

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇELİK ÇERÇEVELİ BİNALARDA DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİNİN  
TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 VE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE  
GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mahmoud EL HAJ AHMAD**

**EYLÜL 2018**

**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**



**Trabzon**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Mahmoud EL HAJ AHMAD Tarafından Hazırlanan

ÇELİK ÇERÇEVELİ BİNALARDA DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİNİN  
TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 VE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE  
GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI




başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 07 / 08 / 2018 gün ve 1765 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ayşe DALOĞLU

Üye : Doç. Dr. İlker USTABAŞ

Üye : Doç. Dr. Korhan ÖZGAN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Depremler tarih boyunca insanlar için ciddi bir tehdit unsuru olmuştur. Günlük ekonomik ve sosyal gereksinimlerle beraber genişleyen kentleşme, çok katlı yapıların artmasına neden olmuştur. Bu tür yapılar için sorun oluşturan depremlerin etkilerini en aza indirmek deprem yönetmeliklerinin iyi anlaşılması ve uygulanması ile mümkündür.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca benden tecrübelerini, bilgilerini, zamanını ve hoşgörülüğünü esirgemeyen ve tez çalışmamın bütün aşamalarında anlayış ve sabır gösteren saygıdeğer tez danışmanım Doç. Dr. Korhan ÖZGAN'a teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca İnşaat mühendisliği bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ayşe DALOĞLU'na, doktora eğitimi gören İnş. Yük. Müh. Saffet KILIÇER'e ve Jeofizik mühendisliği bölümü misafir öğretim üyesi Mısırlı Prof. Dr. Sharafeldin MAHMOUD'a destekleri ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üstümde emeği geçen tüm hocalarımı anar, ömür boyu minnettar olduğumu belirtmek isterim. Ayrıca, uluslararası deprem yönetmelik dokümanlarının temin edilmesinde gösterdiği ilgiden dolayı Lübnanlı Mimar Ahmad FAYTROUNI ağabeyime teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan, her koşulda destekleyen ve varlıkları ile benim mutlu ve huzurlu olmamı sağlayan sevgili aileme en içten teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Bu çalışmayı beni seven ve bana güvenen tüm dostlarıma armağan ederim.

İnş. Müh. Mahmoud EL HAJ AHMAD  
Trabzon 2018

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ÇELİK ÇERÇEVELİ BİNALARDA DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİNİN TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 VE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Korhan ÖZGAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili programlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/09/2018

Mahmoud EL HAJ AHMAD

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ .....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVIII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Konu ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar.....	2
1.4. Deprem Yönetmeliklerinin Ortak Temel İlkeleri ve Kriterleri.....	10
1.4.1. Temel İlkeler .....	10
1.4.2. Tasarımda Alınacak Temel Önlemler .....	11
1.4.3. Uyulacak Kriterler .....	11
1.5. TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018’de Deprem Hesabında İzlenen Sismik Tasarım Esasları ve Hesap Adımları .....	12
1.5.1. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi .....	12
1.5.1.1. TDY-2007 .....	12
1.5.1.2. EC8 .....	13
1.5.1.3. ASCE 7/16 .....	14
1.5.1.4. TBDY 2018.....	15
1.5.2. Deprem Hesabında Bina Önem Katsayıları .....	16
1.5.2.1. TDY 2007 .....	16
1.5.2.2. EC8 .....	17
1.5.2.3. ASCE 7/16 .....	18
1.5.2.4. TBDY 2018.....	18
1.5.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması .....	19

1.5.3.1.	TDY 2007 .....	19
1.5.3.2.	EC8 .....	21
1.5.3.3.	ASCE 7/16 .....	25
1.5.3.4.	TBDY-2018 .....	29
1.5.4.	Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması.....	34
1.5.4.1.	TDY-2007 .....	35
1.5.4.2.	EC8 .....	35
1.5.4.3.	ASCE 7/16 .....	37
1.5.4.4.	TBDY-2018 .....	38
1.5.5.	Yapısal Düzensizlikler .....	41
1.5.5.1.	TDY-2007 .....	41
1.5.5.2.	EC8 .....	46
1.5.5.3.	ASCE 7/16 .....	50
1.5.5.4.	TBDY-2018 .....	54
1.5.6.	Hesap Yönteminin Seçilmesi .....	54
1.5.6.1.	TDY-2007 .....	55
1.5.6.2.	EC8 .....	55
1.5.6.3.	ASCE 7/16 .....	56
1.5.6.4.	TBDY-2018 .....	56
1.5.7.	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi .....	57
1.5.7.1.	TDY-2007 .....	57
1.5.7.2.	EC8 .....	61
1.5.7.3.	ASCE 7/16 .....	64
1.5.7.4.	TBDY-2018 .....	67
1.5.8.	Mod Birleştirme Yöntemi .....	70
1.5.8.1.	TDY-2007 .....	70
1.5.8.2.	EC8 .....	72
1.5.8.3.	ASCE 7/16 .....	73
1.5.8.4.	TBDY-2018 .....	74
1.5.9.	Görelî Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkilerinin Sınırlandırılması .....	75
1.5.9.1.	TDY-2007 .....	75

1.5.9.2.	EC8 .....	77
1.5.9.3.	ASCE 7/16 .....	78
1.5.9.4.	TBDY-2018 .....	80
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	83
2.1.	Yapı Sisteminin Özellikleri.....	83
2.2.	Yapı Analiz Modelinin Oluşturulması.....	85
2.3.	Yük Birleşimleri.....	87
2.4.	Sayısal Uygulama 1 .....	87
2.4.1.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Hesap .....	88
2.4.2.	Mod Birleştirme Yöntemi ile Hesap .....	105
2.4.3.	Analizler Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	120
2.5.	Sayısal Uygulama 2 .....	132
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	148
4.	KAYNAKLAR .....	152
ÖZGEÇMİŞ		



**ÖZET**

**ÇELİK ÇERÇEVELİ BİNALARDA DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİNİN  
TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 VE TBDY-2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNE  
GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI**

Mahmoud EL HAJ AHMAD

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Korhan ÖZGAN  
2018, 155 Sayfa,

Depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı deprem yönetmeliğini iyi anlamaktan ve eksiksiz uygulamaktan geçer. Deprem riski altında kalan ülkelerin kendine özgü deprem yönetmelikleri mevcuttur ve bu yönetmelikler ülkelerin sahip oldukları coğrafi, ekonomik, sismik şartlara göre birtakım farklılıklar içermektedir. Bu çalışmada Türkiye, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem yönetmeliklerinin kıyaslanması hedeflenmektedir. İlk etapta genel bilgiler başlığı altında TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerinin deprem hesabında izlenen sismik tasarım esasları ve hesap adımları açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra söz konusu yönetmeliklerde yer alan doğrusal hesap yöntemleri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak literatürden alınan çelik çerçevesel ofis binası örneği üzerinde SAP2000v20 programı yardımı ile deprem analizleri yapılmış olup elde edilen yapı hâkim doğal titreşim periyodları, taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yerdeğiştirmeler, görelî kat ötelenmeleri ve seçilen bazı kolonların normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında EC8'in diğer yönetmeliklere göre en elverişsiz sonuçlar verdiği ve daha güvenli olmakla beraber ekonomikten uzaklaştığı görülmüştür. TBDY-2018'in getirdiği yeni tanımlar ve prosedürler sayesinde yapılan deprem hesabının TDY-2007'ye göre daha hassas ve gerçekçi olduğu kanısına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal hesap yöntemleri, Eşdeğer deprem yükü yöntemi, Mod birleştirme yöntemi, TDY-2007, EC8, ASCE 7/16, TBDY-2018

Master Thesis

## SUMMARY

COMPARISON OF LINEAR ANALYSIS METHODS ACCORDING TO TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 AND TBDY-2018 SEISMIC CODES IN STEEL FRAME BUILDINGS

Mahmoud EL HAJ AHMAD

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Korhan ÖZGAN  
2018, 155 Pages,

The earthquake-resistant structure design depends on the correct understanding of seismic codes and its complete application. Countries under the risk of earthquakes have their own seismic codes, which have some differences according to the geographical, economic, seismic conditions of the countries. In this study, comparison of the seismic codes in Turkey, Europe and the United States of America are aimed. In the first stage, seismic design principles and calculation steps of seismic codes of TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 and TBDY 2018 are compared. Then, seismic analyzes are performed via SAP2000v20 program on the steel framed office building sample taken from the literature by using the equivalent lateral force and mode superposition methods. For the all analysis results, the natural vibration periods, base shear forces, horizontal displacements, relative story drift and axial forces, bending moments and shear forces of columns are compared. The results obtained showed that building design with EC8 gives more unfavorable results than other codes, so it is more reliable but increases the cost of design. At the end of the study, it was concluded that the TBDY-2018 has made the earthquake calculations more accurate and realistic than the TDY-2007 due to the new definitions and procedures.

**Key Words:** Linear analysis methods, Equivalent lateral force method, Mode superposition method, TDY-2007, EC8, ASCE 7/16, TBDY-2018

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. TDY-2007'ye göre elastik tasarım ivme spektrum grafiği .....	20
Şekil 1.2. EC8'e göre elastik ivme tepki spektrumu grafiği.....	23
Şekil 1.3. ASCE 7/16'ya göre yatay tasarım ivme spektrumu grafiği .....	27
Şekil 1.4. ASCE 7/16'ya göre düşey tasarım ivme spektrumu .....	28
Şekil 1.5. TBDY-2018'e göre Türkiye deprem tehlike haritalarının bir örneği.....	30
Şekil 1.6. TBDY-2018'e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu.....	32
Şekil 1.7. TBDY-2018'e göre düşey elastik tasarım ivme spektrumu .....	33
Şekil 1.8. TDY-2007'ye göre burulma düzensizliği durumu .....	42
Şekil 1.9. TDY-2007'ye göre döşeme süreksizlikleri durumu.....	43
Şekil 1.10. TDY-2007'ye göre planda çıkıntı düzensizlikleri durumu .....	43
Şekil 1.11. TDY-2007'ye göre taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği durumu .....	45
Şekil 1.12. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-a durumu.....	48
Şekil 1.13. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-b durumu.....	48
Şekil 1.14. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-c durumu.....	49
Şekil 1.15. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-d durumu.....	49
Şekil 1.16. ASCE 7/16'ya göre girintili köşe düzensizliği durumu .....	51
Şekil 1.17. ASCE 7/16'ya göre paralel olmayan sistem düzensizliği durumu.....	52
Şekil 1.18. ASCE 7/16'ya göre yumuşak kat düzensizliği durumu .....	52
Şekil 1.19. ASCE 7/16'ya göre düşey geometrik düzensizlik durumu .....	53
Şekil 1.20. ASCE 7/16'ya göre düşey taşıyıcı eleman süreksizliği durumu .....	54
Şekil 1.21. TDY-2007'ye göre fiktif yükler, $F_{fi}$ .....	59
Şekil 1.22. TDY-2007'ye göre ek dışmerkezliliklerin belirlenmesi.....	60
Şekil 1.23. TDY-2007'ye göre A2 düzensizliğinde kaydırılmış kütle merkezi .....	61
Şekil 2.1. Örnek yapıya ait kolon aplikasyon planı.....	83
Şekil 2.2. Tip kat görünüşü ve ankastre temel varsayımı.....	85
Şekil 2.3. Örnek yapının üç farklı duruma ait görünüşleri .....	85
Şekil 2.4. Döşeme kirişleri ile ana kirişlerinin bağlantı şekilleri .....	86
Şekil 2.5. TDY-2007'ye göre EDYY veri girişi arayüzü .....	90

Şekil 2.6. EC8'e göre EDYY veri girişi arayüzü .....	94
Şekil 2.7. ASCE 7/16'ya göre EDYY veri girişi arayüzü .....	98
Şekil 2.8. TDY-2007'ye göre MBY veri giriş arayüzü .....	105
Şekil 2.9. EC8'e göre MBY veri girişi arayüzü .....	109
Şekil 2.10. ASCE 7/16'ya göre MBY veri girişi arayüzü .....	113
Şekil 2.11. Yapı hâkim doğal titreşim periyodlarının yönetmeliklere göre değişimi.....	120
Şekil 2.12. x doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin değişimi .....	121
Şekil 2.13. y doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin değişimi .....	121
Şekil 2.14. x doğrultusunda hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin değişimi .....	123
Şekil 2.15. y doğrultusunda hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin değişimi .....	124
Şekil 2.16. EDYY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin değişimi .....	125
Şekil 2.17. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin değişimi .....	126
Şekil 2.18. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin değişimi.....	128
Şekil 2.19. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin değişimi.....	128
Şekil 2.20. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin değişimi.....	130
Şekil 2.21. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin değişimi.....	131
Şekil 2.22. x doğrultusunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	135
Şekil 2.23. y doğrultusunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	135
Şekil 2.24. x doğrultusunda elde edilen en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması.....	138
Şekil 2.25. y doğrultusunda elde edilen en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması.....	138
Şekil 2.26. EDYY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması .....	140
Şekil 2.27. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması .....	140
Şekil 2.28. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması .....	143
Şekil 2.29. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması .....	143
Şekil 2.30. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	146
Şekil 2.31. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	146

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.1. TDY-2007'ye göre zemin grupları.....	13
Tablo 1.2. TDY-2007'ye göre yerel zemin sınıfları.....	13
Tablo 1.3. EC8'e göre zemin tipleri .....	14
Tablo 1.4. ASCE 7/16' ya göre zemin sınıfları .....	15
Tablo 1.5. TBDY-2018'e göre zemin sınıfları .....	16
Tablo 1.6. TDY-2007'ye göre bina önem katsayıları.....	17
Tablo 1.7. EC8'e göre bina önem sınıfları ve önem faktörleri.....	17
Tablo 1.8. ASCE 7/16'ya göre risk kategorileri ve bina önem katsayıları.....	18
Tablo 1.9. TBDY-2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	19
Tablo 1.10. TDY-2007'ye göre etkin yer ivmesi katsayısı .....	20
Tablo 1.11. TDY-2007'ye göre yerel zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyodları.....	21
Tablo 1.12. EC8'e göre Tip 1 elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler.....	24
Tablo 1.13. EC8'e göre Tip 2 elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler.....	24
Tablo 1.14. EC8'e göre düşey elastik davranış spektrumlarını tanımlayan tavsiye edilen parametre değerleri .....	25
Tablo 1.15. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod zemin düzeltme katsayısı, $F_a$ .....	26
Tablo 1.16. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyod zemin düzeltme katsayısı, $F_v$ .....	26
Tablo 1.17. ASCE 7/16'ya göre $C_v$ düşey katsayısının değerleri.....	28
Tablo 1.18. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod tepki spektrumuna göre SDC .....	29
Tablo 1.19. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyod tepki spektrumuna göre SDC .....	29
Tablo 1.20. TBDY-2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri.....	30
Tablo 1.21. TBDY-2018'e göre kısa periyod zemin etki katsayısı, $F_s$ .....	31
Tablo 1.22. TBDY-2018'e göre 1 sn periyod zemin katsayısı, $F_1$ .....	31
Tablo 1.23. TBDY 2018'e göre DD-2 kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına göre DTS .....	34
Tablo 1.24. TDY 2007'ye göre çelik binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayıları, R...	35
Tablo 1.25. EC8'e göre esas davranış katsayısı, $q_0$ .....	36

Tablo 1.26. ASCE 7/16'ya göre çelik binalar için $R$ , $C_d$ ve $\Omega_0$ katsayıları ile bina yüksekliği kısıtlamaları.....	38
Tablo 1.27. TBDY-2018'e göre bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları .....	39
Tablo 1.28. TBDY-2018'e göre çelik binalar için $R$ ve $D$ katsayıları.....	40
Tablo 1.29. TDY-2007'ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar .....	55
Tablo 1.30. ASCE 7/16'ya göre deprem hesap yönteminin belirlenmesi ile ilgili koşullar .....	56
Tablo 1.31. TBDY-2018'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar .....	57
Tablo 1.32. TDY-2007'ye göre hareketli yük katılım katsayıları .....	58
Tablo 1.33. EC8'e göre hareketli yükün kombinasyon katsayıları .....	62
Tablo 1.34. ASCE 7/16'ya göre $C_t$ ve $x$ parametreleri.....	66
Tablo 1.35. ASCE 7/16'ya göre periyod üst sınır katsayısı $C_u$ .....	66
Tablo 1.36. TBDY 2018'e göre hareketli yük kütle katılım katsayısı .....	68
Tablo 1.37. ASCE 7/16'da risk kategorisine göre izin verilen maksimum kat ötelemesi sınırları.....	78
Tablo 2.1. Analizlerde göz önüne alınan hareketli yüklerin karakteristik değerleri .....	84
Tablo 2.2. Deprem analizlerinde yönetmeliklerin öngördükleri yük birleşimleri.....	87
Tablo 2.3. Yapı hâkim doğal titreşim periyodları .....	88
Tablo 2.4. EDYY ile TDY-2007'ye göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	90
Tablo 2.5. EDYY ile TDY-2007'ye göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri .....	91
Tablo 2.6. 4 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $x$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	91
Tablo 2.7. 4 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $y$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	91
Tablo 2.8. 8 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $x$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	92
Tablo 2.9. 8 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $y$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	92
Tablo 2.10. 12 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $x$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	92
Tablo 2.11. 12 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre $y$ doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	93

Tablo 2.12. EDYY ile EC8'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	94
Tablo 2.13. EDYY ile EC8'e göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri .....	95
Tablo 2.14. 4 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	95
Tablo 2.15. 4 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	95
Tablo 2.16. 8 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	96
Tablo 2.17. 8 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	96
Tablo 2.18. 12 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	96
Tablo 2.19. 12 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	97
Tablo 2.20. EDYY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	98
Tablo 2.21. EDYY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri sonuçları .....	99
Tablo 2.22. 4 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	99
Tablo 2.23. 4 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	99
Tablo 2.24. 8 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	100
Tablo 2.25. 8 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	100
Tablo 2.26. 12 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	100
Tablo 2.27. 12 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	101
Tablo 2.28. EDYY ile TBDY-2018'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	102
Tablo 2.29. EDYY ile TBDY-2018'e göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri .....	102
Tablo 2.30. 4 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	103
Tablo 2.31. 4 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelı kat ötelemeleri .....	103

Tablo 2.32. 8 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	103
Tablo 2.33. 8 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	103
Tablo 2.34. 12 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	104
Tablo 2.35. 12 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	104
Tablo 2.36. MBY ile TDY-2007'ye göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	106
Tablo 2.37. MBY ile TDY-2007'ye göre elde edilen kolonların aksenel kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri.....	106
Tablo 2.38. 4 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	107
Tablo 2.39. 4 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	107
Tablo 2.40. 8 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	107
Tablo 2.41. 8 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	107
Tablo 2.42. 12 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	108
Tablo 2.43. 12 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	108
Tablo 2.44. MBY ile EC8'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	109
Tablo 2.45. MBY ile EC8'e göre elde edilen bazı kolonların aksenel kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri.....	110
Tablo 2.46. 4 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	110
Tablo 2.47. 4 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	110
Tablo 2.48. 8 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	111
Tablo 2.49. 8 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	111
Tablo 2.50. 12 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	111
Tablo 2.51. 12 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	112



Tablo 2.52. MBY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	113
Tablo 2.53. MBY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen bazı kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri .....	114
Tablo 2.54. 4 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	114
Tablo 2.55. 4 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	114
Tablo 2.56. 8 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	115
Tablo 2.57. 8 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	115
Tablo 2.58. 12 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	115
Tablo 2.59. 12 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	116
Tablo 2.60. MBY ile TBDY-2018'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler .....	117
Tablo 2.61. MBY ile TBDY-2018'e göre elde edilen bazı kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri .....	117
Tablo 2.62. 4 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	117
Tablo 2.63. 4 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	118
Tablo 2.64. 8 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	118
Tablo 2.65. 8 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	118
Tablo 2.66. 12 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	119
Tablo 2.67. 12 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri .....	119
Tablo 2.68. EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin yüzdellik değişimi .....	121
Tablo 2.69. MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin yüzdellik değişimi .....	121
Tablo 2.70. EDYY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin yüzdellik değişimi .....	123
Tablo 2.71. MBY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin yüzdellik değişimi .....	123
Tablo 2.72. EDYY ile hesaplanan aksenal kuvvetlerin yüzdellik değişimi .....	124
Tablo 2.73. MBY ile hesaplanan aksenal kuvvetlerin yüzdellik değişimi .....	125

Tablo 2.74. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin yüzdelerik değışimi .....	127
Tablo 2.75. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin yüzdelerik değışimi .....	127
Tablo 2.76. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin yüzdelerik değışimi .....	129
Tablo 2.77. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin yüzdelerik değışimi .....	130
Tablo 2.78. EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	134
Tablo 2.79. MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	134
Tablo 2.80. EDYY ile hesaplanan en büyük yatay yer değıştirmelerin karşılaştırılması.....	137
Tablo 2.81. MBY ile hesaplanan en büyük yatay yer değıştirmelerin karşılaştırılması.....	137
Tablo 2.82. EDYY ile hesaplanan aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması .....	139
Tablo 2.83. MBY ile hesaplanan aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması .....	139
Tablo 2.84. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması .....	142
Tablo 2.85. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması .....	142
Tablo 2.86. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	145
Tablo 2.87. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	145

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- $A(T)$  : Spektral ivme katsayısı (TDY-2007)
- $A_0$  : Etkin yer ivme katsayısı (TDY-2007)
- $a_g$  : A tipi zemin için tasarım yer ivmesi (EC8)
- $\Sigma A_e$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı (TDY-2007)
- $\Sigma A_w$  : Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları olan  $A_w$ 'ların toplamı (TDY-2007)
- $\Sigma A_g$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı (TDY-2007)
- $\Sigma A_k$  : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı (TDY-2007)
- $C$  : Defleksiyon büyütme katsayısı (ASCE 7/16)
- $C_s$  : Sismik davranış katsayısı (ASCE 7/16)
- $C_t$  : Yapı periyod katsayısı (ASCE 7/16)
- $C_u$  : Periyot üst limit katsayısı (ASCE 7/16)
- $d_{fi}$  : Binanın i'inci katında fiktif yüklere göre hesaplanan yer değiştirme (TDY-2007)
- $d_r$  : Etkin görel kat ötelemesi (EC8)
- $d_e$  : Tasarım tepki spektrumunu temel alan bir doğrusal analiz ile tanımlanmış yapısal sistemin aynı noktasındaki yer değiştirme (EC8)
- $d_s$  : Tasarım depremi sonucu yapının bir noktasında meydana gelen yer değiştirme (EC8)
- $D_i$  : Dışmerkezlik büyütme katsayısı (TDY-2007)
- $d_r$  : Görel ortalama yer değiştirmesi (EC8)
- $E$  : Deprem etkisi
- $e$  : Dışmerkezlik
- $F_a$  : Kısa periyod için zemin düzeltme katsayısı (ASCE 7/16)
- $F_b$  : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti (EC8)
- $F_v$  : 1 sn periyod için zemin düzeltme katsayısı (ASCE 7/16)

$F_s$	: Kısa periyod zemin etki katsayıları (TBDY-2018)
$F_1$	: 1 sn periyod zemin etki katsayıları (TBDY-2018)
$F_{fi}$	: i'inci kata etkiyen fiktif yük (TDY-2007 & TBDY-2018)
$F_i$	: i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü (TDY-2007 & TBDY-2018)
$g$	: Yerçekim ivmesi
$g_i$	: Binanın i'inci katındaki toplam ölü yük
$H$	: Yapı toplam yüksekliği
$h$	: Kat yüksekliği
$H_i$	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
$H_N$	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (TDY-2007 & ASCE 7/16 & TBDY-2018)
$h_{sx}$	: x seviyesindeki kat yüksekliği (ASCE 7-16)
$I$	: Bina önem katsayısı (TDY-2007 & ASCE 7/16 & TBDY-2018)
$k$	: Gözönüne alınan mod sayısı (EC8)
$L$	: Hareketli yük (ASCE 7-16)
$m_i$	: Binanın i'inci katının kütlesi
$N$	: Kat sayısı (TDY-2007 & ASCE 7/16 & TBDY-2018)
$n$	: Kat sayısı (EC8)
$n$	: Hareketli yük katılım katsayısı (TDY-2007 & TBDY-2018)
$P_{tot}$	: İlgili kat seviyesi üzerindeki bina toplam yükü (EC8)
$Q$	: Hareketli yük (TDY-2007 & TBDY-2018)
$Q_i$	: Hareketli yük (EC8)
$q$	: Yapı davranış katsayısı (EC8)
$q_i$	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (TDY-2007 & ASCE 7/16 & TBDY-2018)
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı (TDY-2007 & TBDY-2018)
$S$	: Zemin katsayısı (EC8)
$S(T)$	: Spektrum katsayısı (TDY-2007)
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme (TDY-2007)
$S_d(T)$	: Yerçekimi ivmesi ile normlize edilmiş yatay tasarım spektrumunun ordinate (EC8)
$S_s$	: Haritadan kısa periyotlarda okunan spektral davranış ivme parametresi (ASCE 7/16 & TBDY-2018)

- $S_1$  : Haritadan 1 sn periyodunda okunan spektral davranış ivme parametresi (ASCE 7/16 & TBDY-2018)
- $S_{Ds}$  : Kısa periyodlarda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi (ASCE 7/16 & TBDY-2018)
- $S_{D1}$  : 1sn periyodunda okunan tasarım spektral davranış ivme parametresi (ASCE 7/16 & TBDY-2018)
- $S_{Ms}$  : Zemin katsayısı ile çarpılmış kısa periyod spektral ivme katsayısı (ASCE 7/16)
- $S_{M1}$  : Zemin katsayısı ile çarpılmış 1 sn periyod spektral ivme katsayısı (ASCE 7/16)
- $T$  : Bina doğal titreşim periyodu
- $T_a$  : Yaklaşık periyod
- $T_A, T_B$  : Spektrum karakteristik periyodları (TDY-2007)
- $T_B$  : Sabit spektral ivme bölgesi sınırının başlangıcı (EC8)
- $T_C$  : Sabit spektral ivme bölgesi sınırının sonu (EC8)
- $T_D$  : Tasarım spektrumunda sabit deplasman bölgesinin başladığını gösteren değer (EC8)
- $T_L$  : Uzun periyod bölgesine geçiş periyodu (ASCE 7/16)
- $T_L$  : Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (TBDY-2018)
- $T_1$  : Binanın 1. titreşim periyodu
- $V$  : Taban kesme kuvveti (ASCE 7/16)
- $V_{IE}$  : Taban kesme kuvveti (TBDY-2018)
- $V_t$  : Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti (TDY-2007)
- $V_{tB}$  : Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti (TDY-2007)
- $V_t$  : Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti (ASCE 7/16 & TBDY-2018)
- $W$  : Binanın efektif ağırlığı
- $w_i$  : Binanın i'inci katının ağırlığı
- $\beta$  : Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı (TDY-2007)
- $\gamma_I$  : Bina önem katsayısı (Eurocode 8)
- $(\Delta_i)_{max}$  : Bir katta görülen en büyük görel kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $(\Delta_i)_{ort}$  : Bir katta görülen ortalama görel kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\Delta_i$  : Binanın i'inci katındaki azaltılmış görel kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $(\Delta_i)_{ort}$  : Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\Delta_{fn}$  : Binanın n'inci katına etkileyen ek eşdeğer deprem yükü (TDY-2007)

- $\delta_i$  : Binanın n'inci katına etkiyen etkin görelî kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\delta_{imax}$  : Binanın n'inci katına etkiyen maksimum etkin görelî kat ötelemesi (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\delta_x$  : Binanın x seviyesindeki etkin yer değiştirme(ASCE 7/16)
- $\delta_{xe}$  : Binanın x seviyesindeki elastik hesaplar ile elde edilen yer değiştirme (ASCE 7/16)
- $\eta$  : Sönüm düzletme faktörü (EC8)
- $\eta_{bi}$  : i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\eta_{ci}$  : i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\eta_{ki}$  : i'inci katta tanımlanan rigidlik düzensizliği katsayısı (TDY-2007 & TBDY-2018)
- $\lambda$  : Eşdeğer deprem yükü düzeltme katsayısı (Eurocode 8)
- $\xi$  : Yapının sönüm oranının yüzdellik değeri
- $\psi_{2,i}$  : Hareketli yük kombinasyon katsayısı (EC8)
- TDY-2007 : Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007
- EC8 : Eurocode 8
- ASCE 7/16 : American Society of Civil Engineers/Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (AMERİKAN DEPREM YÖNETMELİğİ)
- TBDY-2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
- SRSS : Square Root of the Sum of the Squares
- CQC : Complete Quadratic Combination

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Günün ekonomik ve sosyal gereksinimleri ile beraber genişleyen kentleşmede çok katlı yapılar kaçınılmaz bir yapı türü haline gelmiştir. Bu yapı türlerinin tasarımında karşılaşılan en ciddi sorunlardan bir tanesi depremdir. Deprem afeti engellenemez ve kaçınılmaz bir doğa afeti olduğundan dolayı vereceği hasar ve zararlara karşı önlemlerin alınması şarttır. Bunun için Türkiye’de olduğu gibi deprem riski altında kalan ülkelerde depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı ve uygulama esasları ile ilgili deprem yönetmelikleri düzenlenmektedir. Ülkelerin ekonomik durumları, inşaat teknikleri ve uygulamaları, maruz kaldığı deprem riski, deprem verilerinin yeterliliği, bölgelere göre olası deprem büyüklüğü ve zemin koşulları gibi faktörlerin birbirinden farklı olmasından dolayı, bir ülke için hazırlanan yönetmeliğin başka bir ülkede aynen kullanılması uygun değildir.

Deprem yönetmelikleri ülkeden ülkeye hesap ve tasarım esasları bakımından farklı olsalar da aşağıdaki ana hatlarıyla birbirine benzerler:

- Ülkeyi bölgelere ayırarak bu bölgelerin deprem tehlikesini gösteren haritalar düzenlemek,
- Bu bölgeler için göreceli deprem büyüklüğüne karşı gelen deprem ivmesi tanımlamak,
- Yapıları önem ve süreklilik düzeylerine göre sınıflandırmak,
- Muhtelif yapılar için tasarım ve analiz esasları vermek (Betonarme, çelik, yığma, karma yapılar vb.),
- Dayanım ve sürekliliğin sağlanması için yapı kuralları düzenlemek.

Depremlerin ne zaman ve ne büyüklükte olacağı bilinmemesine rağmen, geçmişte olan deprem kayıtlarından faydalanarak depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesi ve inşası mümkündür. Bu doğrultuda hazırlanan deprem yönetmeliklerinin ve tasarım mühendislerinin temel hedefi depremin neden olacağı muhtemel hasarları ve can kayplarını en aza indirmektir. Her ne kadar ekonomik yapı inşa edilmesi arzu edilirse de insanın can güvenliğinin sağlanmasına öncelik verilmelidir.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Depreme dayanıklı yapılar tasarlamak deprem yönetmeliğini iyi anlamaktan ve uygulamaktan geçer. Ülkelerin kendine özgü deprem yönetmelikleri vardır ve bu yönetmelikler ülkelerin sahip oldukları coğrafi, ekonomik, sismik şartlara göre birtakım farklılıklar içermektedir. Bu çalışma kapsamında Türkiye, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması hedeflenmektedir.

Bu amaç doğrultusunda Türkiye'de 2007 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yayımlanan ve halen yürürlükte olan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) / Türkiye Deprem Yönetmeliği-2007" [1], Avrupa birliği ülkeleri için 2004 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından yayımlanan "Eurocode 8: Depreme Dayanıklı Yapılar için Tasarım-Bölüm 1" [2], Amerika Birleşik Devletleri için 2016 yılında Amerikan İnşaat Mühendisler Odasının İnşaat Mühendisliği Enstitüsü tarafından revize edilerek 2017 yılında yayımlanan "ASCE 7/16: Binalar ve diğer yapılar için minimum tasarım yükleri ve ilgili kriterler" [3] yönetmelikleri karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Bunların yanısıra 2016 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından güncellenen "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları" [4] ve 2018 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı-Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından resmî gazetede yayımlanan ve 2019 yılında yürürlüğe girecek olan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018" [5] yapılacak karşılaştırmalara dâhil edilecektir.

Bu dört deprem yönetmeliği öngördükleri temel kurallar, tanımlar ve deprem hesap yöntemleri bakımından incelenecek, aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar tespit edilip, bu farklılıkların deprem analiz sonuçlarına olan etkisini değerlendirilecektir.

Sayısal karşılaştırmalar örnek bir çelik yapı üzerinde yapılacak olup hesap yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yöntemi kullanılacak ve yapısal analizler SAP2000v20 yazılımı [6] ile yapılacaktır.

## 1.3. Konu ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

Deprem konusunun önemiyetinden dolayı, deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması ve deprem hesap yöntemleri hususunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Literatürde rastlanan çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmektedir.



Marino vd. [7] çalışmalarında moment aktaran ve çaprazlı çerçeve çelik sistemleri için Avrupa deprem yönetmeliği (EC8) ile Japon deprem yönetmeliği (BCJ)'ni karşılaştırmışlardır. Çalışmada zemin koşulları, elastik tepki spektrumları, yüksekliğe göre deprem kesme kuvvetinin dağılımı ve davranış faktörleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada öngörülen sismik kuvvet haricinde iki yönetmeliğin birbirine nispeten benzediği, EC8'e göre sismik kuvvetin yaklaşık olarak 2.5 kat daha büyük olduğu, süneklik düzeylerine bağlı olan davranış faktörlerinin farklı olduğu ve moment çerçeve sistemleri için BCJ'e göre bu faktörün yaklaşık olarak %50 daha fazla olduğu, buna rağmen EC8'e göre gereken mukavemetin BCJ'den belirgin şekilde fazla olduğu, çaprazlı çerçeve sistemlerde BCJ'nin daha fazla yanal mukavemet sağlandığı ve son olarak sismik kuvveti fazla verdiği için EC 8'in daha fazla kat ötelenmesi çıkardığı sonucuna varmışlardır.

Doğangün ve Livaoğlu [8] çalışmalarında basit betonarme yapılar için Avrupa deprem yönetmeliği (EC8), Amerikan deprem yönetmelikeri (UBC) ve (IBC) ile Türkiye deprem yönetmeliği (TDY-1998)'de tanımlı tasarım spektrumlarının karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışmada yönetmeliklerde belirtilen zemin koşullarına bağlı olarak 6 katlı ve 12 katlı betonarme bir yapının simetrik, yarı simetrik ve asimetric durumları olmak üzere toplamda 6 farklı durum için ayrı ayrı deprem analizleri yapıp elde edilen periyodlar, taban kesme kuvvetleri, yerdeğiştirmeler ve katlar arası ötelenmeler karşılaştırılmıştır. Yanısıra faya yakınlık faktörünün yalnızca UBC'de yer aldığı, yüzey dalgası büyüklüğü 5.5'ten küçük olduğu durumlarda EC8'in Type 2 olarak adlandırılan özel bir spektrum önerdiği, TDY tüm zemin türleri için aynı pik ivme değerlerini verirken UBC ve EC8 farklı pik değerleri verdiği, davranış faktörünün EC8'de yapı türü, düşeyde düzensizlik ve duvarlarda yapım hata moduna göre belirlenirken TDY'de yapı periyodu ve zemin koşullarına göre belirlendiği, TDY ve EC8'de sismik bölge tanımı benimsenirken IBC'de tasarım zemin sismik parametreleri tanımının benimsendiği sonucuna varılmıştır.

Kuzgun [9] TDY-1998, EC8 ve Uniform Building Code arasında inceleme ve karşılaştırma yapmıştır. Çalışmada süneklik düzeyi yüksek betonarme elemanlar için üç deprem yönetmeliğinin belirlediği eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme ve lineer zaman tanım alanı analiz yöntemleri ETABS 8.5 yazılımı yardımı ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Fahjan ve Ozdemir [10] çalışmalarında doğrusal olmayan dinamik analizlerde kullanılacak gerçek deprem kayıtlarının EC8 yönetmeliğinde belirtilen Type 1 tasarım spektrumuna uygun seçilme ve ölçeklenme tekniklerini incelemişlerdir. Çalışmada Time

Scaling, SIMQKE, TARSCTHS ve RSPmatch yazılımları kullanılarak seçilen 7 adet gerçek deprem kaydı Type 1 tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiş, daha sonra ölçeklendirilen kayıtlara göre tek serbestlik dereceli sistemin doğrusal ve doğrusal olmayan tepkileri her bir zemin tipi için elde edilerek karşılaştırılmış, her yazılımın avantajlar ve dezavantajları tartışılmıştır.

Fahjan [11] çalışmasında Türkiye deprem yönetmeliği (TDY-2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilme ve ölçeklenme yöntemlerini incelemiştir. Çalışmada deprem kayıt kaynaklarından (yapay olarak üretilmiş, simüle edilmiş ve gerçek depremler kayıtları) ve nasıl temin edildiğinden söz edilmiş, kayıtların seçilmesi ve ölçeklenmesi genel olarak anlatılmıştır. Daha sonra seçilme ve ölçeklenme yöntemleri TDY-2007'ye göre ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve son olarak iki adet örnek yapı için veri bankasından 10 adet kayıt seçilmiş ve ölçeklenme işlemleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Korkmaz vd. [12] çalışmalarında merkezi çaprazlı çelik yapıların deprem davranışları incelemiştir. Çalışmada farklı yapısal özelliklere ve farklı çapraz elemanlara sahip merkezi çaprazlı çelik yapıların doğrusal olmayan deprem davranışları, 1999 Düzce ve 1992 Erzincan depremlerinin ivme kayıtları kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda periyod, taban kesme kuvveti, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelenmeleri bazında gerekli karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Yıldırım [13] çalışmasında TDY-2007 ile EC8'i birbiriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada iki yönetmeliğin öngörülerini metinsel olarak karşılaştırıldıktan sonra SAP2000 programı kullanılarak 8 katlı çelik bir hastane yapısının eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem analizleri yapılmış ve elde edilen sayısal sonuçların arasındaki farklar tartışılmıştır.

Mokarrami [14] çalışmasında TDY-2007 ile İran deprem yönetmeliğini birbiriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada iki yönetmeliğin arasındaki benzerlik ve farklılıklar tespit edilerek gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Tansel [15] çalışmasında çelik yapıların deprem yükleri altındaki davranışını TDY-2007'ye göre incelemiştir. Çalışmada depreme dayanıklı tasarım koşullarına göre tasarlanan üç örnek çelik yapı (moment aktaran çerçevesel sistem, merkezi çaprazlı perdeli sistem ve dışmerkezi çaprazlı perdeli sistem) üzerinde deprem analizleri yapılmıştır. Deprem analizleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılmış olup yapı analiz ve tasarımlarında SAP2000 programı kullanılmıştır. Elde edilen periyod, deprem yükleri, görelî etkin kat ötelenmeleri, enkesit ve iç kuvvetler irdelenip kıyaslanmış ve gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Bütün [16] çalışmasında TDY-2007’de belirtilen A2 düzensizliği durumunun düzeltilmesinde perdeli sistemlerde perde yerleşiminin etkisini incelemiştir. Çalışmada ele alınan örneklerde boşlukların oranları ve yerleri değiştirilerek eşdeğer depem yükü yöntemi ile analizler yapılmıştır. İncelenen örneklerde diyafram ve kabuk modeli ayrı ayrı kullanılmış, kat planında farklı bölgelere perde/perdeler yerleştirilerek modellerin deprem analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Aydemir [17] çalışmasında TDY-2007 ile EC8’in tasarım kurallarını incelemiş ve iki yönetmeliği betonarme bir binanın 3 katlı ve 5 katlı olarak analiz sonuçlarına göre maliyet karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada iki yönetmelikte depreme dayanıklı tasarım için genel ilke ve kurallar incelenmiş, deprem analiz yöntemleri açıklanmış, iki örnek yapının Sta4-Cad programı kullanılarak analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar maliyet açısından değerlendirilerek karşılaştırılmış ve gerekli öneriler sunulmuştur.

Imashi ve Massumi [18] çalışmalarında İran deprem yönetmeliği (IS 2800-05) ile International Building Code (IBC) 2003’ün eşdeğer deprem yükü yöntemi bazında karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışmada iki yönetmelikteki deprem hesap parameteleri ve yöntemleri ele alınarak karşılaştırılmış, daha sonra 12 katlı dış merkezi çaprazlı çelik bir yapının iki yönetmeliğe göre deprem analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelenmeleri karşılaştırılarak önerilerde bulunulmuştur.

Vatansever [19] çalışmasında dinamik analizlerde kullanılacak gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi ile ilgili temel yöntem ve kriterleri incelemiştir. Bu çalışmada TDY-2007’de tanımlanan kriterler ve yerel zemin sınıflarına göre kayıtlar seçilmiş ve zaman tanım alanında ölçeklenmeleri yapılarak önerilen tasarım ivme spektrumlarıyla eşleştirilmiştir. Daha sonra elde edilmiş en iyi eşleşen kayıtlar 3 kayıt ve 7 kayıt olmak üzere iki farklı tip uygulama 12 katlı yapının zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerinde uygulanmıştır. Analizler sonucunda yapıda oluşan kat ötelenmeleri ve görelî kat ötelenmeleri karşılaştırılarak iki farklı uygulamanın yapının genel davranışını nasıl etkilediği değerlendirilmiştir.

Kara [20] çalışmasında geçmişten bu yana Türkiye’de yayınlanan deprem yönetmeliklerini taban kesme kuvveti bakımından inceleyerek karşılaştırmıştır. Bu çalışmada 4 katlı betonarme çerçevesel bir modele ait taban kesme kuvvetleri deprem yönetmeliklerine göre tüm deprem bölgeleri ve zemin grupları için hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar ışığında gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Taşan [21] çalışmasında TDY-1998 ile TDY-2007'nin karşılaştırmasını yapmıştır. Bu çalışmada birbirinden farklı özelliklere sahip 4 adet yapının SAP2000 programı kullanılarak mod birleştirme yöntemi ile deprem analizleri yapılmıştır. İki yönetmeliğin öngördüğü düzensizlik ve deprem kontrolleri yapılarak aralarında karşılaştırmalar ve irdelemeler yapılmıştır.

Can [22] çalışmasında TDY-2007'de belirtilen düşey düzensizlik durumunu zaman tanım alanında incelemiştir. Bu çalışmada düşeyde B3 tipi süreksizliğe sahip 8 katlı bir yapının düşey süreksizliğe sahip düzlem çerçeveler üzerinde deprem analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde hem eşdeğer deprem yükü yöntemi hem de zaman tanım alanında yöntemleri uygulanmış ve elde edilen moment, normal kuvveti ve kesme kuvveti etkilerindeki değişimler ayrı ayrı yorumlanarak karşılaştırılmıştır.

İşsever [23] çalışmasında TDY-2007'de yer alan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yönteminin kıyaslamasını yapmıştır. Bu çalışmada ETABS programı kullanılarak 15 katlı perde ve çerçeve sistemli betonarme bir yapının eşdeğer deprem yükü yöntemi ile mod birleştirme yöntemi uygulanarak 4 deprem bölgesi ve 4 zemin sınıfı için analizler yapılmıştır. Her bir deprem bölgesi ve zemin sınıfı için düzensizlik kontrolleri ayrı ayrı yapılmış ve deprem analizlerinden elde edilen değerlerin karşılaştırılması yapılarak bazı öneriler verilmiştir.

Sangle vd. [24] çalışmalarında çok katlı çelik yapıların çaprazlı ve çaprazsız sistemleri için deprem analizleri ile bulunan sonuçların karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışmada 40 katlı çelik bir yapının çaprazsız ve 5 farklı çaprazlı durumu için deprem analizleri yapılmış, periyod, taban kesme kuvveti ve kat ötelenmeleri ayrı ayrı bulunarak karşılaştırılmış ve çapraz sistemlerin deprem hesabında nasıl rol oynadığı değerlendirilmiştir.

Safkan [25] çalışmasında Kıbrıs adasında uygulanmakta olan iki farklı deprem yönetmelikleri TDY-2007 ve EC8'in kıyaslamasını yapmıştır. Bu çalışmada aynı betonarme bir yapının iki farklı bölge için deprem analizleri iki deprem yönetmeliğine göre yapılarak ortaya çıkan farklılıklar değerlendirilmiştir.

Gök [26] çalışmasında A3 düzensizliği olan çok katlı betonarme bir yapının Türkiye, Avrupa ve Amerika deprem yönetmeliklerine göre tasarım ve deprem analizleri gerçekleştirilerek karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada 10 katlı yapının SAP2000 programı kullanılarak üç yönetmelikte yer alan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem analizleri yapılmıştır. Yönetmeliklere göre hesaplanan yapı periyodları, taban kesme kuvvetleri, göreceli kat ötelenmeleri, katların maksimum yer değiştirmeleri ve ikinci mertebe etkileri bazında

karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Varlıbaş [27] çalışmasında depreme dayanıklı çok katlı perde sistemli betonarme bir yapının Türk ve Amerikan yönetmeliklerine göre tasarımı ve yönetmeliklerin karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada 9 katlı perde sistemli betonarme bir yapının SAP2000 programı kullanılarak deprem analizi her iki yönetmeliğe göre yapılmıştır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizlerin sonuçları karşılaştırılmış ve iki yönetmeliğin farklılıklarından kaynaklanan farklı değerler irdelenmiştir.

