

**YENİ BETONARME YAPILARIN TASARIMINDA VE MEVCUT
BETONARME YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE
KULLANILAN ETKİN KESİT RİJİTLİKLERİNİN İRDELENMESİ**

Erkin Bek ÇAĞATAY



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ BETONARME YAPILARIN TASARIMINDA VE MEVCUT BETONARME
YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN ETKİN KESİT
RİJİTLİKLERİNİN İRDELENMESİ**

Erkin Bek ÇAĞATAY
0000-0001-9184-2526

Dr. Öğr. Üyesi Serkan SAĞIROĞLU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Erkin Bek ÇAĞATAY tarafından hazırlanan “YENİ BETONARME YAPILARIN TASARIMINDA VE MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN ETKİN KESİT RİJİTLİKLERİNİN İRDELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr.Öğr.Üye. Serkan SAĞIROĞLU

Başkan : Dr.Öğr.Üye. Serkan SAĞIROĞLU
0000-0001-7248-3409
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Üye : Doç.Dr.Hakan T. TÜRKER
0000-0001-5820-0257
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih ALEMDAR
0000-0002-8752-0310
Yıldız Teknik Üniversitesi,
İnşaat Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza 

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

..!./.....

U.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/01/2021

Erkin Bek ÇAĞATAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİ BETONARME YAPILARIN TASARIMINDA VE MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN ETKİN KESİT RİJİTLİKLERİNİN İRDELENMESİ

Erkin Bek ÇAĞATAY

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serkan SAĞIROĞLU

Betonarme taşıyıcı elemanların rijitlik değerleri, deprem etkisi altında öngörülen değerlerden farklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yapıların tasarım ve değerlendirilmesinde çatlama kesite ait rijitlikler dikkate alınmaktadır. Betonarme taşıyıcı elemanların tasarım ve değerlendirilmesinde dikkate alınan etkin kesit rijitlikleri standartlarda birbirinden farklı olarak sunulmuştur. Bu çalışmada Türkiye’de yayınlanan TDY 2007 ve TBDY 2018 yönetmelikleri, Avrupa yönetmeliği Eurocode 8 ve Amerika yönetmeliği ASCE 7/16 ele alınmıştır. Tasarımda betonarme çerçevesel bir konut binası örneği birinci deprem bölgesinde, 5, 10 ve 14 katlı durumuna göre SAP2000v20 programı ile doğrusal hesap yöntemleri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak deprem hesabı yapılmış olup elde edilen göreceli kat öteleme oranları, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal titreşim periyotları, adı geçen dört yönetmeliğe göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca yönetmeliklerde belirtilen zemin sınıflarına göre çatlama kesit rijitlikleri de göz önüne bulundurularak yapıda oluşan değişimler incelenmiştir. Bu rijitliklerin belirlenmesinde en gerçekçi yollardan birisi de moment – eğrilik ilişkilerinin kullanılmasıdır. TDY 2007 kısmen bu şartı dikkate almasına rağmen bahsi geçen diğer yönetmelikler sabit katsayıların kullanılmasını uygun görmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yönetmelikler, etkin kesit rijitliği, TBDY 2018, çatlama kesit rijitliği.

2020, xvii + 148 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF EFFECTIVE SECTION RIGIDITY USED IN THE DESIGN OF NEW CONCRETE STRUCTURES AND EVALUATION OF EXISTING CONCRETE STRUCTURES

Erkin Bek AĞATAY

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Serkan SAĞIROĞLU

It has been determined that the stiffness values of reinforced concrete bearing elements are different from the values predicted under the effect of an earthquake. For this reason, the rigidity of the cracked section is taken into consideration in the design and evaluation of the structures. Effective cross-section stiffnesses, which are taken into consideration in the design and evaluation of reinforced concrete bearing elements, are presented differently in the standards. This study, published in the TEC 2007 and 2018 TBDY regulations in Turkey, the European regulation Eurocode 8 ASC 7/16 and American regulations were discussed. In the design, an example of a residential building with a reinforced concrete frame is calculated by using the SAP2000v20 program and the equivalent earthquake load method, which is linear calculation methods, according to the 5, 10 and 14 storey situation in the first earthquake zone. forces were compared according to the four regulations mentioned. In addition, according to the soil classes specified in the regulations, the changes in the structure were examined by considering the cracked section stiffness. One of the most realistic ways to determine these stiffnesses is to use moment-curvature relationships. Although TDY 2007 partially takes this requirement into account, the other regulations in question have approved the use of fixed coefficients.

Key words: Regulations, effective section stiffness, TBDY 2018, cracked section stiffness.

2020, xvii + 148 pages.

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım boyunca katkıları ve yol gstericiliği ile desteğini benden esirgemeyen ve karŐılaŐtıđım sorunlarda özümle üreten, ihtiya duyduğum her anda değerli bilgilerini ve zamanını benimle paylaŐan tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Serkan SAĞIROĞLU'na saygı ve teŐekkürlerimi sunarım. Değerli katkılarından ötürü jüri üyelerine teşekkür ederim.

Türkiye'de bulunduğum süreç içinde Türk halkının konukseverliği, fedakârlığı ve gönül kapılarını açtığından dolayı saygı ve Őükranlarımı sunar özellikle Sayın Evren AKILLI, NeŐe SİMİTİOĞLU ve Ahmet MUHARREM beye minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Bu zamana kadar hep yanımda olan, hayatın bütün zorluluklarına göğüs gelerek varlıkları ile benim daha huzurlu bir yaŐam sürdürebilmem için her koşulda beni destekleyen sevgili annem ve babama sonsuz teŐekkürlerimi armağan ederim.

Erkin Bek ÇAĞATAY

25/01/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Kaynak Araştırması.....	2
2.2. Etkin Kesit Rijitliği	8
2.3. Yönetmeliklerde Önerilen Etkin Kesit Rijitlikleri.....	8
2.4. Etkin Kesit Rijitlik Değerlendirmesinde Moment-Eğrilik İlişkisi.....	10
2.5. Periyod Hesabında Çatlamış Kesit Rijitliği.....	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi	13
3.1.1. TDY-2007.....	13
3.1.2. Eurocode-8.....	15
3.1.3. ASCE-7/16.....	16
3.1.4. TBDY-2018	17
3.2. Deprem Hesabında Bina Önem Katsayısı	18
3.2.1. TDY-2007.....	18
3.2.2. Eurocode-8.....	19
3.2.3. ASCE-7/16.....	19
3.2.4. TBDY-2018	20
3.3. Elastik Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	21
3.3.1. TDY-2007.....	21
3.3.2. Eurocode-8.....	24
3.3.3. ASCE-7/16.....	27
3.3.4. TBDY-2018	30
3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Düşürülmesi	34
3.4.1. TDY-2007.....	34
3.4.2. Eurocode-8.....	35
3.4.3. ASCE-7/16.....	37
3.4.4. TBDY-2018	38
3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	41
3.5.1. TDY-2007.....	41
3.5.2. Eurocode-8.....	42
3.5.3. ASCE-7/16.....	42

3.5.4. TBDY-2018	43
3.6. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	44
3.6.1. TDY-2007.....	44
3.6.2. Eurocode-8.....	48
3.6.3. ASCE-7/16.....	51
3.6.4. TBDY-2018	54
3.7. Çatlamış Kesit Rijitliğı	58
3.7.1. TDY-2007.....	59
3.7.2. Eurocode-8.....	61
3.7.3. ASCE-7/16.....	62
3.7.4. TBDY-2018	63
3.8. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü	64
3.8.1. TDY-2007.....	65
3.8.2. Eurocode-8.....	66
3.8.3. ASCE-7/16.....	66
3.8.4. TBDY-2018	67
3.9. Yapı Siteminin Özellikleri.....	68
3.9.1. Malzeme Bilgileri.....	71
3.9.2. Yapı Analiz Modelinin Oluşturulması	72
3.9.3. Yüğü Kombinasyonları	73
3.9.4. Bina Genel Bilgileri	73
3.9.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	74
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	79
Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	79
4.1.Yapı Periyotlarının Karşılaştırılması	79
4.2. Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	89
4.3. Göreli Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması	98
4.4. EDYY ile Hesaplanan Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması	111
4.5. EDYY ile Hesaplanan Eğilme Moment Kuvvetlerin Karşılaştırılması	123
4.6. EDYY ile Hesaplanan Kesme Kuvvetlerin Karşılaştırılması.....	134
5. SONUÇ.....	145
KAYNAKLAR.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	148

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A_o	Etkin yer ivme katsayısı
A_c	Brüt kesit alanı
A_g	Brüt enkesit alanı
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
f_c	Karakteristik beton basınç dayanımı
EI_o	Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
EI_e	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
ρ	Donatı oranı
ρ_{st}	Çekme donatı oranı
N_D	Eksenel kuvvet
f_c	Donatı minimum akma dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton dayanımı
I_g	Kesit atalet momenti
E_c	Kesit elastisite modülü
P_u	Eksenel Kuvvet
M_y	Akma momenti
M_u	Kopma momenti
ϕ_y	Akma eğriliğine karşılık gelen oran
T_1	Çatlamamış kesit periyodu
T_2	Priestly'nin önerdiği periyod
K_e	Priestly'nin varsayımına göre etkili kesit rijitliği
K_g	Çatlamamış kesit rijitliği
δ_{y_1}	Çatlamamış kesit akma deplasmanı
δ_{y_2}	Çatlamış kesit akma deplasmanı göstermektedir.

h_1	Zeminin en üst tabakasının kalınlığı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyodları
$S_e(T)$	Elastik tepki spektrumunu,
T	Tek serbestlik dereceli lineer sistemin titreşim periyodunu,
a_g	A zemin sınıfı için tasarım zemin ivmesini ($a_g = \gamma_1 \cdot a_g R$),
$a_g R$	A tipi zemin için maksimum yer ivmesini,
T_B, T_C	Sabit spektral ivme bölgesinin alt ve üst sınır değerlerini,
T_D	Spektrumda sabit yer değiştirme bölgesinin başladığını gösteren değeri,
S	Zemin faktörünü
η	Sönüm düzeltme faktörü
ξ	Yapının viskoz sönüm oranı
S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{MS}	Zemin katsayıları ile çarpılmış kısa periyot için spektral ivme katsayısı
S_{M1}	Zemin katsayıları ile çarpılmış 1.0 saniye periyot için spektral ivme katsayısı
F_S	Kısa periyot için zemin etki katsayısı
F_1	1.0 saniyelik periyot için zemin etki katsayısını göstermektedir.
$R_a (T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
Q	Toplam hareketli yük
q	Yapı davranış katsayısı
q_0	Esas davranış katsayısını

k_w	Perdeli yapılarda hâkim göçme modunu göz önüne alınan azaltma katsayısı
$S_d(T)$	g ile normalize edilmiş elastik tasarım ivme spektrumunu
β	Yatay tasarım spektrumu için minimum sınır değeri
H_N	Toplam bina yüksekliği
T_C	Sabit spektral ivme bölgesi sınırının sonu
T_D	Tasarım spektrumunda sabit deplasman bölgesinin başladığını gösteren değer
T_L	Uzun periyod bölgesine geçiş periyodu
V	Taban kesme kuvveti
V_{tE}	Taban kesme kuvveti
V_t	Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvveti
W	Binanın efektif ağırlığı
I	Bina önem katsayısı
n	Bina hareketli yük katılım oranı
F_i	i 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
N	Bina Kat sayısı
ΔF_N	Ek eşdeğer deprem yükü
m_i	Binanın i 'inci katının kütlesi
F_{fi}	i 'inci kata etkiyen fiktif yük
d_{fi}	Binanın i 'inci katında fiktif yüklere göre hesaplanan yer değiştirme
η_{bi}	i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
λ	Düzeltilme katsayısını
$G_{k,j}$	Ölü yükler
Q_i	Hareketli yükleri,
$\psi_{2,i}$	Hareketli yük katılım oranı

F_i	i 'inci kata etkiyen yatay deprem yükünü,
F_b	Taban kesme kuvvetini,
z_i, z_j	Zemin döşemesinden itibaren olan ilgili katın yüksekliğini,
m_i, m_j	İlgili katların efektif sismik kütlelerini
C_t	Yaklaşık periyod hesabında çarpan katsayısı
e_{ai}	Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe [m]
L_i	Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusuna dik olan bina yüzey mesafesi [m].
C_s	Sismik bir katsayıyı
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]
k	Yapının periyoduna bağlı olarak değişen bir indeks
$S_{aR}(T)$	Binanın hâkim doğal titreşim periyodunu
T_p	Elastik tasarım spektral ivmesinin R_a azaltma katsayısına bölünerek elde edilen azaltılmış Tasarım Spektral İvme
A_{wj}	j 'inci perdenin gövde enkesit alanını [m ²],
l_{wj}	j 'inci perdenin planda uzunluğunu [m]
Δ_i	Binanın i 'inci katındaki azaltılmış görel kat ötelemesi
δ_i	Etkin görel kat ötelemelerinin ilgili kat içinde en büyük değeri
d_r	Etkin ortalama görel kat ötelemesini
h	Kat yüksekliğini,
v	Hasar limit gereklilikleri ile ilişkili olarak sık periyodlu sismik etkiyi dikkate alan azaltma katsayısı
δ_x	x seviyesindeki etkin görel kat ötelemesini,
δ_{xe}	x seviyesinde elastik hesap sonucu hesaplanan görel kat ötelemeyi,
C_d	Defleksiyon büyütme katsayısı
G	Toplam ölü yük

Kısaltmalar Açıklama

TDY	Türkiye Deprem Yönetmenliği
TBDY 2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TS 500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
ASCE	American Society Of Civil Engineers
EC8	Eurocode 8
FEMA	Federal Emergency Management Agency
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
EDYY	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. FEMA 356 ve çalışma sonucu elde edilmiş etkin kesit rijitlik oranları	2
Şekil 2.2. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerin görelî kat öteleme oranı	3
Şekil 2.3. Deplasman karşılaştırması	4
Şekil 2.4. Etkin kesit rijitliği oranı.....	5
Şekil 2.5. Beton dayanımının etkin kesit rijitliği üzerindeki etkisi	5
Şekil 2.6. Örnek kolon için önerilen denklemden elde edilen etkin kesit rijitlik oranı yönetmelikle karşılaştırılması	6
Şekil 2.7. Örnek kiriş için önerilen denklemden elde edilen etkin kesit rijitlik oranı yönetmelikle karşılaştırılması	6
Şekil 2.8. Dikdörtgen Kolon Etkin Kesit Rijitliği Oranları.....	7
Şekil 2.9. C30 beton sınıfı için kiriş etkin rijitlik oranları	8
Şekil 2.10. Moment-Eğrilik grafiğinin genel yapısı	10
Şekil 2.11. Sismik kuvvet-deplasman ilişkisi	12
Şekil 3.1. TDY-2007'ye göre elastik tasarımı ivme spektrum grafiği.....	23
Şekil 3.2. EC8'e göre elastik ivme tepki spektrumu grafiği	25
Şekil 3.3. ASCE /16'ya göre yatay tasarım ivme spektrumu.....	29
Şekil 3.4. TBDY 2018'e göre Türkiye deprem tehlike haritalarının arayüzü.	31
Şekil 3.5. TDY 2007'ye göre fiktif yükler	46
Şekil 3.6. DBYBHY'ye göre ek dış merkezliklerin belirlenmesi	47
Şekil 3.7. DBYBHY'ye göre A2 düzensizliğinde kaydırılmış kütle merkezi	48
Şekil 3.8. Moment – eğrilik ilişkisi.....	59
Şekil 3.9. S101 kolonun TDY-2007'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması	61
Şekil 3.10. S101 kolonun EC8'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması.....	62
Şekil 3.11. S101 kolonun ASCE-7/16'ya göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması	63
Şekil 3.12. S101 kolonun TBDY-2018'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması	64
Şekil 3.13. Çerçeveselî sisteme ait kolon aplikasyon planı.....	70
Şekil 3.14. Perdeli sisteme ait kolon aplikasyon planı.....	70
Şekil 3.15. Perdeli-Çerçeveselî sisteme ait kolon aplikasyon planı.....	71
Şekil 3.16. Örnek yapının üç farklı duruma ait görünüşleri.....	72
Şekil 3.17. TDY-2007'ye göre EDYY veri girişi arayüzü.....	75
Şekil 3.18. EC8'e göre EDYY veri girişi arayüzü.....	76
Şekil 3.19. ASCE 7/16'ya göre EDYY veri girişi arayüzü.....	77
Şekil 3.20. TBDY 2018'e göre EDYY veri girişi arayüzü	78
Şekil 4.1. 5 katlı çerçeveselî yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	80
Şekil 4.2. 5 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	80
Şekil 4.3. 5 katlı perdeli-çerçeveselî yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	81

Şekil 4.4. 10 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	81
Şekil 4.5. 10 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	82
Şekil 4.6. 10 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	82
Şekil 4.7. 14 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	83
Şekil 4.8. 14 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	83
Şekil 4.9. 14 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi	84
Şekil 4.10. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi	85
Şekil 4.11. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi	87
Şekil 4.12. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi	88
Şekil 4.13. 5 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	89
Şekil 4.14. 5 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	90
Şekil 4.15. 5 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	90
Şekil 4.16. 10 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi	91
Şekil 4.17. 10 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	91
Şekil 4.18. 10 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	92
Şekil 4.19. 14 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi	92
Şekil 4.20. 14 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	93
Şekil 4.21. 14 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	93
Şekil 4.22. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	95
Şekil 4.23. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	96
Şekil 4.24. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi.....	97
Şekil 4.25. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	98
Şekil 4.26. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	99
Şekil 4.27. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	100
Şekil 4.28. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	102
Şekil 4.29. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	103
Şekil 4.30. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı.....	105

Şekil 4.31. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelî kat öteleme oranı.....	107
Şekil 4.32. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelî kat öteleme oranı.....	108
Şekil 4.33. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelî kat öteleme oranı.....	109
Şekil 4.34. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	118
Şekil 4.35. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	118
Şekil 4.36. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	119
Şekil 4.37. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	119
Şekil 4.38. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	120
Şekil 4.39. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi	120
Şekil 4.40. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi.....	121
Şekil 4.41. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi.....	121
Şekil 4.42. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için aksenal kuvvet değişimi.....	122
Şekil 4.43. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	129
Şekil 4.44. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	129
Şekil 4.45. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	130
Şekil 4.46. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	130
Şekil 4.47. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	131
Şekil 4.48. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi	131
Şekil 4.49. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi.....	132
Şekil 4.50. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi.....	132
Şekil 4.51. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi.....	133
Şekil 4.52. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	140
Şekil 4.53. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	140
Şekil 4.54. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	141
Şekil 4.55. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	141

Şekil 4.56. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	142
Şekil 4.57. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	142
Şekil 4.58. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçeveli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	143
Şekil 4.59. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçeveli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	143
Şekil 4.60. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçeveli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi	144

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. DBYBHY'ye göre zemin grupları	14
Çizelge 3.2. DBYBHY'ye göre yerel zemin sınıfları.....	14
Çizelge 3.3. EC8'e göre zemin grupları	15
Çizelge 3.4. ASCE 7/16'ya göre zemin sınıfları.....	16
Çizelge 3.5. TBDY 2018'e göre zemin sınıfları	17
Çizelge 3.6. TDY 2007'ye göre bina önem katsayısı.....	18
Çizelge 3.7. EC8'e göre bina önem sınıfları ve önem faktörleri.....	19
Çizelge 3.8. ASCE 7/16'ya göre risk kategorileri ve bina önem katsayıları	20
Çizelge 3.9. TBDY 2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı	21
Çizelge 3.10. DBYBHY'ye göre etkin yer ivmesi katsayısı.....	22
Çizelge 3.11. TDY 2007'ye göre yerel zemin sınıfları	24
Çizelge 3.12. EC8'e göre Tip 1 elastik ivme spektrum verileri.....	26
Çizelge 3.13. EC8'e göre Tip 2 elastik ivme spektrum verileri.....	26
Çizelge 3.14. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod zemin düzeltme katsayısı (F_a).....	28
Çizelge 3.15. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyod zemin düzeltme katsayısı (F_v).....	28
Çizelge 3.16. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod tepki spektrumuna göre STK.....	30
Çizelge 3.17. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyodu tepki spektrumuna göre STK.....	30
Çizelge 3.18. TBDY 2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri.....	31
Çizelge 3.19. TBDY-2018'e göre kısa periyod zemin etki katsayısı (F_s)	32
Çizelge 3.20. TBDY-2018'e göre 1 sn periyod zemin etki katsayısı (F_v).....	33
Çizelge 3.21. TBDY 2018'e göre Deprem Tasarım Sınıfı	33
Çizelge 3.22. DBYBHY'ye göre betonarme yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R).....	34
Çizelge 3.23. Eurocode 8'e göre esas davranış katsayısı (q_0).....	35
Çizelge 3.24. ASCE 7/16'ya göre betonarme binalar için deprem yükü azaltma katsayısı	38
Çizelge 3.25. TBDY 2018'de deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınırları	39
Çizelge 3.26. TBDY-2018'e göre betonarme yapılar için R ve D katsayıları	40
Çizelge 3.27. TDY 2007'ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.....	41
Çizelge 3.28. ASCE7/16'ya göre deprem hesap yönteminin seçilmesi	43
Çizelge 3.29. TBDY-2018 'e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği yapılar.....	44
Çizelge 3.30. TDY-2007'ye göre hareketli yük katılım katsayısı.....	45
Çizelge 3.31. EC8'e göre hareketli yük katılım oranı katsayısı.....	49
Çizelge 3.32. ASCE 7/16'ya göre C_t ve x değerleri.....	53
Çizelge 3.33. ASCE 7/16'ya göre periyod maksimum değer katsayısı (C_u).....	54
Çizelge 3.34. TBDY 2018'e göre hareketli yük katılım katsayısı	55
Çizelge 3.35. ASCE 7/16'da risk kategorisine göre kat ötelemesi sınırları.....	66
Çizelge 3.36. Yapıya ait genel bilgiler	69
Çizelge 3.37. Taşıyıcı elemanlara ait kesit özellikleri.....	69
Çizelge 3.38. Beton ve çelik mekanik özellikleri.....	71
Çizelge 3.39. Yönetmeliklere göre yük kombinasyonları	73
Çizelge 4.1. Her üç kat durumu için periyod değişiminin yüzdelik oranı	85

Çizelge 4.2. Her üç kat durumu için periyod değişiminin yüzdelik oranı	86
Çizelge 4.3. Her üç kat durumu için periyod değişiminin yüzdelik oranı	88
Çizelge 4.4. EDYY ile hesaplanan yapı modellerinin çatlamış ve çatlamamış kesitine göre taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	94
Çizelge 4.5. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzdelik değişimi	95
Çizelge 4.6. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzdelik değişimi	96
Çizelge 4.7. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzdelik değişimi	97
Çizelge 4.8. 5 Katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı	99
Çizelge 4.9. 10 Katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı	100
Çizelge 4.10. 14 Katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemesinin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı	101
Çizelge 4.11. 5 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı	102
Çizelge 4.12. 10 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı	104
Çizelge 4.13. 14 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı	106
Çizelge 4.14. 5 Katlı perdeli-Çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı	107
Çizelge 4.15. 10 Katlı perdeli-Çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı	109
Çizelge 4.16. 14 Katlı perdeli-Çerçeve yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görece kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı	110
Çizelge 4.17. Çerçeve yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi	112
Çizelge 4.18. Çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı	113
Çizelge 4.19. Perdeli yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi	114
Çizelge 4.20. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı	115
Çizelge 4.21. Perdeli yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi	116
Çizelge 4.22. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı	117
Çizelge 4.23. Çerçeve yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi	123
Çizelge 4.24. Çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı	124
Çizelge 4.25. Perdeli yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi	125
Çizelge 4.26. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı	126
Çizelge 4.27. Perdeli-Çerçeve yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi	127
Çizelge 4.28. Perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı	128
Çizelge 4.29. Çerçeve yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi	134
Çizelge 4.30. Çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin kesme kuvvet değişim oranı	135
Çizelge 4.31. Perdeli yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi	136
Çizelge 4.32. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin kesme kuvvet değişim oranı	137

kesme kuvvet değişim oranı	137
Çizelge 4.33. Perdeli-Çerçeveli yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi.....	138
Çizelge 4.34. Perdeli-çerçeveli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış	139
kesitinin kesme kuvvet değişim oranı.....	139

1. GİRİŞ

Betonarme taşıyıcı elemanların rijitlik değerleri, deprem etkisi altında öngörülen değerlerden farklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yapıların tasarım ve değerlendirilmesinde çatlama kesite ait rijitlikler dikkate alınmaktadır. Betonarme taşıyıcı elemanların tasarım ve değerlendirilmesinde dikkate alınan etkin kesit rijitlikleri standartlarda birbirinden farklı olarak sunulmuştur (H. Öztürk, A. Demir, G. Dok ve H. Güç 2017).

Depreme dayanıklı yapı tasarımı genel olarak doğrusal analiz tekniklerinden elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Dolayısı ile taşıyıcı elemanların rijitlikleri çatlama kesit rijitliği olarak kabul edilmektedir. Deprem etkisine maruz kalan betonarme yapıların rijitliği büyük oranda azalacağı bilinmektedir, bu nedenle daha gerçekçi sonuçlar elde etmek amacıyla yönetmeliklerin ilgili bölümlerinde çatlama kesit rijitliğinin kullanılmasını önerilmektedir (J. M. Wong, A. Sommer, K. Briggs ve C. Ergin 2016).

Bu çalışmada, Türkiye’de yayınlanan son iki yönetmelikle beraber ASCE7/16 ve Eurocode 8’de önerilen etkin kesit rijitliklerinin yapısal sistemi, bina katsayısı gibi parametreler değiştirerek yapıda oluşan iç kuvvetler, titreşim modlarına ait periyot değerleri ve görelî kat ötelemeler değişimi incelenmiştir. Tasarımda betonarme yapı örneği birinci deprem bölgesinde, 5, 10 ve 14 katlı durumuna göre çerçevli, perdeli ve perdeli-çerçevli olarak SAP2000v20 programı ile doğrusal hesap yöntemleri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak deprem hesabı yapılmıştır. Elde edilen görelî kat öteleme oranları, yapı hâkim doğal titreşim periyotları ve kesit tesirleri adı geçen yönetmeliklerde verilen etkin kesit rijitlikleri dikkate alınarak kıyaslamalar yapılmıştır.

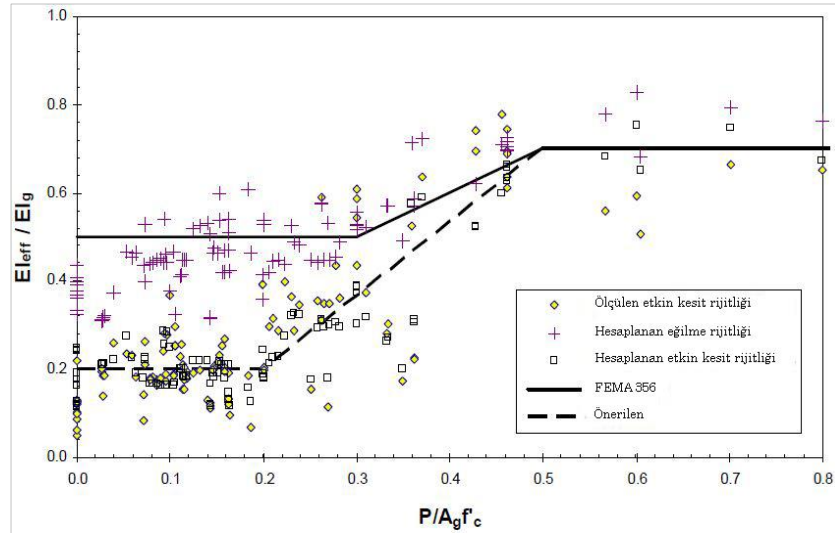
Çalışmanın ikinci bölümünde; kaynak araştırması, çatlama kesit rijitliği ile alakalı malumatlar verilmiştir. Bölüm üçte; sayısal modellemenin detayları, çalışmada kullanılan materyal ve yöntem yer verilmiştir. Dördüncü bölümde; yapılan çalışmadan elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmadan çıkarılan sonuç ve tartışmalar sunulmuştur.

2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çatlamış kesit rijitliği dikkate alınarak tasarlanan yapıların, periyod, taban kesme kuvveti, görelî kat öteleme, yapı elemanlarında oluşan iç kuvvetler, kat adedi ve bina taşıyıcı sistemine göre etkisi merak konusu olmuştur. Konu ile ilgili bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

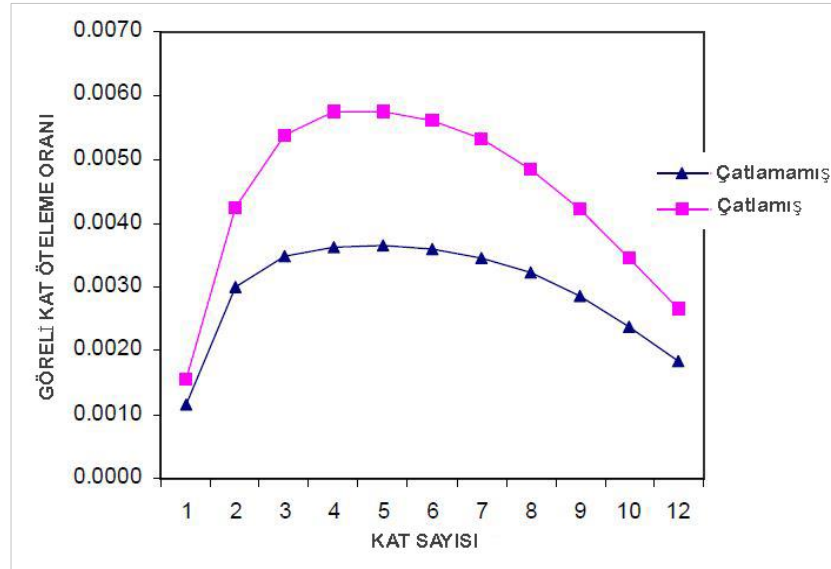
2.1. Kaynak Araştırması

Bu çalışmada dikkate alınan 120 kolon için gözlenen etkin kesit rijitlikler, Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) 356 göre hesaplanan etkin kesit rijitliklerle karşılaştırılmıştır. Eksenel yüklerin $0,5A_g f_c$ 'nin üzerinde olan kolonlar için FEMA 356'da önerilen etkin kesit rijitlik tutarlıdır, ancak $0,3A_g f_c$ 'nin altında, eksenel yüke sahip kolonların etkin kesit rijitlikleri büyük ölçüde azalmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda; kare kolonların eksenel yük kapasitesinin %20'sinin altında olması durumunda, etkin kesit rijitlik oranının 0,20 olarak alınması uygun görülmüştür (K.J.Elwood ve M.O.Elberhard 2006).



Şekil 2.1. FEMA 356 ve çalışma sonucu elde edilmiş etkin kesit rijitlik oranları (K.J.Elwood ve M.O.Elberhard 2006)

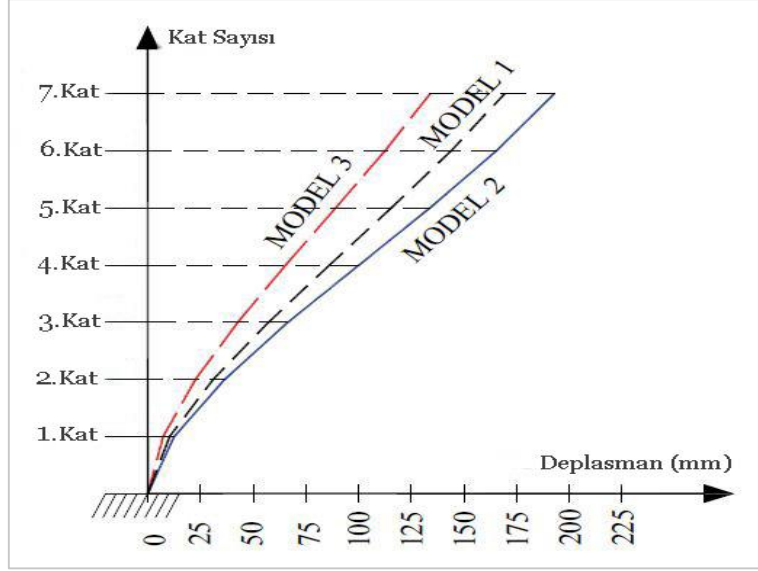
Deprem etkisi altındaki betonarme yapıların çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri, yanal kuvvetler üzerindeki etkisi araştırılmış ve tartışılmıştır. Betonarme yapıların deprem analizi ve tasarımı doğrusal elastik yöntemle dayanarak yapılmaktadır, ancak şiddetli depremler altında kesitlerin doğrusal olmayan davranışı dikkate alınmaktadır. Bu özelliği yansıtmak için yönetmeliklerde önerilen modifikasyon faktörleri ve denklemler verilmektedir. Bu çalışmada, 11 katlı bir betonarme yapı göz önünde bulundurularak Hint deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış, ancak etkin kesit rijitlik katsayıları ACI 2000 yönetmeliğinden yararlanarak analiz yapılmıştır. Analizde çatlama kesit ve çatlama kesit dikkate alınarak görel kat öteleme oranı karşılaştırılmıştır. (M.Ahmed, M.K Dad Khan ve M. Wamiq 2008).



Şekil 2.2. Çatlama ve çatlama kesitlerin görel kat öteleme oranı (M.Ahmed, M.K Dad Khan ve M. Wamiq 2008)

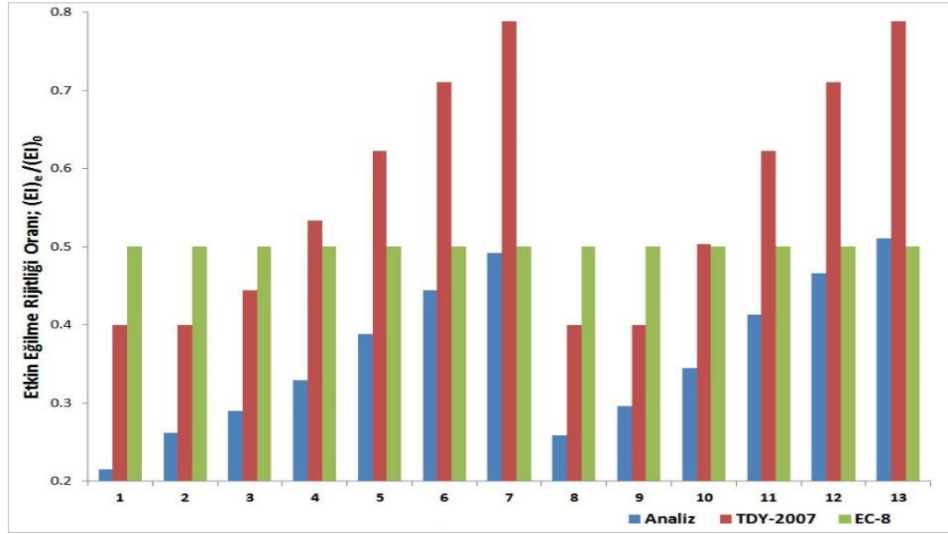
Eurocode-8'e göre betonarme yapıların tasarım ve değerlendirmesinde taşıyıcı elemanların rijitliği değerlendirilirken çatlama kesit etkisi dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada yedi katlı bir konut binası ele alınarak model 1 için tüm kolon, kiriş ve duvar etkin kesit rijitliği için, çatlama kesite karşılık gelen rijitliğin yarısı dikkate alınmıştır. Model 2'de çatlama kesite ait etkin kesit rijitliği kolon ve kiriş için model 1'de olduğu gibi alınırken, 10,2 metre yüksekliğe kadar duvar etkin kesit rijitliği 0,35 ve geri kalan

yükseklite 0,25 değeri alınmıştır. Model 3 ise çatlamamış kesit olarak tasarlanmıştır (Damir Vidovic, Davor Grandic ve Paulo Sculac 2012).



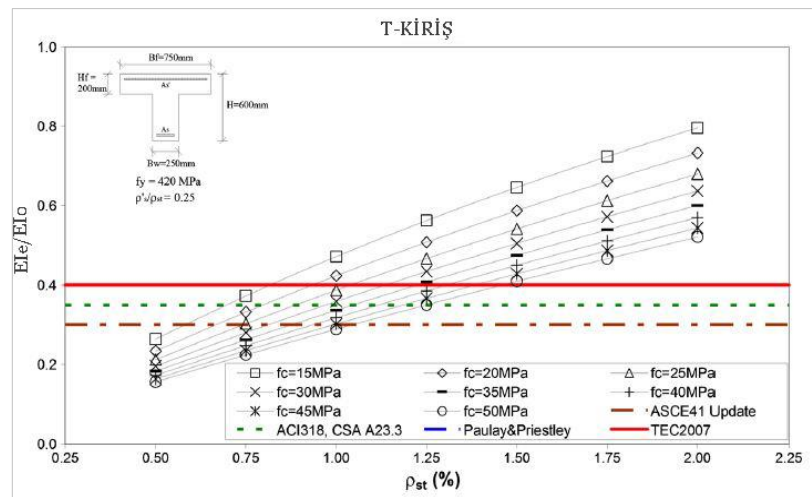
Şekil 2.3. Deplasman karşılaştırması
(Damir Vidovic, Davor Grandic ve Paulo Sculac 2012)

Betonarme yapıların tasarım ve değerlendirilmesinde bir çok ülke yönetmeliğinde çatlamış kesit rijitliği dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada dairesel betonarme kolonların etkin kesit rijitlikleri, moment-eğrilik ilişkisinden elde edilerek sonuçlar TDY-2007 ve Eurocode-8 yönetmeliklerinden elde edilen etkin eğilme rijitlikleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak her iki yönetmeliklerden hasıl olan etkin kesit rijitlik değerleri moment-eğrilik ilişkisinden elde edilen değerlerden büyük olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca aksenal yük oranı çatlamış ve çatlamamış kesite ait etkin kesit rijitliği üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. (Aydın Demir ve Naci Çağlar 2013).



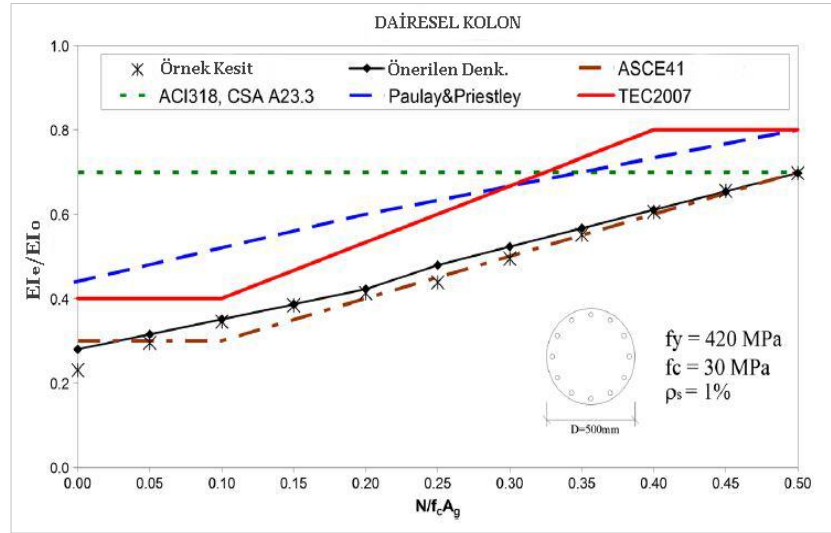
Şekil 2.4. Etkin kesit rijitliği oranı (Aydın Demir ve Naci Çağlar 2013)

Kesit rijitliğinin tahminindeki doğruluk seviyesi, yapısal rijitlik ve dolayısıyla etkiyen sismik kuvvetler için gerçekçi değerlerin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Kesit geometrisi, aksel yük oranı ve beton dayanımı, etkin kesit rijitliğini etkileyen en önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada çok çeşit kiriş ve kolonların etkin kesit rijitliğini etkileyen parametreler araştırılmış, çatlama kesit rijitliğini etkileyen yeni parametreler önerilmiş ve mevcut olanlarla karşılaştırılmıştır (Ö. Avşar, B. Bayhan ve A. Yakut 2014).

