

**SİSMİK KIRILGANLIK ANALİZLERİ KULLANILARAK
BETONARME BİNALARIN DİRENÇLİLİK ESASLI
TASARIMI VE YENİ BİR DUVAR MODELİ**

İBRAHİM BARAN KARAŞİN

MART 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİSMİK KIRILGANLIK ANALİZLERİ KULLANILARAK
BETONARME BİNALARIN DİRENÇLİLİK ESASLI
TASARIMI VE YENİ BİR DUVAR MODELİ**

İBRAHİM BARAN KARAŞIN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
DOKTORA TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

MART 2023

DİYARBAKIR

**SİSMİK KIRILGANLIK ANALİZLERİ KULLANILARAK
BETONARME BİNALARIN DİRENÇLİLİK ESASLI
TASARIMI VE YENİ BİR DUVAR MODELİ**

İbrahim Baran KARAŞİN tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

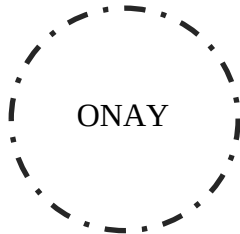
Prof. Dr. Halil GÖRGÜN (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Burak YÖN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Munzur Üniversitesi

Doç. Dr. Ercan IŞIK
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi

Doç. Dr. Gültekin AKTAŞ
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi



Savunma Tarihi: 31/ 03 / 2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: İbrahim Baran KARAŞİN

İmza:

TEŞEKKÜR

Hayatımın her anında yanımda olan ve beni cesaretlendiren kıymetli babam başta olmak üzere henüz bana kattığı motivasyonun farkında dahi olmayan sevgili oğluma, biricik kardeşime ve diğer değerli aile fertlerime teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sn. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ'ye teşekkür ederim. Kıymetli tecrübe ve bilgilerini paylaşarak çalışmamın olgunlaşmasına katkı sunan Sn. Prof. Dr. Halil GÖRGÜN ve Sn. Doç. Dr. Burak YÖN'e teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, bana mesleğimi sevdiren ve mesleki anlamda üzerimdeki hakkını ödememin bir hayli zor olduğuna inandığım Sn. Doç. Dr. Ercan IŞIK'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
EKLER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xxiv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xxv
ÖZET.....	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1 Dirençlilik Esaslı Tasarım Konusunda Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2 Kırılgnalık Eğrileri Konusunda Yapılan Çalışmalar	10
2.3 Duvar Modellenmesi Konusunda Yapılan çalışmalar.....	13
3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1 Dirençlilik Esaslı Tasarım (Resilience Based Design).....	17
3.1.1 Dirençlilik indeksinin hesaplanması	17
3.1.2 Kayıp fonksiyonu (Loss Function)	18
3.1.3 İyileşme fonksiyonu (Recovery Function).....	19
3.2 Kırılgnalık Eğrileri (Fragility Curves)	20
3.3 Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis).....	22
3.3.1 Ölçeklendirme katsayısı (Scale Factor, SF)	23
3.3.2 Yoğunluk seviyesi (Intensity Measure, IM).....	23
3.3.3 Hasar seviyesi (Damage Measure, DM)	23
3.3.4 Artımsal dinamik analiz (IDA)	24
3.3.5 Artımsal dinamik analiz eğrisi (IDA Curve).....	24

3.4	Doğrusal Olmayan Davranış Modeli Seçimi.....	26
3.4.1	Yığılıl plastisite	27
3.4.2	Yayılıl plastisite (Yayılıl Plastik Mafsal).....	28
3.5	Statik İtme Analizi (Pushover Analysis)	29
3.6	Yapısal Elemanların Tasarımında Matematiksel Model Seçimi.....	31
3.7	Modellemede Kullanılan Malzeme Modelleri	34
3.7.1	Beton malzeme modeli.....	35
3.7.2	Donatı malzeme modeli	36
4.	ÖNERİLEN YENİ YARI RİJİT DUVAR MODELİ.....	38
4.1	Önerilen Modellemenin Deney ile Doğrulanması.....	43
5.	BULGULAR VE TARTIŞMA	48
5.1	Çalışmaya Konu Olan Okul Binasının İncelenmesi.....	49
5.2	Mevcut Yapı Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları	56
5.2.1	Mevcut yapı x doğrultusu görelı kat öteleme oranları	59
5.2.2	Mevcut yapı y doğrultusu görelı kat ötelemesi oranları.....	61
5.3	Güncellenmiş Yapı Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları	62
5.3.1	Güncellenmiş yapı x doğrultusu görelı kat ötelemesi oranları.....	64
5.3.2	Güncellenmiş yapı y doğrultusu görelı kat ötelemesi oranları.....	66
5.4	Kırılğanlık Eğrisinin Hesaplanması	67
5.4.1	Mevcut yapı x doğrultusu kırılğanlık eğrileri	70
5.4.2	Mevcut yapı y doğrultusu kırılğanlık eğrileri	76
5.4.3	Güncellenmiş yapı x doğrultusu kırılğanlık eğrileri	82
5.4.4	Güncellenmiş yapı y doğrultusu kırılğanlık eğrileri	88
5.5	Okul Binasının Dirençlilik İndeksinin Hesaplanması	94
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
	KAYNAKLAR	99
	EKLER.....	107

Ek 1: Mevcut Yapı X Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları	108
Ek 2: Mevcut Yapı Y Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları	128
Ek 3: Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları	148
Ek 4: Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları	168
ÖZGEÇMİŞ	188



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Tasarım Yaklaşımları	2
Şekil 1.2 Bruneau tanımına göre Dirençliliğin Yönleri	2
Şekil 1.3 Sismik Dirençliliğin Tipik Gösterimi	3
Şekil 3.1 Aynı Yapının 4 Farklı Deprem Kaydında Gösterdiği Farklı Davranışlar...	24
Şekil 3.2 DM olarak görelî kat ötelemesi seçilmiş örnek IDA eğrisi	25
Şekil 3.3 İdealleştirilmiş Yayılı Plastik Mafsal Modelleri, a) Sonlu uzunluk mafsal bölgesi b) Fiber Kesit c) Sonlu Eleman	26
Şekil 3.4 Yığılı Plastik Mafsal Modellemesinde Oluşan Plastik Mafsallar	28
Şekil 3.5 Yayılı Plastisite yaklaşımı	29
Şekil 3.6 Tipik Statik İtme Eğrisi.....	30
Şekil 3.7 Statik İtme Analizi Akış Şeması	31
Şekil 3.8. Deney Düzeneği ve Basitleştirilmiş Model	33
Şekil 3.9. Deney Geometrisi ve Donatı Detayı	33
Şekil 3.10. DeneySEL ve Numerik Analizlerin Kıyaslanması.....	34
Şekil 3.11 Mander vd. tarafından önerilen doğrusal olmayan beton modeli	35
Şekil 3.12 Mander vd. tarafından önerilen sargılı ve sargısız betonlar gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	36
Şekil 3.13 SeismoStruct Yazılım Programında Modelin Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği	37
Şekil 4.1 Önerilen Duvar Modeli Detay Çizimi.....	39
Şekil 4.2 Önerilen Duvar Modeli Çerçeve sistemi çerisinde Gösterimi	39
Şekil 4.3 Uygulama Örneği için Detay Çizimi	40
Şekil 4.4 2 ve 5 katlı çerçeve modellerinin Statik İtme Analizi Sonuçları	41
Şekil 4.5 5 katlı perde ve önerilen duvar modeli için Statik İtme Eğrileri.....	41
Şekil 4.6 A)Donatılı Yığma Duvar (1 ϕ 16) b)Donatılı Yığma Duvar(4 ϕ 12)	44
Şekil 4.7 Duvar içerisinde kolonların yerleşimi.....	44
Şekil 4.8 Bilgisayar ortamında (a) ve test ortamında (b) Deney Düzenekleri	45
Şekil 4.9 SeismoStruct Yazılım Programında Deney Ortamının Tasarlanması	45
Şekil 4.10 Kullanılan 19x25cm Kiriş Modeli ve 14x11cm Kolon Modeli	46
Şekil 4.11 Deney Sonuçları.....	46
Şekil 4.12 SeismoStruct Modeli Numerik Analiz Sonuçları	46
Şekil 4.13 Deney ve Numerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	47

Şekil 5.1 Okul Binasının 3 Boyutlu Modeli.....	49
Şekil 5.2 Okul binasının kalıp planı.....	50
Şekil 5.3 Çeltiksuyu Köyü Yatılı İlköğretim Okulu Hasar Durumu.....	51
Şekil 5.4 Okul Binası Hasar Durumu.....	52
Şekil 5.5 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinde Hatalı Donatı Yerleşimi	52
Şekil 5.6 Boyuna Donatının Hatalı Yerleşimi ve Kesme Hasarı	53
Şekil 5.7 Uygunsuz Granülometri.....	53
Şekil 5.8 Kolonun Birleşim Bölgesinde Sıyrılması	54
Şekil 5.9 Kirişte Kesme Hasarı	54
Şekil 5.10 Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Düzensizliği.....	55
Şekil 5.11 Kolon Kiriş birleşim Bölgesinde İleri Hasar	55
Şekil 5.12 Dolgu Duvarlarda Düzlem Dışı Hasar.....	56
Şekil 5.13 Seçili 20 Deprem Kaydının Mevcut Bina için IDA eğrileri (X Doğultusu)	58
Şekil 5.14 Seçili 20 Deprem Kaydının Mevcut Bina için IDA eğrileri (Y Doğultusu)	58
Şekil 5.15 Mevcut Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (X)....	59
Şekil 5.16 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri(X)	60
Şekil 5.17 Mevcut Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (Y)....	61
Şekil 5.18 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (Y)	62
Şekil 5.19 Seçili 20 Deprem Kaydının Güncellenmiş Bina için IDA eğrileri (X Doğultusu).....	63
Şekil 5.20 Seçili 20 Deprem Kaydının Güncellenmiş Bina için IDA eğrileri (Y Doğultusu).....	64
Şekil 5.21 Güncellenmiş Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (X)	65
Şekil 5.22 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (X)	65
Şekil 5.23 Güncellenmiş Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (Y)	66

Şekil 5.24 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (Y)	67
Şekil 5.25 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	72
Şekil 5.26 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılabilirlik Eğrisi.....	73
Şekil 5.27 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılabilirlik Eğrisi.....	73
Şekil 5.28 Mevcut Yapı X Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılabilirlik Eğrisi	74
Şekil 5.29 Mevcut Yapı X Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılabilirlik Eğrisi.....	74
Şekil 5.30 Mevcut Yapı X Doğrultusu TBDY2018 Kırılabilirlik Eğrisi.....	75
Şekil 5.31 Mevcut Yapı X Doğrultusu Kırılabilirlik Eğrileri	75
Şekil 5.32 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	78
Şekil 5.33 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılabilirlik Eğrisi.....	79
Şekil 5.34 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılabilirlik Eğrisi.....	79
Şekil 5.35 Mevcut Yapı Y Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılabilirlik Eğrisi	80
Şekil 5.36 Mevcut Yapı Y Doğrultusu DBYBHY Kırılabilirlik Eğrisi.....	80
Şekil 5.37 Mevcut Yapı Y Doğrultusu TBDY 2018 Kırılabilirlik Eğrisi.....	81
Şekil 5.38 Mevcut Yapı Y Doğrultusu Kırılabilirlik Eğrileri	81
Şekil 5.39 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	84
Şekil 5.40 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılabilirlik Eğrisi85	
Şekil 5.41 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	86
Şekil 5.42 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılabilirlik Eğrisi	86
Şekil 5.43 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılabilirlik Eğrisi.....	86
Şekil 5.44 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu TBDY 2018 Kırılabilirlik Eğrisi.....	87
Şekil 5.45 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu Kırılabilirlik Eğrileri	87
Şekil 5.46 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	90
Şekil 5.47 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılabilirlik Eğrisi91	
Şekil 5.48 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılabilirlik Eğrisi	91
Şekil 5.49 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılabilirlik Eğrisi	92
Şekil 5.50 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılabilirlik Eğrisi.....	92
Şekil 5.51 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu TBDY 2018 Kırılabilirlik Eğrisi.....	93

Şekil 5.52 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu Kırılma EĞrileri.....	93
Şekil 5.53 Çalışmaya konu olan okul binası: (a) ön görünüş, (b) kat planı	94



EKLER LİSTESİ

Ek 1: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	108
Ek 2: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	108
Ek 3: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	109
Ek 4: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	109
Ek 5: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	110
Ek 6: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	110
Ek 7: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	111
Ek 8: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	111
Ek 9: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	112
Ek 10: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	112
Ek 11: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	113
Ek 12: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	113
Ek 13: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	114
Ek 14: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	114
Ek 15: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	115

Ek 16: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	115
Ek 17: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	116
Ek 18: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	116
Ek 19: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	117
Ek 20: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	117
Ek 21: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	118
Ek 22: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	118
Ek 23: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	119
Ek 24: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	119
Ek 25: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	120
Ek 26: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	120
Ek 27: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	121
Ek 28: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	121
Ek 29: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	122
Ek 30: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	122
Ek 31: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	123

Ek 32: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	123
Ek 33: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	124
Ek 34: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	124
Ek 35: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	125
Ek 36: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	125
Ek 37: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	126
Ek 38: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	126
Ek 39: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	127
Ek 40: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	127
Ek 41: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	128
Ek 42: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	128
Ek 43: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	129
Ek 44: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	129
Ek 45: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	130
Ek 46: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	130
Ek 47: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	131

Ek 48: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	131
Ek 49: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	132
Ek 50: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	132
Ek 51: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	133
Ek 52: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	133
Ek 53: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	134
Ek 54: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	134
Ek 55: Mevcut Yapı Landers Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	135
Ek 56: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	135
Ek 57: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	136
Ek 58: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	136
Ek 59: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	137
Ek 60: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	137
Ek 61: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	138
Ek 62: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	138
Ek 63: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	139

Ek 64: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	139
Ek 65: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	140
Ek 66: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	140
Ek 67: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	141
Ek 68: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	141
Ek 69: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	142
Ek 70: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	142
Ek 71: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	143
Ek 72: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	143
Ek 73: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	144
Ek 74: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	144
Ek 75: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	145
Ek 76: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	145
Ek 77: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	146
Ek 78: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	146
Ek 79: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	147

Ek 80: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	147
Ek 81: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	148
Ek 82: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	148
Ek 83: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	149
Ek 84: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	149
Ek 85: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	150
Ek 86: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	150
Ek 87: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	151
Ek 88: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	151
Ek 89: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	152
Ek 90: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	152
Ek 91: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	153
Ek 92: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	153
Ek 93: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	154
Ek 94: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	154
Ek 95: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu	155

Ek 96: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	155
Ek 97: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	156
Ek 98: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	156
Ek 99: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	157
Ek 100: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu.....	157
Ek 101: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	158
Ek 102: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	158
Ek 103: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	159
Ek 104: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	159
Ek 105: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	160
Ek 106: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	160
Ek 107: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	161
Ek 108: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	161
Ek 109: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	162
Ek 110: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	162
Ek 111: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu.....	163

Ek 112: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	163
Ek 113: Güncellenmiş Yapı İerissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	164
Ek 114: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	164
Ek 115: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	165
Ek 116: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	165
Ek 117: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	166
Ek 118: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	166
Ek 119: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	167
Ek 120: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu	167
Ek 121: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	168
Ek 122: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	168
Ek 123: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	169
Ek 124: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	169
Ek 125: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	170
Ek 126: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	170
Ek 127: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	171

Ek 128: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	171
Ek 129: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	172
Ek 130: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	172
Ek 131: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	173
Ek 132: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	173
Ek 133: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	174
Ek 134: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	174
Ek 135: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	175
Ek 136: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	175
Ek 137: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	176
Ek 138: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	176
Ek 139: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	177
Ek 140: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu	177
Ek 141: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	178
Ek 142: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	178
Ek 143: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	179

Ek 144: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	179
Ek 145: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	180
Ek 146: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	180
Ek 147: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	181
Ek 148: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	181
Ek 149: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	182
Ek 150: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	182
Ek 151: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	183
Ek 152: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	183
Ek 153: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	184
Ek 154: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	184
Ek 155: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	185
Ek 156: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	185
Ek 157: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	186
Ek 158: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	186
Ek 159: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	187

Ek 160: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu	187
--	-----



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 Betonarme Perde Duvar Birim Maliyet Analizi	42
Tablo 4.2 Önerilen Duvar Sistemi Birim Maliyet Analizi	42
Tablo 5.1 Deprem Kayıtları [101-102]	57
Tablo 5.2 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 1-5).....	70
Tablo 5.3 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 6-10).....	71
Tablo 5.4 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 11-15).....	71
Tablo 5.5 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 16-20).....	72
Tablo 5.6 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 1-5).....	76
Tablo 5.7 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 6-10).....	77
Tablo 5.8 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 11-15).....	77
Tablo 5.9 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 16-20).....	78
Tablo 5.10 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 1-5).....	82
Tablo 5.11 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 6-10).....	83
Tablo 5.12 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 11-15).....	83
Tablo 5.13 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 16-20).....	84
Tablo 5.14 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 1-5).....	88
Tablo 5.15 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 6-10).....	89
Tablo 5.16 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 11-16).....	89
Tablo 5.17 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 16-20).....	90
Tablo 5.18 Belirlenen Organizasyonel ve Ekonomik Parametreler	95
Tablo 5.19 Elde Edilen Dirençlilik İndeksleri	95

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
R	Dirençlilik Fonksiyonu
T_{OE}	E Olayının Gerçekleşme Zamanı
T_{LC}	Sistemin Kontrol Süresi
$Q(t)$	İşlevsellik Fonksiyonu
$L(I, T_{RE})$	Kayıp Fonksiyonu
$f_{REC}(t, t_{OE}, T_{RE})$	İyileşme Fonksiyonu
H	Heavyside step Function
T_{RE}	E Olayı Sonrası İyileşme Süresi
L_D	Doğrudan Kayıp
L_I	Dolaylı Kayıp
α_I	Ağırlık Faktörü
P_j	J Performans koşulunun Aşılma Olasılığı
I	Yoğunluk (Intensity)
C_{sj}	J Hasar Durumu için Yapı Onarım Maliyeti
I_s	Yapının yeniden Yapım Maliyeti
r_i	Yıllık İskonto Oranı
δ_i	Amortisman Oranı
W_K	Yapı Bileşenleri Ağırlık faktörü
N	Yapısal Olmayan Eleman Sayısı
φ	Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
θ	Kırılma Fonksiyonu Medyanı
β	Kırılma Fonksiyonu Standart Sapması
L_p	Plastik Mafsallık Boyu
h	Çalışan Doğrultudaki Kesit Boyutu
ϕ	Donatı Çapı (mm)
Δ_i^x	i Numaralı Katın X Doğrultusundaki Görelî Öteleme
u_i^x	i Numaralı Katın X Doğrultusundaki Ötelenmesi
δ	Etkin Görelî Yer Değiştirmesi

R	Yapısal Davranış Katsayısı
I	Yapı Önem Katsayısı

Kısaltma

Açıklama

RBD	Resilience Based Design
PBD	Performance Based Design
EDP	Engineering Demand Parameter
RC	Reinforced Concrete
RI	Resilience Index
IDA	Incremental Dynamic Analysis
IM	Intensity Measure
SF	Scale Factor
DM	Damage Measure
PGA	Peak Ground Acceleration
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
DBYBHY	Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ABYYHY	Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

ÖZET

SİSMİK KIRILGANLIK ANALİZLERİ KULLANILARAK BETONARME BİNALARIN DİRENÇLİLİK ESASLI TASARIMI VE YENİ BİR DUVAR MODELİ

Karaşin, İbrahim Baran

Doktora, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin Öncü

Mart 2023, 189 sayfa

Son yıllarda giderek önemini arttıran Dirençlilik Esaslı Tasarım bu tez çalışmasının ana odağını oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında, Dirençlilik Esaslı Tasarım konsepti tanımı ve formülasyonları ile birlikte izah edilmiştir. Dirençlilik kavramı temel olarak afet sonrası yapıların eski hallerine geri dönebilme kabiliyeti olarak özetlenebilir. Tez çalışması kapsamında afet parametresi olarak deprem seçilmiştir. Deprem yükleri altında yapıların davranışlarında yapıların sahip oldukları rijitlik oldukça önemlidir. Modellenmesi yapılan yarı rijit dolgu duvarlı çerçeve modelinin sistemin rijitliğine olan katkısı ve akabinde dirençlilik indeksine katkısı gösterilmiştir. Önerilen bu duvar modeli, standart boş çerçeve ve klasik perde duvarlı çerçeve sistem için ayrı ayrı gerçekleştirilen statik itme analizleri neticesinde performans açısından kıyaslanmıştır. Ayrıca birim maliyet kıyaslaması yapılarak ekonomi ve işçilik parametreleri açısından da kıyaslama yapılmıştır. Dirençlilik İndeksi hesaplanmasına örnek oluşturulması için seçilen bir okul binası üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Okul binasının nümerik analizlerinin gerçekleştirildiği modelleme yapılırken kullanılan malzeme modelleri ve matematiksel modeller ayrı ayrı incelenmiştir. Dirençlilik indeksinin hesaplanması için elde edilmesi gereken kırılma eğrileri ve bu eğrilerin elde edilebilmesi için gerekli olan Artımsal Dinamik Analiz (IDA) ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Metodolojisi izah edilen kırılma eğrilerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan IDA Analizi, analiz metodu olarak kullanılmıştır. Analiz metodu detaylıca izah edilmiş olup 20 farklı deprem kaydının hem X hem Y doğrultularında ayrı ayrı tatbik ettirildiği analizlerde ölçekleme faktörü aralığı 0.1g ile 2g aralığı olarak belirlenmiş ve analiz adımı olarak 0.1g seçilmiştir. Rijitlik parametresinin etkisini gözlemlemek amacıyla Söz konusu okul binası herhangi bir güçlendirme çalışması yapılmadan sadece TBDY-2018 yönetmeliği gereğince minimum beton ve donatı dayanımı şartlarını sağlayacak şekilde yeniden modellenmiş ve aynı analizler yeni model üzerinde de tekrarlanmıştır. Kırılma eğrilerinde sınır değerler seçilirken ABYYHY-1998, DBYBHY-2007, TBDY-2018 ve HAZUS 5.1-2022 yönetmeliklerinden faydalanılmıştır. 4 yönetmelik için X ve Y doğrultusunda kırılma eğrileri oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca Görelî kat ötelemeleri sınır değerleri 20 farklı deprem kaydı için X ve Y doğrultularında ayrı ayrı hesaplanmış ve kıyaslanmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen değerler kullanılarak dirençlilik esaslı tasarımın çerçevesinde analiz gerçekleştirilmiş ve dirençlilik indeksleri (RI) elde edilmiştir. Mevcut yapı ve güncel yönetmelik çerçevesinde yeniden modellenen yapı ayrı ayrı hem X hem de Y doğrultusunda dirençlilik indeksleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Nümerik analizlerin sonucu, mevcut yapının gerçek göçme mekanizması ile uyumlu davranış göstermiştir. Her iki yapı için Y doğrultusu dirençlilik indeksi X doğrultusuna göre daha yüksek olmakla beraber güncellenmiş yapının her iki doğrultuda da dirençlilik indeksi yükseldiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dirençlilik Esaslı Tasarım, Kırılma, Dirençlilik İndeksi, Artımsal Dinamik Analiz

ABSTRACT

RESILIENCE BASED DESIGN OF RC BUILDINGS USING SEISMIC FRAGILITY ANALYSES AND A NOVEL WALL MODEL

Karaşin, Ibrahim Baran

PhD in Department of Civil Engineering

Supervisor: Associate Prof. Dr. Mehmet Emin Öncü

March 2023, 189 pages

Resilience Based Design, which has become increasingly important in recent years, is the main focus of this thesis. In this thesis, the concept of Resilience Based Design is explained together with its definition and formulations. The concept of resilience can basically be summarized as the ability of structures or communities to return to their original state after a disaster. Within the scope of the thesis, earthquake was chosen as the disaster parameter. The stiffness of the structures is very important in the behavior of structures under earthquake loads. The contribution of the modeled semi-rigid infill wall frame model to the rigidity of the system and subsequently its contribution to the resilience index is shown. This proposed wall model has been compared in terms of performance as a result of pushover analyzes performed separately for the standard bare frame and classical shear wall system. In addition, a comparison was made in terms of economy and labor parameters by making a unit cost comparison. Analyzes were carried out on a selected school building to create an example for the calculation of the Resilience Index. The material models and mathematical models used in the modeling in which the numerical analyzes of the school building were carried out were examined separately. The fragility curves required to calculate the resilience index and the incremental dynamic analysis (IDA) required to obtain these curves are examined under separate headings. Incremental Dynamic Analysis, which is necessary for the calculation of the fragility curves whose methodology is explained, was used as the analysis method. The analysis method has been explained in detail and the Scale Factor range was determined as 0.1g to 2g in the analyzes in which 20 different ground motion records were applied separately in both X and Y directions. In order to observe the effect of the stiffness parameter, the school building was remodeled without any structural strengthening, only in accordance with the TBDY-2018 regulation, to meet the minimum concrete and reinforcement strength conditions, and the same analyzes were repeated on the new model. ABYYHY-1998, DBYBHY-2007, TBDY-2018 and HAZUS 5.1-2022 (Earthquake Model Technical Manual) codes were used while selecting the threshold values for the fragility curves. For 4 regulations, fragility curves in the X and Y directions were created and compared. In addition, the inter-story drift limit values were calculated and compared separately in the X and Y directions for 20 different earthquake records. By using the values obtained as a result of these analyzes, the analysis was carried out within the framework of the resilience-based design and the resilience indexes (Resilience Index, RI) were obtained. The existing structure and the remodeled structure were separately calculated and compared in both X and Y directions. The result of the numerical analyzes showed a behavior compatible with the actual collapse mechanism of the existing structure. While the Y direction resilience index is higher for both structures than the X direction, it was observed that the updated structure's resilience index increased in both directions.

Keywords: Resilience Based Design, Fragility, Resilience Index, IDA

1. GİRİŞ

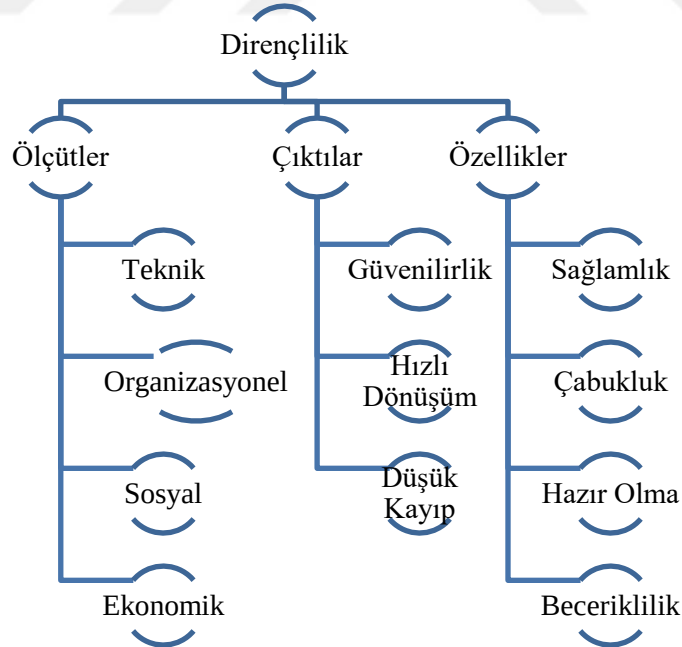
Türkiye jeolojik özellikleri, topografik yapısı ve iklimsel özellikleri nedeniyle doğa olaylarının sıklıkla yaşandığı ülkelerden biridir. Doğal olayları, bilgisizlik, ihmal ve kontrol eksikliği gibi etkenler sonucunda doğal afetlere dönüşmekte ve sebep oldukları can kayıplarının yanı sıra Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için de önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Doğal afetlere dönüşen en önemli doğa olaylarından biri depremdir. Türkiye, dünyanın en aktif deprem bölgelerinden biridir. Bu yüksek sismisite çok sayıda depreme neden olmaktadır. Deprem, yerkabuğunda meydana gelen kırılmaların neden olduğu ani titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak içinden geçtikleri yüzeyleri ve dünyayı sarsması olayıdır. Deprem yeryüzüne ulaştığı bölgelerde; yapılarda hasara ve çökmeye, can kaybına ve maddi hasara yol açması muhtemeldir. Deprem etkisinin doğal afete dönüşmesi sonucu meydana gelen can ve mal kayıplarının tamamına yakını yapıların davranışı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda yapıların deprem davranışlarının incelenmesi oldukça önemlidir.

Sismik tasarım alanında yeni yaklaşımlardan biri olan Dirençlilik Esaslı Tasarımdan (Resilience Based Design (RBD)), konsept olarak ilk defa M. Bruneau tarafından 2003 yılında bahsedilmiştir [1]. Özellikle son yıllarda önemini giderek artan bu konsept geleceğin tasarım konsepti veya yeni nesil Performansa Dayalı Tasarım (Performance Based Design) olarak görülmektedir. Şekil 1 'de tasarım yaklaşımlarının aşamaları gösterilmiştir. Bu konsept çerçevesinde bahsedilen "Dirençlilik" kavramı yapının veya yapı elemanlarının sadece enerji sönümleme kapasiteleri anlamında kullanılmamıştır. Burada bahsedilen dirençlilik kavramı temel olarak, sismik olaylar meydana geldikten sonra yapının, hızlı bir şekilde eski ve iyi durumuna geri dönebilme kapasitesi anlamında kullanılmıştır. Güncel olarak yapılan analizler, insanlarla etkileşimi düşünmeden bir yapıya tek başına duruyor gibi yaklaşmaktadır. Ancak bunun yerine binalar, tasarım sürecinin entegre bir parçası olarak düşünülmelidir. Aslında, bina tek başına değil, bölgesel zarar analizine izin verecek bir nevi 'Portföy Yaklaşımı'nın kullanıldığı bir bina grubu olarak düşünülmelidir. RBD'nin amacı, toplulukları yani insanları olabildiğince "dirençli" hale getirmek, her yapının ve topluluğun işlevini olabildiğince hızlı bir şekilde yeniden kazanmasını sağlayan teknolojiler ve eylemler geliştirmektir.

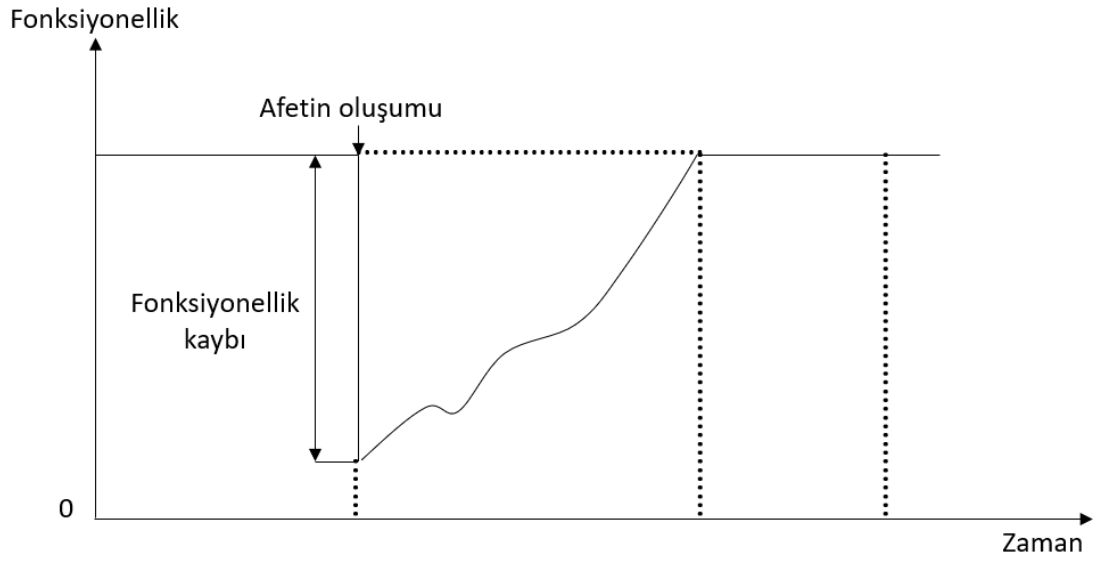


Şekil 1.1 Tasarım Yaklaşımları [1]

Bruneau ve arkadaşlarının Şekil 1.2’de ifade edilmiş olan tanımlamasıyla, teknik, organizasyonel, sosyal ve ekonomik olmak üzere temel olarak 4 ölçüt ile temellendirilen ve daha güvenilir, daha hızlı eski haline dönebilen ve düşük kayıpları tasarım çıktısı hedefleyen bu yöntem ile bu tez çalışmasında teknik parametresi üzerinden tasarım yapılacaktır. Bu tasarım neticesinde ise hedeflenen 3 ayrı çıktıya da ulaşılması öngörülmektedir [1,2].