Santos vd. [28] çalışmalarında Amerikan (ASCE/SEI 7-10), EC8, İtalyan, Romen ve Brezilya deprem yönetmeliklerin karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışmada sismik hareketin tanımı, sismik zonasyon ve tepki spektrumların tanımları, zemin koşullarının tayin edilmesi, depreme dayanıklı yapılar için tasarım kuralları ve parametreleri ve sismik tasarımında öngörülen prosedürler üzerine karşılaştırmalar yapılmıştır. 12 katlı çerçeve sistemli betonarme bir yapının SAP2000 ve SOFISTIK programları ile deprem analizleri gerçekleştirilmiş ve çıkan periyod, yerdeğiştirme ve toplam taban kesme kuvvetleri sonuçları ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

Merter ve Ucar [29] çalışmalarında çerçeve sistemli betonarme yapıların lineer olmayan statik ve dinamik analizlerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışmada Türkiye deprem yönetmeliğine göre tasarlanan 6 katlı ve 10 katlı çerçeve sistemli betonarme iki yapının Türkiye'nin farklı farklı yerlerinde kaydedilen 7 deprem hareketi kullanılarak lineer ve lineer olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte lineer olmayan statik analizleri de gerçekleştirilmiş olup 3 farklı analiz yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetleri ve katlar arası ötelenme değerleri tek tek karşılaştırılmış ve ona bağlı olarak değerlendirmeler ve önerilerde bulunulmuştur.

Bulut [30] çalışmasında merkezi çaprazlı çelik çerçevelerdeki farklı çapraz düzenlemelerinin çerçevenin dinamik davranışına etkisini incelemiştir. Bu çalışmada doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analiz yönteminde kullanılmak üzere 6 adet şiddetli deprem kaydı seçilmiş ve seçilen bu kayıtlar Türkiye deprem yönetmeliğine (TDY-2007) ve Amerikan deprem yönetmeliğine (ASCE 7-5) uygun olarak tasarlanan 3 ve 10 katlı çaprazlı çelik çerçevelere etkilmiştir. Tasarlanan çerçevelerdeki çapraz düzeninin dinamik davranışa etkisi doğru bir şekilde tayin edilebilmesi için V ve X olmak üzere iki farklı çapraz tipi uygulanmış ve dinamik analizleri yapıldıktan sonra elde edilen taban kesme kuvvetleri ve çatının yer değiştirme sonuçlarının değerlendirilmesi yapıp önerilerde bulunulmuştur.

Landingin vd. [31] çalışmalarında düzenli ve düzensiz çerçeve sistemli betonarme yapıların Filipinler, Avrupa ve Amerika deprem yönetmeliklerine göre deprem analizlerini incelemiş ve karşılaştırmıştır. Çalışmada 4 katlı bir yapının düzenli ve düzensiz durumları için SAP2000 programı kullanılarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen taban kesme kuvvetleri, dağıtılmış kat kuvvetleri ve iç kuvvetlerin gerektirdiği kesitler değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

Sayar [32] çalışmasında doğrusal elastik deprem hesabı yöntemlerinin taban kesme kuvveti ve görelî kat ötelemesi açısından karşılaştırmasını yapmıştır. Bu çalışmada dört farklı binanın eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi ile deprem analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar taban kesme kuvveti ve görelî kat ötelemeleri bakımından değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda hesap yönteminin seçilmesinde belirleyici olan burulma düzensizliği ile bina yüksekliği parametrelerinin analiz sonuçlarını hangi ölçüde etkilediği değerlendirilmiştir.

Tola [33] çalışmasında Türk ve Avrupa standartlarına göre mevcut çelik bir yapının zaman tanım aralığında gerçek deprem kayıtları kullanarak deprem analizlerini incelemiştir. Bu çalışmada mevcut binanın modeli SAP2000 programı ile oluşturulduktan sonra iki standartta tanımlanan elastik ivme spektrumuna uygun deprem kayıtları seçilip ölçeklenmiş ve oluşturulan modele etki ettirilmiştir. Analizlerden elde edilen serbest titreşim frekansları, yatay yerdeğiştirmeler, taban kesme ve kat kesme kuvvetleri değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Zaman tanım aralığında hesap yönteminin verdiği sonuçlar ile eşdeğer deprem yükü yönteminin verdiği sonuçlar arasında da bir kıyaslama yapılmış ve ona bağlı olarak önerilerde bulunulmuştur.

Ramchandani ve Mangulkar [34] çalışmalarında düzenli ve düzensiz olmak üzere iki tip yapı için tepki spektrumu yöntemi (Mod birleştirme) ile deprem analizleri gerçekleştirerek karşılaştırmıştır. Bu çalışmada analizler STAAD PRO programı kullanılarak yapılmış ve elde edilen kesme ve moment değerleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

Ramchandani ve Mangulkar [35] çalışmalarında L ve T şeklinde iki tip yapı için zaman tanım aralığında yöntemi ile deprem analizleri gerçekleştirerek karşılaştırmıştır. Analizler yine STAAD PRO programı kullanılarak yapılmış ve elde edilen kesme ve moment değerleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

Döndüren ve Nakipoğlu [36] çalışmalarında TDY-2007 ile EC8, Hint, Japon ve İran deprem yönetmeliklerinin öngördüğü düzensizlik durumları ile ilgili bir kıyaslama

yapmışlardır. Çalışmada herbir yönetmelikte yer alan düzensizlik durumu ayrı ayrı incelenmiş ve diğer yönetmeliklerle karşılaştırılarak aralarındaki farklılık ve benzerlik değerlendirilmiştir.

Khan ve Dhamge [37] çalışmalarında burulma düzensizliğinin çok katlı betonarme yapılarda deprem analizlerinde nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çalışmada burulma düzensizliği bakımından farklı yapıların STAAD PRO programı kullanılarak tepki spektrumu yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetleri ve kat yerdeğiştirmeleri sonuçlarından yola çıkılarak burulma düzensizliğinin analiz sonuçları ne şekilde etkilediği irdelenerek değerlendirilmiştir.

Tunç ve Tanfener [38] çalışmalarında TDY-2007 ile TDY-2016 taslağının kıyaslamasını yapmışlardır. Çalışmada iki yönetmeliğın arasındaki benzerlikler ve farklılıklar özetlenerek sunulmuştur. Betonarme bir yapıda iki yönetmeliğe göre deprem analizleri yapılarak ortaya çıkan farklılıklar irdelenmiştir. Son olarak yeni yönetmeliğın getirdiği yeniliklerin kamu ve özel sektörü nasıl etkileyeceğine değinilmiştir.

Shelke ve Ansari [39] çalışmalarında düşeyde düzensizliğı olan çerçeve sistemli betonarme yapıların deprem analizlerini incelemişlerdir. Çalışmada düşeyde düzensizlik durumları olmak üzere üç ayrı örnek yapı için (kütle düzensizliğı, rijitlik düzensizliğı ve düşey taşıyıcı elemanlarda süreksizliğı olan durumlar) tepki spektrumu yöntemi ile deprem analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen kat kesme kuvvetlerinin düzenli bir yapının analiz sonuçları ile karşılaştırılarak ortaya çıkan farklılıklara değinilmiştir.

Juni vd. [40] çalışmalarında çok katlı betonarme binaların (23 katlı) lineer olmayan zaman tanım alanında yöntemi ile elde edilen analiz sonuçlarının farklı deprem büyüklüğü durumlarında nasıl değıştiğini incelemişlerdir. Çalışmada SAP2000 programı yardımıyla tasarlanan modele 5 farklı deprem kaydı ve her deprem kaydı için V, VI, VII, VIII, IX ve X olmak üzere 6 farklı büyüklük uygulanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri ve çatı yerdeğiştirmeleri değerleri karşılaştırılarak deprem büyüklüğü farklılığının analizlere nasıl etkilediği değerlendirilmiştir.

Poornima vd. [41] çalışmalarında çok katlı betonarme binalarda perde/kesme duvarları yerleşiminin deprem analizlerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada ETABS programı ile 10 katlı betonarme iki farklı yapı modellenmiş (biri simetrik diğeri planda düzensiz) ve her iki model için 3 farklı perde yerleşim şekli uygulanarak mod birleştirme ile deprem analizleri yapılmıştır. Elde edilen kat yerdeğiştirmeleri ve kat ötelenmeleri sonuçları karşılaştırılarak perde duvarları yerleşiminin etkisi değerlendirilmiştir.

Negod ve Zende [42] çalışmalarında çok katlı betonarme yapıların kütle düzensizliği durumunun zaman tanım alanında yöntemi ile yapılan deprem analizlerine etkisini incelemiştirlerdir. Çalışmada 12 katlı betonarme bir yapının düzenli sabit temelli, düzenli yalıtımlı temelli, düzensiz sabit temelli, düzensiz yalıtımlı temelli olmak üzere 4 durum için ETABS programı kullanılarak zaman tanım alanında yöntemi ile analizler yapılmıştır. Herbir durum için elde edilen taban kesme kuvvetleri, periyodlar ve kat yerdeğiştirmeleri sonuçları birbirleriyle değerlendirilerek karşılaştırılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Saleem vd. [43] çalışmalarında düzenli ve düzensiz çok katlı yapıların zaman tanım alanında yöntemi ile yapılan deprem analizlerini incelemiştirlerdir. Bu çalışmada ETABS programı yardımı ile modellenen 5 tip yapının (dikdörtgen düzenli, L şeklinde düzenli, düşeyde taşıyıcı eleman düzensizliği, planda düzensizliği ve rijitlik düzensizliği olan yapılar) lineer zaman tanım alanında yöntemi ile deprem analizleri yapılmıştır. Analizlerden herbir yapı durumu için elde edilen taban kesme kuvvetleri, kat yerdeğiştirmeleri ve kat ötelenmeleri sonuçları karşılaştırılarak düzensizlik durumları deprem analizlerini ne boyutta etkilediği değerlendirilmiştir.

#### **1.4. Deprem Yönetmeliklerinin Ortak Temel İlkeleri ve Kriterleri**

##### **1.4.1. Temel İlkeler**

Çalışma kapsamında ele alınan dört deprem yönetmeliğinin ortak ilkeleri, yapılacak yapıların göçmeye karşı dayanıklı olarak projelendirilmesi, deprem hareketinden dolayı oluşacak hasarların sınırlandırılması ve en önemlisi can kaybının engellenmesi olarak özetlenebilir.

Bir yapının göçmeye karşı dayanıklı olduğunu söyleyebilmek için, depremden sonra da yapının bütünlüğünü ve yük taşıma kapasitesini sürdürebilmesi gerekmektedir. Hasarların sınırlandırılması ise, tasarım deprem yükünün aşılması, depremin etkilerinin yapının kullanımını sınırlandıracak düzeyde olmaması ve depremden sonra onarım maliyetinin yapı maliyetine oranla yüksek olmaması anlamına gelmektedir.



### 1.4.2. Tasarımda Alınacak Temel Önlemler

Çalışmada incelenen her dört deprem yönetmeliğinin de depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda birleştiği temel hususlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yapı planda ve düşey doğrultuda sade ve düzenli bir taşıyıcı sisteme sahip olmalıdır. Zorunlu durumlarda yapı dilatasyon derzleri ile düzenli ve sade hale getirilebilir. Düşey doğrultuda da herhangi bir katta zayıf veya yumuşak kat oluşumundan kaçınılmalıdır.
- Tasarımı yapılacak olan yapının analizi, yapısal olmayan elemanlar ve zemin etkileri de dikkate alınarak yapılmalıdır.
- Yapıda gerek yapım gerekse kullanım aşamasında, uygun nedenler dışında değişiklikler yapılmamalıdır.
- Yapı yüksekliğince gerek geometride gerekse de rijitlikte, ani değişimler olmamalıdır.

### 1.4.3. Uyulacak Kriterler

Yapının göçmesi ve can güvenliğini tehlikeye atacak diğer yapısal bozulmaların önüne geçmek için aşağıdaki kriterler sağlanmalıdır:

- Deprem sırasında yapısal olmayan elemanların yapıya ve insanlara zarar verme tehlikesi ortadan kaldırılmalıdır.
- Toplum için önemli yapılar gerek deprem sırasında gerekse deprem sonrasında, işlevlerini ve hizmetlerini devam ettirebilmeleri için yeterli rijitliğe ve dayanıma sahip olmalıdır.
- Deprem enerjisinin önemli bir bölümünü taşıyıcı sistemin sünekliği ile tüketebilmek için deprem yönetmeliklerin ilgili bölümlerinde belirtilen sünek tasarım ilkelerine özenle uyulmalıdır.

## **1.5. TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018’de Deprem Hesabında İzlenen Sismik Tasarım Esasları ve Hesap Adımları**

### **1.5.1. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi**

Aynı taşıyıcı sisteme ve tasarım depremine sahip yapılar farklı konumlarda inşa edildiğinde deprem esnasında farklı düzeylerde hasarlara maruz kalabilmektedir. Bunun ana sebebi zemin özelliklerinden doğan maksimum hız ve ivmelerin farklılığıdır. Bu sebepten dolayı yapılar projelendirilmeden evvel zemin grubu iyi bir şekilde tayin edilmelidir. Genel olarak inşaat alanının zemin özellikleri hakkında kapsamlı bilgi elde edilmelidir. Uygun araştırma yöntemleri kullanılarak inşaat alanı ile ilgili şev stabilitesi, sıvılaşma ve oturma riskleri belirlenmeli, zeminin malzeme özellikleri saptanmalıdır.

#### **1.5.1.1. TDY-2007**

Türk deprem yönetmeliğine göre özellikle 1. ve 2. deprem bölgelerinde inşa edilecek 60 m’den fazla yükseklikteki binalar ve bütün deprem bölgeleri için bina önem katsayısı 1.4 ve 1.5 olan tüm binalar için gerekli saha ve laboratuvar gözlemleri ile zemin araştırmaların yapılması zorunludur. Diğer binalar için ise zemin gruplarının ve yerel zemin sınıflarının tanımlanmasına yetecek düzeyde yerel bilgilerin ya da gözlem sonuçlarının elde edilmesi gerekir. TDY-2007’ye göre zemin grupları Tablo 1.1’de ve yerel zemin sınıfları ise Tablo 1.2’ de verilmektedir.

Tablo 1.1. TDY-2007'ye göre zemin grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Profili	Stand. Penetr (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
<b>A</b>	1.Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	–	–	> 1000	> 1000
	2.Çok sıkı kum, çakıl	> 50	85–100	–	> 700
	3.Sert kil ve siltli kil	> 32	–	> 400	> 700
<b>B</b>	1.Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	–	–	500–1000	700-1000
	2.Sıkı kum, çakıl	30–50	65–85	–	400–700
	3.Çok katı kil ve siltli kil	16–32	–	200–400	300–700
<b>C</b>	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	–	–	< 500	400–700
	2.Orta sıkı kum, çakıl	10–30	35–65	–	200–400
	3.Katı kil ve siltli kil	8–16	–	100–200	200–300
<b>D</b>	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.	–	–	–	< 200
	2.Gevşek kum	< 10	< 35	–	< 200
	3.Yumuşak kil, siltli kil	< 8	–	< 100	< 200

Tablo 1.2. TDY-2007'ye göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )
<b>Z1</b>	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
<b>Z2</b>	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
<b>Z3</b>	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
<b>Z4</b>	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

### 1.5.1.2. EC8

EC8'de zemin tipleri TDY-2007'ye benzer olarak kayma dalgası hızı, standart penetrasyon testi ve serbest basınç direncine bağlı olarak sınıflandırılmıştır. Ancak EC8'de yedi farklı zemin sınıfı tanımlanmıştır. Proje koşullarına ve yapı kullanım amacına bağlı olarak zemin etüdlerinin yapılması zorunludur. Ancak deprem riskinin olmadığı bölgelerde

zemin etüdleri ihmal edilebilir. Yapılan zemin etütleri sonucunda elde edilen parametrelere bağlı olarak zemin tipleri Tablo 1.3'te verilmektedir.

Tablo 1.3. EC8'e göre zemin tipleri

Zemi Tipi	Zemin Tipi Profili	Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/s)	Standart Penetrasyon Testi $N_{SPT}$ (Darbe/30cm)	Serbest Basınç Direnci $C_u$ (kPa)
<b>A</b>	Kaya veya kaya benzeri malzeme (üzerinde en fazla 5 m kalınlığında zayıf katmanına sahip)	>800	—	—
<b>B</b>	10 metre kalınlığında çok yoğun kum, çakıl ve çok sert killer	360–800	>50	>250
<b>C</b>	10-100 m arasında değişen yoğun ve orta yoğunlukta kum, çakıl ve sert killi tabakalar.	180–360	15–50	70–250
<b>D</b>	Gevşek ile orta derecede kohezyonsuz ve yumuşaktan serte değişen kohezyonlu tabakalar.	<180	<15	<70
<b>E</b>	Derinliği 5-20 metre arasında değişen ve C veya D tipinin $V_s$ değerlerine sahip olan sert malzeme oluşan tabakalar.			
<b>S<sub>1</sub></b>	10 metre kalınlıkta yumuşak kil/siltlerden oluşan ve yüksek plastiklik indeksi ve yüksek su içeriğine sahip olan tabakalar.	<100 (Örnek)		10–20
<b>S<sub>2</sub></b>	Sıvılaşabilir ince daneli killerden oluşan veya A_E ve S1 tiplerine dâhil olmayan tabakalar.			

$S_1$  ve  $S_2$  özel zemin tipleri olarak tanımlanmaktadır ve bu sınıflar için özel zemin etüdleri yapılması gereklidir. Örneğin  $S_2$  tipi zeminler düşük sönülmeye sahiptir ve alışılmadık zemin yapı etkileşimine sebep olabilir.

### 1.5.1.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16'da kayma dalgası hızı, standart penetrasyon direnci ve drenajsız kayma dayanımı parametrelerine göre zeminler altı farklı sınıfa ayrılmaktadır. Zemin etüdleri sonucunda elde edilen parametrelere bağlı olarak zemin sınıfları Tablo 1.4'te verilmiştir.

Tablo 1.4. ASCE 7/16' ya göre zemin sınıfları

Zemin Sınıfı	Zemin Profili	Üst 30 metre tabakasının ortalama		
		Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (ft/s)	Standart Penetrasyon Direnci $N$ (darbe/ft)	Drenajsız Kayma Dayanımı $S_u$ (lb /ft <sup>2</sup> )
<b>A</b>	Sert kaya	> 5000	uygulanamaz	uygulanamaz
<b>B</b>	Kaya	2500–5000	uygulanamaz	uygulanamaz
<b>C</b>	Yüksek yoğunluklu toprak ve yumuşak kaya	1200–2500	> 50	> 2000
<b>D</b>	Sıkı daneli zemin	600–1200	15–50	1000–2000
<b>E</b>	Yumuşak kil zemin	< 600	< 15	< 1000
		Aşağıdaki özelliklere sahip 10 ft'den fazla içeren zeminler -Plastisite indisi $PI > 20$ -Nem içeriği $w \geq \%40$ -Drenajsız kayma dayanımı $S_u < 500$ lb /ft <sup>2</sup>		
<b>F</b>	Aşağıdaki özelliklerden birine veya birkaçına sahip zemin -Kayma riskine karşı savunmasız zemin veya deprem yükleri altında kayan sıvılaşabilen zemin, hızlı ve hassas kil gibi -Yüksek organik kil -Çok yüksek plastisiteli kil ( $H > 25$ feet, $PI > 75$ )			

Yapılan zemin etütleri sonucunda zemin sınıfını belirlemek için yeterli bilgi yoksa ve jeolojik merciler ilgili zeminin E veya F zemin grubuna ait olmadığını belirtiyor ise bu zeminin sınıfı D sınıfı olarak seçilebilir ve  $F_a$  değeri 1.2'den az alınmamalıdır. Burada  $F_a$  kısa periyod için zemin düzeltme katsayısıdır ve ilerideki kısımlarda ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.

#### 1.5.1.4. TBDY 2018

TBDY-2018'de zeminler ASCE 7/16'daki gibi aynı zemin parametrelerine ve değerlere göre altı farklı sınıfa ayrılmaktadır. Zemin sınıflarına bağlı parametreler ve açıklamalar Tablo 1.5'te verilmektedir.

Tablo 1.5. TBDY-2018'e göre zemin sınıfları

Zemin Sınıfı	Zemin Profili	Üst 30 metre tabakasının ortalama		
		Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/s)	Standart Penetrasyon Direnci $N$ (darbe/cm)	Drenajsız Kayma Dayanımı $C_u$ (kPa)
<b>ZA</b>	Sağlam, sert kayalar	> 1500	—	—
<b>ZB</b>	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760–1500	—	—
<b>ZC</b>	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360–760	> 50	> 250
<b>ZD</b>	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180–360	15–50	70–250
<b>ZE</b>	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya plastisite indisi $PI > 20$ ve nem içeriği $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $C_u < 25$ kPa) içeren profiller.	< 180	< 15	< 70
<b>ZF</b>	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir 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.			

ZF sınıfı olarak sınıflandırılmış zeminler, sahaya özel araştırma ve değerlendirmeler gerektiren zeminlerdir.

## 1.5.2. Deprem Hesabında Bina Önem Katsayıları

### 1.5.2.1. TDY 2007

Deprem hesabında önemli rol alan bina önem katsayısı (**I**), inşa edilecek binanın türü, amacı ve işlevine göre değişmektedir. Binanın deprem esnası ve sonrası insanların hayatına ve çevreye arz ettiği önem ve riske göre paralel olarak değer almaktadır. Önem ve risk değer kazandıkça (**I**) katsayısı da artarak değişmektedir. TDY-2007'ye göre (**I**), dört kategori altında binanın kullanım amacı ve türüne göre 1.0, 1.2, 1.4 ve 1.5 değerleri almakta ve Tablo 1.6'da ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Tablo 1.6. TDY-2007'ye göre bina önem katsayıları

<b>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</b>	<b>(I)</b>
<b>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b> <b>a)</b> 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>b)</b> Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	<b>1.5</b>
<b>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli esyanın saklandığı binalar</b> <b>a)</b> Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. <b>b)</b> Müzeler.	<b>1.4</b>
<b>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	<b>1.2</b>
<b>4. Diğer binalar</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	<b>1.0</b>

#### 1.5.2.2. EC8

EC8'de bina önem sınıfları ve önem faktörleri ( $\gamma_I$ ) TDY-2007'de olduğu gibi dört kategori altında binanın kullanım amacı ve türüne göre değerler almaktadır. Fakat burada en az önem taşıyan binalara 1.0'den az bir değer verilmekte olup önerilen değerler sırasıyla 0.8, 1.0, 1.2 ve 1.4'dür ve bu değerlere ilişkin açıklamalar Tablo 1.7'de ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

Tablo 1.7. EC8'e göre bina önem sınıfları ve önem faktörleri

<b>Önem Sınıfı</b>	<b>Binaların Kullanımı</b>	<b><math>\gamma_I</math></b>
<b>IV</b>	Hastaneler, itfaiye binaları, enerji santralleri gibi deprem sırasındaki bütünlükleri sivil savunma açısından hayati önem taşıyan binalar	<b>1.4</b>
<b>III</b>	Okullar, toplantı salonları, kültür merkezleri gibi deprem dayanımı açısından önem taşıyan binalar	<b>1.2</b>
<b>II</b>	Sıradan binalar, diğer sınıflara girmeyen binalar	<b>1.0</b>
<b>I</b>	Toplumun güvenliği açısından çok önem taşımayan binalar, tarım faaliyetlerinde kullanılan binalar	<b>0.8</b>

### 1.5.2.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16’da diğer yönetmeliklerden farklı olarak risk kategorileri tanımlanmıştır ve bu kategorilere göre bina önem katsayıları (**I**) belirlenmektedir. Risk kategorileri deprem sırası ve sonrası binanın arz ettiği riske göre tanımlanmış olup **I**, **II**, **III** ve **IV** olarak verilmektedir. Tanımlanan kategorilere göre verilen bina önem katsayılarının değerleri sırasıyla 1.00, 1.00, 1.25 ve 1.50’dir. Risk kategorileri ile önem katsayılarına ilişkin açıklamalar Tablo 1.8’de ayrıntılı olarak verilmektedir.

Tablo 1.8. ASCE 7/16’ya göre risk kategorileri ve bina önem katsayıları

<b>Risk Kategorisi</b>	<b>Binaların ve Yapıların Kullanımı</b>	<b>I</b>
<b>I</b>	Tehlike ve hasar durumunda insan hayatı için çok az risk taşıyan binalar ve diğer yapılar	<b>1.00</b>
<b>II</b>	<b>I</b> , <b>III</b> ve <b>IV</b> risk kategorileri dışında kalan binalar ve yapılar	<b>1.00</b>
<b>III</b>	- Tehlike ve hasar durumunda insan hayatı için ciddi şekilde risk taşıyan, - <b>IV</b> risk kategorisine dâhil olmayan, tehlike ve hasar durumunda hem ekonomiğe hem insan günlük hayatı için ciddi biçimde risk taşıyan, - <b>IV</b> risk kategorisine yer almayan ve yıkılması durumunda insan hayatı için ciddi biçimde risk taşıyan; yetkili mercinin belirlediği sınır miktarını aşan ve serbest bırakılması durumunda halka tehdit oluşturmaya yeterli toksik veya patlayıcı maddeler içeren, binalar ve yapılar	<b>1.25</b>
<b>IV</b>	- Deprem sonrasında hizmet vermesi hayati önem taşıyan binalar ve yapılar. - Yıkılması durumunda insan hayatı için ciddi biçimde risk taşıyan ve tehdit eden; yetkili mercinin belirlediği sınır miktarını aşan ve serbest bırakılması durumunda halka tehdit oluşturmaya zehirli veya patlayıcı maddeler içeren binalar ve yapılar	<b>1.50</b>

### 1.5.2.4. TBDY 2018

TBDY-2018’de yapılar bina kullanım sınıflarına ayrılmıştır ve bu sınıflara göre bina önem katsayıları (**I**) tanımlanmaktadır. Bina kullanım sınıfları deprem sırası ve sonrası binanın arz ettiği önem ve riske göre tanımlanmış olup **BKS = 1**, **BKS = 2** ve **BKS = 3** olmak üzere üç adet bina kullanım sınıfı verilmektedir. Tanımlanan bina kullanım sınıflarına göre verilen bina önem katsayılarının değerleri sırasıyla 1.5, 1.2, ve 1.0’dır. Bina kullanım sınıfları ile önem katsayılarına ilişkin açıklamalar Tablo 1.9’da ayrıntılı olarak verilmektedir.



Tablo 1.9. TBDY-2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

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

### 1.5.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

#### 1.5.3.1. TDY 2007

Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesinde esas alınacak olan katsayılar, "Spektral İvme" ve "Deprem Yüğü Azaltma" katsayılarıdır. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme,  $S_{ae}(T)$ , Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi  $g$ 'nin çarpımına karşılık gelmektedir. Diğer bir deyişle spektral ivme katsayısı  $A(T)$ , tanım olarak yapıda oluşacak "elastik spektral ivmenin" yerçekimi ivmesine oranını gösteren bir değerdir. Spektral İvme Katsayısı,  $A(T)$ , (1.1) bağıntısı ile verilmektedir.

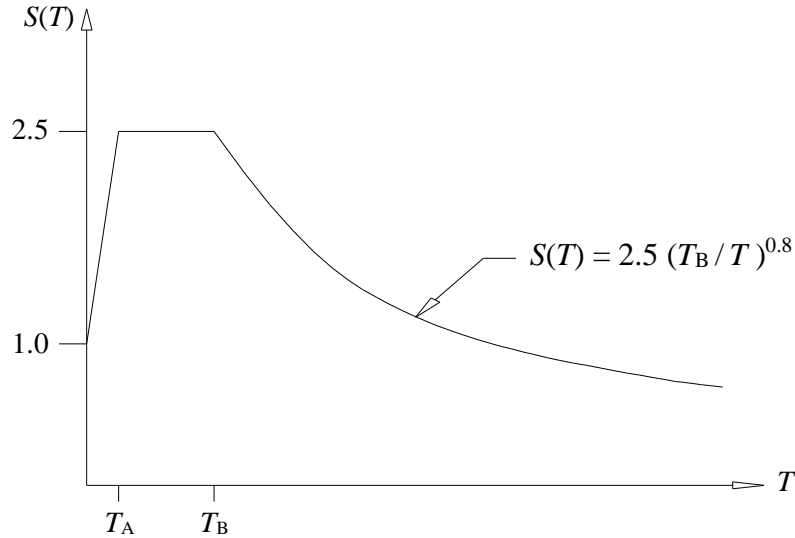
$$\left. \begin{aligned} A(T) &= A_0 I S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T) g \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

Bu ifadede  $A_0$  “Etkin Yer İvmesi Katsayısı” olarak adlandırılmaktadır. Spektral ivme katsayısının belirlenmesinde deprem bölgelerini hesaba katan bir parametredir. Etkin yer ivmesi katsayısı farklı deprem bölgelerine göre Tablo 1.10’da verilmektedir.

Tablo 1.10. TDY-2007’ye göre etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Yukarıdaki ifadede  $S(T)$  “spektrum katsayısı” olarak adlandırılmaktadır. Spektrum katsayısı zemin koşulları ve bina hâkim periyoduna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve binanın birbirine dik iki eksenini doğrultusunda ayrı ayrı etkidikleri varsayılmaktadır. Yönetmelikte esas alınan tasarım depremi, şiddetli depreme karşılık gelmektedir. Bina önem katsayısı  $I=1$  olan binalar için tasarım depreminin 50 yıllık bir sürede aşılma olasılığı %10’dur. Elastik tasarım ivme spektrum grafiği Şekil 1.1’de verilmektedir.



Şekil 1.1. TDY-2007’ye göre elastik tasarım ivme spektrum grafiği

Şekil 1.1’de de görüldüğü gibi  $S(T)$  spektrum katsayısı binanın birinci doğal titreşim periyodu ve yerel zemin sınıflarına göre değişen spektrum karakteristik periyodlarına ( $T_A$  ve  $T_B$ ) bağlı olarak aşağıdaki bağıntılardan uygun olanla hesaplanmaktadır.

$$0 \leq T \leq T_A \text{ ise } S(T) = \left[ 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \right] \quad (1.2)$$

$$T_A < T \leq T_B \text{ ise } S(T) = 2.5 \quad (1.3)$$

$$T_B < T \text{ ise } S(T) = 2.5 \left[ \frac{T_B}{T} \right]^{0.8} \quad (1.4)$$

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel denklem ve zemin şartları göz önünde bulundurularak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Fakat bu yöntem ile belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyodlar için Tablo 1.11’deki ilgili karakteristik periyodlar göz önünde bulundurularak (1.1) bağıntısı ile elde edilecek sonuçtan, hiçbir zaman daha küçük olmamalıdır.

Tablo 1.11. TDY-2007’ye göre yerel zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyodları

Yerel Zemin Sınıfı	$T_A$ (s)	$T_B$ (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

### 1.5.3.2. EC8

EC8’de de TDY-2007’de olduğu gibi ülkeler çeşitli deprem bölgelerine bölünmektedir ve her deprem bölgesindeki depremsel hasar sabit olarak kabul edilmektedir. Hasar, etkin maksimum yer ivmesi, ( $a_g$ ) parametresine göre tanımlanır ve  $a_g$  tasarım yer ivmesi olarak adlandırılmaktadır. Tasarım yer ivmesi her ülkenin komitesi tarafından, her deprem bölgesi için 475 yıllık tekrarlama periyodu olan bir deprem seçilerek bulunur. Bu hesapta, yapı önem katsayısı  $\gamma_I = 1.0$  olarak seçilir.

$a_g$ 'nin 0.1g'den küçük olduğu bölgeler, depremselliği düşük deprem bölgeleri olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgelerde bazı yapı türleri için sadeleştirilmiş tasarım yöntemleri kullanılabilir.  $a_g$ 'nin 0.04 g'den düşük olduğu bölgeler için EC 8 şartlarının uygulanması zorunlu değildir.

Herhangi bir noktadaki deprem hareketi elastik ivme tepki spektrumu ile temsil edilmektedir. Bu spektruma, elastik tepki spektrumu da denir. TDY-2007'den farklı olarak EC8'de depremin hem yatay hem düşey doğrultusunda elastik tepki spektrumu tanımlanmaktadır.

#### a) Yatay Elastik Tepki Spektrumu

Şekil 1.2'de görülen elastik ivme tepki spektrumu, zemin periyotlarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılar ile elde edilmektedir:

$$0 \leq T \leq T_B \text{ ise } S_e(T) = a_g S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (2.5\eta - 1) \right] \quad (1.5)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \text{ ise } S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \quad (1.6)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \text{ ise } S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \left[ \frac{T_C}{T} \right] \quad (1.7)$$

$$T_D \leq T \leq 4s \text{ ise } S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \quad (1.8)$$

Bu arada;

$S_e(T)$  : Elastik tepki spektrumunu,

T: Tek serbestlik dereceli lineer sistemin titreşim periyodunu,

$a_g$ : A zemin tipi için tasarım zemin ivmesini ( $a_g = \gamma_I \cdot a_g R$ ),

$a_g R$ : A tipi zemin için pik yer ivmesini,

$T_B, T_C$ : Sırayla sabit spektral ivme bölgesinin alt ve üst sınır değerlerini,

$T_D$ : Spektrumda sabit yerdeğiştirme bölgesinin başladığını gösteren değeri,

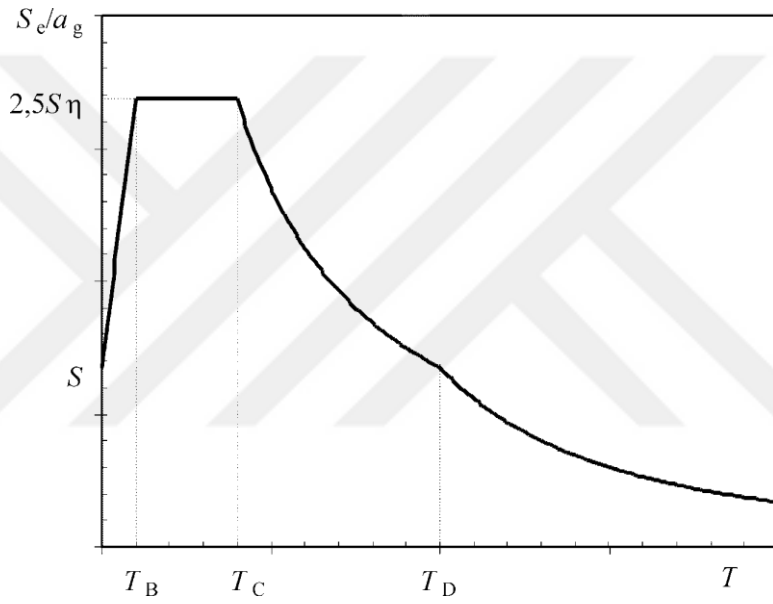
S: Zemin faktörünü,

$\eta$ : Sönüm düzeltme faktörünü göstermektedir. (%5 sönüm için  $\eta = 1$  kabul edilir)

Sönüm düzeltme faktörü değeri (1.9) bağıntısı ile tanımlanmaktadır.

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55 \quad (1.9)$$

(1.9) bağıntısında yer alan  $\xi$ , yüzde olarak ifade edilen yapının viskoz sönüm oranıdır. Özel çalışmalarda veya yapılarda viskoz sönüm oranı için % 5'ten farklı değerler kullanılabilir.



Şekil 1.2. EC8'e göre elastik ivme tepki spektrumu grafiği

Elastik tepki spektrumunun şeklini belirleyen  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  periyodları ve  $S$  zemin katsayısı zemine bağlı olarak değişir. Bir ülkede her bir zemin tipi ve spektrum tipi için kullanılacak olan  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  ve  $S$  değerleri ulusal yönetmeliklerden alınabilir. EC8 tarafından Tip 1 ve Tip 2 olarak iki ayrı spektrum şeklinin kullanılması önerilmektedir. Bir bölge için tanımlanan sismik tehlikenin büyük çoğunluğunu oluşturan depremlerin yüzey dalgası magnitüdüleri,  $M_s$ , 5.5'den büyük ise Tip 1 spektrumun seçilmesi önerilir. A, B, C, D ve E zemin grupları için tavsiye edilen  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  ve  $S$  değerleri Tip 1 spektrum için Tablo 1.12'de ve Tip 2 spektrum için Tablo 1.13'te verilmektedir.

Tablo 1.12. EC8'e göre Tip 1 elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler

Zemin Tipi	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B	1.20	0.15	0.50	2.00
C	1.15	0.20	0.60	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00
E	1.40	0.15	0.50	2.00

Tablo 1.13. EC8'e göre Tip 2 elastik tepki spektrumunu tanımlayan parametreler

Zemin Tipi	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1.00	0.05	0.25	1.20
B	1.35	0.05	0.25	1.20
C	1.50	0.10	0.25	1.20
D	1.80	0.10	0.30	1.20
E	1.60	0.05	0.25	1.20

#### b) Düşey Elastik Tepki Spektrumu

EC8'e göre deprem hareketinin düşey bileşeni aşağıdaki bağıntılar ile tanımlanmaktadır.

$$0 \leq T \leq T_B \text{ ise } S_{ve}(T) = a_{vg} \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 3.0 - 1) \right] \quad (1.10)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \text{ ise } S_{ve}(T) = 3.0 a_{vg} \eta \quad (1.11)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \text{ ise } S_{ve}(T) = 3.0 a_{vg} \eta \left[ \frac{T_C}{T} \right] \quad (1.12)$$

$$T_D \leq T \leq 4s \text{ ise } S_{ve}(T) = 3.0 a_{vg} \eta \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \quad (1.13)$$

Yatay elastik davranış spektrumunda olduğu gibi Tip 1 ve Tip 2 olarak iki ayrı düşey spektrum kullanılmaktadır. A, B, C, D ve E zemin grupları için düşey spektrumu tanımlayan parametreler Tablo 1.14'te verilmiştir. Bu parametreler S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> özel zemin grupları için kullanılamaz.

Tablo 1.14. EC8'e göre düşey elastik davranış spektrumlarını tanımlayan tavsiye edilen parametre değerleri

Zemin Tipi	$a_{vg}/a_g$	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
Tip 1	0.90	0.05	0.15	1.00
Tip 2	0.45	0.05	0.15	1.00

### 1.5.3.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16'da diğer yönetmeliklerden farklı olarak tüm ülkenin ivme değerlerini gösteren  $MCE_r$  haritaları mevcuttur ve bu haritalar kullanılarak olası depremlerin maksimum ivme değerleri elde edilmektedir. Bu ivme, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan dönüş periyodu 2500 yıl olan depremin ivme değeridir. Yine farklılık olarak ASCE 7/16'da A, B, C, D, E ve F olarak adlandırılan sismik tasarım kategorileri mevcuttur. A ve B sismik tasarım kategorileri düşük ve hafif şiddetli yer hareketine, C sınıfı orta şiddetli yer hareketine D, E ve F sismik tasarım kategorileri ise şiddetli ve yıkıcı etkisi yüksek yer hareketine karşılık gelmektedir.

Deprem hesabı yapılacak yerin 0.2 saniyelik kısa periyod ve 1 saniyelik periyod spektral ivme katsayıları haritalardan belirlenmektedir. (1.14) bağıntısında belirtildiği gibi, belirlenen spektral ivmeler ( $S_S$  ve  $S_1$ ) zemin düzeltme katsayıları ( $F_a$  ve  $F_v$ ) ile çarpılıp 1/3 oranında azaltılarak tasarım spektral ivme katsayıları hesaplanmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} S_{MS} &= F_a S_S \text{ ve } S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \\ S_{M1} &= F_v S_1 \text{ ve } S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \end{aligned} \right\} \quad (1.14)$$

Burada;

- $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ : Kısa ve 1 sn periyod tasarım spektral ivme katsayılarını,
- $F_a$  ve  $F_v$ : Kısa ve 1 sn periyod zemin düzeltme katsayılarını,
- $S_S$  ve  $S_1$ : Kısa ve 1 sn periyod için harita spektral ivme katsayılarını,
- $S_{MS}$  ve  $S_{M1}$ : Zemin katsayıları ile çarpılmış kısa ve 1 sn periyod spektral ivme katsayılarını göstermektedir.

Tablo 1.15 ve Tablo 1.16’da zemin sınıfına bağlı zemin düzeltme katsayılarının sırası ile  $S_s$  ve  $S_1$  değerlerine göre alacakları değerler gösterilmektedir.  $S_s$  ve  $S_1$ ’in ara değerleri interpolasyon ile elde edilmektedir.

Tablo 1.15. ASCE 7/16’ya göre kısa periyod zemin düzeltme katsayısı,  $F_a$

Zemin Sınıfı	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
F	ASCE 7/16 yönetmeliğinde açıklanmıştır. (Bölüm 11.4.8)					

Tablo 1.16. ASCE 7/16’ya göre 1 sn periyod zemin düzeltme katsayısı,  $F_v$

Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
D	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
E	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
F	ASCE 7/16 yönetmeliğinde açıklanmıştır. (Bölüm 11.4.8)					

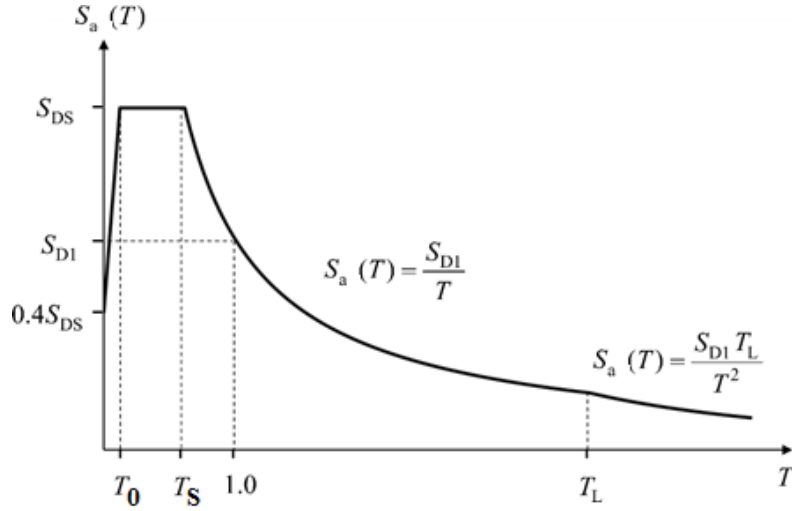
Bir yerin deprem hareketi elastik tepki spektrumu ile temsil edilmektedir. EC8’de olduğu gibi ASCE 7/16’da da depremin hem yatay hem düşey doğrultusunda elastik tepki spektrumu tanımlanmaktadır.

#### a) Yatay Tasarım Spektrumu

Şekil 1.3’te %5 sönüm oranı için tanımlanan yatay tasarım ivme spektrumu gösterilmektedir.  $T_L$ , uzun periyod bölgesine geçiş periyodunu ifade eder, zemin koşullarına bağlı ve haritalardan alınır. Ayrıca, şekilde gösterilen  $T_0$  ve  $T_s$  periyodları (1.15) bağıntıları ile hesaplanmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \end{aligned} \right\} \quad (1.15)$$





Şekil 1.3. ASCE 7/16'ya göre yatay tasarım ivme spektrumu grafiği

Şekil 1.3'te gösterilen yatay tasarım ivme spektrumunun eğrisini teşkil eden denklemler aşağıdaki bağıntılar ile elde edilmektedir.

$$0 \leq T \leq T_0 \text{ ise } S_a(T) = S_{DS} \left[ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right] \quad (1.16)$$

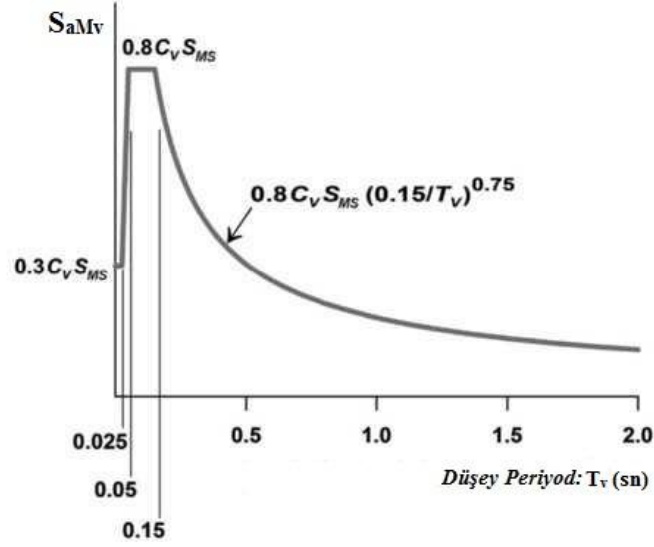
$$T_0 \leq T \leq T_s \text{ ise } S_a(T) = S_{DS} \quad (1.17)$$

$$T_s \leq T \leq T_L \text{ ise } S_a(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (1.18)$$

$$T_L \leq T \text{ ise } S_a(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (1.19)$$

#### b) Düşey Tasarım Spektrumu

Şekil 1.4'te %5 sönüm oranı için tanımlanan düşey tasarım ivme spektrumu gösterilmektedir. Ayrıca, şekilde gösterilen düşey tasarım spektrumunun eğrisini teşkil eden denklemler 1.20'den 1.23'e kadar bağıntılar ile elde edilmektedir. Bu kısımdaki tanımlanan hususlar sadece sismik tasarım kategorileri C, D, E ve F olan yapılara uygulanmaktadır.