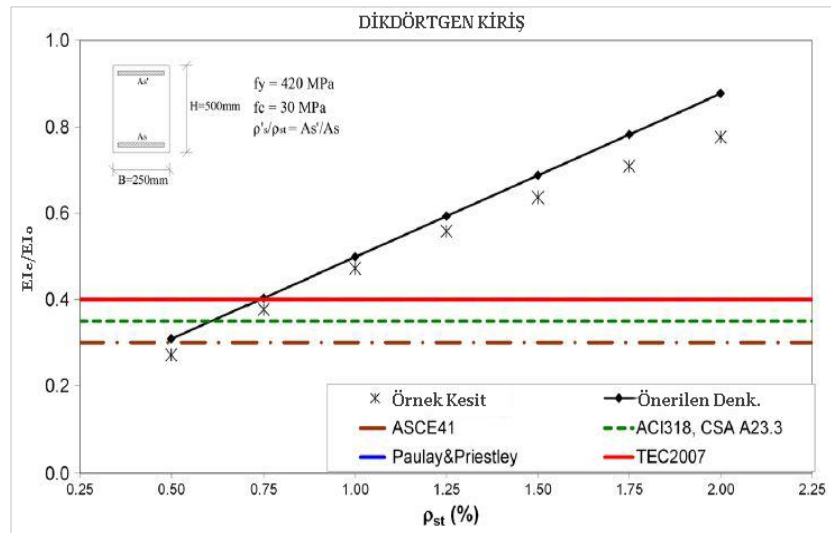


Şekil 2.5. Beton dayanımının etkin kesit rijitliği üzerindeki etkisi (Ö. Avşar, B. Bayhan ve A. Yakut 2014)

$\rho = 0,01$ ve $f_c = 30\text{MPa}$ olan örnek bir kolonun, yönetmeliklerde önerilen etkin kesit rijitlik değerlerinin, önerilen denklem değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca Priestley et al. (1996) ve Caltrans (2010)'da verilen etkin kesit rijitlik denklemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Ö. Avşar, B. Bayhan ve A. Yakut 2014).

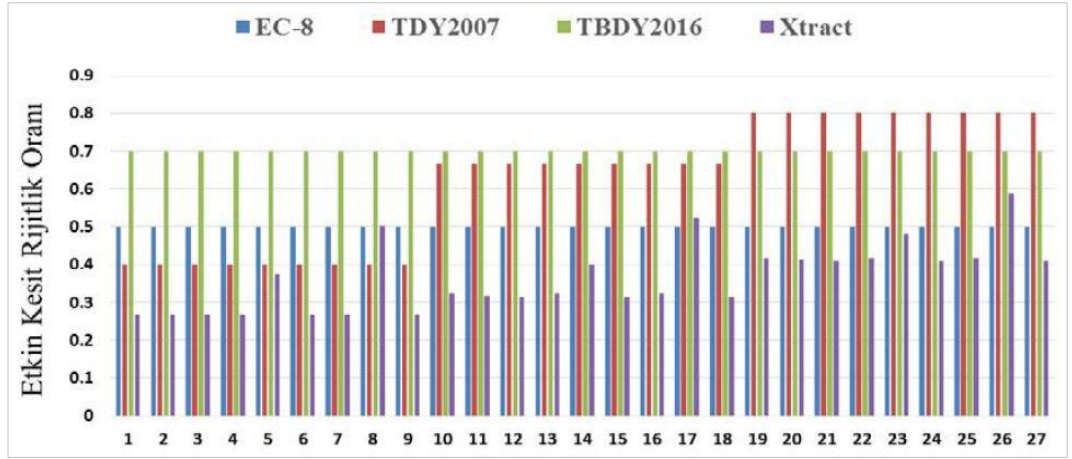


Şekil 2.6. Örnek kolon için önerilen denklemden elde edilen etkin kesit rijitlik oranı yönetmelikle karşılaştırılması (Ö. Avşar, B. Bayhan ve A. Yakut 2014)



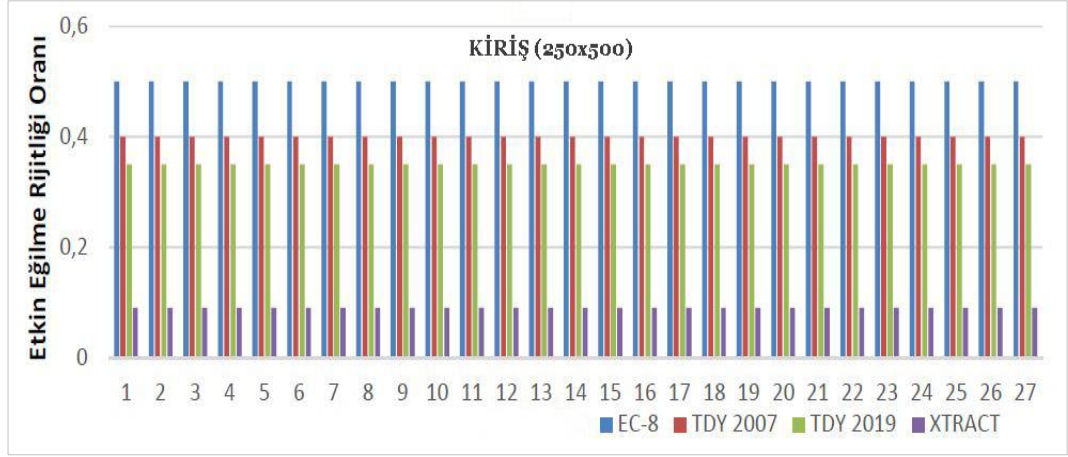
Şekil 2.7. Örnek kiriş için önerilen denklemden elde edilen etkin kesit rijitlik oranı yönetmelikle karşılaştırılması (Ö. Avşar, B. Bayhan ve A. Yakut 2014)

Betonarme dairesel ve dikdörtgen kolonların çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri, moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak XTRACT programı aracılığı ile belirlenmiştir. Analizde farklı aksenal yük seviyesi, enine ve boyuna donatı oranı ve farklı beton sınıfları dikkate alınarak elde edilen etkin kesit rijitlik değerler, Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY-2007), Eurocode-8 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'de verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. TBDY-2018 ve Eurocode-8 yönetmelikleri tarafından etkin kesit rijitliği için önerilen değerler, hesaplamalar sonucu elde edilen değerlerden oldukça farklıdır. Ancak elde edilen sonuçların, TDY-2007 ile daha yakın olduğu görülmüştür (H.Öztürk, A.Demir, G.Dok ve H. Güç 2017).



Şekil 2.8. Dikdörtgen Kolon Etkin Kesit Rijitliği Oranları (H.Öztürk 2017)

Üç farklı beton basınç dayanımı, enine ve boyuna donatı oranı parametreleri değiştirilerek 250x500 mm boyutundaki kiriş kesitinin etkin eğilme rijitliği XTRACT program ile hesaplanmıştır. Yapılan 87 farklı analiz sonucu elde edilen etkin eğilme rijitlik değerinin, Eurocode-8, Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'de verilen değerlerle kıyaslaması yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, çatlamış kesite ait etkin rijitlik değerinin başlangıç kesit rijitliğine oranı ortalama 0,10 olarak hesaplanmıştır. Bu oran TDY-2007'de 0,40 iken TBDY-2018'de 0,35 olarak verilmektedir. (Erva Tekinsav, Pınar Çanak, Gökhan Dok ve Hakan Öztürk 2018).



Şekil 2.9. C30 beton sınıfı için kiriş etkin rijitlik oranları
(Erva Tekinsav, Pınar Çanak, Gökhan Dok ve Hakan Öztürk 2018)

2.2. Etkin Kesit Rijitliği

Taşıyıcı elemanların yatay ve düşey kuvvetler altında yapılan analizden elde edilen sonuçları, kesit rijitliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Betonarme taşıyıcı sistemlerde eğilme rijitliği diğer taşıyıcı sistemlere göre hem yer değiştirmelerin belirlenmesinde hem de iç kuvvetlerin dağılımında etkili olmaktadır (Celep 2014). Kesit boyutlarına, malzeme elastisite modüllerine ve donatı oranına bağlı olarak eğilme rijitliği değişmektedir. Moment-eğrilik ilişkisi ile kesit davranışı incelenirken momentin küçük olduğu ve kesitte herhangi bir çatlak oluşmadığı durumlarda eğilme rijitliği, malzeme elastisite modülüne ve kesit atalet momentine bağlı olarak maksimum değere sahiptir. Momentin büyük değerlere ulaşması ve çatlakların oluşmasıyla birlikte eğilme rijitliği azalır, etkin kesit rijitliği etkili olur (Çiğdem Çırak 2016).

2.3. Yönetmeliklerde Önerilen Etkin Kesit Rijitlikleri

Betonarme yapıların deprem analizi ve tasarımında genellikle elastik hesap yönteminin kullanımı tercih edilmektedir. Ancak şiddetli depremler altında yapıların elastik olmayan davranış sergilediği bilinmektedir. Bu nedenle elastik olmayan davranışı yansıtmak amacıyla kolon ve kiriş atalet momentleri azaltılmaktadır. Etkin kesit rijitliği dikkate

almak için yönetmeliklerde çeşitli formülasyon ve katsayılar önerilmiştir (J.R. Pique ve M. Burgos 2008).

Mevcut yapılarla ilgili hükümlerin bulunduğu 7. bölümün 7.4.13 maddesinde, çatlama kesite ait etkin rijitliğinin sabit olmadığı ifade edilmiş ve kesit boyutu, beton kalitesi, kesite etkiyen eksenel kuvvet gibi parametrelere bağlı olarak aşağıdaki sınırlamalar getirilmiştir (DBYBHY 2007).

(a) Kirişlerde: $(EI)_e=0,40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde:

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \leq 0,10 \text{ olması durumunda: } (EI)_e=0,40 (EI)_o$$

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \leq 0,40 \text{ olması durumunda: } (EI)_e=0,80 (EI)_o$$

TBDY (2018)'da yalnızca mevcut yapıların değerlendirilmesinde değil aynı zamanda yeni yapılacak yapıların tasarımında da çatlama kesit rijitliğinin kullanılması şart koşulmuştur (TBDY-2007).

Yönetmeliğin ilgili bölümünde Tablo 4.2'de tanımlanan etkin kesit rijitlik çarpanları:

Kolon için $(EI)_e= 0,70(EI)_o$

Kiriş için $(EI)_e= 0,35(EI)_o$

ve Perde kolon için $(EI)_e= 0,5EI_o$ olarak sabit katsayılar verilmiştir.

Çatlama kesite ait etkin kesit rijitlik değeri, Eurocode-8'de önerildiği gibi sabit alınarak başlangıç rijitliğinin $(EI)_o$ yarısı olduğu kabul edilmiştir (BS EN 1998).

Kolon için $(EI)_e= 0,5(EI)_o$

ve Kiriş için $(EI)_e= 0,5(EI)_o$ alınması önerilmiştir.

Binaların modellenmesi ve değerlendirilmesinde çatlama kesit rijitliği ile ilgili değerler ASCE madde 10.3.1.2.1, Tablo 10.5'te eksenel yük oranına göre aşağıdaki sınırlar önerildiği öğrenilmiştir (ASCE7-16).

Kirişlerde: $(EI)_e = 0,30E_cI_g$

Kolonlarda;

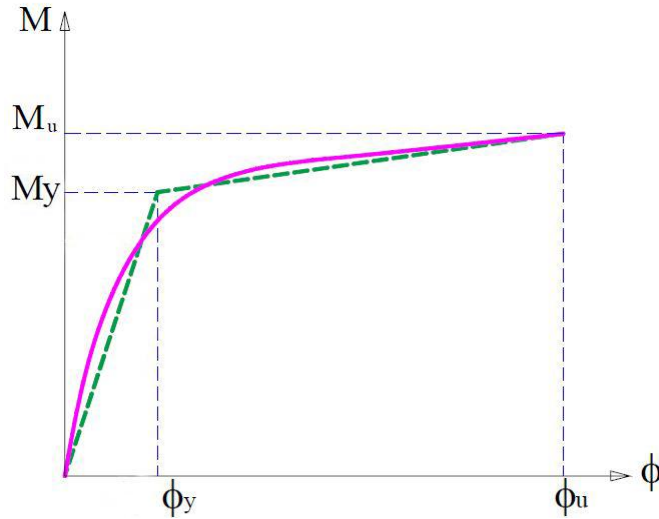
$P_u \geq 0,5A_g f_c$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,70E_cI_g$

$P_u \leq 0,1A_g f_c$ olması durumunda: $(EI)_e = 0,30E_cI_g$ sabit katsayılar verilmiştir.

2.4. Etkin Kesit Rijitlik Değerlendirmesinde Moment-Eğrilik İlişkisi

Çatlama kesite ait etkin kesit rijitlikleri $(EI)_e$ Moment-Eğrilik ilişkisi kullanarak hesaplanabilmektedir. Akma momenti (M_y) ve akma eğrilğine (ϕ_y) karşılık gelen oran, etkin kesit rijitliği olarak tanımlanmaktadır (Aydın Demir ve Naci Çağlar 2013).

$$EI_e = \frac{M_y}{\phi_y} \quad (2.1)$$



Şekil 2.10. Moment-Eğrilik grafiğinin genel yapısı (J.R. Pique ve M. Burgos 2013)

2.5. Periyod Hesabında Çatlamış Kesit Rijitliği

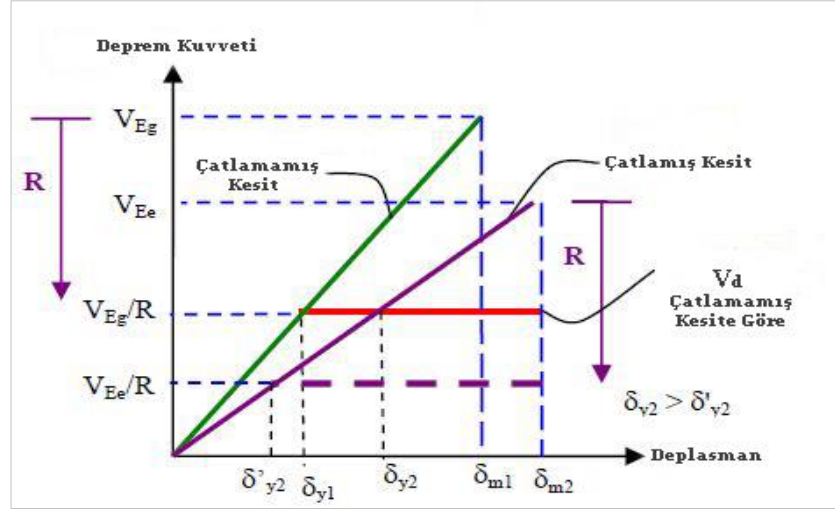
Priestley(2003) önerisi dikkate alınarak sismik analizden elde edilen periyodlar, çatlama kesit rijitliği dikkate alınarak hesaplanan periyodlara göre daha büyüktür (J.R. Pique ve M. Burgos 2008).

Aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir:

$$T_2 = \frac{T_1}{\sqrt{K_e/K_g}} \quad (2.2)$$

Burda T_1 çatlama kesit periyodu, T_2 Priestley'nin önerdiği periyod, K_e Priestley'nin varsayımına göre etkili kesit rijitliği ve K_g çatlama kesit rijitliğini ifade etmektedir. Çatlama kesit rijitliğine dayanarak tasarlanan yapılarda büyük taban kesme ile kısa süreli periyod elde edilmektedir. Buna ek olarak çatlama kesite göre tasarlanan taşıyıcı elemanlar çatlama kesite göre tasarlanan elemanlara kıyasla daha rijittir, ve sonuç olarak daha fazla taban kesme kuvvetine maruz kalmaktadır (J.R. Pique ve M. Burgos). Çatlama ve çatlama kesitlerin akma deplasmanı aşağıdaki formülasyon ile hesaplanabilmektedir:

$$\delta_{y_2} = \frac{\delta_{y_1}}{K_e/K_g} \quad (2.3)$$



Şekil 2.11. Sismik kuvvet-deplasman ilişkisi (J.R. Pique ve M. Burgos 2013)

Burda;

δ_{y1} : çatlamamış kesit akma deplasmanı,

δ_{y2} : çatlamış kesit akma deplasmanı göstermektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde 5, 10 ve 14 kattan oluşan çerçevli, perdeli ve perdeli-çerçevli bir yapının ASCE7/16, TDY-2007, TBDY-2018 ve Eurocode-8 yönetmeliklerinde tanımlanan çatlamış kesit rijitlikleri dikkate alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü hesap kuralları esas alınıp tasarım ilkeleri tanımlanmıştır.

TDY-2007, TBDY-2018, EC8 ve ASCE 7/16 Yönetmeliklerine Göre Tasarım İlkeleri;

3.1. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi

Deprem etkisi altında olan yapılarda oluşan taban kesme kuvveti değeri yalnızca yapısal sisteme değil aynı zamanda zemin koşullarına da bağılı olarak değişmektedir. Yapıların tasarım hesabında zemin sınıfları temel koşul olarak önce belirlenmesi gerekir. Bu nedenle bu kısımda zemin grupları ve sınıfları verilmiştir.

3.1.1. TDY-2007

DBYBHY 2007'nin ilgili bölümünde 1. ve 2. deprem bölgelerinde yapılacak binalar, 60m'den fazla yüksekliğe sahip olması durumunda ve bina önem katsayıları 1.4 ve 1.5 olan tüm yapılar ve bütün deprem bölgesi için özel saha araştırması ile zemin özelliklerinin tespiti zorunlu tutulmuştur. Diğer yapılar için yerel zemin sınıflarının ve gruplarının bilinmesi tasarım ve projelendirme aşamasında yeterli sayılacaktır.

Çizelge 3.1'de TDY-2007'ye ait zemin grupları ve Çizelge 3.2'de ise yerel zemin sınıfları verilmektedir.

Çizelge 3.1. DBYBHY’ye göre zemin grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standard Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
A	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	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
C	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
D	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

Çizelge 3.2. DBYBHY’ye göre yerel zemin sınıfları

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

3.1.2. Eurocode-8

Zemin sınıfları EC8’de, TDY–2007’de olduğu gibi standart penetrasyon testi, kayma dalgası hızı ve serbest basınç direncine bağlı olarak yedi sınıfa ayrılmıştır. Bütün yönetmeliklerin gereği EC8’de de yapılacak bina türü ve koşullarına göre zemin etütlerinin yapılmasını zorunlu tutmuştur. Ancak deprem riski altında bulunmayan zemin türlerinin etüt ve araştırması dikkate alınmayabilir. Çizelge 3.3’te EC8’e göre tanımlanan zemin sınıfları ve tanımları verilmektedir.

Çizelge 3.3. EC8’e göre zemin grupları

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

Özel saha araştırması ve etüdü yapılması gereken zemin türleri ise S₁ ve S₂ olarak tanımlanmıştır.

3.1.3. ASCE-7/16

ASCE 7/16’da zemin tipleri standart penetrasyon, drenajsız kayma dayanımı ve kayma dalgasına bağlı olarak altı sınıfa ayrılmaktadır. Çizelge 3.4’te verilen zemin sınıfları yapılan zemin etüdüleri sonucunda yukarıda söylenen parametrelere bağlı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4. 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 ²)
A	Sert kaya	>5000	uygulanamaz	uygulanamaz
B	Kaya	2500–5000	uygulanamaz	uygulanamaz
C	Yüksek yoğunluklu toprak ve yumuşak kaya	1200–2500	>50	>2000
D	Sıkı daneli zemin	600–1200	15–50	1000–2000
E	Yumuşak kil zemin	<600	<15	<1000
		Aşağıdaki özelliklere sahip 10 ft’den fazla içeren zeminler <ul style="list-style-type: none">• Plastisite indisi $PI > 20$• Nem içeriği $w \geq \%40$• Drenajsız kayma dayanımı $S_u < 500$ lb/ft²		
F	Aşağıdaki özelliklerden birine veya bir kaçına sahip zemin <ul style="list-style-type: none">• Kayma riskine karşı savunmasız zemin veya deprem yükleri altında kayan sıvılaşılabilen zemin, hızlı ve hassas kil gibi• Yüksek organik kil• Çok yüksek plastisiteli kil ($H > 25$ feet, $PI > 75$)			

Saha incelemesi ve etütleri neticesinde zemin tipinin belirlenmesinde yeterli bilgiye ulaşılmadığı takdirde, zemin sınıfının E veya F grubuna ait olmadığı kesinse D zemin sınıfı olarak kabul edilebilir ve $F_a = 1.2$ ’den az alınmama şartı ile deprem hesabı yapılabilir. İleride detaylı olarak açıklayacağımız F_a , kısa periyod için zemin düzeltme katsayısıdır.

3.1.4. TBDY-2018

TBDY 2018'deki zemin sınıfları ASCE 7/16'da verilen zemin türlerine benzer şekilde ve aynı zemin parametrelerine bağlı olarak altı sınıfa ayrılmıştır. Çizelge 3.5'te zemin sınıflarının tanım ve ayrıntıları verilmektedir.

Çizelge 3.5. 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)
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760–1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360–760	>50	<250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180–360	15–50	70–250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya 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
ZF	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.			

Özel zemin etüdü ve araştırma yapılması gereken zemin türü, ZF olarak sınıflandırılmıştır.

3.2. Deprem Hesabında Bina Önem Katsayısı

3.2.1. TDY-2007

Binanın kullanım amacı, türü ve işlevine göre bina önem katsayısı, deprem hesabında önemli parametredir. Deprem sırasında ve sonrasında insanların kullanım ve hizmetine devam etme açısından önemli olan binaların önem katsayı değerleri paralel olarak artmaktadır. Çizelge 3.6’da önem katsayılar dört kategori altında verilmektedir.

Çizelge 3.6. TDY 2007’ye göre bina önem katsayısı

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

3.2.2. Eurocode-8

Eurocode 8’de yapının kullanım türü ve amacına göre bina önem sınıfı ve önem faktörü (γ_1) dört kategoriye ayrılmıştır. TDY 2007’de en az önem taşıyan yapılar 1.0 iken EC8’de ise 0.80 katsayısını tarım faaliyetinde kullanılan binalara verilmektedir. Diğer binalar için öngörülen bina önem katsayıları Çizelge 3.7’de yer almaktadır.

Çizelge 3.7. EC8’e göre bina önem sınıfları ve önem faktörleri

Önem Sınıfı	Bina Kullanımı	γ_1
IV	Hastaneler, itfaiye binaları, enerji santralleri gibi deprem sırasındaki bütünlükleri sivil savunma açısından hayati önem taşıyan binalar	1.4
III	Okullar, toplantı salonları, kültür merkezleri gibi deprem dayanımı açısından önem taşıyan binalar	1.2
II	Sıradan binalar, diğer sınıflara girmeyen binalar	1.0
I	Toplumun güvenliği açısından çok önem taşımayan binalar, tarım faaliyetlerinde kullanılan binalar	0.8

3.2.3. ASCE-7/16

ASCE 7/16’da bina önem katsayıları risk kategorilerine göre belirlenmektedir. Risk kategorileri I, II, III, ve IV olarak verilmiştir. Risk kategorilerine bağlı olarak bina önem katsayıları Çizelge 3.8’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.8. ASCE 7/16'ya göre risk kategorileri ve bina önem katsayıları

Risk Kategorisi	Bina ve Yapıların Kullanımı	I
I	Tehlike ve hasar durumunda insan hayatı için çok az risk taşıyan binalar ve diğer yapılar	1.00
II	I, III ve IV risk kategorileri dışında kalan binalar ve yapılar	1.00
II	- Tehlike ve hasar durumunda insan hayatı için ciddi şekilde risk taşıyan, - IV risk kategorisine dâhil olmayan, tehlike ve hasar durumunda hem ekonomiğe hem insan günlük hayatı için ciddi biçimde risk taşıyan, - IV risk kategorisine yer almayan ve yıkılması durumunda insan hayatı için ciddi biçimde risk taşıyan; yetkili merceğin belirlediği sınır miktarını aşan ve serbest bırakılması durumunda halka tehdit oluşturmaya yeterli toksik veya patlayıcı maddeler içeren, binalar ve yapılar	1.25
IV	- 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	1.50

3.2.4. TBDY-2018

Bina kullanım sınıfları TBDY-2018'de BKS=1, BKS=2 ve BKS=3 olarak 3 kategoriye ayrılmıştır. Bina kullanım sınıfı, binanın deprem esnasında ve sonrasında arz ettiği önem ve riskine göre belirlenmiştir. Bina önem katsayıları (I) bina kullanım sınıflarına bağlı olarak verilmektedir. Çizelge 3.9'da bina kullanım sınıfı ile bina önem katsayısının ilişkisi detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. TBDY 2018’e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı

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

3.3. Elastik Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

3.3.1. TDY-2007

Yapılara etkiyecek olan deprem kuvvetlerinin hesabında esas alınacak katsayılar, “Deprem Yüğü Azaltma” ve “Spektral İvme”dir. $S(T)$, Spektral İvme, Elastik İvme Spektrumunun ordinatıdır ve %5 sönüm oranı için tanımlanmıştır. Spektral İvme Katsayısı, deprem hesabı yapılırken yerçekimi ivmesi g ile çarparak dikkate alınacaktır. Spektral İvme Katsayı hesabı (3.1) bağıntısı ile yapılacaktır.

$$\left. \begin{aligned} A(T) &= A_o I S(T) \\ S(T) &= A(T) g \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

Burada;

A_0 : Etkin Yer İvme Katsayısı

$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı

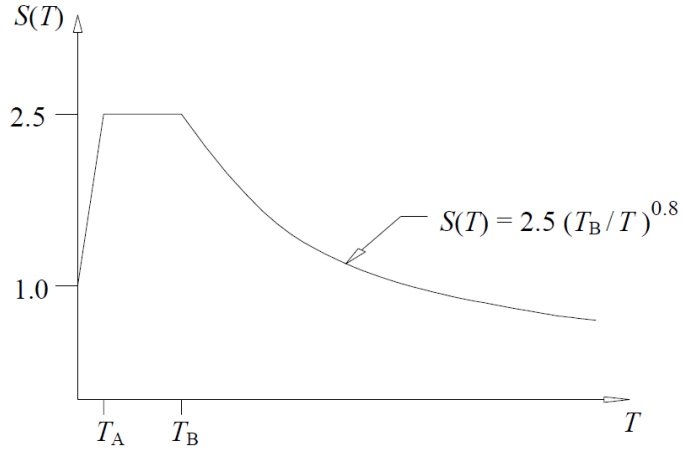
$S(T)$: Spektrum katsayısı olarak adlandırılmaktadır.

Spektral ivme katsayıları dört deprem bölgesi için tanımlanan katsayılarla belirlenmektedir. Çizelge 3.10'da her bir deprem bölgesi için ayrı katsayılar verilmektedir.

Çizelge 3.10. DBYBHY'ye göre etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Spektrum katsayısı $S(T)$, yapının birinci doğal titreşim periyoduna ve zemin koşullarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Özel durumlar haricinde, deprem yükü hesabı sadece yatayda, binanın x ve y yönü dikkate alınarak yapılacaktır. Tasarım aşamasında öngörülen deprem, bina önem katsayısı 1.0 olan binalar için 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem türüdür. Şekil 3.1'de TDY 2007 için önerilen elastik tasarım ivme spektrum grafiği verilmektedir.



Şekil 3.1. DBYBHY'ye göre elastik tasarımı ivme spektrumu

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi spektrum katsayısı $S(T)$, spektrum karakteristik periyodlarına (T_A ve T_B) ve bina hâkim doğal titreşim periyoduna bağlı olarak değişmektedir. Aşağıda verilen uygun bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.2)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.3)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (3.4)$$

Ayrıntılı bilgi elde etmek gerekiyorsa, zemin koşulları dikkate alınıp özel araştırma yapılarak elastik tasarım ivme spektrumu elde edilebilmektedir. Bu şekilde belirlenecek olan ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, Çizelge 3.11 de verilen karakteristik periyodlar dikkate alınarak ve bağıntı 3.1'den gelen sonuçlardan az olmamalıdır.

Çizelge 3.11. TDY 2007'ye göre yerel zemin sınıfları

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

3.3.2. Eurocode-8

DBYBHY'de olduğu gibi Eurocode 8'de de deprem haritası çeşitli bölgelere ayrılmaktadır. Deprem haritası yer ivme hareketi büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir ve a_g tasarım yer ivmesi olarak isimlendirilmektedir. Yönetmeliklerde tanımlanan tasarım yer ivmesi, bütün deprem bölgesi için tekrarlanma periyodu 475 olan depreme göre belirlenir. Bu hesap için bina önem katsayısı 1.0 olarak alınır.

Depremselliği düşük olan bölgelerde a_g değeri 0.1'den az olduğu belirlenmiştir. TDY 2007'de, deprem hesabında sadece yatay sismik kuvvetlerini göz önüne bulundururken EC8 ise düşey deprem kuvvetlerini de dikkate almaktadır. Herhangi bir deprem bölgesinin hareketi elastik ivme tepki spektrumu ile ifade edilmektedir. Doğru karşılaştırma yapabilmek adına, EC8'in de sadece yatay kuvvetleri dikkate alınmıştır. Yatay elastik ivme tepki spektrumu, zemin karakteristik periyodlarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır.

$$S_e(T) = a_g S \left[1 + \frac{T}{T_B} (2.5\eta - 1) \right] \quad (0 \leq T \leq T_B) \quad (3.5)$$

$$S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \quad (T_B \leq T \leq T_C) \quad (3.6)$$

$$S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad (T_C \leq T \leq T_D) \quad (3.7)$$

$$S_e(T) = 2.5 a_g S \eta \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \quad (T_D \leq T \leq 4s) \quad (3.8)$$

Bu arada;

$S_e(T)$: Elastik tepki spektrumu,

T : Tek serbestlik dereceli lineer sistemin titreşim periyodunu,

a_g : A zemin sınıfı için tasarım zemin ivmesini ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$),

a_{gR} : A tipi zemin için maksimum yer ivmesini,

T_B, T_C : Sabit spektral ivme bölgesinin alt ve üst sınır değerlerini,

T_D : Spektrumda sabit yer değiştirme bölgesinin başladığını gösteren değeri,

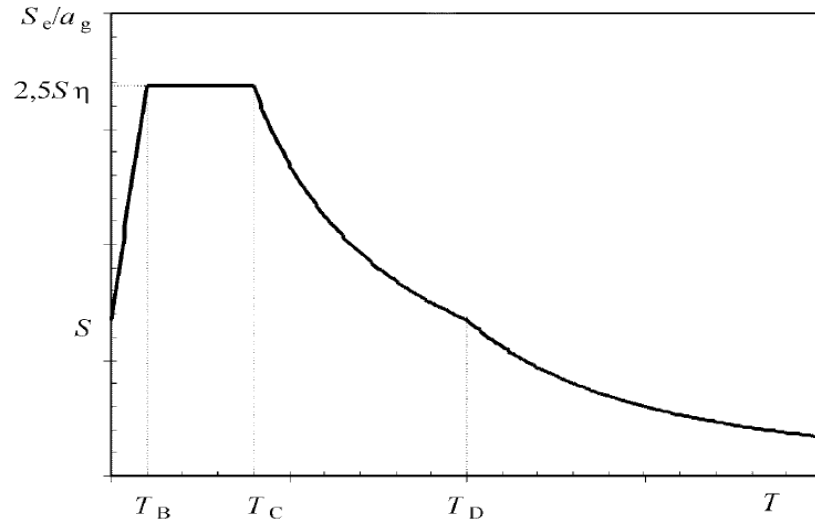
S : Zemin faktörünü,

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

Sönüm düzeltme faktörü değeri (3.9) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55 \quad (3.9)$$

(3.9) bağıntıdaki ξ , yapının viskoz sönüm oranıdır ve yüzdelik olarak ifade edilmektedir. Genel olarak bu değer %5 olarak alınırken özel yapılar için başka değerler kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Eurocode 8'e göre elastik ivme tepki spektrumu

Her bir zemin sınıfı için ayrı elastik ivme tepki spektrumu tanımlanmıştır ve T_B , T_C , T_D ve zemin katsayısı olan S değerlerine göre değişmektedir.

EC8’de iki ayrı spektrum şekli kullanılmaktadır. Deprem yüzey dalga magnitudü 5.5’den büyük olan Tip 1 ve 5.5’den küçük olan depremler için Tip 2 elastik tepki spektrumu kullanılmaktadır. Her iki tip için de %5 sönüm oranı göz önüne bulundurulmuştur. Çizelge 3.12’de A, B, C, D ve E zemin sınıflarına göre T_B , T_C , T_D ve S değerleri Tip 1 spektrumu ve Çizelge 3.13’de ise Tip 2 için verilmiştir.

Çizelge 3.12. EC8’e göre Tip 1 elastik ivme spektrum verileri

Zemin Tipi	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (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

Çizelge 3.13. EC8’e göre Tip 2 elastik ivme spektrum verileri

Zemin Tipi	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (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

3.3.3. ASCE-7/16

ASCE-7/16 ivme değerlerini başka standartlardan farklı olarak ulusal MCEr deprem haritasından almaktadır. Diğer yönetmelikler 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 olan depremleri dikkate alırken ASCE 7/16, 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve dönüş periyodu 2500 yıl olan deprem ivmesini kullanmaktadır. Ayrıca A, B, C, D, E ve F diye adlandırılan sismik tasarım kategorilerine ayırmaktadır. A ve B hafif ve düşük şiddetli depremi ifade ederken, C sınıfı orta şiddetli, D, E ve F sismik tasarım kategorisi şiddetli deprem hareketini ifade etmektedir. 0,2 saniyelik periyod ve 1 saniyelik periyoda karşılık gelen spektral ivme katsayıları ülkenin ulusal deprem haritasından belirlenmektedir.

Haritadan elde edilen S_1 ve S_s spektral ivme katsayıları zemin düzeltme katsayıları (F_a ve F_v) ile çarpılıp 2/3 oranında düşürülerek spektral ivme katsayıları elde edilmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} S_{MS} = F_a S_s \quad \text{ve} \quad S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \\ S_{M1} = F_v S_1 \quad \text{ve} \quad S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \end{array} \right\} \quad (3.10)$$

Burada;

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

S_{MS} : Zemin katsayıları ile çarpılmış kısa periyot için spektral ivme katsayısı

S_{M1} : Zemin katsayıları ile çarpılmış 1.0 saniye periyot için spektral ivme katsayılarını göstermektedir.

Kısa ve 1 saniye periyodlarına bağlı zemin sınıflarının düzeltme katsayıları Çizelge 3.14 ve 3.15'da verilmektedir. Ara değerler ise interpolasyon ile hesaplanacaktır.

Çizelge 3.14. ASCE 7/16'ya göre kısa periyod zemin düzeltme katsayısı (F_a)

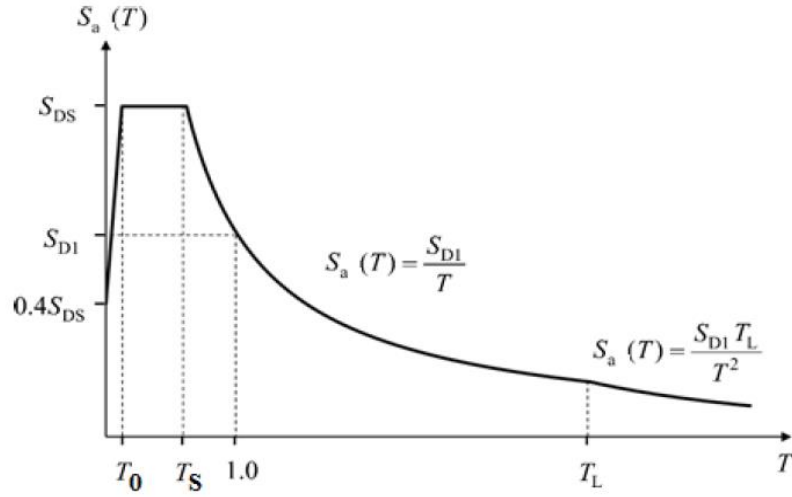
Zemin Sınıfı	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.1	1.1	1.0	1.0
E	2.4	1.7	1.1	1.1	0.9	0.8
F	ASCE 7/16 yönetmeliğinde açıklamıştır. (Bölüm 11.4.8)					

Çizelge 3.15. ASCE 7/16'ya göre 1 sn periyod zemin düzeltme katsayısı (F_v)

Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_s = 0.50$	$S_s \geq 0.60$
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 açıklamıştır. (Bölüm 11.4.8)					

Herhangi konumun sismik hareketi elastik tepki spektrumu ile belirlenmektedir. Eurocode 8 ve ASCE 7/16'da depremin hem düşey hem yatay doğrultusunda elastik tepki spektrumu belirlenmektedir. Aşağıdaki şekil 3.3'te gösterilen yatay tasarım ivme spektrumu %5 sönüm oranı için tanımlanmıştır. Zemin koşullarına bağlı olan T_L değeri ülkenin ulusal deprem haritasından alınmaktadır. T_0 ve T_s değerleri (3.11) bağıntıları ile hesaplanmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} T_A &= 0.20 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ T_B &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$



Şekil 3.3. ASCE /16'ya göre yatay tasarım ivme spektrumu

Şekildeki yatay tasarım ivme spektrum eğrisini oluşturan denklemler aşağıdaki bağıntılarla hesaplanacaktır.

$$S_a(T) = S_{DS} \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right] \quad (0 \leq T \leq T_0) \quad (3.12)$$

$$S_a(T) = S_{DS} \quad (T_0 \leq T \leq T_s) \quad (3.13)$$

$$S_a(T) = \frac{S_{DS}}{T} \quad (T_s \leq T \leq T_L) \quad (3.14)$$

$$S_a(T) = \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.15)$$

Sismik Tasarım Kategorileri;

Deprem haritalarından elde edilen spektral ivmelere bağlı olarak A, B, C, D, E, ve F olarak altı sismik tasarım kategorisi tanımlanmıştır. I, II, ve III risk kategorisine dâhil olan yapıların spektral ivme değeri (S_1) 0.75'e eşit ya da büyük ise bu yapı E kategorisine aittir. Aynı yapı eğer IV risk kategorisine bulunsa, S_1 değeri 0.75'e eşit veya büyük ise F

kategorisine dâhil edilmektedir. Bunun haricindeki bütün yapılar S_{DS} ve S_{D1} değerlerine bağlı olarak Çizelge 3.16 ve Çizelge 3.17’den seçilmektedir.

Çizelge 3.16. ASCE 7/16’ya göre kısa periyod tepki spektrumuna göre STK

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

Çizelge 3.17. ASCE 7/16’ya göre 1 sn periyodu tepki spektrumuna göre STK

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

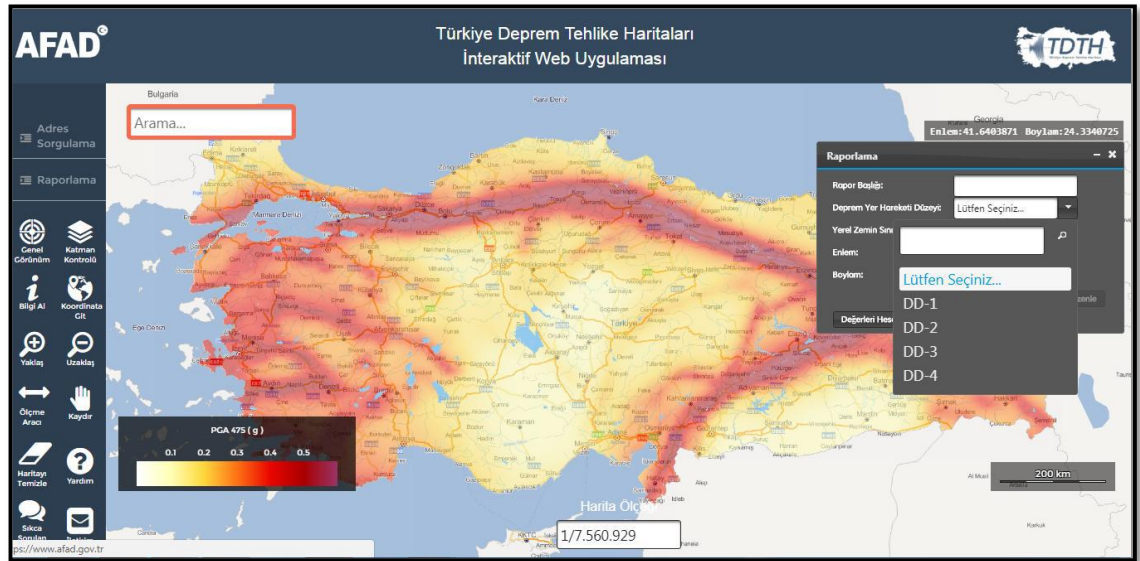
3.3.4. TBDY-2018

TBDY 2018 büyük oranla ASCE 7/16’e benzemekle beraber bazı hususlarda farklılık göstermektedir. Tasarım deprem ivmesi konusunda ASCE 7/16 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremi dikkate alırken TBDY 2018 ise bu konuda farklılık göstererek dört “ Deprem Yer Hareketi Düzeyi ” tanımlayarak tasarım deprem ivmesi seçmektedir. TBDY 2018’de sismik hareket düzeyi DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olarak tanımlanmıştır. Bu sismik hareket düzeyleri 50 yıl içinde aşılma olasılığının yüzdesi ve tekrarlanma periyodları Çizelge 3.18’de verilmektedir.

Çizelge 3.18. TBDY 2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri

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

Her bir deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, Türkiye deprem haritasından elde edilmektedir. Deprem verilerine ulaşmak için www.deprem.afad.gov.tr web sitesinden erişilebilir. Haritanın web arayüzü Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Yeni yönetmeliğe göre Türkiye deprem tehlike haritası.

