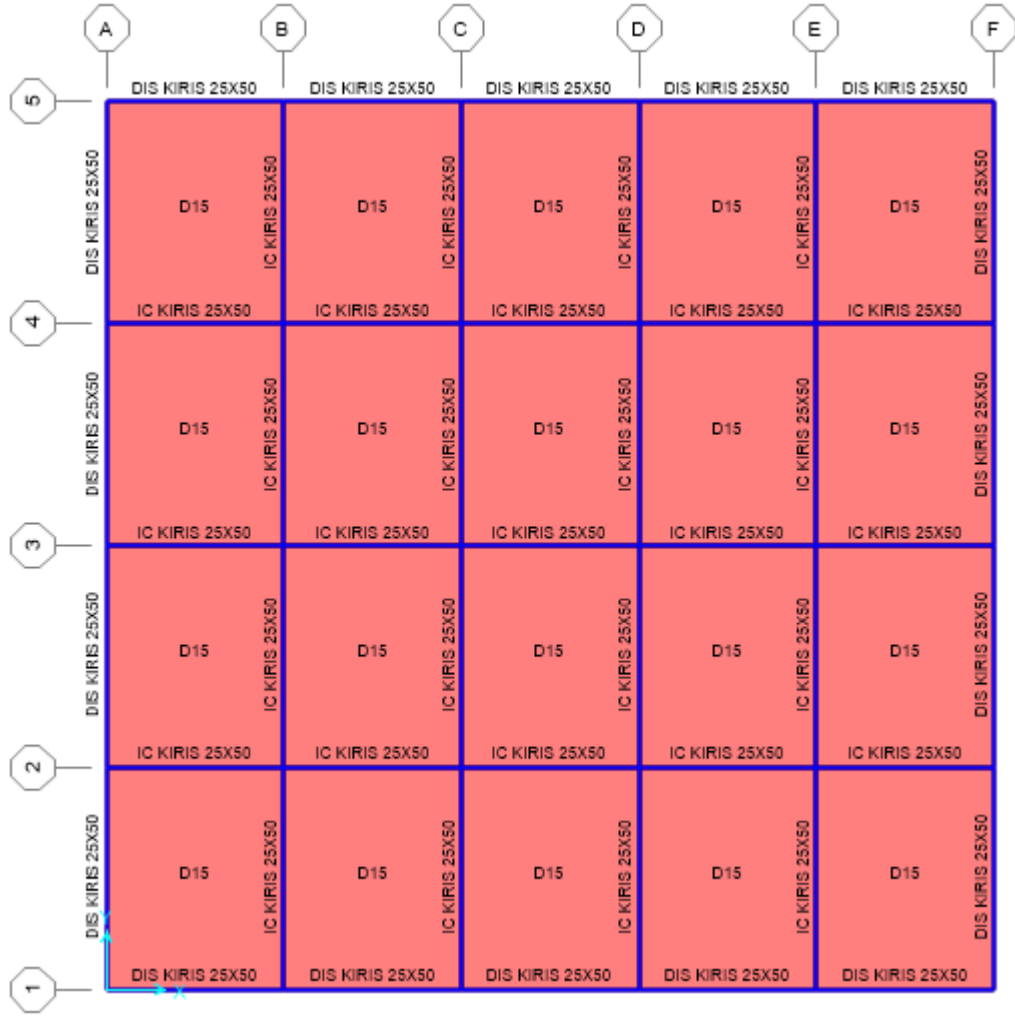
Şekil 4.6: Kolon tanımlama penceresi.



Şekil 4.7: Döşeme tanımlama penceresi.

#### 4.2.4. Kolon, Kiriş ve Döşemelerin Çizimi

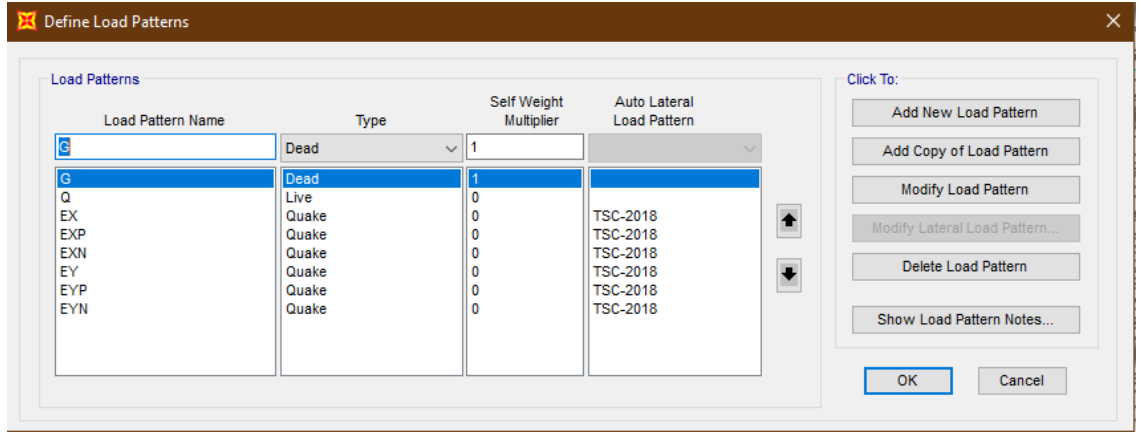
Draw menüsünden Quick draw frame butonundan kiriş ve kolonlar çizilir. Aynı menüden Quick draw area bölümünden döşeme çizilir. Şekil 4.8'de bir katın çizilmiş hali verilmiştir.



Şekil 4.8: Kolon, kiriş ve döşemelerin çizimi.

#### 4.2.5. Yük Modelleri ve Yük Tanımlama

Define menüsünden define load pattern bölümünden döşeme ve kirişler için ölü yük G, döşemelerde hareketli yük Q, rijitlik merkezine etki eden deprem kuvveti için (X) yönünde EX, (Y) yönünde EY tanımlaması yapılmıştır. Ayrıca pozitif %5 eksantrisite için iki doğrultuda EXP ve EYP, negatif %5 eksantrisite için iki doğrultuda EXN ve EYN tanımlanmıştır. İlgili pencere Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9: Yük tanımlama penceresi.

#### 4.2.6. Döşeme ve Kirişlerde Yük Girişi

Döşemeleri seçmek için Select menüsünden properties, area section tıklanır ve bütün döşemeler seçilir. Daha sonra Assign, area loads, Uniform(Shell) kısmından G yüklemesi için 3 kN/m<sup>2</sup> ve Q yüklemesi için 2 kN/m<sup>2</sup> yükleme yapılır. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de yüklemeler gösterilmiştir. Kat kopyalaması tamamlandıktan sonra çatı katındaki Q yükü 1,5 kN/m<sup>2</sup> olarak değiştirilecektir.

The screenshot shows the 'Assign Area Uniform Loads' dialog box. It is divided into three main sections: 'General', 'Uniform Load', and 'Options'.  
- In the 'General' section, 'Load Pattern' is set to 'G', 'Coordinate System' is 'GLOBAL', and 'Load Direction' is 'Gravity'.  
- In the 'Uniform Load' section, the 'Load' value is '3' kN/m<sup>2</sup>.  
- In the 'Options' section, the 'Replace Existing Loads' radio button is selected.  
At the bottom, there are buttons for 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

Şekil 4.10: Döşemelerde ölü yük girişi.

The screenshot shows the 'Assign Area Uniform Loads' dialog box. It is divided into three main sections: 'General', 'Uniform Load', and 'Options'.  
- In the 'General' section, 'Load Pattern' is set to 'Q', 'Coordinate System' is 'GLOBAL', and 'Load Direction' is 'Gravity'.  
- In the 'Uniform Load' section, the 'Load' value is '2' kN/m<sup>2</sup>.  
- In the 'Options' section, the 'Replace Existing Loads' radio button is selected.  
At the bottom, there are buttons for 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

Şekil 4.11: Döşemelerde hareketli yük girişi.

Kirişleri seçmek için Select menüsünden properties, frame section bölümünden iç kiriş ve dış kiriş ayrı ayrı seçilir ve Assign menüsünden frame load, distributed seçilir, Şekil 4.12’de dış kiriş yüklemesi 3,14 kN/m girilmiştir. Şekil 4.13’de iç kiriş yüklemesi 2,45 kN/m girilmiştir.

Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: G

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 3.14 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0.25	0.75	1
Loads	0	0	0	0

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Şekil 4.12: Dış kirişlere duvar yükü girişi.

Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: G

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 2.45 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0.25	0.75	1
Loads	0	0	0	0

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

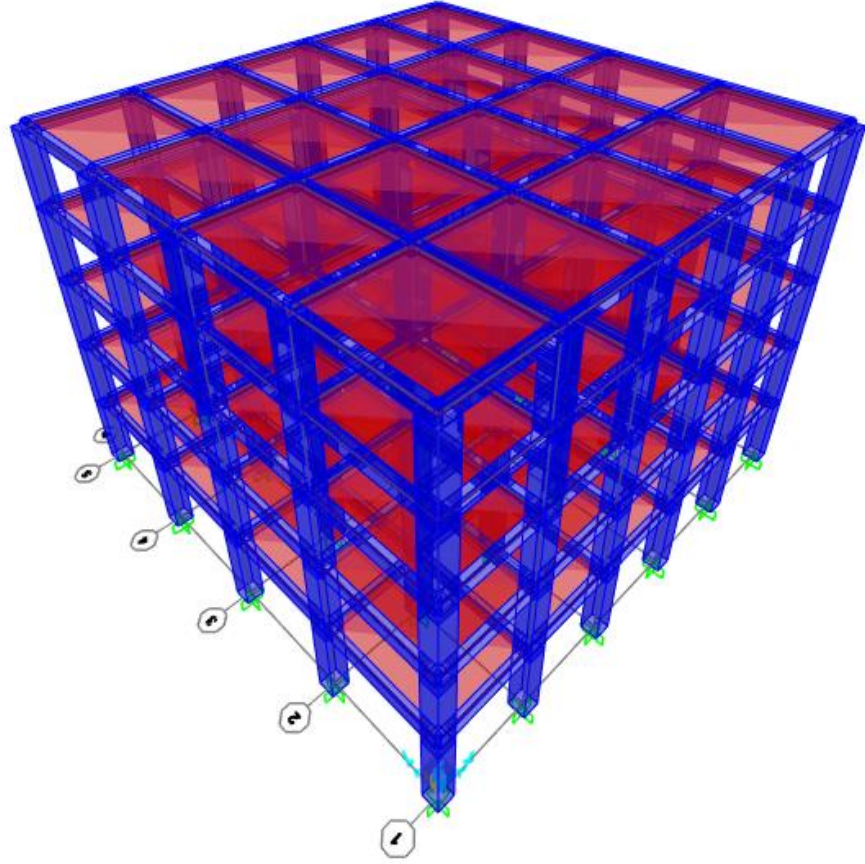
Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Şekil 4.13: İç kirişlere duvar yükü girişi.

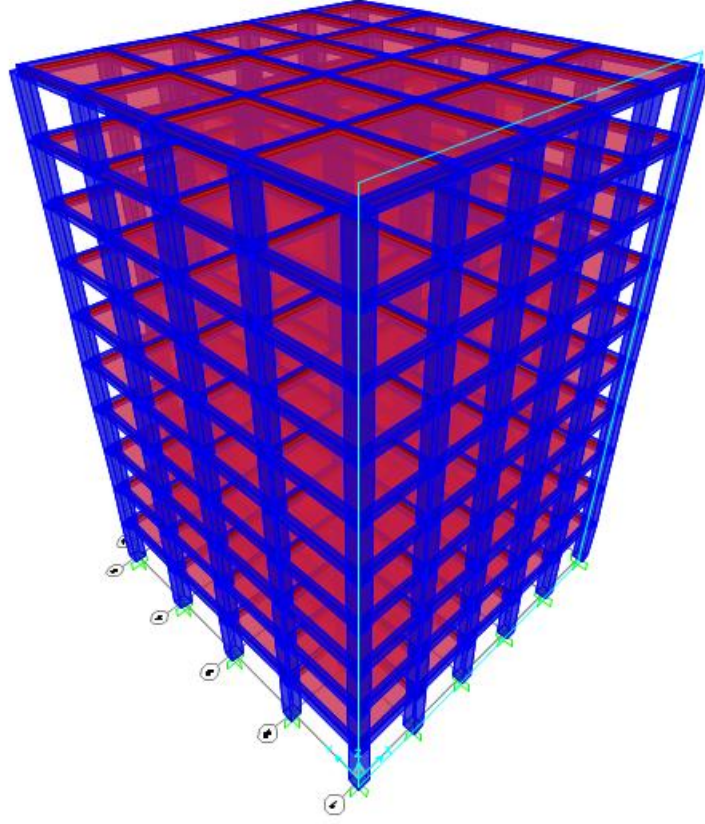
#### 4.2.7. Kat Kopyalama ve Mesnet Tanımlama

Çizdiğimiz 1. Katı üst katlara kopyalamak için katın tamamını seçerek Edit menüsünden Replicate seçilir. Şekil 4.14'de 5 katlı bina modeli, Şekil 4.15'de 10 katlı bina modeli gösterilmiştir.



Şekil 4.14: 5 katlı yapı modeli.

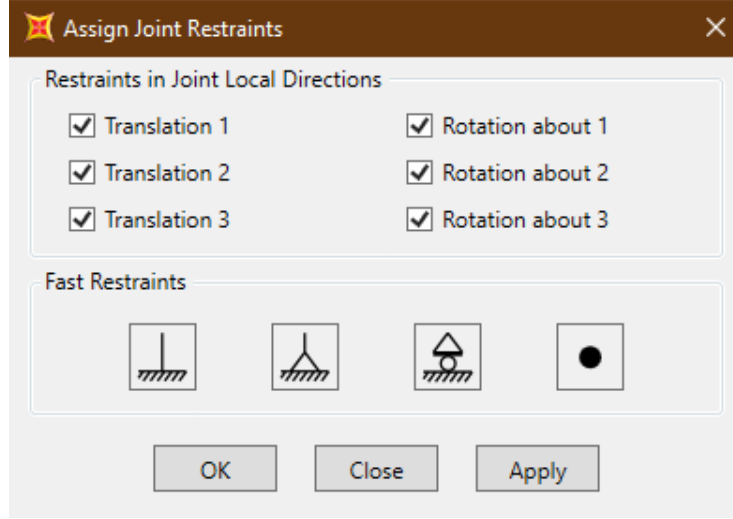




**Şekil 4.15:** 10 katlı yapı modeli.

Katları kopyaladıktan sonra çatı döşemesinin hareketli yükü çatı döşemeleri seçilerek, Assign, area loads, uniform (Shell) bölümünden 1,5 kN/m<sup>2</sup> olarak değiştirilmelidir. Ardından yapıya rijit diyafram ataması yapılmıştır.

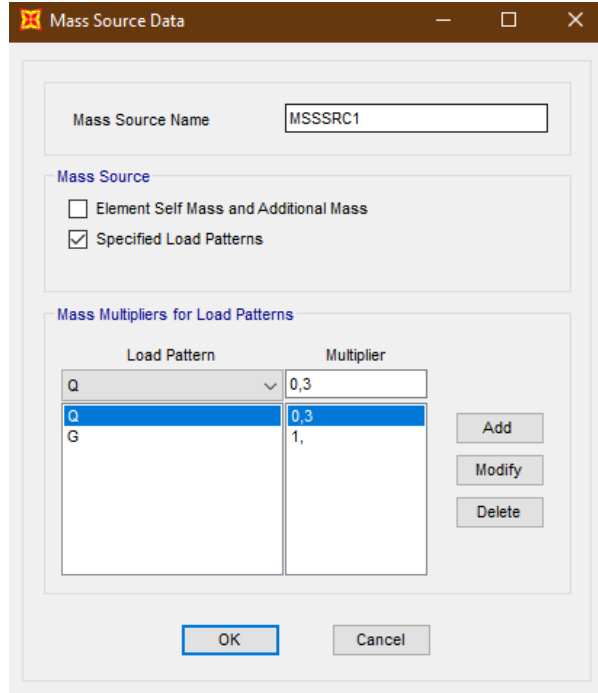
Yapı tanımlandıktan sonra mesnet koşullarını belirlemek için  $z = 0$  kotunda bütün noktalar seçilerek Assign, joint, restraint menüsünden Şekil 4.16'deki gibi ankastre mesnet seçilmiştir.