Şekil 1.4. ASCE 7/16'ya göre düşey tasarım ivme spektrumu

$$0 \leq T_v \leq 0.025s \text{ ise } S_{aMv} = 0.3 C_v S_{MS} \quad (1.20)$$

$$0.025s \leq T_v \leq 0.05s \text{ ise } S_{aMv} = 0.3 C_v S_{MS}(T_v - 0.025) + 0.3 C_v S_{MS} \quad (1.21)$$

$$0.05s \leq T_v \leq 0.15s \text{ ise } S_{aMv} = 0.8 C_v S_{MS} \quad (1.22)$$

$$0.15s \leq T_v \leq 2.0s \text{ ise } S_{aMv} = 0.8 C_v S_{MS} \left( \frac{0.15}{T_v} \right)^{0.75} \quad (1.23)$$

Bağıntılarda  $C_v$ ,  $S_s$  parametresine bağlı bir katsayıyı (Tablo 1.17'de verilmektedir) ve  $T_v$ , titreşimin düşey periyodunu göstermektedir. Ayrıca deprem analizlerinde kullanılacak düşey tasarım spektral ivmesi,  $S_{av}$ , bağıntılarda hesaplanan  $S_{aMv}$  değerinin üçte ikisi olarak alınacaktır. ( $S_{av} = \frac{2}{3} S_{aMv}$ )

Tablo 1.17. ASCE 7/16'ya göre  $C_v$  düşey katsayısının değerleri

$S_s$	Zemin Sınıfı A, B	Zemin Sınıfı C	Zemin Sınıfı D, E, F
$\geq 2.0$	0.9	1.3	1.5
$= 1.0$	0.9	1.1	1.3
$= 0.6$	0.9	1.0	1.1
$= 0.3$	0.8	0.8	0.9
$\leq 0.2$	0.7	0.7	0.7

Not:  $S_s$  ara değerleri için lineer interpolasyon kullanılacaktır.

## Sismik Tasarım Kategorileri

Yapıların risk kategorileri ve tasarım depreminin spektral ivmelerine göre yapılara A, B, C, D, E ve F olmak üzere altı sismik tasarım kategorisi tanımlanmaktadır. I, II ve III risk kategorisi olan yapıların  $S_1$  spektral ivmesi 0.75'e eşit veya daha büyük ise bu tür yapılar E sismik tasarım kategorisine atanmaktadır. IV risk kategorisi olan yapıların  $S_1$  spektral ivmesi 0.75'e eşit veya daha büyük ise bu tür yapılar F sismik tasarım kategorisine atanmaktadır. Bunun dışında kalan tüm yapılar için sismik tasarım kategorileri  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  değerleri göz önünde bulundurularak Tablo 1.18 ve Tablo 1.19'da gösterildiği gibi seçilmektedir. T titreşim periyoduna bakılmaksızın bütün yapı türleri Tablo 1.14 ve Tablo 1.15'te verilen kategoriden daha şiddetli bir sismik tasarım kategorisine atanabilir.

Tablo 1.18. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod tepki spektrumuna göre SDC

$S_{DS}$	Risk Kategorisi I, II, III	Risk Kategorisi IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Tablo 1.19. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyodu tepki spektrumuna göre SDC

$S_{D1}$	Risk Kategorisi I, II, III	Risk Kategorisi IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

### 1.5.3.4. TBDY-2018

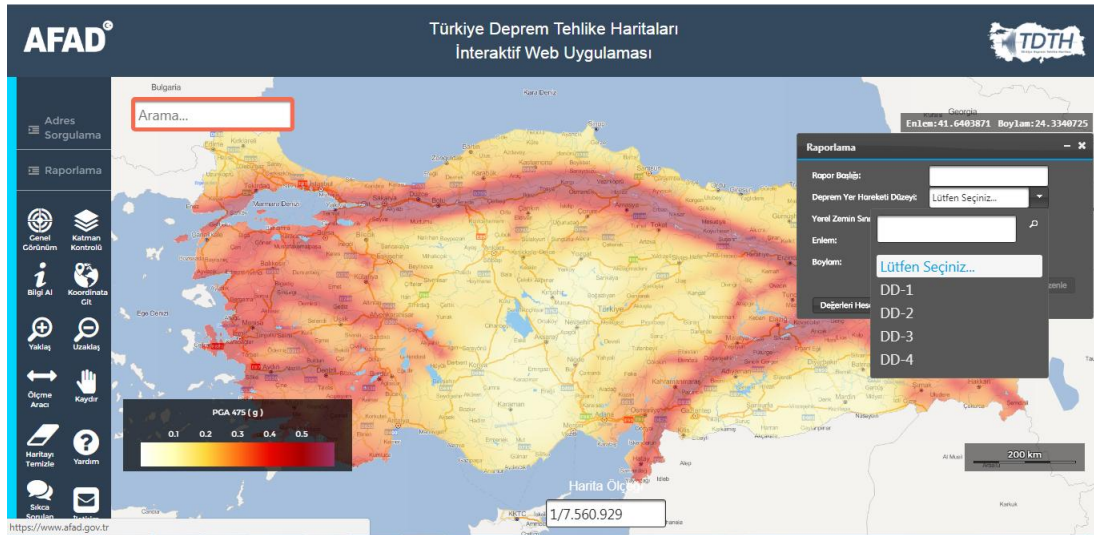
TBDY-2018 birçok konuda ASCE 7/16 ile büyük oranda benzemekle beraber bazı konularda farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların en önemlisi tasarım deprem ivmesinin seçilme hususudur. ASCE 7/16'da tasarım deprem ivmesinin seçilmesinde 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan dönüş periyodu 2500 yıl olan depremin ivme değeri alınırken, TBDY-2018'de dört farklı "Deprem Yer Hareketi Düzeyi" önerilmekte ve bu deprem yer hareketi düzeylerine göre tasarım deprem ivmesi seçilmektedir.

DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olarak tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyleri, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının yüzdesi ve ona karşı gelen yıllık tekrarlanma periyodu ile sınıflandırılmaktadır. Deprem yer hareketi düzeyleri ile ilgili parametreler Tablo 1.20’de verilmektedir

Tablo 1.20. TBDY-2018’e göre deprem yer hareketi düzeyleri

DD	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Yıllık Tekrarlanma Periyodu	Deprem Niteliği
DD-1	%2	2475 yıl	Çok seyrek-En büyük deprem
DD-2	%10	475 yıl	Seyrek-Standart tasarım deprem
DD-3	%50	72 yıl	Sık
DD-4	%68	43 yıl	Çok sık-Servis deprem

Tanımlanan bu dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmış olup bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> [4] adresli internet sitesinden erişilebilir. Şekil 1.5’te yeni güncellenen Türkiye deprem tehlike haritalarının ilgili siteden alınmış bir örneği gösterilmektedir.



Şekil 1.5. TBDY-2018’e göre Türkiye deprem tehlike haritalarının bir örneği

ASCE 7/16’da olduğu gibi TBDY 2018’e göre deprem hesabı yapılacak bölgenin 0.2 saniyelik kısa periyod için harita spektral ivme katsayısı ve 1 saniyelik periyod için harita spektral ivme katsayısı belirlenmektedir. (1.24) bağıntısında belirtildiği gibi, belirlenen spektral ivme katsayıları ( $S_S$  ve  $S_1$ ) yerel zemin etki katsayıları ( $F_s$  ve  $F_1$ ) ile çarpılmaktadır. Burada, ASCE 7/16’dan farklı olarak herhangi bir azaltma yapılmadan tasarım spektral ivme katsayıları ( $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ) bu şekilde hesaplanmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} S_{DS} &= F_s S_S \\ S_{D1} &= F_1 S_1 \end{aligned} \right\} \quad (1.24)$$

Burada;

- $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ : Kısa ve 1 sn periyod tasarım spektral ivme katsayılarını,
- $S_S$  ve  $S_1$ : Kısa ve 1 sn periyod için spektral ivme katsayılarını,
- $F_s$  ve  $F_1$ : Kısa ve 1 sn periyod zemin etki katsayılarını göstermektedir.

Tablo 1.21 ve Tablo 1.22’de zemin sınıfına bağlı zemin etki katsayılarının sırası ile  $S_S$  ve  $S_1$  değerlerine göre alacakları değerler gösterilmektedir.  $S_S$  ve  $S_1$ ’in ara değerleri interpolasyon ile elde edilir.

Tablo 1.21. TBDY-2018’e göre kısa periyod zemin etki katsayısı,  $F_s$

Zemin Sınıfı	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bölüm 16.5)					

Tablo 1.22. TBDY-2018’e göre 1 sn periyod zemin katsayısı,  $F_1$

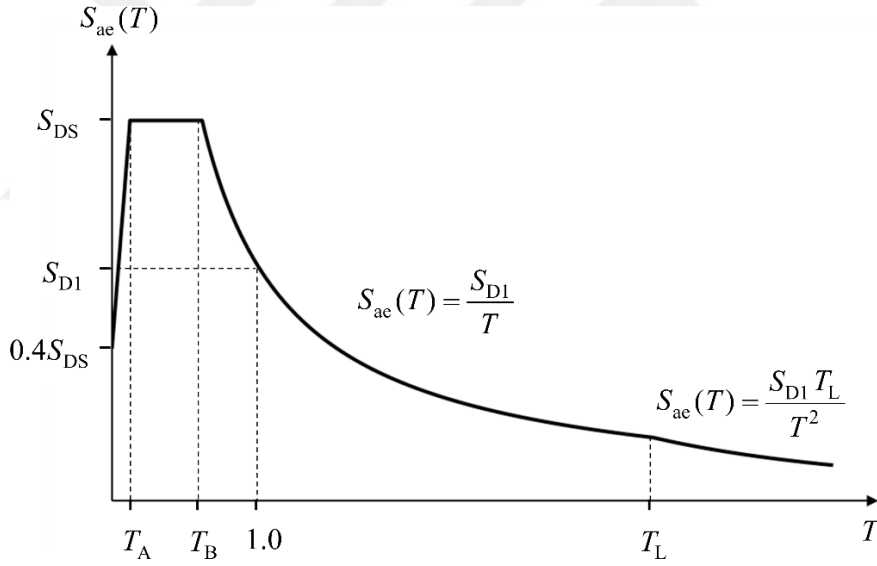
Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bölüm 16.5)					

EC8 ve ASCE 7/16’da olduğu gibi TBDY 2018’de de depremin hem yatay hem düşey doğrultusunda elastik tepki spektrumu tanımlanmaktadır.

#### a) Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Şekil 1.6’da %5 sönüm oranı için tanımlanan yatay elastik tasarım ivme spektrumu gösterilmektedir.  $T_L$ , Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodunu ifade eder ve  $T_L=6$  sn olarak alınmaktadır. Ayrıca, şekilde gösterilen  $T_A$  ve  $T_B$  köşe periyodları (1.25) bağıntıları ile hesaplanmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} T_A &= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ T_B &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \end{aligned} \right\} \quad (1.25)$$



Şekil 1.6. TBDY-2018’e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu

Şekil 1.6’da gösterilen yatay elastik tasarım ivme spektrumunun eğrisini teşkil eden denklemler aşağıdaki bağıntılar ile elde edilmektedir.

$$0 \leq T \leq T_A \text{ ise } S_{ac}(T) = S_{DS} \left[ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right] \quad (1.26)$$

$$T_A \leq T \leq T_B \text{ ise } S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (1.27)$$

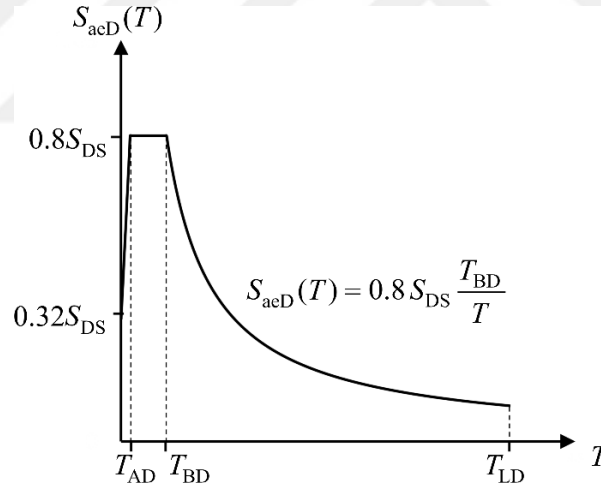
$$T_B \leq T \leq T_L \text{ ise } S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (1.28)$$

$$T_L \leq T \text{ ise } S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (1.29)$$

### b) Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Şekil 1.7’de %5 sönüm oranı için tanımlanan düşey elastik tasarım ivme spektrumu gösterilmektedir. Düşey elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{acD}(T)$ , yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g] cinsinden tanımlanır. Ayrıca, şekilde gösterilen  $T_{AD}$  ve  $T_{BD}$  köşe periyodları ile  $T_{LD}$  periyodu (1.30) bağıntıları ile hesaplanmaktadır.

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (1.30)$$



Şekil 1.7. TBDY-2018’e göre düşey elastik tasarım ivme spektrumu

Şekil 1.7’de gösterilen düşey elastik tasarım ivme spektrumunun eğrisini teşkil eden denklemler 1.31’den 1.33’e kadar bağıntılar ile elde edilmektedir.

$$0 \leq T \leq T_{AD} \text{ ise } S_{acD} = \left[ 0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}} \right] S_{DS} \quad (1.31)$$

$$T_{AD} \leq T \leq T_{BD} \text{ ise } S_{acD} = 0.8 S_{DS} \quad (1.32)$$

$$T_{BD} \leq T \leq T_{LD} \text{ ise } S_{acD} = 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (1.33)$$

TBDY-2018’de yer alan düşey elastik tasarım ivme spektrumunun tanımlanmasında ASCE 7/16’dan farklı olarak spektrumu teşkil eden denklemlerin daha basit olması ve denklemlerin içinde herhangi bir ekstra katsayı bulunmamasıdır ( $C_v$  katsayısı gibi).

### Deprem Tasarım Sınıfları

ASCE 7/16’da sismik tasarım kategorileri yapıların risk kategorileri ile kısa ve 1 sn periyod tasarım spektral ivme katsayılarına göre tanımlanırken, TBDY-2018’de deprem tasarım sınıfları binaların kullanım sınıfları ile DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde sadece kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına göre tanımlanmaktadır. DTS = 1, DTS = 1a, DTS = 2, DTS = 2a, DTS = 3, DTS = 3a, DTS = 4 ve DTS = 4a olmak üzere sekiz deprem tasarım sınıfı mevcuttur. DTS = 1a, 2a, 3a ve 4a sınıfları BKS = 1 için tanımlanırken, DTS = 1, 2, 3 ve 4 sınıfları BKS = 2 ve 3 için tanımlanmaktadır. Deprem tasarım sınıflarına ilişkin parametreler Tablo 1.23’te verilmektedir.

Tablo 1.23. TBDY 2018’e göre DD-2 kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına göre DTS

DD-2 için $S_{DS}$	Bina Kullanım Sınıfı = 1	Bina Kullanım Sınıfı = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	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

### 1.5.4. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması

Yapı taşıyıcı sistemleri deprem etkilerine karşı kendilerine özgü doğrusal elastik olmayan davranış gösterdikleri için genellikle lineer elastik davranışlarına göre daha küçük deprem kuvvetlerine maruz kalırlar. Bu nedenle tasarımda lineer hesap yöntemi kullanılıyor ise taşıyıcı sistemlerinin lineer olmayan davranışından kaynaklanan enerji yutma kapasitesi göz önünde bulundurularak elastik deprem yükleri yönetmeliklerde tanımlanan deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek azaltılır.



### 1.5.4.1. TDY-2007

TDY-2007’de deprem yükü azaltma katsayısı “ $R_a(T)$ ”, taşıyıcı sistem davranış katsayısı “ $R$ ” ve doğal titreşim periyodu  $T$ ’ye bağlı olarak belirlenmekte olup (1.34) ve (1.35) bağıntıları ile elde edilmektedir. Çelik binalar için  $R$  katsayısının alacağı değerler Tablo 1.24’te verilmektedir.

$$0 \leq T \leq T_A \text{ ise } R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (1.34)$$

$$T_A < T \text{ ise } R_a(T) = R \quad (1.35)$$

Tablo 1.24. TDY 2007’ye göre çelik binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayıları,  $R$

<b><u>CELİK BİNALAR</u></b>	<b>Süneklik Düzeyi Normal</b>	<b>Süneklik Düzeyi Yüksek</b>
(1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.	5	8
(2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.	—	4
(3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler / yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.	4	5
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.	—	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.	4	6
(4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler / yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.	5	6
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.	—	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.	4	7

### 1.5.4.2. EC8

TDY 2007’den farklı olarak EC8’de deprem yükünün azaltılması doğrudan  $q$  davranış katsayısı kullanılarak yapılmaktadır.  $q$  davranış katsayısının değerleri, çeşitli süneklik düzeylerine göre verilen farklı malzeme ve yapısal sistemler için (1.36) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \quad (1.36)$$

Burada;

$q_0$ : Tablo 1.25’ten alınan esas davranış katsayısını,

$k_w$ : Perdeli yapılarda hâkim göçme modunu dikkate alan azaltma katsayısını göstermektedir. ( $k_w$  çoğunlukla 1 alınır)

Tablo 1.25. EC8'e göre esas davranış katsayısı,  $q_0$

Taşıyıcı Sistem Tipi	Sünekliği Normal Yapı	Sünekliği Yüksek Yapı
Çerçeveler, perdeli çerçeveli sistemler, boşluklu perdeli sistemler	$3 \alpha_u/\alpha_1$	$4.5 \alpha_u/\alpha_1$
Boşluksuz perdeli sistemler	3.0	$4 \alpha_u/\alpha_1$
Burulma rijitliği zayıf sistemler	2.0	3.0
Ters sarkaç sistemler	1.5	2.0

Tablo 1.25'te gösterilen  $\alpha_u/\alpha_1$  oranı taşıyıcı sistem çeşidine bağlı olarak aşağıda verilen değerleri almaktadır.

a) Çerçeveler yada çerçeve eşdeğeri ikili sistemler:

- Tek katlı çerçeveler için 1.1
- Çok katlı, tek açıklı çerçeveler için 1.2
- Çok katlı, çok açıklı çerçevelerde ve çerçeve eşdeğeri ikili sistemler için 1.3

b) Perdeler yada perde eşdeğeri ikili sistemler:

- Her iki yatay doğrultuda yalnız ikişer adet ayrık perdesi bulunan yapılar için 1
- Diğer perdeli sistemler için 1.1
- Boşluklu perdeli sistemler için 1.2

$q$  davranış katsayısı ile azaltılmış  $S_d(T)$  yatay elastik tasarım ivme spektrumu aşağıdaki bağıntılar ile tanımlanmaktadır.

$$0 \leq T \leq T_B \text{ ise } S_d(T) = a_g S \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (1.37)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \text{ ise } S_d(T) = a_g S \frac{2.5}{q} \quad (1.38)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \text{ ise } S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2.5}{q} \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta a_g \end{cases} \quad (1.39)$$

$$T_D \leq T \text{ ise } S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2.5}{q} \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta a_g \end{cases} \quad (1.40)$$

Burada:

$S_d(T)$ :  $g$  ile normalize edilmiş elastik tasarım ivme spektrumunu,

$q$ : Davranış katsayısını,

$\beta$ : Yatay tasarım spektrumu için alt sınır değerini göstermektedir. ( $\beta$  değeri için kullanılacak değer ulusal yönetmeliklerden alınabilir.  $\beta$  için EC8’de önerilen değer 0.20’dir)

Azaltılmış düşey elastik tasarım ivme spektrumu,  $a_g$ ’nin yerine  $a_{vg}$  kullanılarak ve  $S = 1$  değeri alınarak (1.37) ile (1.40) arasındaki bağıntılar ile elde edilmektedir. Düşey bileşen için 1.5’e kadar bir davranış katsayısı değeri genel olarak tüm malzemeler ve taşıyıcı sistemler için kabul edilebilmektedir. Yukarıda tanımlanan azaltılmış elastik tasarım ivme spektrumu, yalıtımlı tabanlı veya enerji dağıtıcı sistemleri bulunduran yapıların tasarımı için yeterli değildir. Bu durumlar için özel çalışmalar ve spektrumların tanımlanması gerekmektedir.

Sonuç olarak elastik deprem yükü azaltılmasında kullanılan yapı davranış katsayısının belirlenme işlemleri TDY-2007’ye nazaran EC8’de daha genel ifadeler ile verilmektedir.

### 1.5.4.3. ASCE 7/16

TDY-2007 ile EC8’de elastik deprem yükleri yapı davranış katsayısı ile azaltılıp etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri yine aynı katsayı ile büyütülürken, ASCE 7/16’da elastik deprem yükleri yapı davranış katsayısı,  $R$ , ile azaltılıp etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri defleksiyon büyütme katsayısı “ $C_d$ ” ile büyütülmektedir. Tablo 1.26’da çelik binalar için  $R$ , defleksiyon büyütme katsayısı  $C_d$ , dayanım fazlalığı katsayısı  $\Omega_0$  ve sismik tasarım kategorilerine bağlı olan bina yüksekliği kısıtlamaları verilmektedir.  $C_d$ ’nin ve etkin görelî kat ötelemeleri ile ikinci mertebeye etkilerinin büyütme işlemleri ileriki bölümlerde detaylı anlatılacaktır.

Tablo 1.26. ASCE 7/16'ya göre çelik binalar için R, C<sub>d</sub> ve  $\Omega_0$  katsayıları ile bina yüksekliği kısıtlamaları

Bina Taşıyıcı Sistemi	R	C <sub>d</sub>	$\Omega_0$	Sismik Tasarım Kategorilerine Göre Taşıyıcı Sistem ve Bina Yüksekliği kısıtlamaları				
				A veya B	C	D	E	F
<b>Çerçevesel Sistemler</b>								
Dışmerkez Çaprazlı	8	4	2	L.Y	L.Y	48.8 m	48.8 m	30.5 m
Özel Merkezi Çaprazlı	6	5	2	L.Y	L.Y	48.8 m	48.8 m	30.5 m
Sıradan M. Ç.	3.25	3.25	2	L.Y	L.Y	10.7 m	10.7 m	İ.V
Burkulması Önlenmiş M. Ç.	8	5	2.5	L.Y	L.Y	48.8 m	48.8 m	30.5 m
<b>Moment Aktaran Çerçevesel Sistemler</b>								
Özel Moment Aktaran	8	5.5	3	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y
Özel M. A. Kafes	7	5.5	3	L.Y	L.Y	48.8 m	30.5 m	İ.V
Orta Düzey M. A.	4.5	4	3	L.Y	L.Y	10.7 m	İ.V	İ.V
Sıradan M. A.	3.5	3	3	L.Y	L.Y	İ.V	İ.V	İ.V
<b>Özel Moment Aktaran Çerçevesel Sistemler ile Tasarım Sismik En Az % 25'ine Dayanıklı Çift Çerçevesel Sistemler</b>								
Dış Merkezi Çaprazlı	8	4	2.5	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y
Özel M. Ç.	7	5.5	2.5	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y
Burkulması Önlenmiş M. Ç.	8	5	2.5	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y	L.Y
<b>Orta Düzey Moment Aktaran Çerçevesel Sistemler ile Tasarım Sismik En Az % 25'ine Dayanabilecek Çift Çerçevesel Sistemler</b>								
Özel Merkezi Çaprazlı	6	5.5	2.5	L.Y	L.Y	10.7 m	İ.V	İ.V

Not: L.Y= Limit Yok, İ.V= İzin Verilmez, M. Ç= Merkezi Çaprazlı, M. A= Moment Aktaran

Tablo 1.26'da tanımlanan taşıyıcı sistemlerin türlerine ve açıklamalarına bakıldığında, ASCE 7/16'nın diğer yönetmeliklerin tanımladığı taşıyıcı sistemlere göre daha detaylı ve çeşitli olarak tanımladığı görülmektedir. Bu da tasarıma ve deprem analizlerine daha fazla gerçekçilik ve doğruluk verebilmektedir.

#### 1.5.4.4. TBDY-2018

ASCE 7/16'da elastik deprem yükleri R ile azaltılıp etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri "C<sub>d</sub>" ile büyütülürken, TBDY-2018'de elastik deprem yükleri binanın doğal titreşim periyodu T, I, R ve dayanım fazlalığı katsayısı "D"ye bağlı olan R<sub>a</sub> azaltma katsayısı ile azaltılıp etkin görelî kat ötelemeleri R ile ve ikinci mertebeye etkileri "D" ile büyütülmektedir. Deprem yükü azaltma işlemi elde edilen elastik deprem yükünün (1.41) bağıntısı ile hesaplanan R<sub>a</sub> azaltma katsayısına bölünmesi ile yapılmaktadır.

$$\left. \begin{array}{l} T > T_B \text{ ise } R_a(T) = \frac{R}{I} \\ T \leq T_B \text{ ise } R_a(T) = D + \left( \frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \end{array} \right\} \quad (1.41)$$

ASCE 7/16'da taşıyıcı sistem sismik tasarım kategorileri ve bina yüksekliğine göre bağlı olarak seçilirken TBDY-2018'de deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak verilen yükseklik aralıklarına göre bina yükseklik sınıfları tanımlanmakta olup bu sınıflara göre de taşıyıcı sistem seçilmektedir. Bina yükseklik sınıfları Tablo 1.27'de verilmektedir. Bina taşıyıcı sistemine bağlı olan R ve D katsayıları ile bina yükseklik sınıflarına bağlı olarak Tablo 1.28'de verilmektedir. R ve D, ileri kısımlarda diğer kullanıldıkları yerlerde detaylı anlatılacaktır.

Tablo 1.27. TBDY-2018'e göre bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

<b>Bina Yükseklik Sınıfı</b>	<b>DTS = 1, 1a, 2, 2a</b>	<b>DTS = 3, 3a</b>	<b>DTS = 4, 4a</b>
<b>BYS = 1</b>	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
<b>BYS = 2</b>	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
<b>BYS = 3</b>	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
<b>BYS = 4</b>	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
<b>BYS = 5</b>	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
<b>BYS = 6</b>	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
<b>BYS = 7</b>	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
<b>BYS = 8</b>	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Tablo 1.28. TBDY-2018'e göre çelik binalar için R ve D katsayıları

<b>ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>	Davranış Katsayısı <b>R</b>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <b>D</b>	İzin Verilen <b>BYS</b>
<b>Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler</b>			
Moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler	8	3	BYS $\geq$ 3
<i>Süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler	8	2.5	BYS $\geq$ 2
Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler	5	2	BYS $\geq$ 4
Moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeli (Bkz.4.3.4.5)	8	3	BYS $\geq$ 2
Moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeli (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	BYS $\geq$ 2
Çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek çelik kolonlu tek katlı binalar	4	2	-
<b>Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)</b>			
Moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeli (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS $\geq$ 4
Moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeli (Bkz.4.3.1.2)	5	2	BYS $\geq$ 4
<b>Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)</b>			
Moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler	4	2.5	BYS $\geq$ 7
Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler	3	2	BYS = 8
Moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler	4	2	BYS $\geq$ 7

Tablo 1.28'de tanımlanan taşıyıcı sistemlerin türlerine ve açıklamalarına bakıldığında, ASCE 7/16'daki durum gibi detaylı ve çeşitli olarak verildiği görülmektedir. Tabloda tanımlanan taşıyıcı sistemler ile ilgili yapım açıklamaları ve sınırlamaları yönetmelikte ilgili yerlerde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

### 1.5.5. Yapısal Düzensizlikler

Deprem durumunda gösterdikleri olumsuz davranışlar sebebiyle tasarımından ve inşasından kaçınılması gereken düzensizlikler, yönetmeliklerde planda ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları olarak iki adet ana başlık altında tanımlanmaktadır.

#### 1.5.5.1. TDY-2007

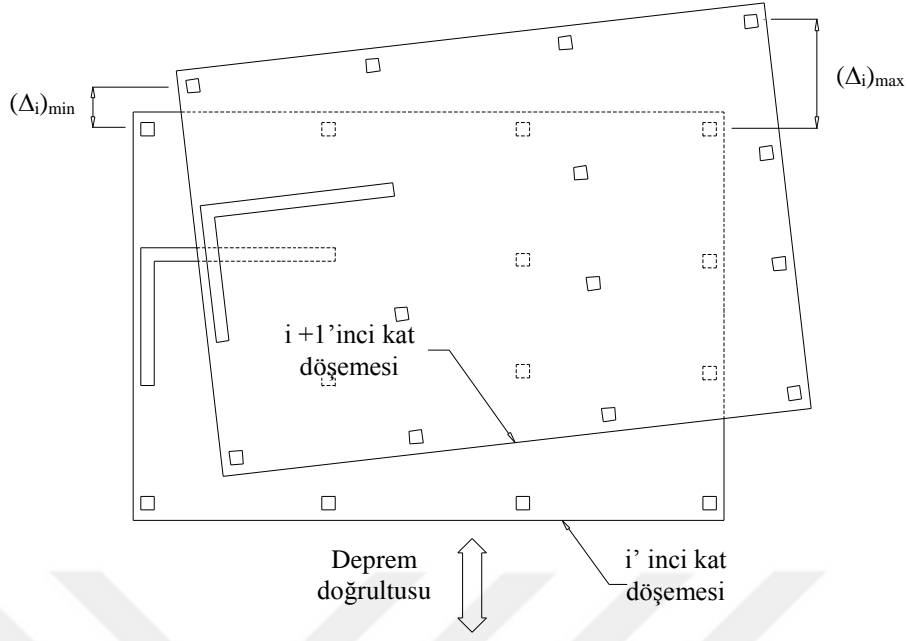
TDY-2007’de planda ve düşey doğrultuda olmak üzere toplamda altı adet düzensizlik durumu tanımlanmaktadır. Planda düzensizlik durumları başlığı altında tanımlanan düzensizlikler; burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizlikleri (A2) ve planda çıkıntılar bulunması (A3) durumlarıdır. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları ise sırasıyla; komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat-B1), komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği (yumuşak kat-B2) ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği (B3) durumlarıdır.

#### A1 - Burulma Düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin, o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$ ’nin 1.2’den büyük olması durumudur (Şekil 1.8). Burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$  (1.42) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{\max}}{(\Delta_i)_{\text{ort}}} > 1.2 \quad (1.42)$$

Burada  $\Delta_i$  i’nci kata ait görelî kat ötelemesini göstermektedir. Görelî kat ötelemelerinin hesabı  $\pm$  %5 ek dışmerkezlilik etkileri de göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

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

$$\text{Borulma düzensizliği katsayısı : } \eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

$$\text{Borulma düzensizliği durumu : } \eta_{bi} > 1.2$$

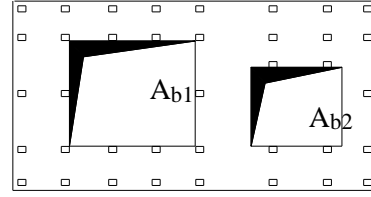
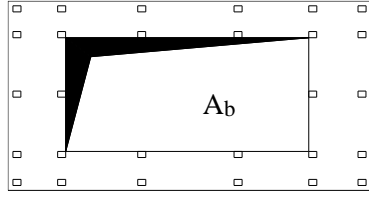
Şekil 1.8. Borulma düzensizliği (TDY2007)

## A2 - Döşeme Süreksizlikleri

TDY-2007'ye göre herhangi bir kattaki döşemede aşağıdaki durumların bulunması halinde döşemelerde rijitlik düzensizlikleri oluştuğu ve döşemelerin rijit diyafram davranış gösteremediği kabul edilmektedir (Şekil 1.9).

- I) Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu.
- II) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini zorlayan ve engelleyen yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu.
- III) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.





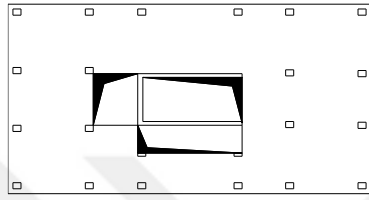
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

**A2 türü düzensizlik durumu – I**

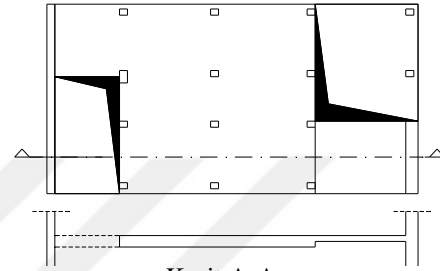
$$A_b / A > 1/3$$

$A_b$ : Boşluk alanları toplamı

$A$ : Brüt kat alanı



**A2 türü düzensizlik durumu – II**



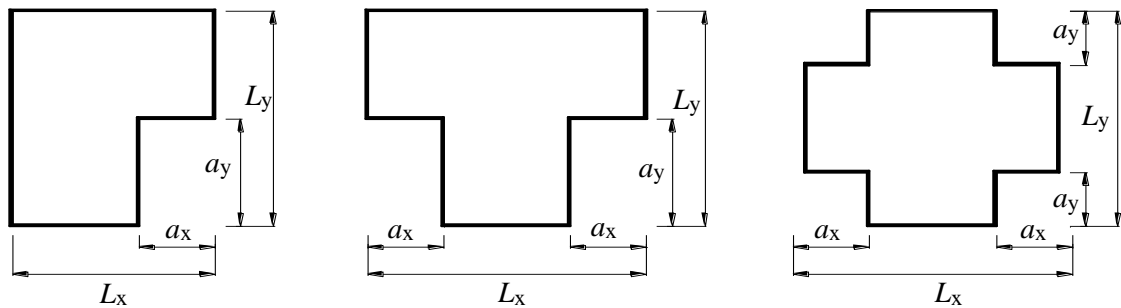
Kesit A-A

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

Şekil 1.9. TDY-2007'ye göre döşeme süreksizlikleri durumu

### A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması

Binalarda büyük girinti ve çıkıntılarının olması durumunda deprem esnasında bu bölgelerde gerilme yığılmaları olmakta ve yapılar bu bölgelerden hasar görebilmektedir. TDY-2007'de binalarda çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumunda bu düzensizliğin olduğu kabul edilir (Şekil 1.10).



**A3 türü düzensizlik durumu:**

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

Şekil 1.10. TDY-2007'ye göre planda çıkıntı düzensizlikleri durumu

### B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Katlar arasındaki dayanımların önemli değişiklikler göstermesi durumunda yapı dayanımı düşük olan kattan hasar görebilir. TDY-2007’de, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ci}$ ’nin 0.80 değerinden küçük olması durumunda söz konusu düzensizliğin var olduğu kabul edilmektedir. Dayanım düzensizliği katsayısı  $\eta_{ci}$  (1.43) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.80 \quad (1.43)$$

Ayrıca, etkili kesme alanı  $\sum A_e$  (1.44) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k \quad (1.44)$$

### B2 - Komşu Katlar Arasında Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Katlar arasındaki rijitliklerin önemli değişiklikler göstermesi durumunda yapı rijitliği küçük olan kattan hasar görebilir. TDY-2007’de, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{ki}$ ’nin 2.0’den fazla olması durumunda söz konusu düzensizliğin oluştuğu kabul edilmektedir. Rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$  (1.45) veya (1.46) bağıntıları ile elde edilmektedir.

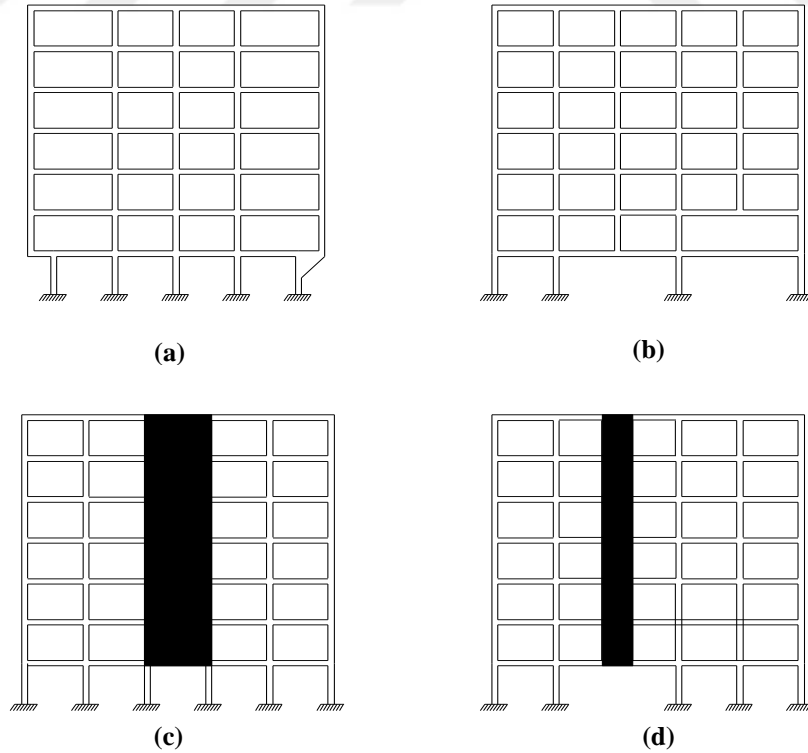
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (1.45)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (1.46)$$

### B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Taşıyıcı sistem düzenlenmesinde düşey doğrultuda yapılmaması gereken ya da uyulması gereken koşulları içeren durumlardır. TDY-2007’de düşey doğrultudaki taşıyıcı sistem elemanları ile ilgili sınırlamalar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere aşağıda gibi belirtilmektedir (Şekil 1.11):

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına asla izin verilmemelidir.
- b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, diğer düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmalıdır.
- c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına asla izin verilmemelidir.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katındaki, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasına oturtulmasına asla izin verilmemelidir.



Şekil 1.11. TDY-2007’ye göre taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği durumu

### 1.5.5.2. EC8

TDY-2007’de olduğu gibi EC8’de de dzensizlik durumları planda ve dşey doğrultuda iki adet ana başlık altında tanımlanmaktadır. Fakat burada, toplamda sekiz adet dzensizlik durumu mevcuttur. Planda; taşıyıcı sistem dzensizliği, girinti ve çıkıntı dzensizliği, dşeme süreksizliği ve burulma dzensizliği olmak üzere 4 çeşit dzensizlik durumu tanımlanmaktadır. Dşey doğrultuda ise dşey elemanlarının süreksizliği, rijitlik dzensizliği, dayanım dzensizliği ve geri çekilme dzensizliği olmak üzere yine dört çeşit dzensizlik söz konusudur.

#### I-Taşıyıcı Sistem Dzensizliği

Binanın yapısı, eğilme rijitliği ve kütlelerin dağılımı açısından planda dikey eksenlere göre göz önüne alınan iki deprem doğrultusunda da mümkün olabildiği mertebede simetrik bir düzene sahip olmalıdır.

#### II-Planda Girinti ve Çıkıntı Dzensizliği

Plandaki düzen şekli derli toplu olmalıdır. L, C, H, I ve X gibi bölünmüş yapı şekillerden mümkün olabildiği kadar kaçınılmalıdır. Planda göz önüne alınan doğrultudaki girinti ve oyukların toplam boyutu, planın dıştan dışa boyutunun %25’ini aşmamalıdır.

#### III-Dşeme Süreksizliği

Dşemenin düzlemsel rijitliği, rijit diyafram kabulüne uyabilecek düzeyde bir değere sahip olmalıdır. Uygulanacak kuvvetlere karşı yapacağı deformasyonlar mümkün olduğu mertebede küçük olmalıdır.

#### IV-Burulma Dzensizliği

$\pm 5$  ek dışmerkezlik etkileri ile beraber etkiyen deprem kuvveti altında herhangi bir katta deprem kuvveti doğrultusundaki maksimum görelî kat ötelemesi, ilgili katın ortalama görelî kat ötelemesini 0.2’den fazla aşmamalıdır. Başka bir deyişle, ilgili katta aynı

doğrultudaki maksimum görelî kat ötelemesinin, o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelemeye oranı 1.2'den fazla büyük olmamalıdır.

#### V-Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Perde ve kolon gibi yatay yükleri taşıyan bütün elemanlar, binanın tepesine kadar (mühtelif yüksekliklerde basamaklı düzenleniş söz konusu ise ilgili seviyeye kadar) sürekli, kesilmeden devam etmelidir.

#### VI-Rijitlik Düzensizliği

Binanın eğilme rijitliği ve kütlesi, binanın temelinden tepesine kadar her yeni katta sabit kalmalı ya da ani değişimler olmadan kademeli bir şekilde azaltma sağlanmalıdır.

#### VII-Dayanım Düzensizliği

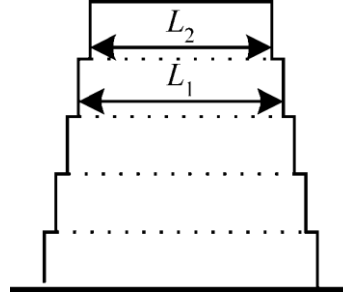
Taşıyıcı sistemi çerçevesel binalarda, katın gerçek dayanımının, analiz sonucunda gerekli görülen dayanıma oranı, alt ve üst komşu katlar arasında orantısız olarak değişmemelidir.

#### VIII-Geri Çekilme Düzensizliği

Bina yükseldikçe kat alanı planda küçölüyorsa, bu tarz basamaklı yapılar için aşağıdaki özel güvenlik şartları sağlanmalıdır.

a) Simetrik gerilemede (1.47) bağıntısındaki koşul sağlanmalıdır (Şekil 1.12).

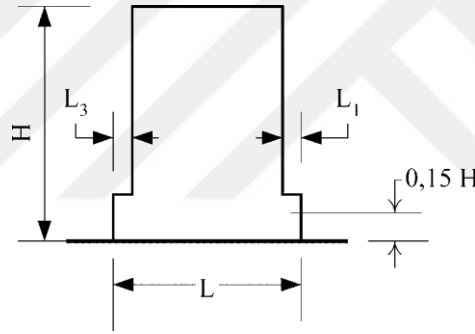
$$\frac{L_1-L_2}{L_1} \leq 0.20 \quad (1.47)$$



Şekil 1.12. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-a durumu

b) Simetrik ve  $(0.15 H)$  yüksekliğinin üzerinde gerçekleşen gerilemede (1.48) bağıntısındaki koşul sağlanmalıdır (Şekil 1.13).

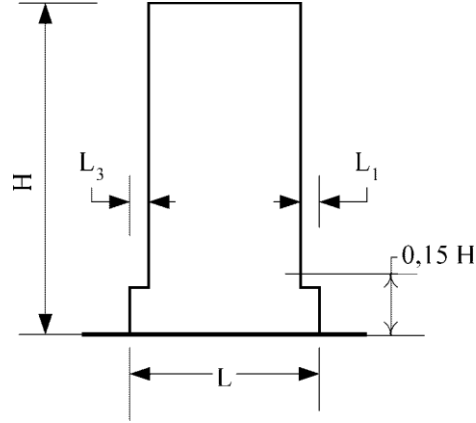
$$\frac{L_3+L_1}{L} \leq 0.20 \quad (1.48)$$



Şekil 1.13. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-b durumu

c) Simetrik fakat  $(0.15 H)$  yüksekliğinin altındaki gerilemede (1.49) bağıntısındaki koşul sağlanmalıdır (Şekil 1.14).

$$\frac{L_3+L_1}{L} \leq 0.50 \quad (1.49)$$

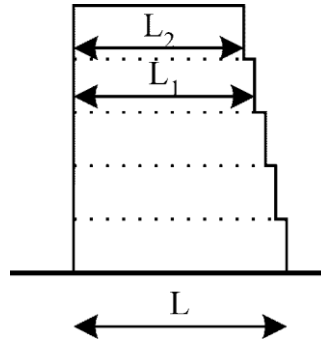


Şekil 1.14. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-c durumu

d) Simetrik olmayan gerilemede (1.50) ve (1.51) bağıntılarındaki koşullar sağlanmalıdır (Şekil 1.15).

$$\frac{L-L_2}{L} \leq 0.30 \quad (1.50)$$

$$\frac{L_1-L_2}{L_1} \leq 0.10 \quad (1.51)$$



Şekil 1.15. EC8'e göre geri çekilme düzensizliği-d durumu

EC8'de tanımlanan düzensizliklerin TDY-2007'deki tanımlanan düzensizliklere göre daha genel ve az açıklayıcı ifadeler ile verildiği ve tamamen tasarımcı mühendislerinin inisiyatifine bırakıldığı görülmektedir.