Şekil 1.2 Bruneau[1] tanımına göre Dirençliliğin Yönleri



Şekil 1.3 Sismik Dirençliliğin Tipik Gösterimi [3]

Şekil 1.3'te fonksiyonellik-zaman grafiği ile tipik gösterimi yapılan RBD, yapı, yalnızca toplulukla etkileşimi değil, aynı zamanda potansiyel bir çoklu risk senaryosunu da hesaba katarak, birleşik çoklu yapısal sistemin bir bileşeni olarak daha geniş bir senaryoda düşünülmektedir. Böylece bölgesel kayıp analizi değerlendirilebilmektedir. Bu durum, yapının diğer yapılarla ve toplumla olan etkileşiminde bir bütün olarak ele alınması gerektiği anlamına gelir. Bu şekilde yapı, bir birim olarak değil, bir grup veya bina kümeleri olarak kabul edilir. Bu konsept, 1952'de Harry Markowitz [4] tarafından finans alanında geliştirilen Modern Portföy Teorisinden alınmıştır. Modern Portföy Teorisi (MPT), riskten kaçınan yatırımcıların belirli bir piyasa riski seviyesine dayalı olarak olası getiriye optimize etmek amacıyla için portföyleri nasıl oluşturabilecekleri üzerine bir teoridir. Markowitz'in teorileri, portföylerin, riskin, menkul kıymetler arasındaki korelasyonların ve çeşitlendirmenin önemini vurgulamıştır. Cimellaro [5] tarafından belirtildiği gibi, "MPT, toplu olarak herhangi bir bireysel varlıktan daha düşük riske sahip yatırım varlıkları koleksiyonunu seçme amacıyla yatırımda çeşitlendirme kavramının matematiksel bir formülasyonudur". Burada bahsedilen çeşitlendirme kavramı, belirli bir alandaki çeşitli binaların güçlendirme konseptlerindeki çeşitlendirmenin, dirençliliği toplu olarak artırabileceği şekilde, afet dirençliliğine uygulanabilir. Mali alandaki bu kavram, portföy varlığının MPT'deki getirisinin, bina portföyü üzerindeki toplam kayıpların ağırlığı olarak kabul edildiği şekilde bir mühendislik kavramına çevrilebilir. Bu durumda bina portföyü, her bir konut biriminin performans endeksinin ağırlık

kombinasyonu olarak tanımlanabilir [5]. Dirençliliği tanımlayan nitelikler sağlamlık, fazlalık, beceriklilik ve hızlılıktır [1], yani sağlamlık dayanıklılığın bir özelliği olduğu için, yapının performansının azalması üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabilir. PBD'nin aksine, RBD, nüfusun farklı özelliklerinin yanı sıra sosyal, ekonomik, işlevsellik parametreleri gibi çeşitli boyutları dikkate alır. Bu, belirli bir topluluğun işlevselliği için gereklidir. Performansa dayalı tasarım yönteminde, yapının taşıyıcı elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin ilgili sınır şartları çerçevesinde belirlenmesi mümkündür. Bu sınır şartları, çeşitli yer hareketi seviyeleri ve farklı yapı türleri için önceden belirlenen performans hedeflerine göre tanımlanmıştır. Oluşan hasarın yönetmelikler çerçevesinde kabul edilebilir hasar limitleri dahilinde olup olmadıkları kontrol edilir [6-8].

Kırılma eğrileri, belirli bir hasar sınır parametresi verilen belirli bir hasar durumuna ulaşma veya bu durumu aşma olasılığını belirler. Hasar durumları genellikle, binanın fiziksel bütünlüğünü ve yapısal kapasitesini belirleyen bütüncül veya yerel parametreler açısından tanımlanır. Analitik bir kırılma değerlendirilmesinde, hasar durumları, hasar eşiklerine, yani belirli bir hasar durumunun başlangıcını karakterize eden çatı veya katlar arası ötelenme gibi bir Mühendislik Talep Parametresinin (Engineering Demand Parameter) belirli değerlerine göre tanımlanır.

1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde yıkılan Çeltiksuyu okul binası bu tez çalışmasında analizlerin gerçekleştirileceği model olarak seçilmiştir. Okul binası hakkında detaylı bilgi verilmiş olup Artımlı Dinamik Analiz (IDA) ve kırılma analizi hakkında bilgi verilerek okul binası üzerinde analizler yapılmıştır ve akabinde Dirençlilik İndeksi (Resilience index) hesaplanmıştır. Analizlerde kullanılan sınır değerler için faydalanılan yönetmeliklerin sınır değer hesaplamaları yapılmış ve izah edilmiştir. Her yönetmelik için ayrı ayrı kırılma eğrileri elde edilmiş ve sonuç bölümünde karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Söz konusu okul binasının herhangi bir güçlendirme işlemi olmaksızın sadece güncel yönetmeliğe uygun malzeme dayanımları ile yapılmış olması durumunda yeniden modellenerek aynı analizler tekrarlanmış olup dirençlilik indeksi hesaplanmış ve mevcut yapı ile kıyaslanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Dirençlilik Esaslı Tasarım Konusunda Yapılan Çalışmalar

Bruneau M. Vd. [1] 2003 yılında ilk olarak dirençlilik esaslı tasarım konseptini ortaya çıkarmışlardır. Çalışmalarında Konseptin tanımı, gerekliliği ve karşılması ön görülen ihtiyaçlar irdelenmiş ve açıklanmıştır. Bu ilk konsept tanımının ardından 2007 yılında Bocchini vd. [2] sürdürülebilirlik ve dirençlilik konseptlerini kıyasladıkları çalışmalarında, dizayn ve yönetim anlamında bu iki yöntemin uygulamaları genel olarak alt yapı sistemleri özel olarak ise köprüler için araştırmalar yapmışlardır.

Shang vd. [3] çalışmalarında hastanelerin acil servislerinin doğal afetlerden sonra toplum için ne kadar önemli bir yere sahip olduğuna dikkat çekmişlerdir. Yapı bileşenlerinin işlevsellik ve sismik dirençlilik üzerindeki etkilerini mühendislik perspektifi açısından ölçmek için “durum ağacı yöntemi” adını verdikleri yönetime dayalı bir değerlendirme çerçevesi önermişlerdir. Tipik bir acil servis analiz edilmiş ve durum ağacı modeli oluşturulmuştur.

Cimellaro [5] çalışmasında, Topluluk dirençliliğinin temel kavramları analiz etmiş ve 'PEOPLES' ismini verdiği referans çerçevesi oluşturmuştur. Dirençlilik Esaslı Tasarımda performans sınırlarını tanımlamak için yeni bir performans matrisi önerilirken, tehlike yoğunluğu ölçümleri ve mühendislik talep parametreleri öne çıkmıştır.

Bruneau M. Vd. [9] yaptıkları çalışmalarında, konseptte ait metodolojiyi genişleterek dirençlilik fonksiyonları ile sismik performans ve kırılgenlik eğrileri arasında bağlantılar kurmuşlardır.

Cimellaro vd. [10] 2010 yılında yaptıkları çalışma ile afete dirençlilik kavramı ve nicel değerlendirmesi sunulmuştur. Depreme maruz kalan sağlık tesislerinin değerlendirilmesi için ortak bir referans çerçevesi oluşturularak birleştirilmiş bir terminoloji önerilmiştir.

Qingxue vd. [11] yaptıkları çalışmalarında şehir ölçeğinde dirençlilik esaslı tasarım hedeflenmiş ve bu doğrultuda referans bir şehir (Benchmark City) dizaynı ortaya koymuşlardır. Bu çerçevede Çin'in güneydoğu kıyı bölgesinde yer alan orta büyüklükteki bir şehrin yeni bir referans modeli sunulmuştur.

Shang vd. [12] çalışmalarında hastane sistemlerinin sismik dirençliliğinin değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Karar verici mekanizmaların (kurumların) deprem hasarını azaltmak için ihtiyaçları ve önceliklerini belirleyebilmeleri adına hastane sistemlerinin sismik direncini ölçmek için bir çalışma sunulmuştur. Bu çalışma ayrıca hastane sistemlerinin hasarları, müdahaleleri ve kurtarma süreci hakkında kapsamlı bir referans oluşturmaktadır.

Cimellaro vd. [13] çalışmalarında, bir deprem olayının ardından yol ağları ve bina birimleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı hesaba katan afet direncini ölçmek için yeni bir yöntem sunmuşlardır. Sırasıyla fiziksel altyapı birimlerinin performanslarını değerlendirmek ve yoldaki bir yapı biriminden düşen moloz miktarını değerlendirmek için bir performans fonksiyonu ve bir analitik model önerilmiştir. Sonuçlar, bir doğal afet sonrasında altyapıların performanslarını değerlendirmek için kullanılan parametreler olan topluluk dirençlilik indeksleri (community resilience indices) RI ve kurtarma süresi açısından karşılaştırılmıştır.

Yeow [14] doktora tez çalışmasında, insanların dengesini kaybetmesi ve düşmesi veya bina içeriğinin hareketinden kaynaklanan yaralanmaları tahmin etmek ve depremlerin neden olduğu yapısal hasar ve yaralanmaya bağlı kayıpları değerlendirmek amacıyla metodolojiler geliştirmeye çalışmıştır. Bu metodolojiler çeşitli yapılara uygulanarak sismik dirençlilikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Xiong vd. [15] hazırladıkları çalışmalarında, şehir ölçeğinde zaman tanım aralığı analizi (time history analysis) bina sismik dirençlilik simülasyonu çerçevesinde yürütülmüştür. Yürütülen bu çalışma, makul bir sismik dirençlilik değerlendirmesi ve onarım planlaması elde edebilmek için her binanın THA'dan elde edilen kat düzeyinde mühendislik talep parametreleri kullanılmıştır.

Tirca vd. [16] çalışmalarında, mevcut çapraz çerçeveli ofis binalarının deprem dayanımının değerlendirmesi için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Bu bağlamda hasar seviyeleri, deprem şiddeti ile ilişkili performans seviyelerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bilgisayar yazılımı kullanılarak zaman tanım alanı analizlerinden elde edilen IDA eğrilerinden kırılma eğrileri elde edilmiş ve hem aleatorik (raslantısal) hem de epistemik (bilgisel) belirsizlikler göz önünde bulundurulmuştur.

Ekhlaspour vd. [17] 2022 yılında yaptıkları çalışmalarında, İran'da bulunan yapılarının sismik dirençlilik indeksini tahmin edebilen, dirençlilik indikatörü (R_i) adı verilen web tabanlı bir yazılım aracı geliştirmişlerdir. R_i adı verilen indikatör, sismik dirençlilik indeksini hesaplayabilmekle beraber işlevsellik, kırılma eğrileri çizilebilmektedir. Çalışmalarında bahsedilen yaklaşım sayesinde kırılma eğrileri kullanılarak dirençlilik endeksinin hızlı bir şekilde elde edilebilmesinin yanı sıra IDA sonuçlarını R_i yazılımına yükleyerek yapısal dirençliliğin doğru bir şekilde değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır.

Samadian vd. [18] çalışmalarında, örnek olay olarak, Tahran'da 2000 yılında inşa edilen ve yaklaşık on yıl sonra betonarme perde duvarlar kullanılarak güncellenmiş bir lise ele alınmaktadır. Söz konusu okulun sismik dirençliliğini değerlendirmek için hem hasar görebilirlik hem de kırılma eğrilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, kayıp tahminleri için kırılma analizi kullanılarak bölgesel ekonomik koşullara dayalı yeni bir metodoloji uygulanmaktadır. Bu örnek olay çalışmasının sismik dirençliliği, 50 yılda %50, %20, %10 ve son olarak %2 olmak üzere dört tehlike seviyesinde değerlendirilmektedir.

Hashemi vd. [19] çalışmalarında, yapıların ve altyapıların sürdürülebilirlik değerlendirmesine sismik dirençliliğin sistematik olarak entegre etmek için bir çerçeve sunmayı amaçlamışlardır. Yumuşak katlı çökme mekanizmasına sahip çok katlı sınırlı sünekliliğe sahip betonarme bir binaya ait örnek olay çalışması sunulmuştur. Bir dizi çok eksenli hibrit simülasyonun sonuçlarına dayalı olarak sayısal bir model, doğrusal-elastik aralıktan çökmeye kadar ilk kat kolonlarının üç boyutlu tepkisini ve hasar durumlarını gerçekçi bir şekilde yakalamaya izin veren bir sayısal model

oluşturulmuştur. Ayrıca, bina kolonlarının restore edilmesinde kullanılan uygun maliyetli ve hızlı bir onarım stratejisi olarak karbon fiber takviyeli polimerlerin (CFRP) uygulanması incelenmiştir.

Li vd. [20] çalışmalarında, trafo merkezleri gibi karmaşık sistemlerin sismik dirençliliğini değerlendirmek için olasılık temelli yeni bir yöntem önermişlerdir. Çin'deki tipik bir trafo merkezinde bir örnek olay çalışması yapılmıştır. Sistemin sismik dirençliliği üç temel konu üzerinde durularak incelenmiştir. Bu konular, sistem işlevselliğinin tanımı; bileşenler arasındaki ilişkileri dikkate alan bir sistem modeli; sistem işlevselliğini geri kazanmak için kurtarma stratejileri olarak öne çıkmaktadırlar.

Lu vd. [21] çalışmalarında, dirençlilik alanında literatürde bulunan birçok çalışma irdelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Afet dirençliliğinin artırılmasının gerektiğini gösteren örnek olay çalışmaları incelenmiştir.

Yang vd. [22] 2020 yılında Çin'in ilk, binaların sismik dirençliliği üzerinde yoğunlaşan ulusal yönetmeliği çerçevesinde çalışmalarını yürütmüşlerdir. Bu çerçevede, Çin'in yüksek depremselliğe sahip bir bölgesinde yer alan mevcut iki betonarme çerçeveli binanın sismik direnci, "Binaların Sismik Dayanıklılık Değerlendirmesi için Çin Standardı"na dayalı olarak değerlendirmişlerdir. Bu tür binaların sismik dirençliliğini etkileyen kritik mühendislik talep parametreleri (EDP'ler) belirlenerek, farklı izolasyon şemaları (akma oranları vb.) ile güçlendirilen binaların sismik direnci, akma oranları, EDP'ler ve sismik direnç seviyeleri arasındaki ilişkilere vurgu yapılarak değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Buna göre, Çin standardına göre en yüksek seviyede sismik dirençlilik elde etmek için, %3'lük bir akma oranı önerilmiş ve mevcut bir betonarme çerçeve yapısının sismik dayanıklılığının iyileştirilmesi için hedef odaklı tasarıma uygulamaya çalışılmıştır.

Shang vd. [23] 2020 yılında yaptıkları çalışmalarında bir hastane acil servis bölümünün deprem sonrası performansını incelemişlerdir. Bu kapsamda hastane bileşenlerinin işlevsellik ve sismik dirençliliği üzerindeki etkilerini ölçebilmek adına "durum ağacı" ismini verdikleri yeni bir yöntem önermektedirler. Bu kapsamda tipik bir acil servis analiz edilmiş ve durum ağacı modeli geliştirmişlerdir.

Cimellaro vd. [24] hastane sisteminin sismik dirençliliğini inceledikleri çalışmalarında 6 farklı hastane yapısı incelenmiştir.

Aroquipa ve Hurtado [25] 2022 yılında yaptıkları çalışmada, olasılıksal bir risk değerlendirmesi yoluyla binaların sismik dirençliliği ölçmek için basitleştirilmiş bir metodoloji önermişlerdir. Önerilen metodoloji, sosyal ve ekonomik yönleri de dahil ederek geleneksel sismik risk değerlendirme metotlarından da faydalanılmıştır.

Gallo vd. [26] 2022 yılında yaptıkları çalışmada, dört farklı metot ile güçlendirmesi yapılan bir okul binasını sismik dirençlilik açısından incelemişlerdir. Sosyal, teknik, çevresel değerlendirme ve sismik dirençlilik kapsamında optimize edilmiş sismik güçlendirme alternatifini seçmek için çok parametrelili bir karar verme analizi yapmışlardır.

Castillo vd. [27] 2022 yılında yaptıkları çalışmada, sismik dirençliliği ölçmek için önerilen üç farklı yaklaşım ele alınmıştır. Önerilen yaklaşımlar, dirençliliği ölçmek için işlevsellik ölçüleri olarak onarım maliyetlerini, bina kullanım (doluluk) seviyelerini ve varlık değerlerini kullanmışlardır. Dirençlilik indeksleri, üç yaklaşım kullanılarak dört farklı örnek bina için sayısallaştırılmıştır. Binaların performansa dayalı değerlendirmeleri, Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (Federal Emergency Management Agency, FEMA) P-58 belgesindeki prosedürler takip edilerek yoğunluk bazlı bir yöntem ve basitleştirilmiş analiz prosedürleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Singh vd. [28] 2022 yılında yaptıkları çalışmalarında, literatürde bulunan binalar için dirençlilik endeksinin nasıl hesaplandığına ve bu yaklaşımın bazı eksikliklerine kısa bir özet şeklinde değinmişlerdir. Bu eksikliklerin bazılarının üstesinden gelmek için bir Dirençlilik İndeksi önermişlerdir. İki farklı bina üzerinde hesaplamalar yapıp sonuçlar tartışılmıştır.

Yin vd. [29] yapıların sismik dirençlilik indeksini değerlendirmek ve ölçmek için çeşitli yöntemleri ele aldıkları 2022 yılında yaptıkları çalışmada, binaların değerlendirilmesi, fonksiyonellik eğrileri kullanılarak, doğrudan ve dolaylı kayıp

fonksiyonları ile zaman geri kazanım fonksiyonları elde edilerek incelemişlerdir. Aynı zamanda köprüler, yol ve drenaj sistemleri, kanalizasyon sistemleri, güç iletim sistemleri ve diğer temel alt sistemler gibi diğer alt sistemlerinde sismik dirençlilik indeksi üzerindeki etkisi ele alınmıştır.

Huang [30] 2022 yılında yaptığı çalışmada, depreme maruz kalan sığ dairesel tünellerin kırılma ve iyileşme fonksiyonlarını kullanarak dirençlilik değerlendirmesi için bütünsel bir çerçeve sunmuştur. Önerdikleri çerçeve ile daha dirençli metro sistemlerinin dirençliliğinin saptanması ve güçlendirme önlemlerinin geliştirilmesiyle karar verici mekanizmaların sismik tehlikelere adaptasyonları güçlendirmeyi amaçlamışlardır.

2.2 Kırılma Eğrileri Konusunda Yapılan Çalışmalar

Kırılma eğrileri, sismik hareketler nedeniyle binaların hasar olasılığını tahmin etmek için birçok araştırmacı tarafından oldukça faydalı bir araç olarak kullanılmıştır.

Kircher vd. [31] 1997 yılında yaptıkları çalışmada, FEMA deprem kayıp tahmini metodolojisi çerçevesinde yapıların yapısal ve yapısal olmayan elemanlarının hasar görme olasılıklarını incelemişlerdir.

Feng vd. [32] 2000 yılında yaptıkları çalışmada, hem ampirik hem de analitik yapısal kırılma eğrilerinin istatistiksel analizini yapmışlardır. Analitik kırılma eğrileri, doğrusal olmayan dinamik analiz temelinde, ampirik kırılma eğrileri, 1995 Hyogo-ken Nanbu (Kobe) depreminden elde edilen köprü hasar verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Akkar vd. [33] 2005 yılında yaptıkları çalışmada, Türkiye’de bulunan 2 ile 5 katlı 32 adet farklı örnek betonarme yapı ele alınarak kırılma fonksiyonlarını oluşturmuşlardır. Örnek binaların yanal rijitlik, dayanım ve deformasyon kapasiteleri x ve y doğrultusunda ayrı ayrı gerçekleştirilen statik itme analizleri ile belirlenmiştir.

Aslani ve Miranda [34] 2005 yılında yaptıkları çalışmalarında, depreme maruz kalan mevcut betonarme binaların döşeme-kolon bağlantılarında oluşan hasarların, farklı hasar seviyelerini aşma olasılığını tahmin eden kırılabilirlik fonksiyonlarını oluşturmuşlardır. Oluşturulan kırılabilirlik fonksiyonları, son 36 yılda gerçekleştirilen ve toplam 82 farklı örneği içeren 16 araştırmadan elde edilen deneysel verilere dayanmaktadır.

Korkmaz ve Aktaş [35] 2006 yılında yaptıkları çalışmada, betonarme çerçeve yapılar üzerinde hem statik hem dinamik analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu yapıların olasılıklı sismik davranışını belirlemek amacıyla kırılabilirlik analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Eads vd.[36] 2012 yılında yaptıkları çalışmada, ortalama yıllık çökme frekansının (λ_c) hesaplanmasında yer alan çeşitli parametreleri incelemişler ve sismik bölgelerde yapıların çökme riskini tahmin etmek için verimli bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntemin, tahmindeki hesaplama çabasını ve belirsizliği önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir.

Baker [37] 2015 yılında kırılabilirlik fonksiyonu tahmini için istatistiksel çıkarım kavramlarının uygulanabilirliğini izah ettiği çalışmada, çeşitli yapısal analiz stratejileriyle kullanım için uygun yaklaşımlarını tanımlamış ve gerekli yapısal analiz sayısını en aza indirirken kırılabilirlik fonksiyonlarının nasıl hesaplanabileceğini incelemiştir.

Eem ve Jung [38] 2018 yılında yaptıkları çalışmalarında, sismik izolasyonlu bir yapının sismik kırılabilirlik değerlendirmesini herhangi bir sismik tepki analizi yapmadan sismik tepki dağılımlarını tahmin edebilen bir araç olan stokastik tepki veri tabanı kullanılarak değerlendirebilecek yeni bir metodoloji önermişlerdir.

Kia vd. [39] 2018 yılında yaptıkları çalışmada, Bayesian regresyonuna dayalı talep ve çöküş modellerini zaman alıcı analizlere olan ihtiyacı ortadan kaldırmak için önermişlerdir. Doğrusal denklem şeklinde geliştirilen talep modeli, genel olarak maksimum katlar arası ötelemeyi tahmin ederken, lognormal kümülatif dağılım

fonksiyonu ile matematiksel olarak ifade edilen çökme modeli, yapının temel periyodunda belirli bir spektral ivme için çökme oluşma olasılığı hesaplanmıştır.

Sisi vd. [40] 2018 yılında yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin doğusundaki yapıların kırılgenlik fonksiyonlarını yapısal değışkenlik ve yerel saha koşullarında çerçevesinde ele almışlardır.

Yazdabad vd. [41] 2018 yılında yaptıkları çalışmalarında, bir su tankında duvarın çökmesi, su sızması, gerilme çatlağı ve eğilme durumlarında kırılgenlik eğrilerini hesaplamışlardır.

Hancılar vd. [42] 2019 yılında yaptıkları çalışmalarında, İstanbul'da 2000 yılı sonrası yapılan binalar için ekonomik kayıp ve karşılaştırmalı hasar tahminleri yapmıştır. Bu amaçla, ELER (Earthquake Loss Estimation Routine) yazılımının Kentsel Deprem Kayıpları Tahmin Modülü kullanılmıştır.

Silva vd. [43] 2019 yılında yaptıkları çalışmalarında, kırılgenlik (fragility) ve hasar görabilirlik (vulnerability) modellemelerinin 12 farklı uzmanın bir araya gelerek yer hareketi kayıtları, karmaşık gerçek yapıların basitleştirilmiş yaklaşımlarla modellenmesi, tesadüfi ve epistemik belirsizliklerin yayılması ve hasar görabilirlik sonuçlarının doğrulanması tartışılmış ve hasar görabilirlik modellemesinde güvenilirliği ve doğruluğu artırmak için önerilerde bulunulmuştur.

Yön [44] 2020 yılında yaptığı çalışmasında, kırılgenlik eğrilerini kullanarak, 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre betonarme binaların depreme karşı kırılgenliğini incelemiştir. Bu çerçevede yaptığı analizler için tipik beş ve yedi katlı betonarme binalar seçmiş ve IDA analizini kullanmıştır.

Onat ve Yön [45] 2021 yılında yaptıkları çalışmada, çekme donatısı oranı ve beton dayanımının betonarme yapıların performansını nasıl etkilediğine odaklandıkları çalışmalarında IDA analizini kullanmışlardır.

Onat ve Yön [46] 2021 yılında yaptıkları çalışmalarında, yapısal değerlendirmelerin daha kolay yapılabilmesi için TBDY-2018 çerçevesinde yeni bir görelî kat ötelemesi oranı sınır durumları önermişlerdir.

Verki ve Preciado [47] 2022 yılında yaptıkları çalışmada, IDA analizi yoluyla farklı tipteki yüksek çelik binaların kırılğanlık eğrilerini elde etmişlerdir.

Wang vd. [48] 2022 yılında yaptıkları çalışmada, kırılğanlık analizini iki farklı yer hareketi kategorisinin etkisi altında değerlendirmişlerdir. Yapıların göreceli kat ötelemesi bir hasar kriteri olarak kabul edilmiş olup HAZUS (Hazard US) yönetmeliğindeki görelî kat ötelemesi için uygulanan sınırlar kullanılmıştır.

Gwalani vd. [49] yaptıkları çalışmalarında, modern sismik yönetmeliklere göre tasarlanmış kolonlarda süreksizliği olan betonarme çerçeve binaların sismik göçme kapasitesi, maksimum deprem talep seviyesine karşı göçme direnci ve göçme mekanizması biçimindeki kırılğanlığını değerlendirmişlerdir.

2.3 Duvar Modellenmesi Konusunda Yapılan çalışmalar

Dolgu duvarın kullanıldığı betonarme (BA) çerçeveler, sıklıkla kullanılan yapısal sistemlerdir. Deprem yüklemelerine maruz kalan çerçevelerin davranışı üzerinde dolgu duvarların etkisinin çok önemli olduğu bilinmektedir. Dolgu duvarlar yapı boyunca düzenli bir şekilde dağılmışsa, genellikle yapının sismik davranışı üzerinde faydalı bir etkiye sahiptirler. Öte yandan dolgu duvarların planda ve özellikle kesitte düzensiz konumlanması nedeniyle olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir [50].

Dolgu duvarlar 1950'li yılların başından itibaren birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Çok sayıda araştırmacı, düzlem içi ve düzlem dışı yanal yüklere maruz kalan dolgu duvarlı çelik ve betonarme çerçevelerin davranışını incelemiştir. Bu çalışmalar hem deneysel hem de sayısal analizleri içermektedir [51].

Uva vd. [52] çalışmalarında betonarme çerçeve içerisine yerleştirilen yığma dolgu duvarların performansını incelemiş ve farklı modelleme yaklaşımlarının analiz hassasiyetine etkisini araştırmışlardır.

Akyürek vd [53] yaptıkları çalışmada, dolgu duvar miktarının ve yerleşiminin yapının sismik performansına etkisini incelemişlerdir. Sonuç kısmında dolgu duvarların yerleşiminin düzensiz olması durumunda dolgu duvarların hesaplara dahil edilmesi gerektiği özellikle vurgulanmıştır.

Chrysostomou ve Asteris [54] dolgu duvarlı çerçevelerin düzlem içi davranışını ve düzlem içi göçme modlarını araştırdıkları çalışmalarında bu göçme modlarını tahmin etmek için basitleştirilmiş yöntemler önermişlerdir.

Cavaleri vd. [55] betonarme bir okul binası üzerinde yaptıkları çalışmada, dolgu duvar modellemesini eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılarak yapmışlardır. Kolonlarda meydana gelen ilave kesme kuvveti talebinin belirlenmesi için yeni bir prosedür önermişlerdir.

Ricci vd [56] betonarme binaların yanal rijitliğine dolgu duvar katkısının elastik titreşim periyodu üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir.

Aksoy ve Avşar [57] yaptıkları çalışmada, dolgu duvar kullanımının betonarme çerçeve davranışı üzerindeki etkisinin irdelenmiştir. Bu çerçevede bir katsayı önermişlerdir. Kentsel Dönüşüm kapsamında yürürlükte olan Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RBTEİE) 'da bu etki ile ilgili verilmiş benzer bir önerinin kullanımının uygun olup olmadığı irdelenmiştir. Dolgu duvarların yerleşiminin simetrik olmaması durumunun yapıda burulmaya yol atığı ve bu durumun bazı kolonlar üzerinde daha büyük kesme kuvveti talebi ortaya çıkardığını ortaya koymuşlardır.

Tekeli ve Aydın [58] çalışmalarında, pencere kapı gibi boşlukları olan dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin yanal yükler altındaki davranışı incelenmiştir.

Shing ve Mehrabi [59] dolgu duvar kullanılmış yapıların davranış ve modellemesine ilişkin son bulguların ve gelişmelerin bazılarını özetlemiştir.

Akyürek vd [60] çalışmalarında, dolgu duvarların binanın davranışına ve deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı açıklık sayısına ve kat adedine sahip konut türü betonarme binalar model olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar dolgu duvar yerleşiminin, bina davranışını önemli derece etkilediğini göstermiştir.

Akyürek vd. [61] çalışmalarında, betonarme altı katlı bir binanın sismik davranışı, yığma dolgu duvar, pasif ve aktif ayarlı kütle damperi (ATMD) kombinasyonları ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, yığma dolgu duvarın sismik analize dahil edilmesinin çok önemli olduğunu ve yapının temel frekansı ve sismik karakteristiği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca katlar arası ötelenmenin azaltılmasında ve binanın sismik enerji performansında önemli bir etkiye sahiptir.

Tekeli vd [62] yaptıkları deneysel çalışmada, aynı yapısal özelliklere sahip olmak kaydıyla 4 farklı betonarme çerçeve üretilmiştir. Numunelerden biri boş çerçeve diğer üçü ise tuğla dolgu duvarlı çerçevedir. Bu duvarlara hasır donatılı sıva ile güçlendirme uygulaması yapılmıştır. Yanal yük taşıma kapasitesi ve enerji tüketme kapasitelerindeki artış sonuçlar bölümünde gösterilmiştir.

Uğurlu [63] yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, farklı tiplerde dolgu duvarlı (geleneksel tuğla, kilitli tuğla) betonarme çerçeveleri deneysel çalışmalar ile ele almıştır. Deney ortamında oluşturdıkları betonarme çerçeveler quasi-statik yükleme deprem etkisine maruz bırakılmış ve ortaya çıkan deney sonuçları rijitlik, dayanım ve enerji sönümü gibi parametreler çerçevesinde kıyaslamıştır.

Görgün [64] yaptığı doktora tez çalışmasında, ‘‘komponent metodu’’ adı verilen metod ile yaptığı deneysel çalışma ile hem tam ölçekli bağlantı testlerinde hem de daha küçük izole bağlantı testlerinde yarı rijit prekast beton bağlantılar için moment-dönme ilişkilerinin belirlenmesini incelemiştir. Bu metodu, bağlantının çeşitli parçalarının ve arayüzlerinin deformasyonunun toplandığı ve tam ölçekli alt çerçeve bağlantı testlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmasında kullanmıştır.

Bu tez çalışmasında, inşaat mühendisliği alanında giderek önemini arttırmakta olan Dirençlilik Esaslı Tasarım incelenmiştir. Dirençlilik indeksi hesaplaması için gerekli analizler Artımsal Dinamik Analiz ve Kırılabilirlik analizleri ayrıca incelenmiştir. Yapıların rijitliklerine katkı sağlayan perdeli sistemlere alternatif olarak önerilen duvar modelinin yapıların dirençlilik indeksine doğrudan etki etmesi beklenmektedir. Bu çerçevede bu iki analiz metodu ve duvar modellemesi ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve bu bölümde verilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Dirençlilik Esaslı Tasarım (Resilience Based Design)

Dirençlilik kavramı malzeme biliminden ekonomi ve psikoloji gibi sosyal bilimlere kadar birçok farklı alanda benzer anlamlara gelecek şekilde kullanılagelmiştir. İnşaat mühendisliği alanında ilk olarak 2003 yılında Bruneau vd. [1] yaptıkları çalışma ile dirençlilik kavramına başka bir boyut daha eklemişlerdir. Yaptıkları dirençlilik tanımı kısaca, bir afet sonrası yapıların eski fonksiyonelliklerine dönebilme becerisi olarak ifade edilebilir.

Bu metodun işlem adımları kısaca şöyle ifade edilebilir. Çalışmaya konu olan yapı belirlenir ve akabinde sismik tehlike analizi yapılır. Yapı yazılım programında modellendikten sonra Artımsal Dinamik Analiz prosedürleri seçilen deprem ivme kayıtlarına göre uygulanır. Kırılgnlık eğrilerinin oluşturulması için önceden belirlenen hasar sınırları Artımsal Dinamik Analiz sonuçları çerçevesinde uygulanır ve kırılgnlık eğrileri oluşturulur. Bunun neticesinde fonksiyonellik eğrisi oluşturulur ve dirençlilik indeksi hesaplanır.

3.1.1 Dirençlilik indeksinin hesaplanması

Sismik dirençlilik, analiz edilen yapının sismik olaylara maruz kaldığında belirli bir süre boyunca eski işlevsellik düzeyine ulaşma yeteneği olarak düşünülebilir. Dirençlilik 'in hesaplanması denklem 3.1 'de gösterilmiştir.

$$R = \int_{T_{OE}}^{T_{OE}+T_{LC}} \frac{Q(t)}{T_{LC}} dt \quad (3.1)$$

Burada, T_{OE} (Time of Occurrence of event E) E olayının gerçekleşme zamanı, T_{LC} (Control Time of System) sistemin kontrol süresini ifade etmektedir. Dirençlilik (R), genellikle standartlarca önceden belirlenen kontrol süresi (T_{LC}) olarak tanımlanan bir süre boyunca belirli bir yapı veya bir topluluk için yine önceden belirlenmiş olan işlevsellik veya performans düzeyini sürdürebilme yeteneğini gösteren bir fonksiyon

olarak tanımlanır [1-3]. $Q(t)$ işlevsellik fonksiyonunu ifade etmekte olup denklem 3.2’de verilmiştir.

$$Q(t) = [1 - L(I, T_{RE})] \times [H(t - t_{OE}) - H(t - (t_{OE} + T_{RE}))] \times f_{REC}(t, t_{OE}, T_{RE}) \quad (3.2)$$

İşlevsellik fonksiyonu içerisinde yer alan $L(I, T_{RE})$ kayıp fonksiyonunu (Loss Function) ifade etmekte, $f_{REC}(t, t_{OE}, T_{RE})$ iyileşme fonksiyonunu (Recovery Function) ifade etmekte, $H(t - (t_{OE} + T_{RE}))$ birim adım fonksiyonunu (Heavyside step Function) ve T_{RE} E olayı sonrası iyileşme süresi (Recovery Time of Event E) ifade etmektedir. İyileşme süresi (T_{RE} , Recovery Time), dirençlilik analizine konu olan sisteminin işlevselliğini, afet öncesi haline veya ondan daha iyi bir düzeye getirmek için gerekli olan öngörülen süredir. Genellikle kontrol süresinden (T_{LC}) küçük olan iyileşme süresi (T_{RE}) depremin şiddeti, inşaat süresi, harcanacak para iş gücü vb. kaynakların miktarı, yapının lokasyonu gibi oldukça fazla belirsizliklere sahip ve dirençlilik analizinde belirlenmesi en güç parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir.