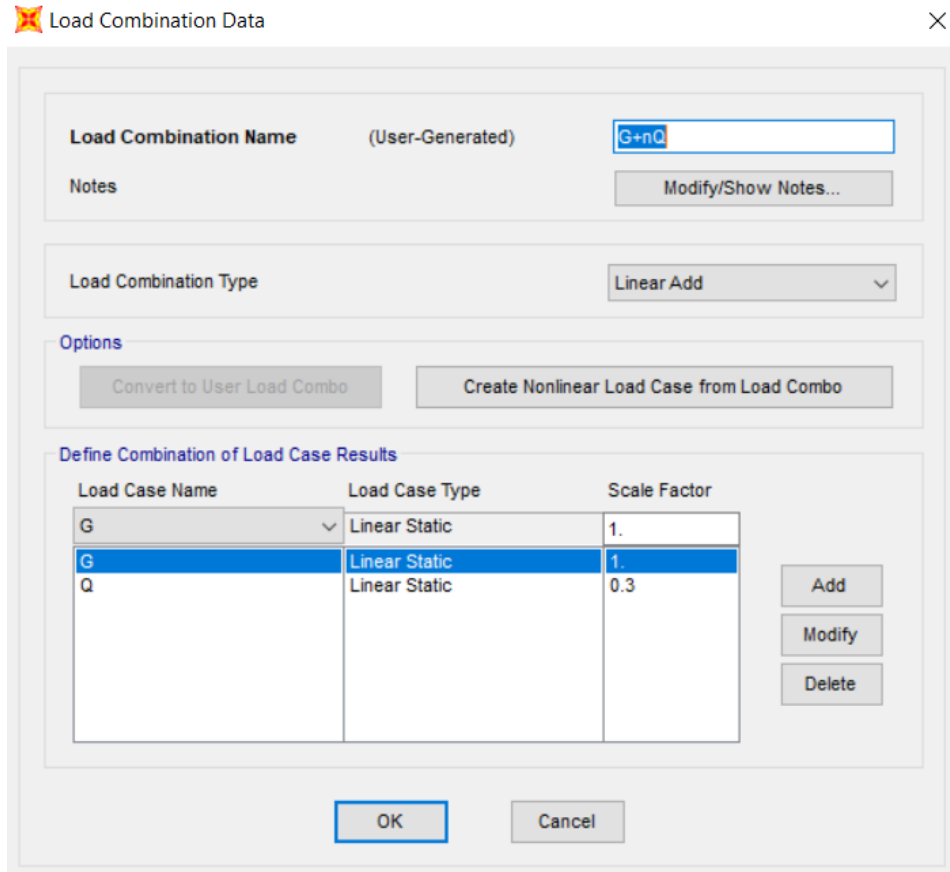
Şekil 4.16: Mesnet tanımlama penceresi.

#### 4.2.8. Kütle Katılım Katsayısı ve Ağırlık Kombinasyonu Tanımlaması

Ağırlık kombinasyonu olan (G+nQ)'nun tanımlanması için TBDY 2018 'de n konutlar için 0,3 olarak verilmiştir. Bu katsayıyı tanımlamak için Define, Mass Source bölümünden G yükünün katsayısı 1, Q yükünün katsayısı 0,3 seçilmiştir. Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Kombinasyonun tanımlanması Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

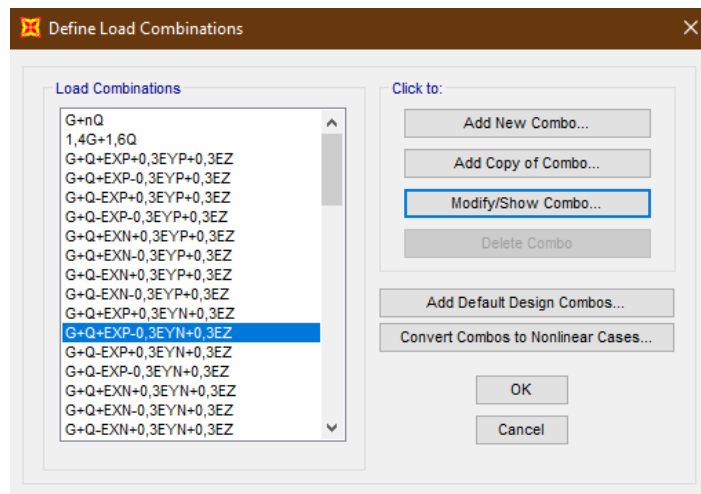


Şekil 4.17: Hareketli yük kütle katılım katsayısı tanımlama.



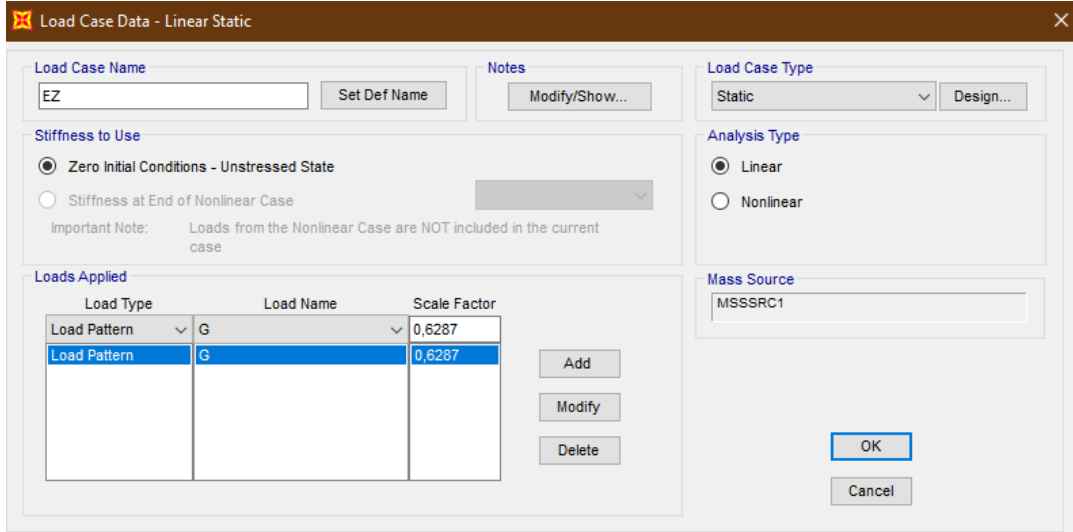
Şekil 4.18: Ağırlık kombinasyonu tanımlaması.

Yönetmelikte ağırlık kombinasyonu haricindeki kombinasyonların tanımlandığı pencere Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19: Kombinasyonların tanımlanması.

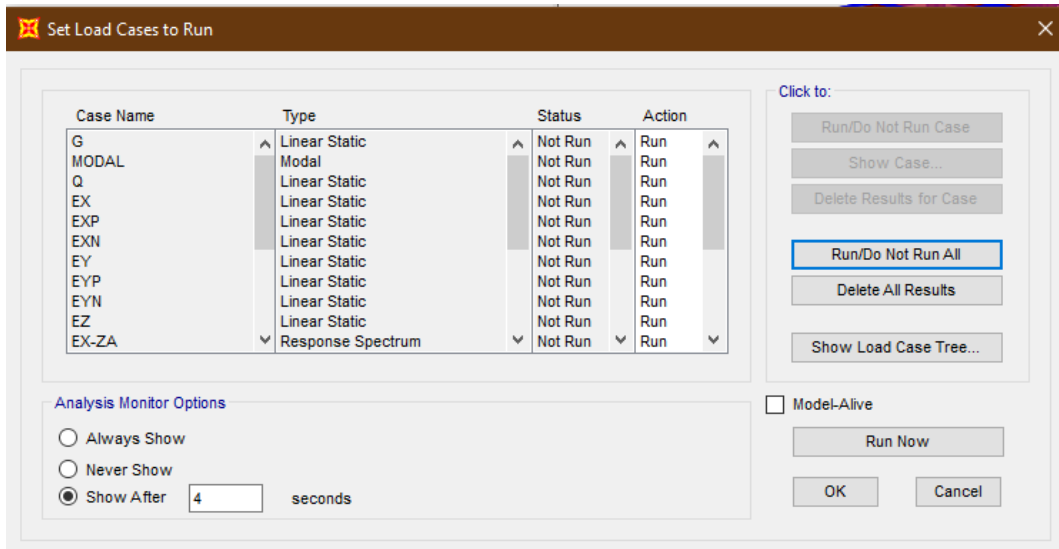
Kombinasyonlarda geçen EZ düşey deprem yüküdür ve Bölüm 3'te Denklem 3.3' te verilmiştir. Şekil 4.20'de EZ 'nin SAP2000 programında tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 4.20: EZ' nin programa girilmesi.

#### 4.2.9. Analiz ve Bina Periyodunun Okunması

Bina modelinin analizi Analyze, run analysis bölümünden yapılır. Şekil 4.21'de analiz bölümü gösterilmiştir.



Şekil 4.21: Analiz penceresi.

Analiz bittikten sonra modal analiz raporu görüntülenir. Şekil 4.22'de 10 katlı binanın, Şekil 4.23'de 5 katlı binanın kütle katılım oranı ve periyot okuması gösterilmiştir. Mavi

çizgi ile çizilmiş kısım kütle katılım oranını göstermektedir. Mod sayısı 12 ve kütle katılım oranı %95'in üzerindedir. Kırmızı çizgi ile çizilmiş bölümden ise (X) ve (Y) yönündeki periyot değerleri okunmuştur. 10 Katlı binada  $T_X = 1,545s$  ,  $T_Y = 1,736 s$ 'dir .5 katlı binada  $T_X = 0,694s$  ,  $T_Y = 0,767 s$ 'dir .

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	Uni
MODAL	Mode	1	1,735632	1,24E-20	0,76398	6,045E-20	1,24E-20	0,76398	6,045E-20	0,15991	
MODAL	Mode	2	1,544954	0,77226	0	7,308E-19	0,77226	0,76398	7,912E-19	8,639E-20	
MODAL	Mode	3	1,415418	0	0	2,281E-20	0,77226	0,76398	8,14E-19	0	
MODAL	Mode	4	0,517226	5,554E-18	0,10988	9,56E-18	0,77226	0,87387	1,037E-17	0,28603	
MODAL	Mode	5	0,46914	0,10673	3,862E-20	0	0,87899	0,87387	1,037E-17	2,304E-19	
MODAL	Mode	6	0,431066	0	0	0	0,87899	0,87387	1,037E-17	0	
MODAL	Mode	7	0,259829	9,077E-18	0,04881	4,58E-17	0,87899	0,92268	5,617E-17	0,05343	
MODAL	Mode	8	0,242091	0,04645	7,032E-17	6,378E-17	0,92544	0,92268	1,2E-16	4,912E-16	
MODAL	Mode	9	0,223162	2,632E-17	6,061E-19	6,687E-19	0,92544	0,92268	1,206E-16	2,525E-18	
MODAL	Mode	10	0,15397	1,566E-14	0,02831	2,874E-14	0,92544	0,95099	2,886E-14	0,05591	
MODAL	Mode	11	0,146813	0,02708	3,772E-17	2,291E-15	0,95252	0,95099	3,115E-14	2,236E-14	
MODAL	Mode	12	0,135314	1,662E-15	6,144E-18	3,232E-16	0,95252	0,95099	3,147E-14	3,37E-15	

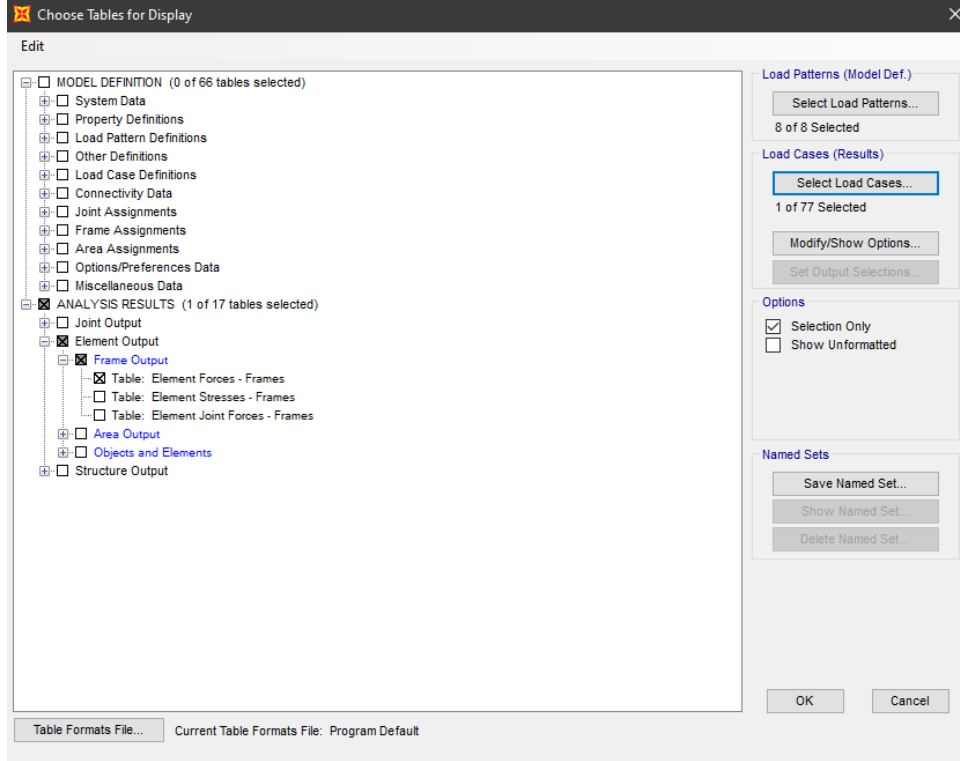
Şekil 4.22: 10 katlı binada kütle katılım oranı ve periyot okunması.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	Uni
MODAL	Mode	1	0,766785	1,156E-20	0,75495	0	1,156E-20	0,75495	0	0,08502	
MODAL	Mode	2	0,69381	0,76629	1,557E-20	4,101E-20	0,76629	0,75495	4,119E-20	5,444E-19	
MODAL	Mode	3	0,637468	0	0	0	0,76629	0,75495	4,795E-20	0	
MODAL	Mode	4	0,201879	3,869E-17	0,14354	6,211E-16	0,76629	0,89849	6,212E-16	0,13651	
MODAL	Mode	5	0,189198	0,13574	8,886E-19	5,122E-17	0,90203	0,89849	6,724E-16	4,136E-17	
MODAL	Mode	6	0,174609	0	0	0	0,90203	0,89849	6,724E-16	1,643E-18	
MODAL	Mode	7	0,088391	7,906E-16	0,06128	4,12E-15	0,90203	0,95977	4,792E-15	0,04141	
MODAL	Mode	8	0,085807	0,05899	3,015E-16	9,715E-16	0,96102	0,95977	5,763E-15	2,18E-13	
MODAL	Mode	9	0,079065	3,422E-17	1,394E-17	7,543E-16	0,96102	0,95977	6,518E-15	6,265E-14	
MODAL	Mode	10	0,049998	7,121E-18	0,02995	6,698E-18	0,96102	0,98973	6,524E-15	0,02926	
MODAL	Mode	11	0,049414	0,02907	4,027E-18	4,718E-16	0,99009	0,98973	6,996E-15	9,659E-16	
MODAL	Mode	12	0,046131	9,399E-15	8,57E-15	0,44729	0,99009	0,98973	0,44729	1,981E-12	

Şekil 4.23: 5 katlı binada kütle katılım oranı ve periyot okunması.

#### 4.2.10. Bina ağırlık hesaplaması

En üst kattaki kolonları seçerek Display, Show tables bölümünden Şekil 4.24'deki pencere yardımıyla Şekil 4.25'deki kolon alt ucu kuvvetleri elde edilmiştir.



Şekil 4.24: Analiz sonuçlarından P kuvvetlerinin bulunması.

Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text
862	0	G+nQ	Combination	-104,878	-7,482	9,093	2,566E-15	10,5969	-8,757	862-1
862	1,5	G+nQ	Combination	-86,509	-7,482	9,093	2,566E-15	-3,0421	2,4656	862-1
862	3	G+nQ	Combination	-68,139	-7,482	9,093	2,566E-15	-16,6811	13,6882	862-1
863	0	G+nQ	Combination	-147,868	-3,076	9,772	2,566E-15	11,4132	-3,6949	863-1
863	1,5	G+nQ	Combination	-129,499	-3,076	9,772	2,566E-15	-3,2454	0,9192	863-1
863	3	G+nQ	Combination	-111,129	-3,076	9,772	2,566E-15	-17,904	5,5334	863-1
864	0	G+nQ	Combination	-150,4	-0,093	9,94	2,566E-15	11,6091	-0,1337	864-1
864	1,5	G+nQ	Combination	-132,03	-0,093	9,94	2,566E-15	-3,3012	0,0058	864-1
864	3	G+nQ	Combination	-113,661	-0,093	9,94	2,566E-15	-18,2114	0,1452	864-1
865	0	G+nQ	Combination	-150,4	0,093	9,94	2,566E-15	11,6091	0,1337	865-1
865	1,5	G+nQ	Combination	-132,03	0,093	9,94	2,566E-15	-3,3012	-0,0058	865-1
865	3	G+nQ	Combination	-113,661	0,093	9,94	2,566E-15	-18,2114	-0,1452	865-1
866	0	G+nQ	Combination	-147,868	3,076	9,772	2,566E-15	11,4132	3,6949	866-1
866	1,5	G+nQ	Combination	-129,499	3,076	9,772	2,566E-15	-3,2454	-0,9192	866-1
866	3	G+nQ	Combination	-111,129	3,076	9,772	2,566E-15	-17,904	-5,5334	866-1

Record: << < 1 > >> of 90

Şekil 4.25: Kolon alt ucu kuvvetleri.