### 1.5.5.3. ASCE 7/16

Diğer yönetmeliklerde olduğu gibi ASCE 7/16’da da düzensizlik durumları planda ve düşey doğrultuda olmak üzere iki adet ana başlık altında tanımlanmaktadır. Toplamda on üç adet düzensizlik durumu tanımlayan ASCE 7/16, daha detaylı ve açıklayıcı ifadeler ile vermektedir. Planda düzensizlik durumları başlığı altında tanımlanan altı adet düzensizlik durumu vardır. Bunlar; burulma düzensizliği (1-a tipi), ileri derecede burulma düzensizliği (1-b tipi), girintili köşe düzensizliği (2 tipi), döşeme süreksizlik düzensizliği (3 tipi), düşey elemanların akstan sapma düzensizliği (4 tipi) ve paralel olmayan sistem düzensizliği (5 tipi) durumlarıdır. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları başlığı altında tanımlanan diğer yedi düzensizlik durumu ise sırasıyla; yumuşak kat düzensizliği (1-a tipi), ileri derecede yumuşak kat düzensizliği (1-a tipi), kütle dağılım düzensizliği (2 tipi), düşey geometri düzensizliği (3 tipi), düşey elemanların süreksizlik düzensizliği (4 tipi), zayıf kat düzensizliği (5-a tipi) ve aşırı zayıf kat düzensizliği (5-b tipi) durumlarıdır.

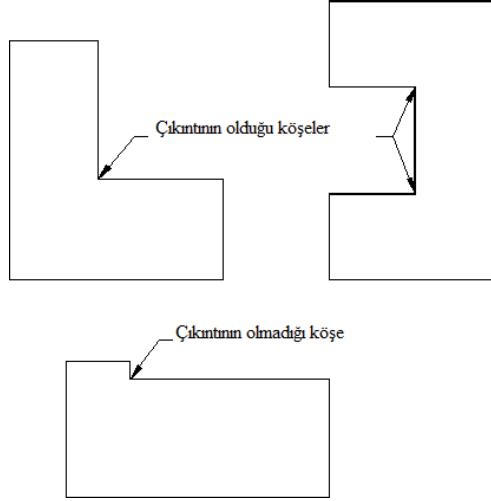
#### I-Burulma Düzensizliği (1-a tipi) ve İleri Derecede Burulma Düzensizliği (1-b tipi)

Ek dışmerkezlik etkileri göz önünde bulundurularak hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin, ortalama görelî kat ötelemesine oranı 1.2’den büyük ise yapıda burulma düzensizliği olduğu kabul edilmektedir. Eğer bu oran 1.4’ten büyük ise yapıda aşırı derecede burulma düzensizliği söz konusudur.

#### II-Girintili Köşe Düzensizliği (2 tipi)

Girintili köşe boyutunun plan boyutunun %15’inden büyük olması durumunda yapıda girintili köşe düzensizliğinin mevcut olduğu kabul edilmektedir. Şekil 1.16’da girintili köşe düzensizliği ile ilgili bazı örnekler gösterilmektedir.





Şekil 1.16. ASCE 7/16'ya göre girintili köşe düzensizliği durumu

### III-Döşeme Süreksizlik Düzensizliği (3 tipi)

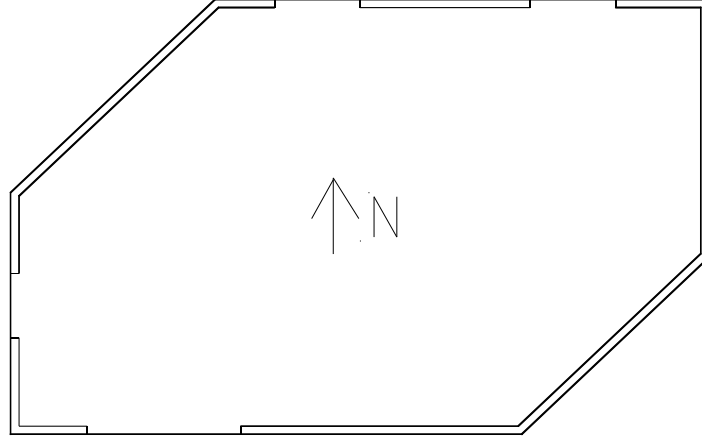
Kat döşemesinin brüt alanının %50'sinden fazlası boşluk ise ya da katlar arası geçişte diyafram rijitliğinin %50'den fazla azalır ise yapıda döşeme süreksizlik düzensizliği söz konusudur.

### IV-Düşey Elemanların Akstan Sapma Düzensizliği (4 tipi)

Yatay kuvvetleri taşıyan düşey elemanların en az birinin eksenden sapması durumu var ise yapıda düşey elemanların akstan sapma düzensizliği söz konusudur.

### V-Paralel Olmayan Sistem Düzensizliği (5 tipi)

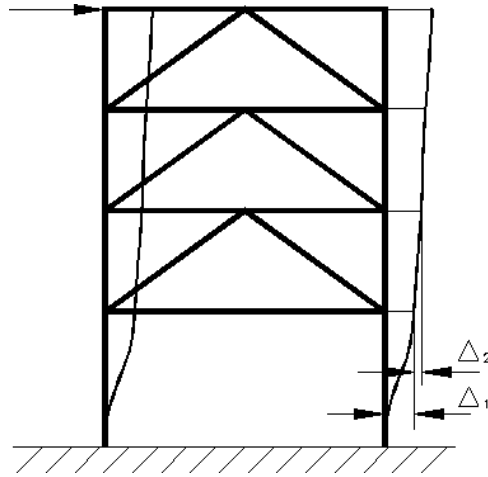
Düşey elemanların taşıyıcı sistemin ana eksenlerinin çoğunluğuna paralel olmadığı durumlarda, yapıda paralel olmayan sistem düzensizliği söz konusudur. Şekil 1.17'de bu tür düzensizliğin bir örneği gösterilmektedir.



Şekil 1.17. ASCE 7/16'ya göre paralel olmayan sistem düzensizliği durumu

#### VI-Yumuşak Kat Düzensizliği (1-a tipi) ve İleri Derecede Yumuşak Kat Düzensizliği (1-b tipi)

Herhangi bir katta hesaplanan kat rijitliğinin, üstündeki kat rijitliğinin %70'inden veya üstündeki üç katın ortalama rijitliğinin %80'inden az olması durumunda yapıda yumuşak kat düzensizliği oluşmaktadır. Eğer üstteki kat rijitliğinin %60'undan ya da üstündeki 3 katın ortalama rijitliğinin %70'inden az ise yapıda ileri derecede yumuşak kat düzensizliği oluşmaktadır. Şekil 1.18'de yumuşak kat düzensizliği durumunu izah eden bir örnek gösterilmektedir.



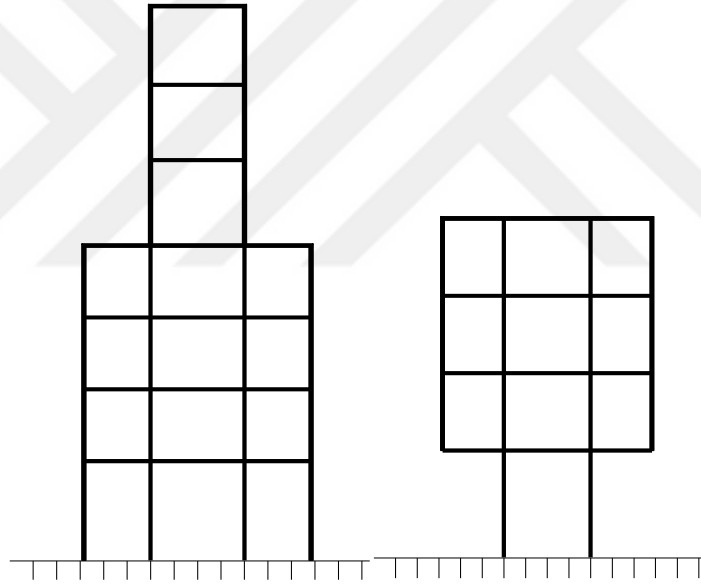
Şekil 1.18. ASCE 7/16'ya göre yumuşak kat düzensizliği durumu

### VII-Kütle Dağılım Düzensizliği (2 tipi)

Herhangi bir katın kütesinin, komşu katın kütesine oranı 1.5'ten fazla olursa yapıda kütle dağılım düzensizliği söz konusu demektir. Çatı katlarında bu tür yapı düzensizliği aranmaz.

### VIII-Düşey Geometri Düzensizliği (3 tipi)

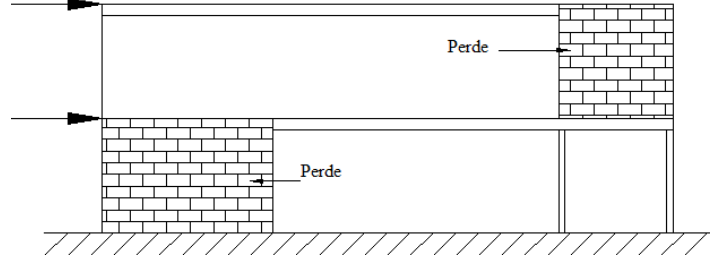
Yatay kuvvetlere karşı koyan yapısal elemanların boyutları kendine komşu olan katlara oranla 1.3 kattan fazla ise yapıda düşey geometri düzensizliği mevcut demektir. Şekil 1.19'da düşey geometri düzensizliği durumunu izah eden bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 1.19. ASCE 7/16'ya göre düşey geometrik düzensizlik durumu

### IX-Düşey Elemanların Süreksizlik Düzensizliği (4 tipi)

Yatay kuvvetlere karşı koyan yapısal elemanlar (kolon ve perdeler) bina yüksekliği boyunca sürekli değilse yapıda düşey elemanların süreksizlik düzensizliği mevcut demektir. Şekil 1.20'de düşey elemanların süreksizlik düzensizliği durumunu izah eden bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 1.20. ASCE 7/16'ya göre düşey taşıyıcı eleman süreksizliği durumu

#### X-Zayıf Kat Düzensizliği (5-a tipi) ve Aşırı Zayıf Kat Düzensizliği (5-b tipi)

Herhangi bir katın deprem kuvveti dayanımı, komşu kat dayanımının %80'inden az olursa zayıf kat düzensizliği, komşu kat dayanımının %65'inden az olursa aşırı zayıf kat düzensizliği oluşmaktadır. Sismik tasarım kategorisi E veya F olan yapılarda, planda ileri derecede burulma düzensizliği ve düşeyde ileri derecede yumuşak kat düzensizliği, zayıf kat ve aşırı zayıf kat düzensizliğine hiçbir zaman izin verilmez. Sismik tasarım kategorisi D olan yapılarda düşeyde aşırı zayıf kat düzensizliğine hiçbir zaman izin verilmez.

#### 1.5.5.4. TBDY-2018

TBDY-2018 yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlik durumları TDY-2007 yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlik durumları ile tamamen aynıdır. Bu düzensizlik durumları daha önce 1.5.5.1. başlığı altında anlatılmıştı.

#### 1.5.6. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Yapıların deprem hesabında kullanılmak üzere yönetmeliklerde genellikle statik analiz ve dinamik analiz yöntemleri olmak üzere iki tür analiz yöntemi önerilmektedir. Statik analiz yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi basit bir yöntem olduğu için deprem hesabı yapılırken en çok tercih edilen yöntemdir. Fakat bu yöntemin basit olması ile birlikte bina ve yapı türüne göre uygulanma alanı sınırlıdır. Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanmadığı durumlarda dinamik analiz yöntemlerine başvurulur. Dinamik analiz

yöntemleri de Modal Tepki Spektumu veya diğer adıyla bilinen Mod Birleştirme yöntemi ve Zaman Tanım Alanında analiz yöntemleridir.

### 1.5.6.1. TDY-2007

TDY-2007’de *Eşdeğer Deprem Yüğü* yönteminin kullanılması inşa edilecek binanın bulunduğu deprem bölgesi, düzensizlik durumu ve toplam yüksekliğine göre sınırlandırılmıştır. *Eşdeğer Deprem Yüğü* yöntemi ile ilgili sınırlandırmalar Tablo 1.29’da detaylı olarak verilmektedir. Bu sınırlandırmalar dışında kalan bütün durumlar için dinamik analiz yöntemlerinden birini seçerek deprem hesabı yapmak gerekmektedir.

Tablo 1.29. TDY-2007’ye göre eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabileceği binalar

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1., 2.	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1., 2.	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca <b>B2</b> türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3., 4.	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

### 1.5.6.2. EC8

EC8’de Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin kullanılabilmesi için hesapta kullanılacak titreşim modları her bir doğrultudaki temel moddan daha büyük olmamalıdır. Bu koşulun, binanın hâkim titreşim periyodu  $T_1$ ’in her iki doğrultuda da  $T_1 \leq 4T_c$  ve  $T_1 \leq 2.0$  sn şartlarını yerine getirmesi durumunda sağlandığı kabul edilir. Burada  $T_c$  spektral ivme grafiğinin sabit kısmının üst sınır değeridir. Ayrıca inşa edilecek binada planda girinti ve çıkıntı düzensizliği olmaması ve döşeme süreksizliği mevcut olmaması (döşemeler kendi düzleminde rijit diyafram kabul edilebilir durum) gerekmektedir. Bu şarta ek olarak yapıda düşey doğrultuda düzensizlik bulunmamalıdır. Bu koşulların herhangi birini sağlamayan bina veya yapı türlerinin deprem hesabı için dinamik analiz yöntemlerinden birine başvurarak deprem hesabı yapılmalıdır.

### 1.5.6.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16'ya göre deprem hesabı yapılırken yöntem seçimi sismik tasarım kategorisine bağlı olarak yapılmaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin ve diğer dinamik analiz yöntemlerinin seçilmesiyle ilgili sınırlamalar Tablo 1.30'da ayrıntılı olarak verilmektedir.

Tablo 1.30. ASCE 7/16'ya göre deprem hesap yönteminin belirlenmesi ile ilgili koşullar

Sismik Tasarım Kategorisi	Yapı Karakteristikleri	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	Mod Birleştirme Yöntemi	Zaman Tanım Alanı Yöntemleri
B, C	Tüm Yapılar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
D, E, F	Temelden itibaren iki kat geçmeyen I ve II risk kategorisine giren binalar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
	Hafif çerçeve yapılar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
	Yapısal düzensizlikleri olmayan ve yüksekliği 160 ft'i geçmeyen yapılar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
	Yüksekliği 160 ft'i geçen, yapısal düzensizlikleri olmayan ve $T < 3.5 T_s$ durumu olan yapılar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
	Yüksekliği 160 ft'i geçmeyen ve sadece 2, 3, 4, 5 tipi plande düzensizlikleri ya da 4, 5a, 5b tipi düşey düzensizlikleri olan yapılar	İzin verilir	İzin verilir	İzin verilir
	Tüm diğer yapılar	İzin verilmez	İzin verilir	İzin verilir

Not:  $T_s = S_{DI}/S_{DS}$ . 160 ft = 48.8 m.

### 1.5.6.4. TBDY-2018

TBDY-2018'e göre Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin kullanılması inşa edilecek binanın ait olduğu deprem tasarım sınıfı, düzensizlik durumu ve bina yükseklik sınıfına göre sınırlandırılmaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile ilgili sınırlandırmalar Tablo 1.31'de detaylı olarak verilmektedir. Bu sınırlandırmalar dışında kalan bütün durumlar için dinamik analiz yöntemlerinden birini seçerek deprem hesabı yapılmalıdır.

Tablo 1.31. TBDY-2018'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Bina Türü	İzin Verilen <b>BYS</b>	
	<b>DTS = 1, 1a, 2, 2a</b>	<b>DTS = 3, 3a, 4, 4a</b>
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	$BYS \geq 5$	$BYS \geq 6$

### 1.5.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Statik analiz yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi diğer dinamik analiz yöntemlerine göre daha basit bir yöntem olduğu için deprem hesabı yapılırken çokça tercih edilmektedir. Teorik olarak farklı deprem yönetmeliklerinde benzer olan bu yöntem, bir yönetmelikten diğer yönetmeliğe göre bazı farklılıklar da göstermektedir.

#### 1.5.7.1. TDY-2007

TDY-2007'ye göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi aşağıda aşama aşama açıklandığı gibi uygulanmaktadır.

##### a) Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti  $V_t$ , (1.52) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (1.52)$$

(1.52) bağıntısında olan efektif sismik ağırlık ( $W$ ), hareketli yüklerin belirli oranlarda azaltılarak hesaplandığı bina ağırlığını ifade etmektedir. ( $W$ ), (1.53) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (1.53)$$

Buradaki  $N$ ; binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısını, bodrum katlarda rijit çevre perdelerinin olduğu binalarda ise zemin kat döşemesinden itibaren varolan toplam kat sayısını ifade etmektedir. (1.53) bağıntısında verilen  $w_i$ , her bir kat için ölü yükler ile belirli oranda azaltılan hareketli yüklerin toplanmasıyla (1.54) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (1.54)$$

Binanın kullanım amacına göre hareketli yük katılım (azaltma) katsayısı,  $n$ , Tablo 1.32’de verilmektedir. Deprem yükü hesabında çatı kat ağırlığına kar yüklerinin %30’unun sabit yük olarak ilave edilmesi ve endüstri binalarında sabit donanım ağırlıkları için  $n=1$  alınması gerekmektedir.

Tablo 1.32. TDY-2007’ye göre hareketli yük katılım katsayıları

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

#### b) Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

(1.52) bağıntısı ile elde edilen toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak (1.55) bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (1.55)$$

Binanın  $N$ 'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü  $\Delta F_N$  'in değeri (1.56) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (1.56)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında geri kalan kısmı,  $N$ 'inci kat dâhil olmak üzere, bina katlarına (1.57) bağıntısı ile dağıtılmaktadır.



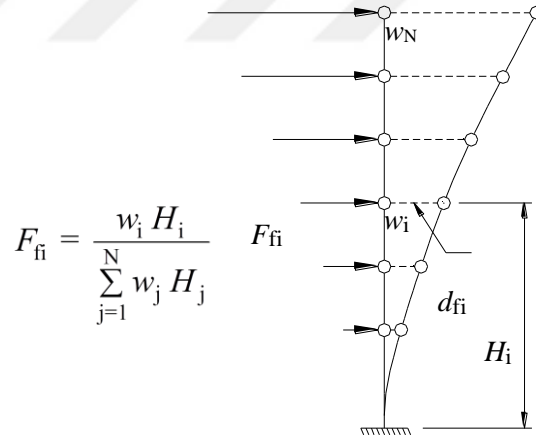
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_j H_j}{\sum_{i=1}^N w_j H_j} \quad (1.57)$$

### c) Doğal Titreşim Periyodu Hesabı

Binanın birinci doğal titreşim periyodu (1.58) bağıntısına göre hesaplanmaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanması halinde, binanın deprem doğrultusundaki hâkim doğal periyodu, (1.58) bağıntısı ile hesaplanan değerden daha büyük alınmamalıdır.

$$T_1 = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (1.58)$$

Burada,  $m_i = w_i/g$  i'inci katın kütesini ifade etmektedir. i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren  $F_{fi}$ , (1.57) bağıntısında  $(V_t - \Delta F_N)$  yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilmektedir. Şekil 1.21'de fiktif yükün hesaplanması ile ilgili açıklayıcı bir grafik gösterilmektedir.

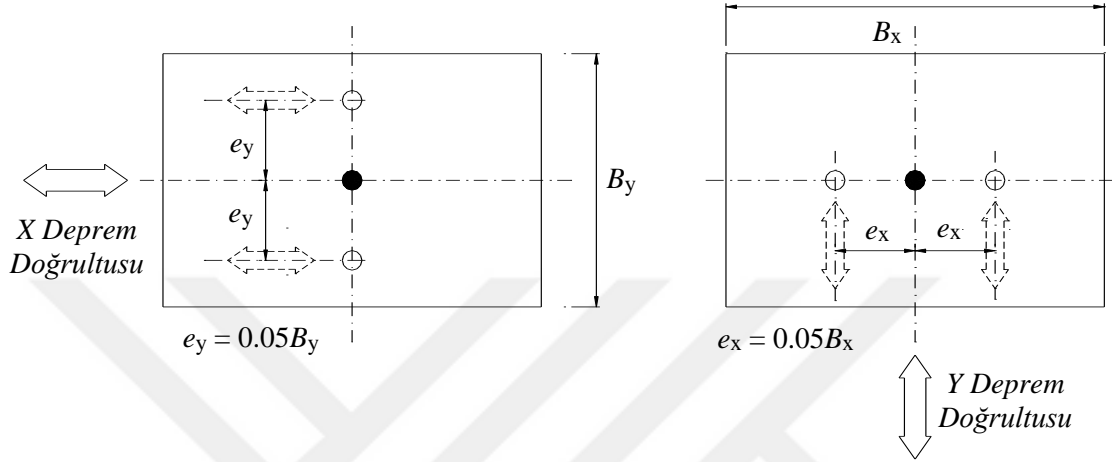


Şekil 1.21. TDY-2007'ye göre fiktif yükler,  $F_{fi}$

### d) Deprem Hareketinin Bileşenleri

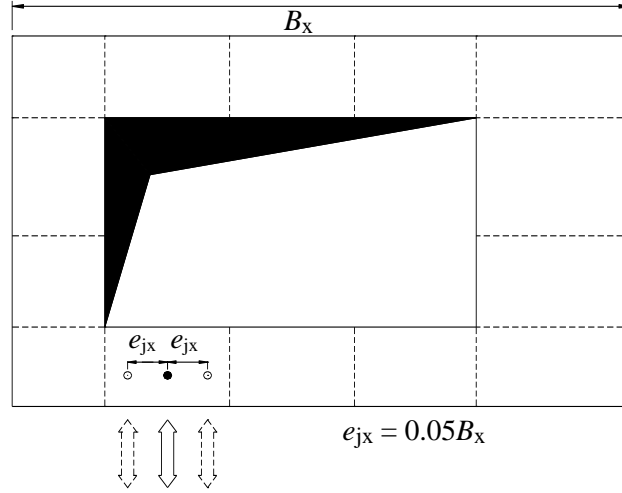
Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafında dönme bileşeni olmak üzere toplamda üç adet deprem hareketinin bileşenleri göz önüne alınmaktadır. Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi

amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanmaktadır. Kaydırılmış kütle merkezleri, Şekil 1.22’de gösterilen gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $\pm \%5$ ’i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalaradır.



Şekil 1.22. TDY-2007’ye göre ek dışmerkezliliklerin belirlenmesi

1.5.5.1 bölümünde tanımlanan A2 düzensizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin hesaba katılmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşenleri tanımlanmalıdır. Ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi için, Şekil 1.23’te gösterilen biçimde her katta dağılı olan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun  $\pm \%5$ ’i kadar kaydırılmalıdır.



Şekil 1.23. TDY-2007'ye göre A2 düzensizliğinde kaydırılmış kütle merkezi

Binanın herhangi bir i'inci katında 1.5.5.1 bölümünde tanımlanan A1 türü düzensizliği mevcut ise,  $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$  olmak koşulu ile ilgili katta uygulanan ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için (1.59) bağıntısında yer alan  $D_i$  katsayısı ile çarpılmak suretiyle büyütülmelidir.

$$D_i = \left( \frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (1.59)$$

### 1.5.7.2. EC8

EC8'e göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıda aşama aşama açıklandığı gibi uygulanmaktadır.

#### a) Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etki eden toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti  $F_b$ , (1.60) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$F_b = S_d(T_1) m \lambda \quad (1.60)$$

(1.60) bağıntısındaki  $\lambda$ , düzeltme katsayısını ifade etmekte olup tasarımı yapılan bina iki kattan fazla kata sahip ve  $T_1 \leq 2 T_C$  ise 0.85, kalan diğer durumlar için 1.00 olarak

alınmaktadır. Ayrıca, deprem hesabı yapılırken kullanılacak olan efektif ağırlık,  $m$ , (1.61) bağıntısında belirtildiği biçimde ölü yükler ile hareketli yüklerin bir kısmının toplanmasıyla hesaplanmaktadır.

$$m = \sum G_{k,j} + \sum \psi_{2,i} Q_i \quad (1.61)$$

Burada;

$G_{k,j}$ : Ölü yükleri,

$Q_i$ : Hareketli yükleri,

$\psi_{2,i}$ : Hareketli yük kombinasyon sabitini göstermektedir. (Bina kategorisine bağlı olan  $\psi_{2,i}$  değerleri Tablo 1.33'te verilmektedir)

Tablo 1.33. EC8'e göre hareketli yükün kombinasyon katsayıları [44]

Bina kategorisi	$\psi_{2,i}$
Konut binaları	0.3
Ofis binaları	0.3
Toplantı salonları	0.6
Alışveriş mağazaları	0.6
Depo alanları	0.8
Araç ağırlığının 30 kN'dan küçük olduğu trafik alanları	0.6
Araç ağırlığının 30 kN ile 160 kN arasında olduğu trafik alanları	0.3
Çatı katları	0

#### b) Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

(1.60) bağıntısı ile elde edilen deprem yükü, katlara (1.62) bağıntısı ile ters üçgen yük dağılımı olarak dağıtılmaktadır. Ayrıca, TDY-2007'de tanımlanan ve binanın tepesine etkileyen ek eşdeğer deprem yükü  $\Delta F_N$  bu yönetmelikte söz konusu değildir.

$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum z_j m_j} \quad (1.62)$$

Burada;

$F_i$ :  $i$ 'inci kata etkileyen yatay deprem yükünü,

$z_i, z_j$ : zemin döşemesinden itibaren olan ilgili katın yüksekliğini,

$m_i, m_j$ : ilgili katların efektif sismik kütlelerini ifade etmektedir.

### c) Yaklaşık Esas Periyod Hesabı

Yapının birinci doğal periyodu yüksekliği 40 m'ye kadar olan yapılarda yaklaşık olarak (1.63) bağıntısında belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır. 40 m'den daha yüksek yapılar için analiz programları yardımı ile modal analiz yapılarak kesin sonuçlar elde edilmelidir.

$$T_1 = C_t H^{3/4} \quad (1.63)$$

Burada;

H: Bina yüksekliğini [m],

$C_t$ : çarpan katsayısını ifade etmektedir.

$C_t$  çarpan katsayısı moment taşıyıcı çelik çerçevelerde 0.085, moment taşıyıcı betonarme sistemlerde ve dışmerkez güçlendirilmiş çelik çerçevelerde 0.075, diğer kalan tüm binalarda 0.050 olarak alınmaktadır.

### d) Deprem Hareketinin Bileşenleri

TDY-2007'de tanımlandığı gibi, EC8'de de döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni olmak üzere toplamda üç bağımsız statik yer değiştirme bileşeni dikkate alınmaktadır. Deprem hesabı yapılırken kütlelerin düzensiz dağılımının belirsizliğinden kaynaklı depremin her iki doğrultusunda ek dışmerkezlik etkileri hesaba katılmalıdır. Ek dışmerkezlik (1.64) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$e_{ai} = \pm 0.05 L_i \quad (1.64)$$

Burada;

$e_{ai}$ : Yapıda kat kesme kuvvetinin etkitileceği kat ağırlık merkezinin kaydırılacağı dışmerkezlik mesafesini [m],

$L_i$ : Hesabı yapılan doğrultuya dik olan bina yüzey mesafesini göstermektedir [m].

### 1.5.7.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16'ya göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıda aşama aşama açıklanmış gibi uygulanmaktadır.

#### a) Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusunda, binanın tümüne etki eden toplam eşdeğer deprem yüğü, taban kesme kuvveti  $V$ , (1.65) bağıntısında belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$V = C_s W \quad (1.65)$$

Burada;

$C_s$ : Sismik bir katsayıyı,

$W$ : Efektif sismik ağırlığı ifade etmektedir [kN].

Deprem hesabı yapılırken, göz önünde bulundurulacak efektif sismik ağırlık, genel olarak yapıdaki sadece ölü yükleri kapsar. Ekstrem durum olarak;

- Depo yapılarında, hareketli yükün en az %25'i,
- Sürekli olarak bulunan mekanik yükleri,
- Peyzaj malzemelerin ağırlıklarını,
- Kar yükü değeri  $P_f$ , 1.44 kN/m<sup>2</sup> değerini geçiyorsa bu yükün %20'sini ilave edilir.

Diğer yönetmeliklerden farklı olarak yukarıda ifade edilen durumlar dışında hareketli yüklerin belli bir oranı alınmaz, sadece ölü yükler hesaba katılır.

Sismik katsayı  $C_s$ , (1.66) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (1.66)$$

Ayrıca, sismik katsayısı  $C_s$  yapının hâkim doğal periyoduna bağlı olarak (1.67) bağıntısında verilen koşulları aşmamalıdır.

$$\left. \begin{array}{l} T \leq T_L \text{ için } C_s = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I} \right)} \\ T > T_L \text{ için } C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left( \frac{R}{I} \right)} \\ C_s = 0.044 S_{DS} \text{ I} \geq 0.01 \end{array} \right\} \quad (1.67)$$

$S_1$  değerinin 0.6g'ye eşit veya 0.6g'den büyük olduğu bölgelerde bulunan yapılar için  $C_s$  değeri (1.68) bağıntısında ifade edilen değerden az olmamalıdır.

$$C_s \geq 0.5 \frac{S_1}{\left( \frac{R}{I} \right)} ; \quad (1.68)$$

b) Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması:

Deprem yükünün katlara dağıtımı (1.69) ve (1.70) bağıntıları ile yapılmaktadır.

$$F_x = C_{vx} V \quad (1.69)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (1.70)$$

Burada;

$F_x$ : herhangi bir x'inci kattaki yatay deprem kuvvetini [kN],

$C_{vx}$ : yatay dağıtma faktörünü,

$w_i$ : binanın i'inci katına ait efektif sismik ağırlığı [kN],

$h_i$ : binanın i'inci katından zemin döşemesine olan yüksekliği [m],

$x$ : indistir, söz konusu büyüklüğün x katına ait olduğunu,

$k$ : yapının periyoduna bağlı olarak değişen bir indisi ifade etmektedir. ( $T < 0.5$  sn ise  $k=1$ ,  $T > 2.5$  sn ise  $k=2$  alınır. Periyodu  $0.5 \leq T \leq 2.5$  arasında olan yapılarda  $k = 2$  alınabilir veya 1 ile 2 arasında lineer interpolasyonla elde edilebilir)

c) Yaklaşık Esas Periyod Hesabı

Yaklaşık esas periyodu  $T_a$ , (1.71) bağıntısında belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1.71)$$

(1.71) bağıntısındaki  $h_n$ , binanın tabanından itibaren ölçülen yüksekliği ifade etmektedir.  $C_t$  ve  $x$  bilinmeyenleri ise yapı taşıyıcı sistem türüne göre Tablo 1.34'te belirtilen değerleri almaktadır.

Tablo 1.34. ASCE 7/16'ya göre  $C_t$  ve  $x$  parametreleri

Yapı Taşıyıcı Sistemi	$C_t$	$x$
Moment karşılayan çelik çerçeve sistemler	0.0724	0.80
Moment karşılayan betonarme çelik çerçeve sistemler	0.0466	0.90
Dışmerkez çelik çerçeve sistemler	0.0731	0.75
Diğer tüm yapısal sistemler	0.0488	0.75

Ayrıca 12 kattan fazla olmayan moment aktaran çelik ve betonarme çerçevelerde yaklaşık periyod  $T_a=0.1 N$  olarak hesaplanabilir. Burada  $N$  kat sayısı gösterirken kat yüksekliği 10 ft (3m)'den fazla olmamalıdır.

Yapıda  $S_{D1}$  değerine bağlı olarak bir üst sınır katsayısı  $C_u$  belirtilerek, periyodun üst sınırı belirlenmektedir. (1.72) bağıntısında belirtilen periyod üst sınır bağıntısında kullanılan  $C_u$  katsayılarını Tablo 1.35'te göre belirlenmektedir.

$$T \leq C_u T_a \quad (1.72)$$

Tablo 1.35. ASCE 7/16'ya göre periyod üst sınır katsayısı  $C_u$

$S_{D1}$	$C_u$ katsayısı
$\geq 0.40$	1.4
0.30	1.4
0.20	1.5
0.15	1.6
$\leq 0.10$	1.7

Yaklaşık periyod hesabı açısından bakıldığında, ASCE 7/16'da verilen ifadeler TDY-2007 ile EC8'dekinden daha detaylı ve açıklayıcı olduğu görülmektedir.



#### 1.5.7.4. TBDY-2018

TBDY-2018'e göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıda aşama aşama açıklandığı gibi uygulanmaktadır.

a) Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi:

Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etki eden toplam eşdeğer deprem yüğü, taban kesme kuvveti  $V_{tE}$ , (1.73) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0.04 m_t I S_{DSg} \quad (1.73)$$

Burada  $S_{aR}(T_p)$ , binanın hâkim doğal titreşim periyodu  $T_p$  göz önüne alınarak elastik tasarım spektral ivmesinin  $R_a$  azaltma katsayısına bölünmesi ile hesaplanan Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi'ni göstermektedir. (1.73) bağıntısında olan bina toplam kütlesi ( $m_t$ ), deprem hesabında kullanılacak olan hareketli yüklerin belirli oranlarda azaltılarak hesaplandığı bina ağırlığını ifade etmekte olup (1.74) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (1.74)$$

(1.74) bağıntısında belirtilen  $m_i$ , i'inci kat döşemesinin ölü yükleri ile hareketli yükünün belirli oranlarda azaltılarak (1.75) bağıntısında gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$m_i = g_i + n q_i \quad (1.75)$$

Tablo 1.36'da binanın kullanım amacına göre hareketli yük katılım katsayısı,  $n$ , değerleri verilmektedir. Deprem yüğü analizinde çatı kat ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u sabit yük olarak göz önüne alınması ve endüstri binalarında sabit donanım ağırlıkları için  $n=1$  alınması gerekmektedir.

Tablo 1.36. TBDY 2018'e göre hareketli yük kütle katılım katsayısı

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

## b) Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

(1.73) bağıntısı ile elde edilen toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak (1.76) bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$V_{tE} = \Delta F_{NE} + \sum_{i=1}^N F_{iE} \quad (1.76)$$

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü  $\Delta F_{NE}$  'in değeri (1.77) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{tE} \quad (1.77)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_{NE}$  dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dâhil olmak üzere, bina katlarına (1.78) bağıntısı ile dağıtılmaktadır.

$$F_{iE} = (V_{tE} - \Delta F_{NE}) \frac{w_j H_j}{\sum_{i=1}^N w_j H_j} \quad (1.78)$$

## c) Doğal Titreşim Periyodu Hesabı

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması halinde, binanın deprem doğrultusundaki hâkim doğal periyodu  $T_p$ , kesin bir hesap yapılmadıkça, (1.79) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$T_p = 2\pi \left( \frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (1.79)$$

Burada,  $m_i = w_i/g$  i'inci katın kütlesini ifade etmektedir. i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren  $F_{fi}$ , (1.78) bağıntısında ( $V_i - \Delta F_N$ ) yerine herhangi bir değer (örneğin 100) konularak elde edilmektedir. Ayrıca, (1.79) bağıntısı ile hesaplanan bina hâkim doğal titreşim periyodu  $T_p$ 'in deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değeri, (1.80) bağıntısında verilen ampirik  $T_{pA}$  periyodunun 1.4 katından daha fazla olmamalıdır.

$$T_{pA} = C_t H^{3/4} \quad (1.80)$$

Burada;

H: Bina yüksekliğini [m],

$C_t$ : çarpan katsayısını ifade etmektedir.

$C_t$ , taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda 0.10, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çerçevelerden oluşan binalarda 0.08, diğer tüm binalarda 0.07 olarak alınmaktadır. Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeli sistemden taradından karşılandığı binalarda  $C_t$  katsayısı (1.81) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (1.81)$$

(1.81) bağıntısında yer alan  $A_t$ , binanın eşdeğer alanı ifade etmek olup (1.82) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[ 0.2 + \left( \frac{l_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (1.82)$$

Burada;

$H_N$  = Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam yüksekliğini [m],

$A_{wj}$  = j'inci perdenin gövde enkesit alanını [m<sup>2</sup>],

$l_{wj}$  = j'inci perdenin planda uzunluğunu [m] ifade etmektedir.

Ayrıca, DTS = 1, 1a, 2, 2a ve  $BYS \geq 6$  olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu, (1.79) bağıntısından hesaplanmaksızın, doğrudan (1.80) bağıntısında verilen ampirik  $T_{pA}$  periyodu olarak alınabilmektedir.

d) Deprem Hareketinin Bileşenleri:

Deprem hareketinin bileşenleri TDY-2007 yönetmeliği ile birebir aynı olduğu için burada tekrar anlatılmamış olup gerektiğinde TBDY-2018'deki ilgili bölümden bakılabilir.

### 1.5.8. Mod Birleştirme Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanamadığı durumlarda kullanılan dinamik yöntemlerden biri olan Mod Birleştirme Yöntemi'nde, maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde yapının 1. modu dikkate alınırken, Mod Birleştirme Yöntemi'nde binada yeterli sayıda doğal titreşim modu dikkate alınmakta ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin aksine Mod Birleştirme Yöntemi'nin kullanımına herhangi bir sınırlandırma getirilmemektedir.

#### 1.5.8.1. TDY-2007

Mod birleştirme yönteminde esas alınacak azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar,  $S_{aR}(T_n)$ , herhangi bir n'inci titreşim modu göz önüne alınarak (1.83) bağıntısında belirtildiği gibi elde edilmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (1.83)$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi istendiği takdirde, (1.83) bağıntısında yer alan  $S_{ae}(T_n)$  yerine, ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınmaktadır.

a) Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Eşdeğer deprem yüğü yönteminde olduğu gibi, döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta birbirine dik doğrultuda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi olmak

üzere toplamda üç serbestlik derecesi göz önüne alınmak suretiyle her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanmaktadır. Ancak ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, deprem yükleri deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara uygulanmalıdır.

Döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılmalıdır.

#### b) Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önünde bulundurulan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin  $\%90$ 'ından daha az olmama koşuluna göre belirlenir.

#### c) Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) ya da Tam Karesel Birleştirme Kuralı (CQC)'ndan biri kullanılabilir.

$T_m < T_n$  olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyodların daima  $T_m / T_n < 0.80$  koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için SRSS kuralı uygulanır. Aksi takdirde, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için CQC kuralı uygulanmalıdır.

#### d) Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusu için mod birleştirme yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvveti  $V_{IB}$ 'nin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen toplam deprem taban yükü  $V_t$ 'ye oranının aşağıda tanımlanan  $\beta$  değerinden küçük olduğu takdirde, mod birleştirme yöntemi ile bulunan kuvvetler (1.84) bağıntısına göre büyütülmelidir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (1.84)$$

1.5.5.1 bölümünde tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunduğu takdirde (1.84) bağıntısında  $\beta=0.90$ , bu düzensizliklerin hiçbirinin bulunmadığı takdirde ise  $\beta=0.80$  alınmalıdır.

(1.84) bağıntısında;  $B_B$ , mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklüğü,  $B_D$  ise  $B_B$  büyüklüğüne ait büyütülmüş ilgili değeri göstermektedir.

### 1.5.8.2. EC8

EC8’de de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi şartlarının sağlanmadığı hallerde Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmaktadır. Mod Birleştirme Yöntemi’nde esas alınacak azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar (Bakınız Bölüm 1.5.4.2.),  $S_d(T)$ , herhangi bir n’inci titreşim modu göz önünde bulundurularak elde edilmektedir.

#### a) Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Mod Birleştirme Yöntemi ile deprem hesabında dikkate alınacak mod sayısı, etkin kütlelerin bina toplam kütesinin %90’ından az olmaması koşuluna göre belirlenmektedir. Aksi takdirde her bir modun etkin kütesinin, bina toplam kütesinin %5’inden fazla olduğu gösterilmelidir. Eğer bu koşullar sağlanmıyorsa hesaplarda ele alınacak mod sayısı (1.85) bağıntısında belirtildiği şekilde hesaplanmalıdır.

$$k \geq 3 \sqrt{n} \text{ ve } T_k \leq 0.20 \text{ s} \quad (1.85)$$

Burada; k, hesaba alınacak mod sayısını; n, zemin döşemesinden itibaren olan kat sayısını ve  $T_k$ , k’inci moda ait periyodu göstermektedir.

#### b) Mod Katkılarının Birleştirilmesi

EC8’de modal katkıların birleştirilmesinde,  $T_j$  ve  $T_i$  birbirinden farklı iki titreşim modu olmak üzere,  $T_j/T_i < 0.90$  koşulunun sağlandığı takdirde “Karelerinin Toplamının Karakökü (SRSS)” kuralı kullanılabilir ve (1.86) bağıntısından deprem etkisi hesap edilebilir.

$$E_E = \sqrt{\sum E_{Ei}^2} \quad (1.86)$$

Burada;

$E_E$ : Deprem etkisinde incelenecek büyüklüğü (kuvvet, yerdeğiştirme vb.),

$E_{Ei}$ :  $i$ 'inci moda ait büyüklük katkısını göstermektedir.

$T_j/T_i$  oranı  $< 0.90$  koşulun sağlanmaması durumunda ise “Tam Karesel Birleştirme” yöntemi uygulanır.

### c) Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Deprem her iki doğrultusu için hesaplanan taban kesme kuvveti, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetinin %80'inden az olmamalıdır. Bu koşulun sağlanmadığı takdirde Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti %80 şartını sağlayacak şekilde orantılı olarak arttırılmalıdır.

### 1.5.8.3. ASCE 7/16

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi şartlarının sağlanmadığı durumlarda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmaktadır. Mod Birleştirme Yöntemi'nde esas alınacak R katsayısı ile azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar (1.5.3.3. bölümünde tanımlanan),  $S_a(T)$ , herhangi bir  $n$ 'inci titreşim modunda göz önüne alınarak elde edilmektedir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin aksine Mod Birleştirme Yöntemi'nde sismik tasarım sınıfına göre veya bina kullanım kategorilerine göre herhangi bir sınırlandırma getirilmemektedir.

#### a) Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılan modların sayısı, hesaba katılan modların etkin kütlelerinin toplamı, bina kütlelerinin % 90'ından az olmayacak şekilde belirlenmelidir.

#### b) Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Modal katkıların birleştirilmesinde SRSS veya CQC kurallarından herhangi birinin kullanılması öngörülmekte olup modların birbirinden ayrık olduğu durumlarda CQC kuralının kullanılması gerekmektedir.

#### c) Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Binanın deprem analizi Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılmasa dahi, taban kesme kuvveti Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanmalıdır. Zira Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre elde edilen taban kesme kuvveti  $V_t$ , Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre hesaplanan taban kesme kuvveti  $V$ 'nin %85'inden küçük olursa, kuvvetler  $0.85(V/V_t)$  oranında artırılarak deprem analizi tekrar edilmelidir.

#### 1.5.8.4. TBDY-2018

Mod birleştirme yönteminde esas alınacak azaltılmış ivme spektrumuna ait ordinatlar,  $S_{aR}(T)$ , belirli bir  $T$  doğal titreşim modunda göz önüne alınarak (1.87) bağıntısında belirtildiği gibi elde edilmektedir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (1.87)$$

#### a) Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Gözönüne alınacak dinamik serbestlik derecelerinin belirlenmesinde herhangi bir değişiklik yoktur ve TDY-2007 ile birebir aynıdır.

#### b) Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısının belirlenmesinde, TDY-2007'de istenen, göz önüne alınan birbirine dik  $x$  ve  $y$  yatay deprem doğrultularının her birinde her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam



kütlesinin %90'ından daha az olmaması koşulu TBDY-2018'de %95'e çıkarılmıştır. Ayrıca, katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar göz önüne alınmalıdır.

#### c) Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Mod katkılarının birleştirilmesi hususunda hiçbir değişiklik yoktur ve TDY-2007'de bahsi geçenler TBDY-2018'de de tamamiyle geçerlidir.

#### d) Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Gözönüne alınacak altsınır değerleri belirlenmesinde herhangi bir değişiklik yoktur ve TDY-2007 ile birebir aynıdır.

### **1.5.9. Göreli Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkilerinin Sınırlandırılması**

Görelî kat öteleme; binalardaki kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlarda ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade etmektedir. Tasarımı yapılan herhangi bir yapıda göreli öteleme sorunu ile karşılaşıldığında, ilgili katın bir alt veya üst kata göre fazla yer değiştirme yaptığı anlaşılmaktadır. Görelî kat öteleme problemi en çok yer değiştirmesi önlenmemiş sistemlerde ortaya çıkmaktadır. Örneğin; çerçevesiz sistem yer değiştirmesi önlenmemiş sistem, perdeli sistem yer değiştirmesi önlenmiş sistemdir.

İkinci mertebe etkisi ise; yatay yer değiştirmelerin büyük olmasından kaynaklı olan ek tesirlerdir ve bu ek tesirler gerekli durumlarda ilave olarak sisteme eklenmeli ve tasarımda dikkate alınmalıdır.

#### **1.5.9.1. TDY-2007**

TDY-2007'de göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerinin sınırlandırılması ile ilgili aşağıdaki hususlara değinilmektedir.

### a) Göreli Kat Ötelemeleri

Herhangi bir düşey taşıyıcı eleman için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi,  $\Delta_i$ , (1.89) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (1.89)$$

(1.89) bağıntısındaki  $d_i$  ve  $d_{i-1}$ , her bir deprem doğrultusu için binanın  $i$ 'inci ve  $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın ucunda azaltılmış deprem yüklerine göre elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın  $i$ 'inci katındaki düşey taşıyıcı elemanlar için etkin göreli kat ötelemesi ise,  $\delta_i$ , (1.90) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (1.90)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdelerde, (1.90) bağıntısı ile hesaplanan  $\delta_i$  etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\delta_i)_{\max}$ , (1.91)'de verilen koşulu sağlamalıdır.