3.1.2 Kayıp fonksiyonu (Loss Function)

Genel olarak, bir kayıp fonksiyonu, doğrudan (L_D) ve dolaylı (L_I) kayıp olmak üzere iki bölümden oluşur.

$$L(I, T_{RE}) = L_D + \alpha_I \times L_I \quad (3.3)$$

Afet sırasında anında meydana gelen doğrudan kayıplar (L_D), yapısal ve yapısal olmayan eleman kayıplarını ve doğrudan can kayıplarını içermektedir. Ancak dolaylı kayıplar (L_I) zamansal etkilere bağlıdır. Denklem 3.3’te bir ağırlık faktörü olan α_I , ilgili yapının toplum için önemine ve yapının diğer sistemler üzerindeki etkisine bağlı olarak dolaylı kayıplarla çarpılır. Bu anlamda α_I bir önem faktörü katsayısı olarak düşünülebilir. Doğrudan ekonomik kayıplar (L_{DE}), aşağıdaki denklem kullanılarak bina onarım giderlerinin yenileme maliyetlerine oranı olarak tanımlanır.

$$L_{DE,K}(I) = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{C_{sj}}{I_s} \prod_{i=1}^{t_i} \frac{(1+\delta_i)}{(1+r_i)} \right\} \cdot P_j \{ \cup_{i=1}^n (R_i \geq r_{lim} | I) \} \quad (3.4)$$

P_j bir j performans sınır durumunu aşmanın koşullu olasılığı durumudur. I yoğunluğuna sahip bir afet olayı meydana geldiğinde, C_{sj} bir j performans seviyesinin aşılması sonucu oluşan hasar durumuyla ilgili bina onarım maliyetidir. I_s ise aynı durumda yapının yeniden yapım maliyetidir. İlk yatırım zamanı ile afet olayının gerçekleştiği zaman arasındaki t_i yılı cinsinden zaman aralığı için uygulanan yıllık iskonto oranı r_i iken δ_i yıllık amortisman oranıdır.

Her yapısal ve yapısal olmayan eleman k için doğrudan ekonomik kayıpların ($L_{DE}(I)$) değerlendirilmesiyle, doğrudan ekonomik kayıplar aşağıdaki ağırlık ortalaması ifadesi kullanılarak hesaplanır.

$$L_{DE}(I) = \frac{(\sum_{k=1}^n W_K \times L_{DE,K}(I))}{N} \quad (3.5)$$

Burada W_K , binadaki her yapısal ve yapısal olmayan bileşenin önemini temsil eden bir ağırlık faktörüdür ve N , asansörler, tavanlar, bölmeler, cam, borular, mekanik ve elektrikli ekipman vb. gibi yapısal ve yapısal olmayan bileşenlerin toplam sayısıdır.

$L_{DE,K}(I)$ ise, K bileşeni ile ilişkili doğrudan ekonomik kayıptır, N sistemdeki yapısal ve yapısal olmayan bileşenlerin toplam sayısıdır ve W_K binadaki her bir yapısal/yapısal olmayan bileşenle ilişkili bir ağırlık faktörüdür. Yapısal olmayan bileşenler arasında tavanlar, asansörler, mekanik ve elektrikli ekipmanlar, borular, bölmeler örnek olarak gösterilebilir.

3.1.3 İyileşme fonksiyonu (Recovery Function)

İyileşme süreci karmaşıktır ve birçok değişkenden, zaman boyutundan ve mekânsal boyuttan etkilenir, aynı topluluk veya bölgelerdeki çeşitli coğrafi alanlar arasındaki eşitsizlikleri gösterir, farklı iyileşme oranları ve kalitesi gösterir. Bu gözlem, bir tesisin ve/veya bir sistemin kurtarma modellemesinin karmaşıklığını göstermektedir. Sisteme ve toplum hazırlık yanıtına bağlı olarak farklı iyileşme fonksiyonu türleri seçilebilir.

Yaygın iyileşme fonksiyonları, lineer, üstel [28] ve trigonometrik [29] olarak üçe ayrılabilir. Bu çalışmada lineer kurtarma fonksiyonu ele alınmıştır.

$$f_{REC}(t, t_{OE}, T_{RE}) = \left\{ 1 - \left(\frac{t - t_{OE}}{T_{RE}} \right) \right\} \quad (3.6)$$

L_{DE} (3.4) Denklemindeki terim $P_j\{\cup_{i=1}^n (R_i \geq r_{lim\ i} | I)\}$ içerisinde yer alan j performans sınırı durumunu aşmanın koşullu olasılığını gösteren kırılganlık analizinden türetilmelidir. Kırılganlık analizinin metodolojisi sonraki bölümde ele alınmıştır.

3.2 Kırılganlık Eğrileri (Fragility Curves)

Bir yapının güçlü bir depreme maruz kalma olasılığı her zaman vardır. Bu olasılık genel olarak yapının ekonomik ömrü içerisinde gerçekleşebileceği varsayılararak değerlendirilmektedir. Kırılganlık analizleri, yapıların hasar olasılıklarını ve tepkilerini belirlemek için bir araç olarak kullanılmaktadır [65-66]. Sismik kırılganlık kavramı, belirli sismik etkilerin etkisi altında önceden tanımlanmış bir sınır koşulu altında bir yapının düşük performans gösterme eğilimi veya performans öngörüsü olarak tanımlanabilir. Bu tanımla ile sismik kırılganlık analizi, yapıların sismik performans değerlendirmesi için olasılıksal bir ölçü olarak düşünülebilir. Kırılganlık eğrileri, önceden tanımlanmış yer hareketi yoğunluğu seviyeleri için önceden tanımlanmış sınır koşulları aşma olasılığını temsil eden sürekli fonksiyonlardır.

Kırılganlık eğrileri, bir yapının çökme olasılığını veya önceden belirlenen (hafif hasar orta hasar vb.) başka bir sınır durumunu, önceden belirlenmiş olan yer hareketi yoğunluk ölçüsünün (Intensity Measure), IM'nin bir fonksiyonu olarak belirtir. IM parametresi genellikle belirli bir periyot ve sönüm ile spektral ivme ile ölçülür, ancak kırılganlık analizlerinde herhangi bir yer hareketi yoğunluğunun herhangi bir ölçüsü de kullanılabilir. Yapısal analiz sonuçlarından elde edilen kırılganlık eğrileri, yapısal değerlendirme prosedürlerinde giderek daha tercih edilir hale gelmektedir [37].

Kırılganlık eğrileri genellikle, IDA gibi yapının dinamik analizden türetilmektedir. Bu tür bir yöntemde statik yöntemlerden farklı olarak analitik kırılganlık fonksiyonlarında toplanan veriler IM düzeylerinin seçimi, analiz sayısı ve ölçek faktör sayısı açısından

analizi yapan araştırmacının kontrolündedir. Bir kırılmanlık fonksiyonunu tanımlamak için genellikle bir lognormal kümülatif dağılım fonksiyonu kullanılır.

$$P(C|IM = x) = \varphi\left(\frac{\ln\left(\frac{x}{\theta}\right)}{\beta}\right) \quad (3.7)$$

Denklem 3.7’de “ $P(C | IM=x)$ ”, $IM = x$ olan yer hareketinin yapının çökmesine neden olabilecek etki ölçüsü (IM) olma olasılığıdır. Öte yandan, φ standart normal kümülatif dağılım fonksiyonudur (Cumulative Distribution Function). θ kırılmanlık fonksiyonunun medyanıdır (%50 çökme olasılığı bulunan IM seviyesi) ve β , $\ln IM$ 'nin standart sapmasıdır.

Artımlı dinamik analiz, her deprem kaydı verisini art arda ölçekleyen bir süreçtir. Bu süreç yapı çökene kadar devam eder. Bu sürecin ürünleri, her yer hareketi için çöküşün başlangıcı olan IM değerleridir. Seçilen IM düzeyinde x'e eşit olan çökme olasılığı, çöküşün x'ten daha düşük bir düzeyde gerçekleştiği kayıtların oranı olarak tahmin edilebilir. Kırılmanlık fonksiyonunun parametreleri, her bir yer hareketinin çökme başlangıcına ilişkin IM değerinin logaritmaları alınarak ve ortalama (θ) ve standart sapma (β) hesaplanarak bu değerlerden tahmin edilebilir.

$$\ln \theta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln IM_i \quad (3.8)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\ln \left(\frac{IM_i}{\theta}\right)\right)^2} \quad (3.9)$$

Denklem 3.8 ve 3.9'da, "n", dikkate alınan yer hareketi sayısıdır ve "IM_i", yer hareketi sayısı "i" için göçmenin başlangıcını gösteren IM değeridir. Bu yöntem moment tahmin edici yöntem denilmektedir. “ $\ln \theta$ ” ve “ β ” ise “ $\ln IM$ ” değerlerini temsil eden normal dağılımın ortalama ve standart sapmasıdır. IM'nin lognormal olarak dağılması durumunda, $\ln IM$ 'nin ortalamasının IM'nin medyanına eşit olmaktadır. Bu şekilde bir θ tahmini üretilmektedir. Dağılımın ortalama ve standart sapması, bir dizi veriden örnekler kullanılarak tahmin edilir [17,34,67].

Bu kırılma eğrisi yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır ve Porter vd. [68] 2007 yılında yaptıkları çalışmalarında “Yöntem A” olarak belirtilmektedir. Yapısal göçme dışındaki veriler için kırılma fonksiyonlarını kalibre etmek için kullanılır. Tez çalışmasında metodoloji olarak bu kırılma yaklaşımı seçilmiştir.

3.3 Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis)

Performansa Dayalı Deprem Mühendisliğinde önemli bir konu, sismik yükler altında yapısal performansın tahmini, özellikle de belirli bir yapısal talep seviyesini (örneğin, maksimum tepe veya göreceli kat ötelemesi) veya belirli bir sınır durumu kapasitesinin kaç yılda bir yüzdelik cinsinden aşılma olasılığının tahminidir. Performansa dayalı tasarımın bu önemli ihtiyacının karşılanması hususunda statik yöntemlerin dışında gittikçe daha sık kullanılan bir yöntem olarak yapısal modelin doğrusal olmayan dinamik analizleri öne çıkmaktadır. Bu yöntem uygulanırken, her biri yapıyı elastik bölgeden plastik bölgeye ve daha sonra nihai olarak kararsızlığa doğru zorlamak için tasarlanmış çeşitli yoğunluk seviyelerine ölçeklendirilmiş bir dizi yer hareketi kaydı altında gerçekleştirilmesi biçiminde gerçekleştirilir. Tüm bu adımların tamamına Artımsal Dinamik Analiz (IDA) denilmektedir [69].

Bu şekilde, hasar ölçüsü (genellikle tepe deplasmanı veya katlar arası öteleme kabul edilir) ile yer hareketi yoğunluk seviyesi (intensity measure IM) arasında çizilen eğriye artımsal dinamik analiz eğrisi denmektedir. Sınır durumları (örn., Sınırlı Hasar veya Göçmenin önlenmesi) her bir IDA eğrisinde tanımlanabilir. IM seviyesi verilen belirli bir sınır durumunu aşma olasılığını üretmek için de kullanılabilir.

İlk adım olarak, analize konu olan tüm terimlerin tanımlanması ve zaman-tanım aralığında ivme kaydının ölçeklendirilmesi kavramının izah edilmesi ile metodoloji izah edilebilir.

3.3.1 Ölçeklendirme katsayısı (Scale Factor, SF)

Ölçeklendirilmemiş (doğal) zaman-tanım aralığında ivme kaydının negatif olmayan ölçeklendirme katsayısı ile ölçeklendirildiği katsayılar Scale Factor olarak adlandırılır.

3.3.2 Yoğunluk seviyesi (Intensity Measure, IM)

Bir yer hareketi kaydının 'yoğunluğunu' karakterize etmek için birçok nicelik önerilmiş olsa da, bunların nasıl ölçeklendirileceği her zaman açık olmayabilir, örneğin Moment Büyüklüğü, Süresi veya Değiştirilmiş Mercalli Yoğunluğu (Deprem Şiddeti); ölçeklenemez olarak belirlenmelidir. Ölçeklenebilir IM'lerin yaygın örnekleri, Maksimum Yer İvmesi (PGA), Maksimum Yer Hızı (PGV), yapının ilk mod periyodunda %5 sönümlü Spektral İvme ($S_a(T_1; \%5)$) olarak örneklendirilebilir. Bu IM'ler ayrıca SF(Scale Factor) ile orantılı olma özelliğine de sahiptir.

3.3.3 Hasar seviyesi (Damage Measure, DM)

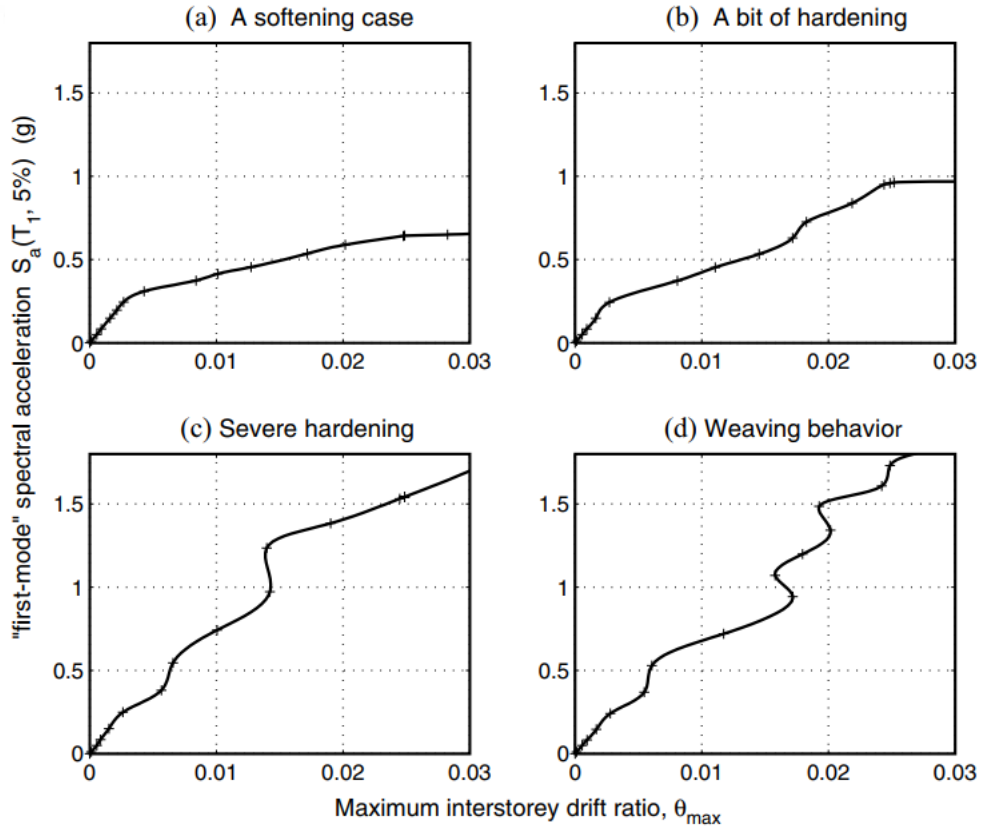
Hasar seviyesi (DM), ilgili doğrusal olmayan dinamik analizin çıktısının bir parçası olan veya bundan çıkarılabilen gözlemlenebilir bir niceliktir. Olası seçenekler maksimum taban kesme kuvveti, düğüm noktası dönmeleri, tepe kat ötelemeleri ve önerilen çeşitli hasar endeksleri olabilir (maksimum çatı ötelemesi veya maksimum katlar arası öteleme). Uygun bir DM seçimi uygulamaya ve yapının kendisine bağlıdır; Performansa dayalı bir deprem mühendisliği değerlendirmesinde farklı tepki özelliklerini, sınır durumlarını veya ilgilenilen yenilme modlarını değerlendirmek için iki veya daha fazla DM'nin (tümü aynı doğrusal olmayan analizlerden kaynaklanan) kullanılması arzu edilebilir. Çok katlı bir çerçevede yapısal olmayan içeriklere verilen hasarın değerlendirilmesi gerekiyorsa, en yüksek kat ivmeleri bariz seçimdir. Öte yandan, çerçeve binaların yapısal hasarı için, göreceli kat öteleme açıları, düğüm noktası dönmeleri ve yerel kat çökmeleri ile yakından ilişkilidir, bu nedenle güçlü bir Hasar Seviyesi (DM) adayı haline gelir [69,70].

3.3.4 Artımsal dinamik analiz (IDA)

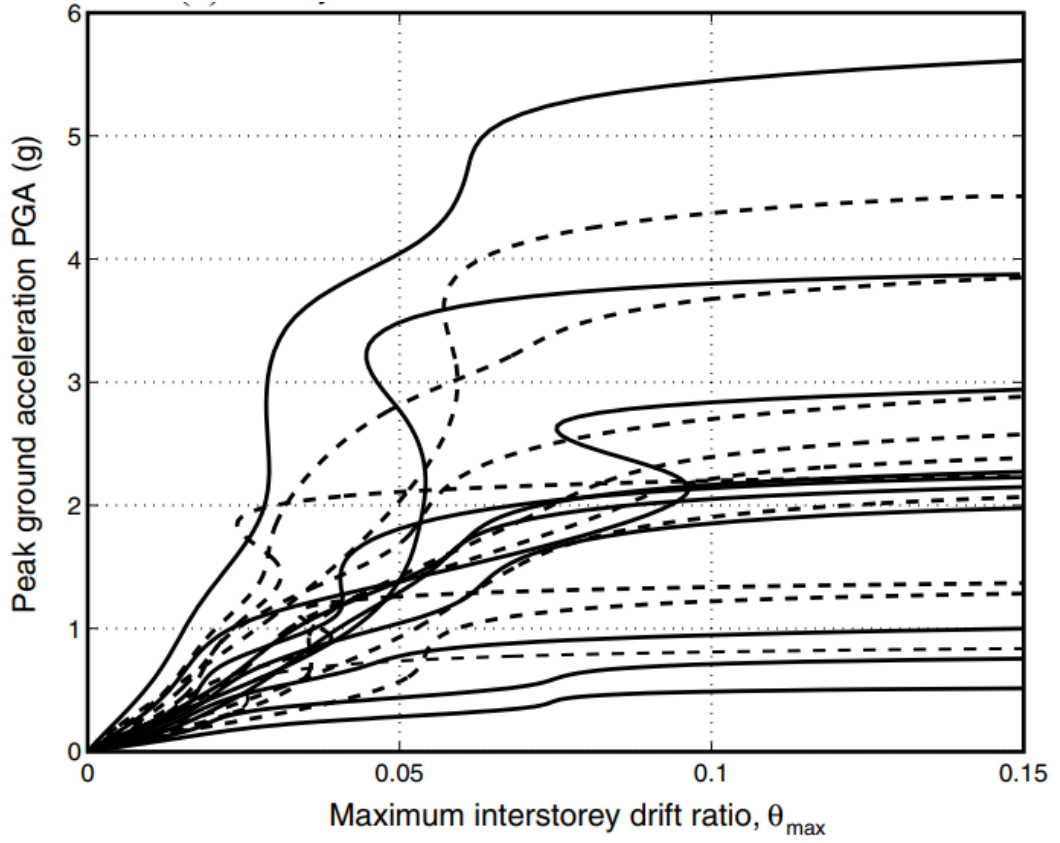
IM'leri ideal olarak elastikten doğrusal olmayana ve nihayetinde yapının çökmesine kadar tüm aralığı kapsayacak şekilde seçilen, ölçeklendirilmiş bir ivme kaydı altında gerçekleştirilen bir dizi dinamik doğrusal olmayan analize verilen isimdir. Burada amaç, ölçeklendirilmiş yer hareketinin her IM seviyesinde yapısal modelin DM'lerini kaydetmektir. Sonuçta ortaya çıkan değerler, genellikle yoğunluk seviyesine (IM) karşı gelecek biçimde sürekli eğriler olarak çizilir.

3.3.5 Artımsal dinamik analiz eğrisi (IDA Curve)

Standart mühendislik uygulamasına göre, bağımsız değişken, "kuvvet"e benzer kabul edilen ve gerilme-birim şekil değiştirme, kuvvet-deformasyon veya statik itme analizi grafiklerinde olduğu gibi dikey ekseninde çizilen IM olduğundan, bu tür grafikler genellikle "baş aşağı" görünür. Açıkça görüldüğü gibi, bir IDA çalışmasının sonuçları, IM'ler ve DM seçimlerine bağlı olarak çok sayıda farklı IDA eğrisinde sunulabilir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de örnek birer grafik sunulmuştur.



Şekil 3.1 Aynı Yapının 4 Farklı Deprem Kaydında Gösterdiği Farklı Davranışlar [69,70,71]



Şekil 3.2 DM olarak görelî kat ötelemesi seçilmiş örnek IDA eğrisi [69,70,71]

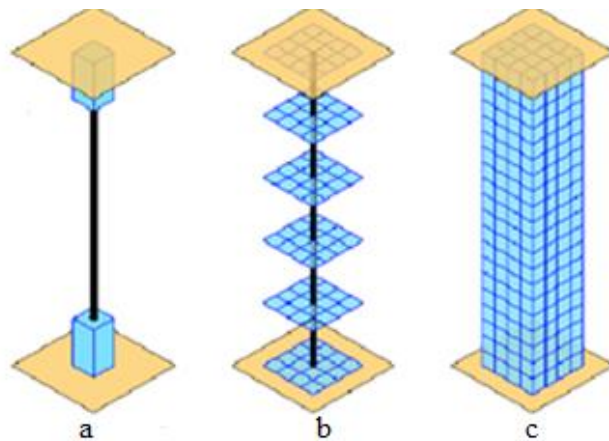
Şekil 3.1’de görüleceği üzere aynı yapıya etkitilen farklı deprem kayıtları birbirinden oldukça farklı davranışlar üretmektedir. Her dört analizde de yapı, yaklaşık olarak $IM(Intensity Measure)=0.2g$ değerine kadar lineer elastik davranış sergilemektedir. Ancak bu dört farklı davranışında farklı IM düzeylerinde yapının kararsızlığa ulaştığı ve analizin sonlandığı açıkça görülmektedir. İlk şekilde (a) lineer bölge geçildikten sonra keskin bir biçimde kat ötelemeleri artar ve yapı kararsızlığa ulaşır. İkinci şekilde (b) ise ilk şekil kadar keskin olmamak ile birlikte bu durum tekrarlanır. 3. ve 4. şekillerde (c ve d) ilk iki şeklin aksine zigzaglı bir davranış gözlenmektedir. Bu durum, yapının zaman zaman DM (Damage Measure) birikiminin hızlandığı, zaman zaman ise DM birikimini anlık olarak durduracak veya hatta tersine çevirebilecek kadar güçlü olabilecek bir yavaşlamanın meydana geldiği, böylece IDA eğrisini yerel olarak nispeten daha düşük DM'lere düşürdüğünü ve IM 'nin lineer olmayan bir fonksiyonu haline dönüştürdüğü söylenebilir.

3.4 Doğrusal Olmayan Davranış Modeli Seçimi

Doğrusal olmayan davranış modeli olarak yayılı plastik davranış modeli (Yayılı Plastisite) seçilmiştir. Bu seçimin sebepleri ve gerekli açıklamaları bu bölümde izah edilecektir.

Yapı elemanlarının tasarlanması sırasında, deformasyon sonrası gerilme-birim şekil değiştirme eğrilerinin elastik bölgeyi aşması durumunu izah etmek için farklı numerik modeller kullanılmaktadır. Bu modelleri yığılı ve yayılı plastisite olarak ikiye ayırmak mümkündür.

01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 yapıların taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi ‘Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım’ başlığı kapsamı altında doğrusal olmayan modelleme yöntemleri ile modellenmektedir [72]. Statik veya dinamik analiz metotları ile yapısal elemanların şekil değiştirme kapasiteleri ve deprem performansları elde edilen analiz sonuçları ile performans hedeflerinin karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Taşıyıcı elemanların doğrusal olmayan davranışlarının modellenmesinde sıklıkla kullanılan modeller Şekil 3.3 ‘te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 İdealleştirilmiş Yayılı Plastik Mafsal Modelleri, a) Sonlu uzunluk mafsal bölgesi b) Fiber Kesit c) Sonlu Eleman [73]

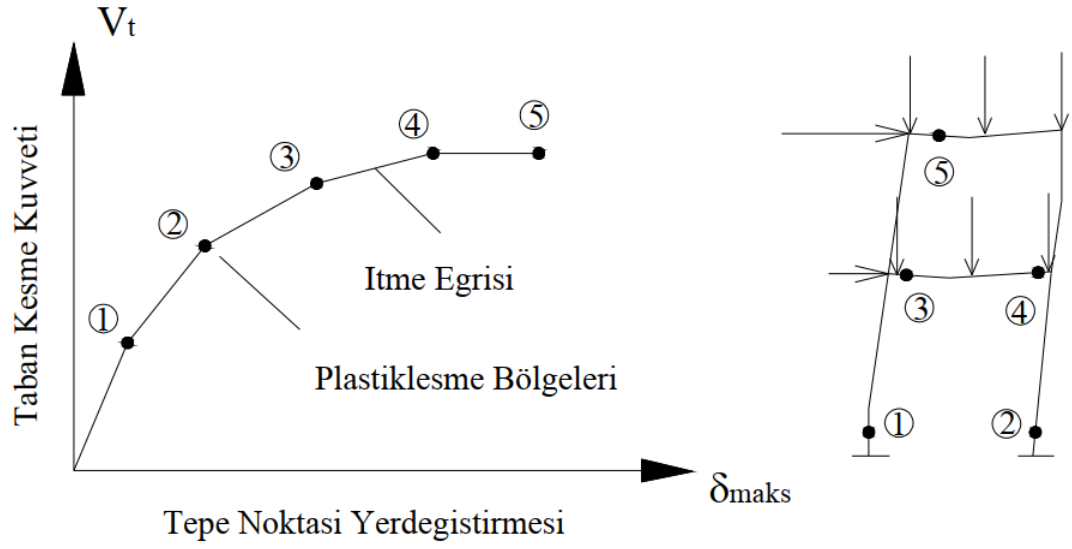
3.4.1 Yığılı plastisite

Plastik mafsal kavramı, incelenen bir eleman kesitinde oluşan eğilme momentinin plastik mafsal moment değerine eşit olması olarak tanımlanabilir. Kesitin plastik mafsal oluşturması daha fazla moment taşıyamayacağı anlamına gelmektedir. Plastik mafsallar yapı elemanının uç kısımları ile orta noktaları üzerinde oluşmaktadır. Ancak yapı performansını doğrudan etkileyen mafsallar eleman uç bölgelerinde oluşan mafsallar olduğu için genellikle orta kısmın doğrusal-elastik davranış gösterdiği kabul edilmektedir. [74]

Yığılı Plastik Davranış Modeli, taşıyıcı elemanda oluşan iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik mafsal oluşumunun düzgün yayılı biçimde oluştuğu esasına dayanan davranış modelidir [72]. TBDY-2018 yönetmeliği yığılı plastisite başlığı altında, plastik mafsal boyu L_p , çalışan doğrultudaki kesit boyutu h 'nin yarısına eşit alınması şartı bulunmaktadır (denklem 3.9).

$$L_p = 0.5 \times h \quad (3.9)$$

Yığılı plastik davranış modelinde plastik deformasyonlar elemanın uç noktalarında toplanır ve bu bölgelerin moment-eğrilik ilişkisi belirleyicidir. Bu çerçevede TBDY-2018 “Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.” şartı bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Yığılı Plastik Mafsal Modellemesinde Oluşan Plastik Mafsallar [74]

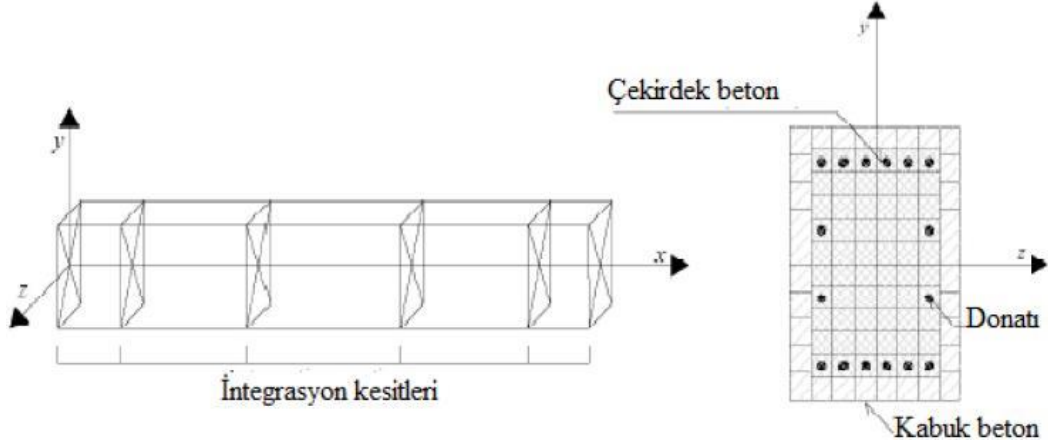
Yığılı plastik mafsal modeli, yayılı plastik mafsal modeline nazaran daha basit modelleme yaklaşımına karşın taşıyıcı elemanların elastik ötesi davranışını (çeliğin akması betonun ezilmesi vb.) büyük ölçüde modelleyebilmektedir.

Modellemenin dezavantajı olarak, plastik mafsal uzunluğu ve moment dönme eğrilerinin önceden belirlenmiş olması gerektiği gösterilebilir.

3.4.2 Yayılı plastisite (Yayılı Plastik Mafsal)

Yayılı plastisite modelinde, isminden de anlaşılacağı üzere plastik davranış yayılı olarak tüm eleman boyunca veya integrasyon bölümlerine ayrılmış olan bölgeler boyunca yayılı olarak gerçekleşeceği kabul edilir. Yığılı plastisite modellerine göre daha gerçekçi sonuçlar alınmaktadır. Bununla beraber plastik davranışın gerçekleşeceği spesifik bir yer bulunmamaktadır.

Yayılı plastisite modeli, yapının taşıyıcı sistemi modellenirken önceden belirlenen sayıda fiber elemana (kesit hücresi veya lif) bölünerek modellenmesini sunan modelleme yaklaşımıdır. Bu şekilde çevrimsel olarak fiber elemanların eksenel gerilme-şekil değiştirme ilişkisi elde edilmektedir [74].



Şekil 3.5 Yayılı Plastisite yaklaşımı [73]

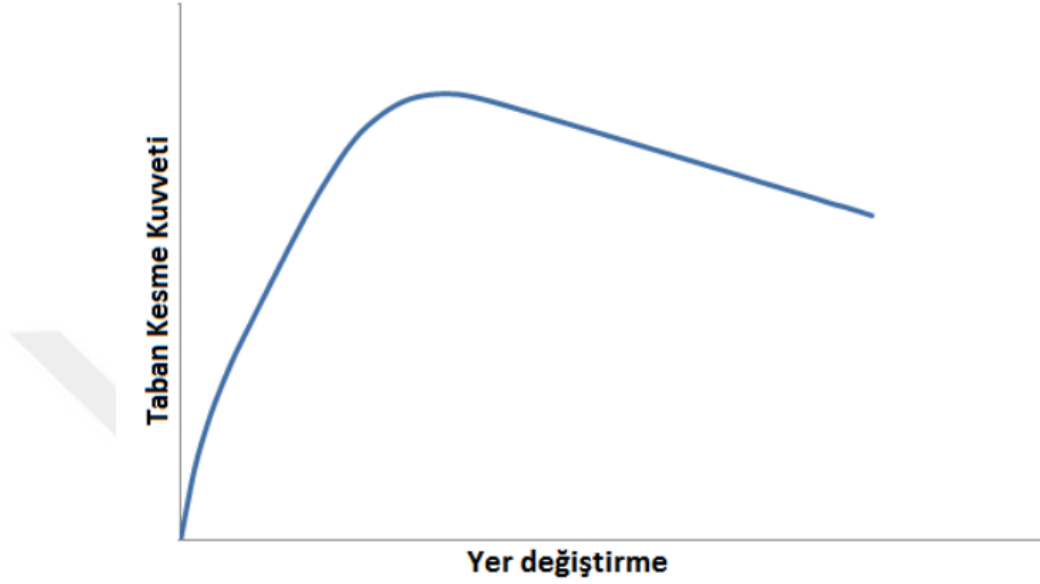
Şekil 3.5'te belirtildiği gibi yayılı plastisite yaklaşımında integrasyon kesitlerine ayrılmış çubuk eleman modeli önceden belirlenmiş sayıda fiber elemana ayrılarak modellenmektedir. Donatı çeliğinin davranış modeli olarak tipik donatı gerilme şekil değiştirme modeli kullanılabilirken kabuk beton için sargısız (unconfined) beton davranış modeli, çekirdek beton için ise sargılı (confined) beton modeli kullanılmaktadır. Çubuk elemanın gerilme şekil değiştirme bağıntısı ise bahsedilen her bir fiber elemanın analizlerinin integrasyonu olarak ortaya çıkmaktadır [74].

Yayılı plastik mafsallı modellemesi yığılı plastik mafsallı modellemesine nazaran analiz sonuçlarının kesinliği açısından daha üstün bir modelleme yöntemidir. Yapısal analizlerin tamamlanma süreleri ise bir dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede öngörülen fiber eleman sayısının belirlenmesi önem arz etmektedir.