Şekil 4.25'deki tablo Microsoft Excel programına aktarılmış ve seçtiğimiz kattaki kolon alt ucuna gelen eksenel kuvvetler toplanmıştır. Alt katlardan aldığımız tabloda üst katların yüklerinin ekli olduğu unutulmamalıdır. Bu yapılan işlemler sonucunda çatı katı ağırlığı 526,32 ton ve normal kat ağırlıkları 532,32 ton bulunmuştur.

### 4.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Analizi

5 ve 10 katlı iki yapı SAP2000' de analiz edilmiş, bina titreşim periyotları bulunmuştur. Aşağıda EDYY, ZA zemin sınıfına sahip 5 katlı bina modelinin x doğrultusu için ayrıntılı biçimde açıklanmış, aynı işlem adımları diğer zemin sınıfları için ve y doğrultusu için tekrar edilmiştir. Hesapların sonucunda 5 ve 10 katlı iki ayrı yapıya etkiyen taban kesme kuvvetleri tablolarda verilmiştir.

5 katlı yapıda ZA zemin sınıfı için yapılan işlemler sırası ile aşağıda açıklanmıştır.

(a) Denklem 3.10 ile  $T_{pA}$  periyodu hesaplanır.

(b)  $T_{pA} = C_t H_N^{3/4} = 0,1 \times 15^{3/4} = 0,762$  s olarak hesaplanmıştır.

(c) Şekil 4.22'de SAP2000 programından alınan  $T_x = 0,694$  ve  $T_y = 0,767$  periyotları  $T_{pA}$  periyodunun 1,4 katından fazla olamaz koşulu Tablo 4.3'te kontrol edilmiş ve koşulun sağlandığı gösterilmiştir.

**Tablo 4.3:** Hesaplanan periyotlar.

Kat Adeti	$T_x$ (s)	$T_y$ (s)	$T_{pA}$ (s)	$1,4 \times T_{pA}$ (s)
5	0,694	0,767	0,762	1,067
10	1,545	1,736	1,282	1,795

(d) Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2 kabul edilerek ZA zemin sınıfı için <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  değerleri alınır. Tablo 4.2'de bu değerler verilmiştir.  $S_{DS} = 0,943$   $S_{D1} = 0,221$

(e) Denklem 2.3'den yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$  hesaplanır.

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,221}{0,943} = 0,047 \text{ s}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,221}{0,943} = 0,234 \text{ s}$$

(f) Denklem 2.2'den  $S_{ae}(T)$  hesaplanır.

$$S_{ae}(T)^X = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,221}{0,694} = 0,318 \text{ g} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T)^Y = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,221}{0,767} = 0,288 \text{ g} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

(g) Tablo A.4'ten bina önem katsayısı ile bina kullanım sınıfı okunur. Yapı konut olarak tasarlanacağından bina kullanım sınıfı 3, bina önem katsayısı 1 olarak seçilmiştir.

(h) Tablo A.5'ten  $DTS=1$  olarak belirlenmiştir.

(i) Tablo A.6'dan  $BYS=6$  olarak belirlenmiştir.

(j) Tablo B.1'den  $R$  ve  $D$  katsayıları okunur. Bina süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle tasarlandığı için  $D=3$ ,  $R=8$  seçilmiştir.

(k) Denklem 3.1'den  $R_a(T)$  aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$R_a(T)^X = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8 \quad TX > T_B$$

$$R_a(T)^Y = \frac{R}{I} = \frac{8}{1} = 8 \quad TY > T_B$$



(l) Denklem 3.3'den azaltılmış tasarım spektral ivmesi  $S_{aR}(T)$  aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$S_{aR}(T)^X = \frac{S_{ae}(T)^X}{R_a(T)^X} = \frac{0,318}{8} = 0,040 \text{ g}$$

$$S_{aR}(T)^Y = \frac{S_{ae}(T)^Y}{R_a(T)^Y} = \frac{0,288}{8} = 0,036 \text{ g}$$

(m) Azaltılmış tasarım spektral ivmelerden sonra eşdeğer deprem yükü hesaplanabilir.

Denklem 3.5'den toplam taban kesme kuvveti hesaplanır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE}^X = 2655,613 \times 0,040 \times 9,81 = 1042,063 \text{ kN}$$

$$\geq 0,04 \times 2655,613 \times 1 \times 0,943 \times 9,81 = 982,665 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(X)} = 1042,063 \text{ kN olarak hesaplanmıştır.}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = m_t S_{aR}(T_p^{(Y)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g$$

$$V_{tE}^Y = 2655,613 \times 0,036 \times 9,81 = 937,856 \text{ kN}$$

$$\geq 0,04 \times 2655,613 \times 1 \times 0,943 \times 9,81 = 982,665 \text{ kN}$$

$$V_{tE}^{(Y)} = 982,665 \text{ kN olarak hesaplanmıştır.}$$

X yönünde taban kesme kuvveti 1042,063 kN olarak hesaplanmıştır. Y yönünde taban kesme kuvveti 982,665 kN olarak hesaplanmıştır

(n) Binanın tepesine etki eden ek eşdeğer deprem kuvveti Denklem 3.7 ile hesaplanır.

$$\Delta F_N^{(X)} = 0,0075 N V_{tE}^{(X)} = 0,0075 \times 5 \times 1042,063 = 39,077 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N^{(Y)} = 0,0075 N V_{tE}^{(Y)} = 0,0075 \times 5 \times 982,665 = 36,850 \text{ kN}$$

(o) Elde edilen taban kesme kuvveti Denklem 3.6 ile hesaplanıp katlara dağıtılmıştır. Buradaki hesaplar örnek olarak gösterilmiş ve virgülden sonra 3 basamak ile hesap yapılmıştır. Bu işlemler gerçekte Excel programında hesaplanmış ve basamak hassasiyetinden dolayı sonuçlar el ile yapılan işlemde az da olsa farklılık gösterebilmektedir. Taban kesme kuvvetinin katlara dağıtma işlemi örnek olarak ZA zemin sınıfı için X yönünde katlara etki eden deprem yükü Tablo 4.4'te, Y yönünde katlara etki eden deprem yükü Tablo 4.5'te verilmiştir. Diğer zemin sınıfları için 5 ve 10 katlı yapıda katlara etki eden deprem yükleri sonraki tablolarda verilmiştir.

**Tablo 4.4:** ZA zemin sınıfında X yönündeki taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması.

Kat	$H_i$ (m)	$m_i$ (ton)	$H_i m_i$ (tm)	$F_{iE}$ (kN)
5	15	526,323	7894,845	369,0806
4	12	532,3226	6387,871	267,1658
3	9	532,3226	4790,903	200,3743
2	6	532,3226	3193,936	133,5829
1	3	532,3226	1596,968	66,79144

**Tablo 4.5:** ZA zemin sınıfında Y yönündeki taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması.

Kat	$H_i$ (m)	$m_i$ (ton)	$H_i m_i$ (tm)	$F_{iE}$ (kN)
5	15	526,323	7894,845	349,7439
4	12	532,3226	6387,871	253,1685
3	9	532,3226	4790,903	189,8764
2	6	532,3226	3193,936	126,5843
1	3	532,3226	1596,968	63,29213

Tüm işlemler elle yapılmak yerine excel dosyasında hesaplanmıştır. Periyot değerleri kat kütleleri,  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  değerleri, Excel dosyasında formüller işlenerek eşdeğer deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. ZA zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri, 5 katlı bina için Tablo 4.6’da, 10 katlı bina için Tablo 4.7’ de verilmiştir.

**Tablo 4.6:** ZA zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(5 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
5	369,0806	349,7439
4	267,1658	253,1685
3	200,3743	189,8764
2	133,5829	126,5843
1	66,79144	63,29213

**Tablo 4.7:** ZA zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(10 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
10	475,4148	475,4148
9	298,4271	298,4271
8	265,2685	265,2685
7	232,11	232,11
6	198,9514	198,9514
5	165,7928	165,7928
4	132,6343	132,6343
3	99,4757	99,4757
2	66,31713	66,31713
1	33,15857	33,15857

ZB zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri, 5 katlı bina için Tablo 4.8’de, 10 katlı bina için Tablo 4.9’ da verilmiştir.

**Tablo 4.8:** ZB zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(5 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
5	393,5082	393,5082
4	284,8481	284,8481
3	213,6361	213,6361
2	142,4241	142,4241
1	71,21203	71,21203

**Tablo 4.9:** ZB zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(10 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
10	534,9046	534,9046
9	335,7701	335,7701
8	298,4623	298,4623
7	261,1545	261,1545
6	223,8467	223,8467
5	186,5389	186,5389
4	149,2311	149,2311
3	111,9234	111,9234
2	74,61557	74,61557
1	37,30778	37,30778

ZC zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri, 5 katlı bina için Tablo 4.10'da, 10 katlı bina için Tablo 4.11' de verilmiştir.

**Tablo 4.10:** ZC zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(5 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
5	691,3999	625,5952
4	500,4825	452,8485
3	375,3619	339,6364
2	250,2412	226,4243
1	125,1206	113,2121

**Tablo 4.11:** ZC zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(10 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
10	713,3742	713,3742
9	447,7989	447,7989
8	398,0435	398,0435
7	348,288	348,288
6	298,5326	298,5326
5	248,7772	248,7772
4	199,0217	199,0217
3	149,2663	149,2663
2	99,51086	99,51086
1	49,75543	49,75543

ZD zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri, 5 katlı bina için Tablo 4.12’de, 10 katlı bina için Tablo 4.13’ de verilmiştir.

**Tablo 4.12:** ZD zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(5 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
5	943,5771	853,7712
4	683,0256	618,0179
3	512,2692	463,5135
2	341,5128	309,009
1	170,7564	154,5045

**Tablo 4.13:** ZD zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(10 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
10	611,0315	611,0315
9	383,5564	383,5564
8	340,939	340,939
7	298,3216	298,3216
6	255,7042	255,7042
5	213,0869	213,0869
4	170,4695	170,4695
3	127,8521	127,8521
2	85,23475	85,23475
1	42,61737	42,61737

ZE zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri, 5 katlı bina için Tablo 4.14’de, 10 katlı bina için Tablo 4.15’ de verilmiştir.

**Tablo 4.14:** ZE zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(5 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
5	1331,284	1217,946
4	963,6742	881,6327
3	722,7557	661,2245
2	481,8371	440,8163
1	240,9186	220,4082

**Tablo 4.15:** ZE zemin sınıfında (X) ve (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri  
(10 katlı bina).

Kat	$F_{EX}$ (kN)	$F_{EY}$ (kN)
10	821,8973	731,4697
9	515,9209	459,1577
8	458,5964	408,1402
7	401,2718	357,1227
6	343,9473	306,1052
5	286,6227	255,0876
4	229,2982	204,0701
3	171,9736	153,0526
2	114,6491	102,0351
1	57,32455	51,01753

Tablo 4.16’ da 5 ve 10 katlı yapının (X) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri, Tablo 4.17’ de 5 ve 10 katlı yapının (Y) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri toplu halde verilmiştir.

**Tablo 4.16:** (X) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri.

Zemin Sınıfı	$V_{TE}^{(X)}$ 5 Katlı (kN)	$V_{TE}^{(X)}$ 10 Katlı (kN)
ZA	1036,995	1967,5503
ZB	1105,629	2213,755
ZC	1942,606	2952,369
ZD	2651,141	2528,813
ZE	3740,470	3401,258

**Tablo 4.17:** (Y) doğrultusunda EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri.

Zemin Sınıfı	$V_{TE}^{(X)}$ 5 Katlı (kN)	$V_{TE}^{(X)}$ 10 Katlı (kN)
ZA	982,6651	1967,5503
ZB	1105,629	2213,755
ZC	1757,717	2952,369
ZD	2398,816	2528,813
ZE	3422,028	3027,258

Hesaplanan deprem kuvvetleri SAP2000 programında define, load pattern menüsünden programa girilmiştir. (X) ve (Y) doğrultusunda sırası ile rijitlik merkezine etki eden deprem kuvvetleri EX ve EY, rijitlik merkezine pozitif yönde %5 eksantrisite verilerek uygulanan deprem kuvvetleri EXP ve EYP, negatif yönde %5 eksantrisite verilerek uygulanan deprem kuvvetleri EXN ve EYN’dir.

TBDY 2018’e göre EDYY’nin kullanılabilmesi için bütün katlarda burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$  nin  $\leq 2.0$  olması ve komşu katlar arası rijitlik düzensizliği yani B2 türü düzensizliğin olmaması şartı aranmaktadır. Tez konusunda taban kesme kuvvetinin değişimi araştırıldığı için yapı simetrik olarak tasarlanmıştır. Dolayısıyla herhangi bir düzensizlik beklenmemektedir.



#### 4.4. Düzensizlik Kontrolü

TBDY 2018’de EDYY’ nin uygulanabileceği binalar Tablo B.2’de verilen şartlarla sınırlandırılmıştır. Bu tabloya göre burulma düzensizliği katsayısının 2 den küçük olması şartını sağlayan binalar ve yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı binalarda,  $DTS = 1$  iken  $BYS \geq 4$  şartının sağlanması gerekir. Bu koşulu sağlamayan diğer binalarda ise  $BYS \geq 5$  olmalıdır. Tez çalışması kapsamında tasarlanan yapının bu şartları sağlayıp sağlamadığı, EDYY’ nin uygulanabilirliği bu bölümde verilmiştir. ZE zemin sınıfındaki 10 katlı bina en kötü koşulu ortaya koyacağı için düzensizlik hesabı bu yapı için kontrol edilecektir.

Bina kat deplasmanlarını elde edebilmek için SAP2000 de define, load pattern bölümünden Şekil 4.9’ da verilen yük tanımlama penceresi açılır. Burada EX yüklemesi seçilerek modify lateral load pattern seçilerek Şekil 4.26’ da verilen X yönünde eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi açılır. Bu pencerede EX deprem yüklemesi için X doğrultusu seçilir ve  $S_s$ ,  $S_1$  değerleri girilir. Long period- transition period bölümüne, spektrumdaki sabit bölgeye geçiş periyodu  $T_L = 6$  s girilir. Zemin sınıfı ZE seçilmiş; R,I,D ve ZE zemin sınıfında X yönünde bulunan periyot  $T_x=1,545$  programa işlenmiştir.

Şekil 4.27’de X yönünde pozitif %5 eksantirisite verilmiş eşdeğer deprem yüklemesi ve girilen değerler gösterilmiştir. Burada Ecc ratio bölümüne pozitif %5 eksantirisite için 0,05 girilmiştir. Şekil 4.28’de X yönünde %5 negatif eksantirisite verilmiş eşdeğer deprem yüklemesi ve girilen değerler gösterilmiştir. Ecc ratio bölümüne %5 eksantirisite için -0,05 değeri girilmiştir. Aynı işlemler Y yönünde eşdeğer deprem yüklemesi ve eksantirisite verilmiş yüklemelerde tekrarlanarak kaydedilmiştir.

TSC-2018 Seismic Load Pattern

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)   
 Override Diaph. Eccen.

**Time Period**

Approx. Period Ct (m), x =   
 Program Calc Ct (m), x =   
 User Defined T =

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated  
 User Specified

Max Z   
 Min Z

**Seismic Coefficients**

0.2 Sec Spectral Accel, Ss   
 1 Sec Spectral Accel, S1   
 Long-Period Transition Period   
 Site Class   
 Site Coefficient, Fs   
 Site Coefficient, F1   
 Calculated Coefficients  
 SDS = Fs \* Ss   
 SDS = F1 \* S1

**Factors**

Response Modification, R   
 System Overstrength, D   
 Occupancy Importance, I

Şekil 4.26: X yönünde eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi.

TSC-2018 Seismic Load Pattern

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)   
 Override Diaph. Eccen.

**Time Period**

Approx. Period Ct (m), x =   
 Program Calc Ct (m), x =   
 User Defined T =

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated  
 User Specified

Max Z   
 Min Z

**Seismic Coefficients**

0.2 Sec Spectral Accel, Ss   
 1 Sec Spectral Accel, S1   
 Long-Period Transition Period   
 Site Class   
 Site Coefficient, Fs   
 Site Coefficient, F1   
 Calculated Coefficients  
 SDS = Fs \* Ss   
 SDS = F1 \* S1

**Factors**

Response Modification, R   
 System Overstrength, D   
 Occupancy Importance, I

Şekil 4.27: X yönünde pozitif %5 eksatirisite verilmiş eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi.