Deprem hesabında kısa periyod için harita spektral ivme katsayısı ve 1.0 saniyelik periyod için harita spektral ivme katsayılarının belirlenmesi ASCE 7/16'da olduğu gibi Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği de bu değerleri ulusal deprem haritalarından temin

etmektedir. S_{DS} ve S_{D1} değerleri S_S ve S_1 değerleri ile beraber deprem haritasından alınırken aynı zamanda yönetmeliğinin ilgili bölümünde yerel zemin etki katsayıları (F_S ve F_1) ile çarpılarak elde edilmekte olup ASCE 7/16’da olduğu gibi herhangi bir azaltama söz konusu değildir.

$$\left. \begin{aligned} S_{DS} &= F_S S_S \\ S_{D1} &= F_1 S_1 \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

Burada;

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

F_S : Kısa periyot için zemin etki katsayısı

F_1 : 1.0 saniyelik periyot için zemin etki katsayısını göstermektedir.

Zemin etki katsayıları, S_S ve S_1 değerlerine bağlı olarak Çizelge 3.19 ve 3.20’de verilmektedir. S_S ve S_1 değerleri tabloda sunulan değerler arasında bulunduğu takdirde interpolasyon yolu ile hesaplanacaktır.

Çizelge 3.19. TBDY-2018’e göre kısa periyot 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 analizi yapılacaktır (Bölüm 16.5)					

Çizelge 3.20. TBDY-2018'e göre 1 sn periyod zemin etki katsayısı (F_v)

Zemin Sınıfı	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_s = 0.50$	$S_s \geq 0.60$
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 analizi yapılacaktır (Bölüm 16.5)					

Deprem Tasarım Sınıfları;

Deprem tasarım sınıflarının belirlenmesinde, bina kullanım sınıfı ve deprem yer hareketi düzeyi ile beraber kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısı dikkate alınmakta iken ASCE 7/16'da risk kategorileri ile beraber kısa ve 1.0 saniyelik periyod tasarım spektral ivme katsayılarına göre belirlemektedir. TBDY 2018'de deprem tasarım sınıfı Çizelge 3.21'de gösterildiği gibi sekiz kategoriye ayrılmaktadır.

Çizelge 3.21. TBDY 2018'e göre Deprem Tasarım Sınıfı

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

3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Düşürülmesi

Deprem etkisi altında taşıyıcı sistemler daima doğrusal elastik olmayan davranış sergilemektedirler. Bu davranış doğrusal elastik davranışa göre daha az deprem kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Ancak doğrusal elastik olmayan davranışın hesabı, doğrusal elastik davranışa göre meşakkatlidir bu sebeple deprem hesaplarında genellikle lineer hesap yöntemi seçilip ve doğrusal elastik olmayan davranışın enerji yutma kapasitesini dikkate alınarak yönetmeliklerde önerilen belli sayılarla azaltılır.

3.4.1. TDY-2007

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$, bina hâkim doğal titreşim periyodu ve taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı aşağıdaki (1.34) ve (1.35) bağıntılarla hesaplanacaktır. Betonarme yapılar için önerilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı Çizelge 3.22’de verilmektedir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (3.17)$$

$$R_a(T) = R \quad T_A < T \quad (3.18)$$

Çizelge 3.22. DBYBHY’ye göre betonarme yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R)

Yerinde Dökme Betonarme Binalar	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.	4	6
Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ Kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.	4	7

3.4.2. Eurocode-8

EC8’de deprem yükü azaltma katsayısı, esas davranış katsayısına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Esas davranış katsayıları yapı süneklik düzeyi, malzeme ve taşıyıcı sistem türlerine bağlı değişmektedir ve (3.19) bağıntısı ile elde edilmektedir.

$$q = q_0 k_w \geq 1.5 \quad (3.19)$$

Burada;

q_0 : Esas davranış katsayısını,

k_w : Perdeli sistemlerde hâkim göçme modu dikkate alınan azaltma katsayısını göstermektedir. (k_w genellikle 1 alınır)

Çizelge 3.23. Eurocode 8’e göre esas davranış katsayısı (q_0)

Taşıyıcı Sistem Türü	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Çerçeveler, perdeli çerçeveli sistemler, boşluklu perdeli sistemler	$3 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	$4.5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Boşluksuz perdeli sistemler	3.0	$4 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Burulma rijitliği zayıf sistemler	2.0	3.0
Ters sarkaç sistemler	1.5	2.0

Çizelge 1.25'teki $\frac{\alpha_u}{\alpha_1}$ oranı farklı taşıyıcı sistem türlerine göre farklı değerler almakta olup aşağıda verilmektedir.

- a) Çerçevesel 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 için1.3
- 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

Azaltılmış $S_d(T)$ yatay elastik ivme spektrumu davranış katsayısına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır.

$$S_d(T) = a_g S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (0 \leq T \leq T_B) \quad (3.20)$$

$$S_d(T) = a_g S \frac{2.5}{q} \quad (T_B \leq T \leq T_C) \quad (3.21)$$

$$\left. \begin{array}{l} a_g S \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \beta a_g \leq \end{array} \right\} = S_d(T) \quad (T_C \leq T \leq T_D) \quad (3.22)$$

$$\left. \begin{array}{l} a_g S \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \beta a_g \leq \end{array} \right\} = S_d(T) \quad (T_D \leq T) \quad (3.23)$$

Burada:

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

q : Davranış katsayısını,

β : Yatay tasarım spektrumu için minimum sınır değerini göstermektedir.

(β için EC8'de önerilen değer 0.20'dir)

EC8'de yapı davranış katsayısının belirlenmesindeki işlemler TDY 2007'ye göre daha ayrıntılıdır.

3.4.3. ASCE-7/16

Elastik sismik yükleri deprem azaltma katsayısı ile düşürülüp etkin görelî kat öteleme oranını elde etmek için tekrar aynı deprem azaltma katsayısı ile çarpılarak elde edilir, ancak ASCE 7/16'da farklı olarak defleksiyon büyütme katsayısı “ C_d ” ile çarpılarak görelî kat öteleme oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 1.26'da betonarme binalar için deprem azaltma katsayısı (R), defleksiyon büyütme katsayısı “ C_d ” sismik tasarım kategorisi ve dayanım fazlalığı katsayısına (Ω_0) bağılı olarak bina yüksekliği sınırlamaları verilmektedir.

Çizelge 3.24. ASCE 7/16'ya göre betonarme binalar için deprem yükü azaltma katsayısı

Bina Taşıyıcı Sistemi	R	C _d	Ω_o	Sistem Tasarım Kategorilerine Göre Taşıyıcı Sistem ve Bina Yüksekliği Kısıtlamaları				
				A veya B	C	D	E	F
Çerçevesiz Sistemler								
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
Moment Aktaran Çerçevesiz Sistemler								
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
Özel Moment Aktaran Çerçevesiz Sistemler ile Tasarım Sismik En Az % 25'ine Dayanıklı Çift Çerçevesiz Sistemler								
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
Orta Düzey Moment Aktaran Çerçevesiz Sistemler ile Tasarım Sismik En Az % 25'ine Dayanabilecek Çift Çerçevesiz Sistemler								
Özel Merkezi Çaprazlı	6	5.5	2.5	L.Y	L.Y	10.7 m	İ.V	İ.V

Çizelge 3.24'e bakıldığında her bir farklı taşıyıcı sistem türlerine için ASCE 7/16 deprem yükü azaltma katsayısının belirlenmesinde diğer yönetmeliklere göre daha ayrıntılı olarak tanımlandığı görülmektedir.

3.4.4. TBDY-2018

TBDY 2018'de farklı olarak elastik deprem yükleri binanın hâkim periyoduna, bina önem katsayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı olarak elde edilen deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılıp ve görece kat öteleme değerine ulaşmak için taşıyıcı sistem davranış katsayısı değeri ile büyütülmektedir. Deprem yükü azalma katsayısının hesaplanmasında aşağıdaki (3.24) bağıntısı kullanılmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} R_a(T) &= \frac{R}{I} & (T > T_B) \\ R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \cdot \left(\frac{T}{T_B} \right) & (T \leq T_B) \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

Deprem tasarım sınıfları ve bina yükseklik sınıflarına bağlı olarak getirilen bina toplam yükseklik sınırlaması Çizelge 3.25’de verilmektedir. Ayrıca bina yükseklik sınıfına bağlı olarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı Çizelge 3.26’da verilmektedir.

Çizelge 3.25. TBDY 2018’de deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik sınırları

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

Çizelge 3.26. TBDY-2018'e göre betonarme yapılar için R ve D katsayıları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	<i>BYS</i> ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	<i>BYS</i> ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	<i>BYS</i> ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	<i>BYS</i> ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	<i>BYS</i> ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	—

TBDY 2018'de taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi konusunda ASCE 7/16'daki gibi oldukça ayrıntılı olarak belirlenmektedir. Çizelge 1.28'de tanımlanan taşıyıcı sistem hakkında detaylı olarak yönetmeliğin ilgili kısımlarında açıklama yapılmaktadır.

3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Deprem hesabı yapılırken yönetmeliklerde statik ve dinamik analiz yöntemleri olarak iki tür analiz yöntemi sunulmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi statik analiz yöntemi olarak diğer yöntemlere göre deprem hesabında en fazla tercih edilen yöntemdir. Basit olmasının yanı sıra uygulanma alanı yapı ve bina türlerine göre sınırlıdır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulama sınırları aşıldığı durumlarda dinamik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Modal Tepki Spektrumu diye adlandırılan Zaman Tanım Alanında Analiz ve Mod Birleştirme Yöntemi, dinamik yöntemleridir. Bu çalışmada lineer elastik yöntemleri olan Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi dikkate alınmıştır.

3.5.1. TDY-2007

Eşdeğer Deprem Yükü yönteminin kullanılması TDY2007’de yapılacak binanın düzensizlik durumu, deprem bölgesi ve toplam yüksekliğine göre sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmalar Çizelge 3.27’de detaylı olarak sunulmaktadır. Çizelgede verilen sınırlandırmalar dışında diğer durumlar için dinamik analiz yöntemleri olan Mod Birleştirme veya Zaman Tanım Alanında analiz yöntemleri kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 3.27. TDY 2007’ye göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

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

3.5.2. Eurocode-8

EC8'de Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin uygulanabilmesi için her bir doğrultudaki temel modlar hesapta kullanılacak titreşim modlardan küçük olmalıdır. Binanın hâkim periyodu her iki yönde $T_1 \leq 4T_c$ ve $T_1 \leq 2.0$ sn şartlarını sağlıyorsa söz konusu şart ta sağlanmış olur. Burada T_c sabit ivme spektrumunun üst sınır değeridir. Bu koşulların yanı sıra yapılacak olan binanın planında girinti ve çıkıntı düzensizliği ve döşeme süreksizliği olmaması gerekmektedir. Ayrıca yapının düşey doğrultusunda düzensizlik bulunmamalıdır. Bu şartların her hangi birini sağlamadığı taktirde bina veya yapıların deprem hesabında dinamik analiz yöntemleri olan Mod Birleştirme veya Zaman Tanım Alanında analiz yöntemlerine başvurulmalıdır.

3.5.3. ASCE-7/16

ASCE 7/16'da deprem analizi yapılırken yöntem seçimi sismik tasarım kategorisine göre yapılmaktadır. Deprem hesap yönteminin seçimi ve sıralaması Çizelge 3.28'de detaylı olarak verilmektedir.

Çizelge 3.28. ASCE7/16'ya göre deprem hesap yönteminin seçilmesi

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: $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$, 160ft = 48.8m

3.5.4. TBDY-2018

TBDY 2018 yönetmeliğine göre deprem hesabı yapılırken Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin kullanılması halinde yapılacak binanın ait olduğu deprem tasarım sınıfı, yükseklik sınıfı ve düzensizlik durumları dikkate alınmaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminin kullanma sınırları Çizelge 3.29'da ayrıntılı şekilde verilmektedir. Çizelgede verilen sınırlamalar dışında kalan durumlar için dinamik analiz yöntemi kullanılmaktadır.

Çizelge 3.29. TBDY-2018 ‘e göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği yapılar

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

3.6. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Dinamik analiz yöntemlere göre daha basit bir yöntem olduğundan statik analiz yöntemine dahil olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Farklı yönetmeliklerde bazı farklılıklar gösterse de teorik olarak benzerdir.

3.6.1. TDY-2007

DBYBHY’de Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi sırası ile aşağıda açıklandığı gibi uygulanmaktadır.

a) Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Tanımlanması

Tasarım yapılacak deprem yönünde, binanın tabanına etkiyecek toplam kesme kuvveti V_t , (3.25) denklemi ile belirlenmektedir.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_o I W \quad (3.25)$$

(3.25) bağıntısında W binanın hareketli yüklerin belli bir oranı katılan efektif sismik ağırlığı ifade etmektedir. (W), (3.26) denklemi ile belirlenmektedir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.26)$$

Burada N ; binanın temel üstünden itibaren toplam kat adedi, çerçeve perdelerinin olduğu bodrumlu binalarda ise zemin kat döşemesinden itibaren toplam katsayısını ifade etmektedir. (1.53) denkleminde verilen w_i , her bir katın ağırlığını belirli bir hareketli yük oranı katılarak hesaplanmış olup (3.27) denklemi ile elde edilmektedir.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (3.27)$$

Hareketli yük katılım katsayısı binaların kullanım amacına göre değişmektedir, Çizelge 3.30'da verilmektedir.

Çizelge 3.30. TDY-2007'ye göre hareketli yük katılım katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
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 Kuvvetlerinin Katlara Dağıtılması;

(3.25) denklemi ile hesaplanan toplam taban kesme kuvveti, binanın katlarına etkiyecek eşdeğer deprem yüklerinin toplamı (3.28) denklemi ile elde edilecektir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.28)$$

Binanın N 'inci katının tepesine ek eşdeğer deprem yükü (ΔF_N) değeri (3.29) denklemi ile elde edilecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.29)$$

Toplam eşdeğer deprem kuvvetinin fiktif yükü (ΔF_N) dışında kalan bölümü, katlara (3.30) denklemi ile dağıtılmaktadır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_j}{\sum_{i=1}^N w_j H_j} \quad (3.30)$$

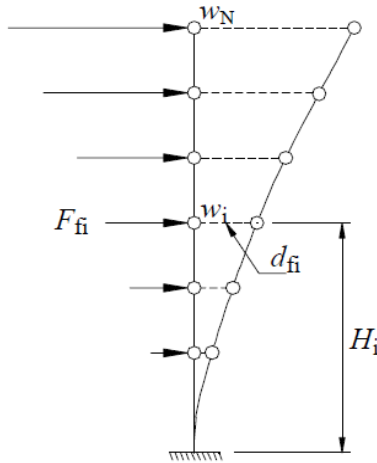
c) Doğal Titreşim Periyodu Hesabı

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim periyodu (3.31) denklemine göre hesaplanmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yönteminde dikkate alınmış hâkim doğal periyod aşağıdaki bağıntıdan elde edilen değerden daha büyük alınmamalıdır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N f_{fi} d_{fi}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.31)$$

Burada, i'inci katın kütlesi $m_i = w_i/g$ ile ifade edilmektedir. Her hangi bir kata etkiyen yükü gösteren (3.30) denklemden $(Vt - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin 1000 değeri) konularak hesaplanmaktadır. Şekil 1.21'de açıklayıcı şekilde grafik üzerinde gösterilmektedir. Ayrıca denklem (3.31)'den bağımsız olarak, bodrum katlar hariç $N > 13$ olan binalarda doğal titreşim periyodu $0,1 * N$ 'den büyük alınmamaktadır.

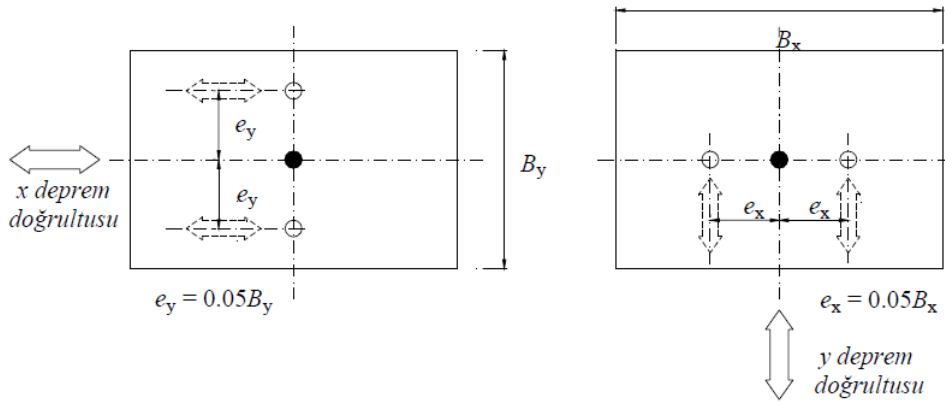
$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_j w_j H_j}$$



Şekil 3.5. DBYBHY'ye göre fiktif yükler

d) Deprem Hareketinin Bileşenleri;

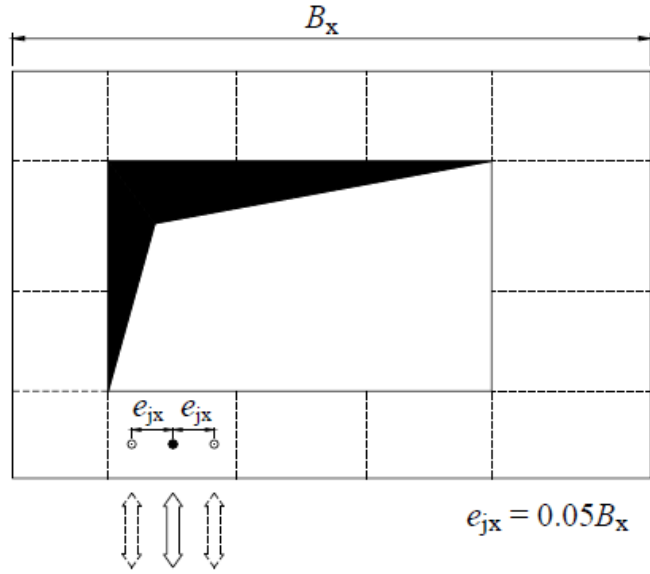
Deprem hesabında döşemeler rijit diyafram olarak davranıldığı kabul edilmektedir. Deprem hareketinin bileşenleri her bir katta birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi olarak dikkate alınacaktır. Her kat için hesaplanan eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisi göz önüne alınarak hesaba katılması için kaydırılmış kütle merkezlerine yatay yükler uygulanmaktadır. Kaydırılmış kütle merkezleri, Şekil 3.6'da gösterildiği gibi deprem yönüne dik doğrultudaki kat boyutunun -%5'i ve +%5'i kadar kaydırılması ile dikkate alınan noktalardır.



Şekil 3.6. DBYBHY'ye göre ek dış merkezliklerin belirlenmesi

Herhangi bir i'inci kattaki döşemede;

- Asansör ve merdiven boşlukları dâhil olmak üzere toplam boşluk alanının kat brüt alanının 1/3'ünden daha fazla olması durumu,
- Düşey taşıyıcı elemanlara deprem yüklerinin aktarılmasını zorlaştıran yerel döşeme boşlukların bulunması,
- Döşemelerin dayanım ve rijitliğindeki ani azalmaların olması halinde yapıda A2 döşeme süreksizliği bulunduğu kabul edilmektedir.



Şekil 3.7. DBYBHY'ye göre A2 düzensizliğinde kaydırılmış kütle merkezi

A1 düzensizliği aynı zamanda burulma düzensizliği de denilmektedir. Bir kuvvet etkisinde bir kattaki bütün kolonların aynı yönde eşit miktarda yada yakın değerlerde yer değiştirme yapması istenen bir durumdur. Yönetmeliğin 1.5.5.1 bölümünde geçen söz konusu düzensizlik mevcut ise ve $1.2 < \eta_{bi} < 2.0$ koşulunu sağlaması durumunda ilgili katın her iki doğrultusu için ek dış merkezlik (3.32) denkleminde yer alan D_i katsayısı ile çarpılarak uygulanmaktadır.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right) \quad (3.32)$$

3.6.2. Eurocode-8

Eşdeğer deprem yükü yöntemi EC8'e göre sırası ile aşağıda tarif edildiği gibi uygulanmaktadır.

a) Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Tanımlanması

Dikkate alınan deprem yönünde, binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü, taban kesme kuvveti F_b , (3.33) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$F_b = S_d(T_1) m \lambda \quad (3.33)$$

Denklem (3.33)'da λ düzeltme katsayısını, $S_d(T)$, T_1 periyodu için tasarım spektrumunun ordinatını, m ölü yükler ile hareketli yüklerin belli bir kısmının toplanması ile elde edilen bina toplam kütleini ifade etmektedir. Bina iki kattan fazla ise ve $T_1 \leq 2 TC$ durumunu sağlıyorsa düzeltme katsayısı 0,85 alınır diğer bütün durumlarda 1 olarak alınmaktadır. Bina toplam kütlesi (3.34) bağıntısı ile hesap edilir.

$$m = \sum G_{kj} + \sum \psi_{2,i} Q_i \quad (3.34)$$

Burada;

$G_{k,j}$: Ölü yükler,

Q_i : Hareketli yükler,

$\psi_{2,i}$: Hareketli yük katılım oranını göstermektedir.

Çizelge 3.31. EC8'e göre hareketli yük katılım oranı katsayısı

Bina Kategorisi	n
Konut binaları	0.30
Ofis binaları	0.30
Toplantı salonları	0.60
Alışveriş mağazaları	0.60
Depo alanları	0.80
Araç ağırlığının 30 kN'dan küçük olduğu trafik alanları	0.60
Araç ağırlığının 30 kN ile 160 kN arasında olduğu trafik alanları	0.30
Çatı katları	0

b) Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağıtılması;

Elde edilen toplam deprem yükü, katlara (3.35) denklemi ters üçgen yük dağılımı oluşturarak dağıtılacaktır. TDY 2007'ye göre eşdeğer deprem yükü hesabında binanın tepsine etkileyen ek deprem yükü ΔFN EC8'de söz konusu değildir.

$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum z_j m_j} \quad (3.35)$$

Burada;

F_i : i'inci kata etki eden yatay deprem kuvveti,

F_b : taban kesme kuvvetini,

z_i, z_j : zemin tabliyesinden itibaren olan katın yüksekliğini,

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

c) Yaklaşık Esas Periyot Hesabı

$$T_1 = C_t H^{3/4} \quad (3.36)$$

Burada;

H : Yapı yüksekliğini [m],

C_t : Düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

C_t düzeltme katsayısı çelik çerçeveler için 0,085, betonarme ve dışmerkez çelik çerçeveler için 0,075 ve diğer tüm yapılarda 0,05 değeri kullanılmaktadır.

d) Deprem Hareketinin Bileşenleri

Deprem hareketinin bileşenleri her bir katta birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi olarak dikkate alınacaktır. Deprem hareketinin bileşenleri DBYBHY'de olduğu gibi Eurocode 8'de de her bir katta birbirine dik iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik derecesi olarak toplamda üç bağımsız yer değiştirme bileşeni göz önüne alınmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak deprem hesabı yapılırken

kütlenin düzensiz dağılımı göz önüne bulundurularak her iki doğrultuda ek dış merkezlik etkileri hesaba katılacaktır. (3.37) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$e_{ai} = \pm 0.05L_i \quad (3.37)$$

Burada;

e_{ai} : Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe [m],

L_i : Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusuna dik olan bina yüzey mesafesini ifade etmektedir [m].

3.6.3. ASCE-7/16

ASCE 7/16'da Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıda sırasıyla tarif edildiği gibi uygulanacaktır.

a) Toplam Eşdeğer Deprem Kuvvetinin Tanımlanması

Göz önünde bulundurulan deprem yönünde, eşdeğer deprem yüğü yönteminde binanın tümüne etki eden taban kesme kuvveti V , (3.38) denkleminde gösterildiği şekilde elde edilmektedir.

$$V = C_s W \quad (3.38)$$

Burada;

C_s : Sismik bir katsayıyı,

W : Efektif sismik ağırlığı ifade etmektedir [kN].

TDY 2007 ve EC8'in aksine ASCE 7/16 deprem hesabında göz önünde bulundurulan efektif sismik ağırlık, sadece ölü yükleri kapsar. Sismik katsayı C_s , (3.39) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3.39)$$

Ayrıca ASCE 7/16 göre sismik katsayısı C_s , binanın hâkim doğal periyoduna bağlı olarak (3.40) denkleminde verilen sınırları aşmamalıdır.

$$\left. \begin{aligned} C_s &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I} \right)} & (T \leq T_L) \\ C_s &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I} \right)} & (T < T_L) \\ C_s &= 0.044 S_{DS} I \geq 0.01 \end{aligned} \right\} \quad (3.40)$$

Ayrıca S_1 değerinin 0,6g'ye eşit veya 0,6g'den büyük olduğu bölgelerde bulunan yapılarda C_s , (3.41) denkleminde ifade edilen değerden küçük olmamalıdır.

$$C_s \geq 0.50 \frac{S_1}{\left(\frac{R}{I} \right)} \quad (3.41)$$

b) Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağıtılması

Eşdeğer deprem kuvvetinin katlara dağıtımı (3.42) ve (3.43) denklemleri kullanılarak yapılmaktadır.

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.42)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^N W_i h_i^k} \quad (3.43)$$

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 göstermektedir.

$T < 0.5$ saniye ise $k=1$, $T > 2.5$ saniye ise $k=2$ alınır. Periyodu $0.5 \leq T \leq 2.5$ arasında olan yapılarda k , 1 ve 2 arasında interpolasyonla bulunur veya doğrudan $k = 2$ alınabilir edilebilir.

c) Yaklaşık Esas Periyot Hesabı

$$T_a = C_t H_N^x \quad (3.44)$$

Burada;

H_N : yapının tabanından itibaren ölçülen yüksekliği,

C_t ve x bilinmeyen katsayıları yapı taşıyıcı sistemine göre Çizelge 3.32'den yararlanır.

Çizelge 3.32. ASCE 7/16'ya göre C_t ve x değerleri

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

Yapının üst sınır periyodu S_{D1} ve C_u değerlerine bağlı olarak (3.45) bağıntısı ile elde edilmektedir. Periyod üst sınır katsayısı C_u , Çizelge 3.33'te S_{D1} değerine bağlı olarak verilmektedir.

$$T \leq C_u T_a \quad (3.45)$$

Çizelge 3.33. ASCE 7/16'ya göre periyod maksimum değer katsayısı (C_u)

S_{D1}	C_u
≥ 0.40	1.4
0.30	1.4
0.20	1.5
0.15	1.6
≤ 0.10	1.7

ASCE 7/16, TDY 2007 ve EC8'e göre yaklaşık periyod hesabı açısından daha detaylı ve açıklayıcı olduğunu söylemek mümkündür.

3.6.4. TBDY-2018

TBDY 2018'de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıda sırasıyla tarif edildiği gibi uygulanacaktır.

a) Toplam Eşdeğer Deprem Kuvvetinin Tanımlanması;

Göz önünde bulundurulan deprem yönünde, eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın tümüne etki eden taban kesme kuvveti V_{tE} , (3.46) denkleminde belirtildiği şekilde hesaplanır.

$$V_{tE} = m_t S_{aR}(T_p) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.46)$$

Burada;

$S_{aR}(T)$: yapının hâkim doğal titreşim periyodu,

T_p : elastik tasarım spektral ivmesinin R_a azaltma katsayısına bölünerek elde edilen azaltılmış Tasarım Spektral İvmeyi göstermektedir.

(3.46) denkleminde olan yapı toplam kütlesi m_t , deprem hesabı için kullanılacak olan hareketli kuvvetlerin belirli oranda katılarak hesaplandığı toplam yapı ağırlığı (3.47) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.47)$$

(3.47) denkleminde verilen m_i , herhangi i 'inci kat döşemesinin ölü yükleri ile birlikte belli oranda katılan hareketli yükleri (3.48) denkleminde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$m_i = g_i + nq_i \quad (3.48)$$

Hareketli yük katılım katsayısı değerleri, binanın kullanım amacına göre Çizelge 3.34'te verilmektedir. Deprem kuvveti hesabında çatı kat ağırlığı için kar yüklerinin %30'u ölü yüke eklenmesi ve endüstri yapılarında sabit donanım ağırlıklar için $n=1$ alınması şart koşulmuştur.

Çizelge 3.34. TBDY 2018'e göre hareketli yük 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 Kuvvetlerinin Katlara Dağıtılması;

Elde edilen toplam eşdeğer deprem yükü, katlara (3.46) denkleminde belirtilen şekilde dağıtılacaktır.

$$V_{iE} = \Delta F_{NE} + \sum_{i=1}^N F_{iE} \quad (3.49)$$

Binanın N'inci katına ek eşdeğer deprem yükü (ΔF_N) değeri (3.50) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta F_{NE} = 0.0075 N V_{iE} \quad (3.50)$$

Toplam eşdeğer deprem kuvvetinin fiktif yükü (ΔFN) dışında kalan bölümü, her kat seviyesine (3.51) denklemi ile dağıtılacaktır.

$$F_{iE} = (V_{iE} - \Delta F_{NE}) \frac{w_j H_j}{\sum_{i=1}^N w_j H_j} \quad (3.51)$$

c) Yaklaşık Esas Periyot Hesabı;

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusunda, binanın hâkim doğal titreşim periyodu kesin bir hesap yapılmadıkça, (1.79) denklemi ile hesaplanmaktadır. (3.52) bağıntısı sadece Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi uygulanması halinde kullanılacaktır.

$$T_p = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (3.52)$$

Burada;

m_i : i'inci katın kütlesini,

F_{fi} : i'inci kata etkiyen fiktif yükü ifade etmektedir.

(3.52) denklemi ile elde edilen bina hâkim doğal periyodu T_p , deprem hesabında (3.53) denkleminde verilen ampirik periyodunun 1,4 katından daha fazla olmamalıdır.

$$T_{pA} = C_t H^{3/4} \quad (3.53)$$

Burada;

H : yapı yüksekliğini [m],

C_t : düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

Çarpan katsayısı C_t , betonarme çerçeveden oluşan yapılarda 0,10, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çerçevelerden oluşan binalarda 0,08, diğer tüm yapılar için 0,07 olarak alınmaktadır. Tamamı betonarme perdelerden oluşan binalar için C_t katsayısı (3.54) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (3.54)$$

Binanın eşdeğer alanı (3.55) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{1_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (3.55)$$

Burada;

HN : zemin kat döşemesinden itibaren toplam yüksekliği [m],

Awj : j'inci perdenin gövde enkesit alanını [m²],

lwj : j'inci perdenin planda uzunluğunu [m] ifade etmektedir.

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)=1, 1a, 2, 2a ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) ≥ 6 olan yapılarda Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)=3, 3a, 4, 4a olan tüm yapılarda hâkim doğal periyodu doğrudan (3.53) denklemi ile hesaplanarak elde edilebilmektedir.

d) Deprem Hareketinin Bileşenleri

TBDY 2018'de deprem bileşenleri DBYBHY yönetmeliği ile aynı olduğundan burada tekrar anlatılmamıştır. İlgili yönetmelikten bakılabilir.

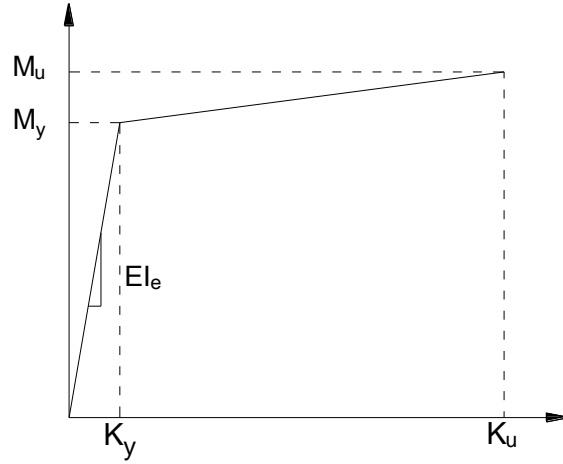
3.7. Çatlamış Kesit Rijitliği

Betonarme taşıyıcı elemanların rijitlik değerleri, deprem etkisi altında öngörülen değerlerden farklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yapıların tasarım ve değerlendirilmesinde, çatlamış kesite ait rijitlikler dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de yayınlanan son iki yönetmelikte ve uluslararası standartlarda önerilen etkin kesit rijitlikleri incelenmiştir. Bu rijitliklerin belirlenmesinde en gerçekçi yollardan birisi de moment-eğrilik ilişkilerinin kullanılmasıdır. TDY 2007 kısmen bu şartı dikkate almasına rağmen TBDY 2018 bu konuda sabit katsayıların kullanılmasını şart koşmuştur.

Moment – Eğrilik İlişkisi ve Etkin Kesit Rijitliğinin Belirlenmesi;

Betonarme yapısal elemanların tasarım ve değerlendirilmesinde, çatlamış kesit rijitliği dikkate alınmadan ve yönetmeliklerde verilen katsayılar kullanılmadan betonarme yapısal kesitlerin gerçek davranışı hakkında bilgi elde edilmemektedir. Betonarme kesitlerde çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI_e), Moment-Eğrilik eğrilik ilişkisi

(Şekil 3.8) göz önüne alınarak, akma momenti; M_y ve akma eğriliğine karşılık gelen ϕ_y oranı ile belirlenir ve ilk eğrinin eğimi olup 3.56 bağıntısı ile hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.8. Moment – eğrilik ilişkisi

$$EI_e = \frac{M_y}{\Phi_y} \quad (3.56)$$

3.7.1. TDY-2007

Deprem yönetmeliği (2007) incelendiğinde, yeni yapı tasarım hesaplarında çatlamamış kesite göre hesap yapılması istenmiştir ancak Mevcut yapılarla ilgili hükümlerin bulunduğu 7.bölümde ise çatlamış kesite ait etkin rijitliğin kullanılması belli durumlarda şart koşulmuştur. Yapıların değerlendirilmesinde kullanılacak olan etkin kesit rijitlik değerleri sabit olmadığı ve kesitin boyut, beton kalitesi, kesite etkiyen aksenal kuvvet gibi parametrelere bağlı olarak iki ayrı formülasyon önerilmiştir.

a) Kirişlerde; $EI_e = 0,40EI_o$

b) Kolon ve Perdelerde;

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \leq 0,10 \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0,40EI_o$$

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \geq 0,40 \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0,80EI_o$$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlama kesitlerine ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır. Deprem analizlerinde yönetmeliklerin etkin kesit rijitliği için önerdiği katsayılar ve sınırlamalar örnek olarak 14 katlı çerçeve yapı modelinin S101 kolonu için yapılan hesap aşağıda görülmektedir.

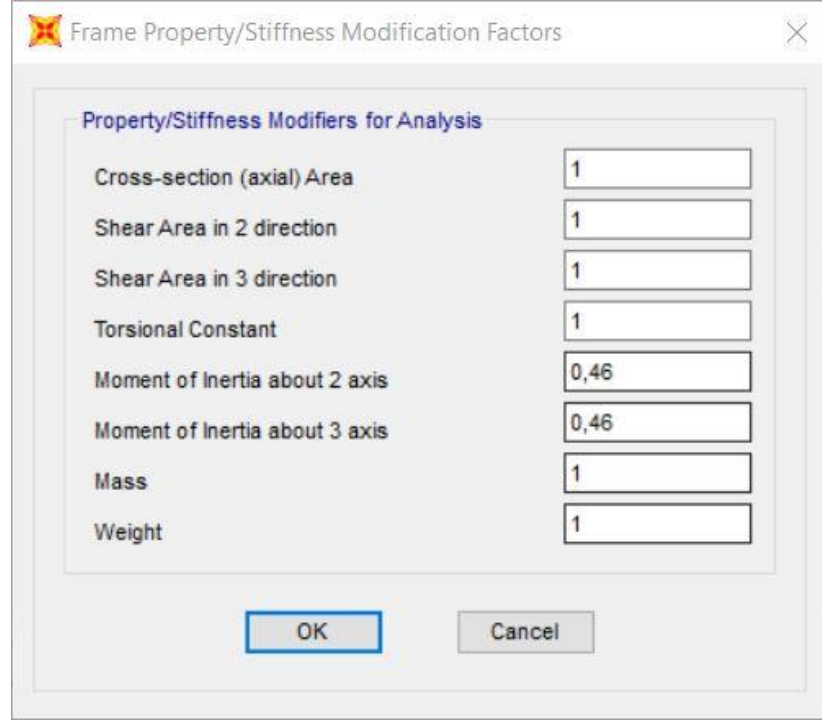
S101 (80/30) kolonu;

$$N_d = 1048,011 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{cm}} = \frac{1048,011}{0,24 \times 30000} = 0,146$$

$0,10 \leq 0,146 \leq 0,40$ aralığında olduğundan etkin kesit rijitliği enterpolasyon yapılarak yönetmelikte verilen 0,40 ve 0,80 sınırlar dikkate alınarak aradaki değer kolon S101 için $(EI)_e = 0,46(EI)_o$ olarak bulunur.

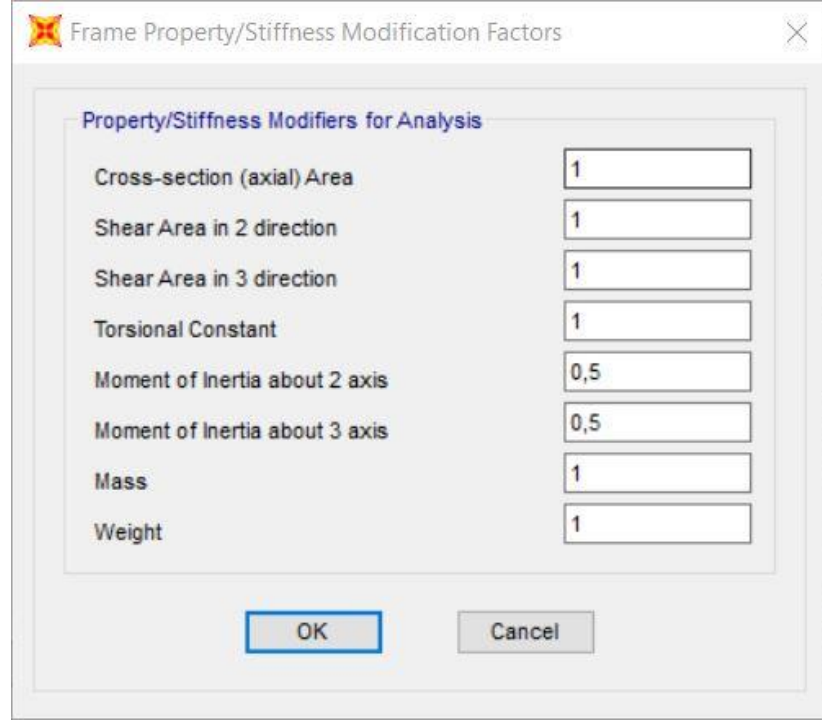


Şekil 3.9. S101 kolonun TDY-2007'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması

3.7.2. Eurocode-8

Betonarme yapı tasarımında ve performans analizinde çatlama kesit rijitliği dikkate alınmıştır. Çatlama kesite ait etkin kesit rijitlik değeri sabit alınarak başlangıç rijitliğinin (EI_0) yarısı olduğu kabul edilmiştir.

- Kirişlerde; $EI_e = 0,50EI_0$
- Kolon ve Perdelerde; $EI_e = 0,50EI_0$



Şekil 3.10. S101 kolonun EC8'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması

3.7.3. ASCE-7/16

Binaların modellenmesi ve değerlendirilmesinde çatlama kesit rijitliğinin değeri eksenel yük oranına göre aşağıdaki durum göz önüne alınmıştır.

- Kirişlerde; $EI_e = 0,35EI_o$
- Kolon ve Perdelerde;

$P_u \geq 0,5A_g f_c$ olması durumunda:

$$EI_e = 0,70EI_o$$

$P_u \leq 0,1A_g f_c$ olması durumunda:

$EI_e = 0,30EI_o$ katsayıları dikkate alınmıştır.

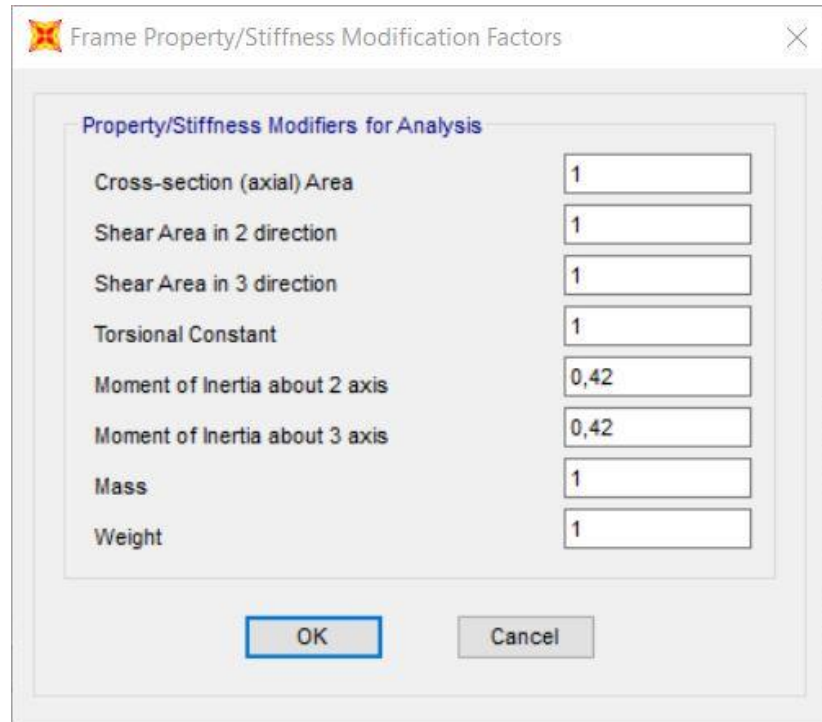
S101 (80/30) kolonu;

$$P_u = 1556,361 \text{ kN}$$

$$A_g = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\frac{P_u}{A_g f_c} = \frac{1556,361}{0,24 \times 30000} = 0,216$$

Kolon S101 için $(EI)_e = 0,42(EI)_o$ olarak bulunur.