3.5 Statik İtme Analizi (Pushover Analysis)

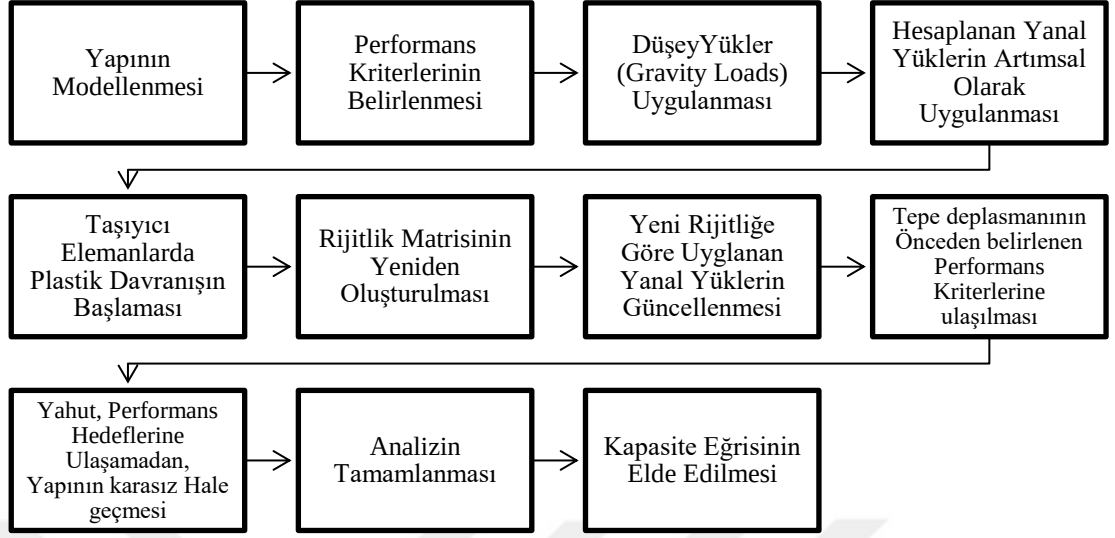
İtme analizi, yapının bir hedef yer değiştirmeye ulaşılana kadar sabit bir düşey yük dağılımı ile monoton olarak artan yanal kuvvetlere maruz bırakıldığı yaklaşık bir analiz yöntemidir. İtme analizi, genel yapının bir kuvvet-yer değiştirme eğrisine yaklaşmak için üst üste bindirilmiş bir dizi sıralı elastik analizden oluşur. Tüm yanal kuvvete dayanıklı elemanların yük-deformasyon diyagramlarını içeren iki veya üç boyutlu bir model oluşturulur ve ilk olarak düşey yükleri uygulanır. Daha sonra bina yüksekliği boyunca dağıtılan önceden tanımlanmış bir yanal yük modeli uygulanır. Yapısal elemanlardan bazıları akmaya başlayana kadar yanal kuvvetler artırılır. Yapısal model, verilen elemanların azalan rijitliğini hesaba katacak şekilde değiştirilir ve yanal kuvvetler, ilave elemanlar akana kadar tekrar artırılır. İşlem, binanın

tepesindeki bir kontrol yer değiştirmesi belirli bir deformasyon seviyesine ulaşana veya yapı kararsız hale gelene kadar devam eder. Kapasite eğrisini elde etmek için çatı deplasmanı taban kesmesi ile çizilir [75].



şekil 3.6 Tipik Statik İtme Eğrisi [76]

Statik itme analizi, kuvvet kontrollü veya yer değiştirme kontrollü olarak yapılabilir. Kuvvet kontrollü itme prosedüründe, tam yük kombinasyonu belirtildiği gibi uygulanır, yani yük bilindiğinde (yerçekimi yükleme gibi) kuvvet kontrollü prosedür kullanılmalıdır. Ayrıca, kuvvet kontrollü itme prosedüründe, mekanizmaların ve P-delta etkilerinin gelişmesi nedeniyle hedef yer değiştirmesi çok küçük bir pozitif veya hatta negatif bir yanıl sertlik ile ilişkilendirilebileceğinden, sonuçların doğruluğunu etkileyen bazı sayısal problemler ortaya çıkar [77].



Şekil 3.7 Statik İtme Analizi Akış Şeması

İtme analizi, kavramsal ve hesaplama açısından basit olduğu için, ana rehabilitasyon kılavuzları ve yönetmelikleri tarafından yapıların sismik performans değerlendirmesi için tercih edilen yöntem olmuştur. İtme analizi, yapının genel kapasite eğrisinin ilerlemesinin yanı sıra, eleman ve yapısal seviyelerdeki akma ve kırılma sırasının izlenmesini sağlar. İtme analizinden beklenti, yapısal sistem ve bileşenlerine uygulanan kritik yanıt parametrelerini, doğrusal olmayan dinamik analiz tarafından tahmin edilenlere mümkün olduğunca yakın tahmin etmektir [75,77,78].

İtme analizi, yapının yeterli modellenmesi, yanal yük modelinin dikkatli seçimi ve sonuçların dikkatli yorumlanması koşuluyla, deprem altındaki yapıların elastik ve elastik olmayan davranışı hakkında fikir verir. Ancak, baskın temel mod yanıtına sahip düşük ve orta katlı binalar için itme analizi daha uygundur. Özel ve yüksek binalar için, daha yüksek modlar yanıtı kesinlikle etkileyebileceğinden, itme analizi diğer değerlendirme prosedürleriyle tamamlanmalıdır [79,80].

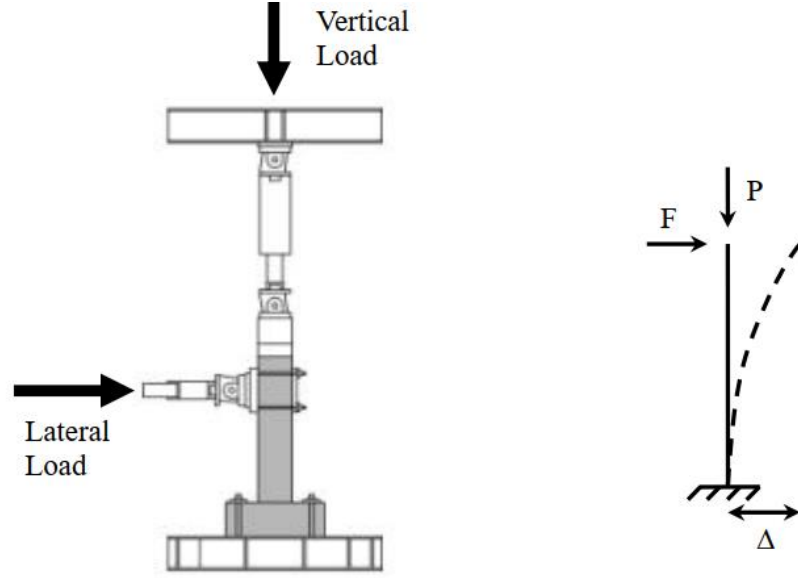
3.6 Yapısal Elemanların Tasarımında Matematiksel Model Seçimi

Tarihsel olarak, çerçeve yapıların doğrusal olmayan analizi için kullanılan sonlu elemanların büyük çoğunluğu yer değiştirme formülasyonlarına (sertlik formülasyonları olarak da bilinir) dayanmaktadır. Bu sonlu elemanlar, gerilmelerin, gerilmelerin ve gerilme sonuçlarının hesaplandığı çerçeve elemanı uzunluğu boyunca

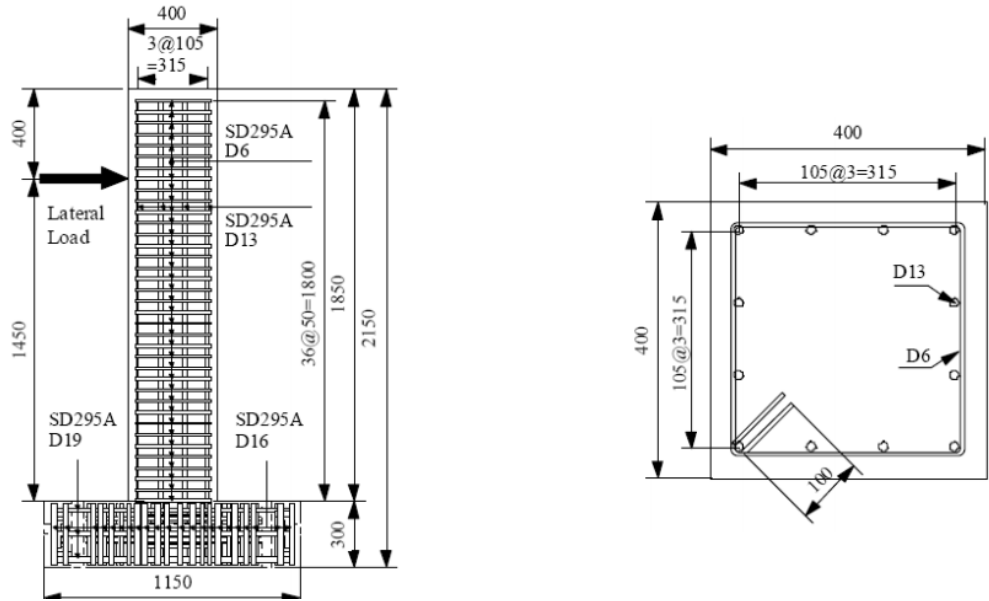
yer değiştirme alanı için bir yaklaşıma dayanır. Uygulamanın kolaylığı ve sadece yapısal düzeyde yinelemeli bir sürece duyulan ihtiyaç, bu sertlik bazlı formülasyonların yapıların doğrusal olmayan analizinde kullanılmasının temel avantajlarıdır. Yer değiştirme enterpolasyon fonksiyonlarının yaklaşık doğası göz önüne alındığında, eleman üzerindeki yer değiştirme alanı sadece ereve elemanı prizmatik ise, doğrusal elastik davranışa sahipse ve yükleme sadece düğüm yüklerinden oluşuyorsa doğrudur. Eğer bu öncüllerden herhangi biri yeterli olmazsa bu formülasyonlardan elde edilen sonuçlar gerçek değerlerden daha rijit çıkacaktır. Bu nedenle, esnek olmayan davranış modellendiğinde yer değiştirmeye dayalı formülasyonların avantajları ortadan kalkma eğilimindedir. Bu konu, yapıların sismik analizinde özel bir öneme sahiptir.

Kuvvet veya esnekliğe dayalı formülasyonlar ise ereve elemanı uzunluğu boyunca gerilim bileşkelerinin alanı için, malzeme davranışındaki doğrusal olmama durumundan bağımsız olarak, denge koşullarını kesin olarak karşılayan ve kesin olan bir yaklaşım kullanır. Dolayısıyla, yer değiştirmeye dayalı formülasyonlarda ortaya çıkan zorluklar bu çerçevede mevcut değildir. Bu yaklaşımın ana dezavantajı, üç seviyeli yinelemeli bir prosedüre ihtiyaç duymasıdır: yapı, eleman ve kesit. Bununla birlikte, bu yinelemeli prosedürün, doğruluk kaybı olmaksızın iki seviyeli veya hatta tek seviyeli bir yinelemeli prosedüre dönüştürülebileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur [81].

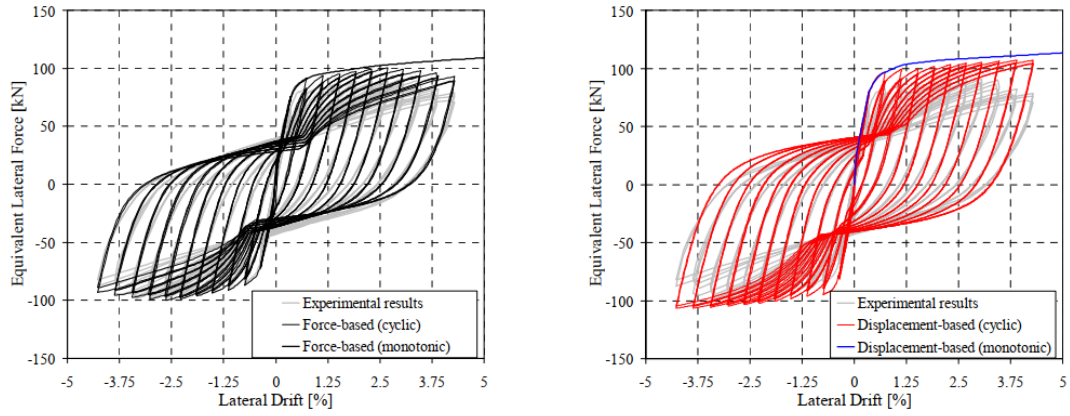
Correia vd. [82] 2008 yılında yaptıkları çalışmada, deneysel karşılaştırmalar yaparak bu durumu değerlendirmişlerdir.



Şekil 3.8. Deney Düzeneği ve Basitleştirilmiş Model [80]



Şekil 3.9. Deney Geometrisi ve Donatı Detayı [82]



Şekil 3.10. Deneysel ve Numerik Analizlerin Kıyaslanması [82]

Kuvvete dayalı elemanların plastik mafsallık uzunluğu ve plastik dönme modellemesi için daha uygun olduğu sonucuna varılabilir. Deplasman esaslı elemanlar, karşılık gelen plastik mafsallık uzunluğu, bileşenlerin ayrıklaştırmasına çok bağlı olarak, çok rijit bir tepki verdiği gözlenmektedir. Genel bir sonuç olarak, kuvvet alanına denge koşullarıyla yaklaşmak, deprem yüküne maruz çerçeve yapıların esnek olmayan davranışını simüle etmek için en uygun yol olarak görülmektedir.

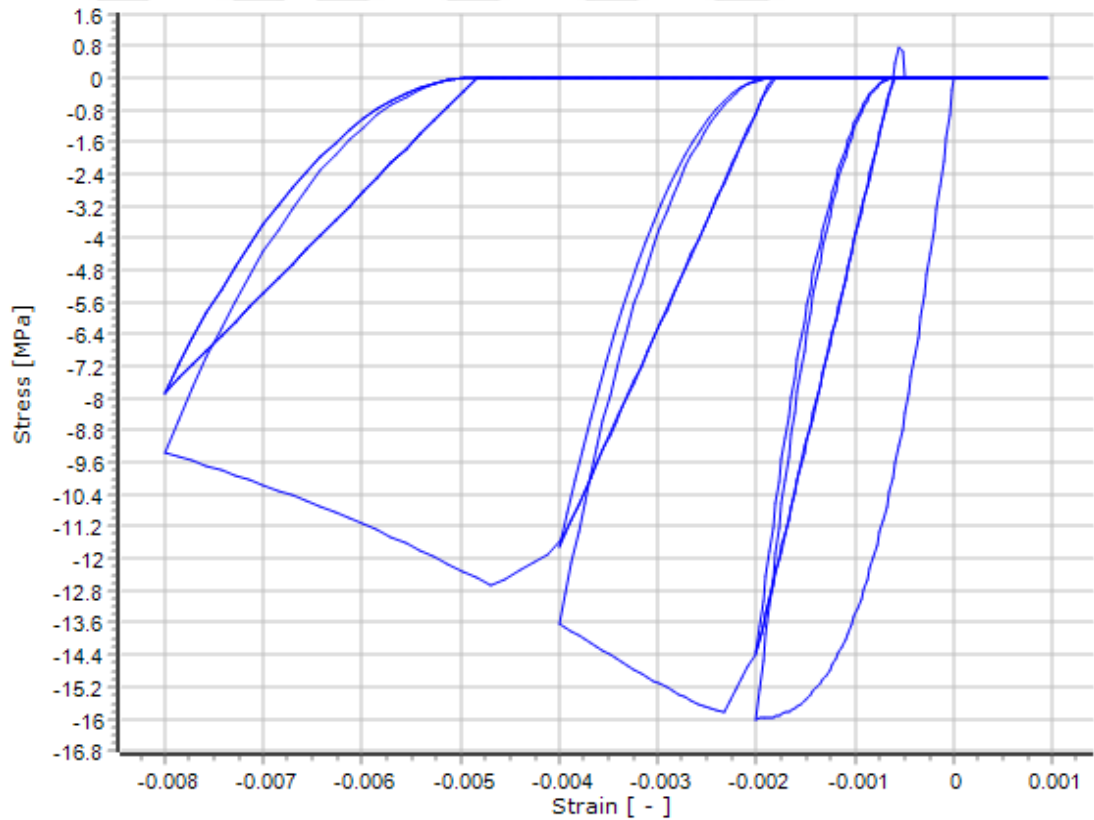
3.7 Modellemede Kullanılan Malzeme Modelleri

Yapıların modellenmesi sırasında yapısal elemanları oluşturan malzeme modelleri ve bu malzeme modellerinin maruz kaldığı yükler altındaki davranışının bilinmesi önem arz etmektedir. Bahsedilen bu malzeme modelleri matematiksel modeller ile yük altındaki davranışları modellenmektedir. Literatürde bulunan malzeme modelleri ile ilgili matematiksel model oluşturulurken malzemeye ait gerilme – şekil değiştirme (σ - ϵ) ilişkisinden faydalanılmaktadır. Gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ise malzeme özelliklerinden bağımsız olan denge ve uygunluk denklemleri arasında oluşturulan bağıntılar ile doğrudan ilişkilidir. Modellerin çözümlemelerine ait hata payı, gerilme şekil değiştirme bağıntısının isabetliliğine paralel olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çözümlemeleri basitleştirmek ve hata payını azaltmak amacıyla (σ - ϵ) eğrileri idealize edilmektedir. İdealize edilerek yapısal eleman tasarımında kullanılan (σ - ϵ) eğrilerine matematiksel model denilmektedir. Beton ve çelik ile ilgili mukavemet problemleri çok değişkenli olduğundan beton ve donatıların farklı modellemelere ihtiyaçları vardır [83-86].

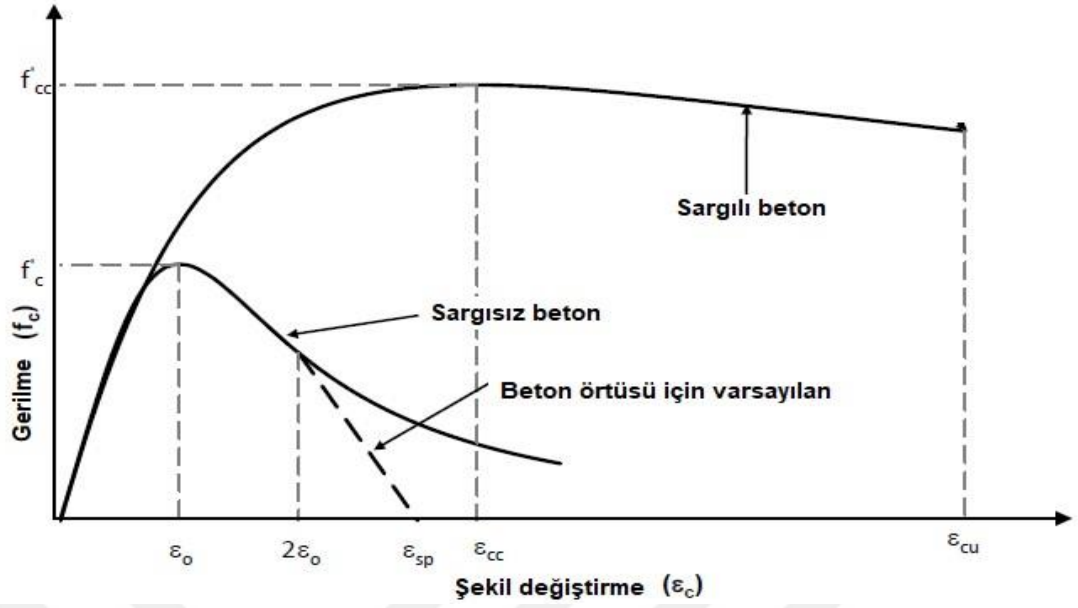
Malzeme özellikleri birbirinden farklı olan beton ve donatı çeliği gibi iki farklı yapı malzemesinin bir araya gelerek oluşturduğu betonarme yapılarda kullanılan malzeme modelleri önem arz eder. Bu bölümde hem betonun hem de donatı çeliğinin tasarım sırasında kullanılan malzeme modelleri açıklanmıştır.

3.7.1 Beton malzeme modeli

Bu model tek eksenli, sabit sargı modeli olup Mander vd. [87] tarafından ortaya konulmuştur. Bu model, statik ve dinamik eksenel basınç yükü altında dairesel ve dikdörtgen kesitler için tasarlanmıştır. Yatay sargı donatısı tarafından sabit bir sargı etkisi sağlamakta ve belirlenen kurallara göre hesaplanan bu gerilmenin bütün gerilme-birim şekil değiştirme boyunca aynı olduğu kabul edilmektedir. Bu modele ait gerilme-şekil değiştirme diyagramı Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Mander vd. tarafından önerilen doğrusal olmayan beton modeli [87]

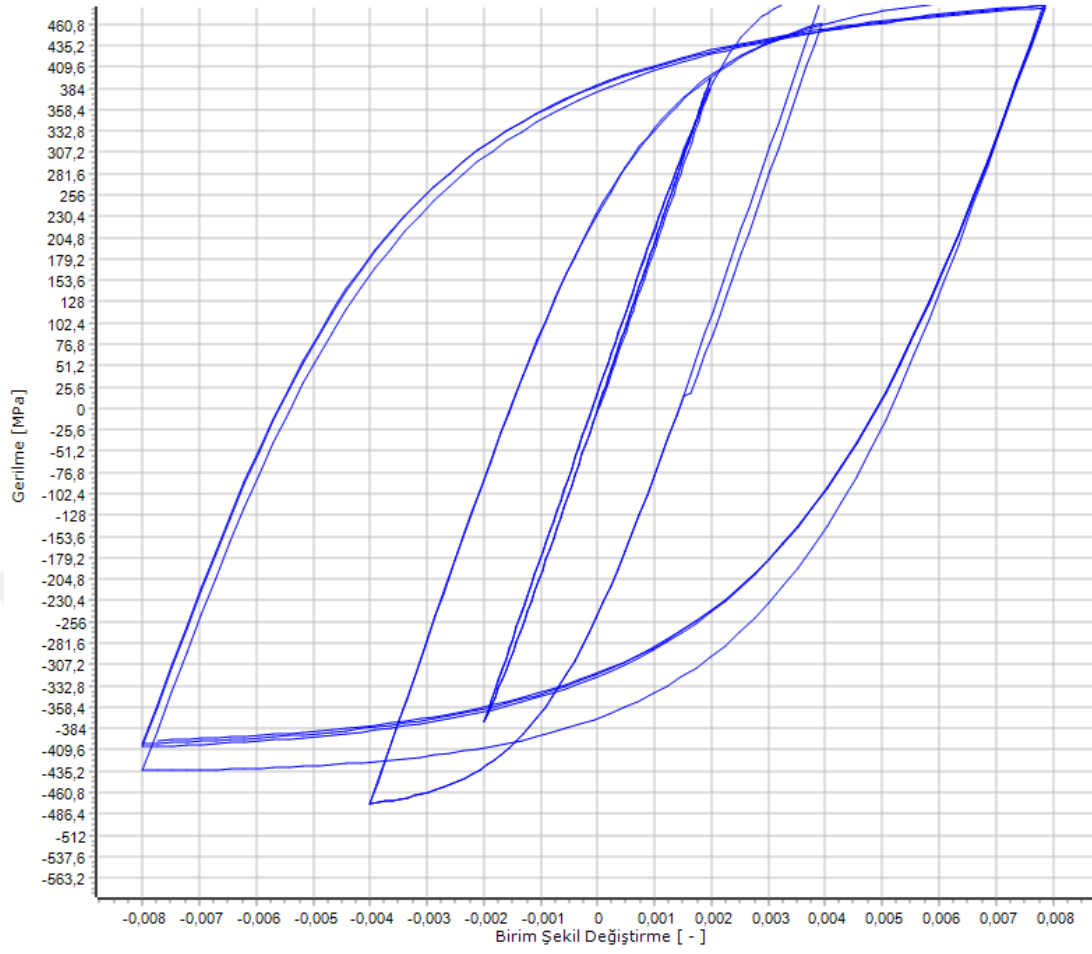


Şekil 3.12 Mander vd. tarafından önerilen sargılı ve sargısız betonlar gerilme-şekil değiştirme ilişkisi [87]

Bu modelin tanımlanmasında betonun basınç mukavemeti (f_c), çekme mukavemeti (f_t), en büyük gerilmedeki birim şekil değiştirme, elastisite modülü (E_c) ve öz ağırlık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu modelde, moment-eğrilik ilişkileri, nihai deformasyon kriterleri ve plastik mafsallık boyu ($L_p = h/2$) kullanılarak her bir elemanın plastik dönme kapasitesi ve mafsallık özellikleri belirlenebilmektedir [88].

3.7.2 Donatı malzeme modeli

Analiz için Menegotto-Pinto çelik modeli kullanılmıştır. Bu model tek eksenli çelik model olarak tanımlanabilir. Bu model başlangıçta Yassin [89] tarafından 1994 yılında Menegotto ve Pinto'nun 1973 yılındaki çalışmasında [90] yer alan gerilme-gerinim ilişkisi temel alınarak kodlanmıştır. Bu modele ait gerilme-şekil değiştirme diyagramı Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 SeismoStruct Yazılım Programında Modelin Gerilme-Şekil Değişirme Grafiği

Bu modelin uygulaması, özellikle önemli yük değişikliklerinin meydana gelebileceği karmaşık yüklemeye maruz kalan modeller olmak üzere, betonarme yapıların modellenmesi ile sınırlandırılmalıdır.

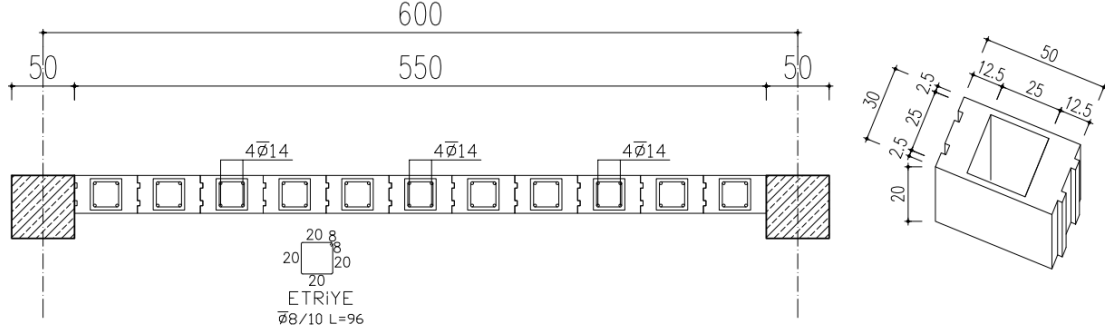
4. ÖNERİLEN YENİ YARI RİJİT DUVAR MODELİ

Dolgu duvarlar, pasif enerji dağıtıcı olarak işlev gördüğü için pasif kontrol sistemi olarak kategorize edilebilir. Birçok betonarme binada, dolgu duvar yapısal analizde çoğunlukla göz ardı edilmekte ve mimari tasarım amaçları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak sismik analiz üzerinde, özellikle periyot üzerindeki etkisi, yanal yük kapasitesi ve binanın toplam harcanan enerjisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

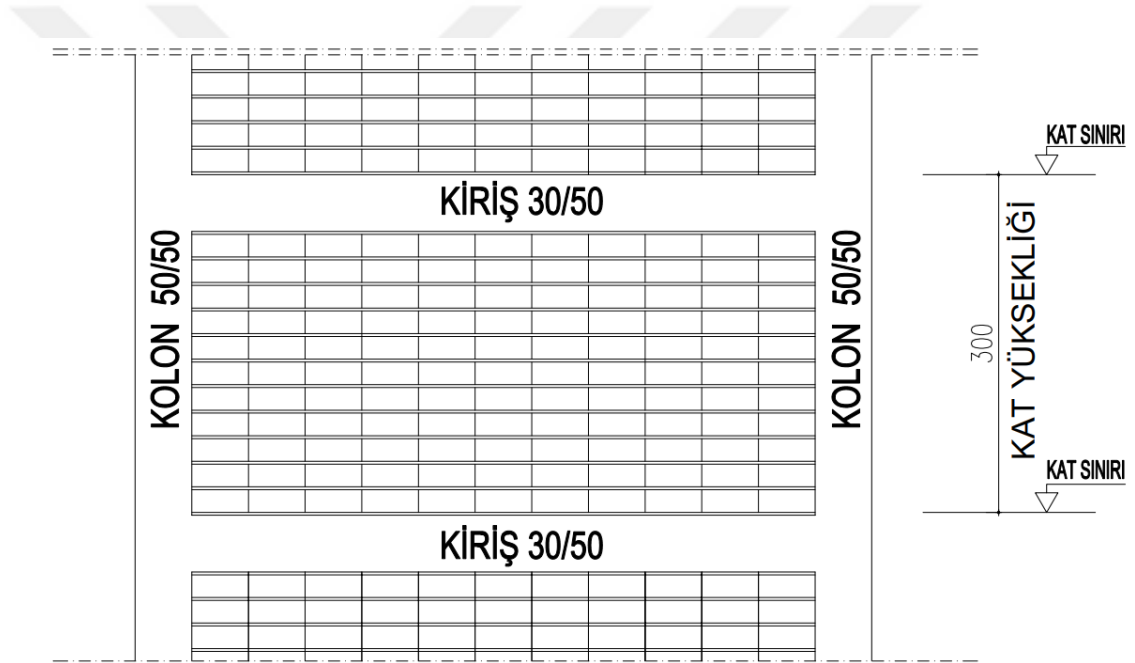
Standart dolgulu çerçeve yapılar, çok sayıda son deprem sırasında çoğunlukla zayıf sismik performans sergiler. Bu nedenle, tasarım prosedüründe, dolgu dayanımı parametrelerinin katkısı genel olarak göz ardı edilmektedir. Öte yandan, yüksek binaların üst katları vb. gibi birçok durumda, yüksek yapısal kapasiteye sahip çok rijit perde duvarların yapılması gerekli değildir. Bununla birlikte, birçok çalışmada, dolgulu çerçeveler için dayanım, rijitliğin bozulması ve enerji dağıtma kapasitesindeki yapısal davranışın iyileştirilmesinin önemi kabul edilmiştir. Bu tez çalışmasında, betonarme çerçevelerin bu tür zayıf davranışlarını ortadan kaldırmak için dağıtılmış küçük kolonlu çerçevelerin oluşturduğu yeni bir yarı rijit perde duvar tipi önerilmektedir. Bu çalışmada önerilen yarı rijit perde duvar modelinin, dolgulu çerçevelerde düşey rijit bir ağ sağlamak için tuğlaların içi boş kısımlarında küçük kolon dağılımı oluşturduğu düşünülmüştür. Beş katlı-tek açıklıklı betonarme çerçeve için elde edilen itme analizi sonuçları; çıplak çerçeve, perde duvarlı ve önerilen yarı rijit dolgulu çerçeve, rijitlik ve süneklik açısından karşılaştırılmıştır. Çalışma, önerilen yarı rijit perde duvar modelinin yapısal tasarım parametrelerinde önemli avantajlara sahip olduğunu ve yarı rijit perde duvarların inşası için pratik bir çözüm sunduğunu göstermiştir.

Tüm çerçevelerin, örnek uygulama çalışması ile aynı donatı detaylarına ve boyutlarına sahip olduğu kabul edilmiştir. Tüm durumlarda kolon genişliği 50cm kiriş genişliği 30 cm, kiriş etkin açıklığı 550 cm ve kolon yüksekliği 300 cm olarak betonarme çerçevelerin modellenmiştir. Standartlaştırılmış çıplak çerçeve oluşturmak için, Şekil 4.1'de gösterildiği gibi 50cm x 50cm kolon ve 30cm x 50cm kiriş boyutlarına sahip örneklenmiş tek katlı-tek açıklıklı betonarme çerçeve oluşturulmuştur. Kalıp görevi

görmesi önerilen boşluklu tuğla modeli ise 30cm x 50cm ölçülerinde olup küçük kolon oluşturulması için bırakılan boşluk 25cm x 25cm olacak şekilde tasarlanmıştır.



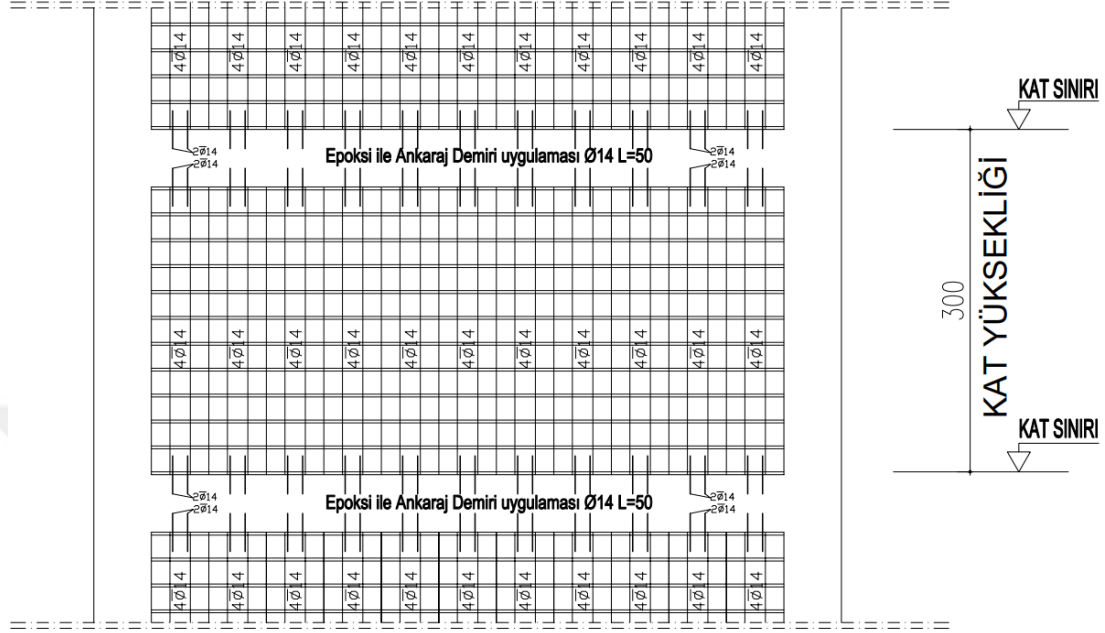
Şekil 4.1 Önerilen Duvar Modeli Detay Çizimi



Şekil 4.2 Önerilen Duvar Modeli Çerçeve sistemi çerisinde Gösterimi

Tuğlaların içi boş kısımlarını dolduran küçük dikey kolonlar, dolguyu kiriş aracılığıyla çerçevenin alt sisteminden üst sistemine sabitler. Şekil 4.2’de gösterildiği gibi önerilen perde duvarı oluşturur. Rijit çerçeveye monolitik olarak bağlı dikey küçük kolonlar, yarı rijit tip bir perde duvarın yapısal davranışını gerçekleştireceği varsayılan panelin dayanım rijitliğinin arttırması beklenen yarı rijit dolgulu çerçeve modelini oluşturur. Model, güncellenmiş dolgulu çerçeve tipi olarak da değerlendirilebilir ve yapısal olarak yarı rijit perde duvar gibi davranan birçok durumda rijit perde duvar gerekliliğini ortadan kaldırabilir. Önerilen model yeni yapılarda kullanılabileceği gibi

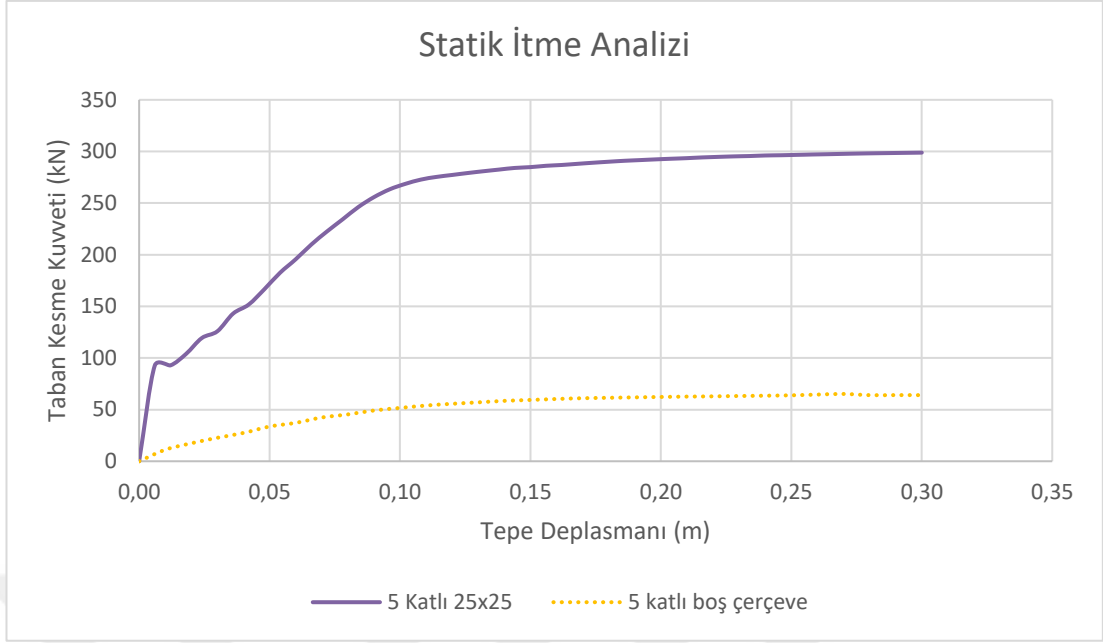
mevcut yapılarda güçlendirme elemanı olarak da kullanılabileceği öngörülmektedir. Şekil 4.3'te güçlendirme elemanı olarak uygulama örneği verilmiştir.