**TSC-2018 Seismic Load Pattern**

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction  
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

**Time Period**

Approx. Period Ct (m), x =

Program Calc Ct (m), x =

User Defined T =

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated

User Specified

Max Z

Min Z

**Seismic Coefficients**

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fs

Site Coefficient, F1

**Calculated Coefficients**

SDS = Fs \* Ss

SDS = F1 \* S1

**Factors**

Response Modification, R

System Overstrength, D

Occupancy Importance, I

**Şekil 4.28:** X yönünde negatif %5 eksantisite verilmiş eşdeğer deprem yükü tanımlama penceresi.

Deprem yükleri tanımlandıktan sonra display, show deformed shape bölümünden Şekil 4.29' da verilen deplasman okuma penceresi açılarak, hangi yüklemdeki şekil değişikliği elde edilmek isteniyorsa, case combo name kısmından seçilerek Şekil 4.30'da verildiği gibi düğüm noktaları üzerine gelerek deplasmanlar okunur. Burada U1,U2,U3 sırası ile X,Y,Z yönündeki deplasmanları; R1,R2,R3 sırası ile X,Y,Z yönündeki dönmeyi vermektedir. Bu işlemler eksantisiteli yükleme ve Y yönündeki yüklemeler için tekrarlanmış ve bir kata gelen maksimum ve minimum deplasman değerleri okunarak Excel hesap programında düzensizlik hesabı yapılmıştır.

Display Deformed Shape

Case/Combo

Case/Combo Name EX

Multivalued Options

Envelope (Max or Min)

Step 1

Scaling

Automatic  User Defined

Contour Options

Draw Contours on Objects

Contour Component

Show Continuous Contours

Automatic  User Defined

Minimum Value for User Contour Range

Maximum Value for User Contour Range

Options

Wire Shadow  Cubic Curve

Animation Controls

Single Step  Multiple Steps

Start

End

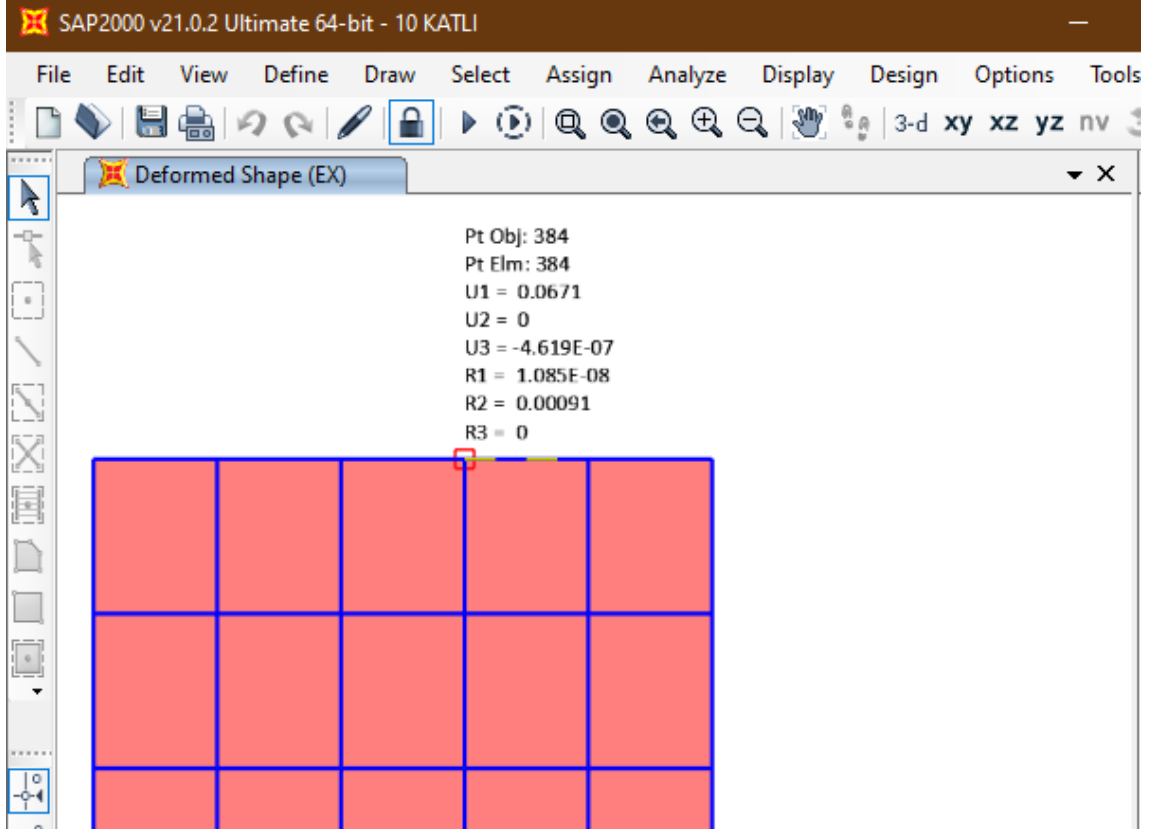
Increment

Reset Form to Default Values

Reset Form to Current Window Settings

OK Close Apply

Şekil 4.29: X yönünde deplasman okuma penceresi.



**Şekil 4.30:** Düğüm noktasından deplasman okuma.

Tablo 4.18’de EX yüklemesi için okunan maksimum deplasmanlar  $D_{i_{max}}$  sütununda, minimum deplasmanlar  $D_{i_{min}}$  sütununda metre cinsinden verilmiştir.  $\Delta i_{max}$  bir üst kattaki maksimum deplasman ile bir alt kattaki maksimum deplasmanın farkıdır.  $\Delta i_{min}$  bir üst kattaki minimum deplasman ile bir alt kattaki minimum deplasmanın farkıdır.  $\eta_{bi}$  burulma düzensizliği katsayısıdır. TBDY 2018’ e göre burulma düzensizliği katsayısının 1,2 den büyük olma durumunda binada burulma düzensizliği vardır kabulü yapılır.  $\eta_{ri}$  rijitlik düzensizliği katsayısıdır ve TBDY 2018’ e göre rijitlik düzensizliği katsayısının 2 den büyük olma durumunda binada komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) düzensizliği vardır kabulü yapılır. Tablo 4.19’da EXP-EXN yüklemesi için okunan deplasmanlar, burulma düzensizliği (A1 türü) ve yumuşak kat (B2 türü) düzensizlik hesabı verilmiştir. Aynı işlemler tekrar edilerek Tablo 4.20’de EY Yüklemesi için, Tablo 4.21’de EYP-EYN yüklemesi için, A1 ve B2 Türü düzensizlik hesabı verilmiştir.

**Tablo 4.18:** ZE zemin sınıfında EX yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.

$D_{i_{max}}(m)$	$D_{i_{min}}(m)$	Kat	$H_i(m)$	$\Delta i_{max}$	$\Delta i_{min}$	$\Delta i_{ort}$	$\eta_{bi}$	$\Delta i_{ort}/H_i$	$\eta_{ki}(+)$	$\eta_{ki}(-)$
0,067	0,067	10	3	0,003	0,003	0,003	1,00	0,001		0,72
0,064	0,064	9	3	0,005	0,005	0,005	1,00	0,002	1,39	0,78
0,059	0,059	8	3	0,006	0,006	0,006	1,00	0,002	1,28	0,84
0,053	0,053	7	3	0,007	0,007	0,007	1,00	0,002	1,19	0,85
0,046	0,046	6	3	0,008	0,008	0,008	1,00	0,003	1,17	0,92
0,038	0,038	5	3	0,009	0,009	0,009	1,00	0,003	1,09	0,96
0,029	0,029	4	3	0,009	0,009	0,009	1,00	0,003	1,04	0,98
0,020	0,020	3	3	0,010	0,010	0,010	1,00	0,003	1,02	1,38
0,010	0,010	2	3	0,007	0,007	0,007	1,00	0,002	0,73	1,97
0,004	0,004	1	3	0,004	0,004	0,004	1,00	0,001	0,51	

**Tablo 4.19:** ZE zemin sınıfında EXP-EXN yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.

$D_{i_{max}}(m)$	$D_{i_{min}}(m)$	Kat	$H_i(m)$	$\Delta i_{max}$	$\Delta i_{min}$	$\Delta i_{ort}$	$\eta_{bi}$	$\Delta i_{ort}/H_i$	$\eta_{ki}(+)$	$\eta_{ki}(-)$
0,074	0,060	10	3	0,004	0,003	0,003	1,12	0,001		0,75
0,070	0,057	9	3	0,005	0,004	0,005	1,10	0,002	1,34	0,78
0,065	0,053	8	3	0,006	0,005	0,006	1,09	0,002	1,29	0,82
0,059	0,048	7	3	0,008	0,006	0,007	1,11	0,002	1,21	0,88
0,051	0,042	6	3	0,009	0,007	0,008	1,10	0,003	1,14	0,91
0,042	0,034	5	3	0,010	0,008	0,009	1,11	0,003	1,10	0,96
0,032	0,026	4	3	0,010	0,008	0,009	1,10	0,003	1,04	0,97
0,022	0,018	3	3	0,011	0,009	0,010	1,09	0,003	1,03	1,40
0,012	0,009	2	3	0,008	0,006	0,007	1,12	0,002	0,71	1,99
0,004	0,003	1	3	0,004	0,003	0,003	1,10	0,001	0,50	

**Tablo 4.20:** ZE zemin sınıfında EY yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.

$D_{i_{max}}(m)$	$D_{i_{min}}(m)$	Kat	$H_i(m)$	$\Delta i_{max}$	$\Delta i_{min}$	$\Delta i_{ort}$	$\eta_{bi}$	$\Delta i_{ort}/H_i$	$\eta_{ki}(+)$	$\eta_{ki}(-)$
0,076	0,076	10	3	0,004	0,004	0,004	1,00	0,001		0,76
0,072	0,072	9	3	0,006	0,006	0,006	1,00	0,002	1,31	0,81
0,067	0,067	8	3	0,007	0,007	0,007	1,00	0,002	1,24	0,82
0,060	0,060	7	3	0,008	0,008	0,008	1,00	0,003	1,22	0,89
0,052	0,052	6	3	0,009	0,009	0,009	1,00	0,003	1,12	0,91
0,042	0,042	5	3	0,010	0,010	0,010	1,00	0,003	1,10	0,97
0,032	0,032	4	3	0,011	0,011	0,011	1,00	0,004	1,03	0,96
0,022	0,022	3	3	0,011	0,011	0,011	1,00	0,004	1,04	1,54
0,011	0,011	2	3	0,007	0,007	0,007	1,00	0,002	0,65	1,97
0,004	0,004	1	3	0,004	0,004	0,004	1,00	0,001	0,51	

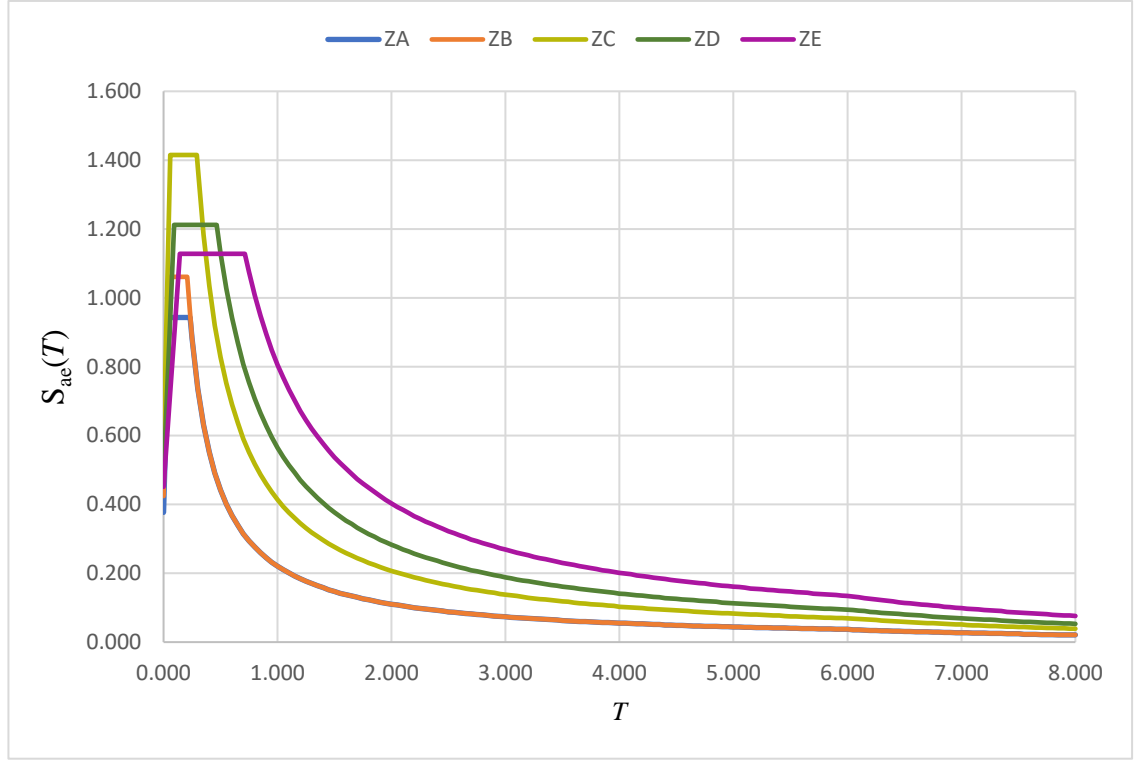
**Tablo 4.21:** ZE zemin sınıfında EYP-EYN yüklemesi için A1 ve B2 türü düzensizlik hesabı.

$D_{i_{max}}(m)$	$D_{i_{min}}(m)$	Kat	$H_i(m)$	$\Delta i_{max}$	$\Delta i_{min}$	$\Delta i_{ort}$	$\eta_{bi}$	$\Delta i_{ort}/H_i$	$\eta_{ki}(+)$	$\eta_{ki}(-)$
0,083	0,070	10	3	0,005	0,004	0,004	1,07	0,001		0,78
0,078	0,066	9	3	0,006	0,005	0,005	1,07	0,002	1,29	0,78
0,072	0,061	8	3	0,007	0,006	0,007	1,07	0,002	1,28	0,84
0,065	0,055	7	3	0,009	0,007	0,008	1,09	0,003	1,19	0,87
0,056	0,047	6	3	0,010	0,009	0,009	1,07	0,003	1,15	0,93
0,046	0,039	5	3	0,011	0,009	0,010	1,08	0,003	1,08	0,97
0,035	0,029	4	3	0,011	0,010	0,011	1,09	0,004	1,03	0,97
0,023	0,020	3	3	0,012	0,010	0,011	1,11	0,004	1,03	1,52
0,011	0,010	2	3	0,008	0,007	0,007	1,05	0,002	0,66	1,99
0,004	0,003	1	3	0,004	0,003	0,004	1,08	0,001	0,50	

Tüm düzensizlik tablolarından elde edilen verilere göre EDYY'nin uygulanmasının herhangi bir sakıncası yoktur.

## 5. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ANALİZ

MBY’ de kullanılacak olan tasarım spektrum eğrileri <https://tdth.afad.gov.tr/internet> adresinden Enlem: 39,3231°Boylam: 28,0029° koordinatları girilerek alınmıştır. ZA,ZB,ZC,ZD,ZE zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektrumları Şekil 5.1’de toplu halde verilmiştir.

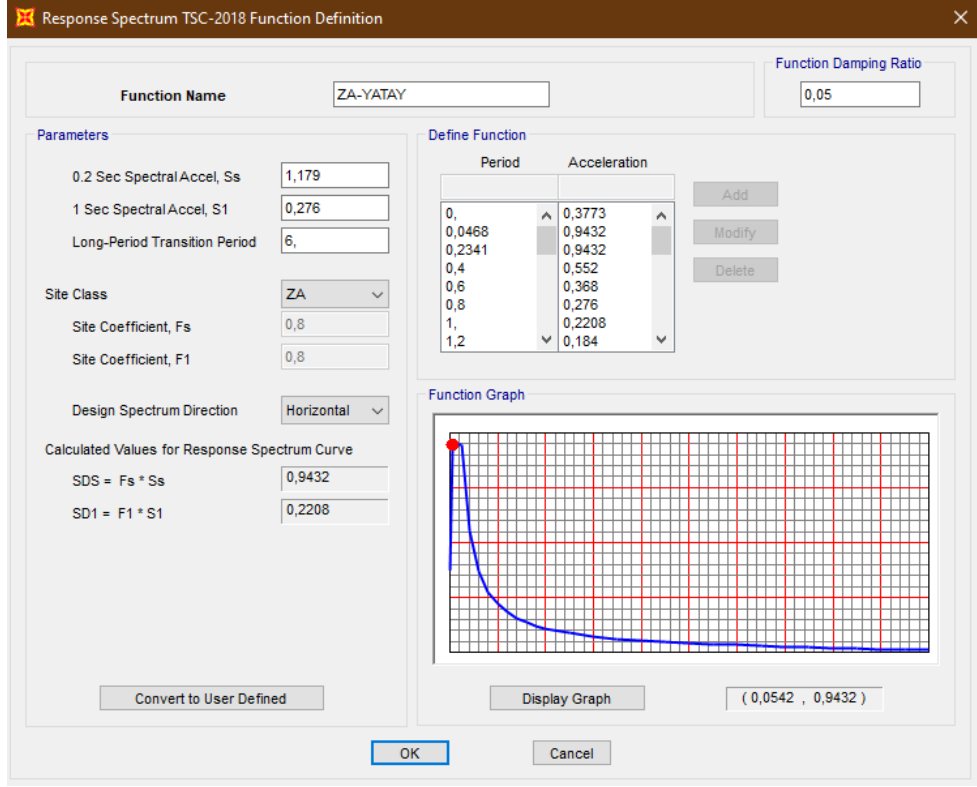


Şekil 5.1: Yatay elastik tasarım spektrumları.