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (1.91)$$

(1.91) bağıntısında verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamadığı takdirde, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır. Verilen koşul sağlansa dahi, yapısal olmayan gevrek elemanların etkin göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla teyid edilmelidir.

### b) İkinci Mertebe Etkileri

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusunda her bir katta, "ikinci mertebe gösterge değeri",  $\theta_i$ , (1.92) bağıntısında verilen koşulu sağladığı takdirde, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (1.92)$$

Burada;  $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ , i'inci kattaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini göstermektedir. Bu koşulun herhangi bir katta sağlanamadığı takdirde, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

### 1.5.9.2. EC8

EC8'de taşıma gücü yöntemi ile uygun hesap yapılabilmesi için görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri ile ilgili bir takım güvenlik sınırlamaları mevcuttur. Sınırlamalar aşağıda gibi özetlenebilir:

#### a) Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî kat ötelemesi sınırlaması olarak, içerisinde yapısal olmayan elemanların (duvar vb.) olduğu yapı sistemlerinde aşağıda verilen koşul sağlanmalıdır.

$$d_r v \leq 0.005 h \quad (1.93)$$

Burada;

$d_r$ : Ortalama görelî kat ( $q$  yapı davranış katsayısı ile büyütölmüş) ötelemesini,

$h$ : Kat yüksekliğini,

$v$ : Daha düşük dönüş periyodlu bir deprem tasarımı için azaltma katsayısını ifade etmektedir (Bina önem katsayısına göre, bina önem sınıfı I ve II olan binalar için 0.5, bina önem sınıfı III ve IV olan binalar için 0.4 değerini alır).

#### b) İkinci Mertebe Etkileri

Aşağıda verilen bağıntıda belirtilen koşulun tüm katlarda sağlaması durumunda, yapıda ikinci mertebe ( $P-\Delta$ ),  $\theta$ , etkileri dikkate alınmaz.

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} d_r}{V_{\text{tot}} h} \leq 0.10 \quad (1.94)$$

Burada;

- $\theta$ : Taşıyıcı sistemin bütün katlarında ikinci merteye gösterge değerini,
- $P_{tot}$ : Deprem hesabı yapılan kat üzerindeki toplam yükü,
- $d_r$ : Ortalama görel kat ( $q$  yapı davranış katsayısı ile büyütülmüş) ötelemesini,
- $V_{tot}$ : Depremden oluşan toplam kat kesme kuvvetini,
- $h$ : kat yüksekliğini göstermektedir.

Eğer bu değer  $0.10 < \theta < 0.20$  arasında kalırsa deprem etkileri  $1/(1-\theta)$  oranı ile çarpılarak artırılmalıdır. Eğer bu değer  $0.20 < \theta < 0.30$  arasında kalırsa ikinci merteye etkileri ayrıntılı biçimde hesaplanmalıdır. Bu değer  $0.30$ 'u hiçbir zaman aşmamalıdır. Aşması halinde kesit rijitlikleri yeterli ölçüde artırılmalıdır.

Görel kat ötelemeleri ve ikinci merteye etkileri açısından bakıldığında, EC8'de verilen ifade ve sınırlamaların TDY-2007'dekinden daha detaylı olduğu görülmektedir.

### 1.5.9.3. ASCE 7/16

ASCE 7/16'da görel kat ötelemeleri ve ikinci merteye etkilerinin sınırlandırılması ile ilgili aşağıdaki hususlara değinilmektedir.

#### a) Etkin Görel Kat Ötelemeleri

ASCE 7/16'da, bir yapının etkin görel kat ötelemesi kontrolü yapılırken yapının ait olduğu risk kategorisine göre Tablo 1.37'de izin verilen koşulu aşmamalıdır. Örneğin, inşa edilecek bina II risk kategorisine ait ise  $\Delta_{max} \leq 0.02 h_{sx}$  koşulu sağlanmalıdır. Burada,  $h_{sx}$  binanın  $x$  seviyesindeki kat için kat yüksekliğini ifade etmektedir.

Tablo 1.37. ASCE 7/16'da risk kategorisine göre izin verilen maksimum kat ötelemesi sınırları

Yapı Türü	Risk Kategorisi		
	I ve II	III	IV
Yığma Yapılar Hariç Tüm Yapılar	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

Etkin görelî kat ötelemesi  $\delta_x$ , (1.95) bağıntısı ile elde edilmekte olup Tablo 1.37’de verilen koşulları aşmamalıdır.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (1.95)$$

Burada,

$\delta_x$ : x seviyesindeki etkin görelî kat ötelemesini,

$\delta_{xe}$ : x seviyesinde elde edilen arttırılmamış etkin görelî kat ötelemesini,

$C_d$ : Defleksiyon büyütme katsayısını ifade etmektedir (Tablo 1.26).

#### b) İkinci Mertebe Etkileri

İkinci mertebe etkileri göstergesi  $\theta$ , diğerk adıyla stabilite katsayısı, (1.96) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I}{V_x h_{sx} C_d} \quad (1.96)$$

Burada,

$\theta$ : İkinci mertebe etkileri göstergesini,

$P_x$ : Binanın x seviyesinde ve x’in üstündeki toplam düşey yükü,

$V_x$ : binanın x seviyesindeki toplam kat kesme kuvvetini,

$h_x$ : kat yüksekliğini ifade etmektedir.

Ayrıca, ikinci mertebe etkileri  $\theta$ , (1.97) bağıntısındaki değeri hiçbir zaman aşmamalıdır.

$$\theta_{\max} = \frac{0.5}{\beta C_d} \leq 0.25 \quad (1.97)$$

$\beta$ : ilgili kattaki kat kesme kuvvetinin kat kesme kapasitesine oranıdır ve yapının güvenliği için 1 olarak alınması tavsiye edilmektedir.

Stabilite katsayısının ( $\theta$ ) 0.10’den büyük olduğu ama  $\theta_{\max}$  değerinden küçük veya eşit olduğu durumlarda, yer değıştirmeler ve kesit tesirleri  $1 / (1-\theta)$  oranı ile çarpılmalıdır. ( $\theta$ )

değeri  $\theta_{\max}$  değerinden büyük ise, yapı potansiyel olarak kararsızdır ve yeniden tasarlanmalıdır. P-delta etkisinin otomatik bir analize dâhil edildiği durumlarda, (1.97) bağıntısındaki koşul yine sağlanmalıdır. Bununla birlikte, (1.96) bağıntısıyla bulunan P-delta analizi sonuçlarının (1.97) bağıntısındaki kontrolü yapılmadan önce  $(1+\theta)$  bölünmesine izin verilir.

Görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkileri açısından bakıldığında, ASCE 7/16'da verilen ifade ve sınırlamaların TDY-2007 ile EC8'dekinden daha detaylı ve açıklayıcı ifadeler ile verildiği görülmektedir.

#### 1.5.9.4. TBDY-2018

TBDY-2018'de görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebeye etkilerinin sınırlandırılması ile ilgili aşağıdaki hususlara değinilmektedir.

##### a) Görelî Kat Ötelemeleri

Herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi,  $\Delta_i$ , (1.98) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \quad (1.98)$$

(1.98) bağıntısındaki  $u_i$  ve  $u_{i-1}$ , göz önüne alınan deprem doğrultusu için binanın  $i$ 'inci ve  $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın ucunda azaltılmış deprem yüklerine göre elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın  $i$ 'inci katındaki düşey taşıyıcı elemanlar için etkin görelî kat ötelemesi,  $\delta_i$ , (1.99) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (1.99)$$

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki düşey taşıyıcı elemanlarında, (1.99) bağıntısı ile hesaplanan  $\delta_i$  etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki  $(\delta_i)_{\max}$ , (1.100) veya (1.101) bağıntılarında verilen şartları sağlamalıdır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (1.100)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (1.101)$$

(1.100) bağıntısındaki şart; gevrek malzemedan yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda sağlanmalıdır. (1.101) bağıntısındaki şart ise; gevrek malzemedan yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda sağlanmalıdır. (1.100) ve (1.101) bağıntılarında verilen şartların binanın herhangi bir katında sağlanamadığı takdirde, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

Ayrıca, (1.100) ve (1.101) bağıntılarında yer alan  $\lambda$  katsayısı, binanın göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusundaki hâkim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesi'ne oranıdır.  $\kappa$  katsayısı ise betonarme binalarda  $\kappa = 1$ , çelik binalarda  $\kappa = 0.5$  alınmaktadır.

#### b) İkinci Mertebe Etkileri

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe gösterge değeri,  $\theta_{II, i}$ , (1.102) bağıntısına göre hesaplanmaktadır.

$$\theta_{II, i} = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{k=i}^N W_k}{V_i h_i} \quad (1.102)$$

Burada;  $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ ,  $i$ 'inci kattaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini göstermektedir.

Göz önünde bulundurulmuş alınan deprem doğrultusunda tüm katlar için hesaplanan ikinci mertebe etkilerinin maksimum değeri  $\theta_{II, \max}$ 'ın, (1.103) bağıntısında verilen koşulu sağladığı takdirde, ikinci mertebe etkilerinin tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında göz önüne alınması gerekli değildir.

$$\theta_{II,max} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (1.103)$$

(1.103) bağıntısında verilen koşul sağlandığı takdirde, ikinci merteye etkileri yürürlükteki yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilebilir. R ve D, bina taşıyıcı sistemi için Tablo 1.28’de verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı’nı,  $C_h$  ise taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan histeretik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıyı göstermektedir. Betonarme binalarda  $C_h = 0.5$ , çelik ve kompozit kolonlu binalarda ise  $C_h = 1$  alınmaktadır.

(1.103) bağıntısında verilen koşulun herhangi bir katta sağlanmadığı takdirde, göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusu için tüm iç kuvvetler aşağıda verilen (1.104) bağıntısı ile tanımlanan ikinci merteye büyütme katsayısı  $\beta_{II}$  ile çarpılarak arttırılmalıdır. Bu durumda uygulanabilecek alternatif bir seçenek olarak, taşıyıcı sistemin rijitlik ve/veya dayanımı uygun şekilde arttırılmak suretiyle deprem hesabı tekrarlanabilir.

$$\beta_{II} = 0.88 + \frac{C_h R}{D} \theta_{II,max} \geq 1 \quad (1.104)$$

Görelî kat ötelemeleri ve ikinci merteye etkileri açısından bakıldığı zaman, TBDY 2018’de verilen ifade ve sınırlamaların diğer yönetmeliklerden daha detaylı, açıklayıcı ve pratik ifadeler ile verildiği görülmektedir.

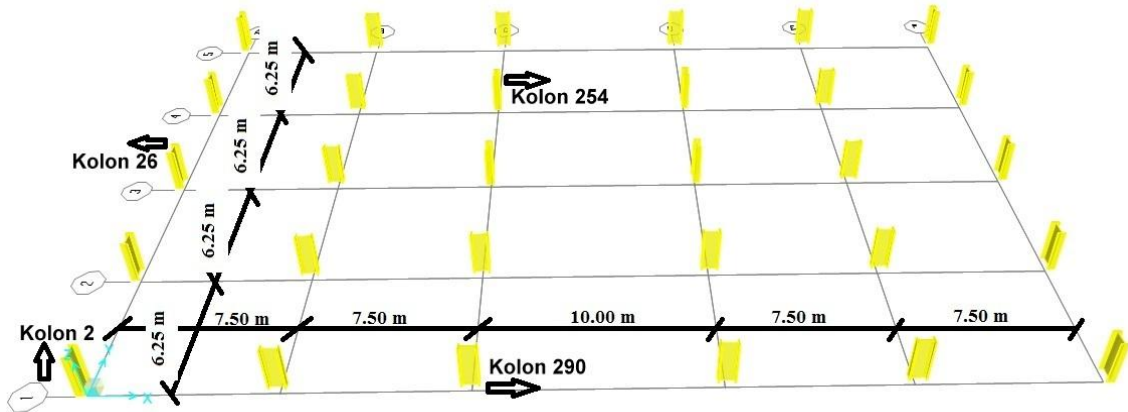


## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde örnek bir yapı üzerinde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak, TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinin arasındaki farklar sayısal olarak incelenmektedir. Karşılaştırmalı incelemelerde yapının; hâkim doğal titreşim periyodları, taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeleri, seçilen bazı kolonların aksenal kuvvetleri, eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve katlarda oluşan etkin görelî ötelemelerinin kontrolleri tablolar ve grafikler halinde sunulmaktadır.

### 2.1. Yapı Sisteminin Özellikleri

Ofis binası olarak tasarlanan örnek çelik yapı modeli [45] nolu kaynaktan alınmış olup planda  $25 \times 40$  m boyutlarına sahiptir. Kat yüksekliği her katta 3 m'dir. Bina her iki doğrultuda yüksek süneklik düzeyine sahip çerçevelerden oluşmaktadır. Kiriş açıklıkları, asansör ve merdiven sahanlığı için yer tahsis etmek amacıyla 10 m olan merkez açıklığı hariç, x doğrultusunda 7.5 m ve y doğrultusunda 6.25 m'dir. Kat döşemeleri, çelik kirişlere mesnetlenen ve trapez profilli saç levhalar üzerine yerinde dökme betonarme olarak inşa edilen kompozit döşeme sisteminden oluşmakta olup döşeme kalınlığı bütün katlarda 10 cm'dir. Düşey taşıyıcıların yerleşimi Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Örnek yapıya ait kolon aplikasyon planı

Örnek yapıda kullanılan kolonlar HE 700M, ana çerçeve kirişleri HE 450B ve döşeme kirişleri IPE 330 kesitli olarak seçilmiş olup St37 sınıfı malzeme kalitesine sahiptir. St37 sınıfı çeliğin malzeme özellikleri; birim hacim ağırlığı  $76.9729 \text{ kN/m}^3$ , elastisite modülü  $2.06 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ , poisson oranı 0.3, minimum akma gerilmesi  $f_y 235000 \text{ kN/m}^2$ , beklenen akma gerilmesi  $f_{ye} 258500 \text{ kN/m}^2$ , minimum çekme gerilmesi  $f_u 360000 \text{ kN/m}^2$ , beklenen çekme gerilmesi  $f_{ue} 396000 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kompozit döşemelerde kullanılan beton sınıfı C25/30, donatı çeliğinin sınıfı ise S420a'dır. C25/30 beton sınıfına ait malzeme özellikleri; birim hacim ağırlığı  $25 \text{ kN/m}^3$ , elastisite modülü  $3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ , poisson oranı 0.2, belirtilen akma mukavemeti  $f_c 25000 \text{ kN/m}^2$ , beklenen akma mukavemeti  $25000 \text{ kN/m}^2$ 'dir. S420a donatı çeliğine ait malzeme özellikleri ise; birim hacim ağırlığı  $76.9729 \text{ kN/m}^3$ , elastisite modülü  $2 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ , poisson oranı 0.3, minimum akma gerilmesi  $f_y 413685.5 \text{ kN/m}^2$ , beklenen akma gerilmesi  $f_{ye} 455054 \text{ kN/m}^2$ , minimum çekme gerilmesi  $f_u 620528.2 \text{ kN/m}^2$ , beklenen çekme gerilmesi  $f_{ue} 682581 \text{ kN/m}^2$ 'dir. Bütün taşıyıcı elemanlar ve döşemelerin öz ağırlıkları SAP2000 programı tarafından otomatik hesaplanmaktadır.

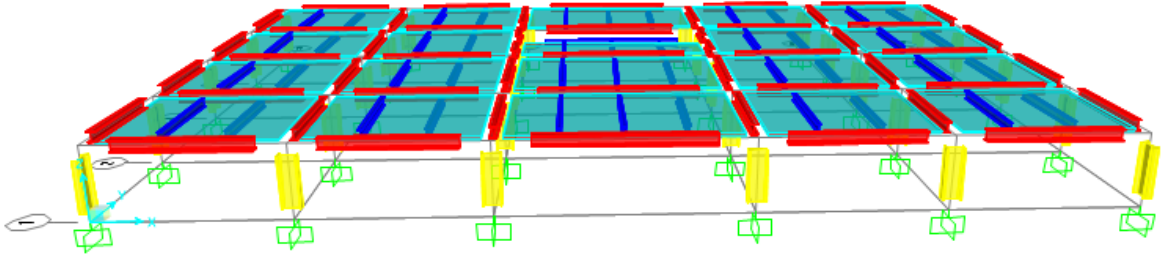
Dikkate alınan yapının sabit yük, hareketli yük, kar yükü ve deprem yükü etkisi altında olduğu varsayılmaktadır. Binanın çatı kat sabit yükü  $1.6 \text{ kN/m}^2$ , ara kat sabit yükü  $0.6 \text{ kN/m}^2$ , hafif cam kaplamalı olan dış cephe duvar yükü  $1.0 \text{ kN/m}$  ve iç bölme duvar yükü  $4.5 \text{ kN/m}$  olarak alınmıştır. Burada, çatı kat sabit yükü ile ara kat sabit yükünün arasındaki fark çatı katta uygulanan yalıtımdan kaynaklı olup yalıtım malzemelerinin ağırlığı  $1.0 \text{ kN/m}^2$ 'dir. Ayrıca, yalıtımsız ara kat sabit yükü; kaplamadan gelen  $0.1 \text{ kN/m}^2$ , trapez saçtan gelen  $0.15 \text{ kN/m}^2$  ve tesisat, asma tavan ve çelik taşıyıcısından gelen  $0.35 \text{ kN/m}^2$  olan yüklerden oluşmaktadır. Dikkate alınan deprem yönetmelikleri için ilgili yük yönetmeliklerinden alınan hareketli yükler Tablo 2.1'de verildiği gibidir.

Tablo 2.1. Analizlerde göz önüne alınan hareketli yüklerin karakteristik değerleri

MAHAL	TDY-2007	EC8	ASCE 7/16	TBDY-2018
Çatı Kat	$1.50 \text{ kN/m}^2$	$1.50 \text{ kN/m}^2$	$0.96 \text{ kN/m}^2$	$1.50 \text{ kN/m}^2$
Kar Yükü	$1.00 \text{ kN/m}^2$	$1.00 \text{ kN/m}^2$	$1.00 \text{ kN/m}^2$	$1.00 \text{ kN/m}^2$
Ara Kat	$2.00 \text{ kN/m}^2$	$2.00 \text{ kN/m}^2$	$2.40 \text{ kN/m}^2$	$2.00 \text{ kN/m}^2$

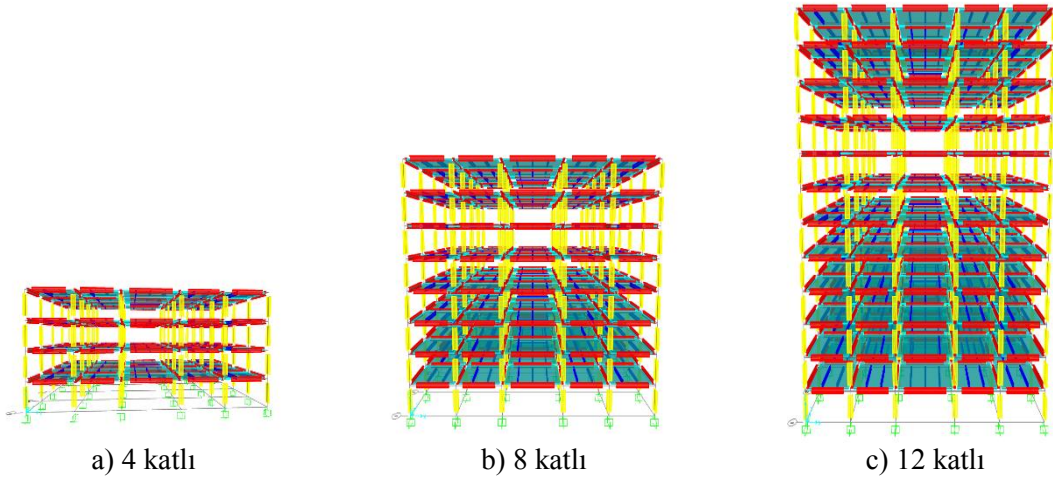
## 2.2. Yapı Analiz Modelinin Oluşturulması

Söz konusu yapı 4, 8 ve 12 katlı olmak üzere üç farklı durum için incelenmiştir. Yapının deprem analizleri SAP2000v20 programı ile yapılmıştır. Yapının temel sistemi tabanda ankastre olduğu varsayımı ile dikkate alınarak zemin etkileri ihmal edilmiştir. Şekil 2.2’de tip kat görünüşü ve ankastre temel varsayımı görülmektedir.



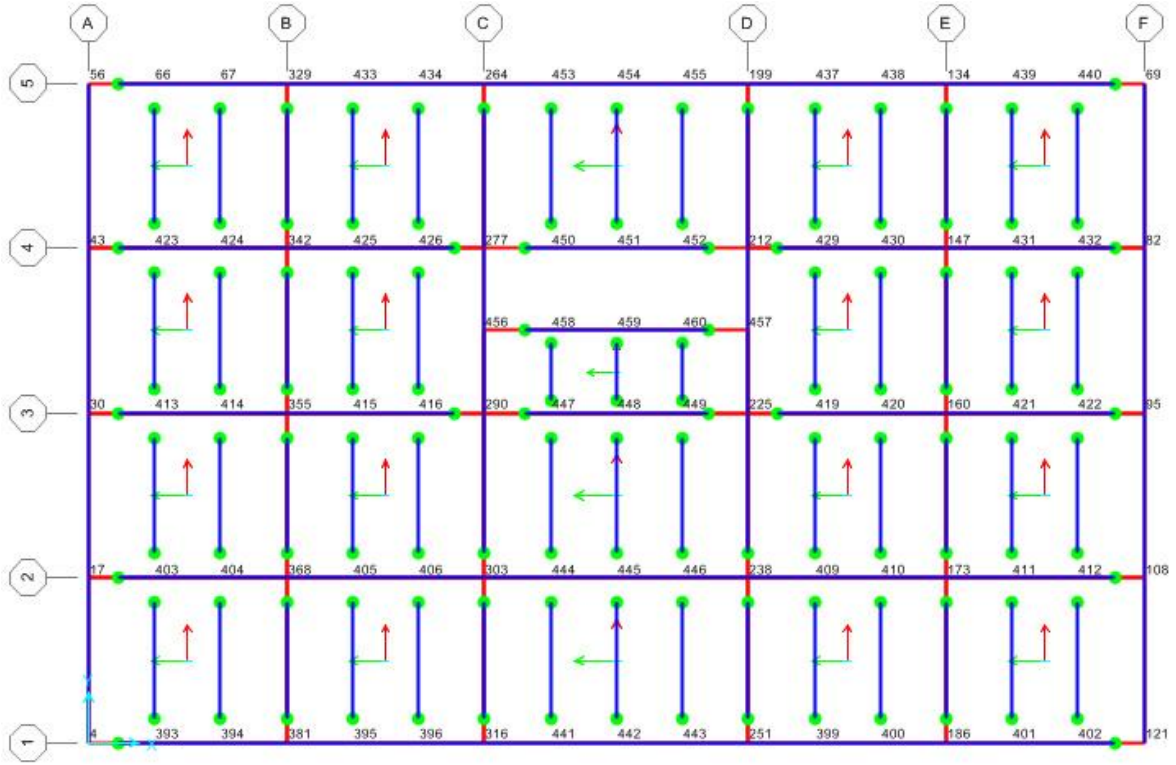
Şekil 2.2. Tip kat görünüşü ve ankastre temel varsayımı

Modelin 4, 8 ve 12 katlı olarak tasarlanan üç farklı duruma ait görünüşleri de Şekil 2.3’te verilmektedir. Tüm durumlar için aynı kesit özellikleri, sabit ve hareketli yükler dikkate alınarak gerekli analizler yapılmıştır.



Şekil 2.3. Örnek yapının üç farklı duruma ait görünüşleri

Yapıya etki eden depremin yatay kuvvetlerini kolonlara en iyi şekilde aktarabilmek adına ana kirişlerin kolonlara bağlantıları; kolonların zayıf eksen doğrultusunda mafsallı (moment aktarmayan), kuvvetli eksen doğrultusunda rijit (moment aktaran) olarak yapılmıştır. Analizlerde rijit kat diyafram kabulünün uygulanabilirliği için kompozit döşeme kirişlerinin ana kirişlere olan bağlantıları mafsallı olarak yapılmıştır. Şekil 2.4'te görülen yeşil renkli bağlantı düğümleri mafsallı olan bağlantıları temsil etmektedir. Onun dışında kalan diğer bağlantı düğümleri rijit olan bağlantıları temsil etmektedir.



Şekil 2.4. Döşeme kirişleri ile ana kirişlerinin bağlantı şekilleri

10 cm kalınlığındaki olan kompozit döşemelerin tasarımı SAP2000 programında plate eleman olarak yapılmış olup ince plakalar halinde tanımlanmıştır ve oturdukları ana kirişler ve döşeme kirişlerine olan bağlantıları rijittir. Tüm katlar rijit diyafram olarak tanımlanmıştır.

### 2.3. Yük Birleşimleri

Deprem analizlerinde yönetmeliklerin öngördükleri yük birleşimleri açısından farklılıklar söz konusudur. Çalışmada dikkate alınan her bir deprem yönetmeliği için kullanılması gereken yük birleşimleri Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2. Deprem analizlerinde yönetmeliklerin öngördükleri yük birleşimleri

TDY-2007	EC8	TBDY-2018 ve ASCE 7-16
$1.4G+1.6Q$ $G+Q\pm E_x\pm 0.3E_y$ $G+Q\pm 0.3E_x\pm E_y$ $0.9G\pm E_x\pm 0.3E_y$ $0.9G\pm 0.3E_x\pm E_y$ $G+Q\pm E_x$ $G+Q\pm E_y$	$1.35G+1.5Q$ $G+0.6Q\pm E_x\pm 0.3E_y$ $G+0.6Q\pm 0.3E_x\pm E_y$ $G+0.6Q\pm E_x$ $G+0.6Q\pm E_y$	$1.4G$ $1.2G+1.6(Q_r \text{ veya } S)$ $1.2G+1.6Q+0.5(Q_r \text{ veya } S)$ $1.2G+Q+1.6(Q_r \text{ veya } S)$ $1.2G+Q+0.2S+E$ $0.9G+E$ <u>Not:</u> $E= \pm E_x \pm 0.3E_y$ $E= \pm 0.3E_x \pm E_y$ $Q_r$ : Çatı hareketli yükü $S$ : Kar yükü

Tablo 2.2’de verilen bütün yük kombinasyonları göz önünde bulundurularak deprem analizleri uygulanmıştır ve elde edilen en elverişsiz sonuçlar dikkate alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

### 2.4. Sayısal Uygulama 1

Gerçekçi ve doğru bir karşılaştırma yapılabilmesi için, yapının oturacağı zeminin türü dört deprem yönetmeliğinde de aynı zemin türünü temsil etmelidir. Bu amaçla en sağlam zemin sınıfı olacak şekilde TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018 için sırası ile Z1, A, A ve ZA zemin sınıfları seçilmiştir. Yapının inşa edileceği yer 1. dereceden deprem bölgesinde bulunan Çanakkale ili olarak düşünülmüştür. TDY-2007 ile EC8’de her deprem bölgesi için beklenen en büyük yer ivmesine göre deprem analizleri yapılırken, ASCE 7/16 ile TBDY-2018’de yapının bulunduğu konuma ait spektral ivme değerlerine göre deprem analizleri yapılmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda, karşılaştırılması yapılan yönetmeliklerin aralarındaki sayısal farklılıkları doğru bir şekilde ortaya çıkartabilmek için 1. dereceden

deprem bölgesinde bulunan Çanakkale'nin 39.701218 enlem ve 26.91023 boylamında yer alan konum inşaat sahası olarak seçilmiştir.

Seçilen konumun enlem ve boylam bilgilerine ait spektral bilgiler aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{DD-1 için: } S_S &= 1.831, S_1 = 0.467, S_{DS} = 1.456, S_{D1} = 0.374, F_S = 0.8, \\ &F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.731, PGV = 45.013 \\ \text{DD-2 için: } S_S &= 0.966, S_1 = 0.246, S_{DS} = 0.773, S_{D1} = 0.197, F_S = 0.8, \\ &F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.4, PGV = 24.108 \\ \text{DD-3 için: } S_S &= 0.359, S_1 = 0.098, S_{DS} = 0.287, S_{D1} = 0.078, F_S = 0.8, \\ &F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.155, PGV = 9.328 \end{aligned}$$

Yukarıda verilen spektral bilgiler [4] nolu kaynaktan alınmış olup ASCE 7/16 ile TBDY-2018'de yer alan spektrum şeklinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Yapı türü ofis binası olduğu için tüm yönetmeliklere göre bina önem katsayısı 1 olarak seçilmiştir. Yapı yüksek süneklik düzeyine sahip çerçevelerden oluştuğu için TDY-2007, ASCE 7/16 ve TBDY-2018'e göre yapı davranış katsayısı, R, ilgili tablolardan 8 olarak seçilmiştir. EC8'e göre ise yapı davranış katsayısı, q, (1.36) bağıntısı kullanılarak 5.85 olarak hesaplanmıştır.

#### 2.4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Hesap

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (EDYY)'nin uygulanabilirliği açısından bu çalışmada incelenen dört deprem yönetmeliğine göre örnek yapı için herhangi bir engel bulunmamaktadır. SAP2000v20 versiyonu sayesinde, eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile yapılan analizler elle herhangi bir hesap işlemi yapılmadan gerekli parametreler girildikten sonra program tarafından uygulanmaktadır. Deprem analizlerinde kullanılacak olan yapı hâkim doğal titreşim periyodları modal analiz sonucunda elde edilmiş olup çalışmada dikkate alınan her bir yönetmelik için Tablo 2.3'te verilmektedir.

Tablo 2.3. Yapı hâkim doğal titreşim periyodları

Kat Sayısı	Doğrultu	TDY-2007	EC8	TBDY-2018	ASCE 7/16
4 katlı	x	0.584	0.584	0.584	0.548
	y	0.584	0.584	0.584	0.549
8 katlı	x	1.266	1.266	1.266	1.194
	y	1.259	1.259	1.259	1.188
12 katlı	x	1.968	1.968	1.968	1.859
	y	1.957	1.957	1.957	1.848

Tablo 2.3'te görüldüğü gibi TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018 için elde edilen periyod değerleri tüm durumlarda aynı, ASCE 7/16 için ise diğer yönetmeliklerden farklıdır. Bunun sebebi ise, deprem analizinde yapı ağırlığı TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018 yönetmeliklerinde öz ağırlık ile hareketli yüklerin bir kısmının birleştirilmesi ile belirlenirken ASCE 7/16 yönetmeliğine göre hareketli yüklerin yapı ağırlığına dâhil edilmemesidir. Tablo 2.3'te görülen başka bir husus ise, kat adedi arttıkça x ve y doğrultularına göre periyodların birbirinden farklı olmaya başlaması ve x doğrultusuna göre bulunan periyodların y doğrultusuna göre bulunan periyodlardan daha büyük çıkmasıdır. Bunun sebebi ise, yapının x doğrultusunun y doğrultusuna göre daha geniş olmasıdır.

a) TDY-2007'ye Göre EDYY ile Hesap

Şekil 2.5'te SAP2000v20 verisyonunda TDY-2007 için geliştirilmiş eşdeğer deprem yükü yönteminin arayüzü görülmektedir. Yönetmelik gereği eşdeğer deprem yükleri her iki doğrultuda da  $\pm$  %5 dışmerkezlilik etkisi gözetilerek yapıya uygulanmalıdır. Hesaplarda modal analiz sonucunda belirlenen yapı hâkim doğal titreşim periyodu program tarafından otomatik olarak hesaba dâhil edilmektedir. Ayrıca arayüzden de görüldüğü gibi yapıya ait deprem bölgesi, zemin sınıfı, yapı önem katsayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri girilmelidir.

Şekil 2.5. TDY-2007'ye göre EDYY veri girişi arayüzü

TDY-2007'ye göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve Şekil 2.1'de görülen 2, 26, 290 ve 254 nolu kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'te verilmektedir.

Tablo 2.4. EDYY ile TDY-2007'ye göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	1651.67	1.04
	y	1651.51	1.05
8 Katlı	x	1806.60	2.77
	y	1806.60	2.77
12 Katlı	x	2712.63	6.70
	y	2712.63	6.80



Tablo 2.5. EDYY ile TDY-2007'ye göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat Sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	439.99	343.15	106.14
	254	1816.47	339.24	115.39
	290	1123.77	321.81	111.40
	26	819.85	354.28	121.34
8 Katlı	2	975.03	402.26	114.60
	254	3654.95	397.22	125.53
	290	2229.40	378.42	121.31
	26	1654.66	414.57	133.47
12 Katlı	2	1819.10	614.29	169.48
	254	5477.01	606.25	185.95
	290	3353.46	575.54	176.64
	26	2524.64	634.21	201.31

Tablo 2.6-Tablo 2.11'de TDY-2007'ye göre yapılan analizler sonucunda yapının her bir durumu için x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri verilmektedir. Hesaplanan etkin görel kat ötelemeleri ayrıca yönetmelikte izin verilen maksimum değerlerle kontrol edilmektedir.

Tablo 2.6. 4 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görel Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
4	300	1.04	0.24	1.92	0.0064	0.02
3	300	0.80	0.30	2.40	0.0080	0.02
2	300	0.50	0.32	2.56	0.0085	0.02
1	300	0.18	0.18	1.44	0.0048	0.02

Tablo 2.7. 4 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görel Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
4	300	1.05	0.23	1.84	0.0061	0.02
3	300	0.82	0.31	2.48	0.0083	0.02
2	300	0.51	0.32	2.56	0.0085	0.02
1	300	0.19	0.19	1.52	0.0051	0.02

Tablo 2.8. 8 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
8	300	2.77	0.18	1.44	0.0048	0.02
7	300	2.59	0.26	2.08	0.0069	0.02
6	300	2.33	0.34	2.72	0.0091	0.02
5	300	1.99	0.42	3.36	0.0112	0.02
4	300	1.57	0.46	3.68	0.0123	0.02
3	300	1.11	0.48	3.84	0.0128	0.02
2	300	0.63	0.41	3.28	0.0109	0.02
1	300	0.22	0.22	1.76	0.0059	0.02

Tablo 2.9. 8 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
8	300	2.77	0.18	1.44	0.0048	0.02
7	300	2.59	0.26	2.08	0.0069	0.02
6	300	2.33	0.34	2.72	0.0091	0.02
5	300	1.99	0.41	3.28	0.0109	0.02
4	300	1.58	0.46	3.68	0.0123	0.02
3	300	1.12	0.47	3.76	0.0125	0.02
2	300	0.65	0.42	3.36	0.0112	0.02
1	300	0.23	0.23	1.84	0.0061	0.02

Tablo 2.10. 12 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
12	300	6.70	0.20	1.60	0.0053	0.02
11	300	6.50	0.30	2.40	0.0080	0.02
10	300	6.20	0.40	3.20	0.0107	0.02
9	300	5.80	0.49	3.92	0.0131	0.02
8	300	5.31	0.59	4.72	0.0157	0.02
7	300	4.72	0.66	5.28	0.0176	0.02
6	300	4.06	0.73	5.84	0.0195	0.02
5	300	3.33	0.77	6.16	<b>0.0205</b>	0.02
4	300	2.56	0.80	6.40	<b>0.0213</b>	0.02
3	300	1.76	0.77	6.16	<b>0.0205</b>	0.02
2	300	0.99	0.66	5.28	0.0176	0.02
1	300	0.33	0.33	2.64	0.0088	0.02

Tablo 2.11. 12 katlı bina için EDYY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
12	300	6.80	0.23	1.84	0.0061	0.02
11	300	6.57	0.31	2.48	0.0083	0.02
10	300	6.26	0.42	3.36	0.0112	0.02
9	300	5.84	0.51	4.08	0.0136	0.02
8	300	5.33	0.59	4.72	0.0157	0.02
7	300	4.74	0.67	5.36	0.0179	0.02
6	300	4.07	0.73	5.84	0.0195	0.02
5	300	3.34	0.77	6.16	<b>0.0205</b>	0.02
4	300	2.57	0.79	6.32	<b>0.0211</b>	0.02
3	300	1.78	0.77	6.16	<b>0.0205</b>	0.02
2	300	1.01	0.67	5.36	0.0179	0.02
1	300	0.34	0.34	2.72	0.0091	0.02

Tablo 2.6-Tablo 2.11'deki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının 4 ve 8 katlı durumunda etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $\delta_{i(\max)} / h_i \leq 0.02$  koşulun sağlandığı görülmüştür. Fakat yapının 12 katlı durumunda özellikle 3., 4. ve 5. katların her iki doğrultusunda bu koşul sağlanmamaktadır. Bu durumda, yönetmelik gereği taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem analizinin tekrarlanması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında kesin kesit tasarımı ve boyutlandırılması yapılmayacağı için rijitlik artırılma işlemi yapılmamış olup sadece bulunan sonuçlar ilgili yönetmeliklere göre karşılaştırılmıştır.

#### b) EC8'e Göre EDYY ile Hesap

SAP2000v20 versiyonunda EC8 için geliştirilmiş eşdeğer deprem yükü yönteminin arayüzü Şekil 2.6'da görülmektedir. TDY-2007'de olduğu gibi dışmerkezlik etkisi her iki doğrultuda da  $\pm \%5$  olarak göz önüne alınmalıdır. Yapının hâkim titreşim periyodu ise modal analiz sonucunda bulunan değer program tarafından otomatik seçilmektedir. Arayüzden görüldüğü gibi hesabı yapılan yapının bulunduğu ülkeye göre ulusal standart seçilmelidir (bu örnek için varsayılan standart seçilmiştir). Ayrıca, yapının bulunduğu bölgenin beklenen en büyük yer ivmesi, spektrum tipi, zemin sınıfı, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve düzeltme katsayısı değerleri girilmelidir.

Şekil 2.6. EC8'e göre EDYY veri girişi arayüzü

Şekil 2.6'da gösterilen düzeltme faktörü  $\lambda$ , yapının 4 katlı durumunda 0.85 alınmış ve diğer durumlarda 1 olarak alınmıştır. Bunun nedeni ise, 4 katlı durumunda yapının hâkim doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'in  $T_1 \leq 2T_C$  koşulunu sağlamaması ve yönetmelik gereği  $\lambda$ 'nın 0.85 alınmasıdır. Diğer durumlarda bu koşulun sağlandığı için  $\lambda=1$  olarak alınmıştır.

EC8'e göre yapılan analizler sonucunda taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.12 ve Tablo 2.13'te verilmektedir.

Tablo 2.12. EDYY ile EC8'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	2240.55	1.41
	y	2240.27	1.42
8 Katlı	x	3613.20	5.53
	y	3613.20	5.51
12 Katlı	x	5425.26	13.40
	y	5425.26	13.45

Tablo 2.13. EDYY ile EC8'e göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	460.00	464.71	142.41
	254	1737.36	459.22	154.51
	290	1073.60	433.02	145.48
	26	783.00	480.23	164.51
8 Katlı	2	1270.61	801.38	224.53
	254	3487.89	791.94	246.23
	290	2130.20	748.67	229.62
	26	1582.37	828.49	267.40
12 Katlı	2	2545.11	1224.28	333.92
	254	5239.70	1209.82	367.29
	290	3204.43	1142.88	340.24
	26	2414.47	1267.24	402.46

EC8'e göre yapılan analizler sonucunda x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.14-Tablo 2.19'da verilmektedir.

Tablo 2.14. 4 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$d_{i, \min}$ (cm)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\min}$ (cm)	$\Delta_{\text{ort}}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
4	300	1.41	1.34	0.32	0.30	0.31	1.81	0.73	1.50
3	300	1.09	1.04	0.41	0.40	0.41	2.37	0.95	1.50
2	300	0.68	0.64	0.43	0.41	0.42	2.46	0.98	1.50
1	300	0.25	0.23	0.25	0.23	0.24	1.40	0.56	1.50

Tablo 2.15. 4 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$d_{i, \min}$ (cm)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\min}$ (cm)	$\Delta_{\text{ort}}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
4	300	1.42	1.37	0.31	0.31	0.31	1.81	0.73	1.50
3	300	1.11	1.06	0.41	0.40	0.41	2.37	0.95	1.50
2	300	0.70	0.66	0.44	0.42	0.43	2.52	1.01	1.50
1	300	0.26	0.24	0.26	0.24	0.25	1.46	0.59	1.50

Tablo 2.16. 8 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
8	300	5.53	5.22	0.35	0.34	0.35	2.02	0.81	1.50
7	300	5.18	4.88	0.52	0.49	0.51	2.95	1.18	1.50
6	300	4.66	4.39	0.69	0.64	0.67	3.89	<b>1.56</b>	1.50
5	300	3.97	3.75	0.83	0.78	0.81	4.71	<b>1.88</b>	1.50
4	300	3.14	2.97	0.92	0.87	0.90	5.24	<b>2.09</b>	1.50
3	300	2.22	2.10	0.95	0.90	0.93	5.41	<b>2.16</b>	1.50
2	300	1.27	1.20	0.84	0.79	0.82	4.77	<b>1.91</b>	1.50
1	300	0.43	0.41	0.43	0.41	0.42	2.46	0.98	1.50

Tablo 2.17. 8 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
8	300	5.51	5.24	0.35	0.37	0.36	2.11	0.84	1.50
7	300	5.16	4.87	0.52	0.47	0.50	2.90	1.16	1.50
6	300	4.64	4.40	0.67	0.64	0.66	3.83	<b>1.53</b>	1.50
5	300	3.97	3.76	0.82	0.77	0.80	4.65	<b>1.86</b>	1.50
4	300	3.15	2.99	0.91	0.86	0.89	5.18	<b>2.07</b>	1.50
3	300	2.24	2.13	0.95	0.90	0.93	5.41	<b>2.16</b>	1.50
2	300	1.29	1.23	0.84	0.80	0.82	4.80	<b>1.92</b>	1.50
1	300	0.45	0.43	0.45	0.43	0.44	2.57	1.03	1.50

Tablo 2.18. 12 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
12	3	13.41	12.63	0.42	0.39	0.41	2.37	0.95	1.50
11	3	12.99	12.24	0.59	0.55	0.57	3.33	1.33	1.50
10	3	12.40	11.69	0.80	0.75	0.78	4.53	<b>1.81</b>	1.50
9	3	11.60	10.94	0.99	0.94	0.97	5.65	<b>2.26</b>	1.50
8	3	10.61	10.00	1.17	1.10	1.14	6.64	<b>2.66</b>	1.50
7	3	9.44	8.90	1.33	1.25	1.29	7.55	<b>3.02</b>	1.50
6	3	8.11	7.65	1.45	1.37	1.41	8.25	<b>3.30</b>	1.50
5	3	6.66	6.28	1.55	1.46	1.51	8.80	<b>3.52</b>	1.50
4	3	5.11	4.82	1.59	1.50	1.55	9.04	<b>3.62</b>	1.50
3	3	3.52	3.32	1.54	1.45	1.50	8.75	<b>3.50</b>	1.50
2	3	1.98	1.87	1.31	1.24	1.28	7.46	<b>2.98</b>	1.50
1	3	0.67	0.63	0.67	0.63	0.65	3.80	<b>1.52</b>	1.50

Tablo 2.19. 12 katlı bina için EDYY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
12	300	13.45	12.57	0.44	0.38	0.41	2.40	0.96	1.50
11	300	13.01	12.19	0.61	0.55	0.58	3.39	1.36	1.50
10	300	12.40	11.64	0.81	0.74	0.78	4.53	<b>1.81</b>	1.50
9	300	11.59	10.90	1.00	0.93	0.97	5.65	<b>2.26</b>	1.50
8	300	10.59	9.97	1.17	1.09	1.13	6.61	<b>2.64</b>	1.50
7	300	9.42	8.88	1.32	1.23	1.28	7.46	<b>2.98</b>	1.50
6	300	8.10	7.65	1.45	1.36	1.41	8.22	<b>3.29</b>	1.50
5	300	6.65	6.29	1.53	1.44	1.49	8.69	<b>3.47</b>	1.50
4	300	5.12	4.85	1.57	1.48	1.53	8.92	<b>3.57</b>	1.50
3	300	3.55	3.37	1.54	1.46	1.50	8.78	<b>3.51</b>	1.50
2	300	2.01	1.91	1.32	1.26	1.29	7.55	<b>3.02</b>	1.50
1	300	0.69	0.65	0.69	0.65	0.67	3.92	<b>1.57</b>	1.50

Tablo 2.14-Tablo 2.19'daki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının 4 katlı durumunda etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $d_{r,v} \leq 0.005 h_i$  koşulun sağlandığı görülmüştür. Fakat yapının 8 ve 12 katlı durumunda çoğu katta her iki doğrultusunda bu koşul sağlanmadığı saptanmıştır. Bu durumda, yönetmelik gereği taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem analizinin tekrarlanması gerekmektedir.

#### c) ASCE 7/16'ya Göre EDYY ile Hesap

SAP2000v20 verisyonunda ASCE 7/16 için geliştirilmiş eşdeğer deprem yükü yönteminin arayüzü Şekil 2.7'de görülmektedir. Diğer yönetmeliklerde olduğu gibi dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmış ve yapının hâkim titreşim periyodu program tarafından otomatik tanımlanmıştır. Arayüzden de görüldüğü gibi dikkate alınan spektral bilgiler, zemin sınıfı, yapının davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı, defleksiyon büyütme katsayısı ve bina önem katsayısı değerleri girilmelidir.