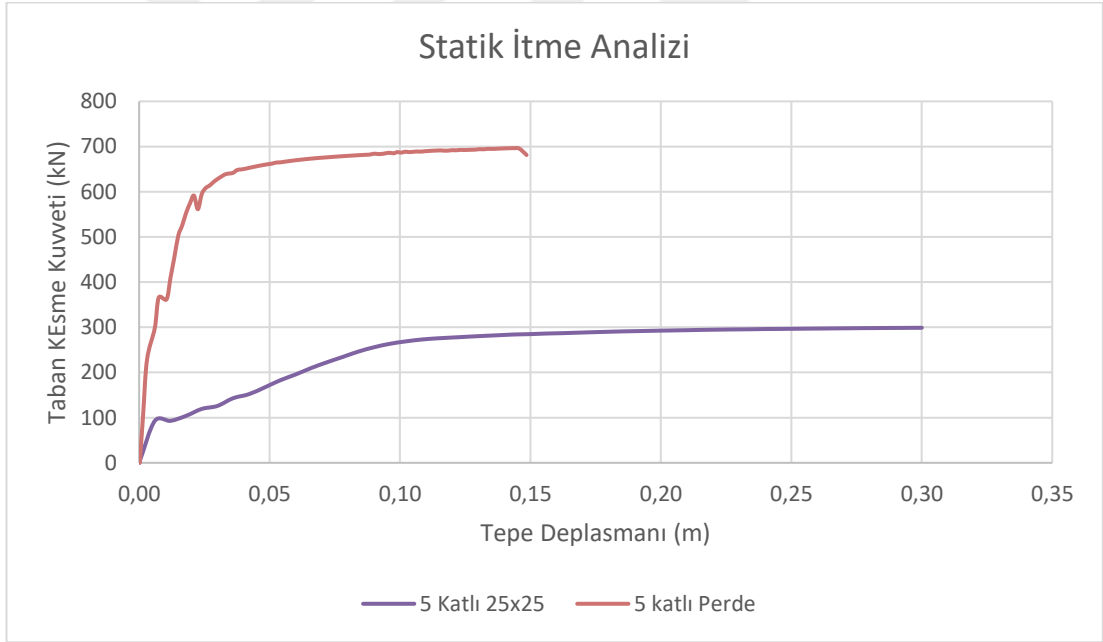
Şekil 4.3 Uygulama Örneği için Detay Çizimi

Küçük kolonlar 4φ14 boyuna donatı ve φ8/20 etriye donatıları ile tasarlanmıştır. Çerçeve modeli, karşılaştırılan tüm durumlar için 300 cm kolon yüksekliğine ve 550 cm efektif açıklığa sahip bir çerçeve olarak kabul edilmiştir.

Şekil 4.1- Şekil 4.3'te detaylı çizimleri verilmiş olan duvar modeli SeismoStruct yazılım programında modellenmiştir. 5 katlı çerçeveler olarak modellenen boş çerçeve modeli, koloncuk boyutları 25cm x 25cm olan önerilen duvar modeli ve klasik perdeli çerçeve sistemin analizi yapılmıştır.



Şekil 4.4 2 ve 5 katlı çerçeve modellerinin Statik İtme Analizi Sonuçları



Şekil 4.5 5 katlı perde ve önerilen duvar modeli için Statik İtme Eğrileri

Önerilen modelin mevcut yapıların güçlendirilmesinde veya tasarım aşamasında perde kullanımına ikame olarak kullanımı yapının rijitliğine olan katkısı bakımından pek etkin görünmemektedir. Ancak, çok katlı koloncuklu duvarlar için yapılan Statik itme analizleri kat yüksekliği arttıkça sünekliğin arttığını buna bağlı olarak taban kesme kuvvetinde azalma olmasına karşın tepe deplasman değerinin arttığını göstermektedir. Bu durumun, çerçevelerin enerji yutma kapasitelerini olumlu yönde etkilediği açıktır.

Boş çerçeveli sistemler ile koloncuklu sisteme sahip çerçeveler kıyaslandığında benzer maksimum tepe deplasmanları elde edilmiş ancak taban kesme kuvvetleri arasında ciddi performans farklılıkları gözlenmektedir. Gözlenen performans farklılıkları ise Bölüm 3’te izah edilen sismik dirençlilik endeksi hesaplanmasında direkt olarak etki etmektedir. Böylelikle önerilen duvar modelinin yapıların sismik dirençliliğine fayda sağlaması beklenmektedir.

Klasik perde duvar ile önerilen duvar modelinin maliyet açısından karşılaştırılması Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu tarafından hazırlanan ‘‘ İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları’’ belgesinden [91] temin edilen fiyatlar ışığında hazırlanmış olup Tablo 4.1 ve

Tablo 4.2’ de verildiği gibidir. Önerilen modele ait statik itme analizi sonuçları ise Şekil 4.4’te, perdeli sisteme ait sonuçlar ise Şekil 4.5’te, perdeli sistem ile önerilen duvar modelinin kıyaslanması ise Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Betonarme Perde Duvar Birim Maliyet Analizi

S.NO	POZ NO	İŞİN ADI	BİRİMİ	MİKTAR	B.FİYATI (TL)2022	TUTARI (TL)
1	15.150.1004	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 20/25 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	4,950	920,23	4.555,14
2	15.160.1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	0,636	18.858,88	11.994,25
3	15.180.103	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	33,00	142,14	4.690,62
4	15.185.1005	Ahşap Kalıp iskelesi	m ²	8,59	21,75	186,83
5	15.185.1003	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	m ²	16,50	33,99	560,84
TOPLAM						21.987,67

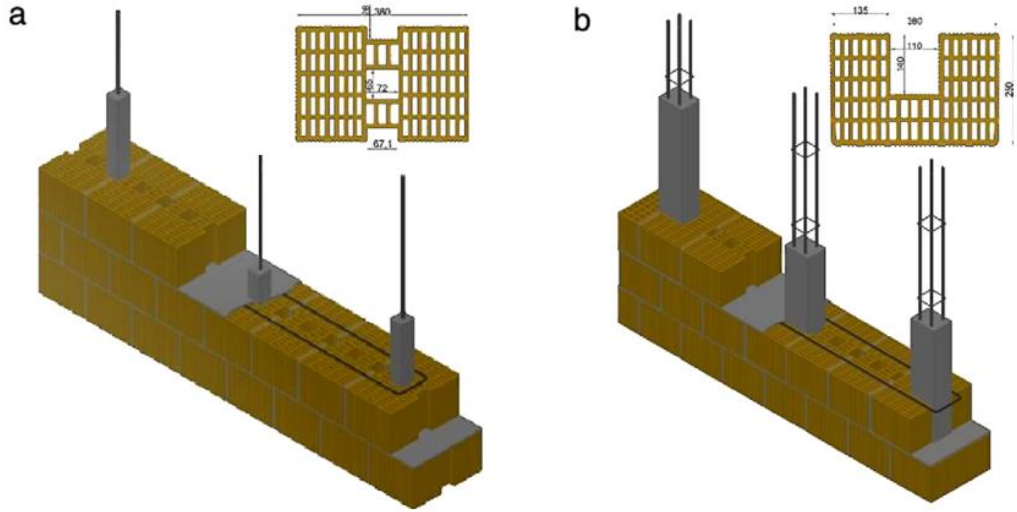
Tablo 4.2 Önerilen Duvar Sistemi Birim Maliyet Analizi

S.NO	POZ NO	İŞİN ADI	BİRİMİ	MİKTAR	BİRİM FİYATI (TL)2022	TUTARI (TL)
1	15.150 .1004	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 20/25 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	2,063	920,23	1.898,43
2	15.160 .1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	0,125	18.809,50	2.351,19
3	15.160 .1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	0,186	18.858,88	3.507,75
4	15.180 .1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	0,00	142,14	0,00
5	15.185 .1013	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	m ²	0,00	33,99	0,00
6	15.220 .1117	300 mm Kalınlığında Duvar Yapılması	m ²	13,75	280,00	3.850,00
TOPLAM						11.607,4

Önerilen model, perde duvar gibi diğer çerçeve sistemlerine kıyasla çerçevenin inşası için gerekli işçilik ve maliyeti azaltacağı öngörülmektedir. Nitekim, Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de gerekli karşılaştırmalar yapılmış ve maliyetin azaldığı gösterilmiştir. Öte yandan, daha az ve daha güvenli kalıp sistemlerine sahip çerçevelerin, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan ahşap kalıp montaj ve demontaj işlerinde meydana gelen kaza risklerinin azalabileceği öngörülmektedir.

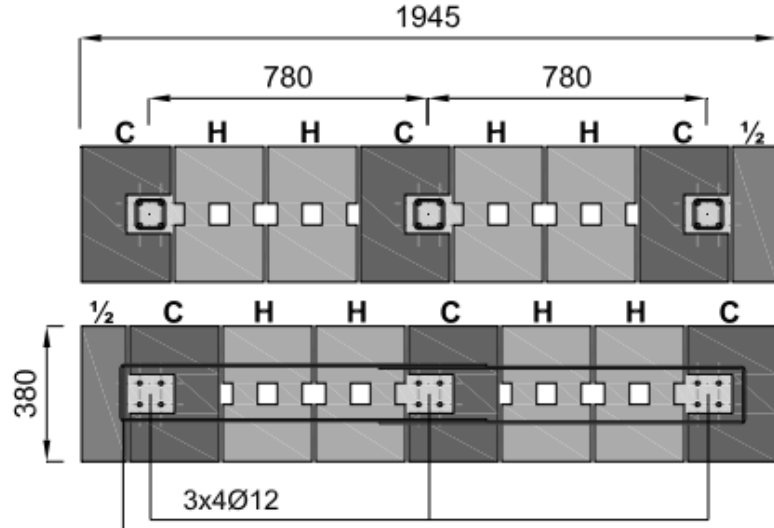
4.1 Önerilen Modellemenin Deney ile Doğrulanması

Da Porto vd. [92] 2011 yılında yaptıkları çalışmalarında güncellenmiş yığma duvarların düzlem dışı davranışlarını incelemişlerdir. Yığma duvarı güçlendirirken tuğlalar arasında özel boşluklar oluşturulmuş ve bu boşluklardan küçük betonarme kolonların geçmesi sağlanmıştır.

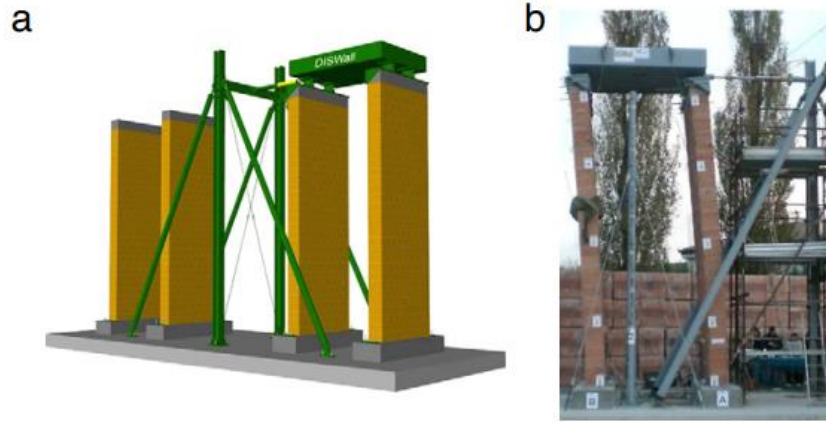


Şekil 4.6 A)Donatılı Yığma Duvar (1 ϕ 16) b)Donatılı Yığma Duvar(4 ϕ 12)[92]

Çalışmasında 2 farklı tuğla çeşidi kullanılarak donatılı yığma duvar tasarlanmıştır. Her iki tuğlanın dış ölçüleri birbirine eşit olmak ile beraber 380x250x190 mm ‘dir. Tez konusu ile benzerliği daha fazla olan modeli (Şekil 4.6- b) içerisinde geçen kolon için bırakılan boşluk 140x110 mm’dir. Bu kolon için kullanılan donatı 4 ϕ 12’dir. Deney düzeneğinde hazırlanan duvar yüksekliği 6 metre olup genişliği 1.945 metredir. Her 78cmde bir kolon olacak şekilde tasarlanan duvarda 3 adet kolon bulunmaktadır.



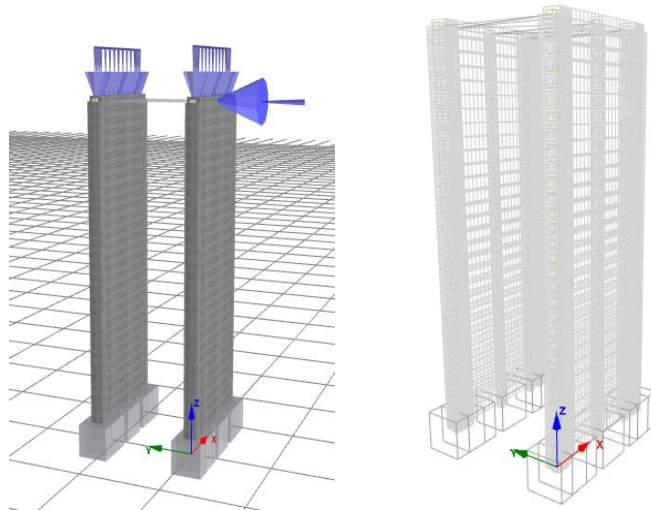
Şekil 4.7 Duvar içerisinde kolonların yerleşimi [92]



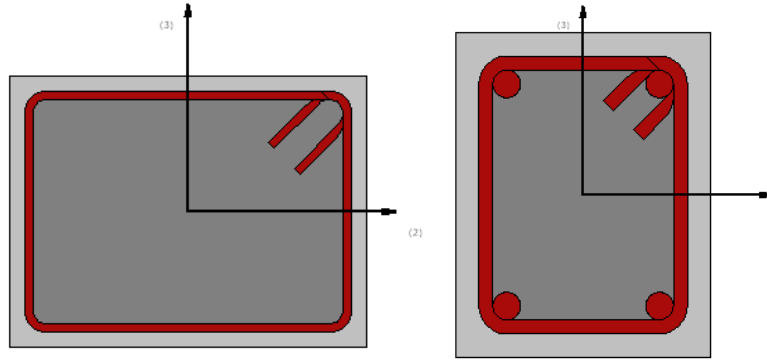
Şekil 4.8 Bilgisayar ortamında (a) ve test ortamında (b) Deney Düzenekleri [92]

Yapılan mekanik deneylerde duvarın basınç dayanımı 12 N/mm^2 olarak hesaplanırken, Elastisite modülü 11.6 kN/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Kullanılan beton harcı ayrıca test edilmiş ve bu değerler sırasıyla 11.3 N/mm^2 ve 11.4 kN/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Deney düzeneğinde çatı yükü olarak 10 ton kabul edilmiş ve numerik analizde bu yük 25 kN/m olarak etkitilmiştir.

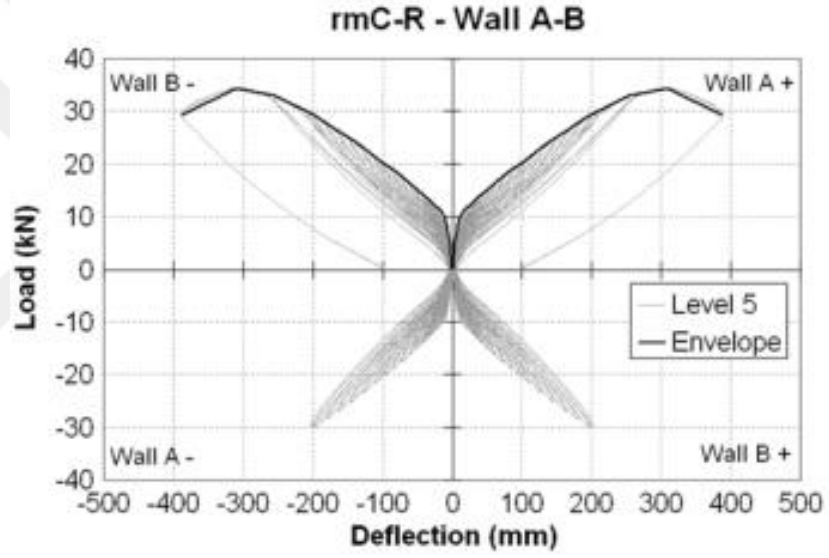
Deneyin modellenmesi kısmında, donatılı yığma duvarların eğilme etkisindeki kirişler ile düzlem dışı etkilere karşı davranış benzerlikleri esas olmuştur. Makro model yaklaşımı ile yapılan modellemede duvar, malzemenin doğrusal olmaması ile karakterize edilen sürekliliği olarak ele alınmıştır. Bu çerçevede, 6 metre yüksekliğindeki duvar 30 adet kiriş ile (Her bir kiriş 19 cm yüksekliğindeki tuğla sırasını temsil etmekte) modellenmiştir.



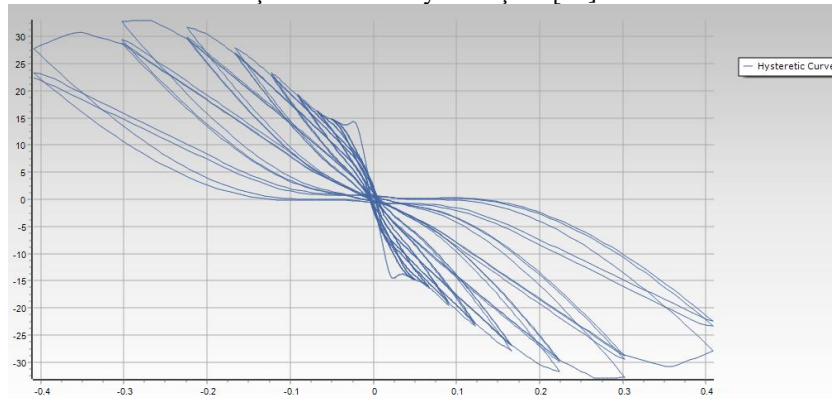
Şekil 4.9 SeismoStruct Yazılım Programında Deney Ortamının Tasarlanması



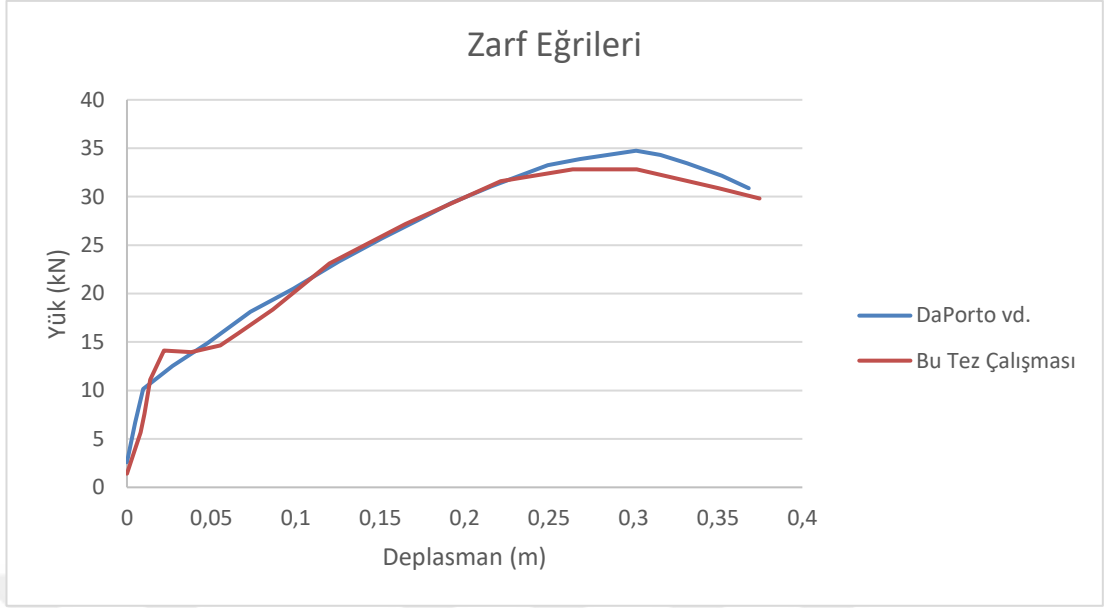
Şekil 4.10 Kullanılan 19x25cm Kiriş Modeli ve 14x11cm Kolon Modeli



Şekil 4.11 Deney Sonuçları [92]



Şekil 4.12 SeismoStruct Modeli Numerik Analiz Sonuçları



Şekil 4.13 Deney ve Numerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu tez çalışmasında Da Porto vd. [92] deneysel çalışmasında verilen modelin sayısal modellenmesi yapılmıştır. Sayısal model ile deneysel çalışmadaki modelin yük deplasman eğrileri uyumlu olarak gözlenmiştir. Bu durum benzer duvar modellerinin sayısal olarak isabetli bir biçimde modellenebileceğini göstermektedir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında seçilen bir okul binası literatürden [93-96] alınan verilere dayanarak SeismoStruct yazılım programında modellenmiş ve IDA analizleri gerçekleştirilmiştir. Modelleme yapılırken malzeme modeli Bölüm 3.4'te izah edilen plastik mafsallı yaklaşımlarından yayılı plastik mafsallı yaklaşımı kullanılmıştır. Matematiksel model seçimi yapılırken Bölüm 3.5'te izah edilen kuvvet esaslı tasarım modeli kullanılmıştır. Beton ve donatı çeliği modellenmesi için Bölüm 3.6'da izah edilen Mander Beton modeli ve Menegotto-Pinto donatı çeliği modeli kullanılmıştır.

20 farklı deprem kaydının hem X hem Y doğrultularında ayrı ayrı tatbik ettirildiği analizlerde Scale Factor aralığı 0.1g ile 2g aralığı olarak belirlenmiştir. Artım aralığı daha hassas ölçüm amaçlanarak 0.1g adım aralığı kullanılmıştır. Daha sonra aynı yapının güncel yönetmelik çerçevesinde zorunlu kılınan minimum beton ve donatı sınıfı kullanılarak modellenmesi ve akabinde X ve Y doğrultularında aynı şekilde analizleri tamamlanmıştır. Gerçekleştirilen analizlerin sonucu olarak toplam 1295 farklı analiz çıktısı elde edilmiştir.

Elde edilen IDA değerleri ve hesaplanan göreceli kat öteleme oranları, sınır değerleri ayrı ayrı hesaplanan Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998) [97], Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) [98], Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) [72] ve Hazard-US (HAZUS-2022) [99] yönetmelikleri çerçevesinde değerlendirilmiş ve kıyaslanmıştır. IDA analizlerinde elde edilen değerler kullanılarak her bir yönetmelik için ayrı ayrı hem X hem de Y doğrultusunda olasılıksal bir analiz olarak değerlendirilen kırılma eğrileri hesaplanmıştır.

Bu analizler sonucu elde edilen değerler kullanılarak dirençlilik esaslı tasarımın çerçevesinde analiz gerçekleştirilmiş ve dirençlilik indeksleri (RI) elde edilmiştir. Mevcut yapı ve güncel yönetmelik çerçevesinde yediden modellenen yapı ayrı ayrı hem X hem de Y doğrultusunda dirençlilik indeksleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

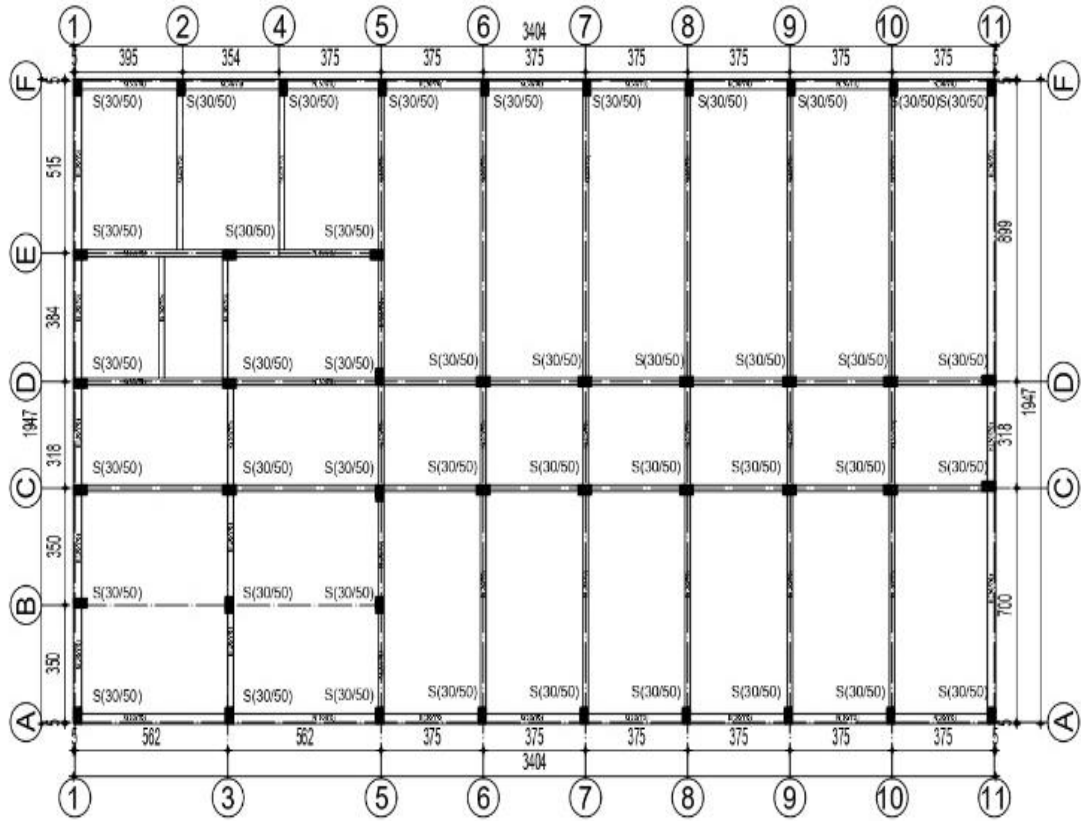
5.1 Çalışmaya Konu Olan Okul Binasının İncelenmesi

Bu tez çalışmasına konusu olan analizlerin tatbiki için seçilen yapı, 2003 Bingöl depreminde yıkılmış olan Çeltiksuyu Y.İ.B.O.'dur. Bu yapının modellenmesinde literatürde yer alan yerinde gözlem ile yapılan akademik çalışmadan faydalanılmıştır. Toplam 3 katlı bir yapı olan okul binasının boyutları 17,17m × 33,74m olan düzgün bir dikdörtgen şeklindedir. Kolonlar 30cm × 50cm ölçülerinde, iç kirişler 20cm × 70cm ölçülerinde ve dış kirişler 30cm×70cm ölçülerindedir [93]. Okul binası, yatay doğrultuda 8, düşey doğrultuda ise 3 ve 4 açıklıklı olarak modellenmiştir.

1 Mayıs 2003 depreminden sonra Bingöl'de farklı binalardan alınan karot numuneleri üzerinde yapılan beton basınç dayanımı deneylerinden elde edilen ortalama beton silindir basınç dayanımı $95 \pm 47 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. İlk anda yıkılan binaların projeleri incelendiğinde deprem hesaplarının yapılmadığı ve donatıların düşey yükler için öngörülen minimum donatı miktarları civarında olduğu görülmüştür. Özellikle etriye sıklaştırması hemen hemen hiçbir yapıda yapılmamıştır. Genellikle birleşim noktalarında donatıların düzgün dağılmadığı gözlemlenmiştir. [94-96] Literatürde bulunan yerinde gözlem sonuçlarına dayanan çalışmalar ışığında okul binasında kullanılan malzemeler mevcut beton dayanımı deney sonuçlarına dayanarak 8MPa, mevcut donatı dayanımı ise gözlemsel verilere dayanarak 220 MPa olacak şekilde yapısal elemanlar modellenmiştir. Okul binasının modellenmesi ve analizleri Seismostruct [100] yazılım programında yapılmıştır. Yazılım programından elde edilen üç boyutlu modeli Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Okul Binasının 3 Boyutlu Modeli



Şekil 5.2 Okul binasının kalıp planı

Binanın deprem hasarı, zemin katın tamamen çökmesi ve diğer iki katın ağır hasar görmesi şeklinde gözlenmiştir. Tez Danışmanı tarafından 2003 yılında yapılan yerinde incelemeler sırasında çekilen fotoğraflar Şekil 5.3 ila Şekil 5.12’de verilmiş olup ciddi hasarları göstermektedir. Kuvvetli kiriş zayıf kolon düzensizlikleri ve bunların bağlantıları kolaylıkla gözlemlenebilen örneklerdir. Pas payı yetersizliği, akmayan donatı demiri, etriye eksikliği ve uygun olmayan granülometri, kolayca gözlemlenebilen diğer hatalardır. Özellikle kiriş-kolon birleşimlerinde etriyelerin olmaması ve betonda iri agregaların bulunması bu tür bölümlerin kolayca dağılmasına neden olmuş ve gevrek kırılma gerçekleşmesine sebep olmuştur. Binanın ağır hasar görmesinde bu iki kusurun etkili olduğu tahmin edilmektedir. Yapının, yapıldığı tasarım yönetmeliğinde etriyeler 135 derece kancalanmalıdır. Ancak yapıda gözlemlenen uygulamalar Şekil 5.6’da görüldüğü gibidir.

Şekil 5.3, 5.4 ve 5.12’de verilen şekillerde zemin kattaki göçme ve diğer hasarlar gözlemlenebilmektedir. Kolon-kiriş bölgelerinde yeterli sıkılaştırmanın olmaması, betonda

büyük agregaların gözlenmesi gibi yapım kusurları oldukça dikkat çekicidir. Şekil 5.11’de ki akamayan donatılar bu duruma örnek teşkil etmektedir. Düşük beton ve donatı kalitesi gibi unsurların yapıda hasara yol açabileceği açıktır. Ancak basit işçilik ve uygulama hatalarının yaratabileceği ağır hasarlar da göz ardı edilmemelidir [95]. Bu vesile ile betonun düzgün dağılımının ve yeterli dayanıma sahip olması ile uygun donatı düzeninin sağlanmasının önemini bir kez daha vurgulamak yerinde olacaktır.