### 5.1. Azaltılmış Spektrum Eğrileri

Mod birleştirme hesabının yapılabilmesi için Şekil 5.1’de verilen eğrilerin SAP2000 programına tanımlanması gerekmektedir. Define, function menüsünden yönetmelik seçilir ve Şekil 5.2’deki Response Spectrum TSC-2018 Function Definition sayfası açılır. Burada  $S_S$ ,  $S_1$  değerleri ve zemin sınıfı tanımlanır. Yatay elastik tasarım spektrumu için horizontal, düşey elastik tasarım spektrumu için vertical doğrultusu seçilir. Spektrum eğrisinin, ZA zemin sınıfı için SAP2000’e tanımlaması örnek olarak Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



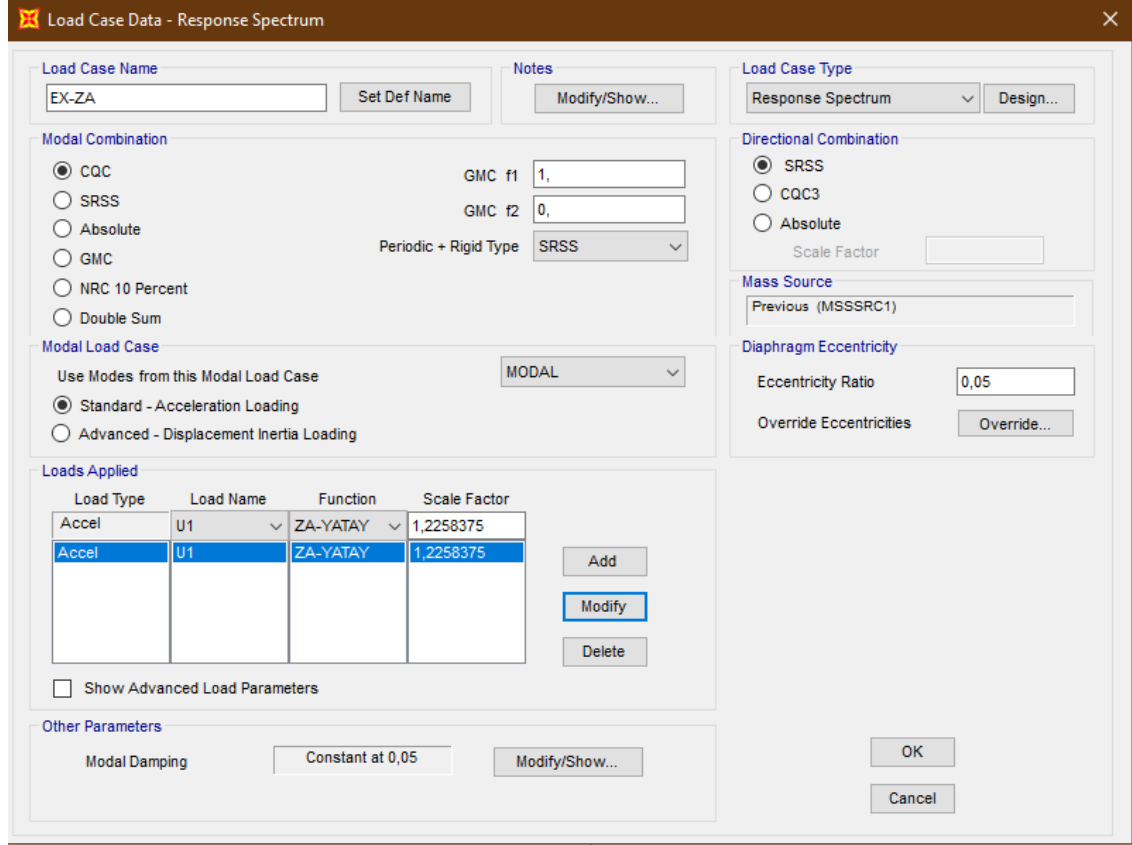


Şekil 5.2: ZA için yatay elastik tasarım spektrum eğrisinin SAP2000'e eklenmesi.

## 5.2. Tepki Spektrum Analizi

Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri programa tanımlandıktan sonra, define, load case, add new load case menüsünden tepki spektrum ayarları yapılmıştır. Şekil 5.2'de spektrum eğrisinin ordinatında yatay elastik tasarım spektral ivmesi  $S_{ae}(T)$  değeri işlenmiştir. Fakat analizde azaltılmış tasarım spektral ivmesi olan Denklem 3.3'de verilen  $S_{aR}(T)$  değeri kullanılmalıdır. Bunun için Şekil 5.3'de scale factor bölümüne Denklem 5.1'de verilen  $\frac{g}{R_a(T)}$  değeri girilerek katsayı düzenlenmiş ve programa azaltılmış tasarım spektrum eğrileri tanımlanmış olur. Burada  $g=9.80665\text{m/s}^2$  yer çekim ivmesidir. Denklem 3.1'de  $R_a(T)$  8 olarak hesaplanmıştır.

$$Scale\ Factor = \frac{g}{R_a(T)} = \frac{9.80665}{8} = 1,22583125 \quad (5.1)$$



**Şekil 5.3:** Tepki spektrum ayarları.

Bu ayarlar yapıldıktan sonra analiz yapılır. Display, Show Tables, Structure Output, Base reactions bölümünden MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri elde edilir. Şekil 5.4'te 5 katlı binanın MBY ile bulunan taban kesme kuvvetleri, Şekil 5.5'de 10 katlı binanın MBY ile bulunan taban kesme kuvvetleri verilmiştir. (X) yönündeki deprem kuvveti GlobalFX bölümünden (Y) yönündeki deprem kuvvetini GlobalFY bölümünden okunur.

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
▶	EX-ZA	LinRespSpec	Max	935,495	0,0001088	0,0004633	0,016	9068,0786	11051,2611	0	0	0
	EY-ZA	LinRespSpec	Max	0,0002826	868,603	0,001905	8078,3947	0,0104	10362,033	0	0	0
	EX-ZB	LinRespSpec	Max	966,044	0,0001203	0,0005218	0,018	9072,7698	11512,1043	0	0	0
	EY-ZB	LinRespSpec	Max	0,0003174	904,855	0,002143	8086,6099	0,0115	10888,1622	0	0	0
	EX-ZC	LinRespSpec	Max	1672,159	0,0001703	0,0006834	0,0241	16990,5189	19430,5202	0	0	0
	EY-ZC	LinRespSpec	Max	0,0004256	1530,483	0,002855	15125,8042	0,0166	17949,362	0	0	0
	EX-ZD	LinRespSpec	Max	2155,968	0,0001661	0,0005698	0,0203	23178,9359	24397,0142	0	0	0
	EY-ZD	LinRespSpec	Max	0,000368	1935,087	0,002442	20619,7095	0,0172	22042,2358	0	0	0
	EX-ZE	LinRespSpec	Max	2914,431	0,0001819	0,0005204	0,0171	32008,2766	32520,9352	0	0	0
	EY-ZE	LinRespSpec	Max	0,0003415	2684,851	0,002258	29540,8195	0,0206	30031,3215	0	0	0

Şekil 5.4: MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina).

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
▶	EX-ZA	LinRespSpec	Max	876,229	0,0001484	0,0003921	0,0091	15349,1407	10842,4553	0	0	0
	EY-ZA	LinRespSpec	Max	0,0008613	797,085	0,0002423	13591,2938	0,0054	9969,8808	0	0	0
	EX-ZB	LinRespSpec	Max	885,704	0,0001613	0,0004047	0,0101	15356,3727	11039,2753	0	0	0
	EY-ZB	LinRespSpec	Max	0,0009655	807,521	0,0002645	13598,863	0,0055	10178,0737	0	0	0
	EX-ZC	LinRespSpec	Max	1600,684	0,0002256	0,0006661	0,0137	28736,3775	19474,8851	0	0	0
	EY-ZC	LinRespSpec	Max	0,001304	1453,447	0,0003869	25445,0655	0,0097	17889,5423	0	0	0
	EX-ZD	LinRespSpec	Max	2102,29	0,0001962	0,0007822	0,012	39161,2297	24884,3472	0	0	0
	EY-ZD	LinRespSpec	Max	0,001158	1890,718	0,0003962	34654,2557	0,0123	22568,176	0	0	0
	EX-ZE	LinRespSpec	Max	2810,865	0,0001875	0,001039	0,0117	55778,0743	32310,7665	0	0	0
	EY-ZE	LinRespSpec	Max	0,001095	2521,448	0,0004419	49357,2256	0,0126	29240,71	0	0	0

Şekil 5.4: MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina).

Elde edilen toplam deprem kuvvetleri  $V_{tx} < \gamma_E V_{TE}$  olması halinde, modal hesap ile bulunan tüm yer değiştirme büyüklükleri ve azaltılmış iç kuvvetler,  $\beta_{LE}$  katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir. Denklem 3.11’de  $\beta_{LE}$  ‘nin hesabı verilmiştir.

$\beta_{tE}$  'nin 1 den büyük olduğu durumda Sap2000 programına işlenmesi için Şekil 5.5'de scale factor kısmına  $\frac{g * \beta_{tE}}{R_a(T)}$  değeri girilerek katsayı düzenlenmiş ve programa azaltılmış tasarım spektrum eğrileri ve  $\beta_{tE}$  ile çarpılarak büyütülmüş mod birleştirme kuvvetleri tanımlanmış olur. Burada  $g=9.80665 \text{ m/s}^2$  yer çekim ivmesidir. Denklem 3.1' de  $R_a(T)$  8 olarak hesaplanmıştır.

The screenshot shows the 'Load Case Data - Response Spectrum' dialog box. The 'Load Case Name' is 'EX-ZE'. The 'Load Case Type' is 'Response Spectrum'. Under 'Modal Combination', 'CQC' is selected. Under 'Directional Combination', 'SRSS' is selected. The 'Mass Source' is 'Previous (MSSSRC1)'. The 'Diaphragm Eccentricity' is set to '0,05'. The 'Modal Load Case' is 'MODAL' and 'Standard - Acceleration Loading' is selected. The 'Loads Applied' table has two rows:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	ZE-YATAY	1,2859
Accel	U1	ZE-YATAY	1,2859

The 'Other Parameters' section shows 'Modal Damping' set to 'Constant at 0,05'. The 'Buttons' section has 'OK' and 'Cancel' buttons.

Şekil 5.5: Tepki spektrum ayarlarında  $\beta_{tE}$  katsayısının işlenmesi.

Şekil 5.6' da 5 katlı binanın  $\beta_{tE}$  katsayısı ile büyütülmüş MBY ile bulunan taban kesme kuvvetleri, Şekil 5.7'de 10 katlı binanın  $\beta_{tE}$  katsayısı ile büyütülmüş MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri verilmiştir. (X) yönündeki deprem kuvveti GlobalFX bölümünden (Y) yönündeki deprem kuvvetini GlobalFY bölümünden okunur.

	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ
▶	EX-ZA	LinRespSpec	Max	935,495	0,0001088	0,0004633	0,016	9068,0786	11051,2611	0	0	0
	EY-ZA	LinRespSpec	Max	0,0002826	868,603	0,001905	8078,3947	0,0104	10362,033	0	0	0
	EX-ZB	LinRespSpec	Max	966,044	0,0001203	0,0005218	0,018	9072,7698	11512,1043	0	0	0
	EY-ZB	LinRespSpec	Max	0,0003174	904,855	0,002143	8086,6099	0,0115	10888,1622	0	0	0
	EX-ZC	LinRespSpec	Max	1672,159	0,0001703	0,0006834	0,0241	16990,5189	19430,5202	0	0	0
	EY-ZC	LinRespSpec	Max	0,0004256	1530,483	0,002855	15125,8042	0,0166	17949,362	0	0	0
	EX-ZD	LinRespSpec	Max	2155,968	0,0001661	0,0005698	0,0203	23178,9359	24397,0142	0	0	0
	EY-ZD	LinRespSpec	Max	0,000368	1935,087	0,002442	20619,7095	0,0172	22042,2358	0	0	0
	EX-ZE	LinRespSpec	Max	2992,376	0,0001867	0,0005344	0,0175	32864,322	33390,6914	0	0	0
	EY-ZE	LinRespSpec	Max	0,0003483	2737,707	0,002302	30122,373	0,021	30622,5312	0	0	0

Şekil 5.6:  $\beta_{tE}$  katsayısı ile büyütülmüş MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina).

	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ
▶	EX-ZA	LinRespSpec	Max	1574,088	0,0002666	0,0007043	0,0163	27573,7284	19477,7627	0	0	0
	EY-ZA	LinRespSpec	Max	0,001701	1574,088	0,0004786	26840,1671	0,0107	19688,5794	0	0	0
	EX-ZB	LinRespSpec	Max	1771,058	0,0003224	0,0008092	0,0203	30706,6802	22074,1906	0	0	0
	EY-ZB	LinRespSpec	Max	0,002118	1771,058	0,0005802	29825,0789	0,0122	22322,5907	0	0	0
	EX-ZC	LinRespSpec	Max	2361,967	0,0003329	0,0009829	0,0202	42403,3654	28737,1179	0	0	0
	EY-ZC	LinRespSpec	Max	0,00212	2361,967	0,0006287	41350,2636	0,0158	29071,9351	0	0	0
	EX-ZD	LinRespSpec	Max	2102,354	0,0001962	0,0007823	0,012	39162,4277	24885,1085	0	0	0
	EY-ZD	LinRespSpec	Max	0,001239	2023,112	0,000424	37080,8606	0,0132	24148,4739	0	0	0
	EX-ZE	LinRespSpec	Max	2810,951	0,0001875	0,001039	0,0117	55779,7807	32311,755	0	0	0
	EY-ZE	LinRespSpec	Max	0,001095	2521,525	0,0004419	49358,7356	0,0126	29241,6046	0	0	0

Şekil 5.7:  $\beta_{tE}$  katsayısı ile büyütülmüş MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina).

Tablo 5.1’de 5 katlı binada, Tablo 5.2’de 10 katlı binada beta katsayısı İle düzenlenmiş taban kesme kuvvetleri verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Beta katsayısı ile düzenlenmiş taban kesme kuvvetleri (5 katlı bina).

Zemin Sınıfı	EDYY ile Elde Edilen Taban Kesme Kuvvetleri		MBY ile Elde Edilen Taban Kesme Kuvvetleri		Beta Katsayıları ( $\beta_{tE}$ )		Beta Katsayısı İle Düzenlenmiş Taban Kesme Kuvvetleri	
	EX	EY	EX	EY	EX	EY	EX	EY
ZA	1036,99	982,67	935,50	868,60	0,89	0,91	935,50	868,60
ZB	1105,63	1105,63	966,04	904,86	0,92	0,98	966,04	904,86
ZC	1942,61	1757,72	1672,16	1530,48	0,93	0,92	1672,16	1530,48
ZD	2651,14	2398,82	2155,97	1935,09	0,98	0,99	2155,97	1935,09
ZE	3740,47	3422,03	2861,88	2684,85	1,05	1,02	2992,38	2737,62

**Tablo 5.2:** Beta katsayısı ile düzenlenmiş taban kesme kuvvetleri (10 katlı bina).

Zemin Sınıfı	EDYY ile Elde Edilen Taban Kesme Kuvvetleri		MBY ile Elde Edilen Taban Kesme Kuvvetleri		Beta Katsayıları ( $\beta_{tE}$ )		Beta Katsayısı İle Düzenlenmiş Taban Kesme Kuvvetleri	
	EX	EY	EX	EY	EX	EY	EX	EY
ZA	1967,55	1967,55	876,23	797,09	1,80	1,97	1574,04	1574,04
ZB	2213,76	2213,76	885,70	807,52	2,00	2,19	1771,00	1771,00
ZC	2952,37	2952,37	1600,68	1453,45	1,48	1,63	2361,90	2361,90
ZD	2528,81	2528,81	2102,29	1890,72	0,96	1,07	2102,29	2023,05
ZE	3401,50	3027,26	2810,87	2521,45	0,97	0,96	2810,87	2521,45

Örneğin ZA zemin sınıfında bulunan 10 katlı yapının (X) doğrultusundaki EDYY ile elde edilen taban kesme kuvveti 1967,550 kN, MBY ile elde edilen taban kesme kuvveti ise 876,229 KN değerinde bulunmuştur.

$$\beta_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_{tx}} = \frac{0,8 \times 1967,550}{876,229} = 1,796 \text{ olarak hesaplanır. Bu değer 1 den büyük olduğu}$$

için MBY ile elde edilen taban kesme kuvveti 1,796 ile çarpılarak büyütülüp 1574,040 bulunmuştur. Tablo 5.3'de (X) yönünde, Tablo 5.4'de (Y) yönünde  $\beta_{tE}$  katsayısı ile büyütülerek hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin sonucu verilmiştir.