Şekil 3.11. S101 kolonun ASCE-7/16'ya göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması

3.7.4. TBDY-2018

Dayanıma göre Tasarım ve şekil değiştirmeye göre tasarım kapsamında betonarme taşıyıcı elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde etkin kesit rijitliği, yönetmeliğin ilgili bölümün tablo 4.2'de verilen sabit katsayılarla çarpılarak kullanılacaktır.

- a) Kirişlerde; $EI_e = 0,35EI_o$
- b) Kolon ve Perdelerde; $EI_e = 0,70EI_o$ katsayıları önerilmiştir.

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0,7
Moment of Inertia about 3 axis	0,7
Mass	1
Weight	1

Şekil 3.12. S101 kolonun TBDY-2018'e göre etkin kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması

Kiriş için yönetmeliklerde verilen etkin kesit rijitlik katsayılar, kolonların etkin kesit rijitlik katsayıları yukarıdaki veri penceresine giriş yapıldığı gibi SAP2000 programına aktarılmıştır.

3.8. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Görelî kat ötelemesi; yapıların kolon ve perde gibi yapısal elemanlarda alt ve üst katlar arasındaki yer değiştirme farkını ifade etmektedir. Tasarımı yapılan herhangi bir binanın ilgili katın bir üst veya alt kata nazaren daha fazla yer değiştirdiyse söz konusu binanın görelî kat öteleme problemi ile karşılaşıldığı anlaşılmaktadır.

3.8.1. TDY-2007

Bağıntı (3.57)'de gösterildiği gibi herhangi bir yapısal eleman olan perde veya kolonun alt veya üst kat arasındaki yer değiştirme farklarını hesaplanarak görelî kat ötelemeleri elde edilmiş olur.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.57)$$

Göz önünde bulundurulmuş deprem doğrultusunda, herhangi bir i 'inci katın düşey yapısal elemanlar için etkin görelî kat ötelemesi (3.58) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (3.58)$$

Herhangi bir i 'inci katındaki düşey taşıyıcı elemanların (3.58) denklemi ile elde edilen etkin görelî kat ötelemelerinin ilgili kat içindeki en büyük değeri, (3.59) denklemdeki koşulu sağlamalıdır.

$$\frac{(\delta_i)_{maks}}{h_i} \leq 0.02 \quad (3.59)$$

(3.59) denklemdeki koşulu sağlamadığı takdirde, düşey yapısal elemanların rijitliğini artırarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

3.8.2. Eurocode-8

EC8'de görelî kat ötelemeleri ile ilgili bir takım güvenlik sınırlamalar mevcuttur. Görelî kat öteleme sınırlaması olarak, ilgili katın içerisinde taşıyıcı olmayan elemanların (duvar vb.) olduğu yapıların (3.60) bağıntısındaki koşulu sağlamalıdır.

$$d_{rV} = 0.005h \quad (3.60)$$

Burada;

d_r : Etkin ortalama görelî kat ötelemesini

h : Kat yüksekliğini,

v : Hasar limit gereklilikleri ile ilişkili olarak sık periyodlu sismik etkiyi dikkate alan azaltma katsayısını ifade etmektedir.

3.8.3. ASCE-7/16

Etkin görelî kat ötelemelerin sınırlandırılması ASCE 7/16'da yapının ait olduğu risk kategorisine göre Çizelge (3.35)'te sunulan koşulları aşmamalıdır. TDY 2007 ve EC8 yönetmeliklerine göre ASCE 7/16'da etkin görelî kat öteleme hususunda daha detaylı ve açıklayıcı ifadeler görülmektedir. Burada, h_{sx} binanın x seviyesindeki kat için kat yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.35. ASCE 7/16'da risk kategorisine göre 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 δx , Çizelge (3.35)'te verilen koşulları aşmama şartı ile (3.61) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.61)$$

Burada,

δ_x : x seviyesindeki etkin görelî kat ötelemesini,

δ_{xe} : x seviyesinde elastik hesap sonucu hesaplanan görelî kat ötelemeyi,

C_d : Defleksiyon büyütme katsayısını göstermektedir (Tablo 1.26).

3.8.4. TBDY-2018

Herhangi bir düşey yapısal eleman olan perde veya kolonun alt veya üst kat arasındaki yer değıştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi Δ_i , (3.62) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1} \quad (3.62)$$

Burada u_i ve u_{i-1} , göz önünde bulundurulmuş deprem yönü için ilgili katın bir alt veya üst katlarındaki herhangi bir düşey yapısal elemanın azaltılmış deprem yüklerine göre elde edilen yanal yer değıştirmeleri ifade etmektedir. Göz önüne alınan deprem yönü için herhangi bir i 'inci katındaki yapısal düşey elemanların etkin görelî kat ötelemesi δ_i , (3.63) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (3.63)$$

(3.63) bağıntısı ile elde edilen kat içindeki maksimum δ_i etkin görelî kat ötelemesi, denklem (3.64) ve (3.65) bağıntılarında verilen koşulları sağlamalıdır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,maks}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (3.64)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,maks}}{h_i} \leq 0.016\kappa \quad (3.65)$$

Binayı oluşturan çerçeveler aralarında gevrek malzemeden yapılmış duvarlar tamamen bitişik şekilde örülmesi durumunda (3.64) bağıntısındaki şartı sağlamalıdır. Gevrek malzemeden yapılmış duvarlar ile çerçeveler arasında derz bırakılması veya esnek bağıntılarla bağlanması durumunda (3.65) denklemindeki şarta uyulmalıdır. (3.64) ve (3.65) denklemlerindeki koşullar herhangi bir kat için sağlanmadığı takdirde, binanın taşıyıcı elemanların rijitliği arttırılacak deprem analizi tekrarlanmalıdır. Denklem (3.64) ve (3.65)'de yer alan λ katsayısı, yapının dikkate alınan deprem yönündeki hâkim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. κ katsayısı ise betonarme yapılarda $\kappa = 1$, çelik yapılarda $\kappa = 0.5$ alınmaktadır.

3.9. Yapı Siteminin Özellikleri

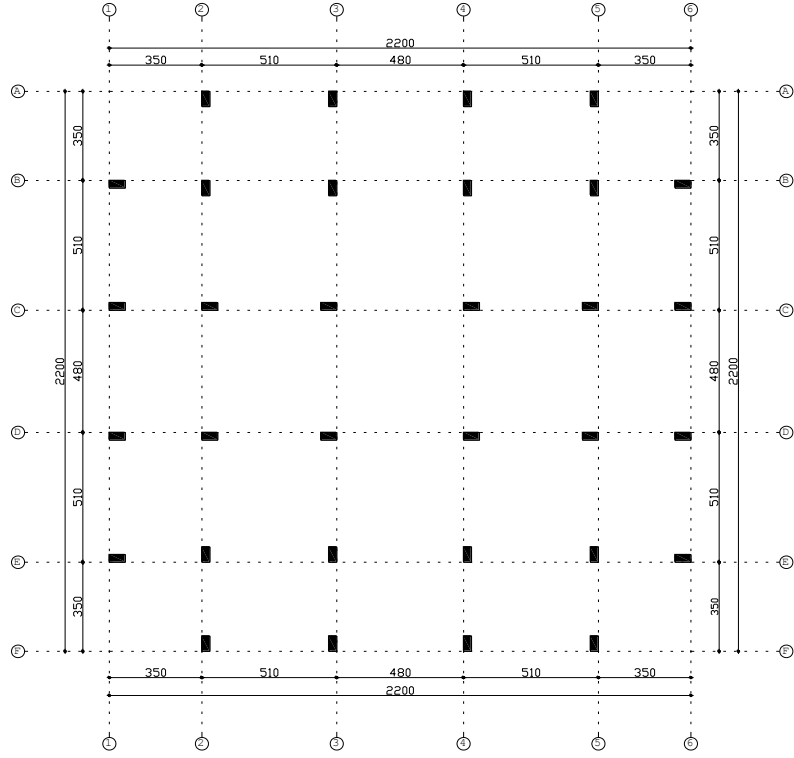
Bu tez çalışmada 5, 10 ve 14 katlı, çerçeveli, perdeli ve perdeli-çerçeveli sistemlerden oluşan betonarme bir yapı, kullanım amacı konut olarak tasarlanmıştır. Kat yükseklikleri eşit olup 2.80 m'dir. Binanın her iki doğrultusundaki uzunluğu 22 m olup kat alanı 435 m²'dir. Kat döşemeleri çift doğrultuda çalışan döşemelerdir. Temel sistemi 60 cm kalınlığında radye temel olarak modellenmiştir. Taşıyıcı elemanlara ait kesit özellikleri Çizelge (3.36)'da verilmiştir. Binaya ait plan görünüşü aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Çizelge 3.36. Yapıya ait genel bilgiler

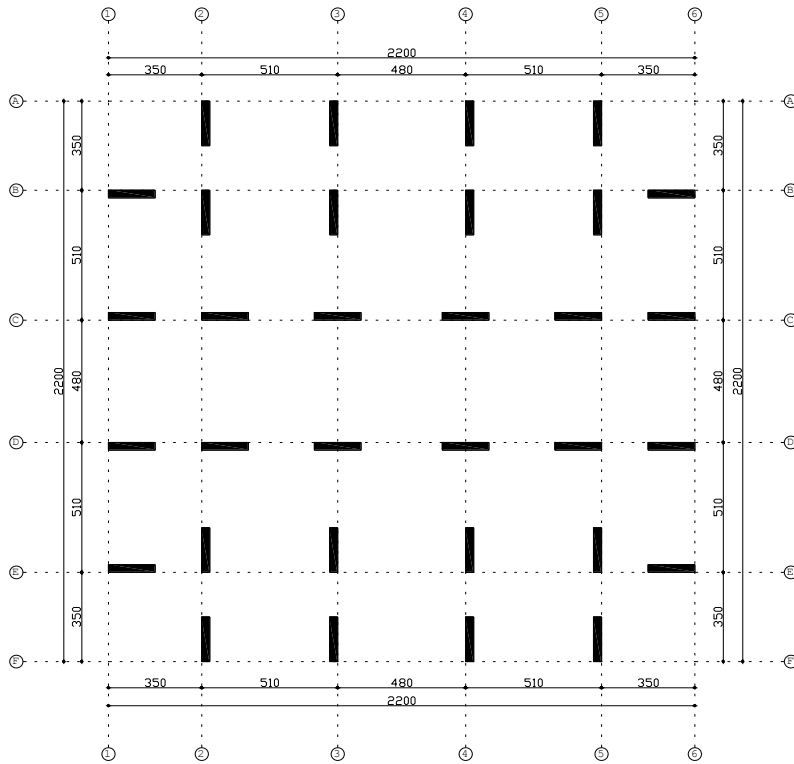
Döşeme Kalınlığı	12 cm	Deprem Bölgesi	1
Beton Sınıfı	C30	Bina Önem Katsayısı (I)	1
Donatı Çeliği	S420	Yerel Zemin Sınıfı	Z1, A, A, ZA
Beton Elastisite Modülü (E_c)	32000 MPa	Kat Yüksekliği	2,8 m
Donatı Çeliği Elastisite Modülü (E_c)	200000 MPa	Kat Adedi	5, 10, 14
Hareketli Yük (Q)	2,0 kN/m ²		

Çizelge 3.37. Taşıyıcı elemanlara ait kesit özellikleri

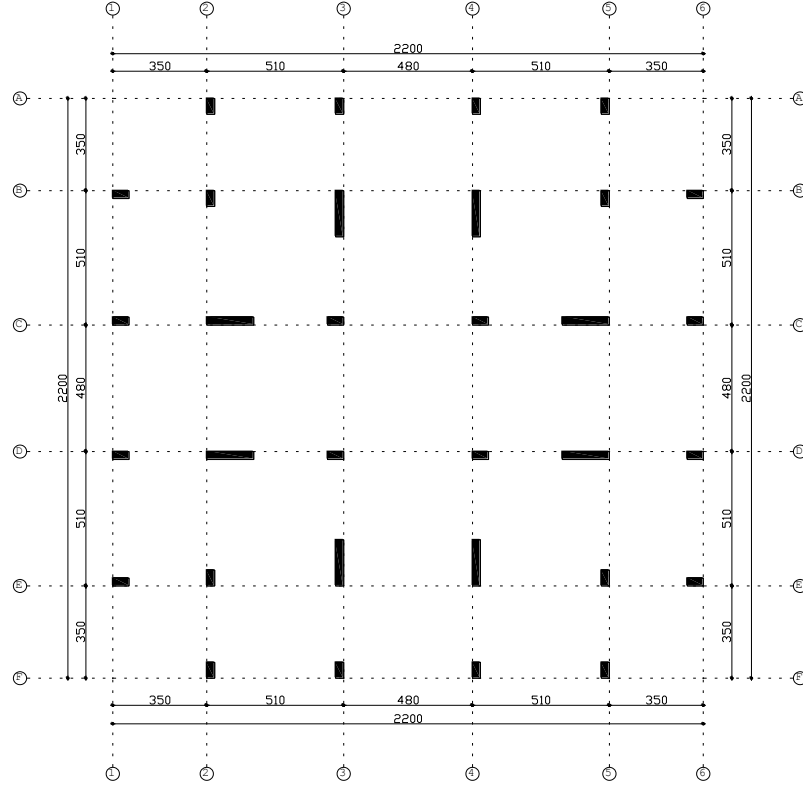
Yapı Sistemi	Kat Adedi	Kiriş (cm)	Kolon (cm)	Perde (cm)
Çerçevli	5	25/50	50/30	—
Çerçevli	10	25/60	60/30	—
Çerçevli	14	25/60	80/30	—
Perdeli	5	25/50	—	175/25
Perdeli	10	25/60	—	175/25
Perdeli	14	25/60	—	175/25
Perdeli-Çerçevli	5	25/50	50/30	175/25
Perdeli-Çerçevli	10	25/60	60/30	175/25
Perdeli-Çerçevli	14	25/60	80/30	175/25



Şekil 3.13. Çerçevesi sisteme ait kolon aplikasyon planı



Şekil 3.14. Perdeli sisteme ait kolon aplikasyon planı



Şekil 3.15. Perdeli-Çerçevesi sisteme ait kolon aplikasyon planı

3.9.1. Malzeme Bilgileri

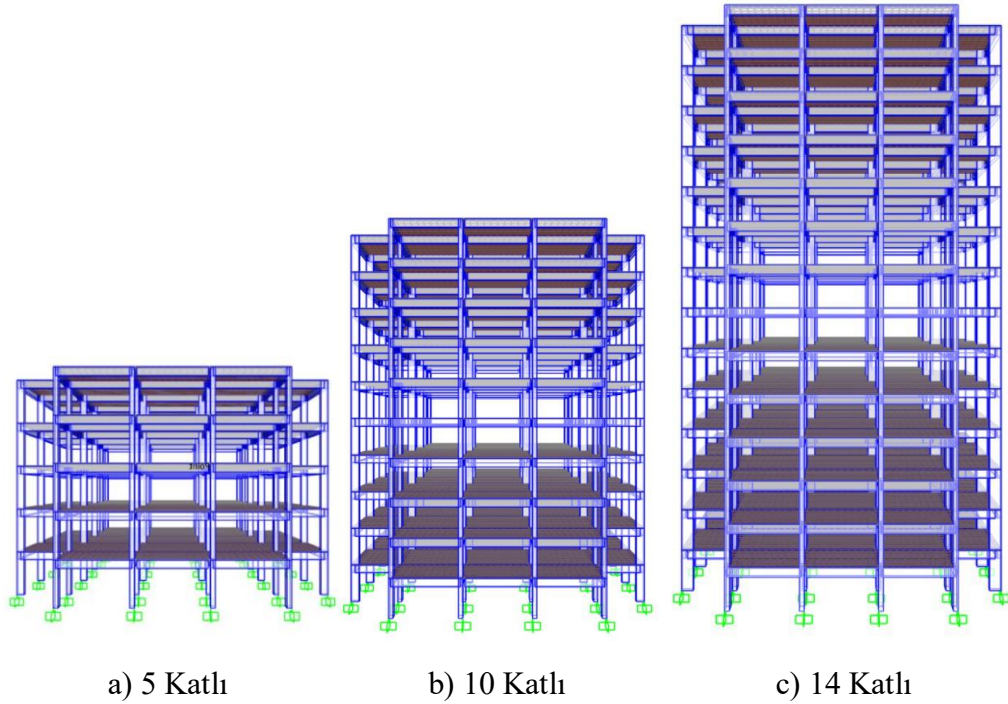
Tasarımı yapılan binada beton sınıfı C30, donatı çeliği S420 kullanılmıştır. Beton ve çeliğe ait malzeme karakteristik ve tasarım dayanımları Çizelge 3.37’de verilmiştir. Malzeme güvenlik katsayıları $\gamma_{mc}=1,50$ ve $\gamma_{ms}=1,15$ olarak hesaplarda alınmıştır.

Çizelge 3.38. Beton ve çelik mekanik özellikleri

Beton Sınıfı C30	f_{ck}	30 Mpa
	f_{ctk}	1,9 Mpa
	f_{cd}	20 Mpa
	f_{ctd}	1.25 Mpa
Çelik Sınıfı S420	f_{yk}	420 Mpa
	f_{yd}	365 Mpa

3.9.2. Yapı Analiz Modelinin Oluşturulması

Tasarımı yapılmış olan bina 5, 10 ve 14 katlı olup birinci deprem bölgesinde ve bahsi geçen dört yönetmeliklerde belirtilen en sağlam zemin sınıfına göre SAP2000v20 programı kullanılarak bina düşey ve yatay yükleri dikkate alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Her dört şartnamelerde de aynı model kullanılarak aynı kesit özellikleri ve yönetmeliklerde öngörülen hareketli ve sabit yükler dikkate alınmıştır. Yönetmelikler gereği analizlerde çatlamış kesit rijitliği dikkate alınmıştır. Betonarme yapının modeli ve ankastre temel varsayımı şekil 3.12’de görülmektedir.



şekil 3.16. rnek yapının  farklı duruma ait görünüşleri

3.9.3. Yük Kombinasyonları

Yapı deprem analizlerinde şartnamelerin öngördükleri yük kombinasyonları açısından farklılık göstermektedir. Yönetmeliklerde deprem analizi için dikkate alınan yük birleşimleri Çizelge (3.38)'de verilmiştir.

Çizelge 3.39. Yönetmeliklere göre yük kombinasyonları

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

Deprem analizlerinde şartnamelerin öngördükleri yük kombinasyonları gözönünde bulundurularak elverişsiz sonuçlar dikkate alınmıştır.

3.9.4. Bina Genel Bilgileri

Doğru ve gerçekçi bir kıyaslama yapılabilmesi için yapının oturacağı zemin sınıfı bahsi geçen her dört deprem standardında da aynı zemin sınıfı dikkate alınmalıdır. EC8, TDY-2007, ASCE-7/16 ve TBDY-2018'de tanımlanan en sağlam zemin sınıfı olarak sırası ile A, Z1, A ve ZA olarak seçilmiştir. Yapının inşa edileceği konum ise birinci deprem bölgesi olarak alınmıştır. EC8 ve TDY-2007'de birinci deprem bölgesi için en büyük yer ivmesi dikkate alınırken, TBDY-2018 ve ASCE-7/16'da her bir konuma ait spektral ivme değerleri verilmektedir. Karşılaştırmanın doğru yapılması için şartnamelerin aralarındaki

sayısal farklılıkları minimize etmek için birinci derece deprem bölgesinde olan Bursa inşaat konumu olarak seçilmiştir. Seçilen konuma göre spektral bilgiler aşağıda verilmektedir.

DD-2 için;

$$S_s = 0.960$$

$$S_1 = 0.231$$

$$S_{DS} = 0.768$$

$$S_{D1} = 0.185$$

$$PGA = 0.4$$

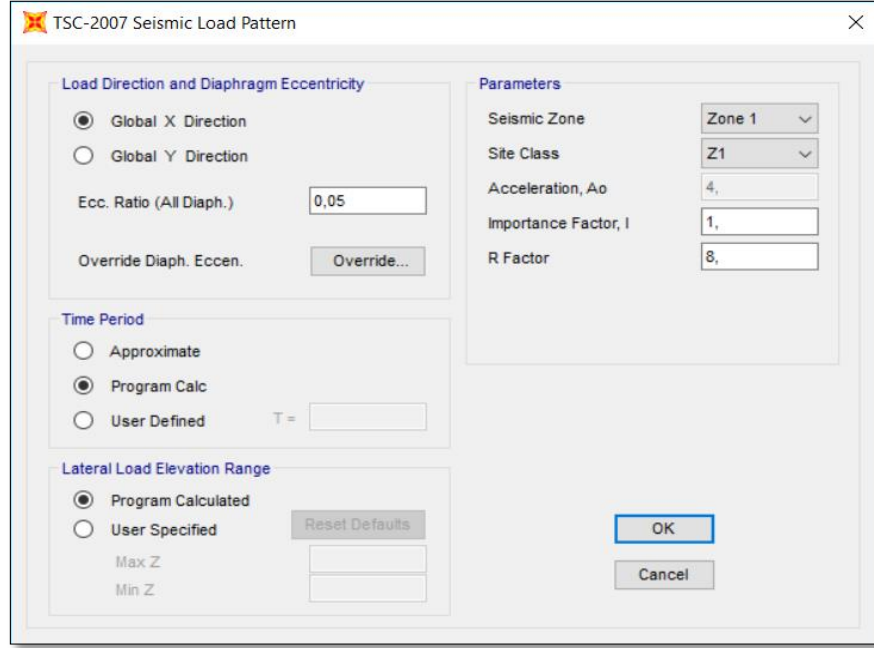
Tasarım için bina türü konut olarak seçildiğinden tüm yönetmeliklerde bina önem katsayısı 1 olarak tanımlanmıştır. Yapı sistemi çerçeve, perdeli ve perdeli-çerçeve olarak seçilmiş olup yüksek süneklik düzeyine sahip olduğu için DBYBHY, TBDY-2018 ve ASCE-7/16'da yapı davranış katsayısı R, 8 olarak seçilmiştir. Yapı davranış katsayısı q, EC8'de farklı olarak denklem (3.19) ile elde edilmektedir.

3.9.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Deprem analizi için Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabilirliği bu çalışmada tasarımı yapılan örnek modeller dikkate alınarak incelenen dört deprem şartnamelerine göre herhangi bir engel bulunmamaktadır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak gerekli parametreler program veri girişine aktarılmıştır.

TDY-2007'ye Göre EDYY

Eşdeğer deprem yükleri yapının her iki doğrultusuna \pm %5 dışmerkezlilik tesiri gözönüne bulundurularak uygulanmaktadır. Yapının hakim doğal titreşim periyodu modal analiz sonucunda elde edilerek program tarafından hesaba otomatik olarak dahil edilmektedir. Yapıya ait genel bilgiler girişi TDY-2007 için Sap2000'de geliştirilmiş arayüz şekil (3.17)'de görülmektedir.



Şekil 3.17. TDY-2007'ye göre EDYY veri girişi arayüzü

Eurocode 8'e Göre EDYY

Eşdeğer deprem yükleri TDY-2007'de olduğu gibi yapının her iki doğrultusuna \pm %5 dışmerkezlilik etkisi gözönüne bulundurularak uygulanmaktadır. Yapının hakim doğal titreşim periyodu modal analiz sonucunda belirlenen değerler otomatik olarak program vasıtasıyla seçilmektedir. Yapıya ait genel bilgiler girişi EC8 için Sap2000'de geliştirilmiş arayüz şekil (3.18)'de görülmektedir. Yapının bulunduğu bölgenin yer ivmesi, zemin sınıfı, spektrum tipi, düzeltme katsayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerleri şekil (3.18)'deki Sap2000 veri giriş penceresine girilmiştir.

Şekil 3.18. EC8'e göre EDYY veri girişi arayüzü

$T1 \leq 2T_c$ koşulu sağlanması durumunda şekil (3.18)'de gösterilen düzeltme faktörü $\lambda=0,85$ alınacaktır, diğer durumlarda yönetmelik gereği $\lambda=1$ olarak alınmaktadır.

ASCE 7/16'ya Göre EDYY

ASCE-7/16 için SAP2000 programının geliştirmiş olan eşdeğer deprem yükü yönteminin arayüzü aşağıdaki şekilde görülmektedir. Yapının bulunduğu bölgeye ait spektral bilgiler, dayanım fazlalığı katsayısı, davranış katsayısı, zemin sınıfı, bina önem katsayısı ve defleksiyon büyütme katsayısı değerleri girilmiştir.

Şekil 3.19. ASCE 7/16'ya göre EDYY bilgi girişi

TBDY 2018'e Göre EDYY

Doğrusal elastik metodu olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için SAP2000 programının veri girişi şekil (3.20)'de görülmektedir. Diğer şartnamelerde olduğu gibi TBDY-2018'de de ek dışmerkezlik tesiri dikkate alınmıştır. Deprem analizinde yapıya ait genel sismik değerler girilmiştir.

TSC-2018 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

Global X Direction
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Time Period

Approx. Period Ct (m), x =

Program Calc Ct (m), x =

User Defined T =

Lateral Load Elevation Range

Program Calculated

User Specified

Max Z

Min Z

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fs

Site Coefficient, F1

Calculated Coefficients

SDS = Fs * Ss

SDS = F1 * S1

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, D

Occupancy Importance, I

Şekil 3.20. TBDY 2018'e göre EDYY veri girişi arayüzü

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

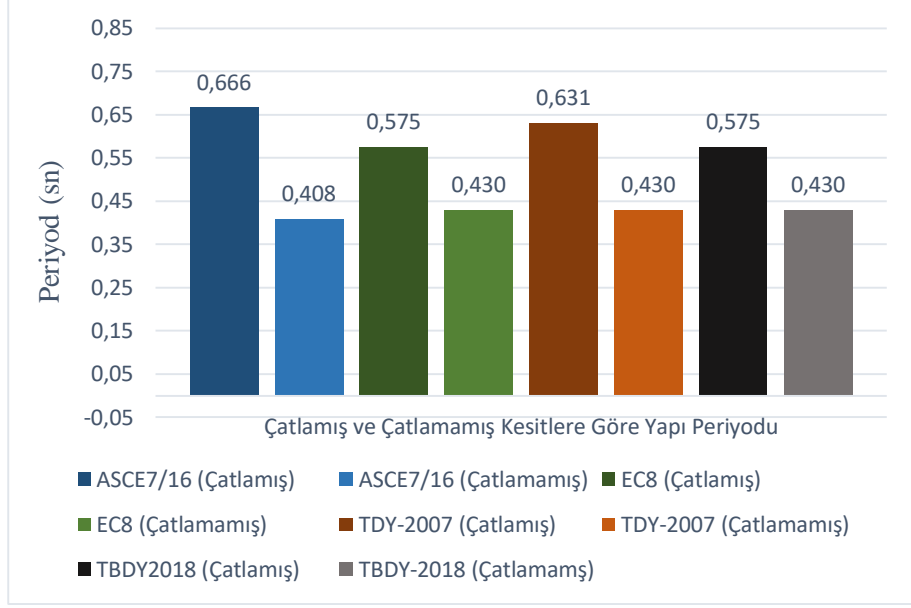
Bu bölümde etkin kesit rijitliğinin tesiri dikkate alınarak oluşturulan yapı modellerlerinden elde edilen analiz sonuçları sunulmuştur. Yönetmeliklerde öngörülen çatlama kesit rijitlik değerlerine göre yapı periyodunun değişimi, yapıya etkiyen deprem yükü değişimi, görelî kat ötelemelerin değişimi, yapı elemanlarında oluşan iç kuvvetlerin değişimi, kat adedine ve yapı taşıyıcı sistemine göre etkin kesit rijitlik etkisi incelenmiştir.

Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

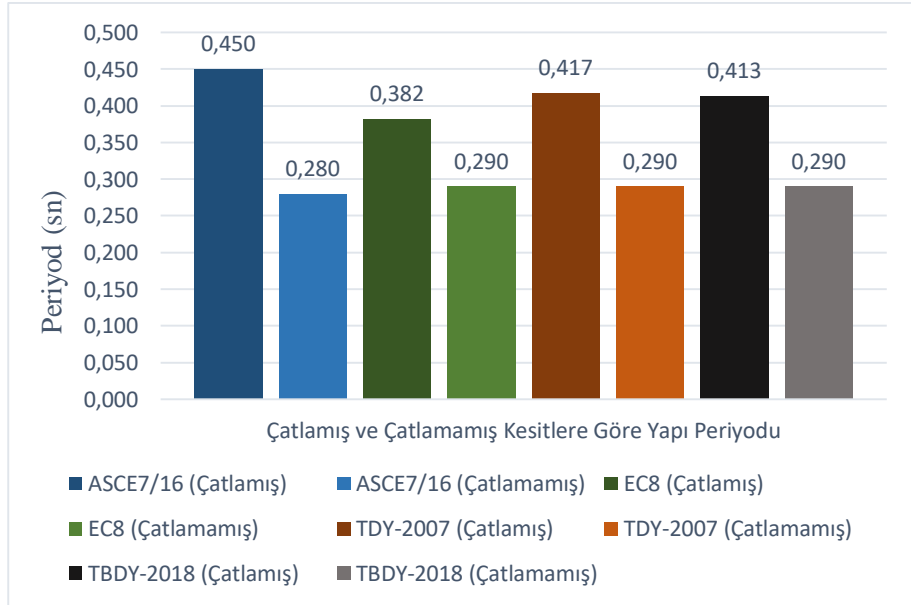
Bu analiz sonuçları, doğrusal elastik hesap metodu olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. DBYBHY-07 yönetmeliğinin ilgili bölümünde belirttiği gibi çatlama kesit rijitliği dikkate alınarak, G+0,3Q düşey yüklemesi altında yapının matematik modeli oluşturulmuş olup, SAP2000v20 programı yardımıyla çözülmüştür. ASCE-7/16'da verilen etkin kesit rijitlik değerleri ise sadece sabit yüklere bağılı olarak değişmektedir. EC8 ve TBDY-2018'de önerilen çatlama kesit rijitlikleri yük kombinasyonlarına bağılı olmaksızın sabit katsayıların kullanılması uygun görülmüştür.

4.1.Yapı Periyotlarının Karşılaştırılması

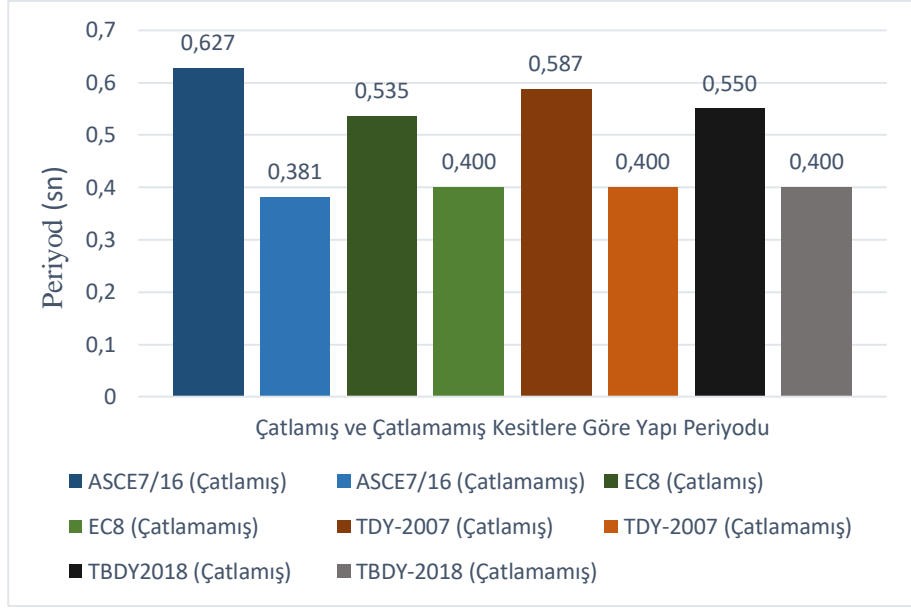
Program yardımıyla yapılan model analiz sonucunda bahsî geçen dört deprem yönetmeliğine göre çatlama ve çatlama yapı kesitlerine ait elde edilen hakim doğal titreşim periyotları aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.



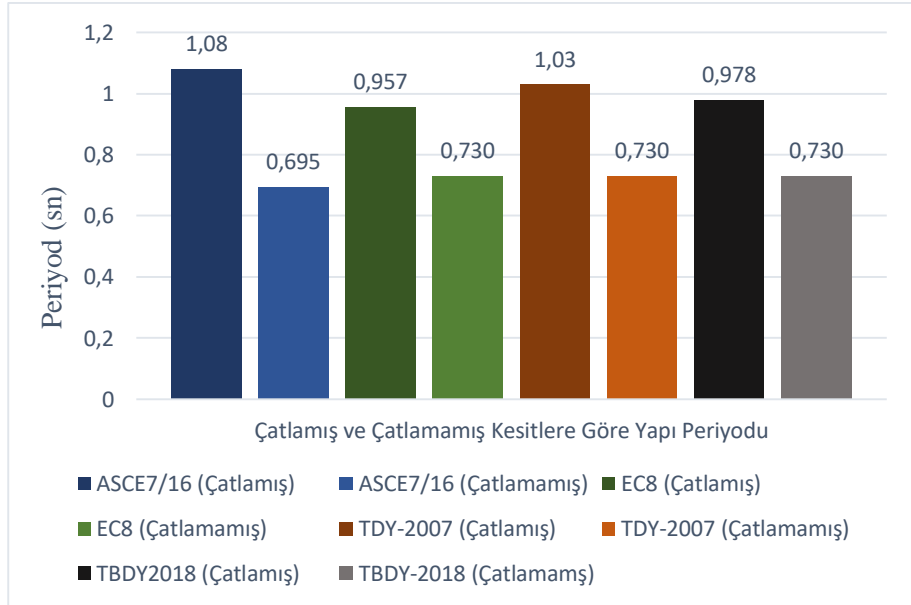
Şekil 4.1. 5 katlı çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



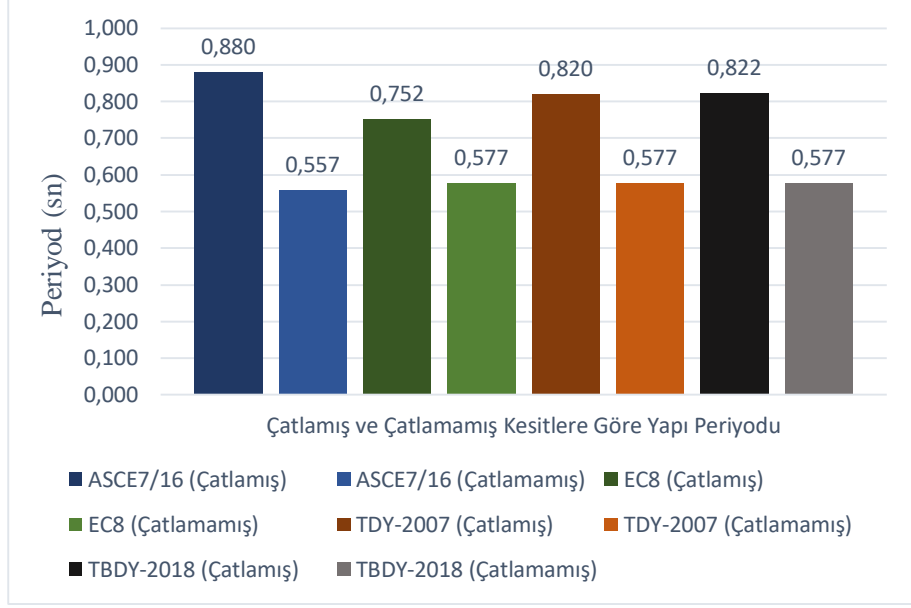
Şekil 4.2. 5 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



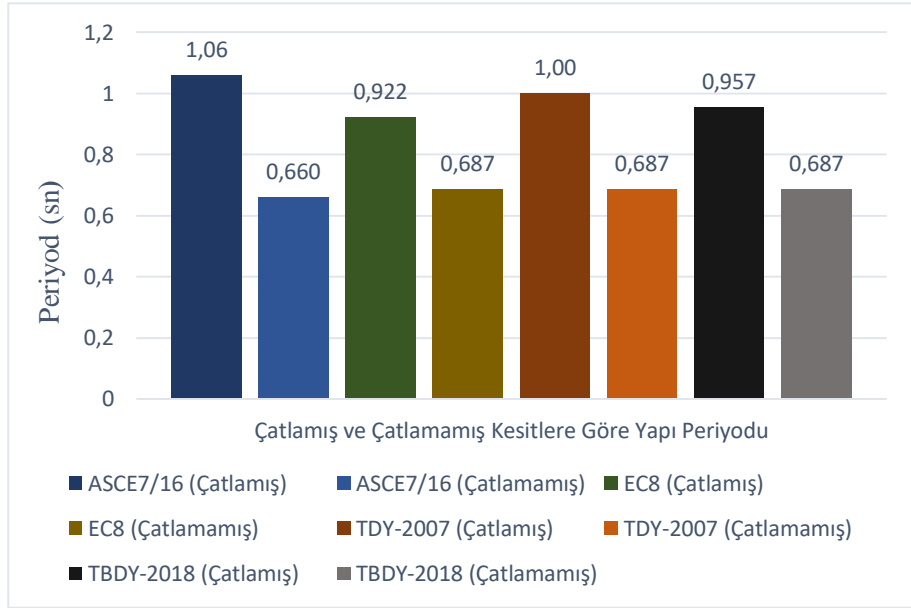
Şekil 4.3. 5 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



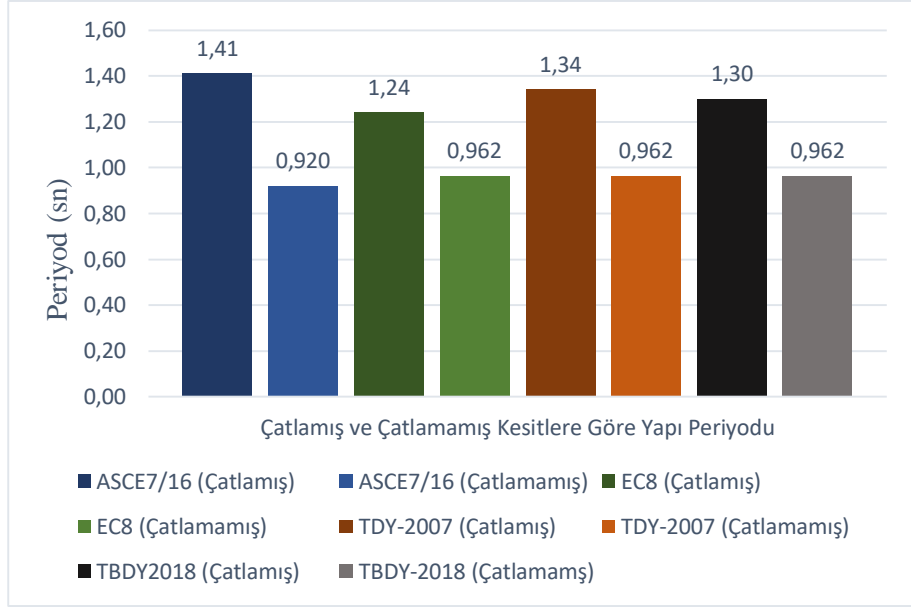
Şekil 4.4. 10 katlı çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



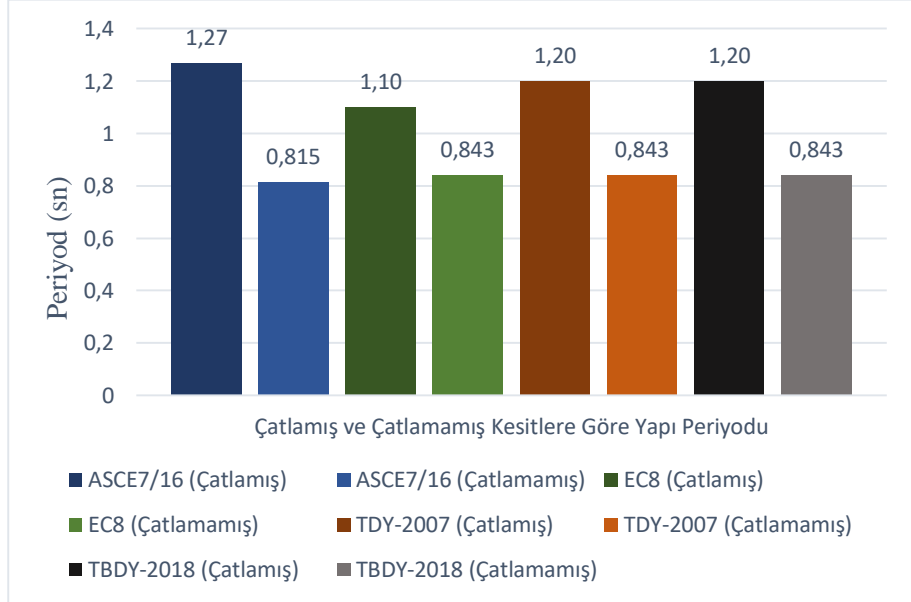
Şekil 4.5. 10 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