Şekil 5.3 Çeltiksuyu Köyü Yatılı İlköğretim Okulu Hasar Durumu [93]



Şekil 5.4 Okul Binası Hasar Durumu



Şekil 5.5 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinde Hatalı Donatı Yerleşimi



Şekil 5.6 Boyuna Donatının Hatalı Yerleşimi ve Kesme Hasarı



Şekil 5.7 Uygunsuz Granülometri



Şekil 5.8 Kolonun Birleşim Bölgesinde Sıyırılması



Şekil 5.9 Kirişte Kesme Hasarı



Şekil 5.10 Güçlü Kiriş Zayıf Kolon Düzensizliği



Şekil 5.11 Kolon Kiriş birleşim Bölgesinde İleri Hasar



Şekil 5.12 Dolgu Duvarlarda Düzlem Dışı Hasar

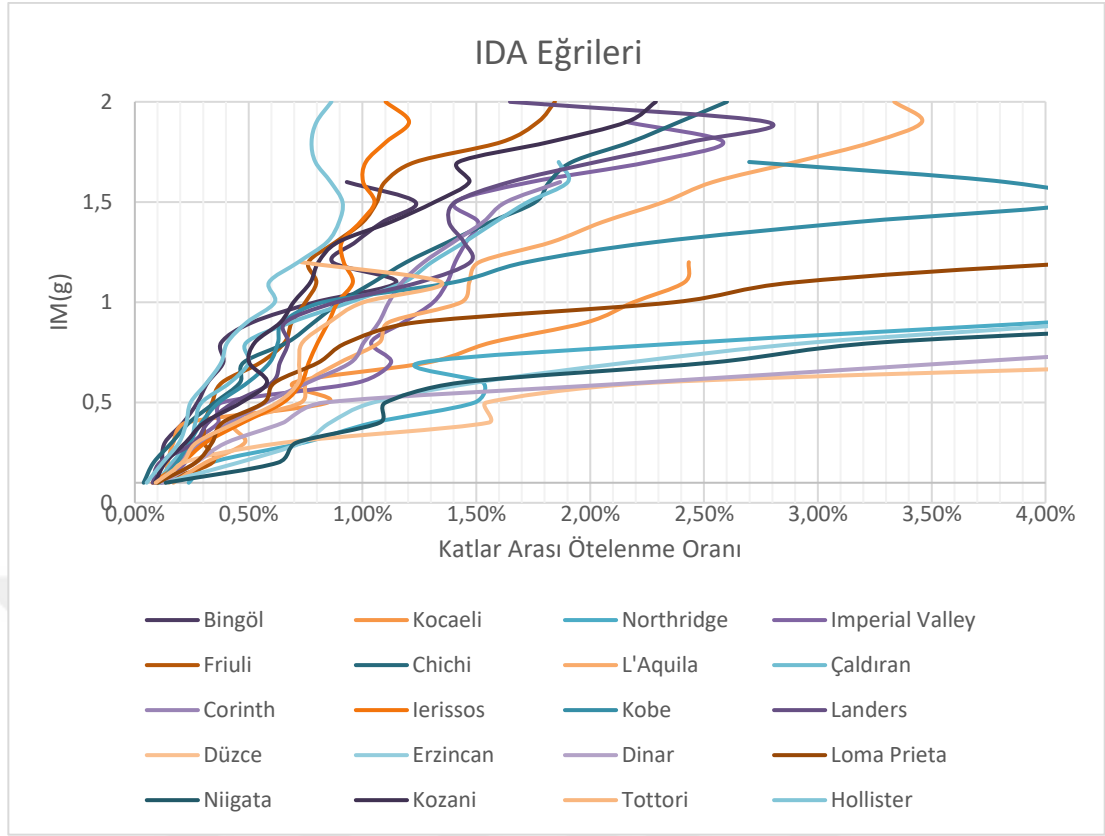
5.2 Mevcut Yapı Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları

Çalışmanın önceki kısımlarında detaylıca izah edilen IDA analizi, seçilen okul binası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.1’de IDA analizinde kullanılmak üzere seçilen 20 farklı yer hareketi kaydı gösterilmiştir.

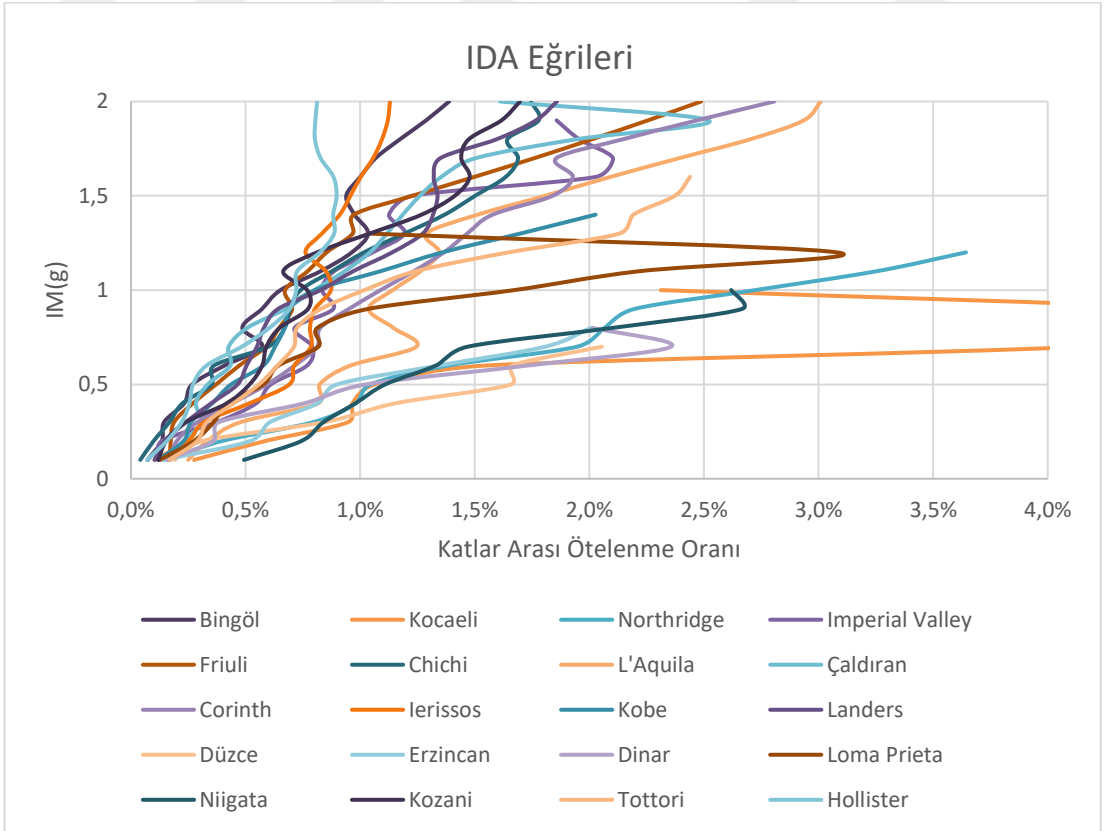
Tablo 5.1 Deprem Kayıtları [101-102]

No	Deprem	İstasyon	M	PGA(g)
1	Northridge, 1994	LA,Baldwin Hills	6.7	0.239
2	Imperial Valley, 1979	Chihuahua	6.5	0.254
3	Chi-Chi, 1999	CHY10	7.6	0.40
4	Kocaeli, 1999	Sakarya	7.4	0.415
5	Friuli,1976	Tolmezzo	6.5	0.340
6	Bingol, 2003	Bingöl	6.1	0.556
7	L'Aquila, 2009	AQV	6.3	0.495
8	Düzce, 1999	Düzce	7.2	0.524
9	Dinar, 1995	Dinar	6.0	0.336
10	Erzincan, 1992	Erzincan	6.1	0.480
11	Çaldıran, 1976	Maku	7.2	0.295
12	Corinth, 1981	Corinth	6.6	0.236
13	Ierissos, 1983	Ierissos	6.7	0.535
14	Kobe, 1995	Chihaya	6.9	0.265
15	Landers, 1992	Amboy	7.2	0.303
16	Loma Prieta, 1989	Hollister South	6.9	0.371
17	Niigata, 2004	FKS020	6.6	0.862
18	Hollister, 1961	Hollister City Hall	5.6	0.168
19	Tottori, 2000	HRS010	6.6	0.274
20	Kozani,1995	Kozani	6.4	0.160

Artımsal Dinamik Analiz için ölçekleme faktörü aralığı olarak 0.1g ile 2g aralığı seçilmiştir. Analiz adımı 0.1g olup her bir deprem kaydı için 20 adım tanımlanmıştır. Seçilen 20 adet deprem kaydının X ve Y doğrultuları ayrı ayrı analiz edildiğinde 40 deprem, bu kayıtlar 20 farklı (0.1g-2g) ölçekleme faktörü ile çoğaltıldığında ise toplamda 800 adet farklı zaman tanım aralığında analiz gerçekleştirilmiştir. Mevcut okul binası için elde edilen Artımsal Dinamik Analiz eğrileri X doğrultusu için Şekil 5.13 ve Y doğrultusu için Şekil 5.14'te gösterilmiştir.



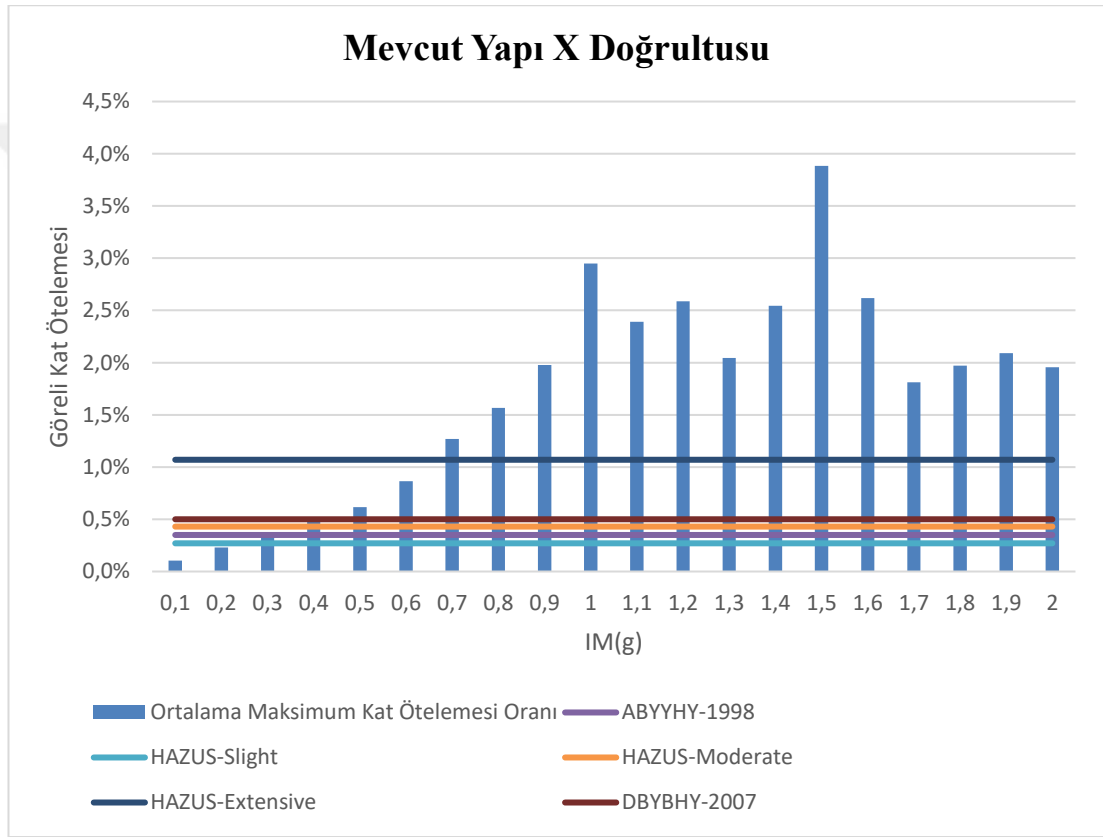
Şekil 5.13 Seçili 20 Deprem Kaydının Mevcut Bina için IDA eğrileri (X Doğultusu)



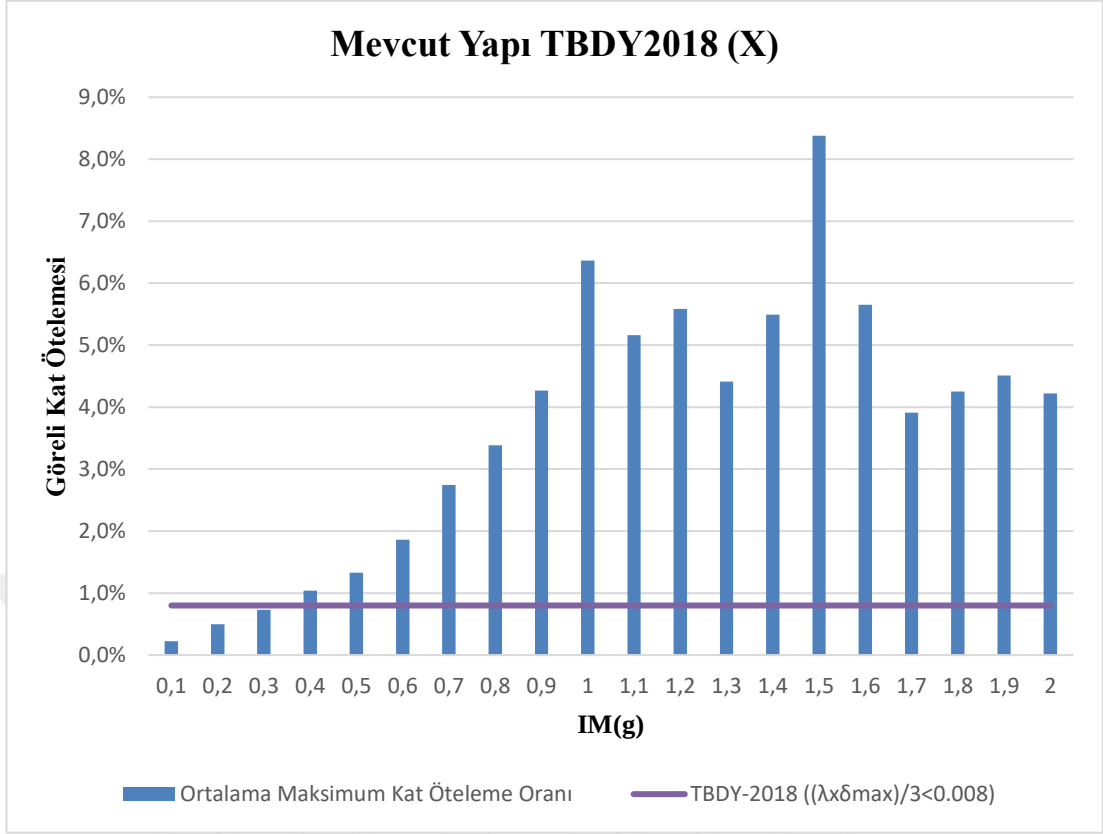
Şekil 5.14 Seçili 20 Deprem Kaydının Mevcut Bina için IDA eğrileri (Y Doğultusu)

5.2.1 Mevcut yapı x doğrultusu göreli kat öteleme oranları

Analizi tamamlanan 20 farklı deprem kaydına ait göreli kat ötelemeleri her bir deprem kaydı için her ölçekleme faktörü sonucu ayrı ayrı hesaplanarak medyan değerleri oluşturulmuştur. HAZUS, ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kat ötelemesi sınır değerleri ve ilgili depremlere ait göreli kat ötelemesi oranları Şekil 5.15'te gösterilmiştir. TBDY2018 sınır değeri ve göreli kat ötelemeleri Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Mevcut Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (X)



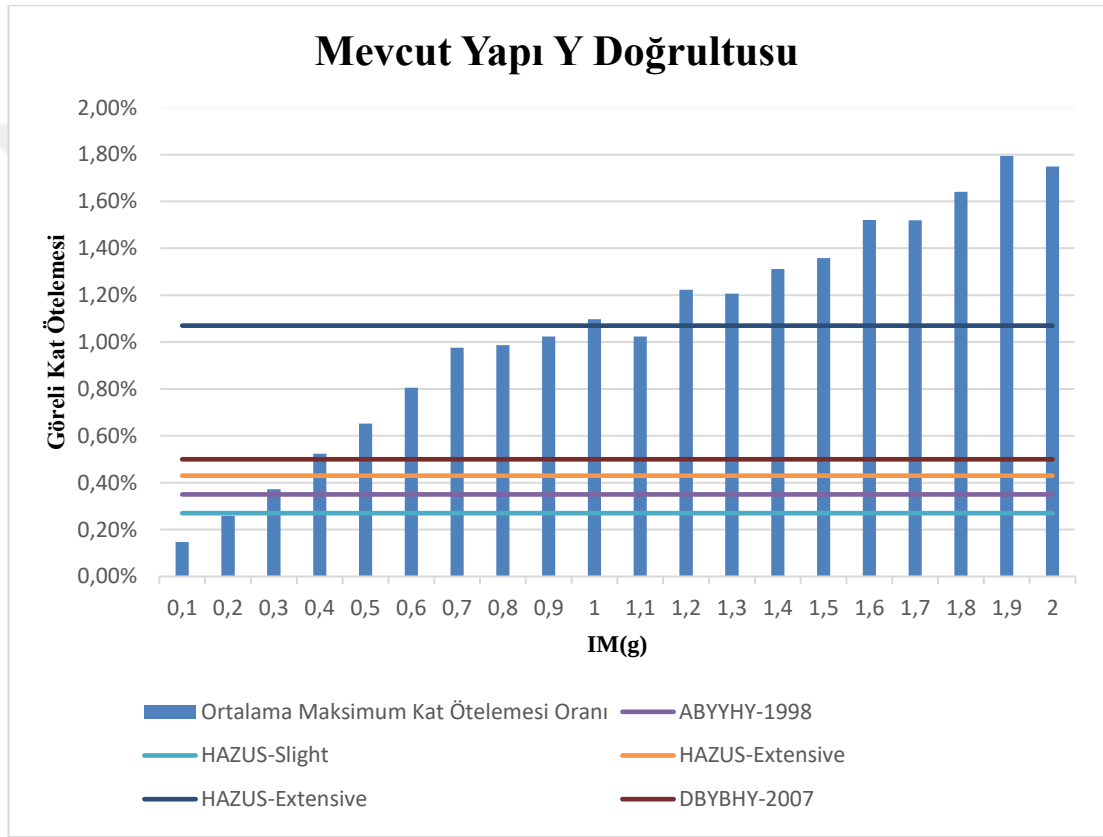
Şekil 5.16 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görel Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri(X)

X doğrultusunda yapılan analizler neticesinde hemen hemen tüm deprem kayıtlarına ait analizlerde IM değeri 1g değerine dahi ulaşmadan görel kat öteleme sınırını aştığı gözlenmektedir. En düşük magnitüt değerine sahip olan deprem kaydı olarak göze çarpan Hollister, 1961 depremine ait analiz sonucunda sınır değer IM=1g'den sonra aşıldığı gözlenmektedir. Buna paralel olarak En düşük PGA değerine sahip olan deprem kaydı olan Kozani, 1995 depremine ait analiz sonucunda IM=0.9g'den sonra sınır değer aşıldığı görülmektedir. Her bir deprem kaydına ait görel kat öteleme oranları ve hasar sınır değerleri ayrı ayrı EK1 bölümünde gösterilmiştir.

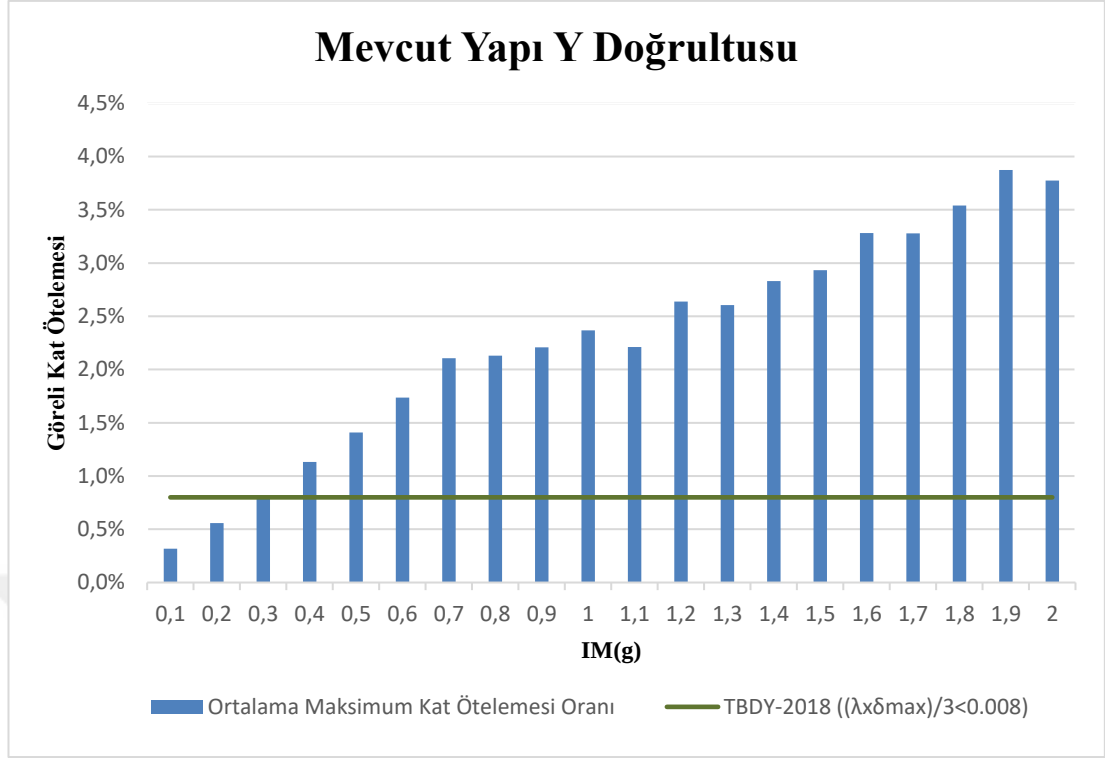
Öte yandan TBDY-2018'e ait grafiklerin diğer grafiklerden farklı olması, bölüm 5.3'te verilen TBDY-2018 yönetmeliğinin kendine has sınır değer hesaplama formüllerinden ileri gelmektedir. Bu farklılıkların neticesi olarak kırılmanlık eğrilerindeki değişimler bölüm 5.3'te gösterilmiş ve tartışılmıştır.

5.2.2 Mevcut yapı y doğrultusu görel kat ötelemesi oranları

Analizi tamamlanan 20 farkı deprem kaydına ait görel kat ötelemeleri her bir deprem kaydı için her ölçekleme faktörü sonucu ayrı yarı hesaplanarak medyan değerleri oluşturulmuştur. HAZUS, ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kat ötelemesi sınır değerleri ve ilgili depremlere ait görel kat ötelemesi oranları Şekil 5.16’da gösterilmiştir. TBDY2018 sınır değeri ve görel kat ötelemeleri Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.17 Mevcut Yapı Ortalama Görel Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (Y)



Şekil 5.18 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görel Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (Y)

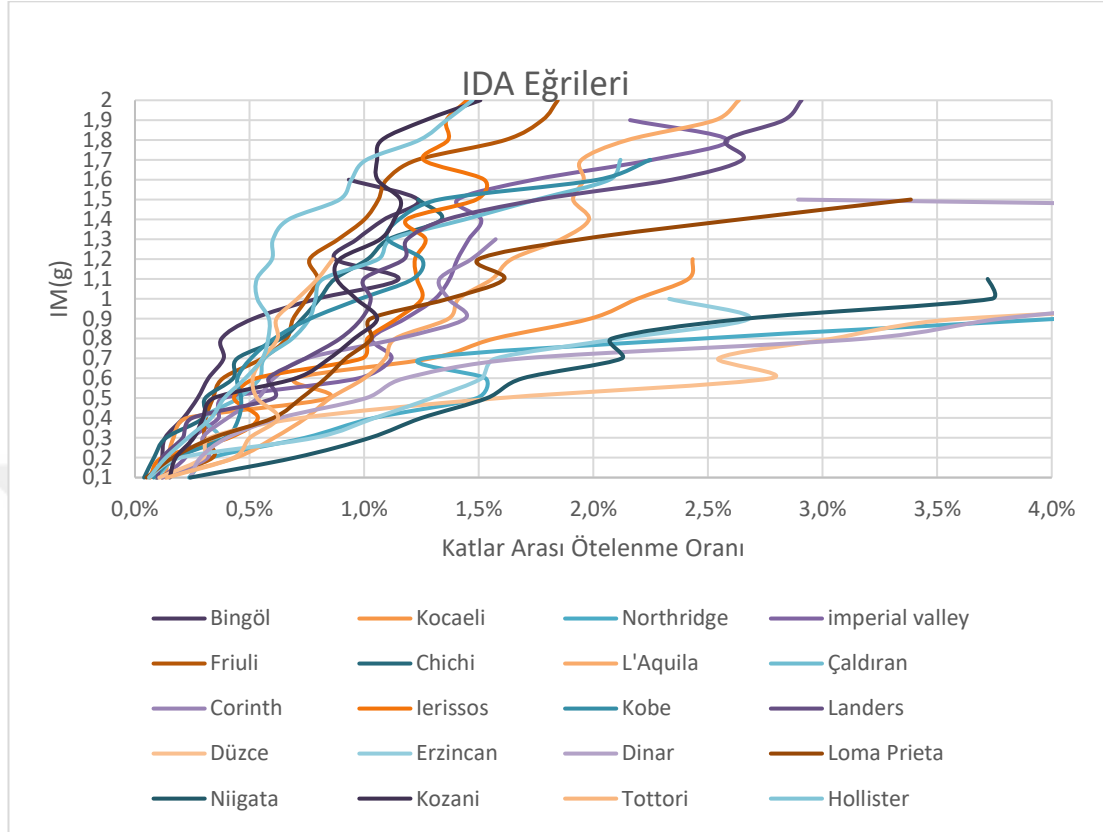
Y doğrultusunda yapılan analizlerin neticesinde ortaya çıkan veriler Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de gösterilmiştir. Elde edilen veriler, Bölüm 5.1'de okul binasının gözlem sonuçlarına paralel olarak, yapının Y doğrultusunda daha güçlü olduğu görülmüştür. X doğrultusunda en büyük görel kat öteleme talebi 1.5g Scale Factor seviyesinde %3.88 kadarken, Y doğrultusunda bu durum 1.9g Scale Factor seviyesinde %1,79 olarak gerçekleşmiştir. TBDY2018'e göre yapılan hesaplama ile karşılaştırma yapılacak olunursa, mevcut yapıda en büyük görel kat öteleme talebi 1.5g Scale Factor seviyesinde %8.38 kadarken, güncellenmiş yapıda bu durum 1.9g Scale Factor seviyesinde %3.80 kadardır.

Yapının göçme mekanizmasının X doğrultusunda gerçekleştiği göz önünde bulundurulduğunda, nümerik analiz sonuçlarının bu mekanizmaya paralellik gösterdiği söylenebilir.

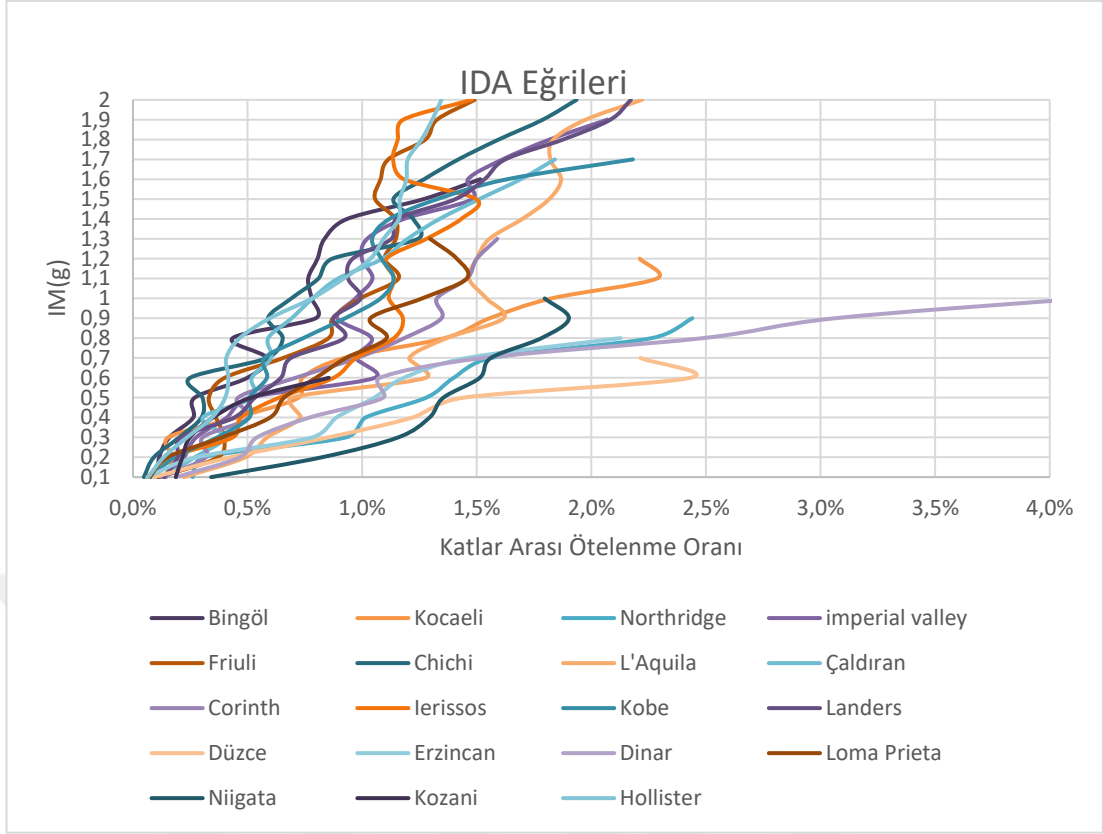
5.3 Güncellenmiş Yapı Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları

Aynı okul binasının güncel yönetmeliğe göre (TBDY-2018) sadece beton ve donatı sınıfının güncellenerek (beton sınıfı için malzeme dayanımı 25 MPa, donatı sınıfı için malzeme dayanımı 420 MPa olacak şekilde) yeniden modellenmesi sonucu artımsal

dinamik analiz sonuçları elde edilmiştir. Şekil 5.19’da X doğrultusunda elde edilen veriler, Şekil 5.20’de ise Y doğrultusunda elde edilen eğriler gösterilmiştir.



Şekil 5.19 Seçili 20 Deprem Kaydının Güncellenmiş Bina için IDA eğrileri (X Doğultusu)

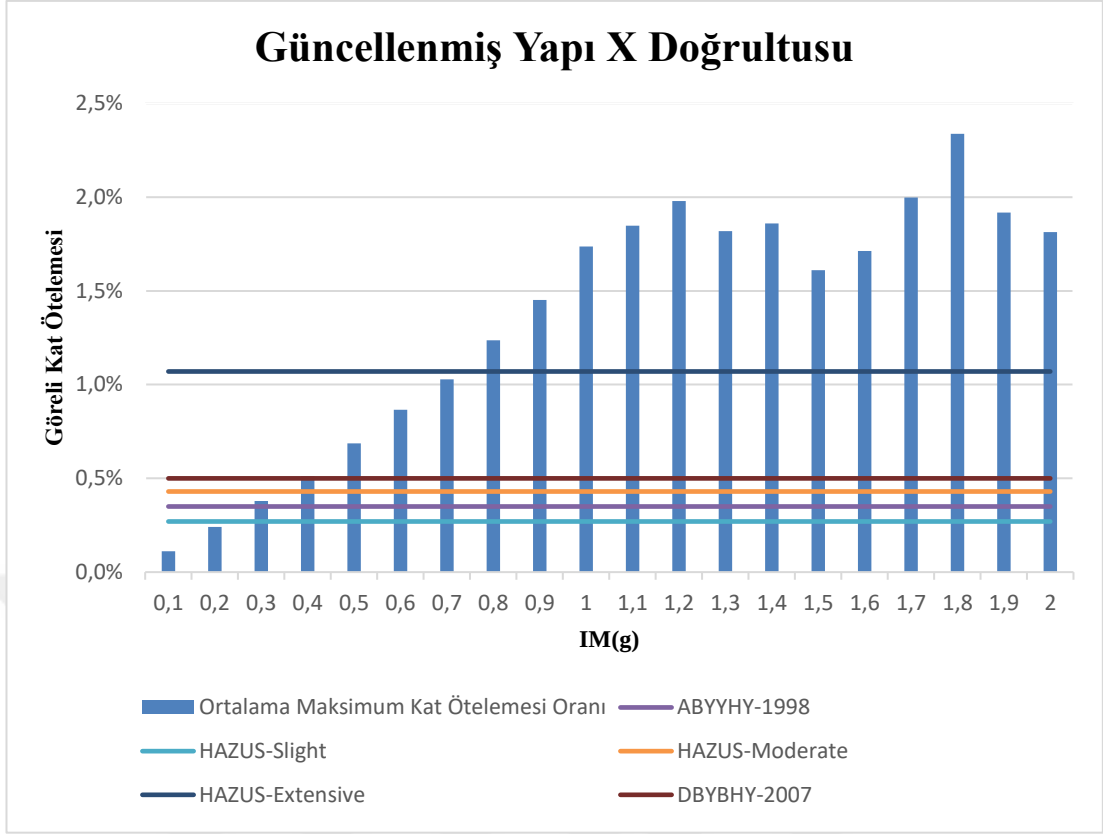


Şekil 5.20 Seçili 20 Deprem Kaydının Güncellenmiş Bina için IDA eğrileri (Y Doğultusu)

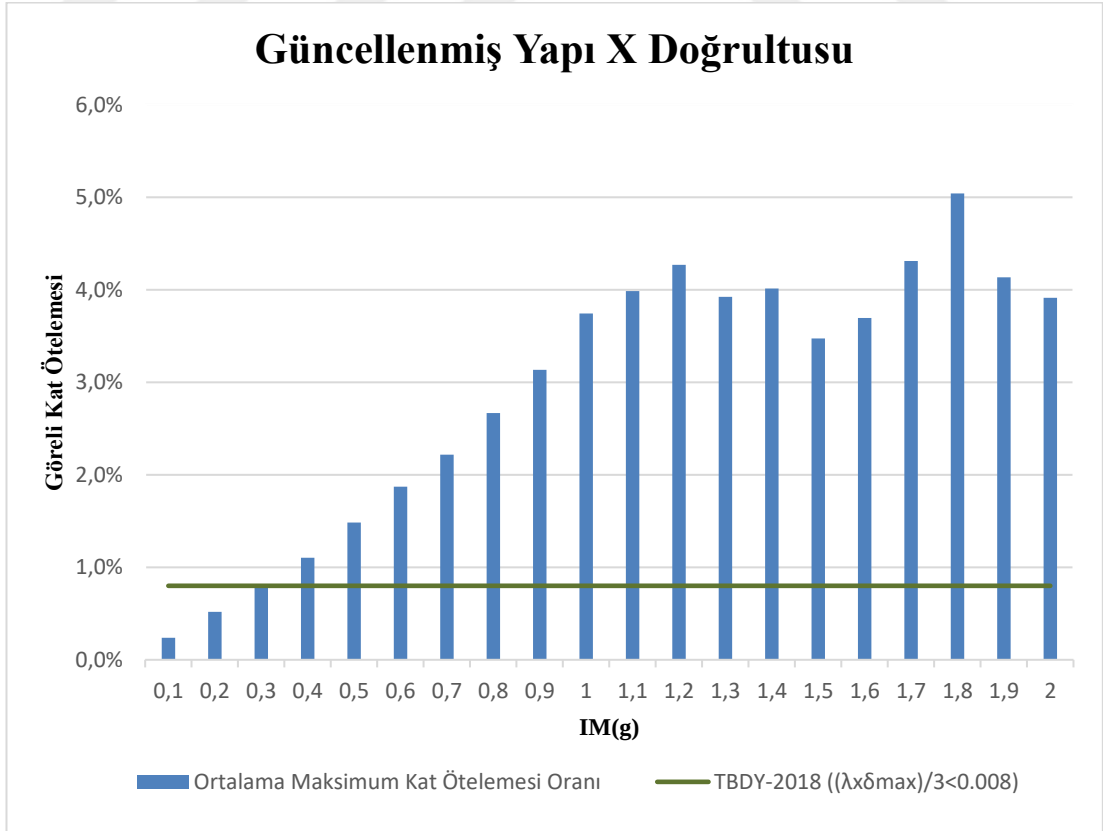
Mevcut yapı üzerinde gerçekleştirilen analizlere paralel olarak, IDA analizleri için ölçekleme faktörü aralığı olarak 0.1g ile 2g aralığı seçilmiştir. Analiz adımı 0.1g olup her bir deprem kaydı için 20 adım tanımlanmıştır. Toplamda 800 adet farklı zaman tanım aralığında analiz gerçekleştirilmiştir.