**Tablo 5.3:** Hesaplanan taban kesme kuvvetleri (X yönü).

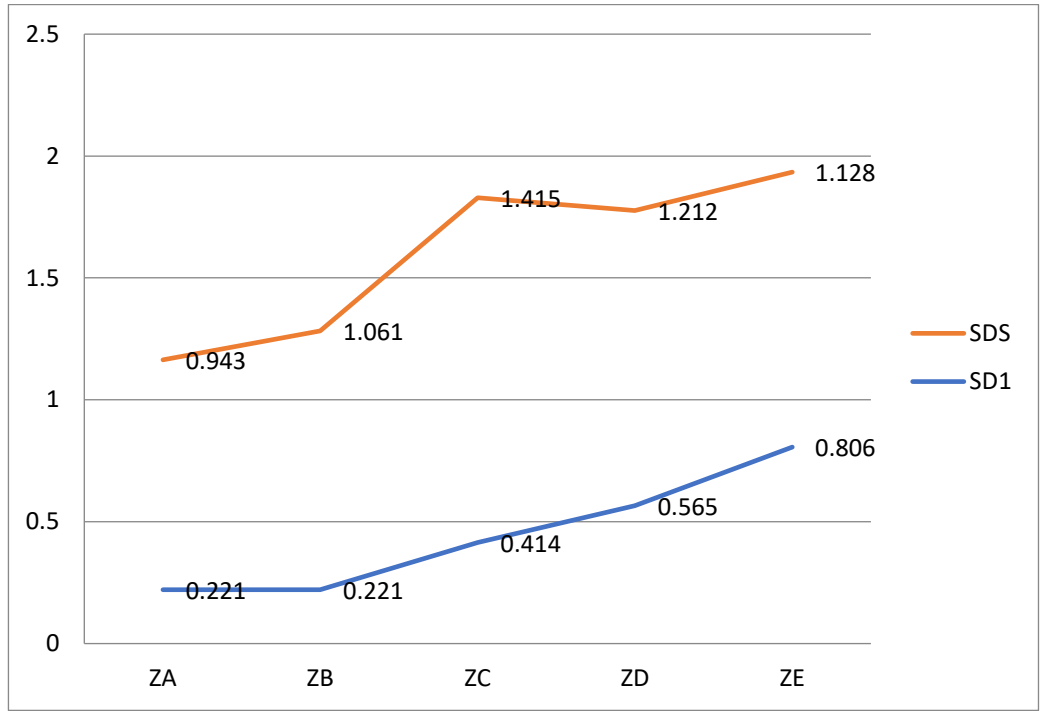
Zemin Sınıfı	Eşdeğer Deprem Yüğü	Mod Birleştirme	Eşdeğer Deprem Yüğü	Mod Birleştirme
Kat	5 Katlı Bina	5 Katlı Bina	10 Katlı Bina	10 Katlı Bina
ZA	1036,990	935,495	1967,550	1574,040
ZB	1105,629	966,044	2213,755	1771,004
ZC	1942,610	1672,159	2952,369	2361,895
ZD	2651,141	2155,968	2528,813	2102,290
ZE	3740,470	2992,376	3401,502	2810,865

**Tablo 5.4:** Hesaplanan taban kesme kuvvetleri (Y yönü).

Zemin Sınıfı	Eşdeğer Deprem Yüğü	Mod Birleştirme	Eşdeğer Deprem Yüğü	Mod Birleştirme
Kat	5 Katlı Bina	5 Katlı Bina	10 Katlı Bina	10 Katlı Bina
ZA	982,665	868,603	1967,550	1574,040
ZB	1105,629	904,855	2213,755	1771,004
ZC	1757,717	1530,483	2952,369	2361,895
ZD	2398,816	1935,087	2528,813	2023,050
ZE	3422,028	2737,622	3027,258	2521,448

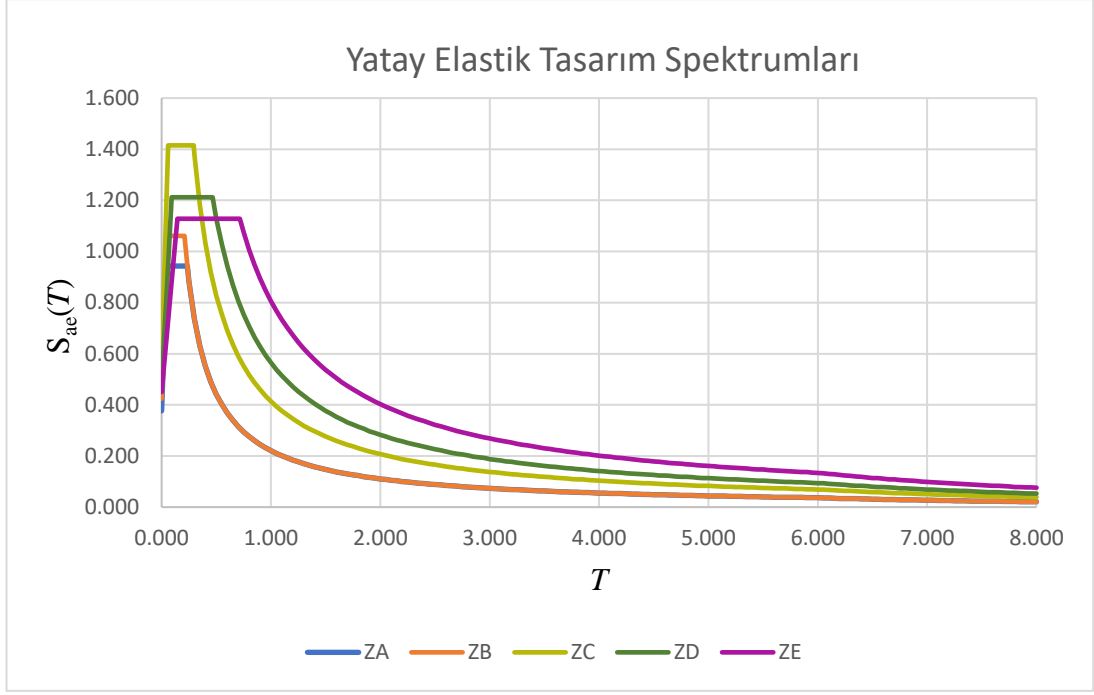
## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması kapsamında, Balıkesir Üniversitesi konumu seçilerek ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olmak üzere 5 farklı yerel zemin sınıfında, kat sayısı 5 ve 10 katlı iki yapının analizi yapılmıştır. Şekil 6.1'de  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  karşılaştırma grafiği verilmiştir.  $S_{DS}$  değerleri zemine bağlı olarak ZC zemin sınıfına kadar artış göstermiş daha sonra bir düşüş gözlenmektedir. SDS değerlerinin artış ve azalışı Şekil 6.2 de yatay elastik tasarım spektrumu karşılaştırma grafiğinde tepe noktasının artış ve azalışını etkilemektedir.



Şekil 6.1:  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  karşılaştırma grafiği.



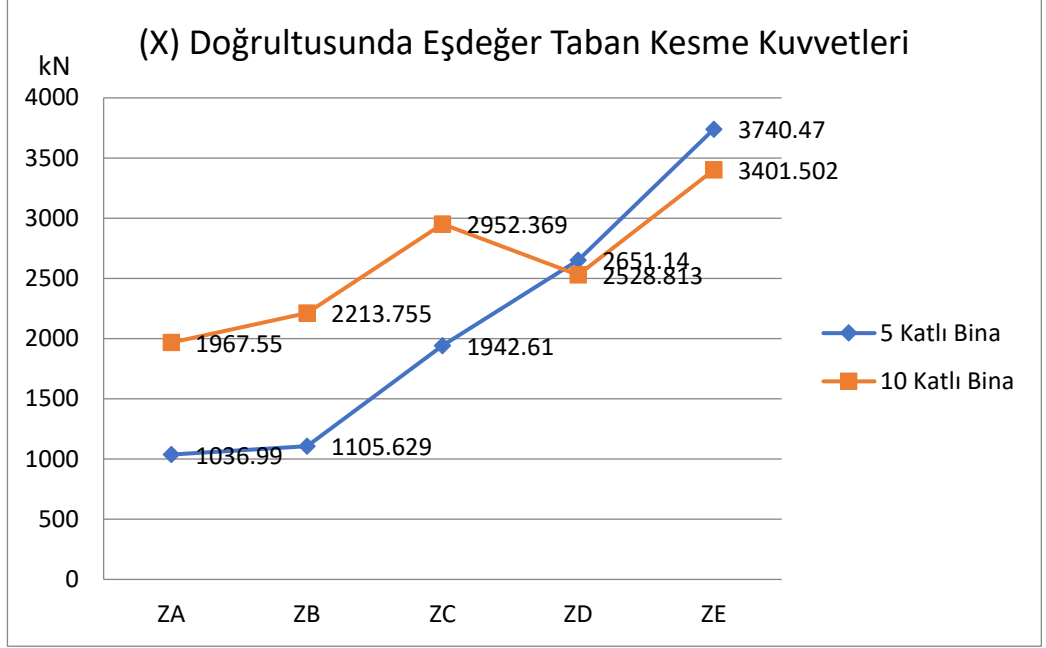


**Şekil 6.2:** Yatay elastik tasarım spektrumu karşılaştırma grafiği.

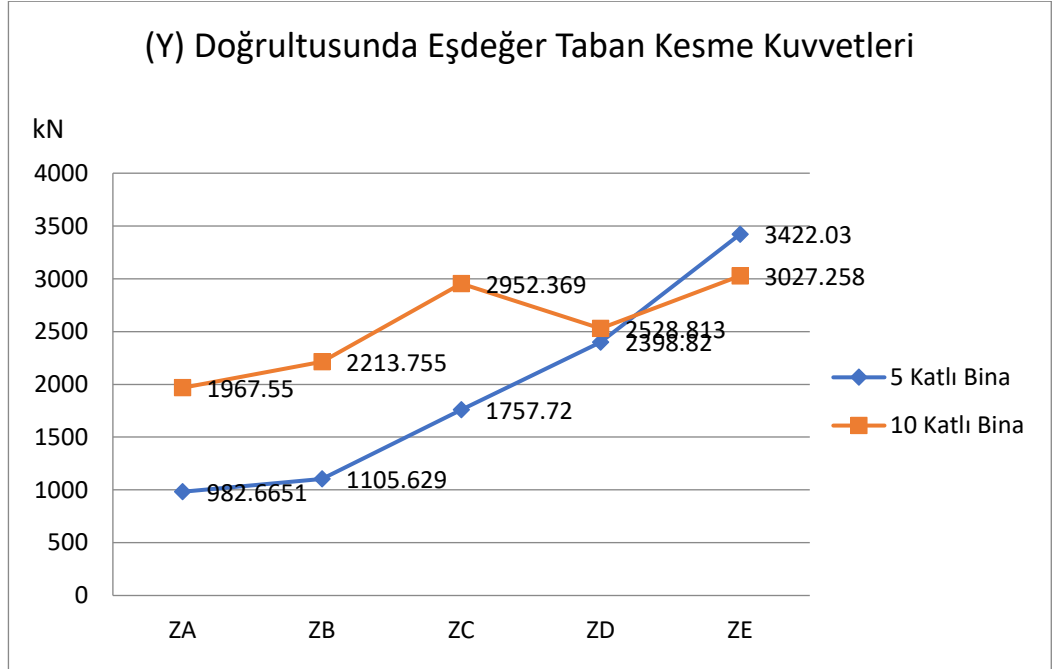
Şekil 6.2’de Yatay elastik tasarım spektrum grafiklerinde ZC den sonra grafiğin tepe noktası düşmesine rağmen toplam taban kesme kuvvetindeki artış devam etmektedir. Çünkü Denklem 2.2’de  $S_{ae}(T)$ , yatay elastik tasarım spektrum değerleri sadece  $S_{DS}$  değerine bağlı değildir. Periyot değerinin aralıklarına göre formüller sınıflandırılmıştır ve  $S_{ae}(T)$  değeri burada birçok değişkene bağlıdır.

Şekil 6.3’de (X) yönünde Şekil 6.4’de (Y) yönünde eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinin 5 ve 10 katlı binada karşılaştırma grafikleri verilmiştir. Her iki doğrultuda da 10 katlı binanın 5 katlı binaya göre taban kesme kuvvetleri ZC zemin sınıfına kadar daha büyük çıkarken, ZD ve ZE zemin sınıfında çok yakın değerler elde edilmiştir. 10 katlı yapıda ZD zemin sınıfındaki bu düşüşün nedeni, toplam taban kesme denkleminde  $m_t S_{aR}(T_p^{(X)})$  değerinin minimum taban kesme kuvveti olan  $0,04 m_t I S_{DS} g$  değerinden daha küçük çıkmasından dolayı minimum taban kesme kuvveti formülünün uygulanmasıdır. 10 katlı binanın her iki doğrultusunda da ZA, ZB, ZC ve ZD zemin sınıflarında  $0,04 m_t I S_{DS} g$  formülü uygulanmıştır. Bu nedenle grafiğin bu bölümleri Şekil 6.1’deki  $S_{DS}$  grafiği ile benzerlik göstermektedir. 10 katlı binanın ZE zemin sınıfında  $m_t S_{aR}(T_p^{(X)})$  formülü uygulanmış ve tekrar artış gözlenmiştir. 5 katlı

binada ise ZB zemin sınıfında  $0,04 m_t I S_{DS} g$  formülü uygulanmış, diğer zemin sınıflarında ise  $m_t S_{aR}(T_p^{(X)})$  formülü uygulanmıştır.

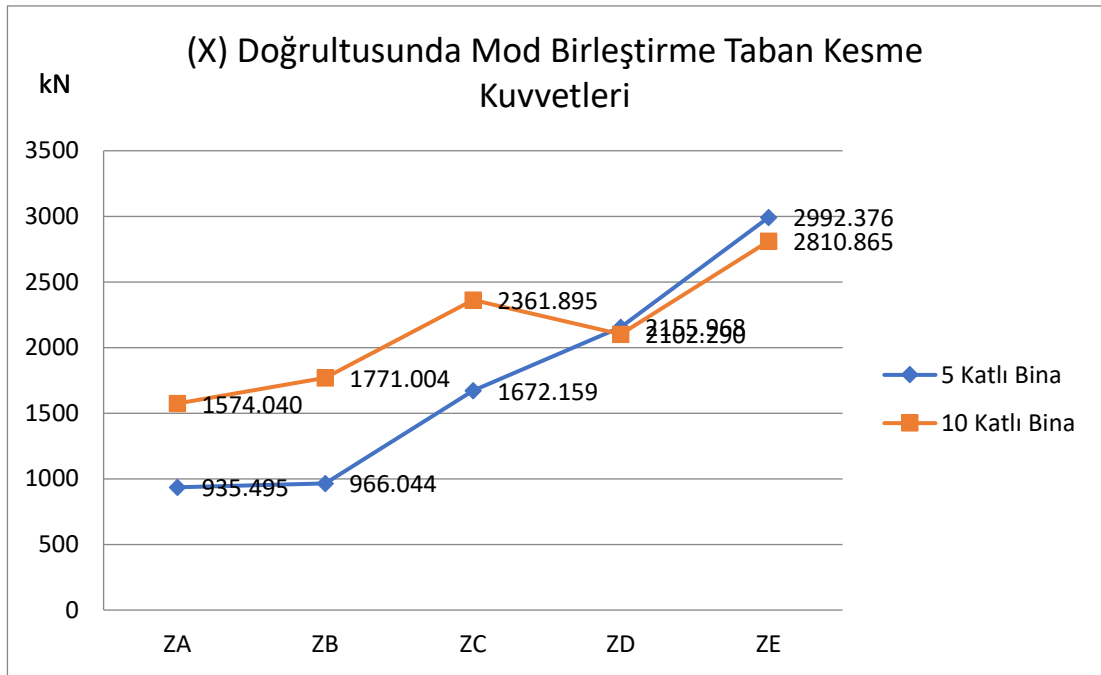


Şekil 6.3: (X) doğrultusunda eşdeğer taban kesme kuvvetleri.