Şekil 2.7. ASCE 7/16'ya göre EDYY veri girişi arayüzü

ASCE 7/16'ya göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.20 ve Tablo 2.21'de verilmektedir.

Tablo 2.20. EDYY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	1137.83	0.71
	y	1137.42	0.72
8 Katlı	x	1734.59	2.80
	y	1734.59	2.79
12 Katlı	x	2607.93	7.07
	y	2607.93	7.17



Tablo 2.21. EDYY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri sonuçları

Kat Sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	426.49	236.51	74.97
	254	1570.11	234.17	80.90
	290	972.46	225.02	82.44
	26	708.76	243.87	83.50
8 Katlı	2	1072.96	388.95	110.62
	254	3310.57	384.51	120.64
	290	2041.44	367.85	119.11
	26	1505.70	400.37	128.28
12 Katlı	2	2029.42	594.75	163.35
	254	5055.38	587.89	178.82
	290	3127.75	559.30	172.40
	26	2336.12	613.46	193.28

ASCE 7/16'ya göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.22-Tablo 2.27'de verilmektedir.

Tablo 2.22. 4 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
4	300	0.71	0.16	0.88	6.00
3	300	0.55	0.21	1.16	6.00
2	300	0.34	0.22	1.21	6.00
1	300	0.12	0.12	0.66	6.00

Tablo 2.23. 4 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
4	300	0.72	0.16	0.88	6.00
3	300	0.56	0.21	1.16	6.00
2	300	0.35	0.22	1.21	6.00
1	300	0.13	0.13	0.72	6.00

Tablo 2.24. 8 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
8	300	2.80	0.19	1.05	6.00
7	300	2.61	0.28	1.54	6.00
6	300	2.33	0.35	1.93	6.00
5	300	1.98	0.42	2.31	6.00
4	300	1.56	0.47	2.59	6.00
3	300	1.09	0.47	2.59	6.00
2	300	0.62	0.41	2.26	6.00
1	300	0.21	0.21	1.16	6.00

Tablo 2.25. 8 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
8	300	2.80	0.19	1.05	6.00
7	300	2.61	0.28	1.54	6.00
6	300	2.33	0.35	1.93	6.00
5	300	1.98	0.42	2.31	6.00
4	300	1.56	0.46	2.53	6.00
3	300	1.10	0.47	2.59	6.00
2	300	0.63	0.41	2.26	6.00
1	300	0.22	0.22	1.21	6.00

Tablo 2.26. 12 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
12	300	7.07	0.24	1.32	6.00
11	300	6.83	0.35	1.93	6.00
10	300	6.48	0.46	2.53	6.00
9	300	6.02	0.56	3.08	6.00
8	300	5.46	0.64	3.52	6.00
7	300	4.82	0.72	3.96	6.00
6	300	4.10	0.76	4.18	6.00
5	300	3.34	0.80	4.40	6.00
4	300	2.54	0.81	4.46	6.00
3	300	1.73	0.76	4.18	6.00
2	300	0.97	0.65	3.58	6.00
1	300	0.32	0.32	1.76	6.00

Tablo 2.27. 12 katlı bina için EDYY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
12	300	7.17	0.26	1.43	6.00
11	300	6.91	0.37	2.04	6.00
10	300	6.54	0.48	2.64	6.00
9	300	6.06	0.57	3.14	6.00
8	300	5.49	0.66	3.63	6.00
7	300	4.83	0.72	3.96	6.00
6	300	4.11	0.77	4.24	6.00
5	300	3.34	0.79	4.35	6.00
4	300	2.55	0.80	4.40	6.00
3	300	1.75	0.77	4.24	6.00
2	300	0.98	0.65	3.58	6.00
1	300	0.33	0.33	1.82	6.00

Tablo 2.22-2.27'deki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının üç durumunda etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$  koşulunun bütün katlarda sağlandığı görülmüştür.

#### d) TBDY-2018'e Göre EDYY ile Hesap

TBDY-2018'in henüz SAP2000 programına entegre edilmediğinden dolayı ve TBDY-2018'deki analiz adımlarının ASCE 7/16'daki analiz adımlarına benzediği için programda ASCE 7/16'ya tahsis edilen analiz arayüzünden faydalanarak analizler yapılmıştır. Fakat ASCE 7-16'ya göre deprem analizlerinde 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan dönüş periyodu 2500 yıl olan depremin spektral ivme katsayıları,  $S_{D1}$  ve  $S_{Ds}$ , kullanılmakta ve yönetmelik gereği spektral ivme katsayılarının 2/3 oranıyla azaltılması SAP2000 yazılımında otomatik olarak yapılmaktadır. TBDY-2018'e göre deprem analizlerinde ise DD-2 yani 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan dönüş periyodu 476 yıl olan depremin spektral ivme katsayıları kullanılmakta olup herhangi bir azaltma işlemi yapılmamaktadır. Bunun için program ortamında ASCE 7/16'ya göre yapılan azaltmanın giderilmesi adına DD-2'ye ait spektral ivme katsayıları 3/2 oranıyla çarpılarak kullanılmıştır.

TBDY-2018'e göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve dikkate alınan kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.28 ve Tablo 2.29'da verilmektedir.

Tablo 2.28. EDYY ile TBDY-2018'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	948.35	0.60
	y	948.32	0.61
8 Katlı	x	1535.76	2.50
	y	1535.76	2.50
12 Katlı	x	2305.95	6.30
	y	2305.95	6.41

Tablo 2.29. EDYY ile TBDY-2018'e göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat sayısı	Kolon numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	399.67	198.43	63.43
	254	1505.68	196.11	68.50
	290	927.03	189.17	70.30
	26	678.57	204.53	69.89
8 Katlı	2	1007.13	345.91	98.74
	254	3145.02	341.40	107.40
	290	1924.98	327.01	106.40
	26	1427.36	355.84	113.93
12 Katlı	2	1887.72	527.85	145.40
	254	4786.82	520.80	158.70
	290	2939.27	495.98	153.47
	26	2207.53	544.08	171.39

TBDY-2018'e göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görelî kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.30-Tablo 2.35'te verilmektedir. Kontrollerde kullanılan  $\kappa$  katsayısı yapı çelik bina olduğu için 0.5 olarak alınmıştır.  $\lambda$  katsayısı üç farklı kat durumu için ayrı ayrı hesaplanmış olup 0.4 olarak bulunmuştur.

Tablo 2.30. 4 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
4	300	0.60	0.13	1.04	0.0014	0.0040
3	300	0.47	0.18	1.44	0.0019	0.0040
2	300	0.29	0.19	1.52	0.0020	0.0040
1	300	0.10	0.10	0.80	0.0011	0.0040

Tablo 2.31. 4 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
4	300	0.61	0.13	1.04	0.0014	0.0040
3	300	0.48	0.18	1.44	0.0019	0.0040
2	300	0.30	0.19	1.52	0.0020	0.0040
1	300	0.11	0.11	0.88	0.0012	0.0040

Tablo 2.32. 8 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
8	300	2.50	0.17	1.36	0.0018	0.0040
7	300	2.33	0.25	2.00	0.0027	0.0040
6	300	2.08	0.32	2.56	0.0034	0.0040
5	300	1.76	0.38	3.04	<b>0.0041</b>	0.0040
4	300	1.38	0.41	3.28	<b>0.0044</b>	0.0040
3	300	0.97	0.42	3.36	<b>0.0045</b>	0.0040
2	300	0.55	0.36	2.88	0.0038	0.0040
1	300	0.19	0.19	1.52	0.0020	0.0040

Tablo 2.33. 8 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
8	300	2.50	0.17	1.36	0.0018	0.0040
7	300	2.33	0.24	1.92	0.0026	0.0040
6	300	2.09	0.32	2.56	0.0034	0.0040
5	300	1.77	0.38	3.04	<b>0.0041</b>	0.0040
4	300	1.39	0.41	3.28	<b>0.0044</b>	0.0040
3	300	0.98	0.42	3.36	<b>0.0045</b>	0.0040
2	300	0.56	0.37	2.96	0.0039	0.0040
1	300	0.19	0.19	1.52	0.0020	0.0040

Tablo 2.34. 12 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
12	300	6.30	0.22	1.76	0.0023	0.0040
11	300	6.08	0.31	2.48	0.0033	0.0040
10	300	5.77	0.41	3.28	<b>0.0044</b>	0.0040
9	300	5.36	0.50	4.00	<b>0.0053</b>	0.0040
8	300	4.86	0.58	4.64	<b>0.0062</b>	0.0040
7	300	4.28	0.64	5.12	<b>0.0068</b>	0.0040
6	300	3.64	0.68	5.44	<b>0.0073</b>	0.0040
5	300	2.96	0.71	5.68	<b>0.0076</b>	0.0040
4	300	2.25	0.72	5.76	<b>0.0077</b>	0.0040
3	300	1.53	0.67	5.36	<b>0.0071</b>	0.0040
2	300	0.86	0.57	4.56	<b>0.0061</b>	0.0040
1	300	0.29	0.29	2.32	0.0031	0.0040

Tablo 2.35. 12 katlı bina için EDYY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
12	300	6.41	0.24	1.92	0.0026	0.0040
11	300	6.17	0.34	2.72	0.0036	0.0040
10	300	5.83	0.43	3.44	<b>0.0046</b>	0.0040
9	300	5.40	0.51	4.08	<b>0.0054</b>	0.0040
8	300	4.89	0.59	4.72	<b>0.0063</b>	0.0040
7	300	4.30	0.64	5.12	<b>0.0068</b>	0.0040
6	300	3.66	0.69	5.52	<b>0.0074</b>	0.0040
5	300	2.97	0.71	5.68	<b>0.0076</b>	0.0040
4	300	2.26	0.71	5.68	<b>0.0076</b>	0.0040
3	300	1.55	0.68	5.44	<b>0.0073</b>	0.0040
2	300	0.87	0.57	4.56	<b>0.0061</b>	0.0040
1	300	0.30	0.30	2.40	0.0032	0.0040

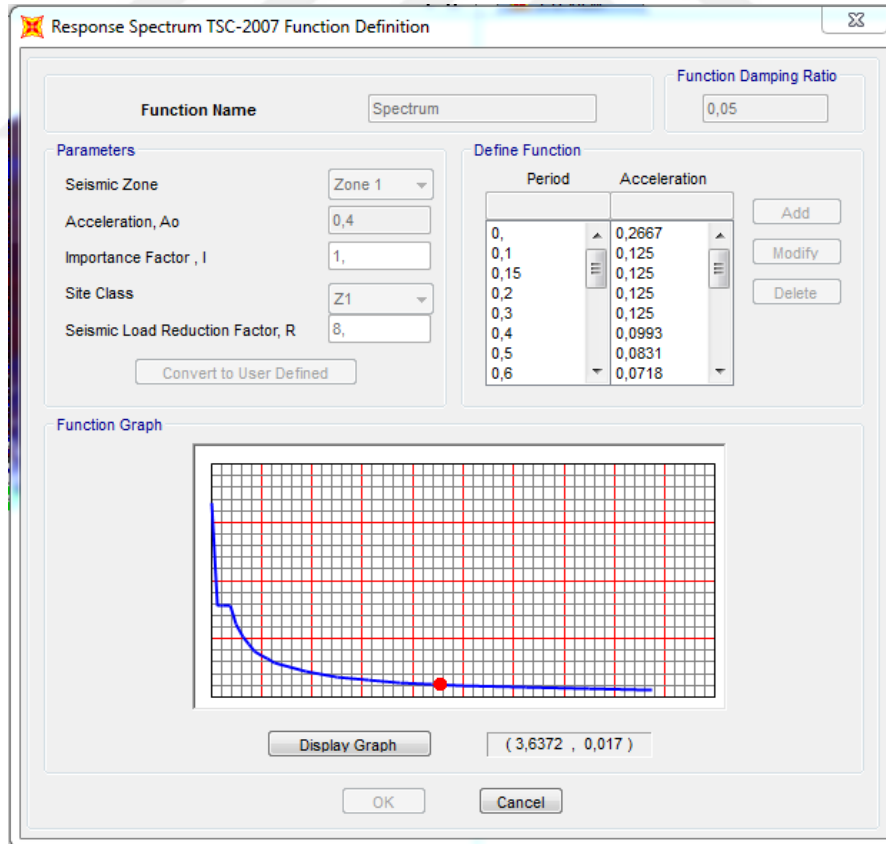
Tablo 2.30-Tablo 2.35'teki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının 4 katlı durumunda etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $\lambda \delta_{i, \max} / h_i \leq 0.008 \kappa$  koşulunun bütün katlarda sağlandığı görülmüştür. Fakat 8 katlı ve 12 katlı durumunda bu koşulun yapının çoğu katında sağlanmadığı görülmüştür. Bu durumda, yönetmelik gereği taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem analizinin tekrarlanması gerekmektedir.

## 2.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile Hesap

Mod birleştirme yöntemi (MBY) dinamik bir yöntem olup uygulanabilirliği açısından bu çalışmada incelenen dört deprem yönetmeliğine göre hiçbir sınırlama bulunmamaktadır. Yönetmeliklerin hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı ve elde edilen taban kesme kuvvetinin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi ile ilgili kontrolleri yapılarak deprem analizler uygulanmıştır.

### a) TDY-2007'ye Göre MBY ile Hesap

SAP2000v20 verisyonunda TDY-2007 yönetmeliğine göre mod birleştirme yöntemi için veri girişi arayüzü Şekil 2.8'de gösterilmektedir.  $\pm$  %5 dışmerkezlik etkisi göz önünde bulundurularak TDY-2007'de tanımlanan ivme spektrumunu verecek parametreler girilerek deprem analizleri yapılmaktadır.



Şekil 2.8. TDY-2007'ye göre MBY veri giriş arayüzü

TDY-2007'ye göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.36 ve Tablo 2.37'de verilmektedir.

Tablo 2.36. MBY ile TDY-2007'ye göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	1343.66	0.87
	y	1373.44	0.88
8 Katlı	x	1541.21	2.29
	y	1563.37	2.32
12 Katlı	x	2170.42	5.13
	y	2170.83	5.23

Tablo 2.37. MBY ile TDY-2007'ye göre elde edilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	427.27	290.15	91.43
	254	1816.47	281.54	97.31
	290	1123.77	257.02	91.22
	26	819.85	299.38	103.46
8 Katlı	2	913.38	355.55	103.80
	254	3645.95	341.64	110.21
	290	2229.41	313.81	103.68
	26	1654.66	365.98	119.81
12 Katlı	2	1616.67	507.93	143.41
	254	5477.02	484.26	151.39
	290	3353.46	450.00	142.13
	26	2524.64	523.63	168.42

TDY-2007'ye göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.38-Tablo 2.43'te verilmektedir.



Tablo 2.38. 4 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
4	300	0.87	0.20	1.60	0.0053	0.02
3	300	0.67	0.25	2.00	0.0067	0.02
2	300	0.42	0.27	2.16	0.0072	0.02
1	300	0.15	0.15	1.20	0.0040	0.02

Tablo 2.39. 4 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
4	300	0.88	0.19	1.52	0.0051	0.02
3	300	0.69	0.26	2.08	0.0069	0.02
2	300	0.43	0.27	2.16	0.0072	0.02
1	300	0.16	0.16	1.28	0.0043	0.02

Tablo 2.40. 8 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
8	300	2.30	0.15	1.20	0.0040	0.02
7	300	2.15	0.21	1.68	0.0056	0.02
6	300	1.94	0.28	2.24	0.0075	0.02
5	300	1.66	0.34	2.72	0.0091	0.02
4	300	1.32	0.38	3.04	0.0101	0.02
3	300	0.94	0.39	3.12	0.0104	0.02
2	300	0.55	0.36	2.88	0.0096	0.02
1	300	0.19	0.19	1.52	0.0051	0.02

Tablo 2.41. 8 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
8	300	2.32	0.15	1.20	0.0040	0.02
7	300	2.17	0.21	1.68	0.0056	0.02
6	300	1.96	0.28	2.24	0.0075	0.02
5	300	1.68	0.34	2.72	0.0091	0.02
4	300	1.34	0.38	3.04	0.0101	0.02
3	300	0.96	0.40	3.20	0.0107	0.02
2	300	0.56	0.36	2.88	0.0096	0.02
1	300	0.20	0.20	1.60	0.0053	0.02

Tablo 2.42. 12 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
12	300	5.13	0.16	1.28	0.0043	0.02
11	300	4.97	0.22	1.76	0.0059	0.02
10	300	4.75	0.29	2.32	0.0077	0.02
9	300	4.46	0.37	2.96	0.0099	0.02
8	300	4.09	0.43	3.44	0.0115	0.02
7	300	3.66	0.49	3.92	0.0131	0.02
6	300	3.17	0.55	4.40	0.0147	0.02
5	300	2.62	0.59	4.72	0.0157	0.02
4	300	2.03	0.62	4.96	0.0165	0.02
3	300	1.41	0.61	4.88	0.0163	0.02
2	300	0.80	0.53	4.24	0.0141	0.02
1	300	0.27	0.27	2.16	0.0072	0.02

Tablo 2.43. 12 katlı bina için MBY ile TDY-2007'ye göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

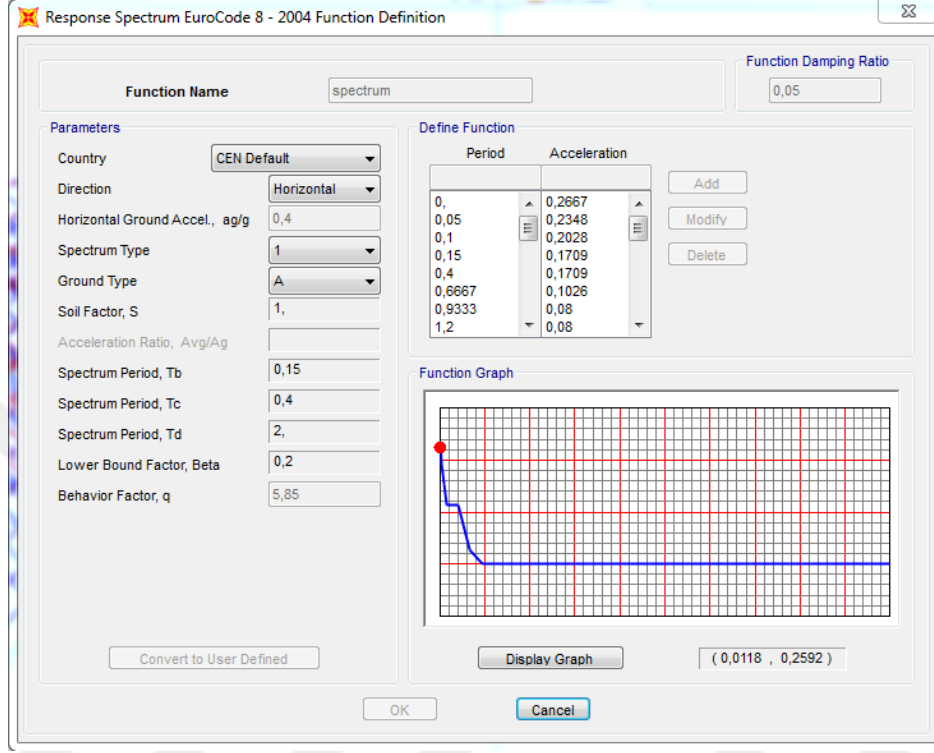
Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$\Delta_i$ (cm)	Etkin Görelî Kat Ötelemesi $\delta_i$ (cm)	$\delta_i / h_i$	İzin Verilen
12	300	5.23	0.18	1.44	0.0048	0.02
11	300	5.05	0.24	1.92	0.0064	0.02
10	300	4.81	0.31	2.48	0.0083	0.02
9	300	4.50	0.38	3.04	0.0101	0.02
8	300	4.12	0.44	3.52	0.0117	0.02
7	300	3.68	0.50	4.00	0.0133	0.02
6	300	3.18	0.54	4.32	0.0144	0.02
5	300	2.64	0.59	4.72	0.0157	0.02
4	300	2.05	0.62	4.96	0.0165	0.02
3	300	1.43	0.61	4.88	0.0163	0.02
2	300	0.82	0.54	4.32	0.0144	0.02
1	300	0.28	0.28	2.24	0.0075	0.02

Tablo 2.38-Tablo 2.43'teki sonuçlar kontrol edildiğinde binanın 4, 8 ve 12 katlı olması halinde etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $\delta_{i(\max)} / h_i \leq 0.02$  koşulunun tüm katlarda sağlandığı görülmektedir.

#### b) EC8'e Göre MBY ile Hesap

SAP2000v20 versiyonunda EC8 yönetmeliğine göre mod birleştirme yöntemi için veri girişi arayüzü Şekil 2.9'da gösterilmektedir.  $\pm$  %5 dışmerkezlilik etkisi göz önünde

bulundurularak EC8’de tanımlanan ivme spektrumunu verecek parametreler girilerek deprem analizleri yapılmaktadır.



Şekil 2.9. EC8’e göre MBY veri girişi arayüzü

EC8’e göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.44 ve Tablo 2.45’de verilmektedir.

Tablo 2.44. MBY ile EC8’e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değiştirmeler (cm)
4 Katlı	x	2231.82	1.46
	y	2278.50	1.47
8 Katlı	x	2960.30	4.50
	y	2991.29	4.48
12 Katlı	x	4351.30	10.77
	y	4384.04	10.78

Tablo 2.45. MBY ile EC8'e göre elde edilen bazı kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat Sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	467.43	482.25	148.37
	254	1737.36	468.33	157.94
	290	1073.60	423.40	142.31
	26	783.90	498.39	171.28
8 Katlı	2	1131.70	677.61	192.74
	254	3487.90	654.90	206.09
	290	2130.20	597.40	186.79
	26	1582.38	699.98	227.93
12 Katlı	2	2205.16	1014.93	278.64
	254	5239.70	982.43	299.66
	290	3204.43	896.57	269.23
	26	2414.47	1049.91	334.41

EC8'e göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.46-Tablo 2.51'de verilmektedir.

Tablo 2.46. 4 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$d_{i, \min}$ (cm)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\min}$ (cm)	$\Delta_{\text{ort}}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
4	300	1.47	1.32	0.34	0.31	0.33	1.90	0.76	1.5
3	300	1.13	1.01	0.43	0.38	0.41	2.37	0.95	1.5
2	300	0.70	0.63	0.45	0.40	0.43	2.49	0.99	1.5
1	300	0.25	0.23	0.25	0.23	0.24	1.40	0.56	1.5

Tablo 2.47. 4 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i, \max}$ (cm)	$d_{i, \min}$ (cm)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\min}$ (cm)	$\Delta_{\text{ort}}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
4	300	1.47	1.36	0.32	0.29	0.31	1.78	0.71	1.5
3	300	1.15	1.07	0.43	0.40	0.42	2.43	0.97	1.5
2	300	0.72	0.67	0.47	0.42	0.45	2.60	1.04	1.5
1	300	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.46	0.59	1.5

Tablo 2.48. 8 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
8	300	4.50	4.02	0.29	0.26	0.28	1.61	0.64	1.5
7	300	4.21	3.76	0.41	0.37	0.39	2.28	0.91	1.5
6	300	3.80	3.39	0.55	0.48	0.52	3.01	1.21	1.5
5	300	3.25	2.91	0.66	0.60	0.63	3.69	1.47	1.5
4	300	2.59	2.31	0.75	0.66	0.71	4.12	<b>1.65</b>	1.5
3	300	1.84	1.65	0.78	0.70	0.74	4.33	<b>1.73</b>	1.5
2	300	1.06	0.95	0.70	0.62	0.66	3.86	<b>1.54</b>	1.5
1	300	0.36	0.33	0.36	0.33	0.35	2.02	0.81	1.5

Tablo 2.49. 8 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
8	300	4.48	4.10	0.29	0.25	0.27	1.58	0.63	1.5
7	300	4.19	3.85	0.40	0.37	0.39	2.25	0.90	1.5
6	300	3.79	3.48	0.54	0.48	0.51	2.98	1.19	1.5
5	300	3.25	3.00	0.65	0.60	0.63	3.66	1.46	1.5
4	300	2.60	2.40	0.74	0.68	0.71	4.15	<b>1.66</b>	1.5
3	300	1.86	1.72	0.78	0.72	0.75	4.39	<b>1.76</b>	1.5
2	300	1.08	1.00	0.70	0.65	0.68	3.95	<b>1.58</b>	1.5
1	300	0.38	0.35	0.38	0.35	0.37	2.14	0.85	1.5

Tablo 2.50. 12 katlı bina için MBY ile EC8'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
12	300	10.77	9.60	0.32	0.28	0.30	1.76	0.70	1.5
11	300	10.45	9.32	0.45	0.40	0.43	2.49	0.99	1.5
10	300	10.00	8.92	0.62	0.55	0.59	3.42	1.37	1.5
9	300	9.38	8.37	0.77	0.69	0.73	4.27	<b>1.71</b>	1.5
8	300	8.61	7.68	0.93	0.82	0.88	5.12	<b>2.05</b>	1.5
7	300	7.68	6.86	1.05	0.94	0.99	5.82	<b>2.33</b>	1.5
6	300	6.63	5.92	1.17	1.05	1.11	6.49	<b>2.60</b>	1.5
5	300	5.46	4.87	1.26	1.12	1.19	6.96	<b>2.78</b>	1.5
4	300	4.20	3.75	1.30	1.16	1.23	7.20	<b>2.88</b>	1.5
3	300	2.90	2.59	1.27	1.13	1.20	7.02	<b>2.81</b>	1.5
2	300	1.63	1.46	1.08	0.97	1.03	6.00	<b>2.40</b>	1.5
1	300	0.55	0.49	0.55	0.49	0.52	3.04	1.22	1.5

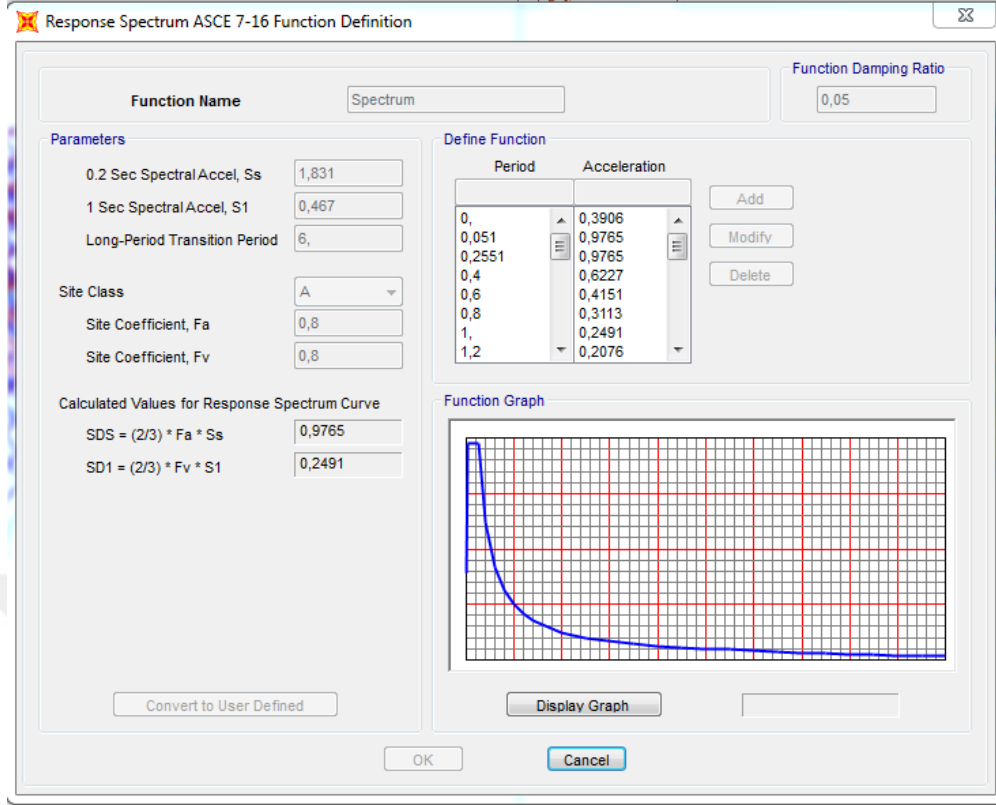
Tablo 2.51. 12 katlı bina için MBY ile EC8'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i,max}$ (cm)	$d_{i,min}$ (cm)	$\Delta_{max}$ (cm)	$\Delta_{min}$ (cm)	$\Delta_{ort}$ (cm)	$d_r$ (cm)	$d_{r,v}$ (cm)	İzin verilen $0.005 h_i$
12	300	10.78	9.80	0.33	0.28	0.31	1.78	0.71	1.5
11	300	10.45	9.52	0.47	0.41	0.44	2.57	1.03	1.5
10	300	9.98	9.11	0.63	0.56	0.60	3.48	1.39	1.5
9	300	9.35	8.55	0.78	0.70	0.74	4.33	<b>1.73</b>	1.5
8	300	8.57	7.85	0.92	0.83	0.88	5.12	<b>2.05</b>	1.5
7	300	7.65	7.02	1.05	0.95	1.00	5.85	<b>2.34</b>	1.5
6	300	6.60	6.07	1.16	1.06	1.11	6.49	<b>2.60</b>	1.5
5	300	5.44	5.01	1.23	1.13	1.18	6.90	<b>2.76</b>	1.5
4	300	4.21	3.88	1.29	1.18	1.24	7.22	<b>2.89</b>	1.5
3	300	2.92	2.70	1.26	1.16	1.21	7.08	<b>2.83</b>	1.5
2	300	1.66	1.54	1.09	1.01	1.05	6.14	<b>2.46</b>	1.5
1	300	0.57	0.53	0.57	0.53	0.55	3.22	1.29	1.5

Tablo 2.46-Tablo 2.51'deki sonuçlar kontrol edildiğinde binanın 4 katlı olması durumunda etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $d_{r,v} \leq 0.005 h_i$  koşulunun tüm katlarda sağlandığı görülmüştür. Fakat yapının 8 ve 12 katlı olması durumunda çoğu katta her iki doğrultusunda bu koşul sağlamamaktadır. Bu durumda, yönetmelik gereği taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem analizinin tekrarlanması gerekmektedir.

#### c) ASCE 7/16'ya Göre MBY ile Hesap

SAP2000v20 verisyonunda ASCE 7/16 yönetmeliğine göre mod birleştirme yöntemi için veri girişi arayüzü Şekil 2.10'da görülmektedir.  $\pm$  %5 dışmerkezlik etkisi göz önünde bulundurularak ASCE 7/16'da tanımlanan ivme spektrumunu verecek parametreler girilerek deprem analizleri yapılmaktadır.



Şekil 2.10. ASCE 7/16'ya göre MBY veri girişi arayüzü

ASCE 7/16'ya göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.52 ve Tablo 2.53'te verilmektedir.

Tablo 2.52. MBY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değiştirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yer Yatay Değişimler (cm)
4 Katlı	X	968.89	0.61
	Y	991.73	0.62
8 Katlı	X	1474.39	2.07
	Y	1474.39	2.08
12 Katlı	X	2216.74	4.95
	Y	2216.74	5.09

Tablo 2.53. MBY ile ASCE 7/16'ya göre elde edilen bazı kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat Sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	412.45	208.01	68.06
	254	1570.11	201.74	71.55
	290	972.46	186.84	71.19
	26	708.76	214.29	74.71
8 Katlı	2	976.24	332.68	99.97
	254	3310.57	317.57	104.33
	290	2041.44	297.46	102.15
	26	1505.70	341.66	113.58
12 Katlı	2	1762.13	516.80	149.08
	254	5055.38	488.80	154.84
	290	3127.75	456.08	147.85
	26	2336.12	532.02	173.24

ASCE 7/16'ya göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görel kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.54-Tablo 2.59'da verilmektedir.

Tablo 2.54. 4 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
4	300	0.61	0.13	0.72	6.00
3	300	0.48	0.18	0.99	6.00
2	300	0.30	0.19	1.05	6.00
1	300	0.11	0.11	0.61	6.00

Tablo 2.55. 4 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görel kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	İzin Verilen $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
4	300	0.62	0.13	0.72	6.00
3	300	0.49	0.18	0.99	6.00
2	300	0.31	0.20	1.10	6.00
1	300	0.11	0.11	0.61	6.00



Tablo 2.56. 8 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	Kontrol $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
8	300	2.07	0.13	0.71	6.00
7	300	1.94	0.19	1.05	6.00
6	300	1.75	0.25	1.38	6.00
5	300	1.50	0.30	1.65	6.00
4	300	1.20	0.33	1.82	6.00
3	300	0.87	0.36	1.98	6.00
2	300	0.51	0.33	1.82	6.00
1	300	0.18	0.18	0.99	6.00

Tablo 2.57. 8 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	Kontrol $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
8	300	2.08	0.14	0.77	6.00
7	300	1.94	0.19	1.05	6.00
6	300	1.75	0.24	1.32	6.00
5	300	1.51	0.30	1.65	6.00
4	300	1.21	0.33	1.82	6.00
3	300	0.88	0.36	1.98	6.00
2	300	0.52	0.34	1.87	6.00
1	300	0.18	0.18	0.99	6.00

Tablo 2.58. 12 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	Kontrol $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
12	300	4.95	0.16	0.88	6.00
11	300	4.79	0.21	1.16	6.00
10	300	4.58	0.29	1.60	6.00
9	300	4.29	0.34	1.87	6.00
8	300	3.95	0.41	2.26	6.00
7	300	3.54	0.47	2.59	6.00
6	300	3.07	0.52	2.86	6.00
5	300	2.55	0.56	3.08	6.00
4	300	1.99	0.59	3.25	6.00
3	300	1.40	0.60	3.30	6.00
2	300	0.80	0.53	2.92	6.00
1	300	0.27	0.27	1.49	6.00

Tablo 2.59. 12 katlı bina için MBY ile ASCE 7/16'ya göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$d_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max} = C_d \cdot \delta_{i \max} / I$ (cm)	Kontrol $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$
12	300	5.09	0.17	0.94	6.00
11	300	4.92	0.24	1.32	6.00
10	300	4.68	0.30	1.65	6.00
9	300	4.38	0.37	2.04	6.00
8	300	4.01	0.42	2.31	6.00
7	300	3.59	0.48	2.64	6.00
6	300	3.11	0.52	2.86	6.00
5	300	2.59	0.57	3.14	6.00
4	300	2.02	0.59	3.25	6.00
3	300	1.43	0.61	3.36	6.00
2	300	0.82	0.53	2.92	6.00
1	300	0.29	0.29	1.60	6.00

Tablo 2.54- Tablo 2.59'daki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problemi olmadığı ve  $\Delta_{i \max} \leq 0.02 h_i$  koşulunun bütün katlarda sağlandığı görülmüştür.

#### d) TBDY-2018'e Göre MBY ile Hesap

TBDY-2018'in henüz SAP2000 programına entegre edilmediğinden dolayı ve TBDY-2018'deki analiz adımlarının ASCE 7/16'daki analiz adımlarına benzediği için programda ASCE 7/16'ya tahsis edilen analiz arayüzünden faydalanarak analizler yapılmıştır. Yine ASCE 7/16'ya göre yapılan 2/3 azaltmanın giderilmesi için DD-2'ye ait spektral ivme katsayıları 3/2 oranıyla çarpılarak kullanılmıştır.  $\pm$  %5 dışmerkezlilik etkisi göz önünde bulundurularak TBDY-2018'de tanımlanan ivme spektrumunu verecek parametreler girilerek deprem analizleri yapılmaktadır.

TBDY-2018'e göre yapılan analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri, en büyük yatay yer değiştirmeler ve seçilen kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri Tablo 2.60 ve Tablo 2.61'de verilmektedir.

Tablo 2.60. MBY ile TBDY-2018'e göre elde edilen taban kesme kuvvetleri ve en büyük yatay yer değistirmeler

Kat Sayısı	Doğrultu	Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	En Büyük Yatay Yer Değistirmeler (cm)
4 Katlı	x	805.17	0.51
	y	828.35	0.52
8 Katlı	x	1228.63	1.73
	y	1228.59	1.74
12 Katlı	x	1844.75	4.10
	y	1844.74	4.26

Tablo 2.61. MBY ile TBDY-2018'e göre elde edilen bazı kolonların aksenal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvvetleri

Kat Sayısı	Kolon Numarası	Eksenal Kuvvet (kN)	Eğilme Momenti (kN.m)	Kesme Kuvveti (kN)
4 Katlı	2	386.58	173.66	58.23
	254	1505.69	167.37	60.87
	290	927.03	155.73	60.87
	26	678.57	178.77	62.92
8 Katlı	2	903.91	278.59	85.17
	254	3145.02	263.86	87.89
	290	1924.99	249.17	87.09
	26	1427.36	285.68	95.62
12 Katlı	2	1612.88	433.51	126.70
	254	4786.82	406.10	129.95
	290	2939.27	381.00	125.46
	26	2207.54	445.65	145.93

TBDY-2018'e göre yapılan analizler sonucunda yapının x ve y doğrultularında elde edilen etkin görelî kat ötelemelerinin değerleri Tablo 2.62-2.67'de verilmektedir. Kontrollerde kullanılan  $\kappa$  ve  $\lambda$  katsayıları eşdeğer deprem yükü yönteminde anlatıldığı gibi alınmıştır.

Tablo 2.62. 4 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
4	300	0.51	0.12	0.96	0.0013	0.0040
3	300	0.39	0.15	1.20	0.0016	0.0040
2	300	0.24	0.15	1.20	0.0016	0.0040
1	300	0.09	0.09	0.72	0.0010	0.0040

Tablo 2.63. 4 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
4	300	0.52	0.12	0.96	0.0013	0.0040
3	300	0.40	0.15	1.20	0.0016	0.0040
2	300	0.25	0.16	1.28	0.0017	0.0040
1	300	0.09	0.09	0.72	0.0010	0.0040

Tablo 2.64. 8 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
8	300	1.73	0.12	0.96	0.0013	0.0040
7	300	1.61	0.15	1.20	0.0016	0.0040
6	300	1.46	0.21	1.68	0.0022	0.0040
5	300	1.25	0.25	2.00	0.0027	0.0040
4	300	1.00	0.28	2.24	0.0030	0.0040
3	300	0.72	0.30	2.40	0.0032	0.0040
2	300	0.42	0.27	2.16	0.0029	0.0040
1	300	0.15	0.15	1.20	0.0016	0.0040

Tablo 2.65. 8 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
8	300	1.74	0.12	0.96	0.0013	0.0040
7	300	1.62	0.16	1.28	0.0017	0.0040
6	300	1.46	0.20	1.60	0.0021	0.0040
5	300	1.26	0.25	2.00	0.0027	0.0040
4	300	1.01	0.28	2.24	0.0030	0.0040
3	300	0.73	0.30	2.40	0.0032	0.0040
2	300	0.43	0.28	2.24	0.0030	0.0040
1	300	0.15	0.15	1.20	0.0016	0.0040

Tablo 2.66. 12 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre x doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
12	300	4.10	0.13	1.04	0.0014	0.0040
11	300	3.97	0.18	1.44	0.0019	0.0040
10	300	3.79	0.23	1.84	0.0025	0.0040
9	300	3.56	0.29	2.32	0.0031	0.0040
8	300	3.27	0.34	2.72	0.0036	0.0040
7	300	2.93	0.39	3.12	<b>0.0042</b>	0.0040
6	300	2.54	0.43	3.44	<b>0.0046</b>	0.0040
5	300	2.11	0.46	3.68	<b>0.0049</b>	0.0040
4	300	1.65	0.49	3.92	<b>0.0052</b>	0.0040
3	300	1.16	0.50	4.00	<b>0.0053</b>	0.0040
2	300	0.66	0.43	3.44	<b>0.0046</b>	0.0040
1	300	0.23	0.23	1.84	0.0025	0.0040

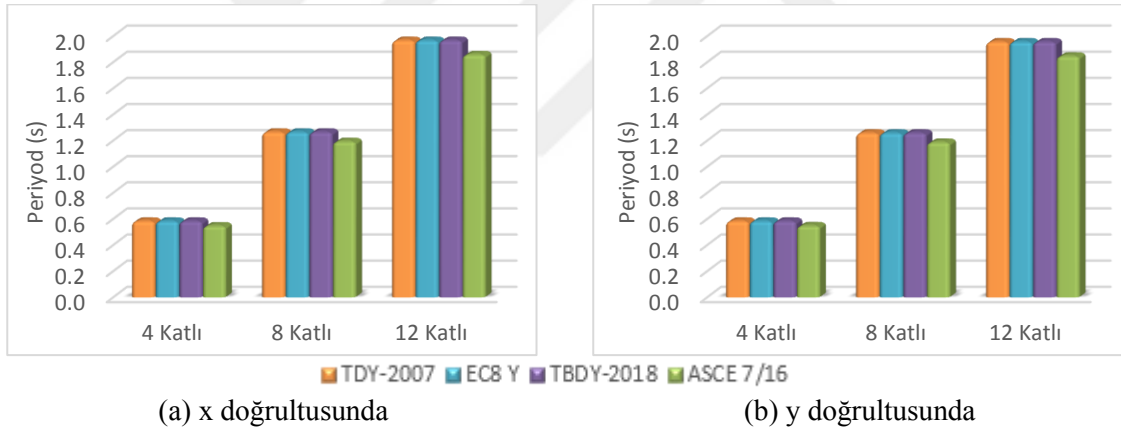
Tablo 2.67. 12 katlı bina için MBY ile TBDY-2018'e göre y doğrultusunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri

Kat	$h_i$ (cm)	$u_{i \max}$ (cm)	$\Delta_{i \max}$ (cm)	$\delta_{i \max} = \Delta_{i \max} \cdot R$ (cm)	$\lambda \delta_{i, \max} / h_i$	İzin Verilen 0.008 $\kappa$
12	300	4.26	0.15	1.20	0.0016	0.0040
11	300	4.11	0.21	1.68	0.0022	0.0040
10	300	3.90	0.25	2.00	0.0027	0.0040
9	300	3.65	0.30	2.40	0.0032	0.0040
8	300	3.35	0.36	2.88	0.0038	0.0040
7	300	2.99	0.40	3.20	<b>0.0043</b>	0.0040
6	300	2.59	0.43	3.44	<b>0.0046</b>	0.0040
5	300	2.16	0.48	3.84	<b>0.0051</b>	0.0040
4	300	1.68	0.49	3.92	<b>0.0052</b>	0.0040
3	300	1.19	0.50	4.00	<b>0.0053</b>	0.0040
2	300	0.69	0.45	3.60	<b>0.0048</b>	0.0040
1	300	0.24	0.24	1.92	0.0026	0.0040

Tablo 2.62-Tablo 2.67'deki sonuçlar kontrol edildiğinde yapının 4 ve 8 katlı olması halinde etkin görelî kat ötelemesi açısından bir problem olmadığı ve  $\lambda \delta_{i, \max} / h_i \leq 0.008 \kappa$  koşulunun bütün katlarda sağlandığı görülmüştür. Fakat 12 katlı olması durumunda bu koşulun yapının çoğu katında sağlanmadığı görülmüştür. Bu durumda, yönetmelik gereği taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem analizinin tekrarlanması gerekmektedir.

### 2.4.3. Analizler Sonuçlarının Karşılaştırılması

Şekil 2.11’de dört deprem yönetmeliğine göre yapılan modal analiz sonucunda yapının x ve y doğrultusu için elde edilen hâkim doğal titreşim periyodları görülmektedir. Şekil 2.11’de görüldüğü gibi TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018 için bulunan periyod sonuçları aynı çıkmıştır. Bunun sebebi ise, bu üç yönetmelik için dikkate alınan sabit ve hareketli yüklerin aynı olmasıdır. Yanı sıra ASCE 7/16 için bulunan sonuçlar diğer yönetmeliklerden tüm yapı durumlarında daha az çıkmıştır. Bunun nedeni ise, ASCE 7/16 yönetmeliği için bu örnek yapıda sadece sabit yüklerin dikkate alınmasıdır. Şekil 2.11’de görülen başka bir husus ise, tüm yönetmelikler için geçerli olmak üzere kat adedi arttıkça x ve y doğrultularına göre elde edilen periyodların birbirinden farklı olmaya başlaması ve x doğrultusuna göre bulunan periyodların y doğrultusuna göre bulunan periyodlardan daha büyük çıkmasıdır. Bunun sebebi ise, yapının x doğrultusunun y doğrultusuna göre daha geniş olmasıdır.