5.3.1 Güncellenmiş yapı x doğrultusu göreli kat öteleme oranları

Analizi tamamlanan 20 farklı deprem kaydına ait göreli kat ötelemeleri her bir deprem kaydı için her ölçekleme faktörü sonucu ayrı ayrı hesaplanarak ortalama değerleri oluşturulmuştur. HAZUS, ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kat öteleme sınır değerleri ve ilgili depremlere ait göreli kat öteleme oranları Şekil 5.21'de gösterilmiştir. TBDY2018 sınır değeri ve göreli kat ötelemeleri ise Şekil 5.22'de gösterilmiştir.



Şekil 5.21 Güncellenmiş Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (X)

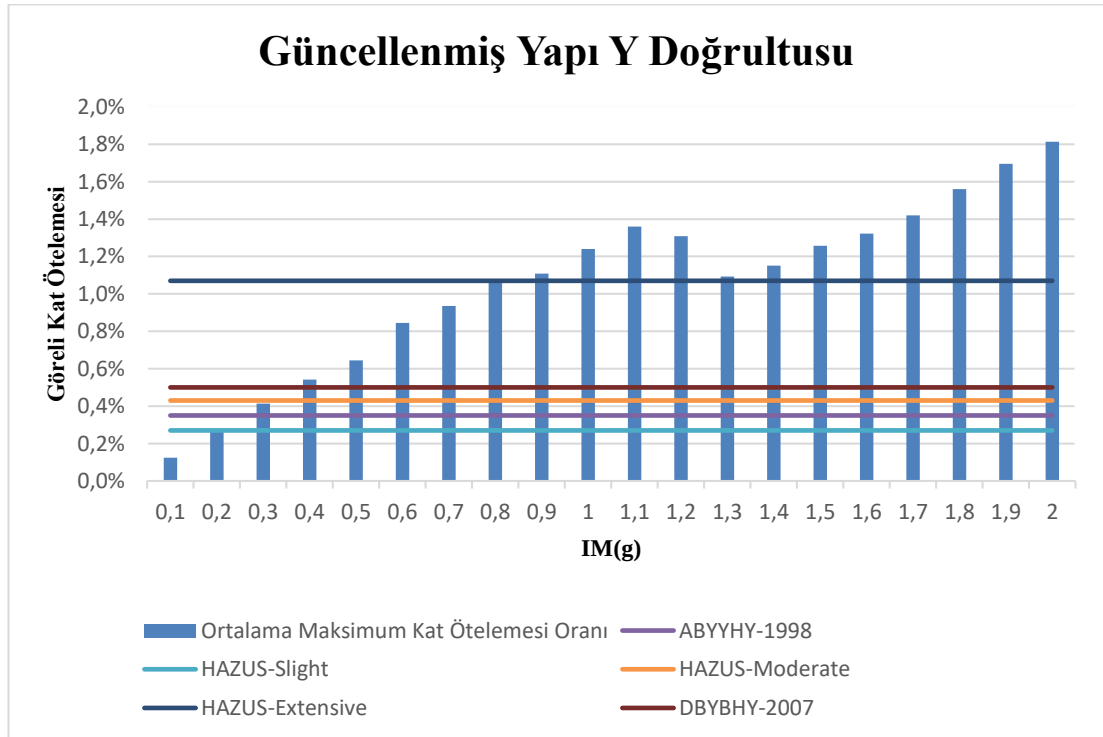


Şekil 5.22 Mevcut Yapı TBODY 2018'e Göre Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (X)

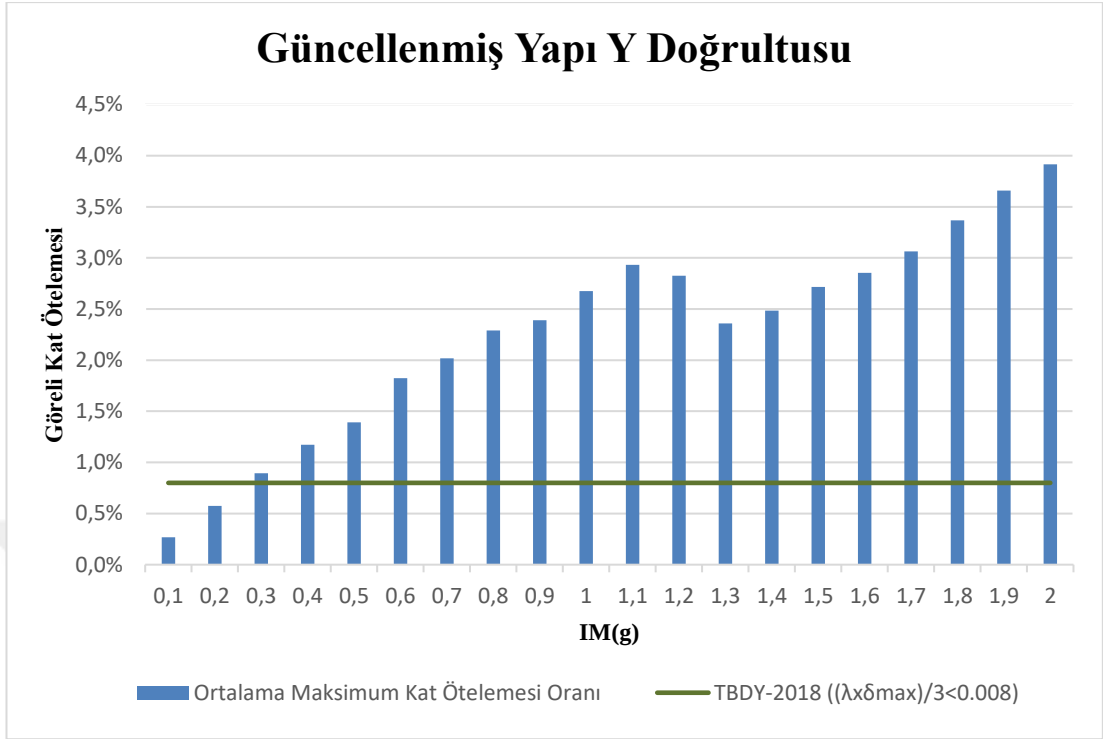
Güncellenmiş yapıya ait X doğrultusunda gerçekleştirilen IDA analizlerinden elde edilen veriler, yapının malzeme dayanımının artmasına paralel olarak artan enerji sönmüleme kapasitesine uyumlu olarak güçlü olduğu görülmüştür. X doğrultusunda en büyük görelî kat öteleme talebi 1.5g Scale Factor seviyesinde %3.88 kadarken, güncellenmiş yapıda X doğrultusunda bu durum 1.8g Scale Factor seviyesinde %2.3 olarak gerçekleşmiştir. TBDY2018'e göre yapılan hesaplama ile karşılaştırma yapılacak olunursa, mevcut yapıda en büyük görelî kat öteleme talebi 1.5g Scale Factor seviyesinde %8.38 kadarken, güncellenmiş yapıda bu durum 1.8g Scale Factor seviyesinde %5.00 kadardır.

5.3.2 Güncellenmiş yapı y doğrultusu görelî kat ötelemesi oranları

Güncellenmiş yapıya ait Y doğrultusunda analizi gerçekleştirilen 20 farklı deprem kaydına ait görelî kat ötelemeleri her bir deprem kaydı için her ölçekleme faktörü sonucu ayrı ayrı hesaplanarak ortalama değerleri oluşturulmuştur. HAZUS, ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kat ötelemesi sınır değerleri ve ilgili depremlere ait görelî kat ötelemesi oranları Şekil 5.23'te gösterilmiştir. TBDY2018 sınır değeri ve görelî kat ötelemeleri ise Şekil 5.24'te gösterilmiştir.



Şekil 5.23 Güncellenmiş Yapı Ortalama Görelî Kat Ötelemeleri ve Sınır Değerleri (Y)



Şekil 5.24 Mevcut Yapı TBDY 2018'e Göre Ortalama Görel Kat Ötelemeleri ve Sınır Değeri (Y)

Güncellenmiş yapıya ait Y doğrultusunda gerçekleştirilen IDA analizlerinden elde edilen veriler, yapının malzeme dayanımının artmasına paralel olarak artan enerji sönmleme kapasitesine uyumlu olarak güçlü olduğu görülmüştür. Güncellenmiş yapıda, X doğrultusunda en büyük görel kat öteleme talebi 1.8g Scale Factor seviyesinde %2.3 kadarken, güncellenmiş yapıda Y doğrultusunda bu durum 2g Scale Factor seviyesinde %1.8 olarak gerçekleşmiştir. TBDY2018'e göre yapılan hesaplama ile karşılaştırma yapılacak olunursa, güncellenmiş yapıda Y doğrultusunda en büyük görel kat öteleme talebi 1.8g Scale Factor seviyesinde %5.00 kadarken, Y doğrultusunda bu durum 2g Scale Factor seviyesinde %3.91 kadardır.

5.4 Kırılmalık Eğrisinin Hesaplanması

2022 yılında yayımlanan yeni HAZUS 5.1 Deprem Modeli Teknik El Kitabı (Hazard Earthquake Model Technical Manual), daha önce $IM=x$ olarak belirtilen hasar durumlarını belirlemek için kullanılmıştır.

Hazus, ABD için ulusal düzeyde standartlaştırılmış bir risk modelleme metodolojisidir. Her ABD eyaleti ve bölgesi için bir envanter veri tabanı

koleksiyonuyla birlikte masaüstü yazılımı olarak bulunmaktadır. Hazus, doğal afetler açısından yüksek risk taşıyan alanları belirler ve depremlerin, kasırgaların, sellerin ve tsunamilerin fiziksel, ekonomik ve sosyal etkilerini tahmin eder. FEMA'nın Doğal Afetler Risk Değerlendirme Programı tarafından yönetilen Hazus Programı, Hazus kaynaklarının en son bilimsel ve teknolojik yaklaşımları içermesini ve acil durum yönetimi topluluğunun ihtiyaçlarını karşılamasını sağlamak için diğer federal kurumlar, araştırma kurumları ve bölgesel planlama yetkilileriyle ortakır.

Hazus hafifletme, iyileştirme, hazırlık ve müdahale için kullanılır. Azaltma planlayıcıları, GIS uzmanları ve acil durum yöneticileri, afetlerden kaynaklanan potansiyel kayıpları belirlemek ve bu kayıpları en aza indirmek için en etkili azaltma eylemlerini belirlemek için Hazus'u kullanır. Hazus, hafifletme planlama sürecinde risk değerlendirmesi gereksinimini destekler. Müdahale planlayıcıları, felaket olaylarından kaynaklanan potansiyel etkileri haritalamak ve müdahale ve hazırlık için etkili stratejiler belirlemek için Hazus'u kullanır. Hazus, gelen fırtınalardan veya devam eden deprem dizilerinden kaynaklanan etkileri tahmin etmek için gerçek zamanlı müdahale çalışmaları sırasında da kullanılır.

Hazus, aşağıda sıralanan maddeler gibi risk bilgilerini ölçebilmektedir:

- Konut ve ticari binalara, okullara, kritik tesislere ve altyapıya yönelik fiziksel hasar.
- Kayıp işler, iş kesintileri ve onarım ve yeniden inşa maliyetleri dahil olmak üzere ekonomik kayıp.
- Yerinden edilmiş haneler, barınak gereksinimleri ve sellere, depremlere, kasırgalara ve tsunamiye maruz kalan nüfuslara ilişkin tahminler dahil olmak üzere sosyal etkiler.
- Taşkın yatağındaki yapıların yükseltilmesi veya donatısız yığma binaların güçlendirilmesi gibi yaygın hafifletme stratejilerinin maliyet etkinliği.

HAZUS 5.1 teknik kılavuzundaki sismik tasarım seviyesine göre yapısal kırılma eğrisi hasar durumları parametreleri kırılma eğrilerinde hasar sınır durumlarını belirlemek için kullanılmıştır.

TBDY-2018 açısından ana hasar durumu ise katlar arası görelî ötelenme oranı olarak kabul edilmektedir.

$$\Delta_i^x = u_i^x - u_{i-1}^x \quad (4)$$

Burada, Δ_i^x , i numaralı katın x doğrultusundaki görelî ötelemesidir. u_i^x ise ilgili katın yaptığı deplasmandır.

$$\delta_i^x = \frac{R}{I} \Delta_i^x \quad (5)$$

δ etkin görelî yer değıştirmesi ve R yapısal davranış katsayısıdır. I ise yapı önem katsayısıdır. Bina okul olduğu ve çerçeve sistem olduğu için R değeri 4, I ise 1 alınmıştır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^x}{h_i} \leq 0.008K \quad (4)$$

λ katsayısı, yönetmelikte (TBDY-2018) tanımlanan DD-3 deprem yer hareketinin hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin, doğal periyodu için DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. h_i ise i katının kat yüksekliğidir. TBDY-2018'e göre betonarme binalar için K katsayısı 1'e eşittir.

Öte yandan, önceki Türk Deprem Yönetmeliklerinde (ABYYHY 1998 ve DBYBHY 2007), katlar arası ötelenme oranlarının çok daha basit tanımları vardır. ABYYHY 1998'in katlar arası öteleme oranlarının sınır durumları denklem 5 ve 6'da verilmiştir. ABYYHY -1998'e göre iki denklem arasından dezavantajlı olan kullanılmalıdır.

$$\Delta_{i,max}/h_i \leq 0.0035 \quad (5)$$

$$\Delta_{i,max}/h_i \leq 0.02/R \quad (6)$$

DBYBHY-2007'ye göre denklem 7 ve denklem 8'de görelî kat ötelemesi oranı limitleri verilmiştir.

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (7)$$

$$\frac{\delta_{i,max}^x}{h_i} \leq 0.02 \quad (8)$$

5.4.1 Mevcut yapı x doğrultusu kırılgenlik eğrileri

Kırılgenlik eğrilerinin oluşturabilmesi için Artımsal Dinamik Analiz 'den elde edilen görelî kat ötelemeleri kullanılmaktadır. Mevcut binaya ait X doğrultusu için 20 farklı yer hareketinin analizi sonucu maksimum görelî kat ötelemeleri ve hangi katlar arasında olduğu Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 1-5)

Imperial Valley			Friuli			Bingöl			Northridge			Kocaeli		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM
0-1	0,10%	0,1	1-2	0,10%	0,1	0,1	0,10%	0,1	0-1	0,20%	0,1	0-1	0,10%	0,1
0-1	0,20%	0,2	1-2	0,30%	0,2	0,2	0,10%	0,2	0-1	0,30%	0,2	0-1	0,10%	0,2
0-1	0,30%	0,3	1-2	0,30%	0,3	0,3	0,10%	0,3	0-1	0,70%	0,3	0-1	0,20%	0,3
0-1	0,40%	0,4	1-2	0,30%	0,4	0,4	0,20%	0,4	1-2	1,00%	0,4	0-1	0,20%	0,4
0-1	0,40%	0,5	1-2	0,30%	0,5	0,5	0,30%	0,5	1-2	1,50%	0,5	0-1	0,80%	0,5
0-1	1,00%	0,6	1-2	0,40%	0,6	0,6	0,30%	0,6	1-2	1,50%	0,6	0-1	0,70%	0,6
0-1	1,10%	0,7	1-2	0,60%	0,7	0,7	0,40%	0,7	1-2	1,30%	0,7	0-1	1,30%	0,7
0-1	1,00%	0,8	1-2	0,70%	0,8	0,8	0,40%	0,8	0-1	2,50%	0,8	0-1	1,60%	0,8
1-2	1,20%	0,9	1-2	0,70%	0,9	0,9	0,50%	0,9	0-1	4,00%	0,9	0-1	2,00%	0,9
1-2	1,30%	1	1-2	0,70%	1	1	0,80%	1	-	-	-	0-1	2,20%	1
1-2	1,40%	1,1	1-2	0,80%	1,1	1,1	1,10%	1,1	-	-	-	0-1	2,40%	1,1
1-2	1,40%	1,2	1-2	0,80%	1,2	1,2	0,90%	1,2	-	-	-	0-1	2,40%	1,2
1-2	1,50%	1,3	0-1	0,90%	1,3	1,3	1,00%	1,3	-	-	-	-	-	-
1-2	1,50%	1,4	0-1	1,00%	1,4	1,4	1,10%	1,4	-	-	-	-	-	-
1-2	1,40%	1,5	0-1	1,10%	1,5	1,5	1,20%	1,5	-	-	-	-	-	-
0-1	1,70%	1,6	0-1	1,10%	1,6	1,6	0,90%	1,6	-	-	-	-	-	-
0-1	2,30%	1,7	0-1	1,20%	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-1	2,60%	1,8	1-2	1,60%	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-1	2,20%	1,9	1-2	1,80%	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0-1	1,80%	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.3 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 6-10)

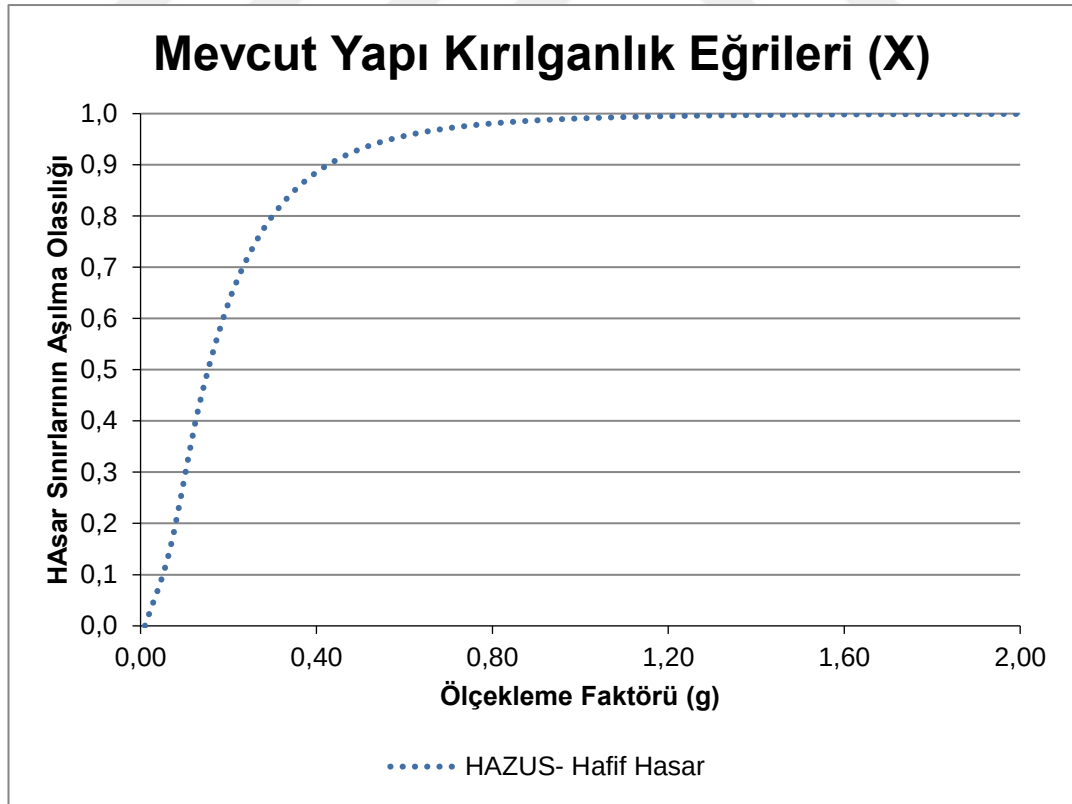
L'Aquila			Caldıran			Corinth			Ierissos			Kobe		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	1-2	0,2%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,2%	0,2
0-1	0,5%	0,3	0-1	0,2%	0,3	1-2	0,3%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,2%	0,3
0-1	0,4%	0,4	0-1	0,3%	0,4	1-2	0,4%	0,4	0-1	0,5%	0,4	0-1	0,3%	0,4
0-1	0,7%	0,5	0-1	0,3%	0,5	1-2	0,6%	0,5	1-2	0,7%	0,5	0-1	0,4%	0,5
0-1	0,8%	0,6	0-1	0,4%	0,6	1-2	0,8%	0,6	1-2	0,7%	0,6	0-1	0,5%	0,6
0-1	0,9%	0,7	0-1	0,5%	0,7	1-2	0,9%	0,7	1-2	0,8%	0,7	0-1	0,6%	0,7
0-1	1,1%	0,8	0-1	0,5%	0,8	1-2	1,0%	0,8	1-2	0,8%	0,8	0-1	0,6%	0,8
0-1	1,1%	0,9	0-1	0,7%	0,9	1-2	1,1%	0,9	1-2	0,9%	0,9	0-1	0,7%	0,9
1-2	1,4%	1	0-1	0,9%	1	1-2	1,1%	1	1-2	0,9%	1	0-1	0,8%	1
1-2	1,5%	1,1	0-1	1,2%	1,1	1-2	1,2%	1,1	1-2	1,0%	1,1	0-1	1,4%	1,1
1-2	1,5%	1,2	0-1	1,3%	1,2	1-2	1,3%	1,2	1-2	0,9%	1,2	0-1	1,7%	1,2
1-2	1,8%	1,3	0-1	1,4%	1,3	0-1	1,4%	1,3	1-2	0,9%	1,3	0-1	2,3%	1,3
1-2	2,1%	1,4	0-1	1,6%	1,4	-	1,5%	1,4	1-2	1,0%	1,4	0-1	3,2%	1,4
1-2	2,3%	1,5	0-1	1,7%	1,5	-	1,6%	1,5	1-2	1,1%	1,5	0-1	4,2%	1,5
1-2	2,5%	1,6	0-1	1,9%	1,6	-	1,9%	1,6	1-2	1,0%	1,6	0-1	3,8%	1,6
1-2	2,9%	1,7	0-1	1,9%	1,7	-	-	-	1-2	1,0%	1,7	0-1	2,7%	1,7
1-2	3,2%	1,8	-	-	-	-	-	-	1-2	1,1%	1,8	-	-	-
1-2	3,5%	1,9	-	-	-	-	-	-	1-2	1,2%	1,9	-	-	-
1-2	3,3%	2	-	-	-	-	-	-	1-2	1,1%	2	-	-	-

Tablo 5.4 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 11-15)

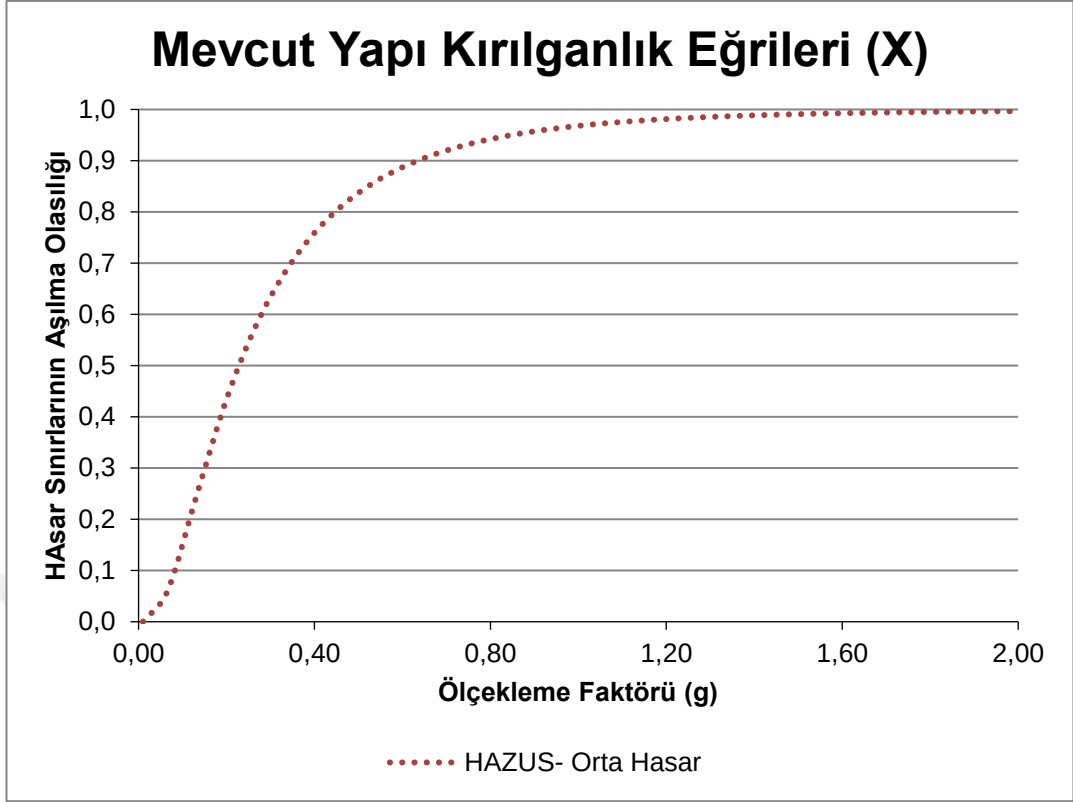
Düzce			Erzincan			Dinar			Loma Prieta			Niigata		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,2%	0,2	0-1	0,5%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,6%	0,2
0-1	0,7%	0,3	0-1	0,7%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,7%	0,3
0-1	1,6%	0,4	0-1	0,9%	0,4	0-1	0,7%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	1,1%	0,4
0-1	1,5%	0,5	0-1	1,0%	0,5	0-1	0,8%	0,5	0-1	0,6%	0,5	0-1	1,1%	0,5
0-1	2,3%	0,6	0-1	1,5%	0,6	0-1	2,2%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	1,4%	0,6
0-1	4,9%	0,7	0-1	2,2%	0,7	0-1	3,6%	0,7	0-1	0,8%	0,7	0-1	2,5%	0,7
0-1	6,3%	0,8	0-1	3,0%	0,8	0-1	5,0%	0,8	0-1	0,9%	0,8	0-1	3,3%	0,8
0-1	7,6%	0,9	0-1	4,2%	0,9	0-1	6,5%	0,9	0-1	1,2%	0,9	0-1	5,0%	0,9
0-1	19,5%	1	0-1	4,7%	1	0-1	7,8%	1	0-1	2,4%	1	0-1	5,5%	1
-	-	-	0-1	0,049	1,1	0-1	9,9%	1,1	0-1	2,9%	1,1	0-1	7,2%	1,1
-	-	-	0-1	0,055	1,2	0-1	5,4%	1,2	0-1	4,2%	1,2	0-1	0,13	1,2
-	-	-	0-1	0,058	1,3	-	-	-	0-1	6,5%	1,3	-	-	-
-	-	-	0-1	0,073	1,4	-	-	-	0-1	9,5%	1,4	-	-	-
-	-	-	0-1	0,098	1,5	-	-	-	0-1	22,2%	1,5	-	-	-
-	-	-	0-1	0,126	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.5 Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 16-20)

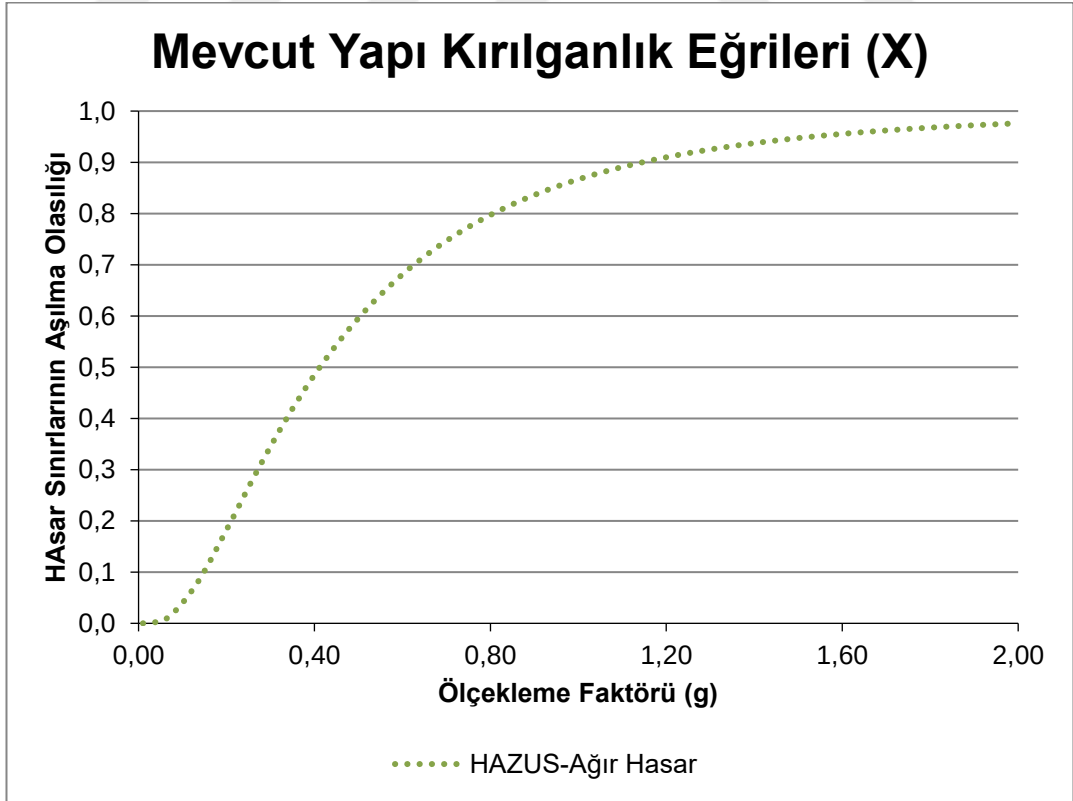
Kozani			Tottori			Hollister			Landers			Chichi		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,0%	0,1
0-1	0,1%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,1%	0,2	0-1	0,1%	0,2	1-2	0,1%	0,2
0-1	0,2%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,2%	0,3	0-1	0,3%	0,3	1-2	0,2%	0,3
0-1	0,3%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	0,2%	0,4	0-1	0,3%	0,4	0-1	0,2%	0,4
0-1	0,5%	0,5	0-1	0,6%	0,5	0-1	0,2%	0,5	0-1	0,4%	0,5	0-1	0,4%	0,5
0-1	0,6%	0,6	0-1	0,7%	0,6	0-1	0,3%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	0,5%	0,6
0-1	0,5%	0,7	0-1	0,7%	0,7	0-1	0,4%	0,7	0-1	0,6%	0,7	0-1	0,5%	0,7
0-1	0,5%	0,8	0-1	0,7%	0,8	0-1	0,4%	0,8	0-1	0,7%	0,8	0-1	0,7%	0,8
0-1	0,6%	0,9	0-1	0,9%	0,9	0-1	0,5%	0,9	0-1	0,7%	0,9	0-1	0,8%	0,9
0-1	0,7%	1	0-1	1,0%	1	1-2	0,6%	1	0-1	0,9%	1	0-1	0,9%	1
0-1	0,8%	1,1	0-1	1,3%	1,1	1-2	0,6%	1,1	0-1	1,2%	1,1	0-1	1,0%	1,1
0-1	0,8%	1,2	0-1	0,7%	1,2	1-2	0,7%	1,2	0-1	1,5%	1,2	0-1	1,2%	1,2
0-1	0,9%	1,3	-	-	-	1-2	0,8%	1,3	0-1	1,4%	1,3	0-1	1,4%	1,3
0-1	1,1%	1,4	-	-	-	1-2	0,9%	1,4	0-1	1,4%	1,4	0-1	1,6%	1,4
0-1	1,3%	1,5	-	-	-	1-2	0,9%	1,5	0-1	1,4%	1,5	0-1	1,8%	1,5
0-1	1,5%	1,6	-	-	-	1-2	0,9%	1,6	0-1	1,6%	1,6	0-1	0,018	1,6
0-1	1,4%	1,7	-	-	-	1-2	0,8%	1,7	0-1	2,0%	1,7	0-1	0,019	1,7
0-1	1,8%	1,8	-	-	-	1-2	0,8%	1,8	0-1	2,4%	1,8	0-1	0,022	1,8
0-1	2,2%	1,9	-	-	-	1-2	0,8%	1,9	0-1	2,8%	1,9	0-1	0,024	1,9
0-1	2,3%	2	-	-	-	1-2	0,9%	2	0-1	1,6%	2	0-1	0,026	2