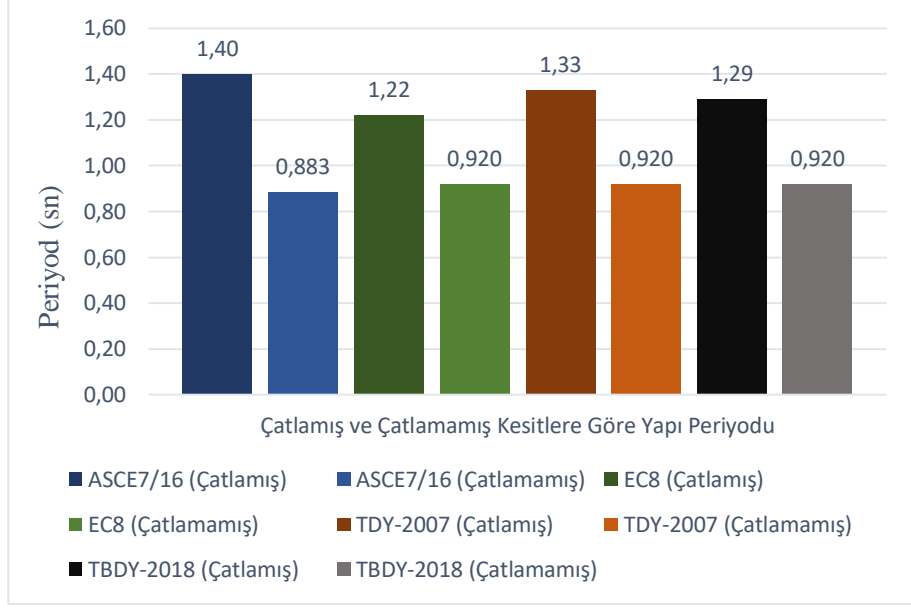
Şekil 4.6. 10 katlı perdeli-çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



Şekil 4.7. 14 katlı çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



Şekil 4.8. 14 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi



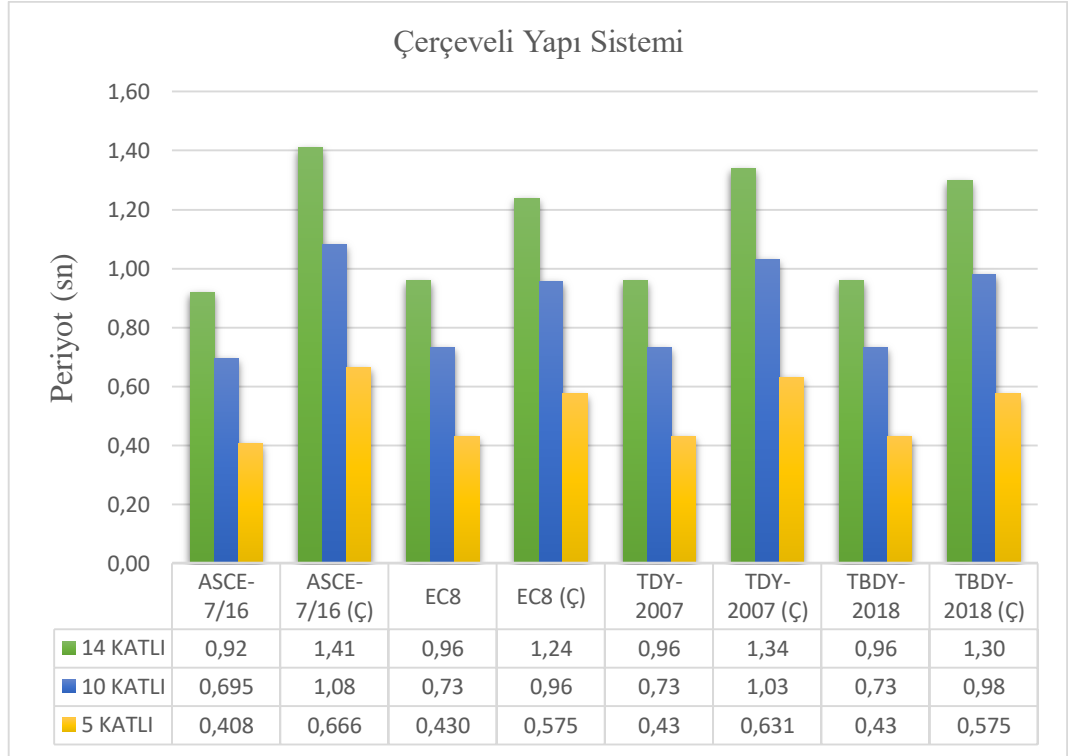
Şekil 4.9. 14 katlı perdeli-çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre periyod değişimi

Kat adedine Göre Periyodların Yüzelik Değişimi

ASCE-7/16 ve TDY-2007’de etkin kesit rijitliğinin değerleri eksenel kuvvet ve kolon boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Yapı kat adedinin artması ile birlikte taşıyıcı elemanlara gelen eksenel kuvvet artmaktadır, eksenel kuvvetin artması ile beraber etkin kesit rijitlik değeri de artmaktadır ve dolayısıyla periyotların büyümesine sebep olur. Çerçevesel yapı sisteminin her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlere ait periyodların yüzelik oranı Çizelge (4.1)’da verilmiştir. Ayrıca Şekil (4.10)’de söz konusu kesitlere göre periyod değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.1. Her üç kat durumu için periyot değişiminin yüzdelik oranı

Çerçevesel	Yönetmelik	Periyot	Yüzde	Periyot	Yüzde	Periyot	Yüzde
		5 Katlı	Oranı	10 Katlı	Oranı	14 Katlı	Oranı
	ASCE-7/16	0,41	63,41%	0,695	55,40%	0,92	53,26%
ASCE-7/16 (Ç)	0,67	1,08		1,41			
EC8	0,43	33,72%	0,73	31,51%	0,96	29,17%	
EC8 (Ç)	0,575		0,96		1,24		
TDY-2007	0,43	46,51%	0,73	41,10%	0,96	39,58%	
TDY-2007 (Ç)	0,63		1,03		1,34		
TBDY-2018	0,43	33,49%	0,73	34,25%	0,96	35,42%	
TBDY-2018 (Ç)	0,574		0,98		1,3		

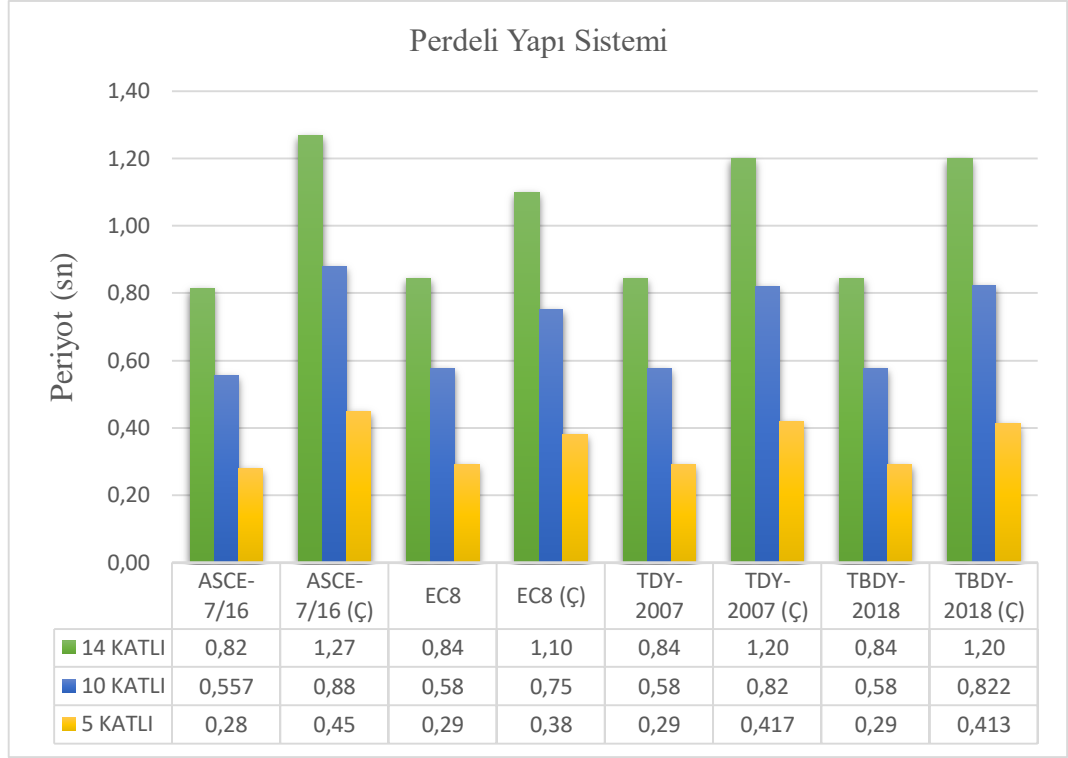


Şekil 4.10. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi

ASCE-7/6 ve TDY-2007'ye göre analizi yapılan 5, 10 ve 14 katlı çerçevesel yapıların çatlamış kesite ait periyodları, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %38,8 , %35,6 ve %34,7 ve TDY-2007 için %31,7 , %29,12 ve %28,36 artığı görülmüştür. Etkin kesit rijitliği için sabit katsayıları tercih eden EC8 ve TBDY-2018' göre çerçevesel yapı sistemi için çatlamış kesite ait periyodlar, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %25,21 , %23,9 ve %22,58 , TBDY-2018 için %25,1, %25,51 ve % 26,15 arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. Her üç kat durumu için periyod değişiminin yüzdelik oranı

Perdeli	Yönetmelik	Periyot 5 Katlı	Yüzde Oranı	Periyot 10 Katlı	Yüzde Oranı	Periyot 14 Katlı	Yüzde Oranı
	ASCE-7/16	0,280	60,71%	0,557	57,99%	0,82	54,88%
	ASCE-7/16 (Ç)	0,450		0,880		1,27	
	EC8	0,290	31,03%	0,577	29,98%	0,84	30,95%
	EC8 (Ç)	0,380		0,750		1,10	
	TDY-2007	0,290	43,79%	0,577	42,11%	0,84	42,86%
	TDY-2007 (Ç)	0,417		0,820		1,20	
	TBDY-2018	0,290	42,41%	0,577	42,46%	0,84	42,86%
	TBDY-2018 (Ç)	0,413		0,822		1,20	

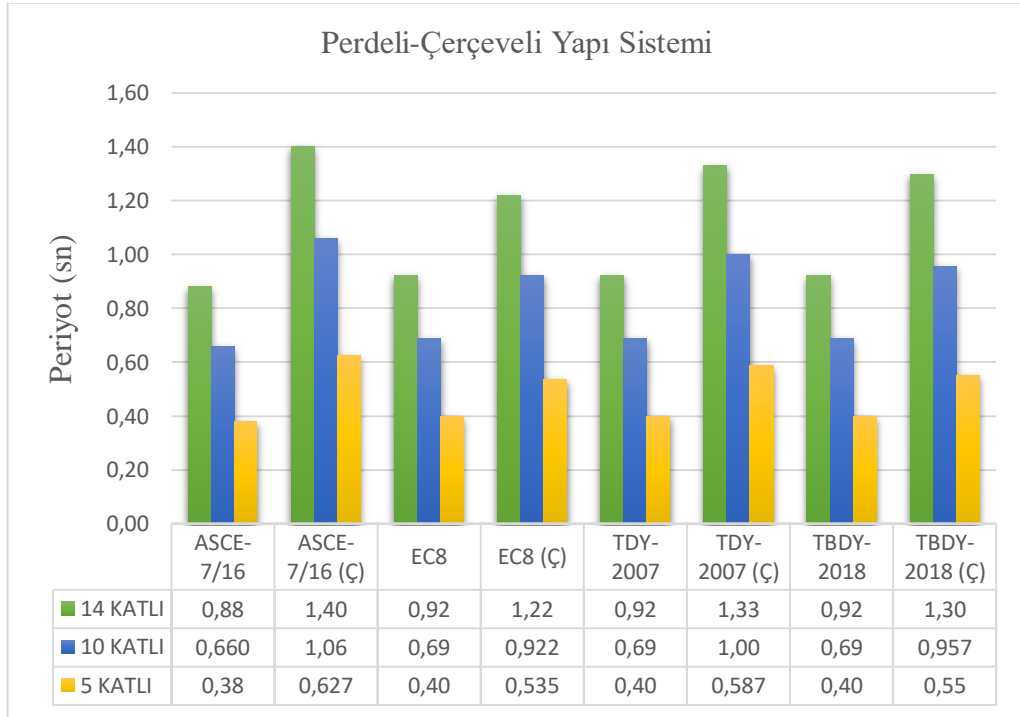


Şekil 4.11. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi

ASCE-7/6 ve TDY-2007'ye göre analizi yapılan 5, 10 ve 14 katlı perdeli yapıların çatlamış kesite ait periyodları, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %37,8 , %36,7 ve %35,4 ve TDY-2007 için %30,5 , %29,6 ve %30 artığı görülmüştür. Etkin kesit rijitliği için sabit katsayıları tercih eden EC8 ve TBDY-2018' göre çerçeveli yapı sistemi için çatlamış kesite ait periyodlar, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %23,7 , %23,1 ve %23,6, TBDY-2018 için %29,8, %29,8 ve % 30 arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.3. Her üç kat durumu için periyot değişiminin yüzdelik oranı

Perdeli-Çerçevesel	Yönetmelik	Periyod 5 Katlı	Yüzde Oranı	Periyod 10 Katlı	Yüzde Oranı	Periyod 14 Katlı	Yüzde Oranı
	ASCE-7/16	0,380	65,00%	0,660	60,61%	0,88	59,09%
	ASCE-7/16 (Ç)	0,627		1,060		1,40	
	EC8	0,400	33,75%	0,690	33,62%	0,92	32,61%
	EC8 (Ç)	0,535		0,922		1,22	
	TDY-2007	0,400	46,75%	0,690	44,93%	0,92	44,57%
	TDY-2007 (Ç)	0,587		1,000		1,33	
	TBDY-2018	0,400	39,25%	0,690	38,70%	0,92	41,30%
	TBDY-2018 (Ç)	0,557		0,957		1,30	

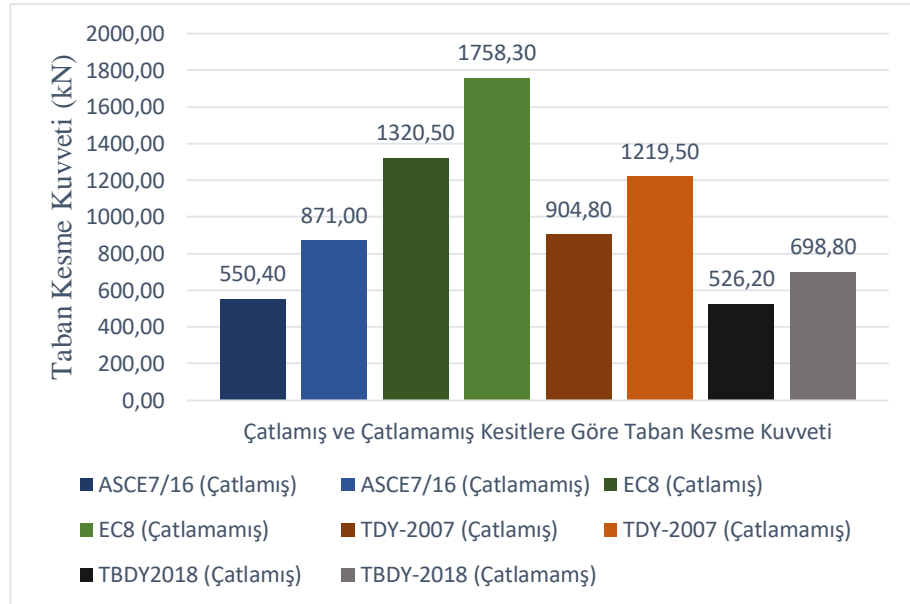


Şekil 4.12. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre yapı periyodların değişimi

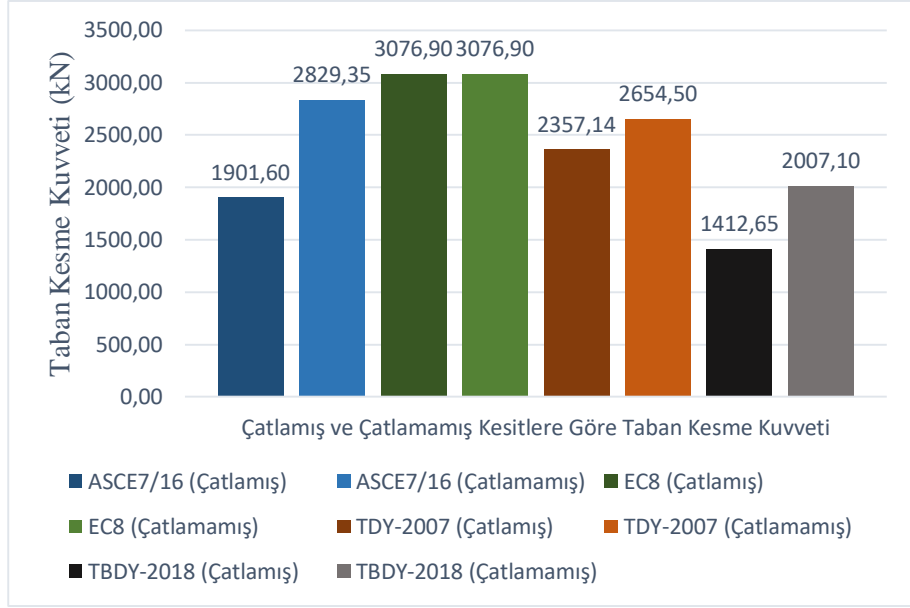
ASCE-7/6 ve TDY-2007'ye göre analizi yapılan 5, 10 ve 14 katlı perdeli yapıların çatlamış kesite ait periyodları, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %39,4 , %37,7 ve %37,1 ve TDY-2007 için %31,9 , %31 ve %30,8 artığı görülmüştür. Etkin kesit rijitliği için sabit katsayıları tercih eden EC8 ve TBDY-2018' göre çerçevesel yapı sistemi için çatlamış kesite ait periyodlar, çatlamamış kesitlere göre sırasıyla %25,2 , %25,2 ve %24,6 , TBDY-2018 için %28,2, %27,9 ve % 29,2 arttığı görülmüştür. Sonuç olarak etkin kesit rijitliğinin kat adedine göre etkisi periyod üzerinde kayda değer artış görülmemiştir.

4.2. Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

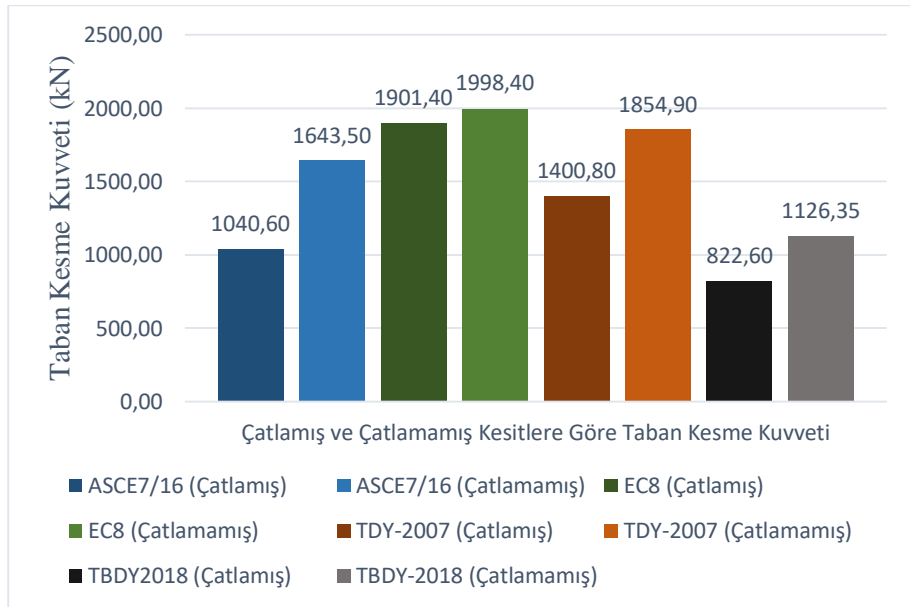
Yapının dört deprem şartnamesi ve üç farklı kat durumuna göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Yapı simetrik olduğundan x ve y yönü için elde edilen sonuçlarda farklılık söz konusu değildir, bu nedenle karşılaştırmalarda tek doğrultu dikkate alınmaktadır. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması aşağıdaki şekiller üzerinde verilmiş olup ayrıca Çizelge (4.4)'da verilmiştir.



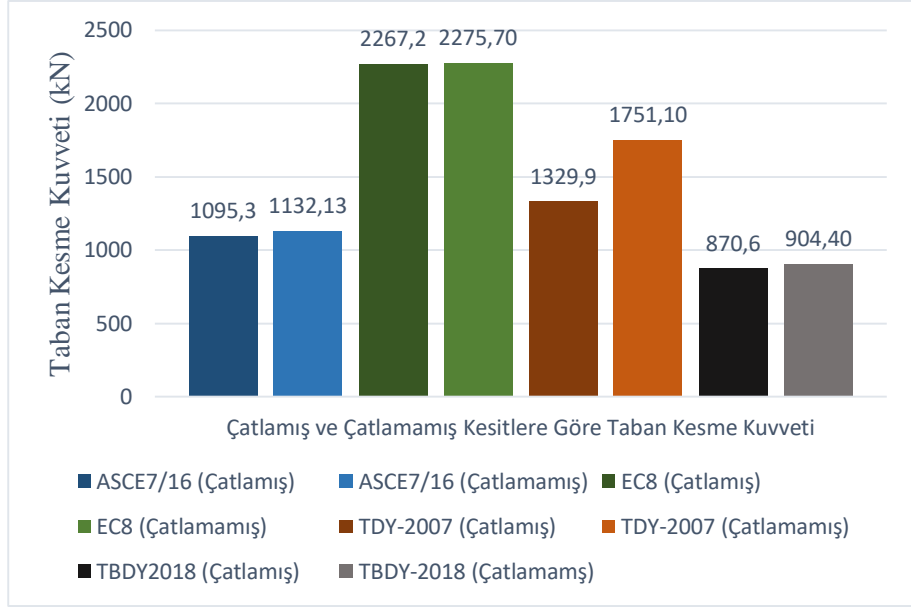
Şekil 4.13. 5 katlı çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



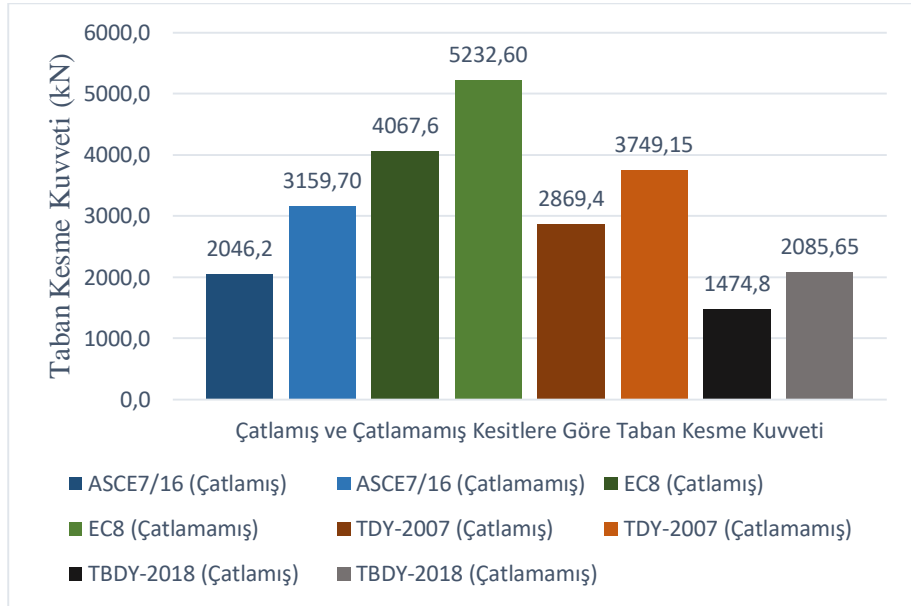
Şekil 4.14. 5 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



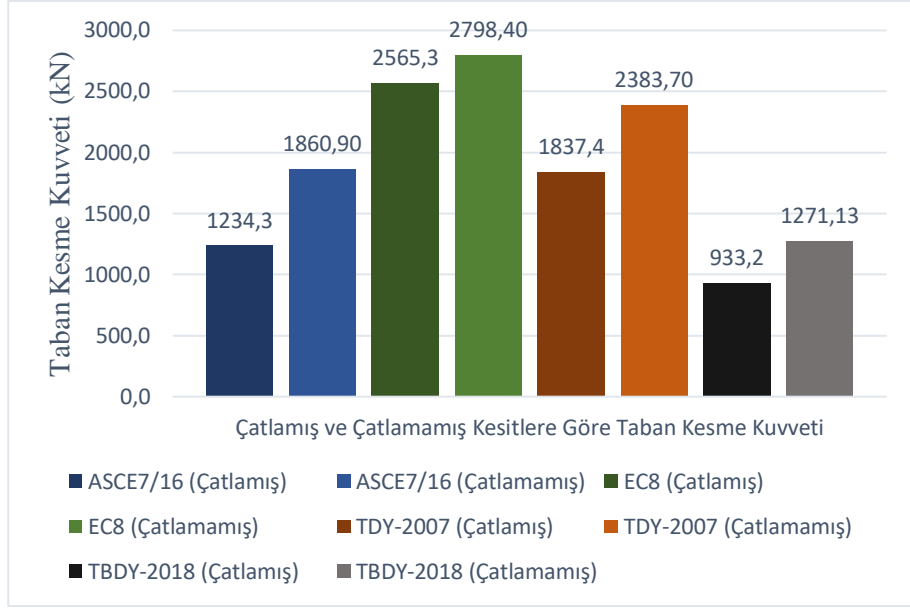
Şekil 4.15. 5 katlı perdeli-çerçevesiz yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



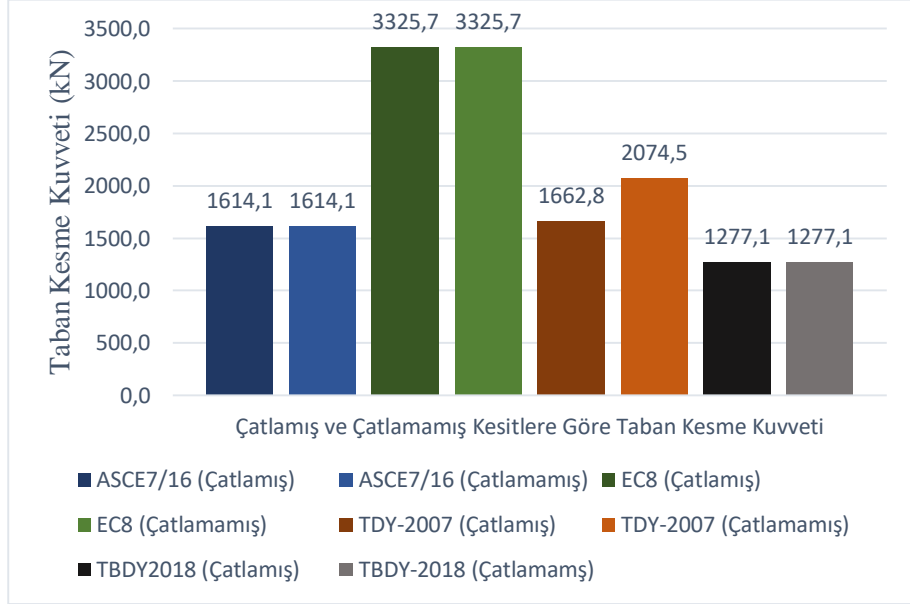
Şekil 4.16. 10 katlı çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



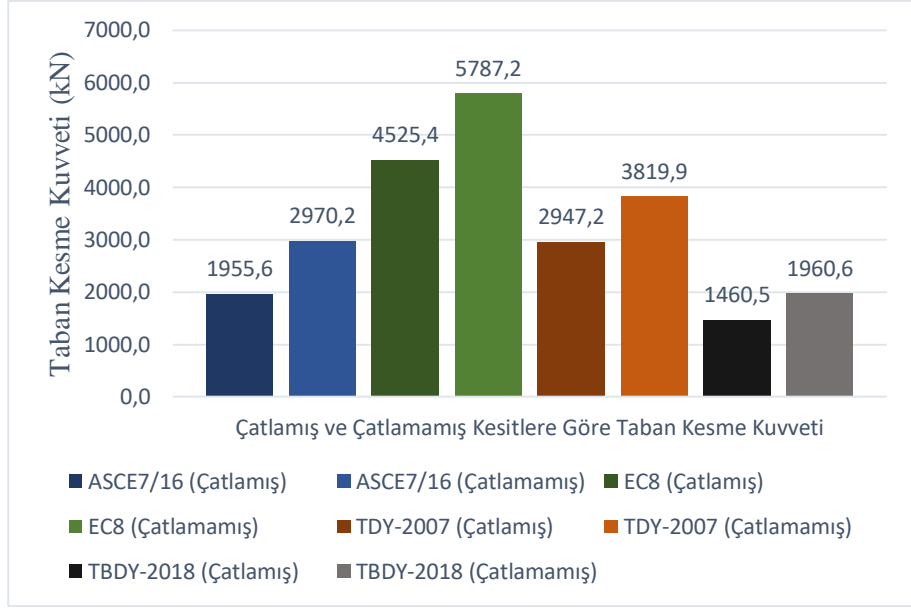
Şekil 4.17. 10 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



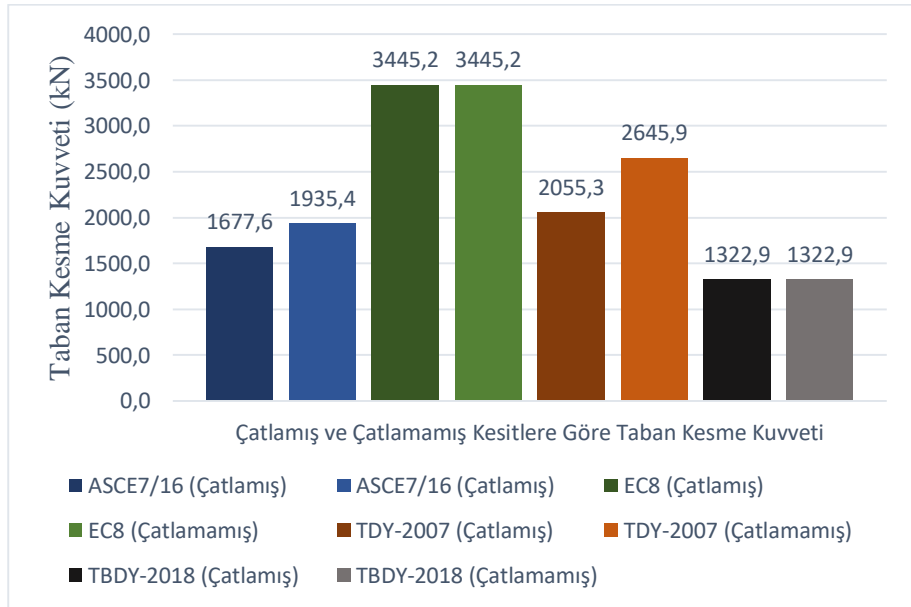
Şekil 4.18. 10 katlı perdeli-çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



Şekil 4.19. 14 katlı çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



Şekil 4.20. 14 katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi



Şekil 4.21. 14 katlı perdeli-çerçeve yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi

Çizelge 4.4. EDYY ile hesaplanan yapı modellerinin çatlamış ve çatlamamış kesitine göre taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

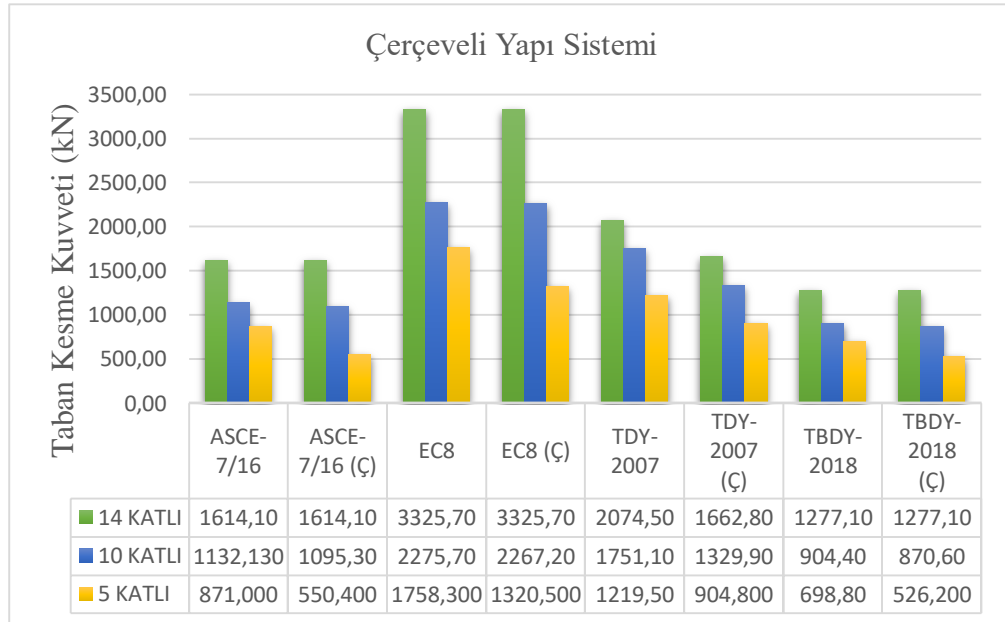
Kat Sayısı	Yapı Sistemi	TDY-2007 (kN)	EC8 (kN)	ASCE-7/16 (kN)	TBDY-2018 (kN)
		$A_0=0,40$	$a_g=0,40$	PGA=0,734	PGA=0,40
5 Katlı	Çerçevesel	1219,50	1758,30	871,00	698,80
	Çerçevesel (Ç)	904,80	1320,50	550,40	526,20
	Perdeli	2654,50	3076,90	2829,35	2007,10
	Perdeli (Ç)	2357,14	3076,90	1901,60	1412,65
	Perdeli-Çerçevesel	1854,90	1998,40	1643,50	1126,35
	Perdeli-Çerçevesel (Ç)	1400,80	1901,40	1040,60	822,60
10 Katlı	Çerçevesel	1751,10	2275,70	1132,13	904,40
	Çerçevesel (Ç)	1329,9	2267,2	1095,3	870,6
	Perdeli	3749,15	5232,60	3159,70	2085,65
	Perdeli (Ç)	2869,4	4067,6	2046,2	1474,8
	Perdeli-Çerçevesel	2383,70	2798,40	1860,90	1271,13
	Perdeli-Çerçevesel (Ç)	1837,4	2565,3	1234,3	933,2
14 Katlı	Çerçevesel	2074,5	3325,7	1614,1	1277,1
	Çerçevesel (Ç)	1662,8	3325,7	1614,1	1277,1
	Perdeli	3819,9	5787,17	2970,2	1960,6
	Perdeli (Ç)	2947,2	4525,35	1955,6	1460,5
	Perdeli-Çerçevesel	2645,9	3445,2	1935,4	1322,9
	Perdeli-Çerçevesel (Ç)	2055,32	3445,2	1677,6	1322,9

Kat adedine Göre Taban Kesme Kuvvetinin Yüzelik Değişimi

Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7 ayrıca Şekil 4.22, 4.23 ve 4.24'te, eşdeğer deprem yükü yöntemi dikkate alınarak analizi yapılan yapının üç farklı kat durumu için taban kesme kuvvetlerinin aralarındaki farkı ve artış oranı yüzelik olarak verilmektedir.