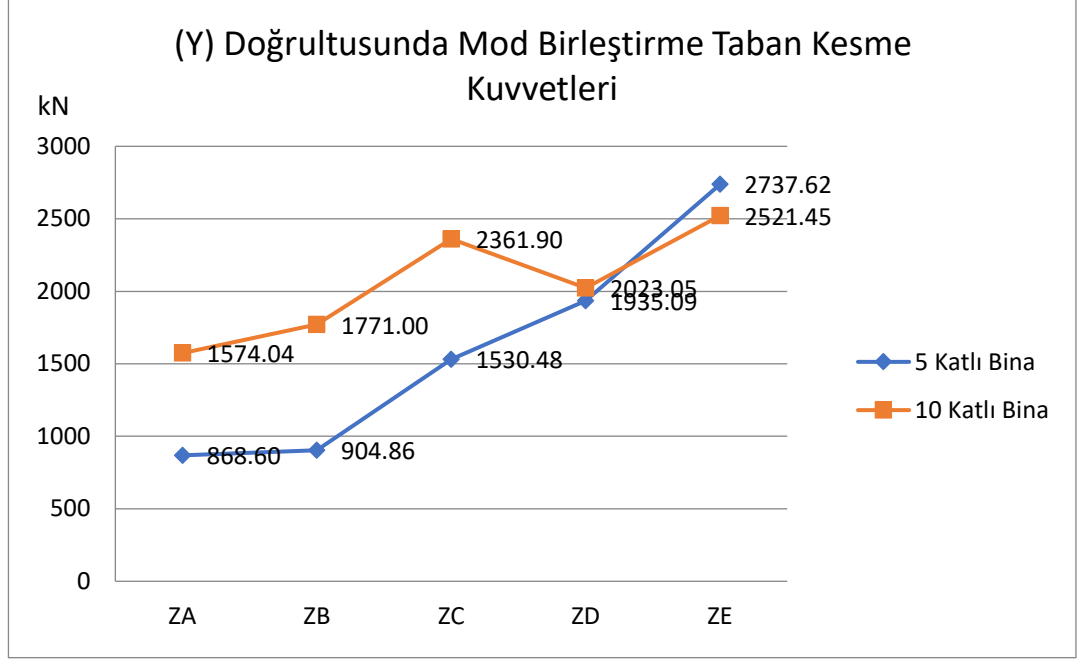


Şekil 6.4: (Y) doğrultusunda eşdeğer taban kesme kuvvetleri.

Şekil 6.5’de (X) doğrultusunda Şekil 6.6’da (Y) doğrultusunda MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinin 5 ve 10 katlı binada karşılaştırma grafikleri verilmiştir. Burada da eşdeğer deprem yükü yönteminde elde edilen sonuçlara benzer olarak, ZA, ZB, ZC zemin sınıflarında 10 katlı yapıya etki eden taban kesme kuvvetleri 5 katlı yapıya etki eden taban kesme kuvvetlerinden daha büyüktür. ZE ve ZD zemin sınıflarında ise 5 ve 10 katlı yapıya çok yakın değerlerde taban kesme kuvvetleri etki etmiştir.

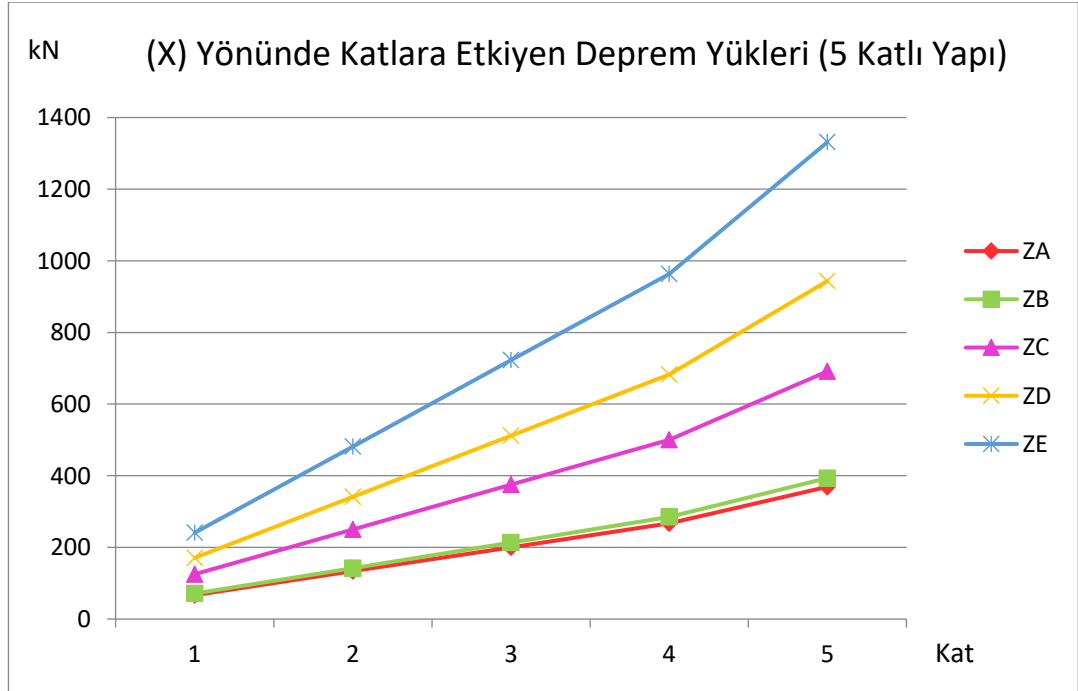


**Şekil 6.5:** (X) doğrultusunda mod birleştirme taban kesme kuvvetleri.

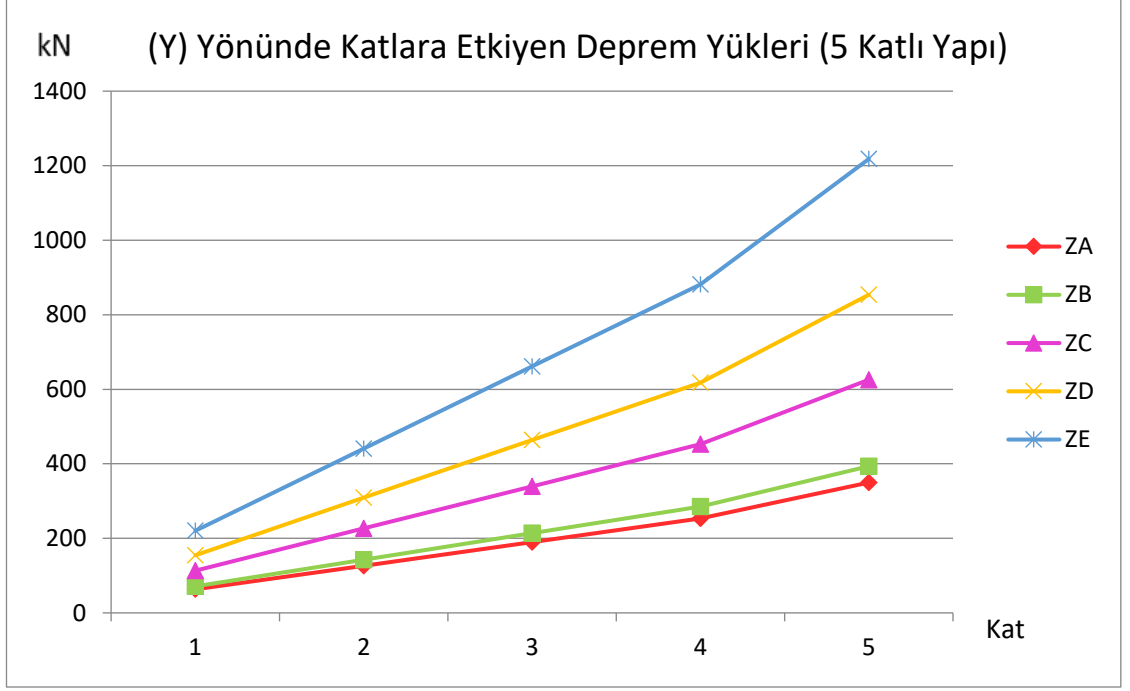


**Şekil 6.6:** (Y) doğrultusunda mod birleştirme taban kesme kuvvetleri.

Şekil 6.7' de (X) yönünde, Şekil 6.8' de (Y) yönünde 5 katlı yapının katlarına etki eden deprem kuvvetlerinin zemin sınıfına göre değişim grafiği verilmiştir. Katlara etkileyen deprem yükleri zemin sınıfı ZA' dan ZE' ye doğru gidildikçe artmıştır.

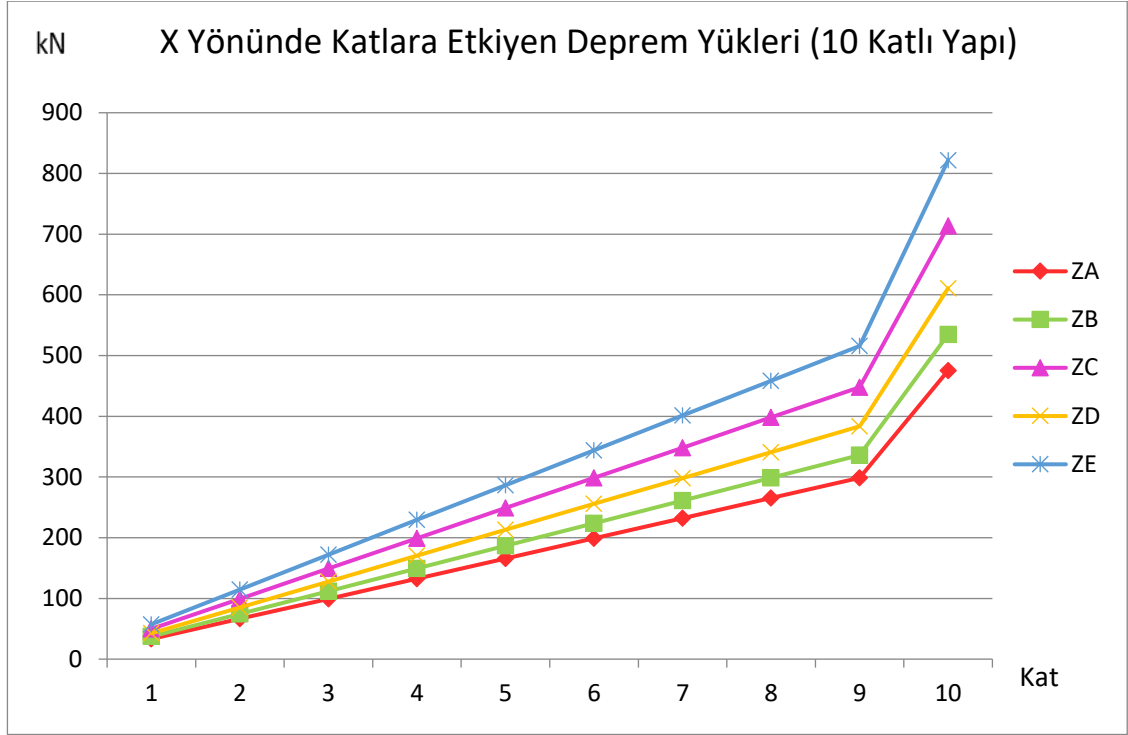


**Şekil 6.7:** (X) yönünde katlara etkileyen deprem yükleri (5 katlı yapı).

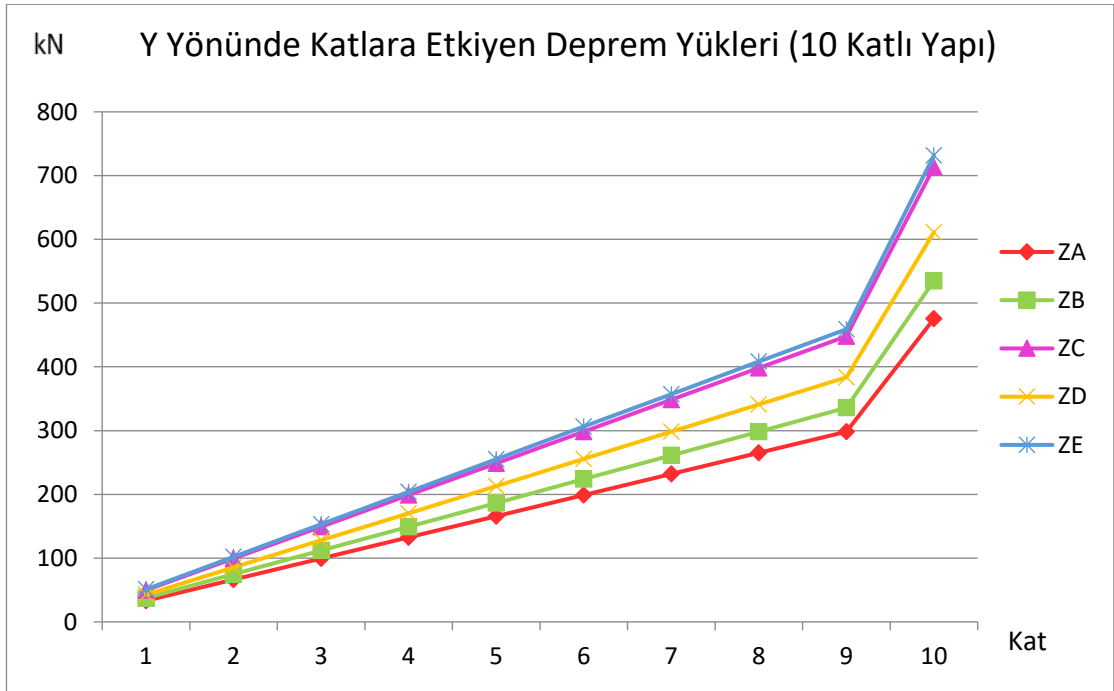


Şekil 6.8: (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (5 katlı yapı).

Şekil 6.9' da (X) yönünde, Şekil 6.10' da (Y) yönünde 10 katlı yapının katlarına etki eden deprem kuvvetlerinin zemin sınıfına göre değişim grafiği verilmiştir. Katlara etkiyen deprem yükleri, 10 katlı yapının taban kesme kuvvetleri grafikleri ile benzerlik göstermekte ve ZC zemin sınıfındaki kat kuvvetlerinin ZD zemin sınıfındaki kat kuvvetlerinden daha büyük olduğu gözlenmektedir. Her zemin sınıfının kendi içinde katlara etkiyen deprem kuvvetleri ise giderek büyümüşür. En büyük artış ise ZE zemin sınıfında görülmektedir.