Şekil 2.11. Yapı hâkim doğal titreşim periyodlarının yönetmeliklere göre değişimi

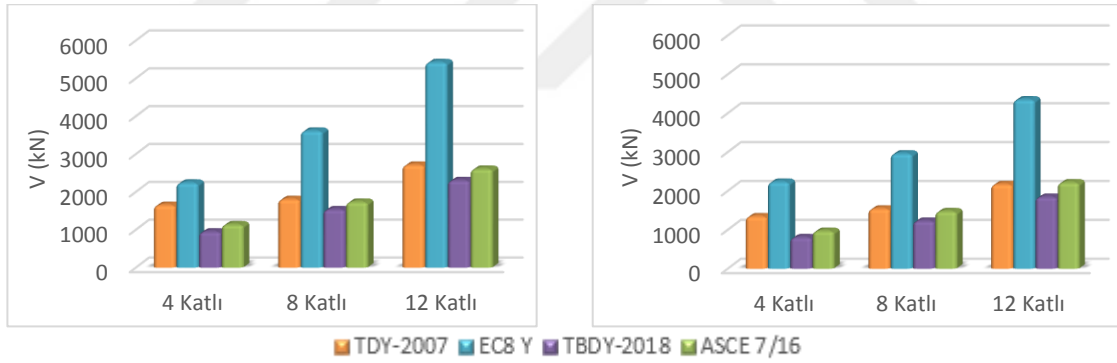
Tablo 2.68, Tablo 2.69, Şekil 2.12 ve Şekil 2.13’te yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü (EDYY) ile mod birleştirme yöntemlerine (MBY) göre yapılan analizler sonucunda x ve y doğrultularında elde edilen taban kesme kuvvetleri değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.68. EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin yüzdelik değişimi

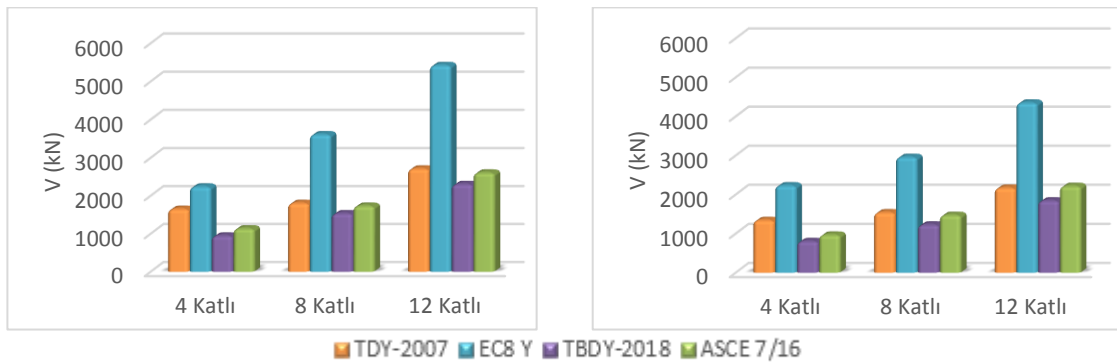
	Doğrultu	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	x	1651.67	2240.55	36	948.35	-43	1137.83	-31
	y	1651.51	2240.27	36	948.32	-43	1137.42	-31
8 katlı	x	1806.60	3613.20	100	1535.76	-15	1734.59	-4
	y	1806.60	3613.20	100	1535.76	-15	1734.59	-4
12 katlı	x	2712.63	5425.26	100	2305.95	-15	2607.93	-4
	y	2712.63	5425.26	100	2305.95	-15	2607.93	-4

Tablo 2.69. MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin yüzdelik değişimi

	Doğrultu	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	x	1343.66	2231.82	66	805.17	-40	968.89	-28
	y	1373.44	2278.50	66	828.35	-40	991.73	-28
8 katlı	x	1541.21	2960.30	92	1228.63	-20	1474.39	-4
	y	1563.37	2991.29	91	1228.59	-21	1474.39	-6
12 katlı	x	2170.42	4351.30	100	1844.75	-15	2216.74	2
	y	2170.83	4384.04	102	1844.74	-15	2216.74	2



Şekil 2.12. x doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin değişimi



Şekil 2.13. y doğrultusunda hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin değişimi

Yukarıda verilen tablolar ve şekillerden görüldüğü gibi her iki yöntemde de EC8 ile elde edilen sonuçlar en elverişsiz çıkmıştır. Bunun ana nedeni EC8’de elastik deprem yükü azaltma işleminin diğer yöntemlere göre daha küçük bir sayıyla yapılması ve dolaylı olarak yapıya uygulanan deprem yükünün daha büyük olmasıdır.

Diğer bir bulgu ise TDY-2007’de bulunan sonuçların TBDY-2018 ve ASCE/16’da bulunan sonuçlara göre daha büyük çıkmasıdır. Aradaki farkın kat adedi arttıkça azaldığı ve özellikle EDYY’de 8 katlı durumundan itibaren sabitlendiği görülmüştür. TDY-2007 ile elde edilen sonuçların daha büyük çıkma sebebi, yönetmeliklerde kullanılan spektrum şeklinin farklı olması ve TDY-2007’deki spektrum şeklinden kaynaklı daha büyük spektral ivme kullanılmasıdır. Sonuçların arasındaki farkın kat adedi arttıkça azalması ve 8 katlı durumundan itibaren sabitlenmesinin sebebi ise, kat adedinin artması ile beraber artan 1. doğal titreşim periyodu ve ona bağlı olarak periyodun spektrum eğrisindeki yeri sabit bölgeye yaklaşmasından kaynaklı spektral ivmenin lineer olarak azalmasıdır.

ASCE 7/16 ile TBDY-2018’de uygulanan hesap aşamalarının aynı olmasına rağmen iki yönetmelikten çıkan sonuçların farklı olduğu ve ASCE 7/16’da çıkan sonuçların TBDY-2018’de çıkan sonuçlardan daha büyük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, ASCE 7/16’da deprem hesabında dikkate alınan spektral bilgilerin 2/3 oranı ile azaltılmasına rağmen TBDY-2018’de dikkate alınan DD-1’e ait spektral bilgilerden daha büyük olması ve yapıya etki eden deprem yükünün daha fazla olmasıdır.

Son olarak, Mod birleştirme yöntemi ile bulunan sonuçların tüm durumlarda eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan sonuçlardan daha az çıktığı görülmüştür. Bunun sebebi ise, eşdeğer deprem yükü yönteminde sadece 1. doğal titreşim periyodunun kullanılması ve mod birleştirme yönteminde yapı periyodlarının %100’e yakın bir oranı kullanılmasıdır.

Tablo 2.70, Tablo 2.71, Şekil 2.14 ve Şekil 2.15’te yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda x ve y doğrultularında elde edilen en büyük yatay yer değiştirme değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

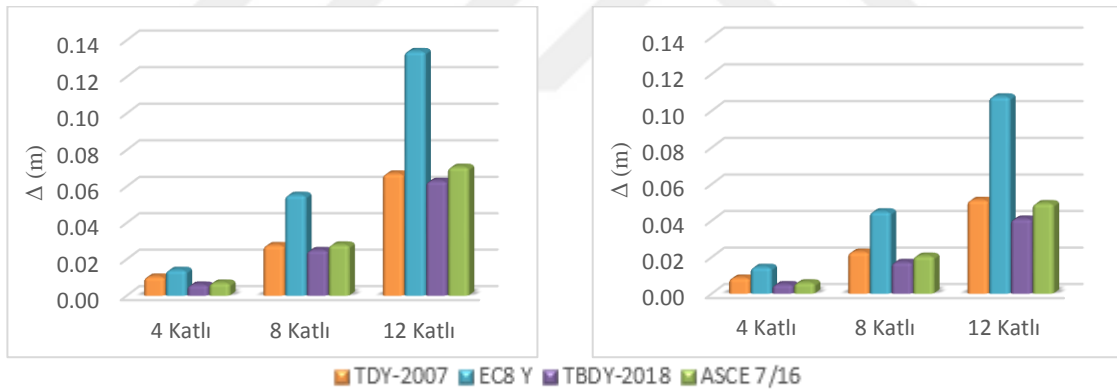


Tablo 2.70. EDYY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin yzdelik değişimi

	Yön	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	x	0.0104	0.0141	36	0.0060	-42	0.0071	-32
	y	0.0105	0.0142	35	0.0061	-42	0.0072	-31
8 katlı	x	0.0277	0.0553	100	0.0250	-10	0.0280	1
	y	0.0277	0.0551	99	0.0250	-10	0.0279	1
12 katlı	x	0.0670	0.1340	100	0.0630	-6	0.0707	6
	y	0.0680	0.1345	98	0.0641	-6	0.0717	5

Tablo 2.71. MBY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin yzdelik değişimi

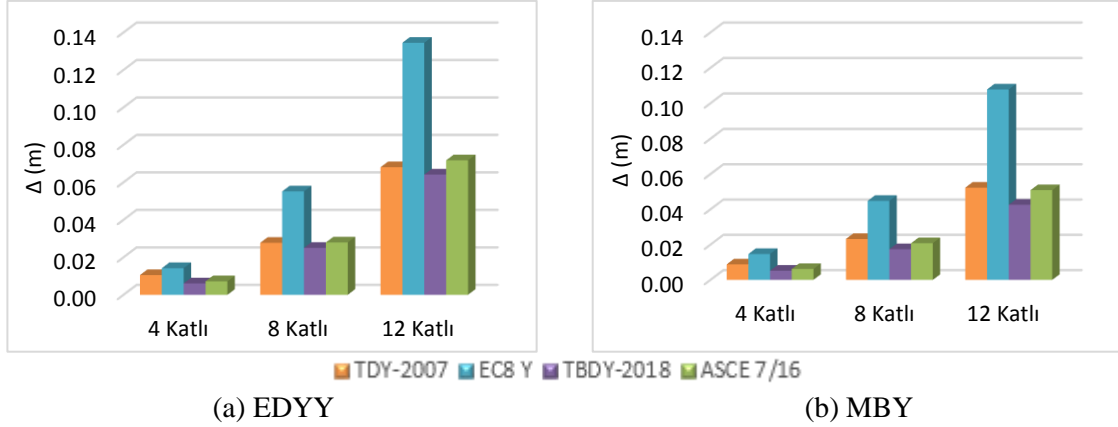
	Yön	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	x	0.0087	0.0146	68	0.0051	-41	0.0061	-30
	y	0.0088	0.0147	67	0.0052	-41	0.0062	-30
8 katlı	x	0.0229	0.0450	97	0.0173	-24	0.0207	-10
	y	0.0232	0.0448	93	0.0174	-25	0.0208	-10
12 katlı	x	0.0513	0.1077	110	0.0410	-20	0.0495	-4
	y	0.0523	0.1078	106	0.0426	-19	0.0509	-3



(a) EDYY

(b) MBY

Şekil 2.14. x doğrultusunda hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin değişimi



Şekil 2.15. y doğrultusunda hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin değişimi

Söz konusu tablolar ve şekillerde görüldüğü gibi en büyük yatay yer değiştirmelerde saptanan bulgular taban kesme kuvvetlerinde saptanan bulgular ile birebir aynı çıkmıştır. Bunun nedeni ise, yer değiştirmelerin taban kesme kuvvetlerine bağlı olarak değişmesidir.

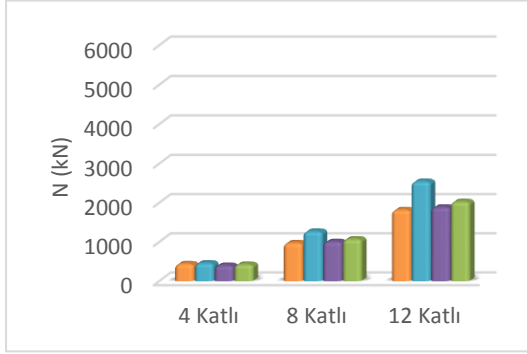
Tablo 2.72, Tablo 2.73, Şekil 2.16 ve Şekil 2.17’de yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda elde edilen kolon aksenal kuvvetlerin değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.72. EDYY ile hesaplanan aksenal kuvvetlerin yüzdelik değişimi

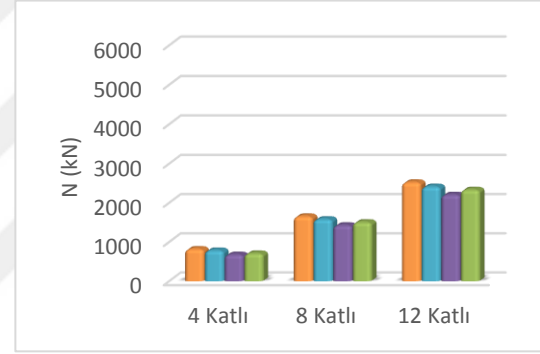
	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	<b>kolon 2</b>	439.99	460.00	5	399.67	-9	426.49	-3
	<b>kolon 254</b>	1816.47	1737.36	-4	1505.68	-17	1570.11	-14
	<b>kolon 290</b>	1123.77	1073.60	-4	927.03	-18	972.46	-13
	<b>kolon 26</b>	819.85	783.90	-4	678.57	-17	708.76	-14
8 katlı	<b>kolon 2</b>	975.03	1270.61	30	1007.13	3	1072.96	10
	<b>kolon 254</b>	3654.95	3487.89	-5	3145.02	-14	3310.57	-9
	<b>kolon 290</b>	2229.40	2130.20	-4	1924.98	-14	2041.44	-8
	<b>kolon 26</b>	1654.66	1582.37	-4	1427.36	-14	1505.70	-9
12 katlı	<b>kolon 2</b>	1819.10	2545.11	40	1887.72	4	2029.42	12
	<b>kolon 254</b>	5477.01	5239.70	-4	4786.82	-13	5055.38	-8
	<b>kolon 290</b>	3353.46	3204.43	-4	2939.27	-12	3127.75	-7
	<b>kolon 26</b>	2524.64	2414.47	-4	2207.53	-13	2336.12	-7

Tablo 2.73. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin yüzdelik değişimi

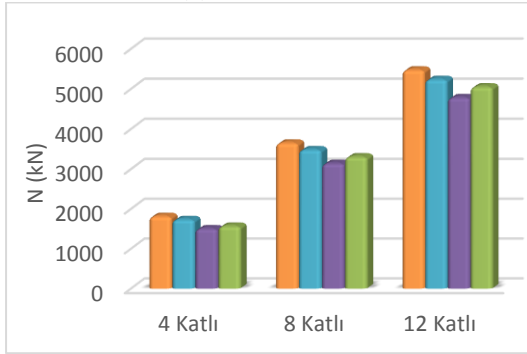
	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	kolon 2	427.27	467.43	9	386.58	-10	412.45	-3
	kolon 254	1816.47	1737.36	-4	1505.68	-17	1570.11	-14
	kolon 290	1123.77	1073.60	-4	927.03	-18	972.46	-13
	kolon 26	819.85	783.90	-4	678.57	-17	708.76	-14
8 katlı	kolon 2	913.38	1131.70	24	903.91	-1	976.24	7
	kolon 254	3654.95	3487.89	-5	3145.02	-14	3310.57	-9
	kolon 290	2229.40	2130.20	-4	1924.98	-14	2041.44	-8
	kolon 26	1654.66	1582.37	-4	1427.36	-14	1505.70	-9
12 katlı	kolon 2	1616.67	2205.16	36	1612.88	0	1762.13	9
	kolon 254	5477.01	5239.70	-4	4786.82	-13	5055.38	-8
	kolon 290	3353.46	3204.43	-4	2939.27	-12	3127.75	-7
	kolon 26	2524.64	2414.47	-4	2207.53	-13	2336.12	-7



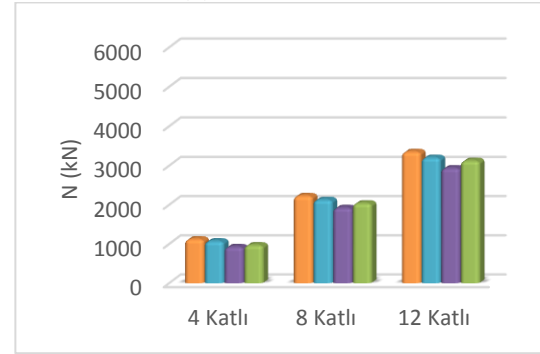
(a) 2 nolu kolon



(b) 26 nolu kolon



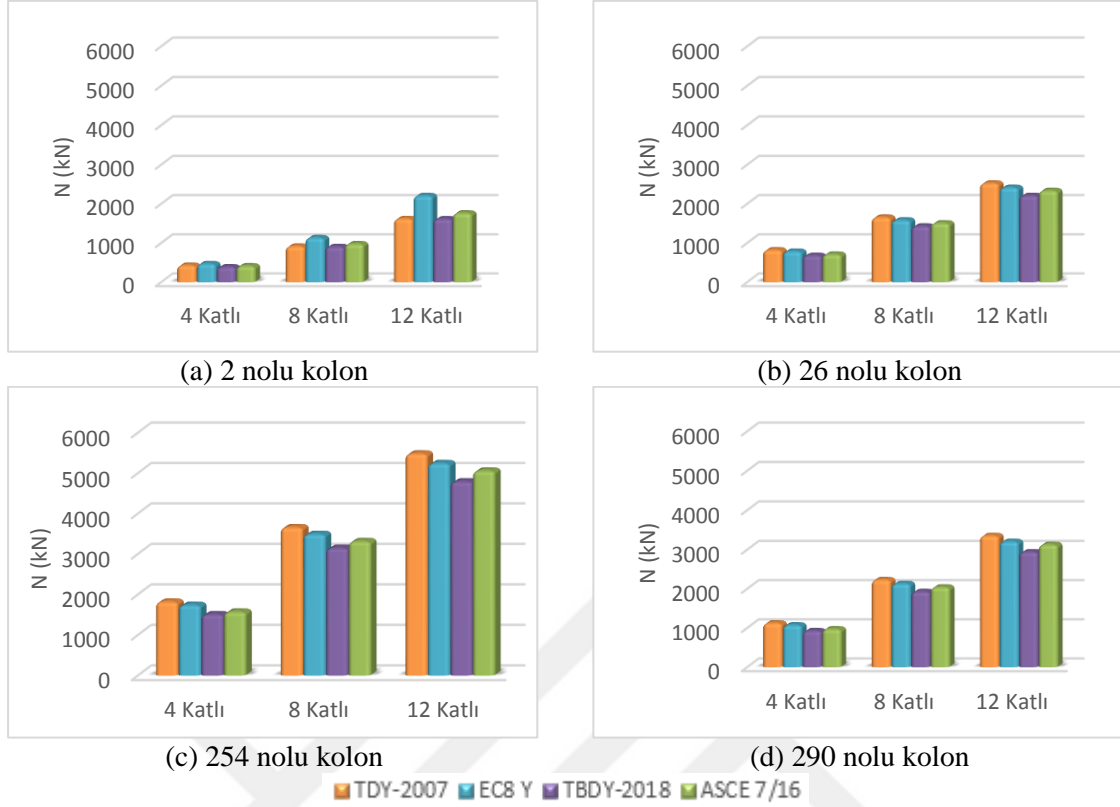
(c) 254 nolu kolon



(d) 290 nolu kolon

■ TDY-2007 ■ EC8 Y ■ TBDY-2018 ■ ASCE 7/16

Şekil 2.16. EDYY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin değişimi



Şekil 2.17. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin değişimi

Söz konusu tablolar ve şekillerden görüldüğü gibi 2 nolu kolon hariç diğer tüm kolonlarda yapının üç farklı kat durumu için TDY-2007'ye göre en elverişsiz eksenel kuvvet sonuçları çıkmıştır. Bunun nedeni ise, eksenel kuvvetin doğrudan düşey yüklerden etkilenmesi ve TDY-2007'de dikkate alınan düşey yüklerin birleşimlerinin diğer yönetmeliklere göre daha büyük yükler oluşturmasıdır. İkinci sırada EC8'e göre elde edilen sonuçların olduğu görülmüştür. TBDY-2018 ile ASCE 7/16'da dikkate alınan yük birleşimlerinin bireber aynı olmalarına rağmen ASCE 7/16'ya göre elde edilen sonuçların TBDY-2018'e göre daha elverişsiz olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise, ASCE 7/16'da dikkate alınan hareketli yüklerin daha büyük olmasıdır. İki yöntemle elde edilen sonuçların arasında hiçbir fark görülmemiştir. Bunun nedeni ise, eksenel kuvvetin doğrudan düşey yüklerden etkilenmesi ve bu konuda yöntemlerin bir etkisi olmamasıdır. 2 nolu kolonda oluşan eksenel kuvvetlerin diğer kolonlardaki sonuçlara benzememe sebebi bu kolonun köşe kolon olması ve dolaylı olarak deprem yükünden oluşan devrilme momentinin etkisi altında kalmasıdır. Bunun için EC8'in en çok deprem yükü sağlandığından dolayı 2 nolu kolonda oluşan eksenel kuvvetin en elverişsiz sonuçları EC8'e göre çıkmıştır.

Tablo 2.74, Tablo 2.75, Şekil 2.18 ve Şekil 2.19’da eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre elde edilen kolon eğilme momentlerinin değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.74. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin yüzdelik değişimi

	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	kolon 2	343.15	464.71	35	198.43	-42	236.51	-31
	kolon 254	339.24	459.22	35	196.11	-42	234.17	-31
	kolon 290	321.81	433.02	35	189.17	-41	225.02	-30
	kolon 26	354.28	480.23	36	204.53	-42	243.87	-31
8 katlı	kolon 2	402.26	801.38	99	345.91	-14	388.95	-3
	kolon 254	397.22	791.94	99	341.40	-14	384.51	-3
	kolon 290	378.42	748.67	98	327.01	-14	367.85	-3
	kolon 26	414.57	828.49	100	355.84	-14	400.37	-3
12 katlı	kolon 2	614.29	1224.28	99	527.85	-14	594.75	-3
	kolon 254	606.25	1209.82	100	520.80	-14	587.89	-3
	kolon 290	575.54	1142.88	99	495.98	-14	559.30	-3
	kolon 26	634.21	1267.24	100	544.08	-14	613.46	-3

Tablo 2.75. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin yüzdelik değişimi

	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	kolon 2	290.15	482.25	66	173.66	-40	208.01	-28
	kolon 254	281.54	468.33	66	167.37	-41	201.74	-28
	kolon 290	257.02	423.40	65	155.73	-39	186.84	-27
	kolon 26	299.38	498.39	66	178.77	-40	214.29	-28
8 katlı	kolon 2	355.55	677.61	91	278.59	-22	332.68	-6
	kolon 254	341.64	654.90	92	263.86	-23	317.57	-7
	kolon 290	313.81	597.40	90	249.17	-21	297.46	-5
	kolon 26	365.98	699.98	91	285.68	-22	341.66	-7
12 katlı	kolon 2	507.93	1014.93	100	433.51	-15	516.80	2
	kolon 254	484.26	982.43	103	406.10	-16	488.80	1
	kolon 290	450.00	896.57	99	381.00	-15	456.08	1
	kolon 26	523.63	1049.91	101	445.65	-15	532.02	2



Şekil 2.18. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin değişimi



Şekil 2.19. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin değişimi

Tablolardan ve şekillerden görüldüğü gibi tüm kolonlarda yapının üç farklı kat durumu için en elverişsiz sonuçlar EC8'e göre çıkmıştır. Bunun nedeni ise, eğilme momentlerinin doğrudan deprem yüklerine paralel olarak bağlı olması ve EC8'de yapıya uygulanan deprem yükünün daha büyük olmasıdır. Başka bir bulgu ise, TDY-2007'de bulunan sonuçların TBDY-2018 ile ASCE/16'da bulunan sonuçlara göre daha büyük çıkması ve aradaki farkın kat adedi arttıkça azaldığı ve özellikle EDYY'de 8 katlı durumundan itibaren sabitlendiği görülmüştür. TDY-2007 ile elde edilen sonuçların daha büyük çıkma sebebi, yönetmeliklerde kullanılan spektrum şeklinin farklı olması ve TDY-2007'deki spektrum şekline kaynaklı daha büyük spektral ivme kullanılmasıdır. Sonuçların arasındaki farkın kat adedi arttıkça azalması ve 8 katlı durumundan itibaren sabitlenmesinin sebebi ise, kat adedinin artması ile beraber artan 1. doğal titreşim periyodu ve ona bağlı olarak periyodun spektrum eğrisindeki yeri sabit bölgeye yaklaşmasından kaynaklı spektral ivmenin lineer olarak azalmasıdır.

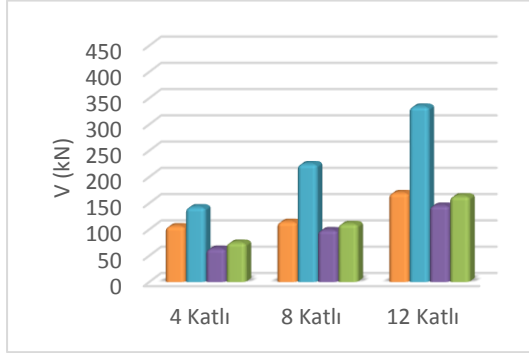
Tablo 2.76, Tablo 2.77, Şekil 2.20 ve Şekil 2.21'de eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre elde edilen kolon kesme kuvvetleri değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.76. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin yüzdelik değişimi

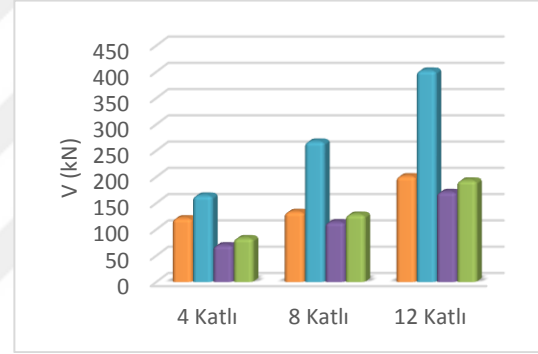
	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	<b>kolon 2</b>	106.14	142.41	34	63.43	-40	74.97	-31
	<b>kolon 254</b>	115.39	154.51	34	68.50	-41	80.90	-34
	<b>kolon 290</b>	111.40	145.48	31	70.30	-37	82.44	-29
	<b>kolon 26</b>	121.34	164.51	36	69.89	-42	83.50	-38
8 katlı	<b>kolon 2</b>	114.60	224.53	96	98.74	-14	110.62	-4
	<b>kolon 254</b>	125.53	246.23	96	107.40	-14	120.64	-5
	<b>kolon 290</b>	121.31	229.62	89	106.40	-12	119.11	-2
	<b>kolon 26</b>	133.47	267.40	100	113.93	-15	128.28	-5
12 katlı	<b>kolon 2</b>	169.48	333.92	97	145.40	-14	163.35	-6
	<b>kolon 254</b>	185.95	367.29	98	158.70	-15	178.82	-7
	<b>kolon 290</b>	176.64	340.24	93	153.47	-13	172.40	-4
	<b>kolon 26</b>	201.31	402.46	100	171.39	-15	193.28	-8

Tablo 2.77. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin yüzdelik değişimi

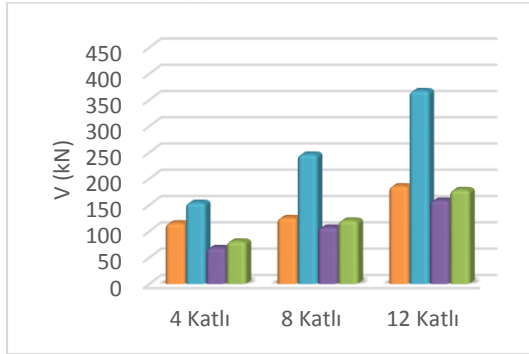
	KOLON	TDY-2007	EC8		TBDY-2018		ASCE 7/16	
		$A_0 = 0.4$	$a_g = 0.4$	%	PGA=0.4	%	PGA=0.731	%
4 katlı	kolon 2	91.43	148.37	62	58.23	-36	68.06	-26
	kolon 254	97.31	157.94	62	60.87	-37	71.55	-26
	kolon 290	91.22	142.31	56	60.87	-33	71.19	-22
	kolon 26	103.46	171.28	66	62.92	-39	74.71	-28
8 katlı	kolon 2	103.80	192.74	86	85.17	-18	99.97	-4
	kolon 254	110.21	206.09	87	87.89	-20	104.33	-5
	kolon 290	103.68	186.79	80	87.09	-16	102.15	-1
	kolon 26	119.81	227.93	90	95.62	-20	113.58	-5
12 katlı	kolon 2	143.41	278.64	94	126.70	-12	149.08	4
	kolon 254	151.39	299.66	98	129.95	-14	154.84	2
	kolon 290	142.13	269.23	89	125.46	-12	147.85	4
	kolon 26	168.42	334.41	99	145.93	-13	173.24	3



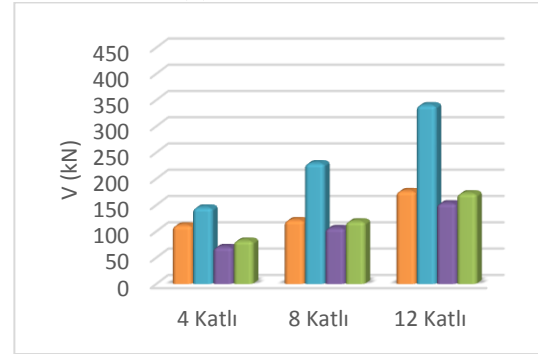
(a) 2 nolu kolon



(b) 26 nolu kolon



(c) 254 nolu kolon

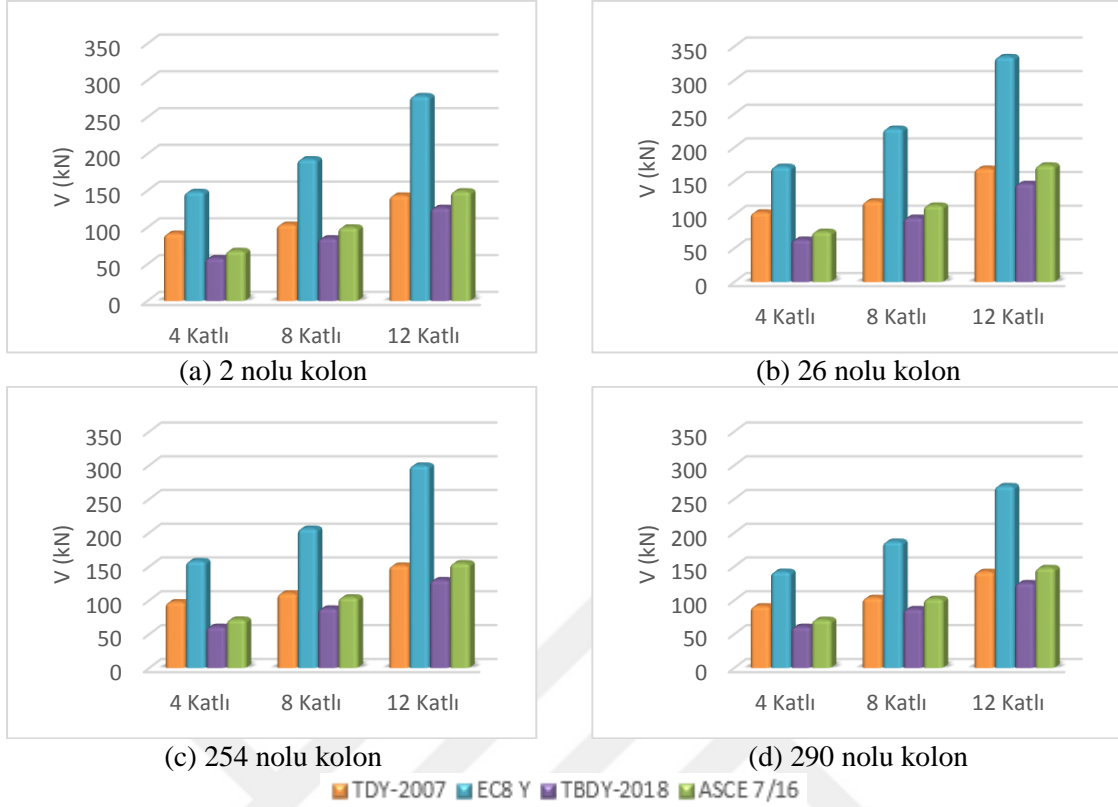


(d) 290 nolu kolon

■ TDY-2007 ■ EC8 Y ■ TBDY-2018 ■ ASCE 7/16

Şekil 2.20. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin değişimi





Şekil 2.21. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin değişimi

Tablolardan ve şekillerden görüldüğü gibi tüm kolonlarda yapının üç farklı kat durumu için en elverişsiz sonuçlar eğilme momentleri sonuçlarına benzer EC8'e göre çıkmıştır. Eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri sonuçlarına bakıldığında mod birleştirme yönteminde bulunan sonuçların eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuçlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Bu karşılaştırmada dikkate alınan durumlara göre elde edilen etkin görelî kat ötelemesi açısından bakıldığında, 4 katlı durumunda her iki yöntem için tüm yönetmeliklerin kontrol koşulunun sağlandığı görülmüştür. 8 katlı durumunda TDY-2007 ile ASCE 7/16'nın kontrol koşulunun her iki yöntem için sağlandığı, EC8'in kontrol koşulunun her iki yöntemde sağlanmadığı ve TBDY-2018'in kontrol koşulunun eşdeğer deprem yükü yöntemi için sağlanmadığı ama mod birleştirme için sağlandığı görülmüştür. 12 katlı durumunda ise eşdeğer deprem yükü yöntemi için TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018'in kontrol koşulu sağlanmazken ASCE 7/16'nın kontrol koşulunun sağlandığı ve mod birleştirme yöntemi için EC8 ile TBDY-2018'in kontrol koşulu sağlanmazken TDY-2007 ile ASCE 7/16'nın kontrol koşulunun sağlandığı saptanmıştır.

Burada TBDY-2018'in ASCE 7/16'ya göre daha az deprem yükü sağlamasına rağmen etkin görelî kat ötelemesi kontrolünün TBDY-2018'de sağlanmaması ama ASCE 7/16'da sağlanması dikkat çekmiştir. Bunun sebebi ise, TBDY-2018'de yapılan kontrollerin güvende kalınabilmesi için daha fazla kısıtlayıcı olmasıdır.

## 2.5. Sayısal Uygulama 2

Yukarıdaki örnekte ASCE 7/16 ve TBDY-2018 yönetmelikleri kullanılarak yapılan hesapta TDY-2007'ye göre 1. Deprem Bölgesine tekabül eden Çanakkale'nin 39.701218 enlem ve 26.91023 boylamında yer alan konum inşaat sahası olarak seçilmişti. Bu konum için Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2 için  $PGA=0.4$ 'tür. Aynı deprem bölgesi içerisinde (1. Deprem Bölgesi) farklı konumlar seçildiğinde ivme değerleri TDY-2007 için sabit kalırken ASCE 7/16 ve TBDY-2018 yönetmelikleri için değişiklikler göstermektedir. Bu durumu daha net göstermek ve inceleyebilmek için aşağıda verilen iki farklı konum daha seçilerek analizler yapılmıştır.

Dikkate alınan konumların enlem ve boylam bilgileri aşağıda gibidir:

1. konum: Enlem = 40.034; Boylam = 26.616
2. konum: Enlem = 39.701218; Boylam = 26.91023 (Uygulama 1'de kullanılan konum)
3. konum: Enlem = 40.4186; Boylam = 26.56

Üç konumun enlem ve boylam bilgilerine ait spektral bilgiler aşağıda gibidir:

1. konuma ait spektral bilgiler:

DD-1 için:  $S_S = 1.363$ ,  $S_1 = 0.372$ ,  $S_{DS} = 1.090$ ,  $S_{D1} = 0.298$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.566$ ,  $PGV = 34.704$

DD-2 için:  $S_S = 0.696$ ,  $S_1 = 0.204$ ,  $S_{DS} = 0.557$ ,  $S_{D1} = 0.163$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.295$ ,  $PGV = 18.442$

DD-3 için:  $S_S = 0.286$ ,  $S_1 = 0.088$ ,  $S_{DS} = 0.229$ ,  $S_{D1} = 0.070$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.122$ ,  $PGV = 7.990$

2. konuma ait spektral bilgiler:

DD-1 için:  $S_S = 1.831$ ,  $S_1 = 0.467$ ,  $S_{DS} = 1.456$ ,  $S_{D1} = 0.374$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.731$ ,  $PGV = 45.013$

DD-2 için:  $S_S = 0.966$ ,  $S_1 = 0.246$ ,  $S_{DS} = 0.773$ ,  $S_{D1} = 0.197$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.4$ ,  $PGV = 24.108$

DD-3 için:  $S_S = 0.359$ ,  $S_1 = 0.098$ ,  $S_{DS} = 0.287$ ,  $S_{D1} = 0.078$ ,  $F_S = 0.8$ ,  
 $F_1 = 0.8$ ,  $T_L = 6s$ ,  $PGA = 0.155$ ,  $PGV = 9.328$

3. konuma ait spektral bilgiler:

$$\text{DD-1 için: } S_S = 2.307, S_1 = 0.680, S_{DS} = 1.846, S_{D1} = 0.544, F_S = 0.8, \\ F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.915, PGV = 59.788$$

$$\text{DD-2 için: } S_S = 1.299, S_1 = 0.367, S_{DS} = 1.039, S_{D1} = 0.294, F_S = 0.8, \\ F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.534, PGV = 34.226$$

$$\text{DD-3 için: } S_S = 0.474, S_1 = 0.125, S_{DS} = 0.379, S_{D1} = 0.100, F_S = 0.8, \\ F_1 = 0.8, T_L = 6s, PGA = 0.203, PGV = 12.539$$

Dikkate alınan üç farklı konum için DD-1, DD-2 ve DD-3 düzeylerine ait değerlerin seçilme sebebi, ASCE 7/16'da deprem hesabında DD-1'in değerlerinin 2/3'sinin kullanılması, TBDY-2018'de deprem hesabında DD-2'in değerlerinin olduğu gibi kullanılması ve etkin görelî ötelemelerinin kontrolünde DD-3 değerlerinin kullanılmasıdır. Ayrıca, TDY-2007'de yer alan spektrum şeklinin oluşturulmasında kullanılacak olan ve 1.dereceden deprem bölgeleri için her iki yönetmelikte verilen maksimum yer ivmesinin değeri yönetmelik gereği 0.4 olarak dikkate alınmıştır.

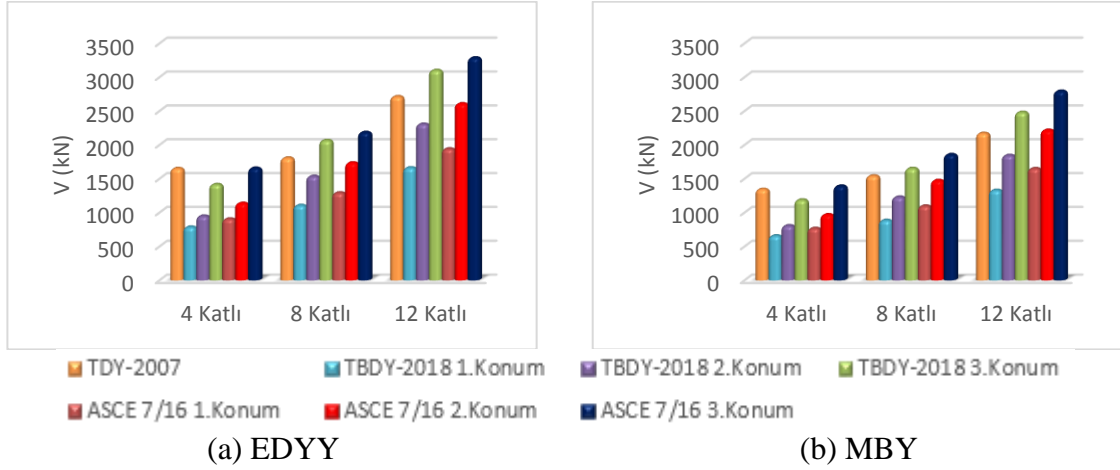
Yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda x ve x doğrultularında elde edilen taban kesme kuvvetleri değerleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak Tablo 2.78, Tablo 2.79, Şekil 2.22 ve Şekil 2.23'te verilmektedir.

Tablo 2.78. EDYY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

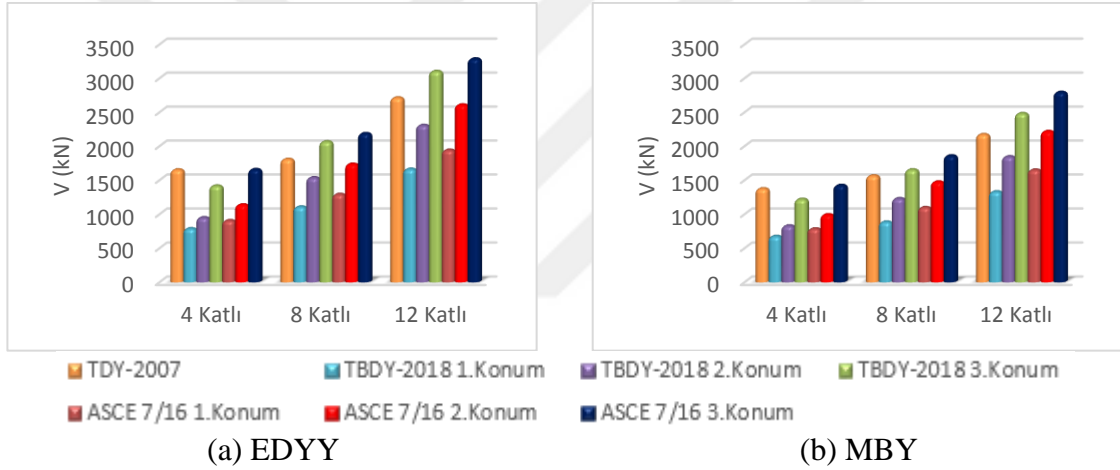
	Doğrultu	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
		A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
4	x	1651.67	786.44	-52	948.35	-43	1414.81	-14	906.37	-45	1137.83	-31	1656.79	0
katlı	y	1651.51	786.34	-52	948.32	-43	1414.63	-14	906.05	-45	1137.42	-31	1656.21	0
8	x	1806.60	1106.51	-39	1535.76	-15	2065.16	14	1291.23	-29	1734.59	-4	2185.52	21
katlı	y	1806.60	1106.51	-39	1535.76	-15	2065.16	14	1291.23	-29	1734.59	-4	2185.52	21
12	x	2712.63	1661.44	-39	2305.95	-15	3100.86	14	1941.35	-28	2607.93	-4	3285.91	21
katlı	y	2712.63	1661.44	-39	2305.95	-15	3100.86	14	1941.35	-28	2607.93	-4	3285.91	21

Tablo 2.79. MBY ile hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

	Doğrultu	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
		A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
4	x	1343.66	656.81	-51	805.17	-40	1186.25	-12	766.71	-43	968.89	-28	1392.28	4
katlı	y	1373.44	674.23	-51	828.35	-40	1218.36	-11	784.30	-43	991.73	-28	1423.33	4
8	x	1541.21	885.21	-43	1228.63	-20	1652.13	7	1097.54	-29	1474.39	-4	1857.70	21
katlı	y	1563.37	885.22	-43	1228.59	-21	1652.13	6	1097.54	-30	1474.39	-6	1857.70	19
12	x	2170.42	1329.17	-39	1844.75	-15	2480.70	14	1650.15	-24	2216.74	2	2793.04	29
katlı	y	2170.83	1329.14	-39	1844.74	-15	2480.70	14	1650.18	-24	2216.74	2	2793.04	29



Şekil 2.22. x doğrultusunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 2.23. y doğrultusunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Tablo 2.78, Tablo 2.79, Şekil 2.22 ve Şekil 2.23'ten görüldüğü gibi eşdeğer deprem yükü yöntemine göre 4 katlı durumda tüm konumlar için TDY-2007'de elde edilen sonuçlar en elverişsiz olan sonuçlar çıkmıştır. TDY-2007'de çıkan sonuçlar ile TBDY-2018 ve ASCE 7/16'da çıkan sonuçların arasındaki farkın 1. konumda en fazla olduğu ve 3. konumda en az olduğu saptanmıştır. Bununla beraber aradaki farkın kat adedi çıktıkça azaldığı görülmüştür. Bunlara ek olarak 3. konumda 8 katlı durumundan itibaren hem TBDY-2018 hem de ASCE 7/16'da çıkan sonuçların TDY-2007'de çıkan sonuçlardan daha büyük olduğu görülmüştür.

Mod birleştirme yöntemine göre 4 katlı durumda ASCE 7/16 3. konum hariç diğer konumlar için TDY-2007'de elde edilen sonuçlar en elverişsiz olan sonuçlar çıkmıştır. Yine

TDY-2007’de çıkan sonuçlar ile TBDY-2018 ve ASCE 7/16’da çıkan sonuçların arasındaki farkın 1. konumda en fazla olduğu, 3. konumda en az olduğu saptanmış ve aradaki farkın kat adedi çıktıkça azaldığı görülmüştür. Bu bulgulara ek olarak, 3. konumda 8 katlı durumundan itibaren hem TBDY-2018 hem de ASCE 7/16’da çıkan sonuçların TDY-2007’de çıkan sonuçlardan daha büyük olduğu görülmüştür.

Tablo 2.80, Tablo 2.81, Şekil 2.24 ve Şekil 2.25’te yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda x ve y doğrultularında elde edilen en büyük yatay yer değiştirme değerleri ve aralarındaki farklar yüzdeler olarak verilmektedir.