Çizelge 4.5. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzelik değişimi

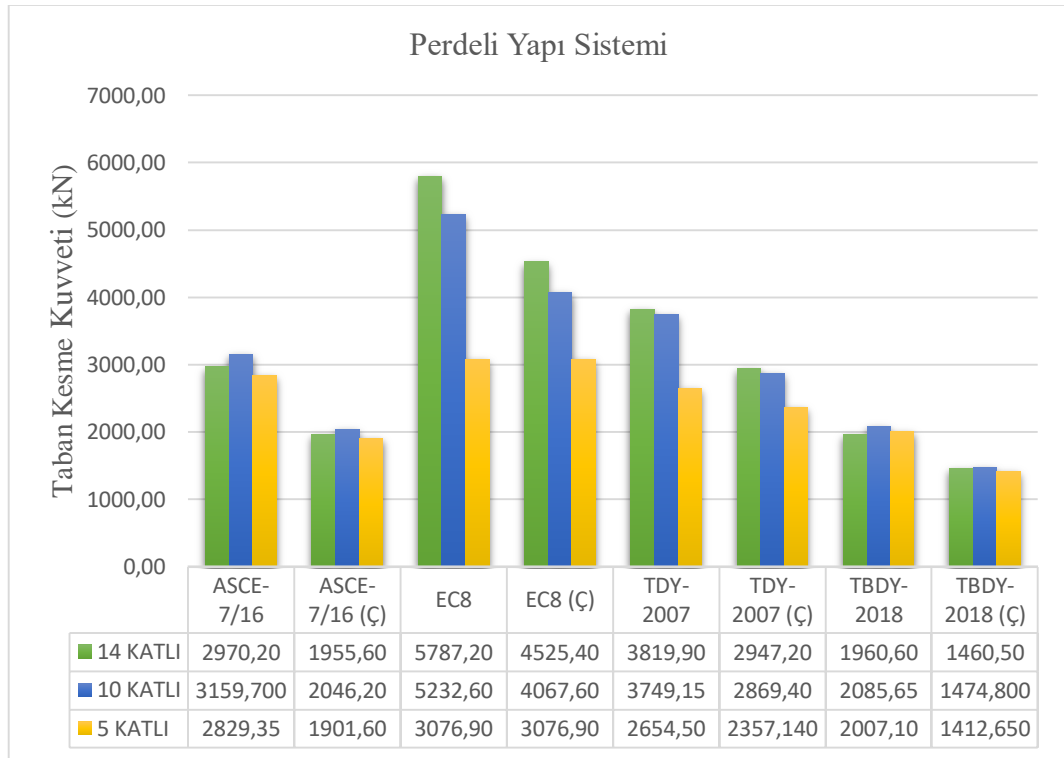
Çerçevesel	Yönetmelik	T.K.K 5 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 10 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 14 Katlı	Yüzde Oranı
	ASCE-7/16	871	58,25%	1132,1	3,36%	1614,1	0,00%
ASCE-7/16 (Ç)	550,4	1095,3		1614,1			
EC8	1758,3	33,15%	2275,7	0,37%	3325,7	0,00%	
EC8 (Ç)	1320,5		2267,2		3325,7		
TDY-2007	1219,5	34,78%	1751,1	31,67%	2074,5	24,76%	
TDY-2007 (Ç)	904,8		1329,9		1662,8		
TBDY-2018	698,8	32,80%	904,4	3,88%	1277,1	0,00%	
TBDY-2018 (Ç)	526,2		870,6		1277,1		



Şekil 4.22. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi

Çizelge 4.6. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzdelik değişimi

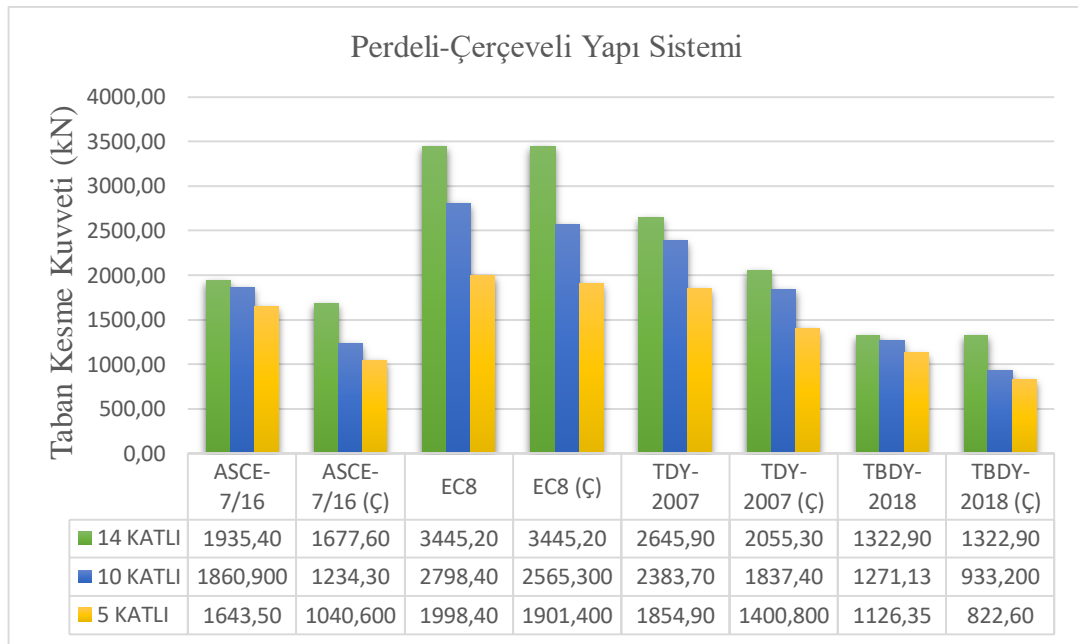
Perdeli	Yönetmelik	T.K.K 5 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 10 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 14 Katlı	Yüzde Oranı
	ASCE-7/16	2829,4	48,79%	3159,7	54,42%	2970,2	51,88%
	ASCE-7/16 (Ç)	1901,6		2046,2		1955,6	
	EC8	3076,9	0,00%	5232,6	28,64%	5787,2	27,88%
	EC8 (Ç)	3076,9		4067,6		4525,4	
	TDY-2007	2654,5	12,62%	3749,2	30,66%	3819,9	29,61%
	TDY-2007 (Ç)	2357,1		2869,4		2947,2	
	TBDY-2018	2007,1	42,08%	2085,7	41,42%	1960,6	34,24%
	TBDY-2018 (Ç)	1412,7		1474,8		1460,5	



Şekil 4.23. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi

Çizelge 4.7. Her üç kat durumu için taban kesme kuvvetinin yüzdelik değişimi

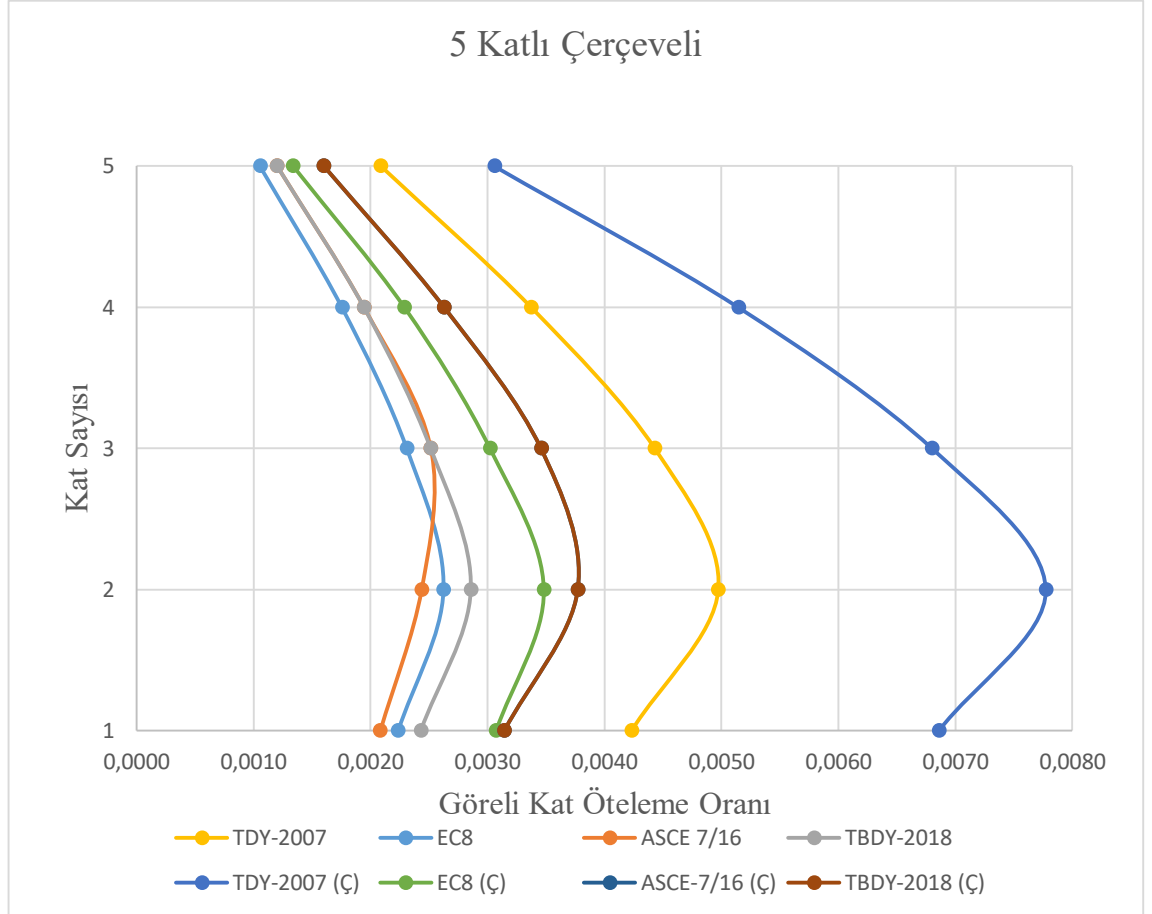
Perdeli-Çerçevesel	Yönetmelik	T.K.K 5 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 10 Katlı	Yüzde Oranı	T.K.K 14 Katlı	Yüzde Oranı
	ASCE-7/16	1643,5	57,94%	1860,9	50,77%	1935,4	15,37%
	ASCE-7/16 (Ç)	1040,6		1234,3		1677,6	
	EC8	1998,4	5,10%	2798,4	9,09%	3445,2	0,00%
	EC8 (Ç)	1901,4		2565,3		3445,2	
	TDY-2007	1854,9	32,42%	2383,7	29,73%	2645,9	28,74%
	TDY-2007 (Ç)	1400,8		1837,4		2055,3	
	TBDY-2018	1126,4	36,93%	1271,1	36,21%	1322,9	0,00%
	TBDY-2018 (Ç)	822,6		933,2		1322,9	



Şekil 4.24. Her üç kat durumu için çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre taban kesme kuvveti değişimi

4.3. Görelî Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması

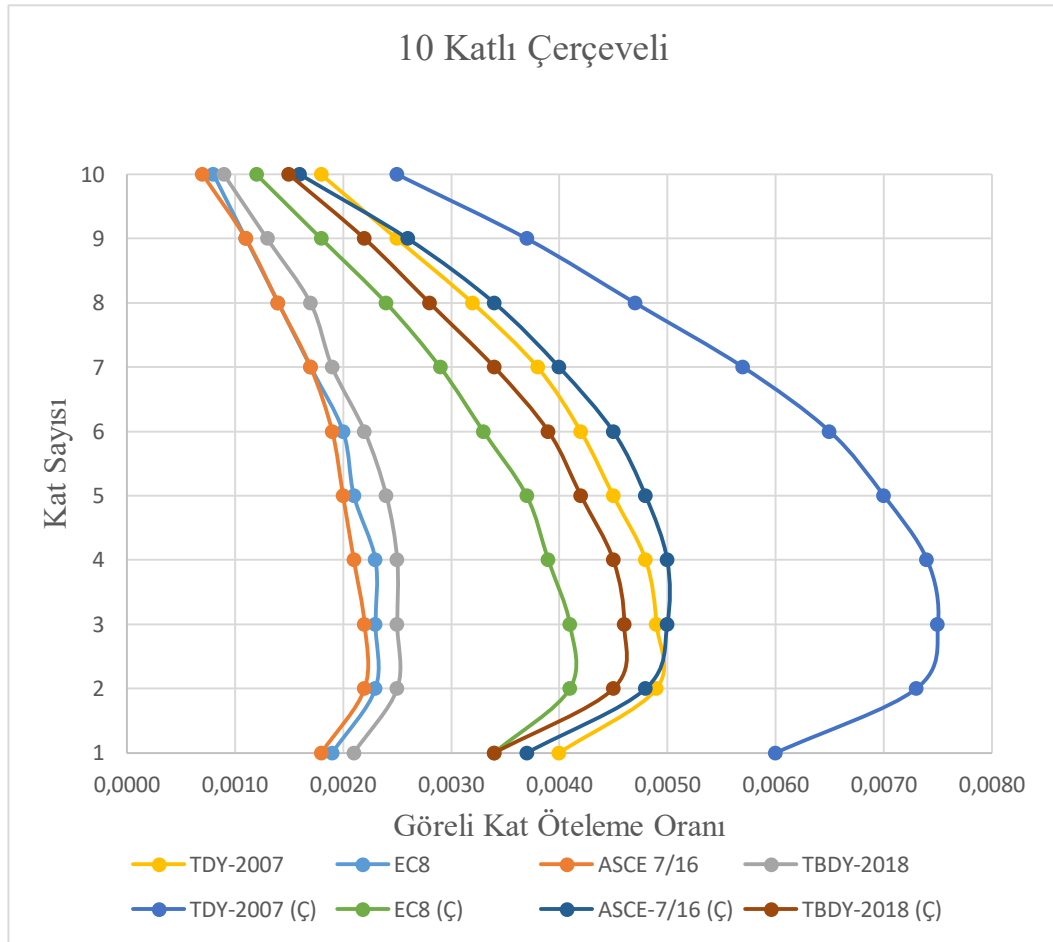
DBYBHY, ASCE 7/16 , EC8, ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre yapılan deprem analizler sonucunda, $\pm\%5$ ek dışmerkezlîk tesiri dikkate alınarak yapının her iki doğrutusundaki görelî kat öteleme oranları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelî kat öteleme oranı

Çizelge 4.8. 5 Katlı çerçevesli yapı sisteminin çatlama kesit rijitliğine ait görel kat öteleme oranının çatlama kesit rijitliğine göre değişim oranı

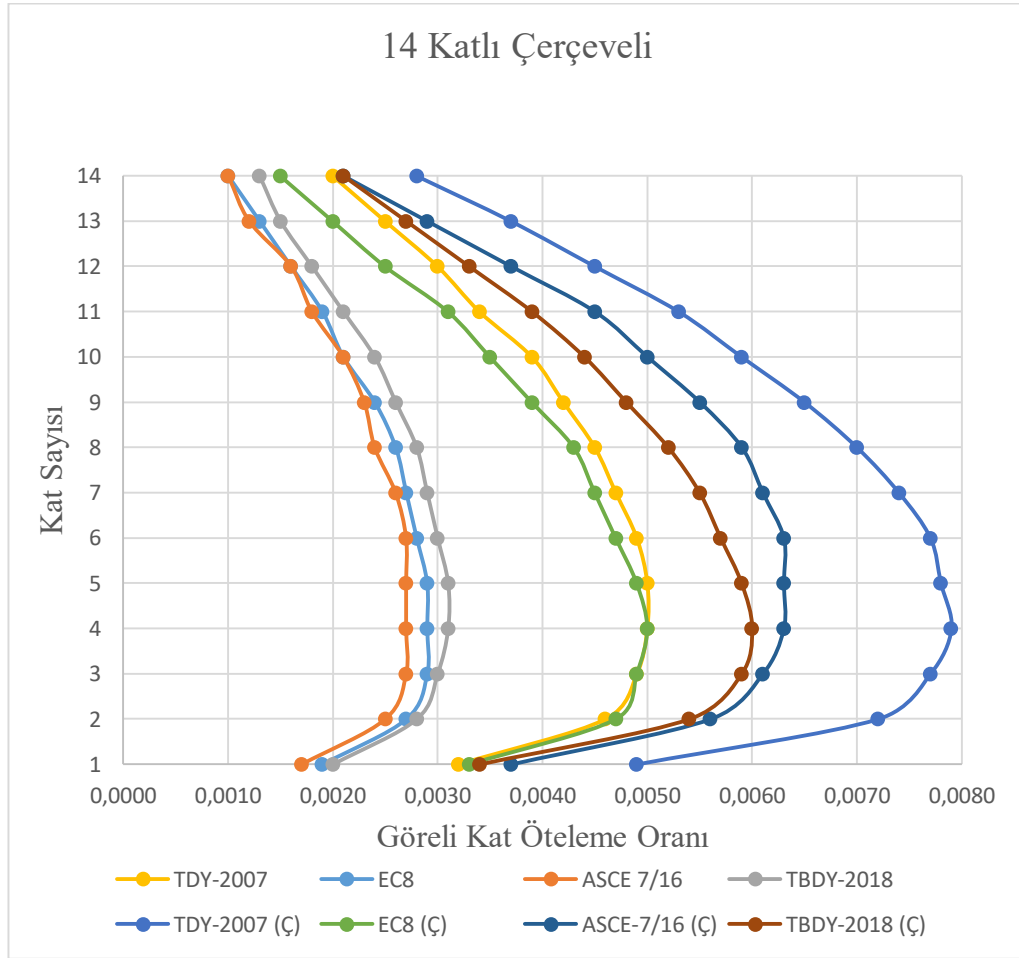
KAT	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	62,16%	37,38%	57,55%	29,41%
2	56,32%	32,67%	58,87%	32,00%
3	53,55%	30,77%	62,39%	37,50%
4	52,54%	30,36%	65,06%	35,29%
5	46,58%	26,73%	58,00%	33,33%



Şekil 4.26. Çatlama ve çatlama kesitlerine göre görel kat öteleme oranı

Çizelge 4.9. 10 Katlı çerçevesli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelî kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değışim oranı

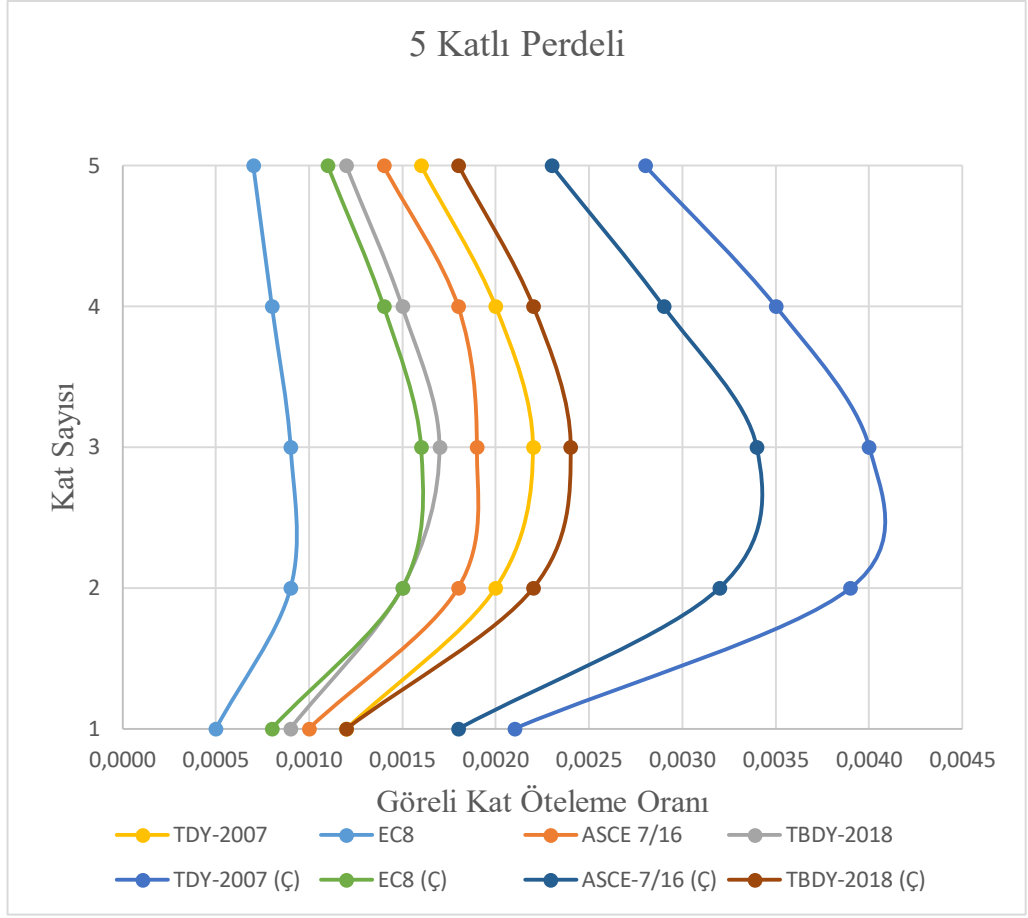
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	51,08%	80,66%	108,89%	64,35%
2	48,54%	76,47%	122,73%	78,00%
3	51,45%	73,99%	124,78%	82,02%
4	52,66%	71,56%	132,11%	80,46%
5	54,09%	71,22%	134,62%	77,11%
6	52,70%	69,15%	141,05%	75,32%
7	50,76%	69,51%	145,24%	77,61%
8	49,55%	65,94%	143,66%	70,69%
9	43,82%	62,26%	140,74%	73,33%
10	38,10%	56,16%	121,62%	60,61%



Şekil 4.27. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelî kat öteleme oranı

Çizelge 4.10. 14 Katlı çerçevesli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelî kat ötelemesinin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı

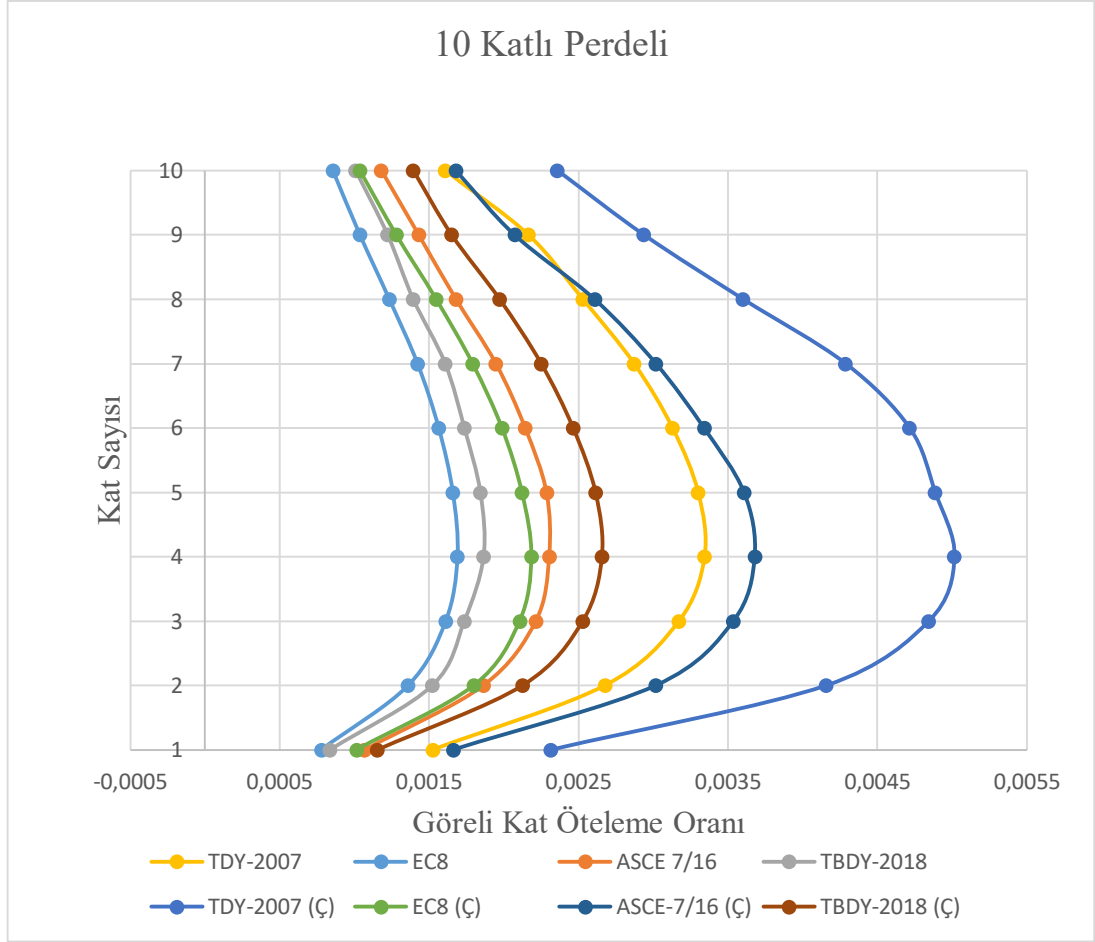
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	52,68%	78,21%	113,30%	74,42%
2	56,52%	75,10%	129,17%	89,52%
3	56,98%	72,00%	130,15%	94,34%
4	56,25%	70,61%	134,31%	93,52%
5	56,00%	68,95%	133,33%	90,74%
6	56,40%	67,53%	137,04%	91,43%
7	56,02%	66,54%	137,40%	87,38%
8	55,70%	66,12%	141,13%	87,63%
9	55,78%	65,04%	145,22%	85,71%
10	52,94%	63,90%	144,76%	85,54%
11	53,33%	62,22%	145,16%	80,00%
12	50,48%	60,53%	139,24%	82,81%
13	43,82%	56,10%	131,75%	75,93%
14	40,00%	47,92%	110,00%	68,18%



Şekil 4.28. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelü kat öteleme oranı

Çizelge 4.11. 5 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelü kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı

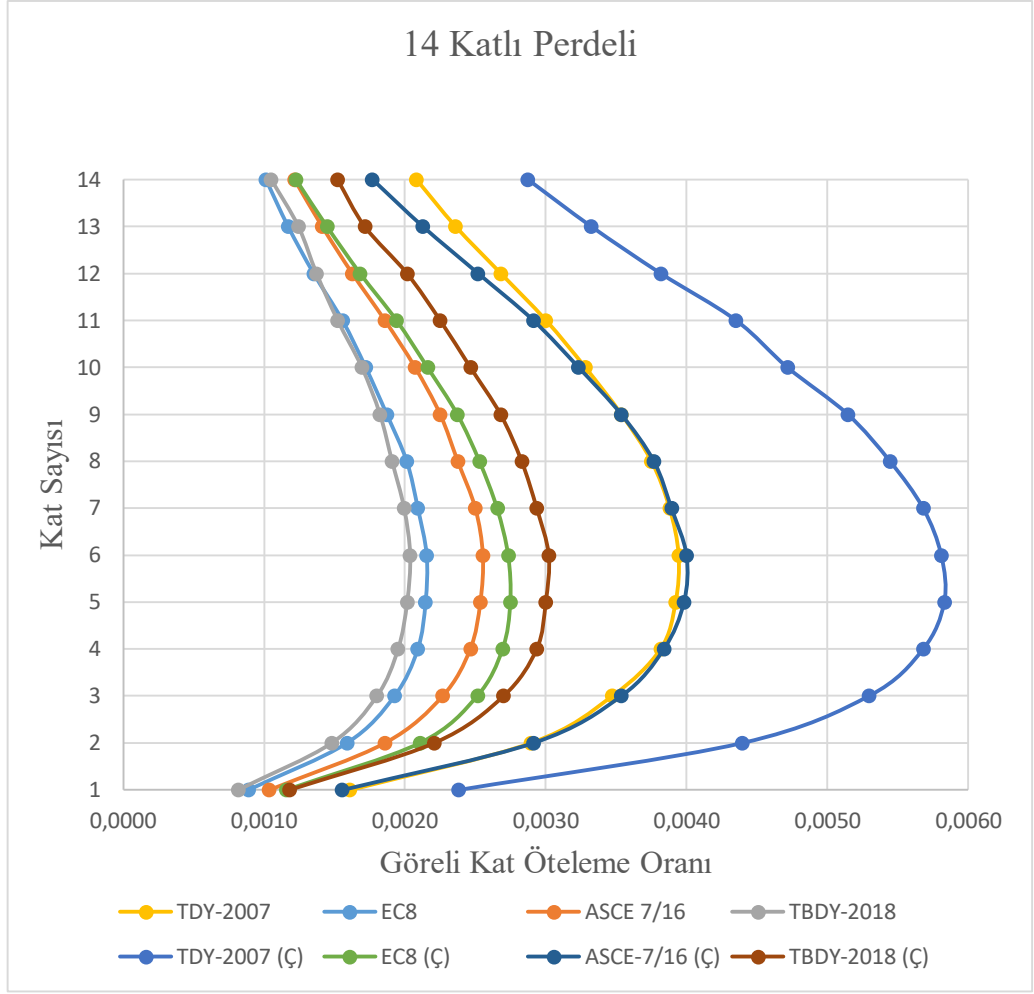
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	82,99%	71,20%	74,22%	34,15%
2	92,76%	76,04%	80,72%	43,66%
3	82,52%	70,59%	72,48%	43,59%
4	75,53%	68,87%	66,33%	43,66%
5	73,68%	64,37%	57,50%	47,37%



Şekil 4.29. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelü kat öteleme oranı

Çizelge 4.12. 10 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelî kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre değişim oranı

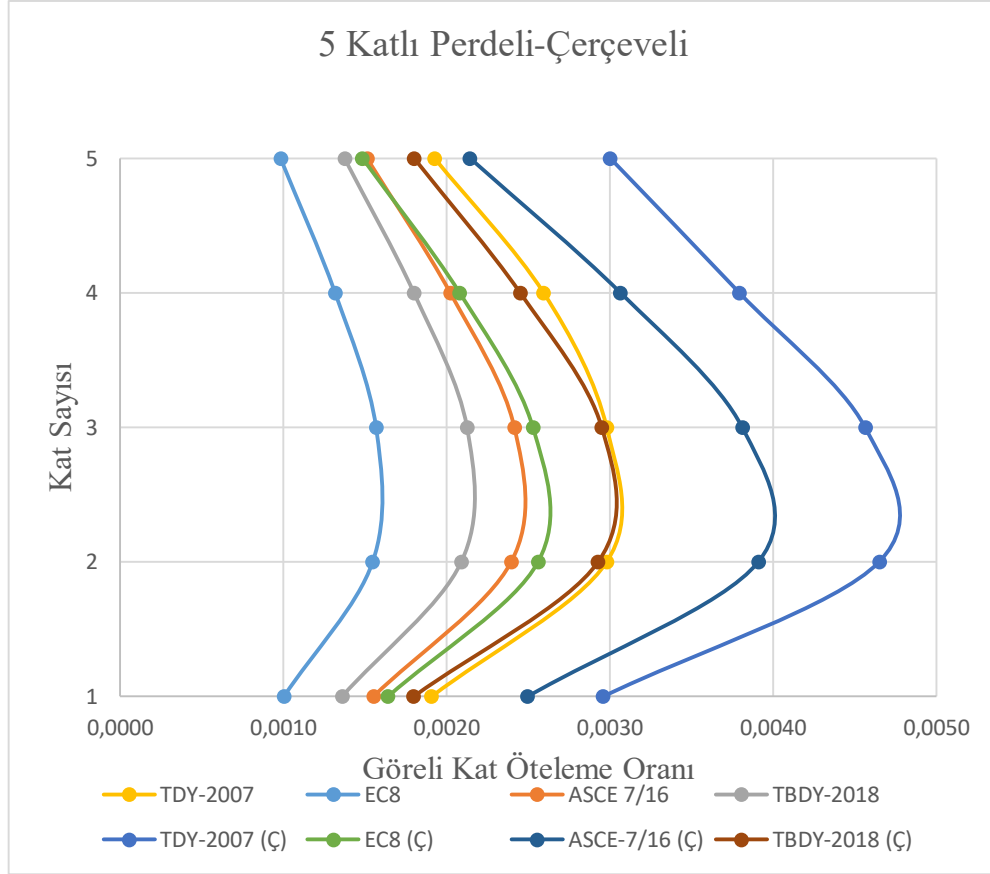
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	51,90%	30,30%	55,78%	37,95%
2	55,32%	32,37%	62,03%	39,72%
3	52,70%	30,73%	59,68%	45,68%
4	50,00%	29,30%	59,69%	42,53%
5	48,05%	27,96%	57,81%	41,86%
6	50,68%	27,14%	55,83%	41,98%
7	49,25%	25,97%	55,05%	40,00%
8	42,37%	25,48%	55,32%	41,54%
9	35,64%	23,48%	45,00%	35,09%
10	46,67%	21,10%	42,42%	38,30%



Şekil 4.30. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelü kat öteleme oranı

Çizelge 4.13. 14 Katlı perdeli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelî kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı

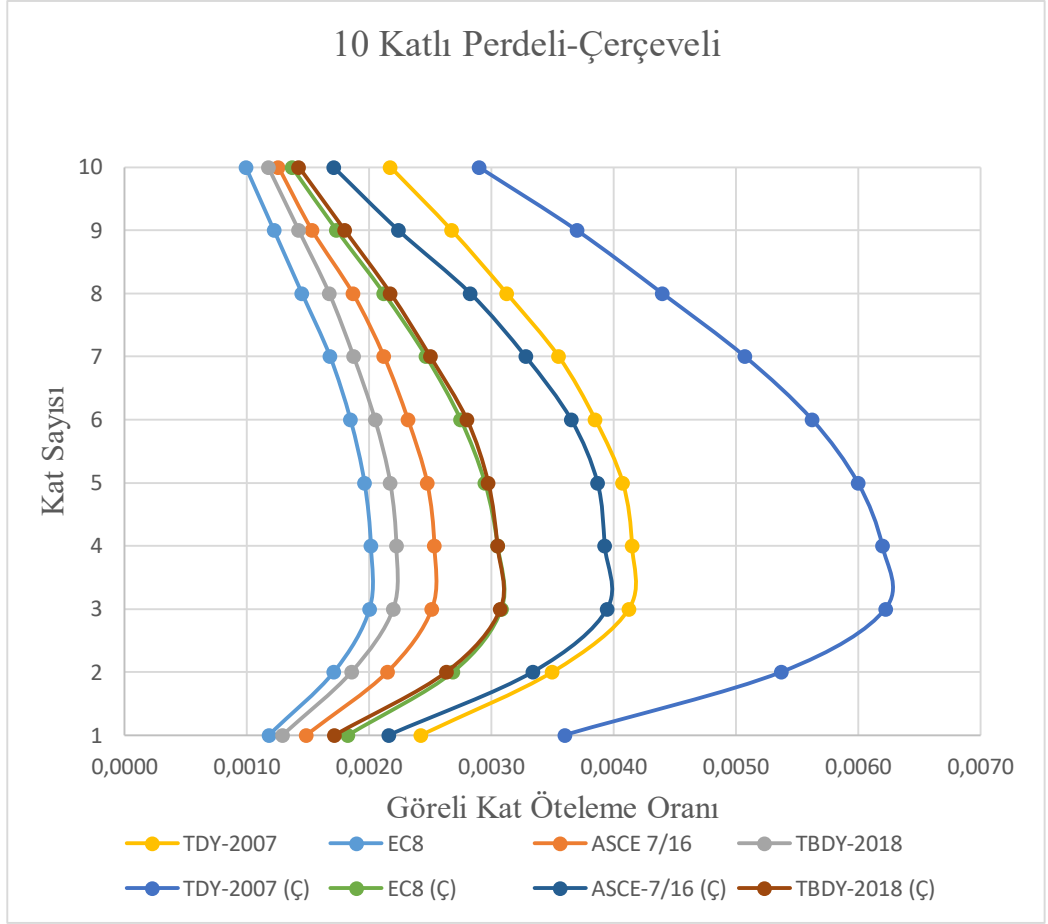
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	48,00%	30,09%	50,00%	44,74%
2	51,85%	32,67%	56,73%	49,28%
3	52,47%	30,61%	55,91%	50,00%
4	48,88%	28,95%	55,80%	50,55%
5	48,63%	28,21%	57,04%	48,94%
6	47,28%	27,01%	56,64%	48,42%
7	46,41%	27,07%	55,71%	47,31%
8	45,14%	25,78%	58,65%	48,31%
9	45,45%	26,89%	57,14%	47,06%
10	43,79%	25,57%	56,03%	45,57%
11	45,00%	24,75%	56,73%	47,89%
12	42,40%	24,42%	54,95%	46,88%
13	40,91%	23,49%	50,63%	37,93%
14	38,14%	20,93%	45,59%	44,90%



Şekil 4.31. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelü kat öteleme oranı

Çizelge 4.14. 5 Katlı perdeli-Çerçevesi yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelü kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı

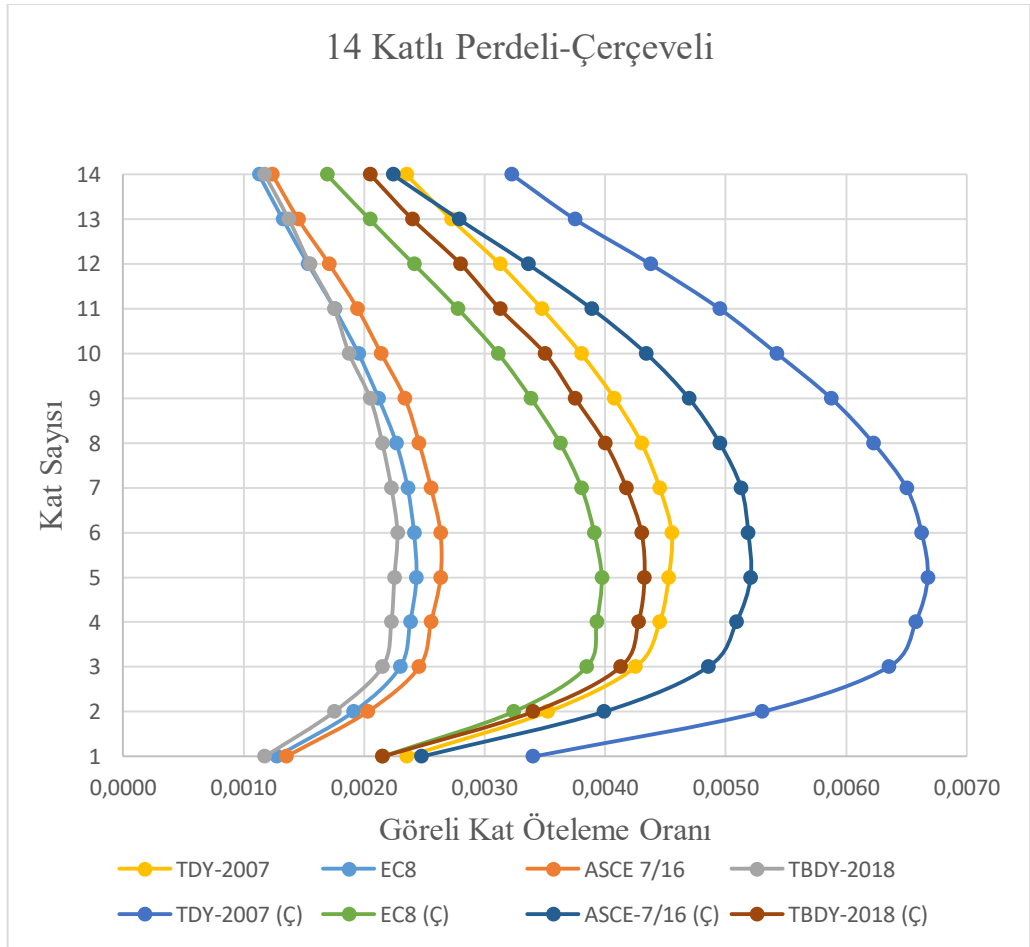
Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	55,06%	63,54%	60,76%	32,17%
2	56,12%	65,54%	63,11%	40,07%
3	53,24%	61,33%	57,72%	38,82%
4	46,28%	57,94%	51,46%	36,11%
5	58,44%	51,06%	41,56%	30,91%



Şekil 4.32. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görelü kat öteleme oranı

Çizelge 4.15. 10 Katlı perdeli-Çerçevesi yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görel kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı

Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	48,45%	54,87%	45,50%	32,88%
2	53,57%	56,71%	55,39%	41,72%
3	50,91%	53,65%	57,03%	39,77%
4	49,40%	51,30%	55,04%	37,08%
5	47,24%	50,00%	56,35%	36,78%
6	46,10%	48,59%	57,63%	36,59%
7	42,96%	46,58%	54,63%	33,33%
8	40,80%	46,04%	51,58%	29,85%
9	38,32%	41,88%	46,15%	26,32%
10	33,33%	37,89%	35,94%	21,28%



Şekil 4.33. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre görel kat öteleme oranı

Çizelge 4.16. 14 Katlı perdeli-Çerçevesli yapı sisteminin çatlamış kesit rijitliğine ait görelî kat ötelemenin çatlamamış kesit rijitliğine göre artış oranı

Kat	TDY-2007	EC8	ASCE-7/16	TBDY-2018
1	44,53%	68,85%	83,14%	82,98%
2	50,46%	69,40%	96,71%	94,29%
3	49,41%	67,27%	97,60%	91,86%
4	47,75%	64,91%	99,23%	92,13%
5	47,51%	63,09%	97,76%	92,22%
6	45,60%	61,90%	97,01%	89,01%
7	46,07%	61,06%	100,77%	87,64%
8	44,77%	59,91%	101,60%	86,05%
9	44,17%	59,61%	100,84%	82,93%
10	42,76%	59,36%	102,75%	86,67%
11	42,45%	58,33%	100,00%	78,57%
12	40,00%	57,14%	96,55%	80,65%
13	37,61%	54,33%	91,89%	74,55%
14	37,23%	33,33%	80,95%	74,47%

Deprem analizlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında her dört yönetmelik sınır değerleri dikkate alınarak her üç farklı kat durumu ve yapı sistemi için görelî kat öteleme oranı koşulunu sağladığı görülmüştür.

4.4. EDYY ile Hesaplanan Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Kat durumu ve yönetmeliklere göre Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda, çatlamış ve çatlamamış kolon eksenel kuvvetleri Çizelge (4.14), (4.15) ve (4.16)'de verilmektedir. Ayrıca aşağıdaki şekillerde örnek olarak S113 kolon için eksenel kuvvet değışimi grafik üzerinde gösterilmiştir.