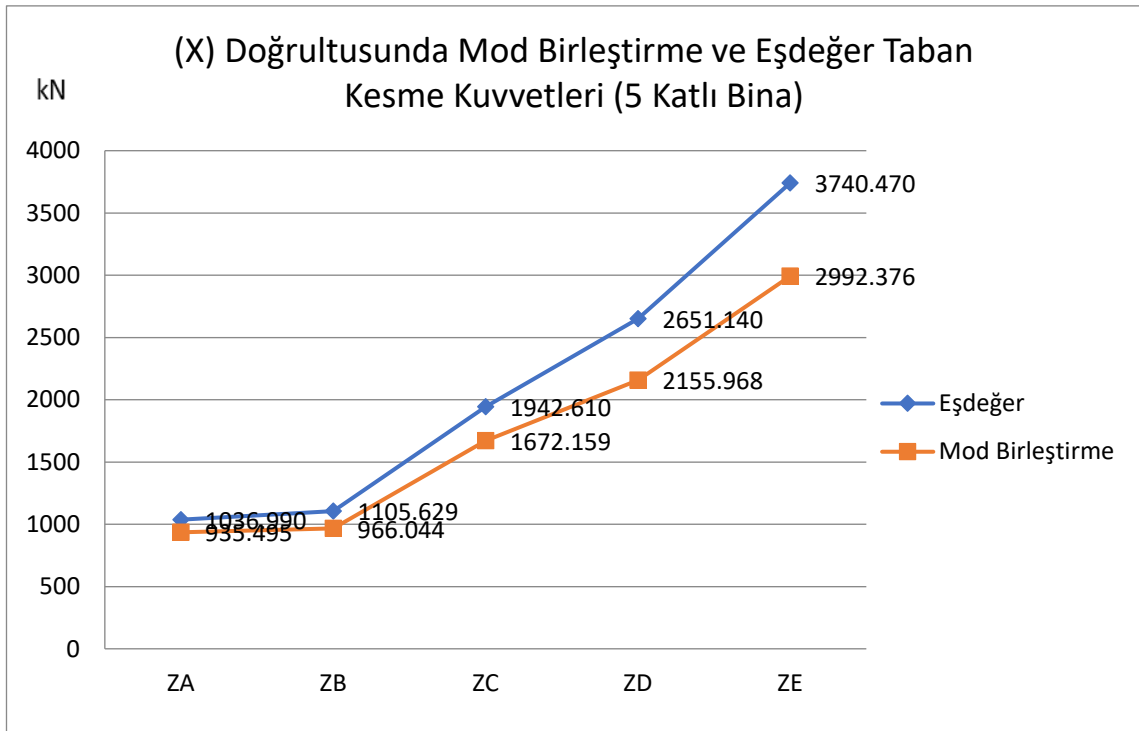


**Şekil 6.9:** (X) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (10 katlı yapı).

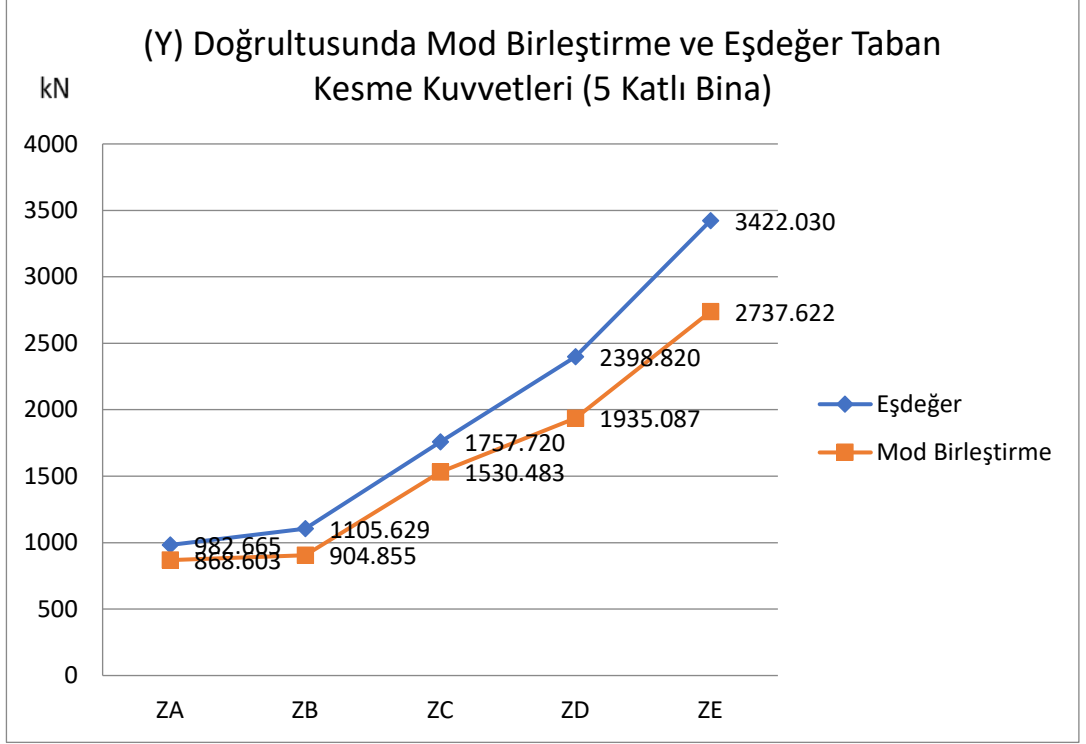


**Şekil 6.10:** (Y) yönünde katlara etkiyen deprem yükleri (10 katlı yapı).

Şekil 6.11’ de 5 katlı binanın (X) Doğrultusunda, Şekil 6.12’ de 5 katlı binanın (Y) Doğrultusunda, MBY ve EDYY ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiklerinde her iki doğrultuda da ZA, ZB, ZC zemin sınıflarında eşdeğer taban kesme kuvvetlerinin mod birleştirme kuvvetlerinden %10-%20 oranında daha büyük olduğu gözlemlenirken ZD ve ZE zemin sınıflarında yaklaşık %20-%25 oranında daha büyüktür. Yani zemin sınıfı kötüleştikçe mod birleştirme kuvvetleri ve eşdeğer deprem kuvvetleri arasındaki fark giderek artmıştır.



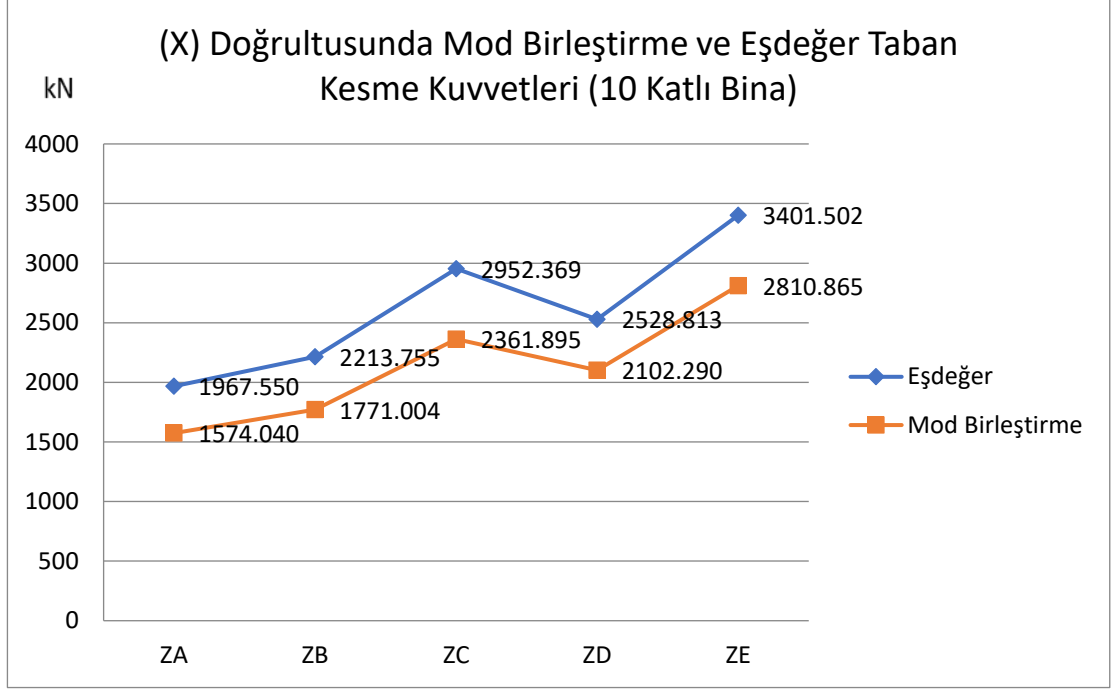
**Şekil 6.11:** (X) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (5 katlı bina).



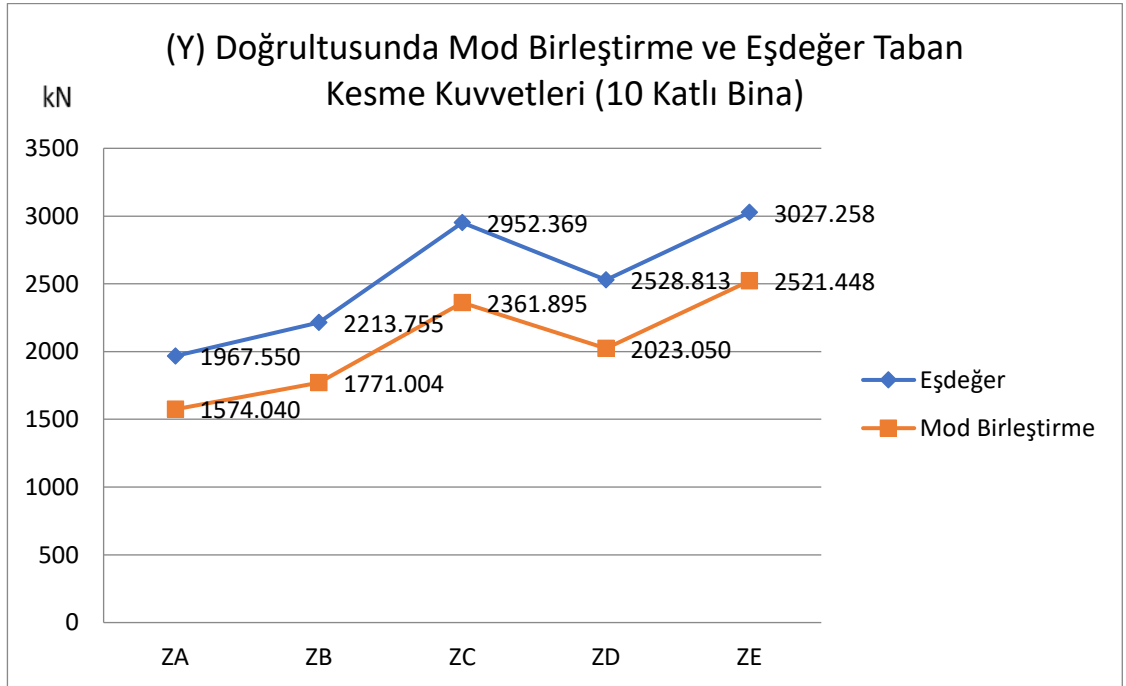
**Şekil 6.12:** (Y) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (5 katlı bina).

Şekil 6.13’de 10 katlı binanın (X) Doğrultusunda, Şekil 6.14’de 10 katlı binanın (Y) Doğrultusunda, MBY ve EDYY ile elde edilmiş taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiklerinde her iki doğrultuda da EDYY ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinde, MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinden %25 oranında daha büyük sonuçlar elde edilmiştir.





**Şekil 6.13:** (X) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (10 katlı bina).



**Şekil 6.14:** (Y) doğrultusunda mod birleştirme ve eşdeğer taban kesme kuvvetleri karşılaştırma grafiği (10 katlı bina).

5 katlı yapıda ZA, ZB zemin sınıflarında eşdeğer ve mod birleştirme yöntemi arasında çok büyük farklar olmayıp, ZC zemin sınıfından sonra bu farkın giderek büyüdüğü görülmüştür. ZA ve ZB zemin sınıfında EDYY ile elde edilen taban kesme kuvvetinin MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetinden %10-%15 oranında büyük olduğunu, ZC, ZD, ZE zemin sınıfında %20-%25 oranında daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. 10 katlı yapıda ise her zemin sınıfında EDYY ile elde edilen taban kesme kuvvetleri, MBY ile elde edilen taban kesme kuvvetinden %25 daha büyüktür. Buradan yüksek katlı olmayan yapılarda iyi zemin sınıflarında doğrusal analiz yöntemlerinin seçiminin büyük bir fark yaratmayacağını, fakat kötü zemin sınıflarında iki yöntem ile elde edilen deprem kuvvetleri arasındaki farkın artacağını görebiliriz. Yüksek katlı yapılarda ise zemin sınıfı fark etmeksizin, eşdeğer deprem kuvvetleri mod birleştirme kuvvetlerinden daha büyüktür. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında EDYY'yi kullanmak daha büyük kuvvetler ile çalışılacağından daha güvenli bölgede kalmak için iyi bir tercih olabilir. Fakat MBY'nin yapının tüm modlarını ele alarak daha gerçekçi sonuçlar verdiği göz önünde tutulmalıdır. Burada yapının güvenli tarafta kalması, ekonomik olarak verdiği sonuç, yapının sünekliği ve ya estetiği gibi birçok konu aynı anda ele alınmalıdır. Bu nedenle tasarımda hangi analiz yöntemini seçeceği inşaat mühendislerinin tercihinin kalmıştır. Türkiye deprem açısından felaketler yaşamış bir ülkedir ve inşaat mühendislerinin bu tercihleri büyük önem arz etmektedir. İnşaat Mühendisleri ve Zemin Araştırma Şirketlerinin toplumu bu felaketlerden uzak tutma zorunluluğu vardır. Unutulmamalıdır ki yıkımlara kötü zeminler değil, kötü zeminlere uygun tasarım yapmamak neden olur.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] M. S. Döndüren, Ş.Hava, A. S. Ecemiş, “Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle DBYBHY 2007 Ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi”, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 327-342, 2021, <https://doi.org/10.36306/konjes.867309>.
- [2] A.Özmen ve E.Sayın, “ Deprem Etkisinde Çok Katlı Betonarme Bir Binanın TDY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması”, *OKU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 124-133, Haz.2021, <https://doi.org/10.47495/okufbed.797889>.
- [3] M.Uzun ve H.H.Korkmaz, “Deprem Bölgesindeki Bazı Ülkelerde Eşdeğer Deprem Yüğü Metodunun Karşılaştırılması”, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 189-212, 2019, doi: 10.15317/Scitech.2019.192.
- [4] T.Uçar ve O.Merter, “Binaların Deprem Hesabında Kullanılan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle İlgili Bir İrdeleme”, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 15-31, 2012, <https://dergipark.org.tr/>
- [5] T. Uçar ve O. Merter, “Betonarme Çerçevelerin Deprem Tasarımında Farklı Analiz Esaslı Büyüklüklerin Karşılaştırılması”, *Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu*, Karabük,2016, <https://www.researchgate.net/>
- [6] V. Başaran ve M. Hiçyılmaz, ” Betonarme Çerçevelerde Farklı Deprem Yer Hareketi Düzeyi Etkilerinin İncelenmesi”, *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 2.1: 27-41, 2020, <https://dergipark.org.tr/>
- [7] Z. Celep, *Deprem Mühendisliğine Giriş*, Beta Yayınevi, İstanbul, 2018
- [8] A. Altunışık, Ş. Ateş, S. Adanur, *İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları*, Dynamic Academy, Trabzon, 2019
- [9] B.Doran, A. Bozer, B. Akbaş, E.Şenol, *Yapı Mühendisliği Problemlerinde SAP2000 Uygulamaları*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2019
- [10] E. Uçkul, “Betonarme Bir Yapıda Farklı Zemin Sınıflarının Deprem Davranışına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2013
- [11] Ş. Hava, “Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2019

- [12] M.A. İşsever, “Eşdeğer Deprem Yüğü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Çok Katlı Betonarme Bir Yapıda Kıyaslanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012
- [13] M.O.M Hanoun, “Eşdeğer Deprem Yüğü Ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Betonarme Binalarda Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Aydın, 2019
- [14] B. FAİZİ, “Binaların Kütle Ve Rijitliğindeki Tedrici Değişimin Eşdeğer Deprem Yüğü Ve Mod Birleştirme Yöntemi İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 2022
- [15] D. Turan, “Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012
- [16] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (18 Mart 2018). *Resmi Gazete* (Sayı: 30364). [Online] Eriřim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2-1.pdf>
- [17] TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,(Şubat 2000). [Online] Eriřim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2000/07/20000712M1-23.pdf> Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000
- [18] TS-498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2020
- [19] AFAD Başkanlığı, Türkiye Deprem Haritaları, <https://tdth.afad.gov.tr>
- [20] Sap2000, Yapısal Analiz Programı, Versiyon 21, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, 2021

# **EKLER**

## EKLER

### EK A: TBDY 2018 “Deprem Etkisindeki Binaların Tasarımı Ve Değerlendirilmesi İçin Genel Esaslar” bölümünde verilen tablolar.

**Tablo A.1:** “Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları” (TBDY, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki katsayısı $F_s$					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.5$
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 davranış analizi yapılacaktır.					

**Tablo A.2:** “1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları” (TBDY, 2018).

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 davranış analizi yapılacaktır.					

**Tablo A.3:** “Yerel zemin sınıfları” (TBDY, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $C_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.) 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer. 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer. 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

**Tablo A.4:** “Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayıları” (TBDY, 2018).

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

**Tablo A.5:** “Deprem tasarım sınıfı” (TBDY, 2018).

<b>DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (<math>S_{DS}</math>)</b>	<b>Bina Kullanım Sınıfı</b>	
	<b>BKS = 1</b>	<b>BKS = 2,3</b>
$S_{DS} < 0,33$	DTS=4a	DTS=4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS=3a	DTS=3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS=2a	DTS=2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS=1a	DTS=1



**Tablo A.6:** “Bina yükseklik sınıfları” (TBDY, 2018).

<b>Bina Yükseklik Sınıfı</b>	<b>Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)</b>		
	<b>DTS=1,1a,2,2a</b>	<b>DTS=3,3a</b>	<b>DTS=4,4a</b>
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

**EK B: TBDY 2018 “Deprem Etkisindeki Binaların Dayanıma Göre Tasarımı”****bölümünde verilen tablolar****Tablo B.1: “R ve D katsayıları” (TBDY, 2018).**

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
<b>A.YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>			
<b>A1.Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
A11.Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS $\geq$ 3
A12.Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2,5	BYS $\geq$ 2
A13.Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2,5	BYS $\geq$ 2
A14.Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2,5	BYS $\geq$ 2
A15.Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2,5	BYS $\geq$ 2
A16.Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m’yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

**Tablo B.2: “Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar”**

(TBDY, 2018).

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

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Seçil Küçükyeşil  
Doğum tarihi ve yeri : 11/07/1995 TOKAT  
e-posta : secilsahna@outlook.com

### Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2019-2023
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği	2013-2017
Lise	Sivas Selçuk Anadolu Lisesi	2009-2013