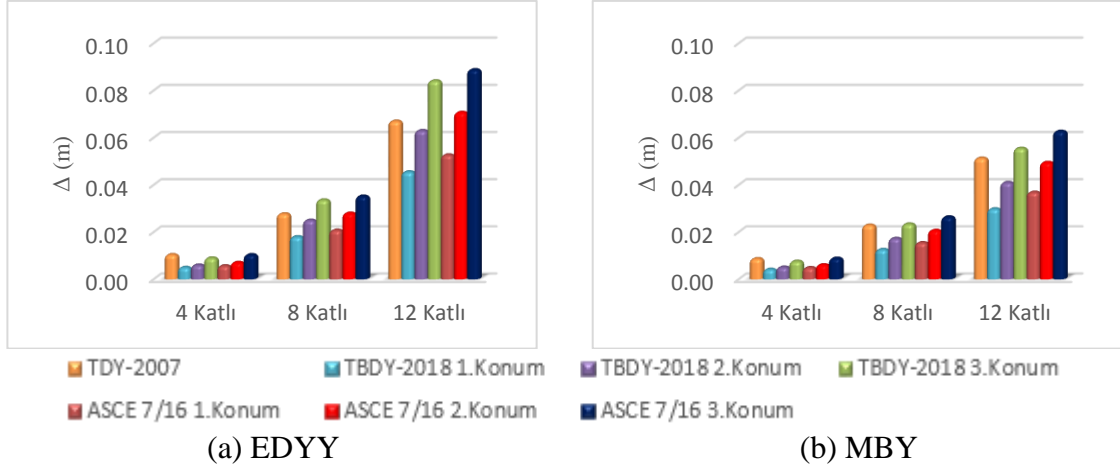


Tablo 2.80. EDYY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması

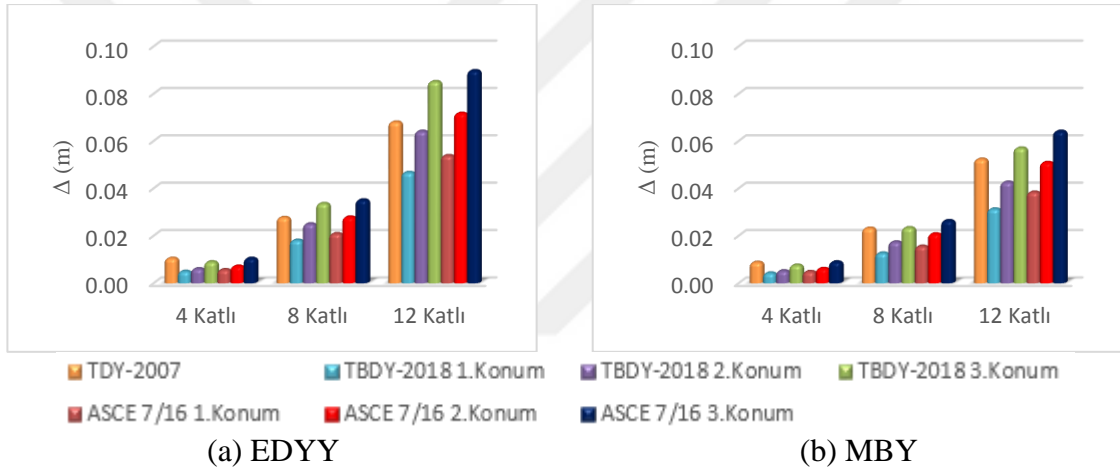
Doğrultu	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
4 katlı	0.0104	0.0050	-52	0.0060	-42	0.0090	-13	0.0057	-45	0.0071	-32	0.0104	0
	0.0105	0.0050	-52	0.0061	-42	0.0090	-14	0.0057	-46	0.0072	-31	0.0105	0
8 katlı	0.0277	0.0180	-35	0.0250	-10	0.0336	21	0.0208	-25	0.0280	1	0.0352	27
	0.0277	0.0181	-35	0.0250	-10	0.0336	21	0.0209	-25	0.0279	1	0.0351	27
12 katlı	0.0670	0.0455	-32	0.0630	-6	0.0841	26	0.0527	-21	0.0707	6	0.0888	33
	0.0680	0.0467	-31	0.0641	-6	0.0851	25	0.0538	-21	0.0717	5	0.0897	32

Tablo 2.81. MBY ile hesaplanan en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması

Doğrultu	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
4 katlı	0.0087	0.0042	-52	0.0051	-41	0.0076	-13	0.0049	-44	0.0061	-30	0.0089	2
	0.0088	0.0043	-51	0.0052	-41	0.0076	-14	0.0049	-44	0.0062	-30	0.0090	2
8 katlı	0.0229	0.0126	-45	0.0173	-24	0.0234	2	0.0155	-32	0.0207	-10	0.0264	15
	0.0232	0.0127	-45	0.0174	-25	0.0234	1	0.0156	-33	0.0208	-10	0.0264	14
12 katlı	0.0513	0.0298	-42	0.0410	-20	0.0555	8	0.0369	-28	0.0495	-4	0.0627	22
	0.0523	0.0313	-40	0.0426	-19	0.0570	9	0.0384	-27	0.0509	-3	0.0641	23



Şekil 2.24. x doğrultusunda elde edilen en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması



Şekil 2.25. y doğrultusunda elde edilen en büyük yatay yer değiştirmelerin karşılaştırılması

Tablo 2.80, Tablo 2.81, Şekil 2.24 ve Şekil 2.25'ten görüldüğü gibi en büyük yer değiştirmelerde saptanan bulgular taban kesme kuvvetlerinde saptanan bulgular ile birebir aynı çıkmıştır. Bunun nedeni ise, en büyük yatay yer değiştirmelerin taban kesme kuvvetlerine bağlı olarak değişmesidir.

Tablo 2.82, Tablo 2.83, Şekil 2.26 ve Şekil 2.27'de yapının üç farklı kat durumu için eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda elde edilen kolon aksenal kuvvetleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

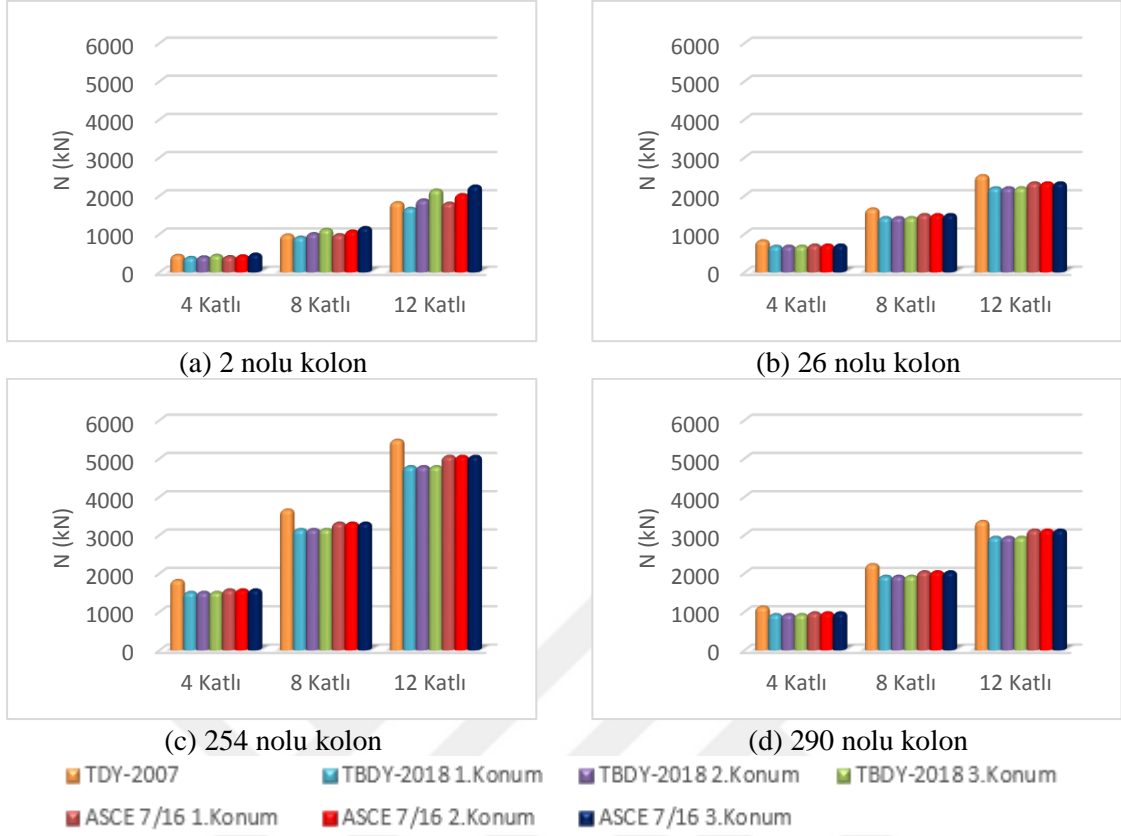


Tablo 2.82. EDYY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması

KOLON	TDY-2007				TBDY-2018				ASCE 7/16					
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	
4 katlı	kolon 2	439.99	385.24	-12	399.67	-9	441.26	0	406.10	-8	426.49	-3	472.21	7
	kolon 254	1816.47	1505.68	-17	1505.68	-17	1505.68	-17	1570.11	-14	1570.11	-14	1570.11	-14
	kolon 290	1123.77	927.03	-18	927.03	-18	927.03	-18	972.46	-13	972.46	-13	972.46	-13
	kolon 26	819.85	678.57	-17	678.57	-17	678.57	-17	708.76	-14	708.76	-14	708.76	-14
8 katlı	kolon 2	975.03	915.85	-6	1007.13	3	1119.71	15	979.71	0	1072.96	10	1167.81	20
	kolon 254	3654.95	3145.02	-14	3145.02	-14	3145.01	-14	3310.57	-9	3310.57	-9	3310.57	-9
	kolon 290	2229.40	1924.99	-14	1924.98	-14	1924.99	-14	2041.44	-8	2041.44	-8	2041.44	-8
	kolon 26	1654.66	1427.36	-14	1427.36	-14	1427.36	-14	1505.70	-9	1505.70	-9	1505.70	-9
12 katlı	kolon 2	1819.10	1670.61	-8	1887.72	4	2149.51	18	1805.59	-1	2029.42	12	2253.07	24
	kolon 254	5477.01	4786.82	-13	4786.82	-13	4786.82	-13	5055.38	-8	5055.38	-8	5055.38	-8
	kolon 290	3353.46	2939.27	-12	2939.27	-12	2939.27	-12	3127.75	-7	3127.75	-7	3127.75	-7
	kolon 26	2524.64	2207.53	-13	2207.53	-13	2207.53	-13	2336.12	-7	2336.12	-7	2336.12	-7

Tablo 2.83. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması

KOLON	TDY-2007				TBDY-2018				ASCE 7/16					
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	
4 katlı	kolon 2	427.27	374.17	-12	386.58	-10	421.44	-1	394.83	-8	412.45	-3	451.44	6
	kolon 254	1816.47	1505.68	-17	1505.68	-17	1505.68	-17	1570.11	-14	1570.11	-14	1570.11	-14
	kolon 290	1123.77	927.03	-18	927.03	-18	927.03	-18	972.46	-13	972.46	-13	972.46	-13
	kolon 26	819.85	678.57	-17	678.57	-17	678.57	-17	708.76	-14	708.76	-14	708.76	-14
8 katlı	kolon 2	913.38	842.95	-8	903.91	-1	982.99	8	908.52	-1	976.24	7	1048.70	15
	kolon 254	3654.95	3145.02	-14	3145.02	-14	3145.01	-14	3310.57	-9	3310.57	-9	3310.57	-9
	kolon 290	2229.40	1924.99	-14	1924.98	-14	1924.99	-14	2041.44	-8	2041.44	-8	2041.44	-8
	kolon 26	1654.66	1427.36	-14	1427.36	-14	1427.36	-14	1505.70	-9	1505.70	-9	1505.70	-9
12 katlı	kolon 2	1616.67	1473.70	-9	1612.88	0	1790.69	11	1607.71	-1	1762.13	9	1924.26	19
	kolon 254	5477.01	4786.82	-13	4786.82	-13	4786.82	-13	5055.38	-8	5055.38	-8	5055.38	-8
	kolon 290	3353.46	2939.27	-12	2939.27	-12	2939.27	-12	3127.75	-7	3127.75	-7	3127.75	-7
	kolon 26	2524.64	2207.53	-13	2207.53	-13	2207.53	-13	2336.12	-7	2336.12	-7	2336.12	-7



Şekil 2.26. EDYY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması



Şekil 2.27. MBY ile hesaplanan eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması

Tablo 2.82, Tablo 2.83, Şekil 2.26 ve Şekil 2.27’den görüldüğü gibi 2 nolu kolon hariç diğer tüm kolonlarda üç farklı kat durumu için TDY-2007’ye göre en elverişsiz eksenel kuvvetler elde edilmiştir. Bunun nedeni ise, eksenel kuvvetin doğrudan düşey yüklerden etkilenmesi ve TDY-2007’de dikkate alınan düşey yüklerin kombinasyonlarının diğer yönetmeliklere göre daha büyük yükler oluşturmasıdır. ASCE 7/16’ya göre elde edilen sonuçların TBDY-2018’e göre daha elverişsiz olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise, ASCE 7/16’da dikkate alınan hareketli yüklerin daha büyük olmasıdır. İki yöntemle elde edilen sonuçların arasında hiçbir fark görülmemiştir. Bunun nedeni ise, eksenel kuvvetin doğrudan düşey yüklerden etkilenmesi ve bu konuda yöntemlerin bir etkisi olmamasıdır. 2 nolu kolonda oluşan eksenel kuvvetlerin diğer kolonlardaki sonuçlara benzememe sebebi, bu kolonun köşe kolon olmasından dolayı deprem yükünden oluşan devrilme momentinin etkisi altında kalmasıdır. Bunun için TBDY-2018 ve ASCE 7/16’nın 2. ve 3. konumda özellikle 8 ve 12 katlı durumu en çok deprem yükü sağlandığı için bu kolonda oluşan eksenel kuvvetin en elverişsiz sonuçları bu durumlara göre çıkmıştır.

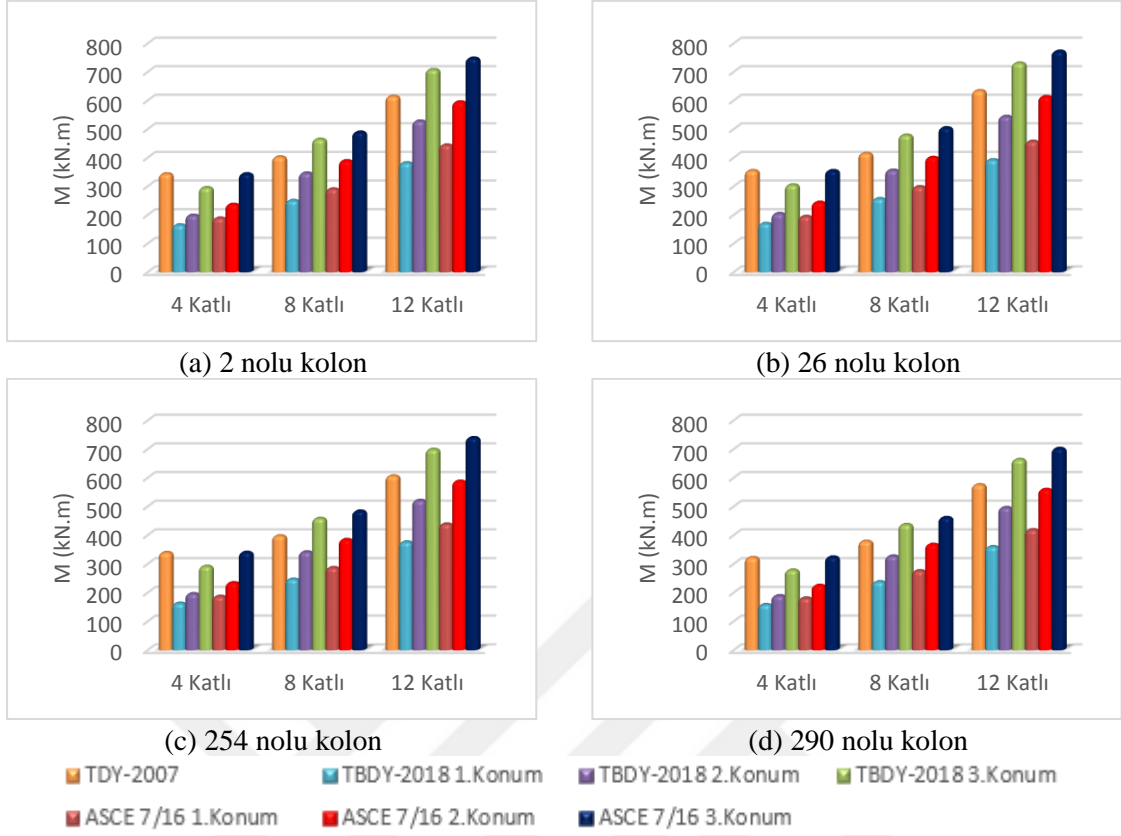
Tablo 2.84, Tablo 2.85, Şekil 2.28 ve Şekil 2.29’da eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre elde edilen kolon eğilme momentleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.84. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması

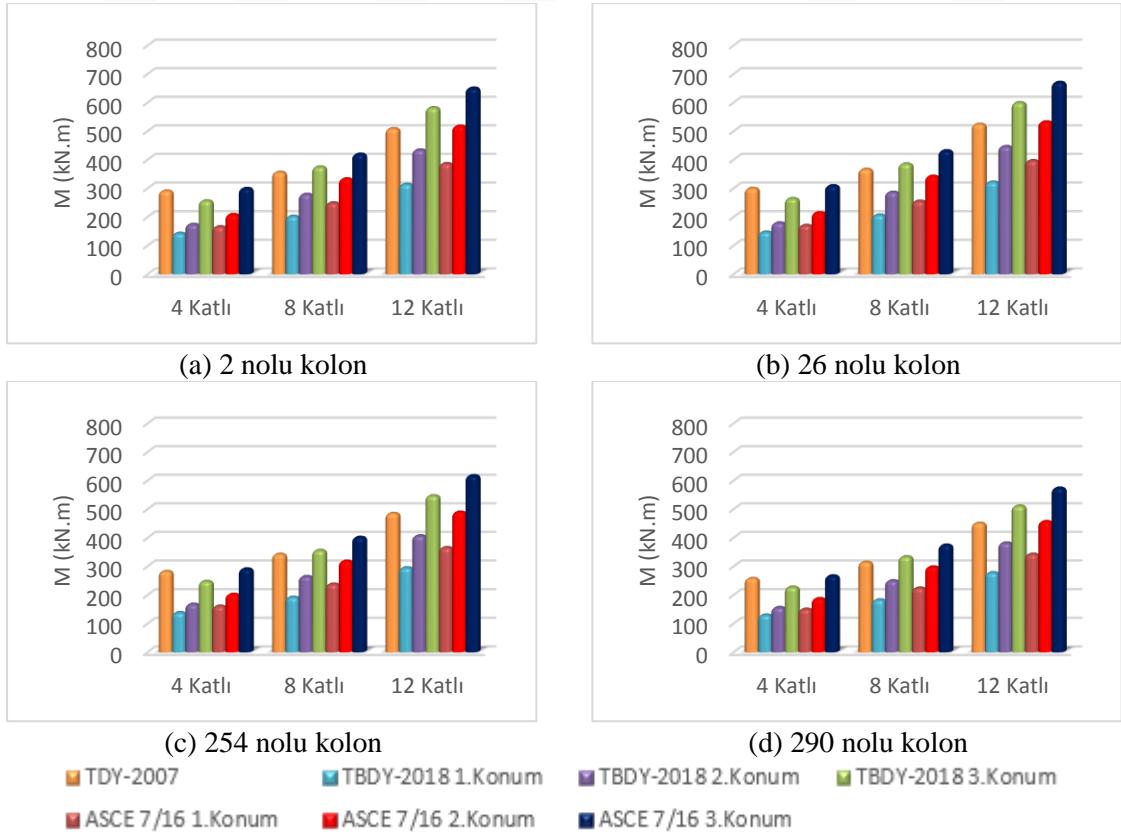
	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
	4 katlı	343.15	164.90	-52	198.43	-42	295.02	-14	188.82	-45	236.51	-31	343.43
	339.24	162.99	-52	196.11	-42	291.51	-14	186.98	-45	234.17	-31	340.00	0
	321.81	158.25	-51	189.17	-41	278.25	-14	180.98	-44	225.02	-30	323.74	1
	354.28	169.82	-52	204.53	-42	304.51	-14	194.52	-45	243.87	-31	354.54	0
	402.26	250.14	-38	345.91	-14	464.02	15	290.40	-28	388.95	-3	489.18	22
8 katlı	397.22	246.72	-38	341.40	-14	458.16	15	286.88	-28	384.51	-3	483.81	22
	378.42	237.87	-37	327.01	-14	436.94	15	276.03	-27	367.85	-3	461.25	22
	414.57	256.51	-38	355.84	-14	478.36	15	298.15	-28	400.37	-3	504.34	22
	614.29	381.61	-38	527.85	-14	707.94	15	443.91	-28	594.75	-3	747.98	22
12 katlı	606.25	376.20	-38	520.80	-14	698.87	15	438.44	-28	587.89	-3	739.71	22
	575.54	359.70	-38	495.98	-14	663.81	15	418.57	-27	559.30	-3	702.26	22
	634.21	392.30	-38	544.08	-14	730.98	15	456.91	-28	613.46	-3	772.49	22

Tablo 2.85. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması

	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16						
	A <sub>0</sub> = 0.4	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%
	4 katlı	290.15	142.65	-51	173.66	-40	255.73	-12	165.35	-43	208.01	-28	299.13
	281.54	137.81	-51	167.37	-41	246.78	-12	160.51	-43	201.74	-28	290.49	3
	257.02	129.36	-50	155.73	-39	226.77	-12	150.03	-42	186.84	-27	266.18	4
	299.38	146.72	-51	178.77	-40	263.69	-12	170.17	-43	214.29	-28	308.61	3
	355.55	202.01	-43	278.59	-22	374.04	5	248.69	-30	332.68	-6	418.89	18
8 katlı	341.64	191.74	-44	263.86	-23	355.15	4	237.45	-30	317.57	-7	400.80	17
	313.81	182.33	-42	249.17	-21	333.04	6	223.94	-29	297.46	-5	373.59	19
	365.98	206.36	-44	285.68	-22	384.89	5	254.65	-30	341.66	-7	431.02	18
	507.93	313.57	-38	433.51	-15	581.40	14	385.91	-24	516.80	2	649.97	28
12 katlı	484.26	294.39	-39	406.10	-16	546.22	13	365.06	-25	488.80	1	616.31	27
	450.00	277.27	-38	381.00	-15	510.23	13	341.94	-24	456.08	1	573.18	27
	523.63	321.33	-39	445.65	-15	599.00	14	396.32	-24	532.02	2	670.13	28



Şekil 2.28. EDYY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması



Şekil 2.29. MBY ile hesaplanan eğilme momentlerinin karşılaştırılması

Tablo 2.84, Tablo 2.85, Şekil 2.28 ve Şekil 2.29'dan görüldüğü gibi ASCE 7/16'nın 3. konum hariç tüm kolonlarda yapının 4 katlı durumu için en elverişsiz sonuçlar TDY-2007'ye göre çıkmıştır. Bunun nedeni ise eğilme momentlerinin doğrudan deprem yüklerine paralel olarak bağlı olması ve bu durumlar için TDY-2007'de en büyük deprem yüklerinin oluşmasıdır. TDY-2007'de çıkan sonuçlar ile TBDY-2018 ve ASCE 7/16'da çıkan sonuçların arasındaki farkın kat adedi çıktıkça azaldığı görülmüştür. TBDY-2018'in 3. konumunda özellikle 8 katlı durumundan itibaren ve ASCE 7/16'nın 4 katlı durumu dâhil olmak üzere 3. konumunda çıkan sonuçların TDY-2007'de çıkan sonuçlardan daha büyük olduğu saptanmıştır.

Tablo 2.86, Tablo 2.87, Şekil 2.30 ve Şekil 2.31'de eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme yöntemlerine göre elde edilen kolon kesme kuvvetleri ve aralarındaki farklar yüzdelik olarak verilmektedir.

Tablo 2.86. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16							
	A <sub>0</sub> = 0.4													
	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%		
4 katlı	kolon 2	106.14	53.44	-50	63.43	-40	92.23	-13	60.73	-43	74.97	-29	106.92	1
	kolon 254	115.39	57.65	-50	68.50	-41	99.75	-14	65.41	-43	80.90	-30	115.62	0
	kolon 290	111.40	60.49	-46	70.30	-37	98.56	-12	68.45	-39	82.44	-26	113.82	2
	kolon 26	121.34	58.02	-52	69.89	-42	104.09	-14	66.59	-45	83.50	-31	121.42	0
8 katlı	kolon 2	114.60	72.64	-37	98.74	-14	130.93	14	83.73	-27	110.62	-3	137.96	20
	kolon 254	125.53	78.61	-37	107.40	-14	142.90	14	90.94	-28	120.64	-4	150.86	20
	kolon 290	121.31	80.26	-34	106.40	-12	138.62	14	92.16	-24	119.11	-2	146.51	21
	kolon 26	133.47	82.14	-38	113.93	-15	153.14	15	95.54	-28	128.28	-4	161.58	21
12 katlı	kolon 2	169.48	106.36	-37	145.40	-14	193.57	14	123.08	-27	163.35	-4	201.32	19
	kolon 254	185.95	115.48	-38	158.70	-15	212.00	14	134.16	-28	178.82	-4	224.25	21
	kolon 290	176.64	114.19	-35	153.47	-13	201.90	14	131.85	-25	172.40	-2	213.65	21
	kolon 26	201.31	123.51	-39	171.39	-15	230.42	14	143.90	-29	193.28	-4	243.49	21

Tablo 2.87. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

	TDY-2007			TBDY-2018			ASCE 7/16							
	A <sub>0</sub> = 0.4													
	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%	1.Konum	%	2.Konum	%	3.Konum	%		
4 katlı	kolon 2	91.43	48.11	-47	58.23	-36	83.07	-9	54.77	-40	68.06	-26	95.24	4
	kolon 254	97.31	50.46	-48	60.87	-37	87.17	-10	57.57	-41	71.55	-26	100.59	3
	kolon 290	91.22	51.98	-43	60.87	-33	83.54	-8	59.16	-35	71.19	-22	96.26	6
	kolon 26	103.46	51.21	-51	62.92	-39	92.28	-11	59.14	-43	74.71	-28	106.98	3
8 katlı	kolon 2	103.80	62.59	-40	85.17	-18	112.31	8	75.69	-27	99.97	-4	124.17	20
	kolon 254	110.21	64.52	-41	87.89	-20	116.60	6	78.77	-29	104.33	-5	130.23	18
	kolon 290	103.68	66.25	-36	87.09	-16	112.52	9	79.51	-23	102.15	-1	125.01	21
	kolon 26	119.81	68.76	-43	95.62	-20	128.25	7	84.52	-29	113.58	-5	142.78	19
12 katlı	kolon 2	143.41	92.47	-36	126.70	-12	167.81	17	112.29	-22	149.08	4	185.74	30
	kolon 254	151.39	94.69	-37	129.95	-14	173.22	14	116.27	-23	154.84	2	193.91	28
	kolon 290	142.13	93.82	-34	125.46	-12	163.98	15	113.50	-20	147.85	4	182.45	28
	kolon 26	168.42	104.82	-38	145.93	-13	195.71	16	128.85	-23	173.24	3	217.76	29



Şekil 2.30. EDYY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 2.31. MBY ile hesaplanan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Tablo 2.86, Tablo 2.87, Şekil 2.30 ve Şekil 2.31'den görüldüğü gibi tüm kolonlarda yapının üç katlı durumu için çıkan sonuçlar eğilme momentleri sonuçlarına benzer çıkmıştır. Eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri sonuçlarına bakıldığında mod birleştirme yönteminde bulunan sonuçların eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuçlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır.



### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018 yönetmelikleri, deprem analizinde izlenen sismik tasarım esasları ve hesap adımları açısından karşılaştırılmış ve çelik çerçeveli ofis binası olan bir yapı modeli üzerinde bu yönetmeliklerin farklılıklarının yapı hâkim doğal titreşim periyodu, taban kesme kuvveti, en büyük yatay yerdeğiştirmeler, görelî kat ötelenmeleri ve seçilen bazı kolonların normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti üzerindeki etkileri sayısal olarak incelenmiştir. Örnek yapı üzerinde her bir yönetmelik için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem ile deprem hesabı yapılmıştır.

Sismik tasarım ve hesap aşamaları açısından yönetmelikler arasındaki farklar genel olarak aşağıdaki gibidir.

1) Zemin sınıfları: TDY-2007’de zemin katmanının yüksekliğine bağılı olarak dört adet zemin grubu ve bu gruplara göre yine dört zemin sınıfı tanımlanmakta olup bu zemin sınıflarına göre elastik deprem yükü belirlenmektedir. EC’8’de yedi adet zemin tipi tanımlanmakta olup sağlam ilk beş tipe göre elastik deprem yükü belirlenmektedir. TBDY-2018 ile ASCE 7/16’da aynı tanımlara ait altı adet zemin sınıfı tanımlanmakta olup sağlam ilk beş tipe göre elastik deprem yükü belirlenmektedir. Tüm yönetmeliklerde geçerli olmak üzere en kötü zemin türünü ifade eden son zemin sınıfı için sahaya özel araştırma ve değerlendirilmelerin yapılması ve buna göre özel deprem yer hareketi spektrumunun kullanılması zorunlu kılınmaktadır. TDY-2007’nin diğere yönetmeliklere göre zemin sınıfının daha basit olarak belirlendiğı, kesin ve gerçekçi çözümden uzaklaştığı görülmektedir.

2) Bina önem katsayıları: Çalışmada incelenen tüm yönetmelikler açısından bina önem katsayıları incelendiğinde genel olarak birbirlerine benzemekle birlikte katsayılarda ufak tefek değışikler mevcuttur. En çok dikkat çeken husus EC8’de bazı binalar için önem katsayısının 0.8 olarak alınmasıdır, zira diğere yönetmeliklerde 1.0’dan küçük bina önem katsayısı mevcut değildir. Ayrıca TDY-2007’de okul, yurt, müze, cevaevi gibi yapılar için 1.4 olan bina önem katsayısının TBDY-2018’de 1.5’e çıkartıldığı ve bu tür binalara etki edecek deprem yükünün dolayısıyla yapı güvenliğinin arttırıldığı görülmektedir.

3) Elastik deprem yükü tanımlanması: TDY-2007 ile EC8'de elastik deprem yükünün tanımlanması deprem bölgelerine göre yapılırken TBDY-2018 ile ASCE 7/16'da her yapının inşa edileceği konuma ait koordinatlara bağlı olarak belirlenen spektral bilgilere göre yapılmaktadır. Bu da TBDY-2018 ile ASCE 7/16 yönetmeliklerinde TDY-2007 ile EC8 yönetmeliklerine göre elastik deprem yükünün daha hassas bir şekilde belirlendiğini göstermektedir. Bunlara ek olarak EC8, TBDY-2018 ve ASCE 7/16'da gerekli durumlarda depremin düşey hareketi ile ilgili hesap adımları verilirken TDY-2007'de deprem düşey hareketinin hesaba katılması ile ilgili herhangi bir husus bulunmamaktadır.

Türkiye'de Ocak-2019 tarihinde yürürlüğe girecek olan TDY-2018 ile yapılan en önemli değişiklik deprem bölgeleri kavramının tamamen kaldırılıp yerine yapının inşa edileceği konuma ait koordinatlara bağlı spektral bilgilere dayanan Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası'nın getirilmesidir. Ayrıca TDY-2007 deprem yönetmeliğindeki standart tasarım deprem yer hareketi için istatistiksel parametreler korunmakla birlikte özel yapılar için ilave olarak üç farklı deprem düzeyi eklenmiştir.

4) Elastik deprem yüklerinin azaltılması: Elastik deprem yüklerinin azaltılma işlemi yapının taşıyıcı sisteminin türüne bağlı olan davranış katsayısına göre yapılmaktadır. Taşıyıcı sistem türlerinin tayin edilemesi EC8'de çok fazla detaya girilmeden yapılmaktadır ve yapılan tanımlara göre yapı türlerinin hemen hemen hepsinde diğer yönetmeliklere göre daha küçük davranış katsayıları verilmektedir. Bu olay da, EC8'e göre yapılan tasarımları çok güvenli kılmakla beraber ekonomiklikten uzaklaştırmaktadır. TDY-2007'de tanımlanan taşıyıcı sistem türleri ve ona bağlı olan yapı davranış katsayıları EC8'e göre daha çeşitli ve detaylı olmakla beraber TBDY-2018 ile ASCE 7/16'da birbirlerine yakın tanımlanan türler ve davranış katsayılarına göre daha kısıtlıdır. Bu da TBDY-2018 ve ASCE 7/16'yı tasarım ve deprem hesabı açısından daha işlevli kılmaktadır.

5) Yapısal düzensizlikleri: EC8'de diğer yönetmeliklerde göre düzensizlik durumları daha genel ifadeler ile verilmekte olup düzensizlik kontrollerinin nasıl yapılacağı ve düzensizliğin olması durumunda neler yapılması gerektiği hakkında detay yoktur. ASCE 7/16'da tanımlanan düzensizlik durumları TDY-2007 ve TBDY-2018'de verilen düzensizlik durumlarını kapsamakla beraber daha detaylı ve düzensizlik tahkikleri için verilen koşullar daha kapsamlıdır.

6) Deprem hesabı yöntemleri: İncelenen dört yönetmelikte aynı hesap yöntemleri mevcuttur. Her yöntem bir yönetmelikten diğer yönetmeliğe göre teorik olarak benzese de uygulanmasında bazı değişiklikler söz konusudur. TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018'de

deprem hesabında kullanılacak yapı fiktik kütlesi ölü yüklerden ve hareketli yüklerin bir kısmından oluşurken ASCE 7/16'da genellikle sadece ölü yüklerden oluşmaktadır. Mod birleştirme yöntemine göre hesap yapıldığında, TDY-2007, EC8 ve ASCE 7/16'da, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması koşuluna göre belirlenirken TBDY-2018'de bu koşul %95'e çıkmaktadır. Yine mod birleştirme yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinin eşdeğer deprem yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetine göre büyütülmesi gerektiğinde bu işlem TDY-2007 ve TBDY-2018'de yapıda düzensizlik durumu yoksa  $0.80(V/V_t)$  ile, düzensizlik durumu varsa  $0.90(V/V_t)$  ile yapılırken EC8'de  $0.80(V/V_t)$  ile yapılmaktadır. Bu işlem ASCE 7/16'da  $0.85(V/V_t)$  ile yapılmaktadır.

7) Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü: TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018'de kontrol işlemi yapının davranış katsayısı ile yapılırken ASCE 7/16'da yapının davranış katsayısından daha küçük olan  $C_d$  defleksiyon büyütme katsayısı ile yapılmaktadır. Bu da ASCE 7/16'yı etkin görelî kat ötelemeleri açısından daha toleranslı kılmakla beraber diğer yönetmeliklere göre daha ekonomiklik sağlamaktadır.

8) Türkiye'de TDY-2007 deprem yönetmeliği yerine Ocak-2019 yılında yürürlüğe girecek olan TBDY-2018 deprem yönetmeliğinde deprem hesap esasları genişletilerek dört bölüm haline getirilmiştir. Ayrıca Deprem Tasarım Sınıfları ve Bina Yükseklik Sınıfları gibi hesaplarda belirleyici olan yeni kavramlar tanımlanmıştır.

9) Bunun yanısıra TBDY-2018 yönetmeliğinde özel uzmanlık gerektiren zayıf zeminlerin davranış analizleri, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi, yüksek binaların tasarımı, yalıtımlı binaların tasarımı gibi konuların yetkin uzmanların tasarımı, gözetim ve kontrolünde yapılması zorunluluğu getirilmiştir.

Yapılan sayısal uygulamalardan elde edilen sonuçlar aşağıda gibidir.

1) Deprem hesabında kullanılan fiktik kütlelerinin belirlenmesinde ASCE 7/16'da hareketli yükler kullanılmadığından ASCE 7/16'da elde edilen 1. doğal titreşim periyodu diğerlerinden farklı çıkmıştır ve bu fark sonuçları etkilemiştir.

2) TDY-2007, EC8 ve TBDY-2018 için elde edilen 1. doğal titreşim periyodu aynı olmasına rağmen tanımlanan deprem yüklerindeki farklılıklardan dolayı elde edilen taban kesme kuvvetlerinde farklılıklar söz konusudur. En elverişsiz sonuçlar EC8 için bulunmuş olup yapıyı aşırı güvenli kılmakla beraber ekonomikten uzaklaştırmıştır. TBDY-2018'ye göre aynı deprem bölgesi ama üç farklı konumda bulunan aynı yapı için yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar TDY-2007'ye göre bu deprem bölgesi için elde edilen

sonuçlardan farklı çıkmıştır. TBDY-2018'e nazaran TDY-2007'de bir konum için elde edilen sonuçlar aşırı güvenli çıkarken diğer konum için yetersiz ve risk altında olduğu saptanmıştır. ASCE 7/16'da tanımlanan deprem yükü TBDY-2018'de tanımlanan deprem yükünden daha büyük olduğu için ASCE 7/16'da elde edilen sonuçlar daha elverişsiz çıkmıştır.



#### 4. KAYNAKLAR

1. TDY 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı; Ankara, 2007.
2. Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, Seismic actions and rules for buildings, European Committee for Standardization; Brussels, Belgium, 2004.
3. ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers; Virginia, U.S.A., 2017.
4. TDTH Web Arayüzü, <https://tdth.afad.gov.tr>, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları-İnteraktif Web Uygulaması, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
5. TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı-Deprem Dairesi Başkanlığı; Ankara, 2018.
6. SAP2000 v20, Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures. Computers and Structures, Inc, Berkeley, CA, 2017.
7. Marino, E. M., Nakashima, M. ve Mosalam, K. M., Comparison of European and Japanese Seismic Design of Steel Building Structures, Engineering Structures, 27, 6 (2005) 827-840.
8. Doğançün, A. and Livaoğlu, R., A Comparative Study of The Design Spectra Defined by Eurocode8, UBC, IBC and Turkish Earthquake Code on R/C Simple Buildings, Journal of Seismology, 10 (2006) 335-351.
9. Kuzgun, K. E., 1998 Afet Yönetmeliğinin EC8 ve UBC-97 ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007.
10. Fahjan, Y. and Ozdemir, Z., Scaling of Earthquake Accelerograms for Non-Linear Dynamic Analysis to Match the Earthquake Design Spectra, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 2008, Beijing, China, 12-17.
11. Fahjan, Y. M., Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi, 19, 3 (2008) 4423-4444.
12. Korkmaz, K. A., Ay, Z. ve Çelik, D., Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 26, 1 (2008) 58-67.

13. Yıldırım, K. M., Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile Eurocod 8'in Çelik Yapılar için Proje Uygulamalı Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
14. Mokarrami, A., İran Deprem Yönetmeliğinin Türk Deprem Yönetmeliği ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
15. Tansel, M., Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010.
16. Bütün, İ. H., Yapıların Deprem Hesabında A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010.
17. Aydemir, Z., TDY 2007 ile Eurocod 8'in Betonarme Binalarda Maliyet Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2011.
18. Imashi, N. and Massumi, A., A Comparative Study of The Seismic Provisions of Iranian Seismic Code (Standart No.2800) and International Building Code 2003, Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 12, 5 (2011) 579-496.
19. Vatansever, S., Gerçek Deprem Kayıtlarının Ölçekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2011.
20. Kara, E., Deprem Yönetmeliklerinin Taban Kesme Kuvveti Hesap Yöntemleri Bakımından İncelenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2011.
21. Taşan, Z. A., Türk Deprem Yönetmeliği-1998 (TDY-98) ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007(DBYBHY-2007) Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2012.
22. Can, Ç., TDY2007'de Belirtilen Düşey Düzensizlik Durumunun Zaman Tanım Alanında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
23. İşsever, M. A., Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerinin Çok Katlı Betonarme Bir Yapıda Kıyaslanması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
24. Sangle, K. K., Bajoria, K. M. and Mhalungkar, V., Seismic Analysis of High Rise Steel Frame With and Without Bracing, The 15th World Conference on Earthquake Engineering, September 2012, Lisbon, Portugal, 20.
25. Safkan, I., Comparison of Eurocode 8 and Turkish Earthquake Code 2007 for Residential RC Buildings in Cyprus, The 15th World Conference on Earthquake Engineering, September 2012, Lisbon, Portugal, 20.

26. Gök, S. G., A3 Düzensizliği Olan Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Türk, Eurocode ve ACI 318 Yönetmeliklerine Göre Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
27. Varlıbaş, P., Depreme Dayanıklı Çok Katlı Perde Sistemli Betonarme Bir Yapının Türk ve Amerikan Yönetmeliklerine göre Tasarımı ve Yönetmeliklerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
28. Santos, S. H. D. C., Zanaica, L., Bucur, C., Lima, S. D. S. and Arai, A., Comparative Study of Codes for Seismic Desing of Structures, The Journal of Technical University of Civil Engineering of Bucharest, Mathematical Modelling in Civil Engineering, 9, 1 (2013) 1-12.
29. Merter, O. and Ucar, T., A Comparative Study on Nonlinear Static and Dynamic Analysis of RC Frame Structures, Journal of Civil Engineering and Science, 2, 3 (2013) 155-162.
30. Bulut, Y., Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerde Çapraz Düzeninin Çelik Çerçevelerin Dinamik Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2013.
31. Landingin, J., Rodrigues, H., Varum, H., Arêde, A. and Costa, A., Comparative Analysis of RC Irregular Buildings Designed According to Different Seismic Design Codes, The Open Construction and Building Technology Journal, 7 (2013) 221-229.
32. Sayar, M., Doğrusal Elastik Deprem Hesabı Yöntemlerinin Taban Kesme Kuvveti ve Görelî Kat Ötelemesi Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
33. Tola, S., Türk ve Avrupa Standartları Uyarınca Mevcut Çelik Bir Yapının Zaman Tanım Aralığında Deprem Kayıtları da Kullanılarak Deprem Analizlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
34. Ramchandani, J. R. and Mangulkar, M. N., Comparison Between Different Shapes of Structure by Time History Method of Dynamic Analysis, International Journal of Engineering Research, 5, 3 (2016) 520-525.
35. Ramchandani, J. R. and Mangulkar, M. N., Comparison Between Different Shapes of Structure by Response Spectrum Method of Dynamic Analysis, Open Journal of Civil Engineering, 6 (2016) 131-138.
36. Döndüren, M. S. ve Nakipoğlu, A., Farklı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerine Göre Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi, 15, 3 (2016) 284-298.
37. Khan, P. I. and Dhamge, N. R., Review Paper on Seismic Analysis of Multistoried RCC Building Due to Mass Irregularity, International Journal of Scientific Development and Research, 1, 6 (2016) 428-431.



38. Tunç, G. ve Tanfener, T., 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, Üçüncü Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, Kasım 2016, Ankara, 1-13.
39. Shelke, R. N. and Ansari, U. S., Seismic Analysis of Vertically Irregular RC Building Frames, International Journal of Civil Engineering and Technology, 8, 1 (2017) 155-169.
40. Juni, P. N., Gupta, S. C. and Patel, V. R., Nonlinear Dynamic Time History Analysis of Multistoried RCC Residential G+23 Building for Different Seismic Intensities, International Journal of Engineering Research and Science, 3, 3 (2017) 141-148.
41. Poornima, D., Sanjay, S. J. and Yajnodbhavi, H. M., Seismic Analysis of RC Residential Multi-Storey Building for Different Locations of Shear Wall, International Journal of Science Technology and Engineering, 3, 11 (2017) 54-62.
42. Negod, S. and Zende, A. J., Seismic Analysis of Multistoreyed RC Building Due to Mass Irregularity by Time History Analysis, International Research Journal of Engineering and Technology, 4, 8 (2017) 621-625.
43. Saleem, M., Rao, M. V. and Ashok, J., Seismic Analysis of Regular and Irregular Building by Using Time History Method, International Journal of Scientific Research and Development, 5, 10 (2017) 27-30.
44. EN 1990:2002+A1, Eurocode-Basis of structural design, European Committee for Standardization; Brussels, Belgium, 2005.
45. Şehirali, A. S., 10 Katlı Çelik Bir Ofis Binasının Boyutlandırılması ve İlerlemeli Çökme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

## ÖZGEÇMİŞ

1991 yılı Taran-Dannieh/Lübnan doğumludur. Lise öğrenimini 2009 yılında Taran Lisesi'nden tamamlamıştır. Lisans derecesini 2015 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden kazanmıştır. 2016 yılında başladığı yüksek lisans öğrenimine Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Anadili olan Arapça'nın yanısırasa iyi derecede Türkçe, orta derecede İngilizce ve Fransızca bilmektedir. 2010 yılında Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı tarafından tahsis edilen TÜRKİYE BURSLARI kapsamında Türkçe eğitimi ve lisans bursu kazanmıştır. 2016 yılında da aynı kurum tarafından tahsis edilen lisansüstü burs programı kapsamında yüksek lisans bursu kazanmıştır. 2015-2016 yılları arasında Antalya'da CANTEK GROUP şirketinde inşaat mühendisi olarak görev almıştır.