Analizlerde dikkate alınan depremlı yük birleşimleri ASCE-7/16, EC8, TDY-2007 ve TBDY-2018'de sırasıyla aşağıda verilmiştir.

$$1,2G+Q+E_x+0,30E_y$$

$$G+0,30Q+E_x+0,30E_y$$

$$G+Q+E_x+0,30E_y$$

$$G+0,30Q+E_x+0,30E_y+0,30E_z$$

Çizelge 4.17. Çerçevesel yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		$a_g=0,40$		$A_o=0.40$		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	262,70	263,3	113,54	92,1	183,90	178	210,50	211,8
	S102	460,60	470,1	273,70	266,3	362,90	366,6	359,00	368,2
	S106	679,00	660,8	530,00	531,34	598,40	585,8	527,60	514,6
	S107	845,60	822,8	578,88	570,5	711,60	695	639,00	624,8
	S113	968,60	961,8	629,70	625,9	802,60	798	724,30	720,3
10 Katlı	S101	618,70	733,2	250,30	309,8	473,30	493,5	525,38	589,99
	S102	1034,6	1118,4	600,80	646,6	838,30	859,88	834,98	882
	S106	1362,2	1253,6	1055,9	953,13	1156,9	1090,1	1051,8	989,9
	S107	1689,6	1581	1168,2	1101,4	1404,7	1332,1	1283,3	1223,7
	S113	1975,3	1880	1291,1	1246,9	1631,4	1559,3	1490,7	1443,7
14 Katlı	S101	921,60	1108,4	290,70	380,74	741,80	785,1	792,60	900,75
	S102	1509,0	1628,8	802,60	870,42	1242,6	1269,0	1226,1	1293,9
	S106	1952,1	1792,8	1533,3	1354,0	1628,2	1523,4	1517,0	1426,1
	S107	2377,8	2207,3	1664,2	1546,4	1964,9	1847	1818,9	1724,3
	S113	2744,	2553	1768,2	1682,2	2254,5	2112,4	2081,7	1966,2

Çizelge 4.18. Çerçevesel yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	0,23%	-23,28%	-3,31%	0,61%
	S102	2,02%	-2,78%	1,01%	2,50%
	S106	-2,75%	0,25%	-2,15%	-2,53%
	S107	-2,77%	-1,47%	-2,39%	-2,27%
	S113	-0,71%	-0,61%	-0,58%	-0,56%
10 Katlı	S101	15,62%	19,21%	4,09%	10,95%
	S102	7,50%	7,08%	2,51%	5,33%
	S106	-8,66%	-10,78%	-6,13%	-6,25%
	S107	-6,87%	-6,07%	-5,45%	-4,88%
	S113	-5,07%	-3,55%	-4,62%	-3,26%
14 Katlı	S101	16,86%	23,65%	5,52%	12,01%
	S102	7,35%	7,79%	2,08%	5,25%
	S106	-8,89%	-13,24%	-6,88%	-6,37%
	S107	-7,72%	-7,61%	-6,33%	-5,49%
	S113	-7,45%	-5,11%	-6,73%	-5,87%

Çizelge 4.19. Perdeli yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		$a_g=0,40$		$A_o=0,40$		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Kath	S101	277,25	273,5	88,81	127,98	172,40	203,63	264,70	253,47
	S102	491,50	498,6	258,86	292	363,90	395,6	425,43	419,56
	S106	940,31	933,7	808,56	751,32	852,27	805,78	733,14	736,42
	S107	1050,0	1024,	792,57	755,58	907,55	868,14	811,30	800,98
	S113	1055,7	1039,	682,90	687,13	865,00	861,39	815,87	804,68
10 Kath	S101	709,10	716,9	177,85	132,6	429,40	435,36	659,00	664,63
	S102	1151,5	1177	532,80	515,97	826,88	849,7	990,60	1001,4
	S106	1763,1	1644,3	1572,2	1466,2	1617,7	1483,3	1385,5	1302,5
	S107	2024,2	1916,1	1577,2	1505,3	1760,9	1662,2	1582,1	1509,2
	S113	2133,6	2023	1371,9	1318,3	1733,1	1658,9	1662,8	1590,4
14 Kath	S101	1116,7	1131	269,75	181,97	690,80	685,6	979,25	1025
	S102	1722,2	1741,	777,34	739,29	1240,3	1253,7	1435,9	1468,7
	S106	2282,1	2120	2013,0	1818,7	2072,7	1875,2	1840,2	1697
	S107	2699,2	2536	2089,2	1958	2335,6	2181,4	2139,4	2008,6
	S113	2918,9	2702,3	1847,3	1736,6	2355,1	2204,4	2270,4	2134,4

Çizelge 4.20. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı

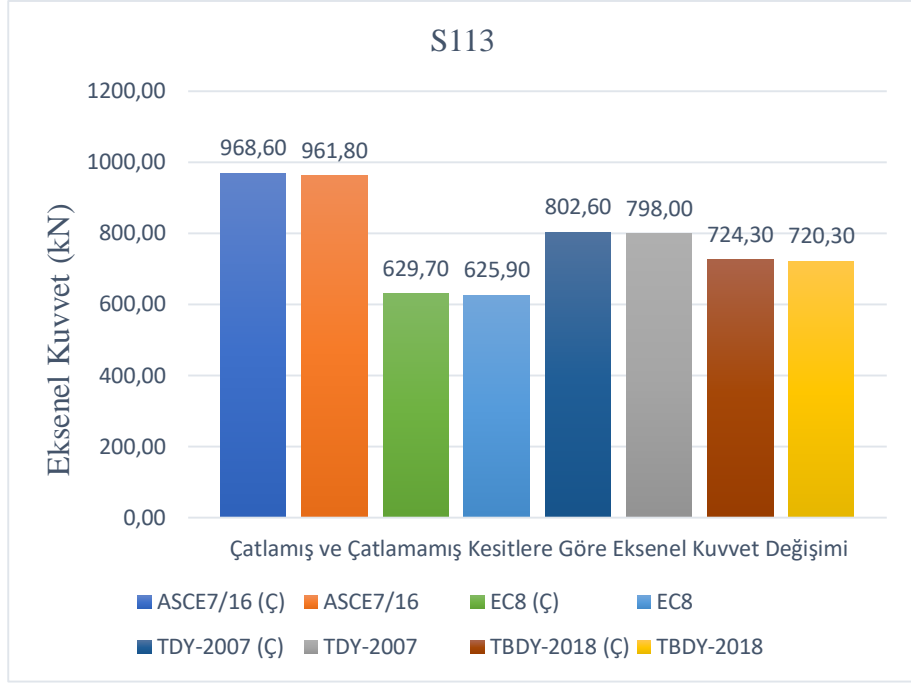
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	-1,34%	30,61%	15,34%	-4,43%
	S102	1,43%	11,35%	8,01%	-1,40%
	S106	-0,70%	-7,62%	-5,77%	0,45%
	S107	-2,45%	-4,90%	-4,54%	-1,29%
	S113	-1,55%	0,62%	-0,42%	-1,39%
10 Katlı	S101	1,09%	-34,13%	1,37%	0,85%
	S102	2,18%	-3,26%	2,69%	1,08%
	S106	-7,24%	-7,24%	-9,05%	-6,38%
	S107	-5,60%	-4,77%	-5,93%	-4,83%
	S113	-5,47%	-4,07%	-4,47%	-4,55%
14 Katlı	S101	1,33%	-48,24%	-0,76%	4,46%
	S102	1,11%	-5,15%	1,07%	2,23%
	S106	-7,64%	-10,68%	-10,53%	-8,44%
	S107	-6,42%	-6,65%	-7,07%	-6,51%
	S113	-8,02%	-6,38%	-6,84%	-6,37%

Çizelge 4.21. Perdeli yapı sistemine ait kolon eksenel kuvvet değişimi

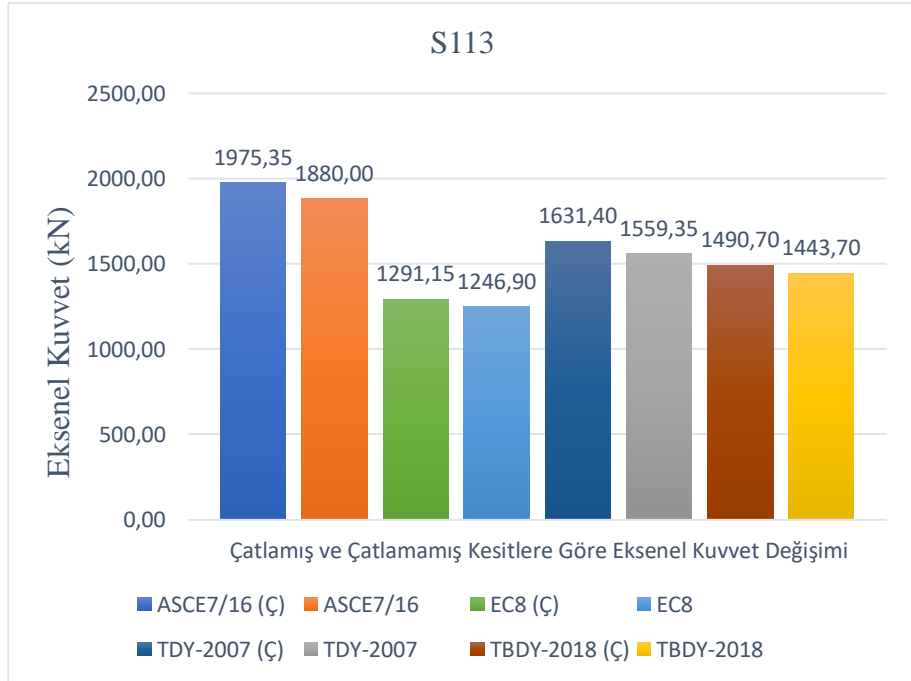
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0,40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	256,30	245,8	127,80	130,55	189,00	178,84	207,80	207,71
	S102	368,90	330	169,50	172,35	265,80	242	294,60	270,93
	S106	653,00	611,89	472,30	443,1	554,87	524,4	509,12	471,9
	S107	1080,30	1129,25	803,50	808,67	931,40	960,77	848,10	876,89
	S113	944,23	910,42	633,20	616,18	790,90	767,98	697,23	679,4
10 Katlı	S101	689,45	611,38	272,05	268,85	435,68	410,78	516,43	518,35
	S102	934,74	770,1	348,58	377,23	554,93	547,64	647,46	633,77
	S106	1201,36	1088,19	879,56	783,12	1031,1	919,64	959,20	859,92
	S107	2227,90	2383,7	1742,5	1713,2	2014,1	2023,1	1838,5	1871,2
	S113	1795,50	1619,19	1221,4	1134,5	1502,7	1375,9	1345,3	1233,9
14 Katlı	S101	916,25	997,61	324,50	373,2	678,70	655,56	769,00	846,36
	S102	1226,92	1304,45	524,70	618,1	933,89	938,38	1007,3	1067,9
	S106	1789,85	1607,23	1323,6	1161,2	1494,4	1350,5	1418,1	1281,9
	S107	3122,33	3051,46	2323,1	2202,1	2647,0	2580,7	2463,8	2408,5
	S113	2562,50	2288	1726,0	1594,1	2108,5	1926,9	1929,5	1764,9

Çizelge 4.22. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eksenel kuvvet değişim oranı

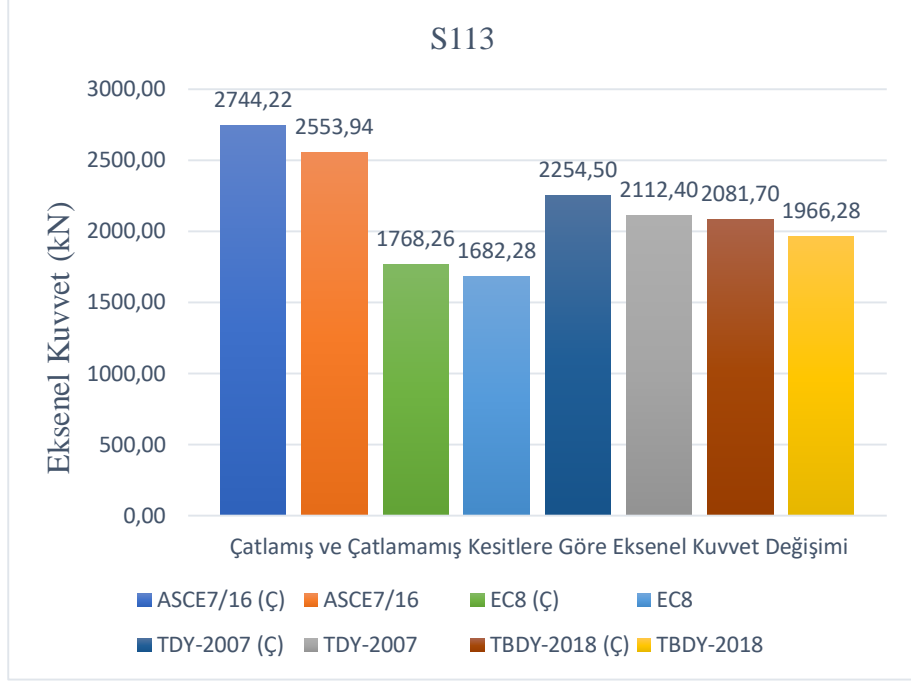
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	-4,27%	2,11%	-5,68%	-0,04%
	S102	-11,79%	1,65%	-9,83%	-8,74%
	S106	-6,72%	-6,59%	-5,81%	-7,89%
	S107	4,33%	0,64%	3,06%	3,28%
	S113	-3,71%	-2,76%	-2,98%	-2,62%
10 Katlı	S101	-12,77%	-1,19%	-6,06%	0,37%
	S102	-21,38%	7,59%	-1,33%	-2,16%
	S106	-10,40%	-12,31%	-12,13%	-11,55%
	S107	6,54%	-1,71%	0,45%	1,74%
	S113	-10,89%	-7,67%	-9,22%	-9,03%
14 Katlı	S101	8,16%	13,05%	-3,53%	9,14%
	S102	5,94%	15,11%	0,48%	5,67%
	S106	-11,36%	-13,98%	-10,66%	-10,63%
	S107	-2,32%	-5,50%	-2,57%	-2,30%
	S113	-12,00%	-8,27%	-9,42%	-9,32%



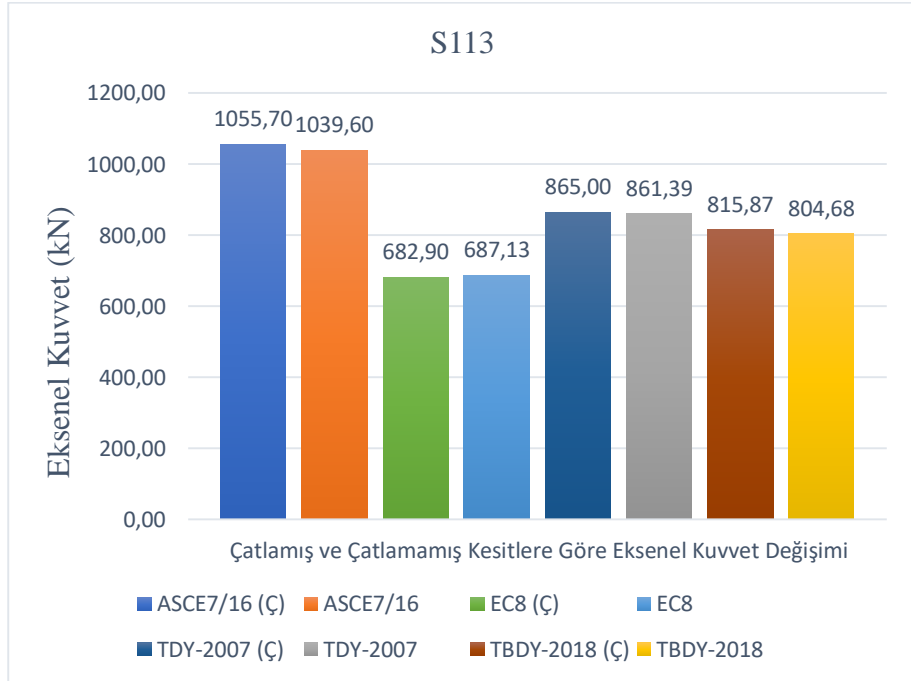
Şekil 4.34. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı çerçeve binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



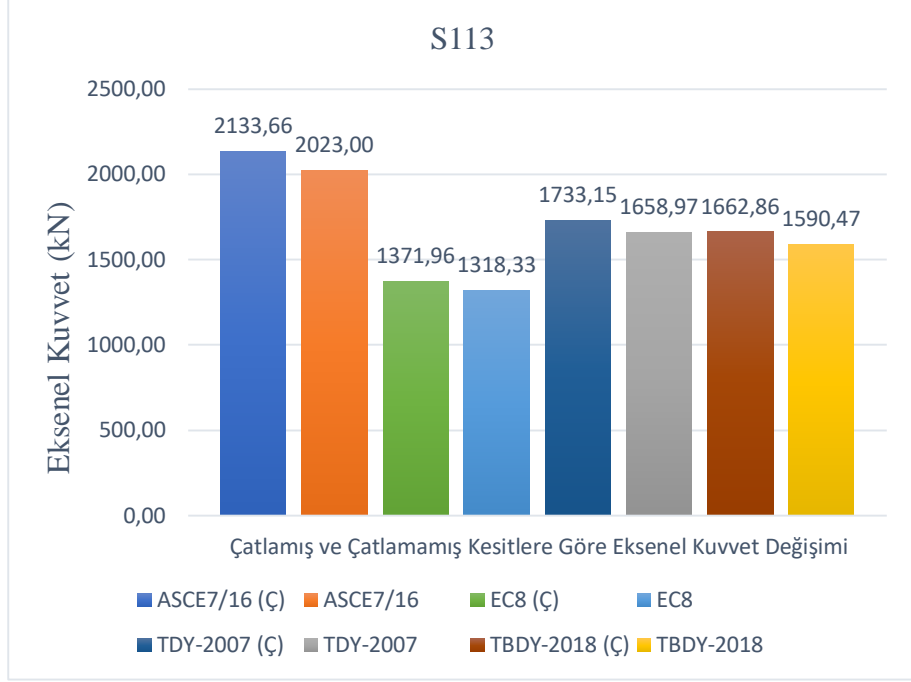
Şekil 4.35. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı çerçeve binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



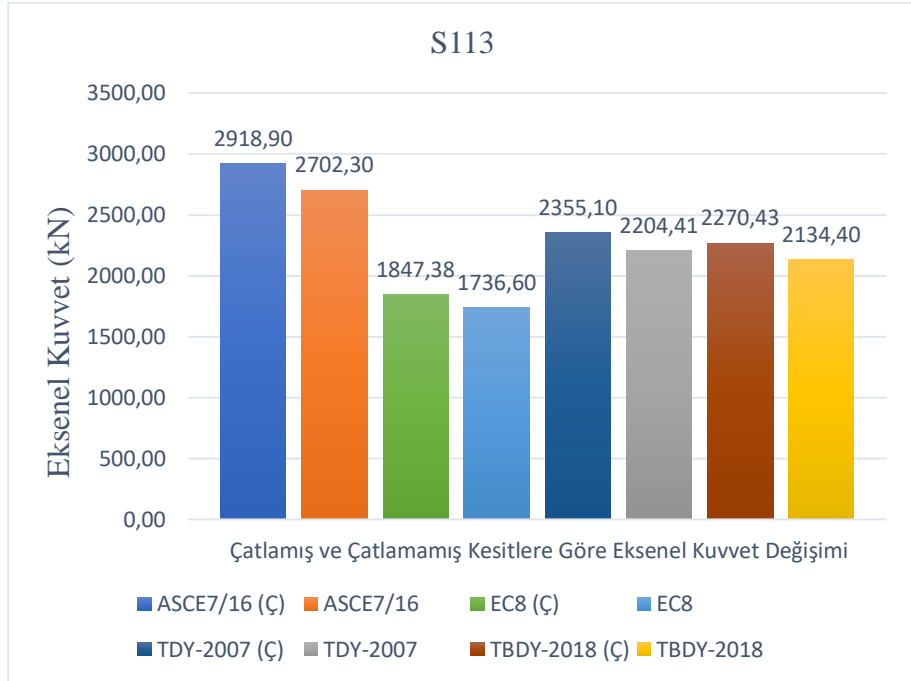
Şekil 4.36. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



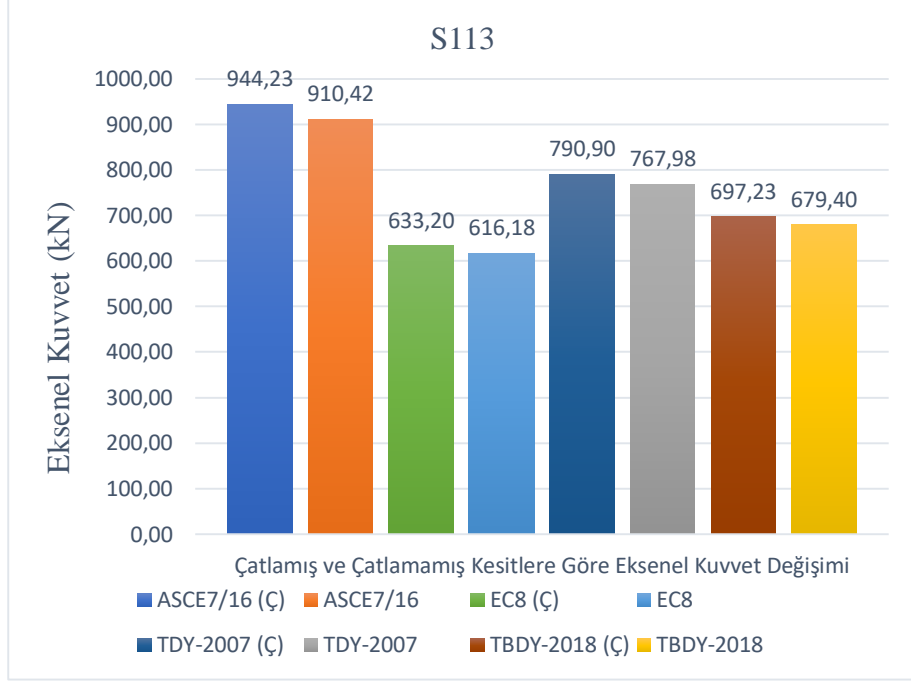
Şekil 4.37. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



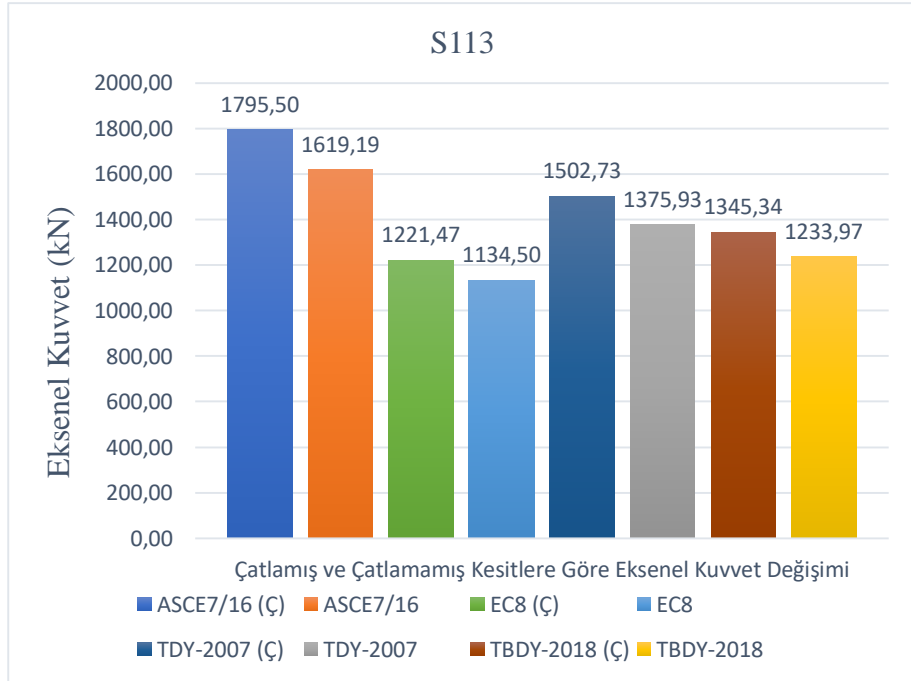
Şekil 4.38. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



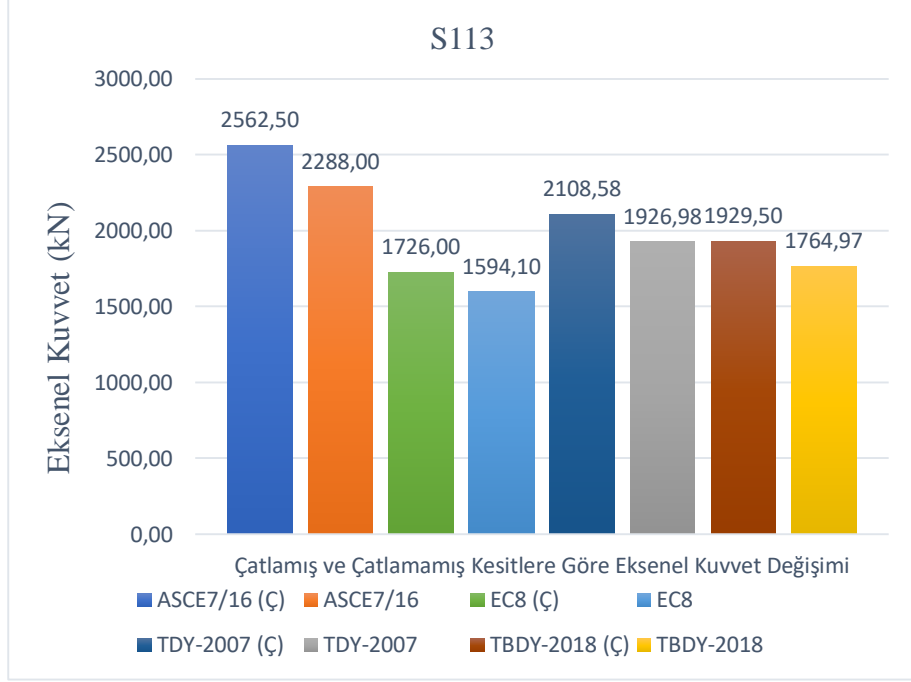
Şekil 4.39. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



Şekil 4.40. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



Şekil 4.41. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi



Şekil 4.42. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için eksenel kuvvet değişimi

Çizelge ve şekillerden görüldüğü gibi yapının üç farklı kat durumu için ASCE-7/16’da en elverişsiz eksenel kuvvet elde edilmiştir. Bunun sebebi ise, ASCE-7/16’da depremlerli yük birleşimleri diğer yönetmeliklere göre büyük olması ve dolayısıyla eksenel kuvvetin doğrudan etkilenmiş olmasıdır. İkinci sırada TDY-2007 yönetmeliğine göre elde edilen sonuçlar en elverişsiz olarak görülmüştür. TBDY-2018’da dikkate alınan yük birleşiminde, düşey deprem yükünün %30’u ilave edildiğinden dolayı EC8’e göre daha elverişsiz olduğu görülmüştür.

4.5. EDYY ile Hesaplanan Eğilme Moment Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile elde edilen çatlamış ve çatlamamış kesitlere ait kolon eğilme momentlerinin değerleri yönetmeliklere göre Çizelge (4.17), (4.18) ve (4.19)'de verilmiştir. Ayrıca aşağıdaki şekillerde örnek olarak S113 kolon için eğilme moment değişimi grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Çerçevesel yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	10,04	20,14	29,76	41,27	19,57	28,53	12,57	16,00
	S102	11,93	22,81	33,24	47,34	21,53	32,48	14,15	18,36
	S106	14,68	25,35	36,10	51,24	23,70	35,50	16,18	20,27
	S107	15,52	23,47	35,68	49,77	24,74	33,85	15,24	19,00
	S113	45,16	60,24	89,52	121,56	67,03	84,32	39,47	48,43
10 Katlı	S101	16,45	21,20	41,74	43,70	21,99	33,47	17,35	16,79
	S102	22,17	24,35	46,91	50,31	26,92	38,41	19,76	19,50
	S106	24,04	26,18	50,63	54,36	28,29	41,46	21,57	20,86
	S107	27,77	25,15	51,67	53,30	31,38	40,12	21,25	20,23
	S113	103,24	84,87	166,72	171,06	111,62	131,52	71,44	67,93
14 Katlı	S101	21,50	24,67	48,70	51,97	22,80	32,11	21,06	19,32
	S102	28,36	28,93	55,69	61,18	28,40	37,67	24,33	22,92
	S106	30,14	31,56	59,60	65,74	29,79	40,79	26,90	24,90
	S107	33,89	30,05	60,00	64,65	32,10	39,47	26,36	23,90
	S113	193,97	156,48	311,42	322,59	179,55	201,16	140,77	123,88

Çizelge 4.24. Çerçeveseli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	50,15%	27,89%	31,41%	21,44%
	S102	47,70%	29,78%	33,71%	22,93%
	S106	42,09%	29,55%	33,24%	20,18%
	S107	33,87%	28,31%	26,91%	19,79%
	S113	25,03%	26,36%	20,51%	18,50%
10 Katlı	S101	22,41%	4,49%	34,30%	-3,34%
	S102	8,95%	6,76%	29,91%	-1,33%
	S106	8,17%	6,86%	31,77%	-3,40%
	S107	-10,42%	3,06%	21,78%	-5,04%
	S113	-21,64%	2,54%	15,13%	-5,17%
14 Katlı	S101	12,85%	6,29%	28,99%	-9,01%
	S102	1,97%	8,97%	24,61%	-6,15%
	S106	4,50%	9,34%	26,97%	-8,03%
	S107	-12,78%	7,19%	18,67%	-10,29%
	S113	-23,96%	3,46%	10,74%	-13,63%

Çizelge 4.25. Perdeli yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	8,91	16,18	15,59	17,69	11,62	15,30	5,32	11,26
	S102	10,20	18,94	18,32	21,03	13,41	17,93	6,30	13,48
	S106	12,63	23,24	21,70	25,13	16,40	21,86	7,66	16,42
	S107	11,35	19,83	20,28	22,46	14,82	18,87	6,97	14,15
	S113	352,30	580,51	595,00	631,70	448,68	546,52	211,60	413,45
10 Katlı	S101	8,88	18,47	21,02	31,35	14,17	22,33	5,66	11,90
	S102	11,21	22,17	24,76	37,67	16,50	26,74	6,70	14,60
	S106	12,66	25,56	28,11	42,65	18,86	30,56	7,56	16,75
	S107	13,31	23,39	27,24	40,50	18,14	28,46	7,35	15,41
	S113	406,60	613,16	733,42	1015,90	516,70	730,06	210,80	406,10
14 Katlı	S101	8,94	17,72	23,95	35,56	14,34	23,28	6,17	11,36
	S102	11,77	21,34	28,21	42,76	17,46	27,94	7,30	14,00
	S106	12,74	24,44	31,80	48,08	19,48	31,68	8,15	15,96
	S107	13,46	22,51	31,00	46,05	19,97	29,77	8,00	14,77
	S113	425,64	594,99	835,04	1156,24	580,23	765,77	228,44	392,95

Çizelge 4.26. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı

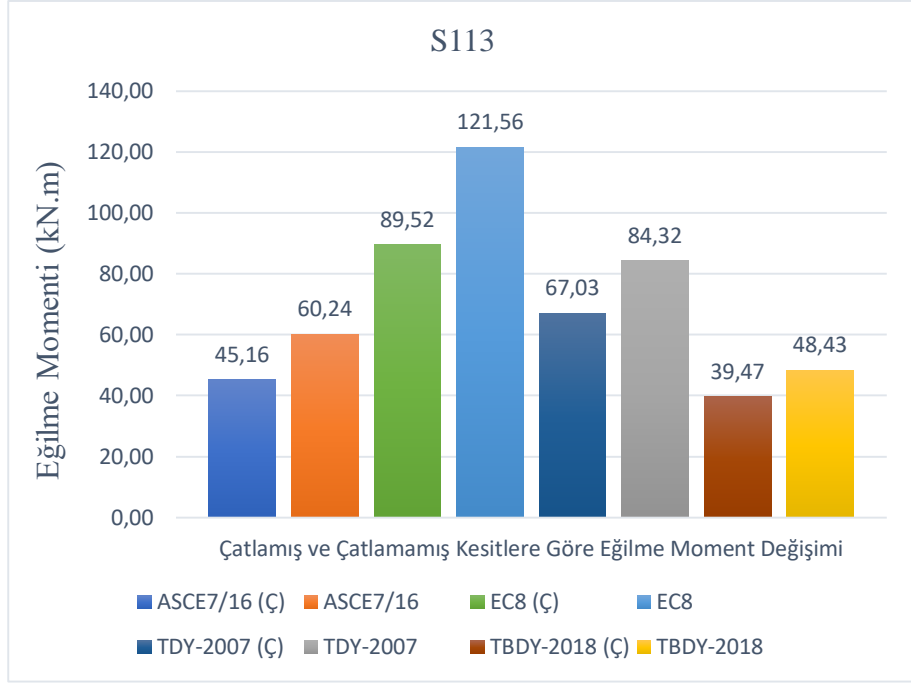
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	44,93%	11,87%	24,05%	52,75%
	S102	46,15%	12,89%	25,21%	53,26%
	S106	45,65%	13,65%	24,98%	53,35%
	S107	42,76%	9,71%	21,46%	50,74%
	S113	39,31%	5,81%	17,90%	48,82%
10 Katlı	S101	51,92%	32,95%	36,54%	52,44%
	S102	49,44%	34,27%	38,29%	54,11%
	S106	50,47%	34,09%	38,29%	54,87%
	S107	43,10%	32,74%	36,26%	52,30%
	S113	33,69%	27,81%	29,22%	48,09%
14 Katlı	S101	49,55%	32,65%	38,40%	45,69%
	S102	44,85%	34,03%	37,51%	47,86%
	S106	47,87%	33,86%	38,51%	48,93%
	S107	40,20%	32,68%	32,92%	45,84%
	S113	28,46%	27,78%	24,23%	41,87%

Çizelge 4.27. Perdeli-Çerçevesel yapı sistemine ait kolon eğilme moment değişimi

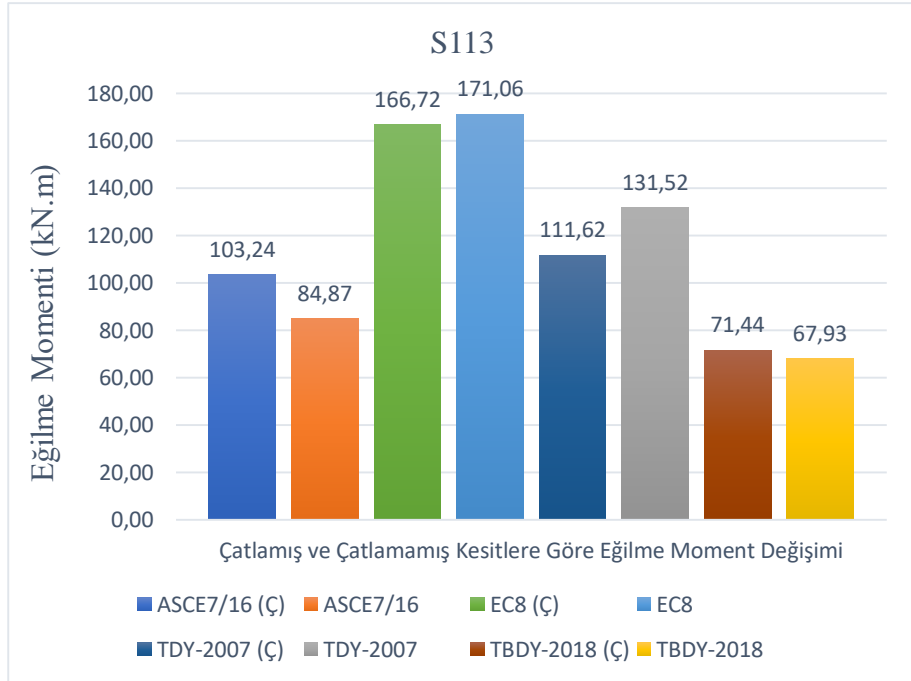
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	6,20	12,36	12,66	15,13	8,99	14,11	8,50	8,26
	S102	7,08	14,28	14,60	17,85	10,12	16,41	9,77	9,76
	S106	9,62	17,29	17,06	20,79	12,18	19,46	12,06	11,81
	S107	14,64	28,47	30,13	35,60	21,15	32,67	8,68	19,54
	S113	28,05	40,72	42,67	50,13	31,64	46,34	28,61	27,95
10 Katlı	S101	6,89	15,10	18,40	23,10	12,24	19,67	10,20	10,10
	S102	8,70	17,65	21,08	27,20	14,73	23,00	11,82	12,00
	S106	11,05	19,99	23,29	29,99	16,58	25,63	13,72	13,59
	S107	16,40	30,06	36,96	46,37	25,46	39,17	8,83	20,54
	S113	45,27	64,27	79,55	97,99	63,20	83,14	44,43	43,91
14 Katlı	S101	12,26	17,24	27,50	31,42	15,56	24,01	15,80	11,54
	S102	15,52	20,39	31,90	37,44	18,90	28,43	18,37	13,90
	S106	17,87	23,11	35,10	41,20	21,25	31,65	21,12	15,71
	S107	22,21	29,93	43,40	49,68	26,27	37,64	10,75	18,40
	S113	111,80	115,19	185,96	206,29	123,55	158,20	109,60	78,73

Çizelge 4.28. Perdeli-çerçeveli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin eğilme moment değişim oranı

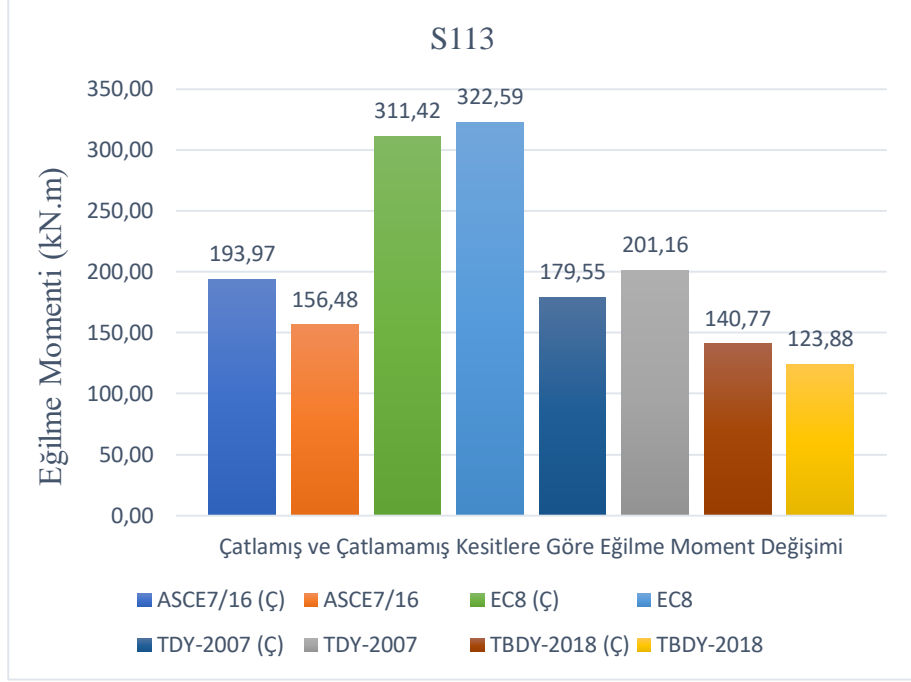
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	49,84%	16,33%	36,29%	-2,91%
	S102	50,42%	18,21%	38,33%	-0,10%
	S106	44,36%	17,94%	37,41%	-2,12%
	S107	48,58%	15,37%	35,26%	55,58%
	S113	31,11%	14,88%	31,72%	-2,36%
10 Katlı	S101	54,37%	20,35%	37,77%	-0,99%
	S102	50,71%	22,50%	35,96%	1,50%
	S106	44,72%	22,34%	35,31%	-0,96%
	S107	45,44%	20,29%	35,00%	57,01%
	S113	29,56%	18,82%	23,98%	-1,18%
14 Katlı	S101	28,89%	12,48%	35,19%	-36,92%
	S102	23,88%	14,80%	33,52%	-32,16%
	S106	22,67%	14,81%	32,86%	-34,44%
	S107	25,79%	12,64%	30,21%	41,58%
	S113	2,94%	9,86%	21,90%	-39,21%



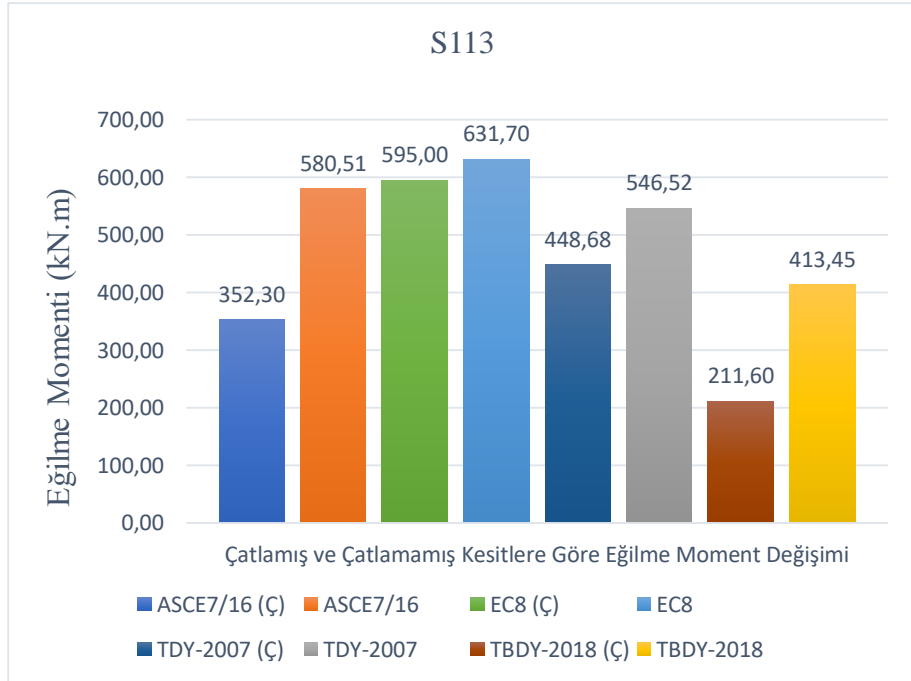
Şekil 4.43. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



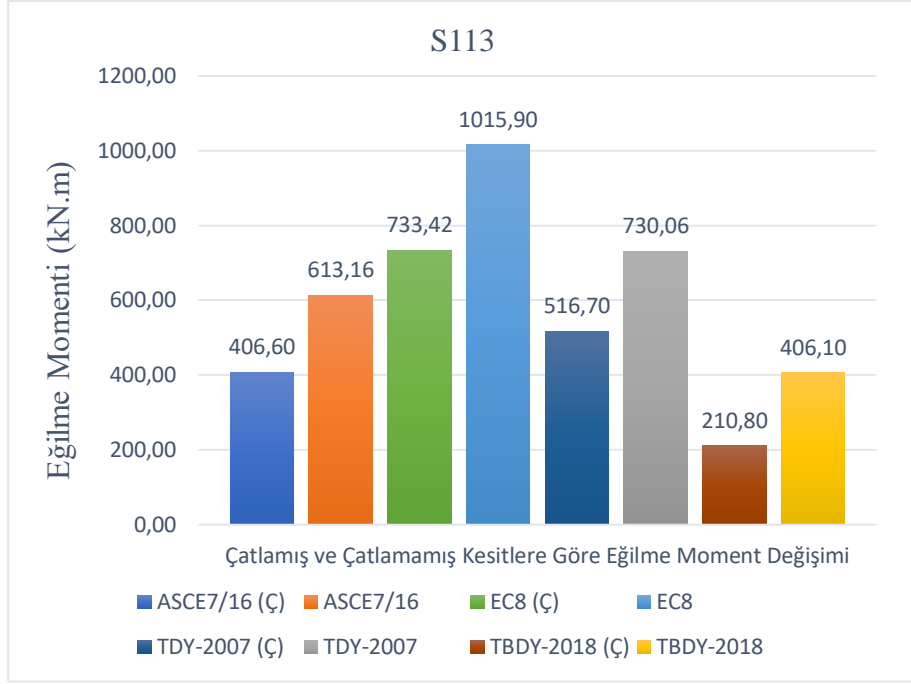
Şekil 4.44. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



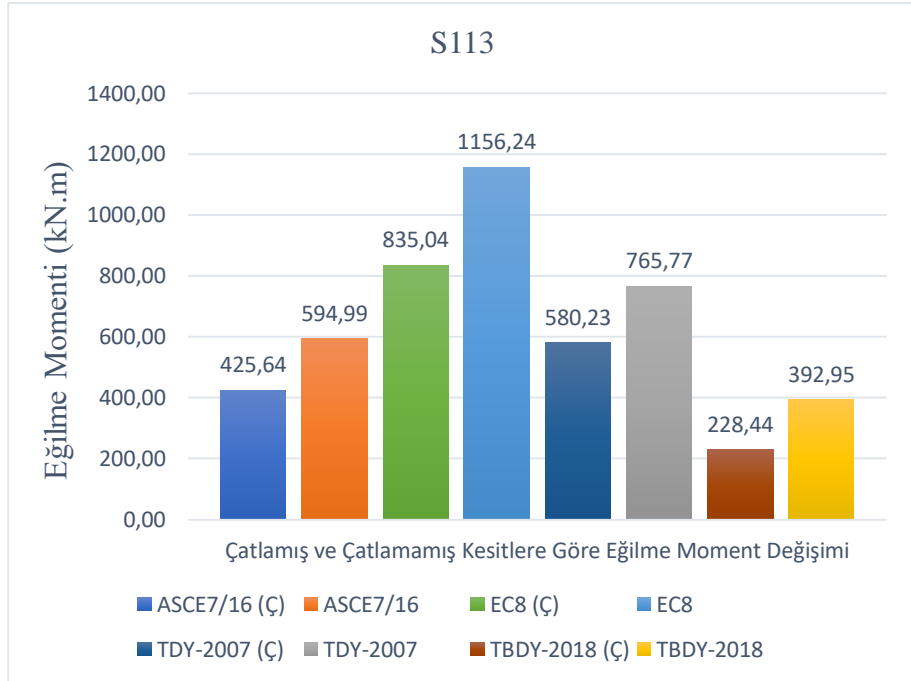
Şekil 4.45. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



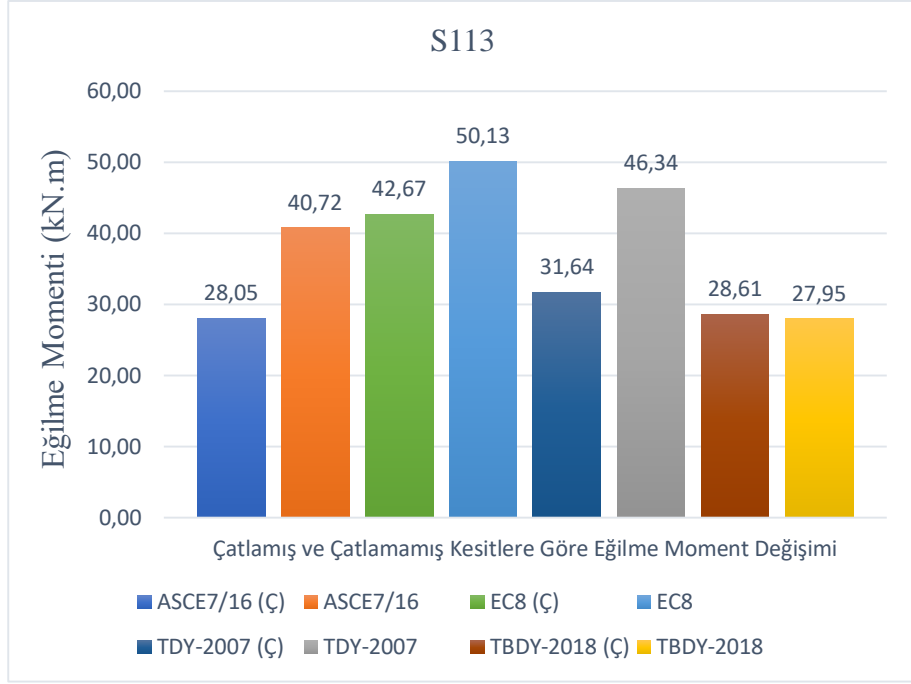
Şekil 4.46. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



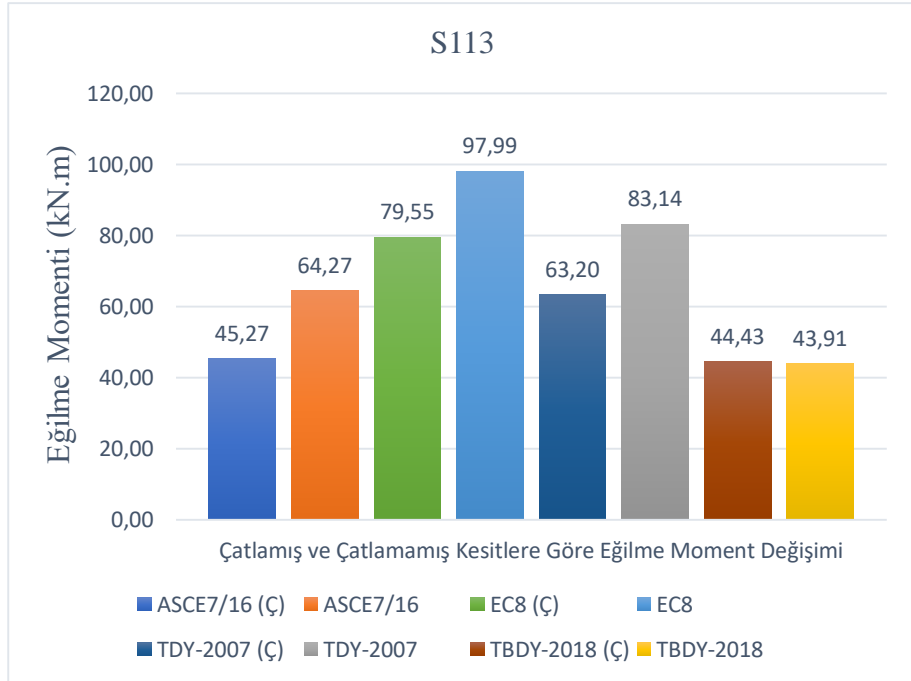
Şekil 4.47. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



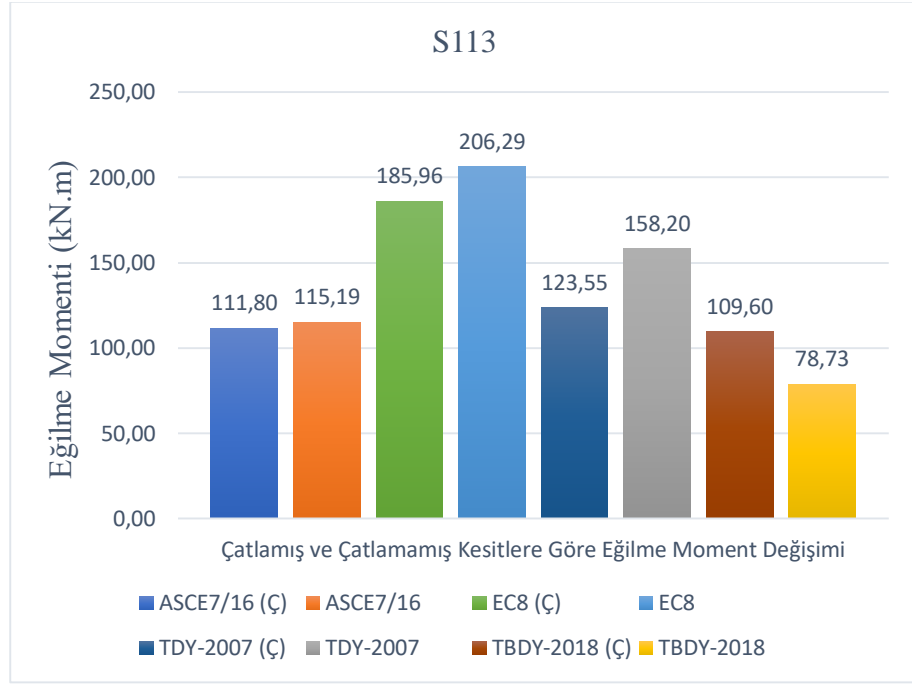
Şekil 4.48. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



Şekil 4.49. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



Şekil 4.50. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi



Şekil 4.51. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için eğilme moment değişimi

Çizelgeler ve şekillerden anlaşıldığı gibi yapının her üç kat durumu için elde edilen sonuçların en elverişsizi EC8'e göre çıkmıştır. Bunun sebebi ise, momentlerin deprem yüklerine bağlı olarak paralel şekilde değişmesi ve elde edilen sonuçlarda EC8 deprem yükü açısından daha büyük değere sahip olmasıdır. Başka bir bulgu ise, TDY-2007'ye göre elde edilen eğilme moment değerleri TBDY-2018 ile ASCE-7/16'ya göre bulunan moment değerleri daha büyük çıkması ve kat adedi artması ile beraber azaldığı görülmüştür. TDY-2007'ye göre elde edilen moment değerlerinin büyük çıkma nedeni, farklı spektrum şekil ve daha büyük spektral ivme kullanılmasından kaynaklıdır. Kat adedi artması ile sonuçların arasındaki farkın azalmasının nedeni ise, kat adedinin artması ile birlikte 1. Doğal titreşim periyodunun artması ve ona bağlı olarak spektrum eğrinin sabit bölgeye yaklaşması sonucu spektral ivmenin doğrusal olarak azalmasındandır.

4.6. EDYY ile Hesaplanan Kesme Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Çizelge (4.20), (4.21), (4.22) ve aşağıdaki şekillerde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre ve yönetmeliklerde verilen depremlilik yük birleşimleri dikkate alınarak elde edilen kolonların kesme kuvveti değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.29.Çerçevesiz yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	6,45	12,47	19,19	25,84	12,70	17,81	7,00	9,82
	S102	8,06	15,42	23,00	32,55	14,84	22,18	8,76	12,43
	S106	10,41	17,87	25,64	36,15	16,88	25,08	10,75	14,26
	S107	10,56	15,80	25,18	34,52	17,35	23,20	9,71	2,86
	S113	28,76	38,16	58,43	76,99	43,64	53,38	23,36	30,71
10 Katlı	S101	10,56	13,57	28,00	28,49	14,53	21,73	10,12	10,67
	S102	15,04	17,07	33,41	35,84	18,85	27,22	12,79	13,69
	S106	16,72	18,69	35,71	38,47	20,15	29,42	14,45	14,89
	S107	18,94	17,57	36,25	37,92	22,18	28,53	14,10	14,19
	S113	60,13	53,28	107,80	107,73	68,71	82,71	40,89	42,72
14 Katlı	S101	12,38	14,58	30,45	31,38	13,73	19,22	10,99	11,33
	S102	17,80	19,32	38,16	41,62	18,67	25,40	14,61	15,33
	S106	19,74	21,72	41,50	45,62	20,18	28,20	16,95	17,11
	S107	21,66	20,04	42,00	44,40	21,44	26,73	16,36	16,01
	S113	90,85	81,93	170,30	169,62	90,78	105,52	64,31	65,00

Çizelge 4.30. Çerçeveseli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin kesme kuvvet değişim oranı

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	48,28%	25,74%	28,69%	28,72%
	S102	47,73%	29,34%	33,09%	29,53%
	S106	41,75%	29,07%	32,70%	24,61%
	S107	33,16%	27,06%	25,22%	-239,51%
	S113	24,63%	24,11%	18,25%	23,93%
10 Katlı	S101	22,18%	1,72%	33,13%	5,15%
	S102	11,89%	6,78%	30,75%	6,57%
	S106	10,54%	7,17%	31,51%	2,96%
	S107	-7,80%	4,40%	22,26%	0,63%
	S113	-12,86%	-0,06%	16,93%	4,28%
14 Katlı	S101	15,09%	2,96%	28,56%	3,00%
	S102	7,87%	8,31%	26,50%	4,70%
	S106	9,12%	9,03%	28,44%	0,94%
	S107	-8,08%	5,41%	19,79%	-2,19%
	S113	-10,89%	-0,40%	13,97%	1,06%

Çizelge 4.31. Perdeli yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi

Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	4,33	7,52	7,50	8,27	5,65	7,15	2,71	5,06
	S102	5,74	10,55	10,50	11,95	7,60	10,04	3,77	7,50
	S106	8,12	14,74	13,97	15,86	10,50	13,85	5,11	10,34
	S107	6,72	10,98	12,12	12,93	8,77	10,56	4,35	7,84
	S113	107,47	160,38	173,54	174,49	132,98	150,47	71,54	113,97
10 Katlı	S101	4,75	9,63	11,50	16,78	7,77	11,83	3,23	6,00
	S102	6,81	13,72	15,62	23,77	10,31	16,70	4,38	8,99
	S106	8,30	16,90	18,70	28,35	12,50	20,26	5,17	10,99
	S107	8,31	14,50	17,74	25,96	11,72	17,93	4,94	9,51
	S113	124,85	182,53	232,79	303,11	166,21	216,99	78,80	120,70
14 Katlı	S101	4,53	9,07	13,00	18,89	7,75	12,20	3,52	5,61
	S102	6,86	13,08	17,74	26,86	10,78	17,34	4,76	8,54
	S106	8,10	15,95	21,00	31,66	12,76	20,77	5,53	10,34
	S107	8,07	13,82	20,22	29,43	12,67	18,67	5,38	9,02
	S113	120,06	172,12	259,75	336,52	175,51	221,85	84,12	113,76

Çizelge 4.32. Perdeli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin kesme kuvvet değişim oranı

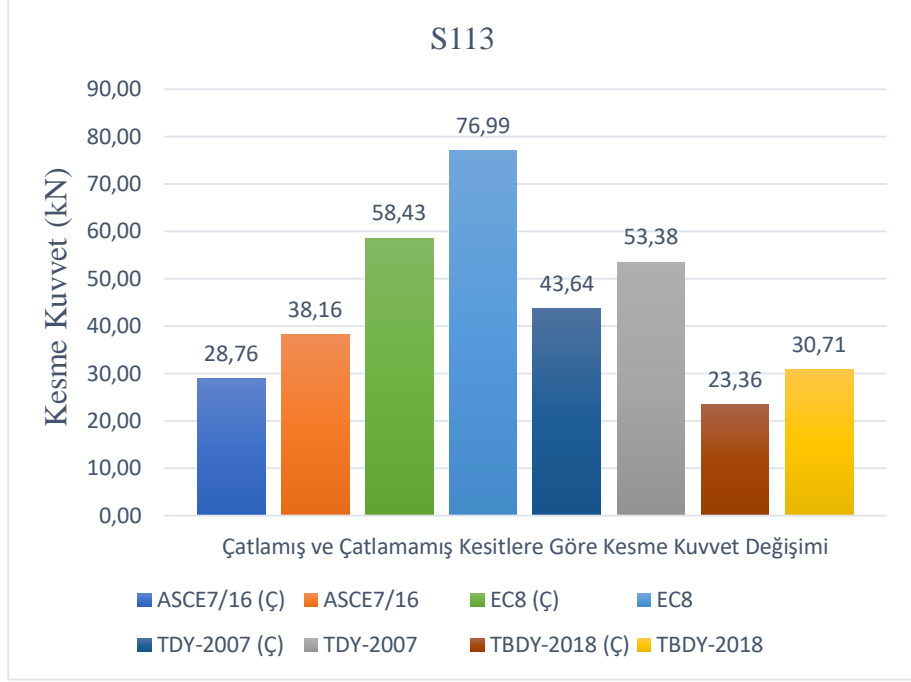
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	42,42%	9,31%	20,98%	46,44%
	S102	45,59%	12,13%	24,30%	49,73%
	S106	44,91%	11,92%	24,19%	50,58%
	S107	38,80%	6,26%	16,95%	44,52%
	S113	32,99%	0,54%	11,62%	37,23%
10 Katlı	S101	50,67%	31,47%	34,32%	46,17%
	S102	50,36%	34,29%	38,26%	51,28%
	S106	50,89%	34,04%	38,30%	52,96%
	S107	42,69%	31,66%	34,63%	48,05%
	S113	31,60%	23,20%	23,40%	34,71%
14 Katlı	S101	50,06%	31,18%	36,48%	37,25%
	S102	47,55%	33,95%	37,83%	44,26%
	S106	49,22%	33,67%	38,57%	46,52%
	S107	41,61%	31,29%	32,14%	40,35%
	S113	30,25%	22,81%	20,89%	26,05%

Çizelge 4.33. Perdeli-Çerçeveli yapı sistemine ait kolon kesme kuvvet değişimi

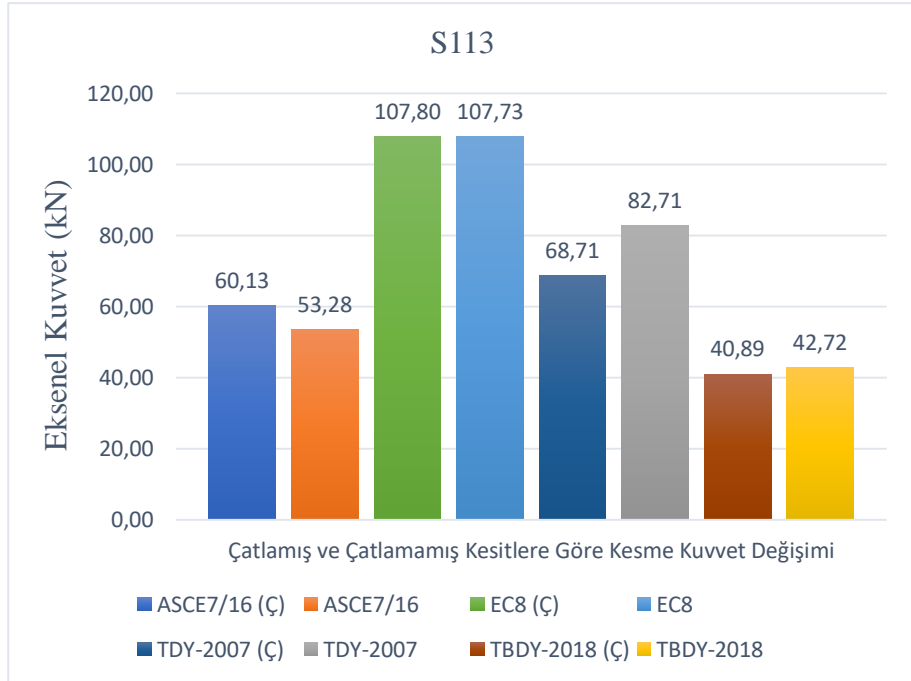
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16		EC8		TDY-2007		TBDY-2018	
		PGA=0.734		ag=0,40		Ao=0.40		PGA=0,40	
		Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K	Ç.K	Ç.M.K
5 Katlı	S101	3,71	7,10	7,52	8,74	5,38	8,17	4,36	4,63
	S102	4,58	9,22	9,64	11,75	6,62	10,71	5,75	6,28
	S106	6,75	12,00	11,81	14,37	8,50	13,50	7,94	8,20
	S107	9,15	16,88	18,84	21,60	13,20	19,60	5,61	11,57
	S113	16,60	24,15	26,04	30,05	19,31	27,62	15,78	16,56
10 Katlı	S101	4,10	9,22	11,68	14,30	7,73	12,15	5,60	6,04
	S102	5,61	12,00	14,64	18,86	10,06	15,86	7,40	8,18
	S106	7,61	14,13	16,43	21,19	11,63	18,12	9,16	9,58
	S107	10,40	19,53	24,90	30,68	16,93	25,72	6,06	13,33
	S113	24,70	38,11	48,46	58,94	36,88	49,71	24,09	26,00
14 Katlı	S101	6,78	9,81	16,53	18,30	9,11	13,90	8,06	6,42
	S102	9,53	13,31	21,40	24,99	12,24	18,81	10,90	9,05
	S106	11,62	15,76	24,00	28,17	14,30	21,62	13,43	10,67
	S107	13,69	17,19	29,00	32,58	17,00	24,42	7,31	11,73
	S113	50,08	57,70	97,02	104,72	60,18	79,84	49,18	39,45

Çizelge 4.34. Perdeli-çerçeveli yapı sisteminin çatlamış ve çatlamamış kesitinin kesme kuvvet değişim oranı

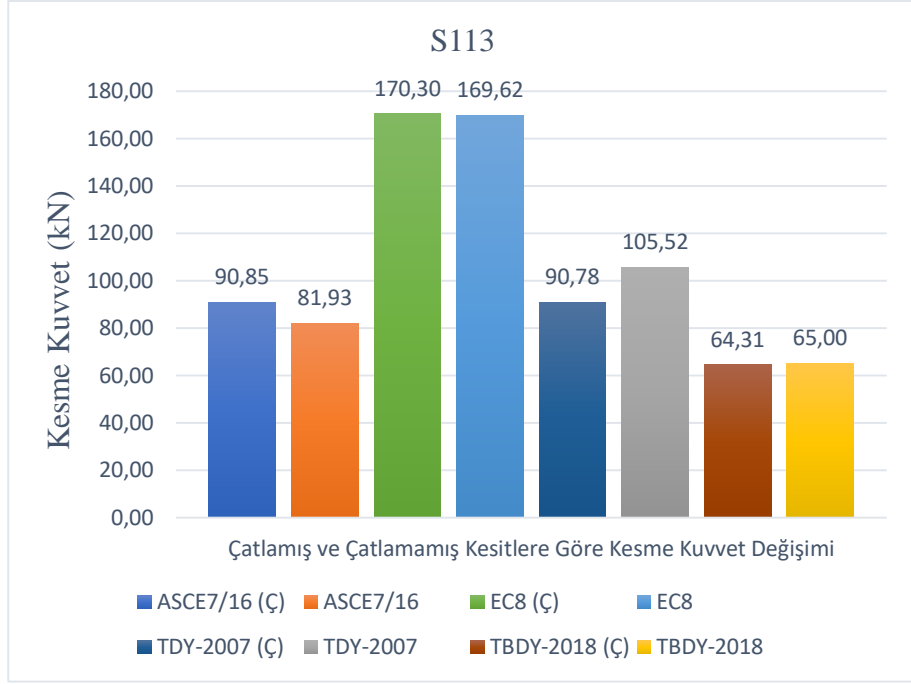
Kat Sayısı	Kolon	ASCE-7/16	EC8	TDY-2007	TBDY-2018
		Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı	Değişim Oranı
5 Katlı	S101	47,75%	13,96%	34,15%	5,83%
	S102	50,33%	17,96%	38,19%	8,44%
	S106	43,75%	17,81%	37,04%	3,17%
	S107	45,79%	12,78%	32,65%	51,51%
	S113	31,26%	13,34%	30,09%	4,71%
10 Katlı	S101	55,53%	18,32%	36,38%	7,28%
	S102	53,25%	22,38%	36,57%	9,54%
	S106	46,14%	22,46%	35,82%	4,38%
	S107	46,75%	18,84%	34,18%	54,54%
	S113	35,19%	17,78%	25,81%	7,35%
14 Katlı	S101	30,89%	9,67%	34,46%	-25,55%
	S102	28,40%	14,37%	34,93%	-20,44%
	S106	26,27%	14,80%	33,86%	-25,87%
	S107	20,36%	10,99%	30,38%	37,68%
	S113	13,21%	7,35%	24,62%	-24,66%



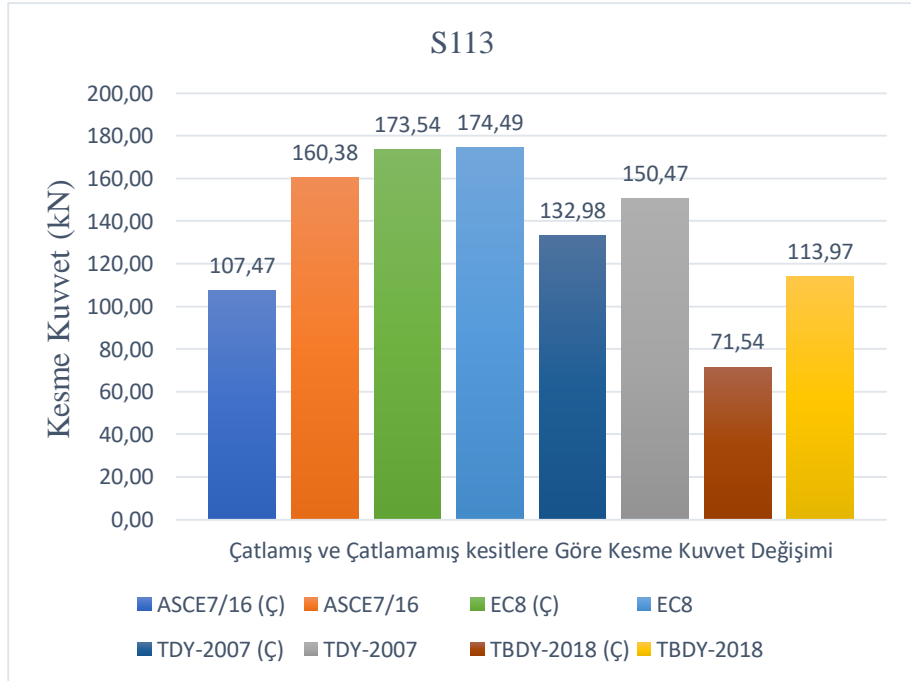
Şekil 4.52. Çatlama ve çatlama kesitlerine göre 5 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvveti değişimi



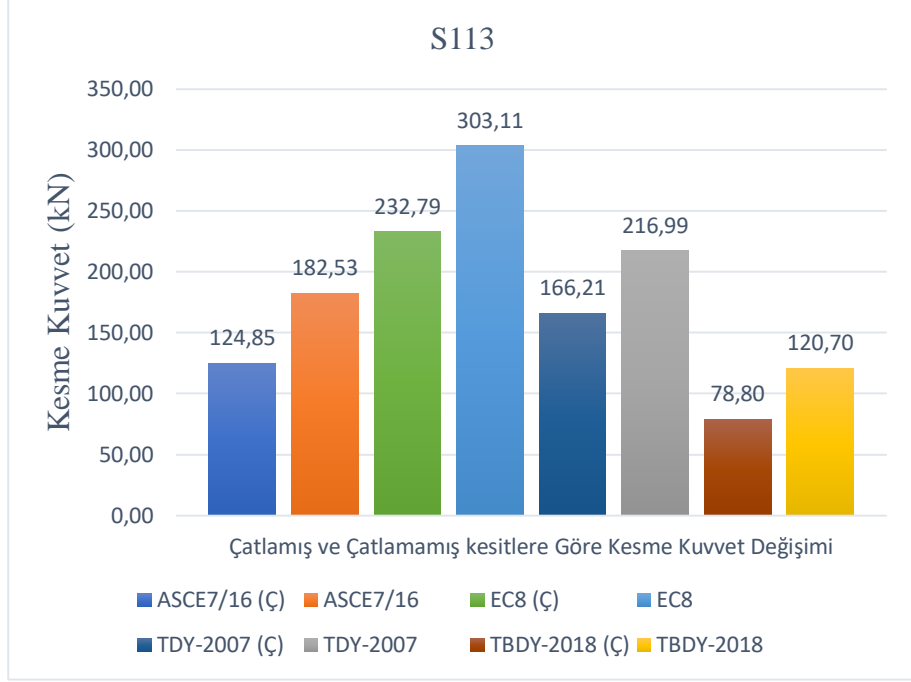
Şekil 4.53. Çatlama ve çatlama kesitlerine göre 10 katlı çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvveti değişimi



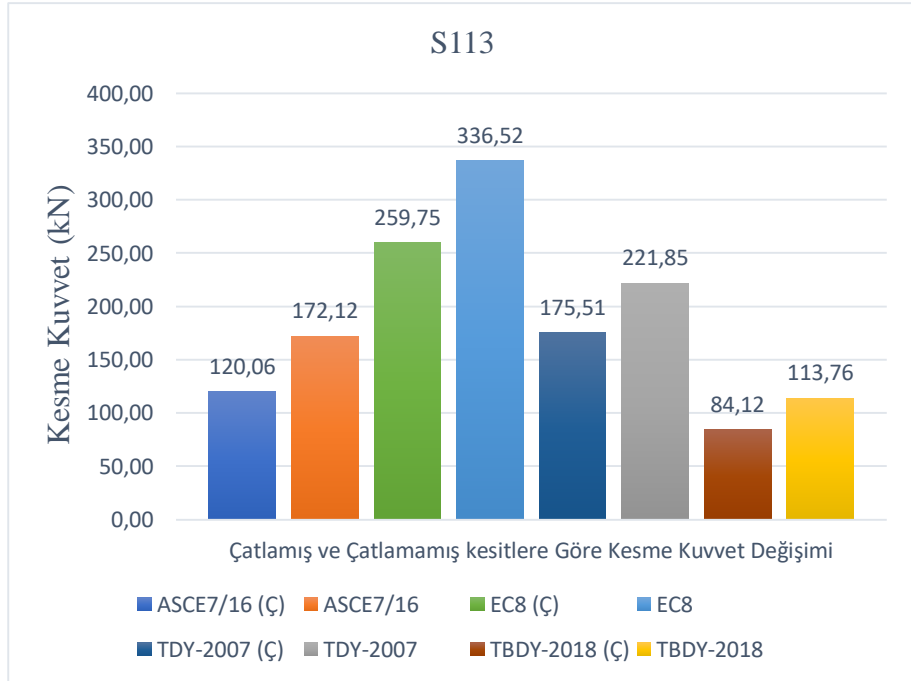
Şekil 4.54. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı çerçeve binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



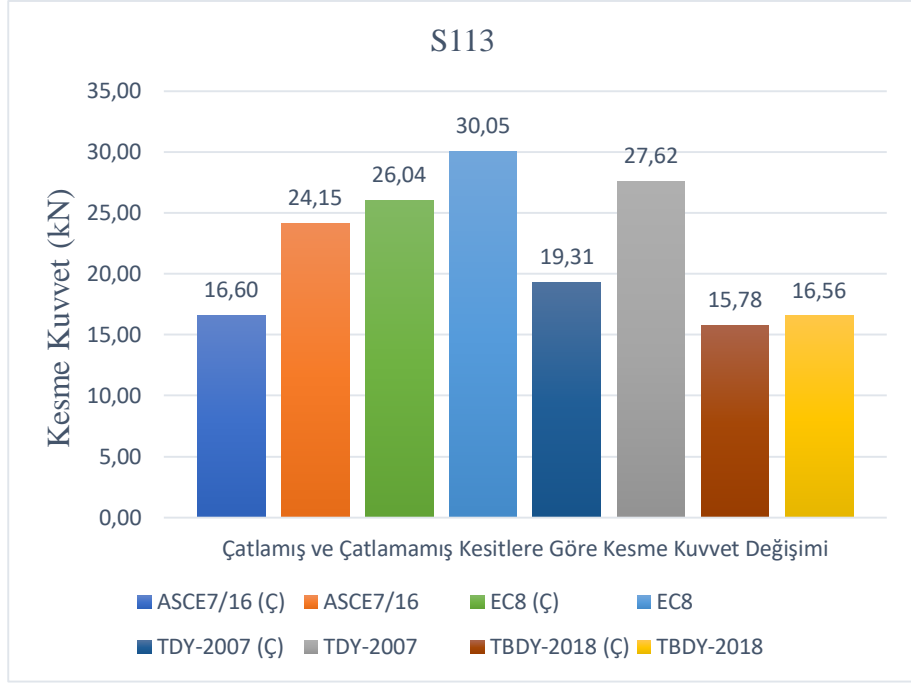
Şekil 4.55. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



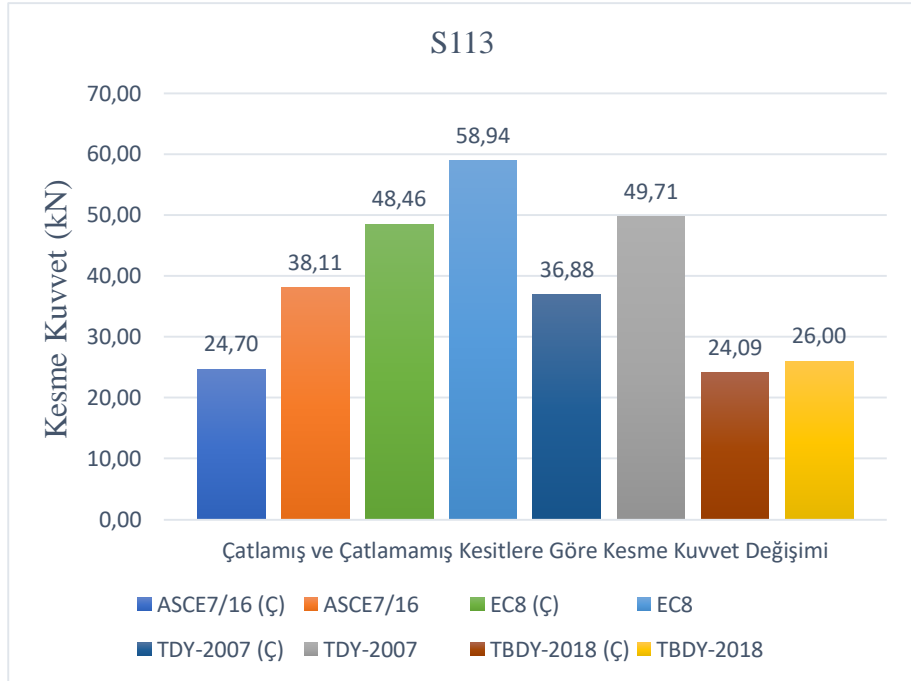
Şekil 4.56. Çatlama ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



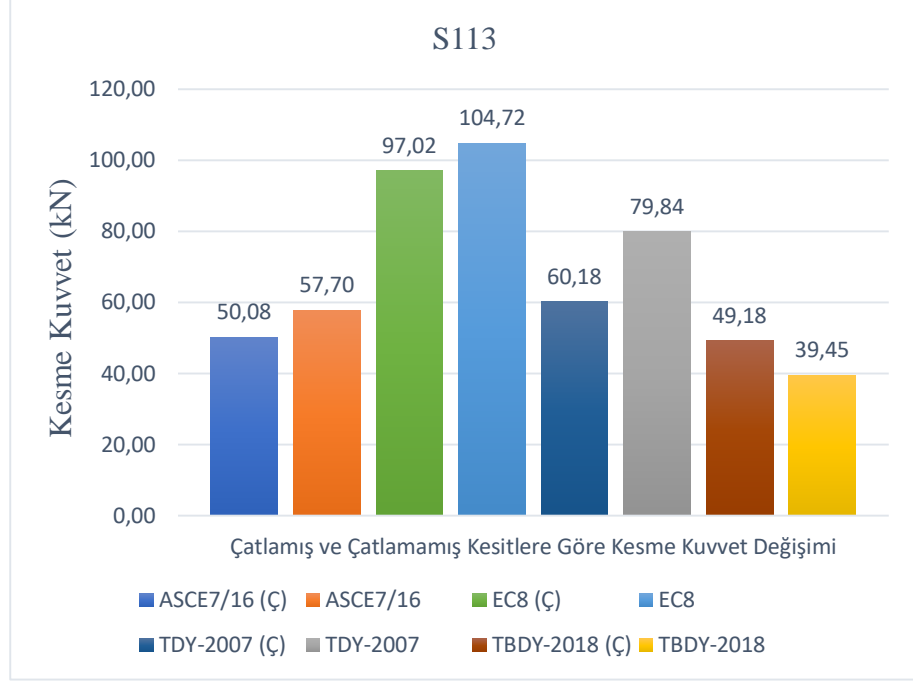
Şekil 4.57. Çatlama ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



Şekil 4.58. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 5 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



Şekil 4.59. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 10 katlı perdeli-çerçeve binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi



Şekil 4.60. Çatlamış ve çatlamamış kesitlerine göre 14 katlı perdeli-çerçevesel binanın S113 kolon için kesme kuvvet değişimi

Çizelgeler ve şekillerden anlaşıldığı gibi üç farklı yapı sistemi ve üç farklı kat durumu için elde edilen kesme kuvvet değerleri eğilme moment sonuçlarına benzer şekilde çıkmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında ASCE 7/16, Eurocode 8, TDY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri dikkate alınarak betonarme binaların tasarım ve değerlendirilmesinde yapı elemanları için öngörülen etkin kesit rijitliklerinin yapı titreşim periyot değerlerine, görelî kat ötelemeler ve yapıya etkiyecek deprem yüklerine ve sonuç olarak yapıda oluşacak kesit tesirlerine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 5, 10 ve 14 kat durumu, üç farklı yapı sistemi ve söz konusu dört yönetmeliğe göre toplamda 72 bina model üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda görülmüştür ki etkin kesit rijitliklerinin yapı periyodu, görelî kat ötelemeleri ve iç kuvvetler üzerinde büyük etkisi vardır.

Yapıların değerlendirilmesinde kullanılacak olan etkin kesit rijitlik değerleri TDY-2007 ve ASCE7/16'da sabit olmadığı ve kesitin boyut, beton kalitesi, kesite etkiyen aksel kuvvet gibi parametrelere bağılı olarak iki ayrı formülasyon önerilmiştir. Ancak Eurocode-8 ve TBDY-2018'de etkin kesit rijitliği için sabit değerler öngörülmüştür.

TDY-2007;

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \leq 0.10 \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0.40EI_o$$

$$\frac{N_D}{(A_c f_{cm})} \geq 0.40 \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0.80EI_o$$

ASCE7/16;

$$P_u \geq 0.5A_g \cdot f_c \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0.70EI_o$$

$$P_u \leq 0.10A_g \cdot f_c \text{ olduğu durumda; } EI_e = 0.30EI_o$$

Eurocode-8;

$$\text{Kirişlerde; } EI_e = 0.50EI_o$$

$$\text{Kolon ve Perdelerde; } EI_e = 0.50EI_o$$

TBDY-2018;

Kirişlerde; $EI_e = 0.35EI_o$

Kolon ve Perdelerde; $EI_e = 0.70EI_o$

Yapılan model analiz sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1) 5, 10 ve 14 katlı çerçevesel yapı sistemlerinde çatlama kesitli yapıya ait periyot, çatlama kesite göre ASCE 7/16 'da %35 , TDY-2007'de %30 , EC8'de %24 ve TBDY-2018'de ise %25'lik bir artış görülmüştür.
- 2) 5, 10 ve 14 katlı perdeli yapı sistemlerinde çatlama kesitli yapıya ait periyot, çatlama kesite göre ASCE 7/16 'da %37 , EC8'de %24 ve TDY-2007 ile TBDY-2018'de %30'luk bir artış görülmüştür.
- 3) 5, 10 ve 14 katlı perdeli-çerçevesel yapı sistemlerinde çatlama kesitli yapıya ait periyot, çatlama kesite göre ASCE 7/16 'da %38 , EC8'de %25 ve TDY-2007 ile TBDY-2018'de %30'luk bir artış görülmüştür.
- 4) Her üç yapısal sistemde binanın çatlama kesitine ait taban kesme kuvveti çatlama kesite göre olması gerektiği gibi azalma görülmüştür.
- 5) Çatlama kesite ait yapıların taban kesme kuvveti azalmasına rağmen analiz sonucunda tüm yapı sistemi ve kat durumlarında görece kat ötelemede artış gözlemlenmiştir.
- 6) Eksenel, eğilme momenti ve kesme kuvvetlerinde tutarlı bir değişim gözlemlenmemiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed, M., Dad Khan, M.K., Wamiq, M. 2008. Effect of Concrete Cracking On The Lateral Response of RCC Buildings. *Asian Journal of Civil Engineering*, 9(1):25-34.

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.

ACI 318-11. Building Code Requirements for Structural Concrete, Michigan. USA, 2011.

Cağlar, N., Demir, A., Öztürk, H., Akkaya, A. 2015. A Simple Formulation For Effective Flexural Stiffness Of Circular Reinforced Concrete Columns. *Science Direct*, 38: 25-3.

DBYBHY. 2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.*

Ankara: Başkanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.

Elwood, K.J., Eberhard, M.O.2006. Effective Stiffness Of Reinforced Concrete Columns. A Publication of The Pacific Earthquake Engineering Research Center, Mart 2006, University Of British, Columbia.

Elwood, K.J., Elberhard, M.O. 2009. Effective Stiffness of Reinforced Concrete Columns. *ACI Structural Journal*, 106(4):476–484.

EUROCODE-8. Basis of structural design, European Comittee for Standardization. Brussels, Belgium, 2005.

J.R. Pique, J.R., Burgos, M. 2008. Effective Rigidity of Reinforced Concrete Elements in Seismic Analysis and Design. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, 12-17 Ekim 2008, Beijing, China.

Öztürk, H., Demir, A., Dok,G., Güç,H. 2017. Betonarme Kolonların Etkin Kesit Rijitlikleri Üzerine Yönetmeliklerin Yaklaşımları. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-13 Ekim 2017, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Sap2000 v20.2. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc, Inc, Berkeley, California, 2017.

Sta4CAD V13.1. Bilgisayar destekli tasarım için yapısal analiz programı, Sta Bilgisayar Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, İstanbul, 2018.

TBDY. 2018. *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.* Ankara: Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erkin Bek ÇAĞATAY
Doğum Yeri ve Tarihi : Faryab / Afganistan – 27.11.1990
Yabancı Dil : Özbek Türkçesi, Farsça, İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Afgan Türk Lisesi / Mezar-i Şerif. Belh
Lisans : Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat
Mühendisliği bölümü
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat
Mühendisliği, yapı anabilim dalı
İletişim (e-posta) : erkin.cagatay1071@gmail.com