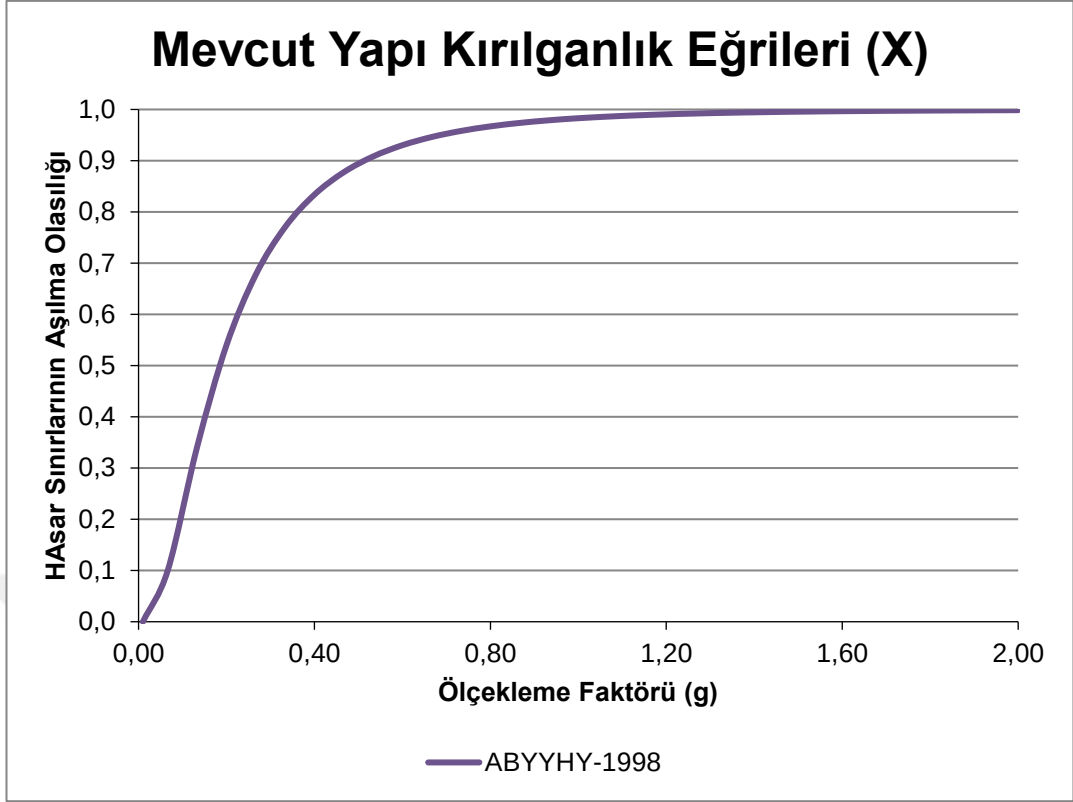
Şekil 5.25 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılma Eğrisi



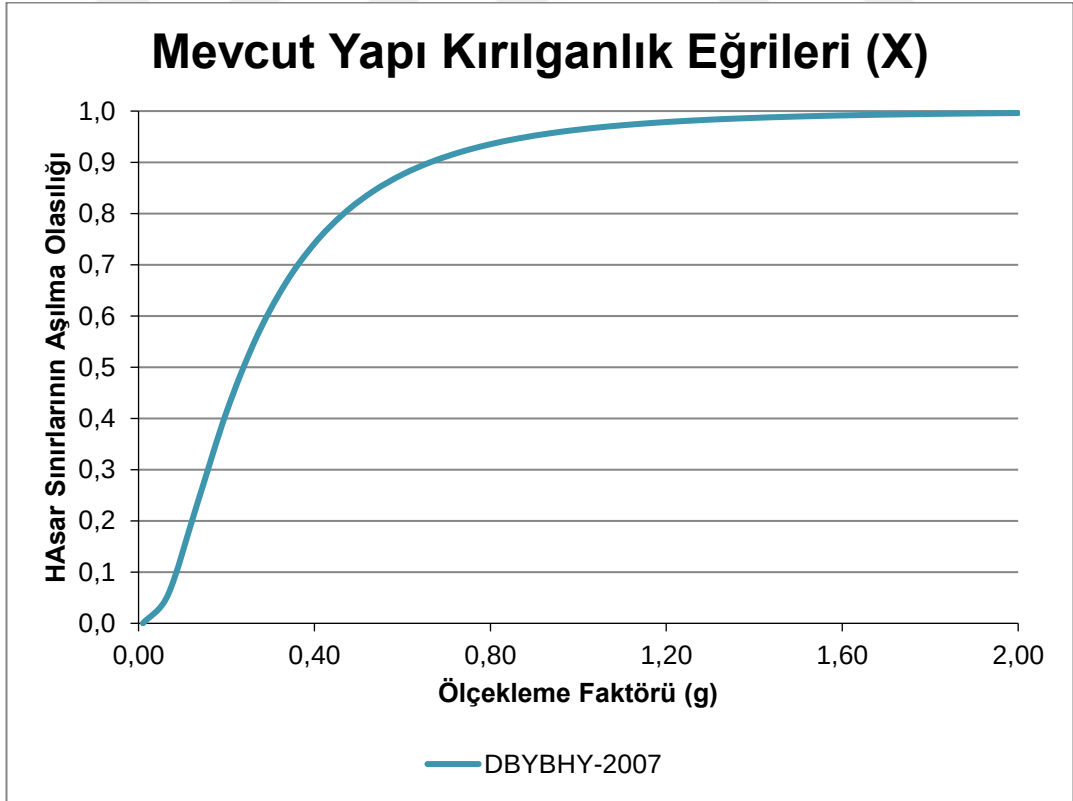
Şekil 5.26 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılma EĞRİSİ



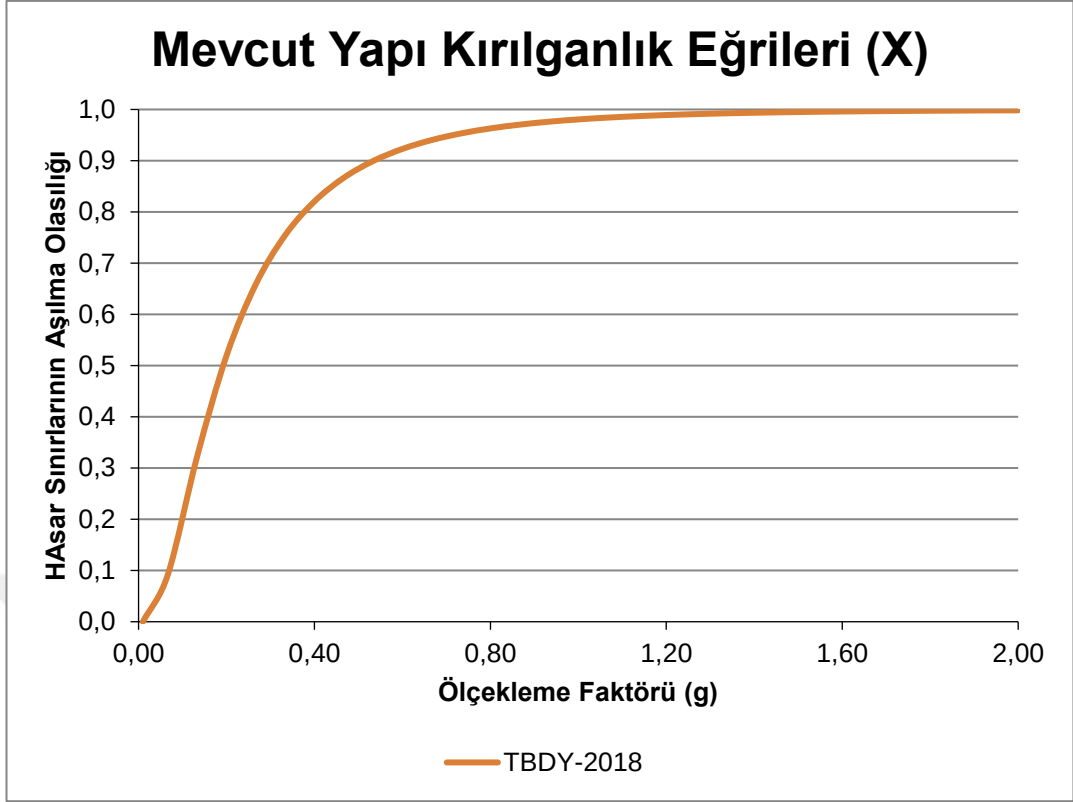
Şekil 5.27 Mevcut Yapı X Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılma EĞRİSİ



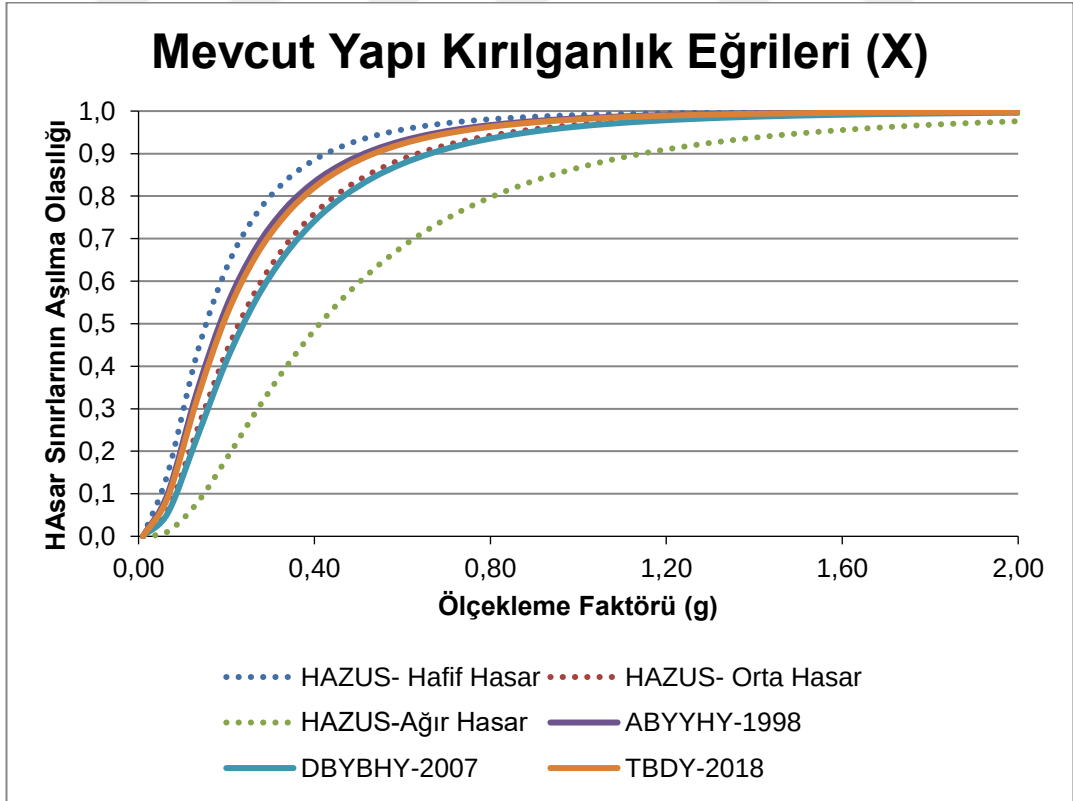
Şekil 5.28 Mevcut Yapı X Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.29 Mevcut Yapı X Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.30 Mevcut Yapı X Doğrultusu TBDY2018 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.31 Mevcut Yapı X Doğrultusu Kırılmalık Eğrileri

5.4.2 Mevcut yapı y doğrultusu kırılganlık eğrileri

Mevcut binaya ait Y doğrultusu için 20 farklı yer hareketinin analizi sonucu maksimum görelî kat ötelemeleri ve hangi katlar arasında olduğu Tablo 5.6, Tablo 5.7, Tablo 5.8 ve Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 1-5)

Imperial Valley			Friuli			Bingöl			Northridge			Kocaeli		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,10%	0,1	1-2	0,20%	0,1	0-1	0,10%	0,1	1-2	0,20%	0,1	0-1	0,10%	0,1
0-1	0,10%	0,2	1-2	0,20%	0,2	0-1	0,10%	0,2	1-2	0,40%	0,2	0-1	0,10%	0,2
0-1	0,40%	0,3	1-2	0,20%	0,3	0-1	0,10%	0,3	1-2	0,80%	0,3	0-1	0,40%	0,3
0-1	0,50%	0,4	1-2	0,30%	0,4	0-1	0,20%	0,4	1-2	1,00%	0,4	0-1	0,60%	0,4
0-1	0,60%	0,5	1-2	0,40%	0,5	0-1	0,30%	0,5	1-2	1,00%	0,5	0-1	0,80%	0,5
0-1	0,80%	0,6	1-2	0,50%	0,6	0-1	0,40%	0,6	0-1	1,40%	0,6	0-1	1,00%	0,6
0-1	0,80%	0,7	1-2	0,60%	0,7	1-2	0,60%	0,7	0-1	1,90%	0,7	0-1	1,10%	0,7
0-1	0,70%	0,8	1-2	0,60%	0,8	0-1	0,50%	0,8	0-1	2,10%	0,8	0-1	1,70%	0,8
1-2	0,90%	0,9	1-2	0,70%	0,9	1-2	0,60%	0,9	0-1	2,20%	0,9	0-1	2,70%	0,9
1-2	0,80%	1	1-2	0,70%	1	1-2	0,70%	1	0-1	0,027	1	0-1	2,30%	1
1-2	0,90%	1,1	1-2	0,80%	1,1	1-2	0,80%	1,1	0-1	0,033	1,1	-	-	-
1-2	1,10%	1,2	1-2	0,90%	1,2	1-2	1,00%	1,2	0-1	0,036	1,2	-	-	-
1-2	1,20%	1,3	0-1	1,00%	1,3	1-2	1,00%	1,3	-	-	-	-	-	-
1-2	1,10%	1,4	0-1	1,00%	1,4	1-2	1,00%	1,4	-	-	-	-	-	-
1-2	1,20%	1,5	0-1	1,20%	1,5	0-1	0,90%	1,5	-	-	-	-	-	-
0-1	2,00%	1,6	0-1	1,50%	1,6	0-1	1,00%	1,6	-	-	-	-	-	-
0-1	2,10%	1,7	0-1	1,80%	1,7	0-1	0,011	1,7	-	-	-	-	-	-
0-1	2,00%	1,8	1-2	2,00%	1,8	0-1	0,012	1,8	-	-	-	-	-	-
0-1	1,90%	1,9	1-2	2,30%	1,9	0-1	0,013	1,9	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0-1	2,50%	2	0-1	0,014	2	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.7 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 6-10)

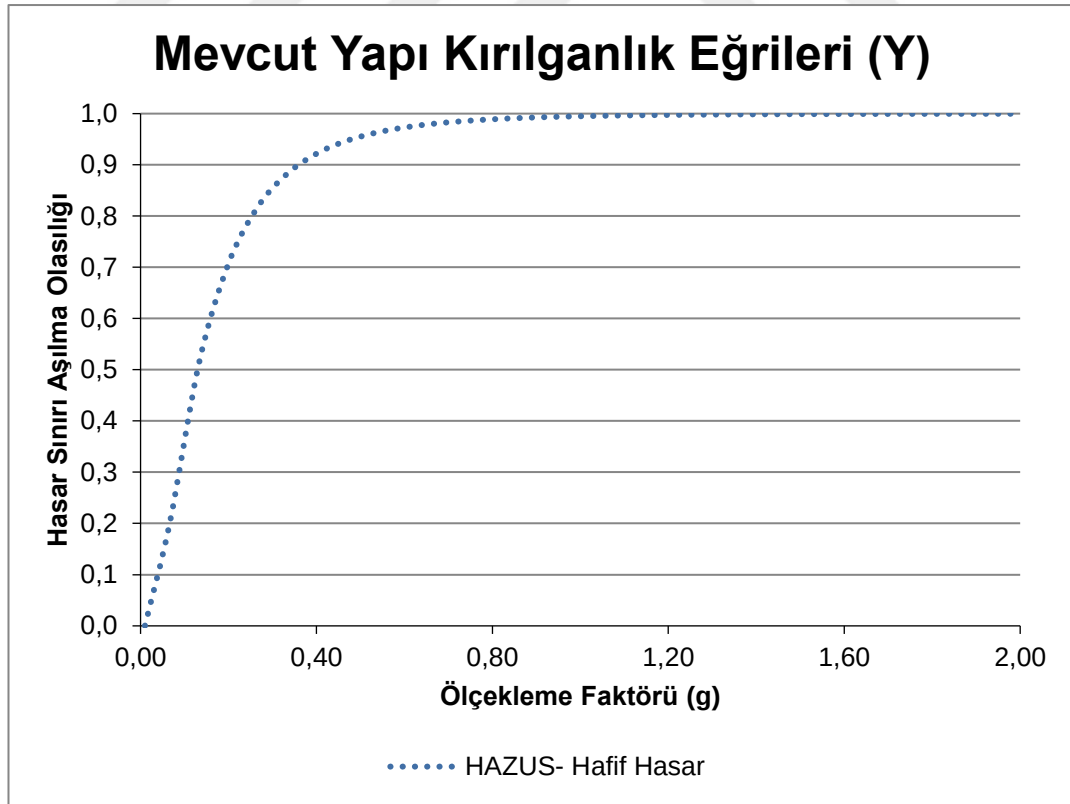
L'Aquila			Caldıran			Corinth			Ierissos			Kobe		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	1-2	0,2%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,2%	0,2
0-1	0,5%	0,3	0-1	0,3%	0,3	1-2	0,3%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,3%	0,3
0-1	0,8%	0,4	0-1	0,3%	0,4	1-2	0,4%	0,4	0-1	0,5%	0,4	0-1	0,4%	0,4
0-1	0,8%	0,5	0-1	0,3%	0,5	1-2	0,6%	0,5	1-2	0,7%	0,5	0-1	0,4%	0,5
0-1	1,0%	0,6	1-2	0,4%	0,6	1-2	0,7%	0,6	1-2	0,7%	0,6	0-1	0,6%	0,6
0-1	1,2%	0,7	0-1	0,4%	0,7	1-2	0,8%	0,7	1-2	0,8%	0,7	0-1	0,6%	0,7
0-1	1,1%	0,8	1-2	0,5%	0,8	1-2	0,8%	0,8	1-2	0,8%	0,8	0-1	0,7%	0,8
0-1	1,0%	0,9	0-1	0,7%	0,9	1-2	1,0%	0,9	1-2	0,8%	0,9	0-1	0,7%	0,9
1-2	1,1%	1	0-1	0,8%	1	1-2	1,1%	1	1-2	0,9%	1	0-1	0,8%	1
1-2	1,3%	1,1	0-1	0,9%	1,1	1-2	1,2%	1,1	1-2	0,9%	1,1	0-1	1,1%	1,1
1-2	1,3%	1,2	0-1	1,0%	1,2	1-2	1,4%	1,2	1-2	0,8%	1,2	0-1	1,4%	1,2
1-2	1,3%	1,3	0-1	1,1%	1,3	1-2	1,5%	1,3	1-2	0,8%	1,3	0-1	1,7%	1,3
1-2	1,5%	1,4	0-1	1,2%	1,4	1-2	1,6%	1,4	1-2	0,9%	1,4	0-1	2,0%	1,4
1-2	1,8%	1,5	0-1	1,3%	1,5	1-2	1,8%	1,5	1-2	1,0%	1,5	-	-	-
1-2	2,1%	1,6	0-1	1,4%	1,6	1-2	1,9%	1,6	1-2	1,0%	1,6	-	-	-
1-2	2,4%	1,7	0-1	1,5%	1,7	1-2	1,9%	1,7	1-2	1,1%	1,7	-	-	-
1-2	2,7%	1,8	0-1	1,9%	1,8	0-1	2,1%	1,8	1-2	1,1%	1,8	-	-	-
1-2	2,9%	1,9	0-1	2,5%	1,9	0-1	2,5%	1,9	1-2	1,1%	1,9	-	-	-
1-2	3,0%	2	0-1	1,6%	2	0-1	2,8%	2	1-2	1,1%	2	-	-	-

Tablo 5.8 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 11-15)

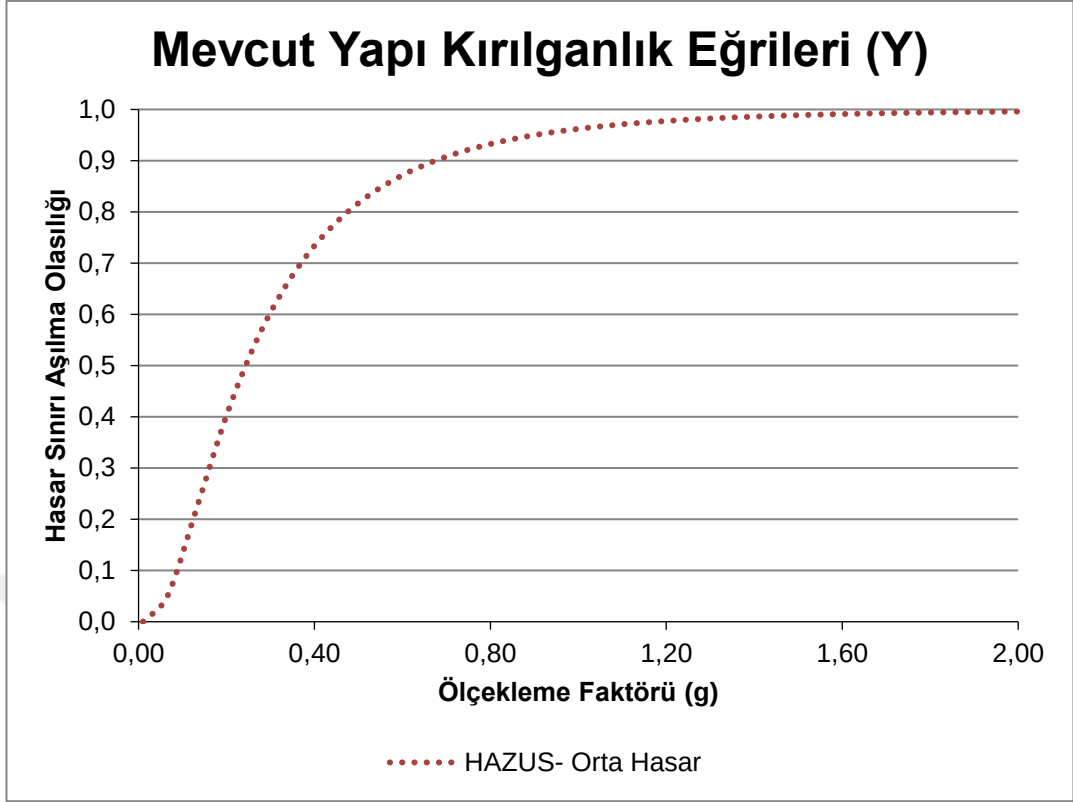
Düzce			Erzincan			Dinar			Loma Prieta			Niigata		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,5%	0,1
0-1	0,3%	0,2	0-1	0,5%	0,2	0-1	0,4%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,7%	0,2
0-1	0,8%	0,3	0-1	0,6%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,8%	0,3
0-1	1,2%	0,4	0-1	0,8%	0,4	0-1	0,8%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	1,0%	0,4
0-1	1,7%	0,5	0-1	0,9%	0,5	0-1	1,0%	0,5	0-1	0,6%	0,5	0-1	1,1%	0,5
0-1	1,7%	0,6	0-1	1,3%	0,6	0-1	1,7%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	1,3%	0,6
0-1	2,1%	0,7	0-1	1,8%	0,7	0-1	2,4%	0,7	0-1	0,8%	0,7	0-1	1,5%	0,7
-	-	-	0-1	2,0%	0,8	0-1	2,0%	0,8	0-1	0,8%	0,8	0-1	2,1%	0,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	1,0%	0,9	0-1	2,7%	0,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	1,7%	1	0-1	2,6%	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	2,2%	1,1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	3,1%	1,2	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	1,0%	1,3	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.9 Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 16-20)

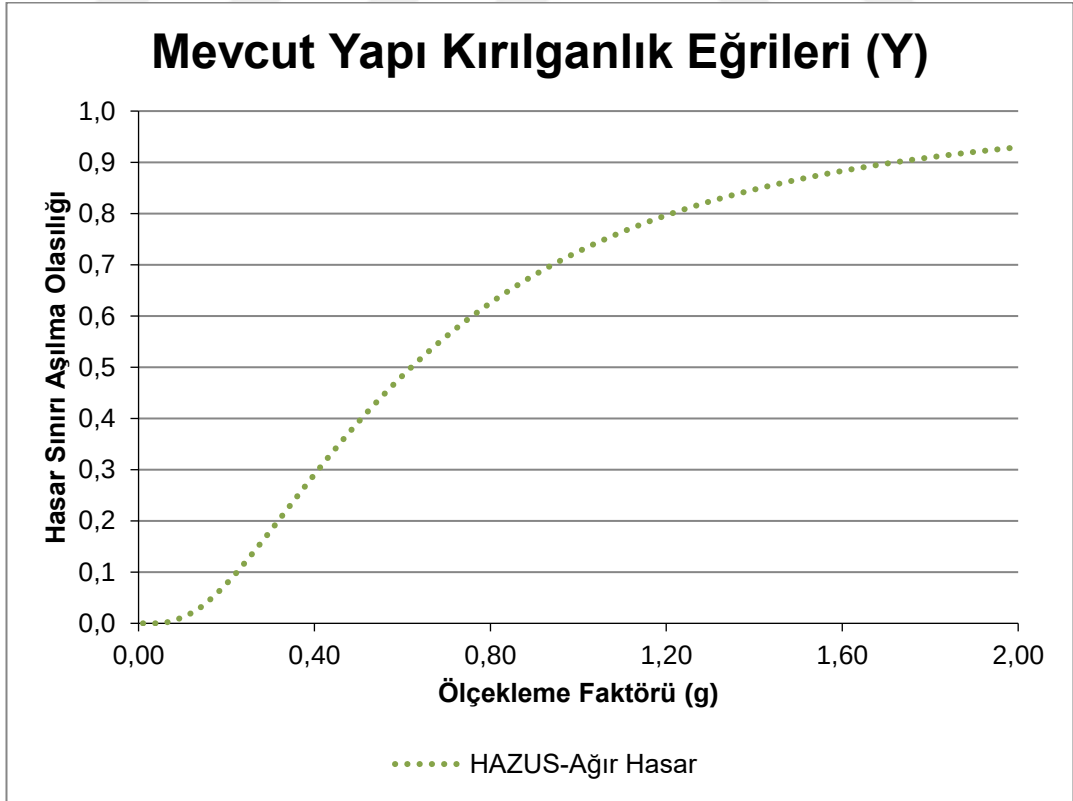
Kozani			Tottori			Hollister			Landers			Chichi		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,0%	0,1
0-1	0,2%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,1%	0,2	1-2	0,1%	0,2
0-1	0,2%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,2%	0,3	0-1	0,2%	0,3	1-2	0,2%	0,3
0-1	0,4%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	0,3%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	0,2%	0,4
0-1	0,5%	0,5	0-1	0,6%	0,5	0-1	0,3%	0,5	0-1	0,5%	0,5	0-1	0,4%	0,5
0-1	0,6%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	0,3%	0,6	0-1	0,5%	0,6	0-1	0,4%	0,6
1-2	0,6%	0,7	0-1	0,7%	0,7	0-1	0,5%	0,7	0-1	0,5%	0,7	0-1	0,6%	0,7
1-2	0,6%	0,8	0-1	0,7%	0,8	0-1	0,6%	0,8	0-1	0,6%	0,8	0-1	0,7%	0,8
1-2	0,8%	0,9	0-1	0,8%	0,9	0-1	0,7%	0,9	0-1	0,6%	0,9	0-1	0,7%	0,9
1-2	0,8%	1	0-1	1,0%	1	1-2	0,7%	1	0-1	0,8%	1	0-1	0,7%	1
0-1	0,7%	1,1	0-1	1,2%	1,1	1-2	0,7%	1,1	0-1	1,0%	1,1	0-1	0,9%	1,1
0-1	0,8%	1,2	0-1	1,6%	1,2	1-2	0,8%	1,2	0-1	1,1%	1,2	0-1	1,0%	1,2
0-1	1,0%	1,3	0-1	2,1%	1,3	1-2	0,9%	1,3	0-1	1,3%	1,3	0-1	1,2%	1,3
0-1	1,3%	1,4	0-1	2,2%	1,4	1-2	0,9%	1,4	0-1	1,3%	1,4	0-1	1,4%	1,4
0-1	1,4%	1,5	0-1	2,4%	1,5	1-2	0,9%	1,5	0-1	1,3%	1,5	0-1	1,5%	1,5
0-1	1,5%	1,6	0-1	2,4%	1,6	1-2	0,9%	1,6	0-1	1,3%	1,6	0-1	0,016	1,6
0-1	1,4%	1,7	-	-	-	1-2	0,8%	1,7	0-1	1,4%	1,7	0-1	0,017	1,7
0-1	1,5%	1,8	-	-	-	1-2	0,8%	1,8	0-1	1,6%	1,8	0-1	0,016	1,8
0-1	1,6%	1,9	-	-	-	1-2	0,8%	1,9	0-1	1,8%	1,9	0-1	0,018	1,9
0-1	1,7%	2	-	-	-	1-2	0,8%	2	0-1	1,9%	2	0-1	0,017	2



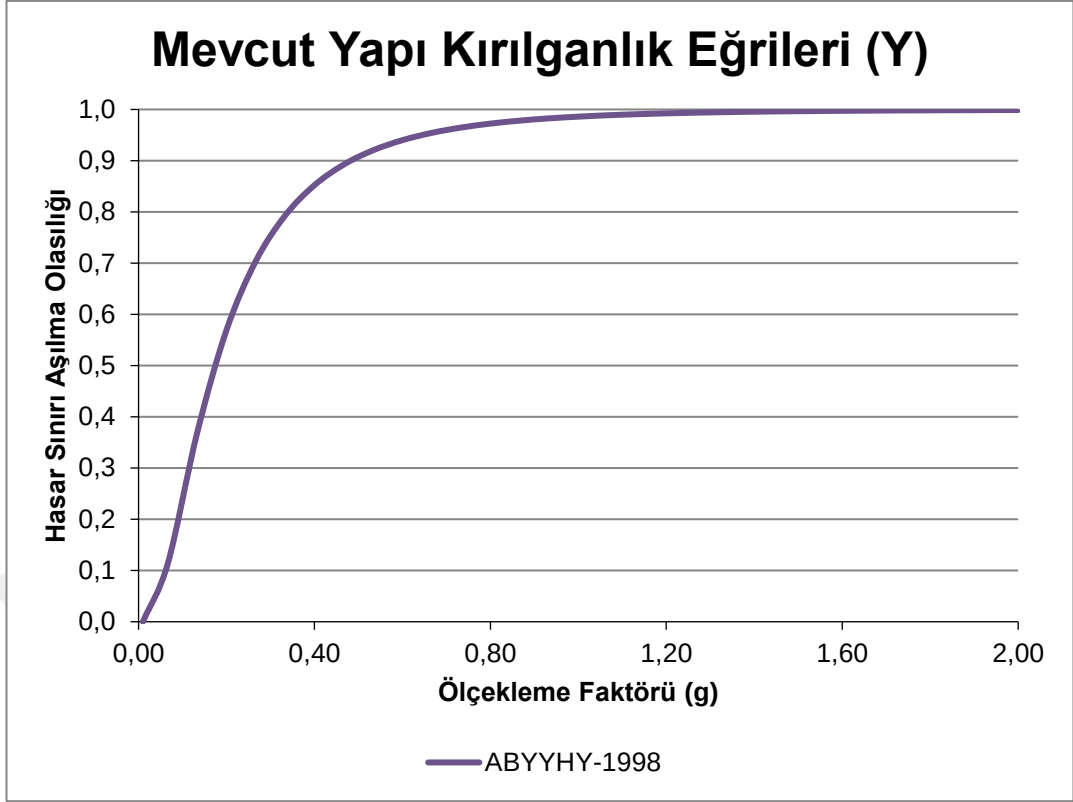
Şekil 5.32 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılma Eğrisi



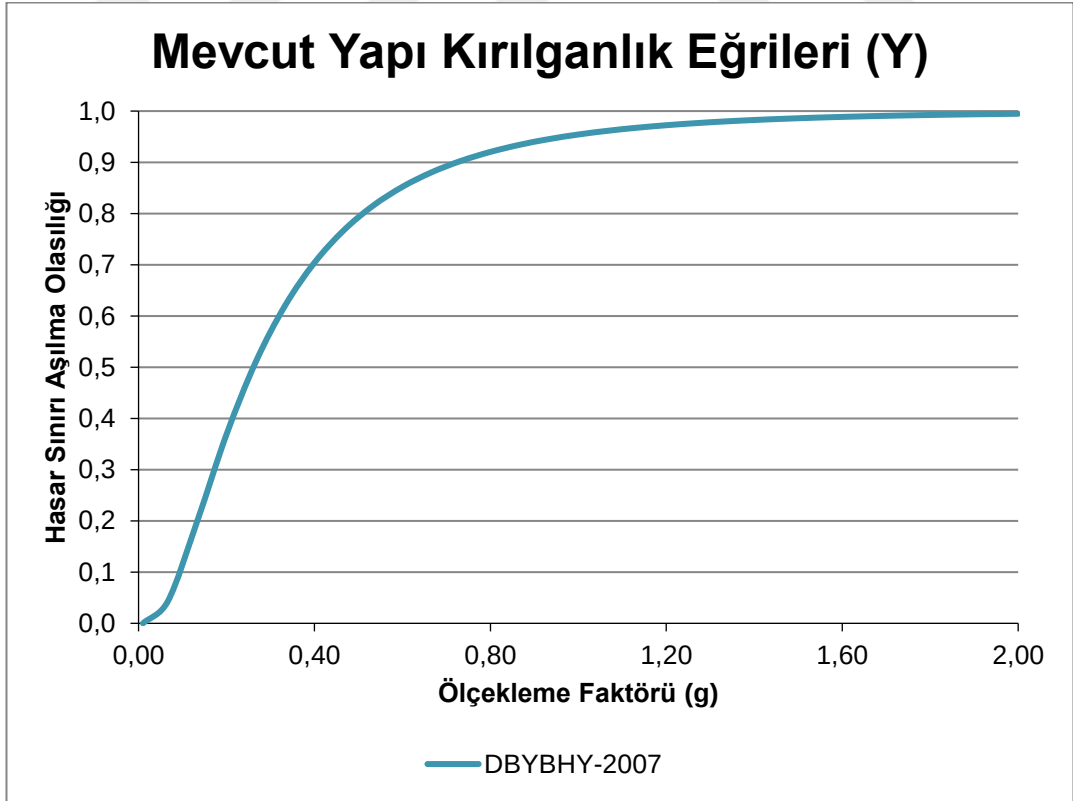
Şekil 5.33 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılma EĞRİSİ



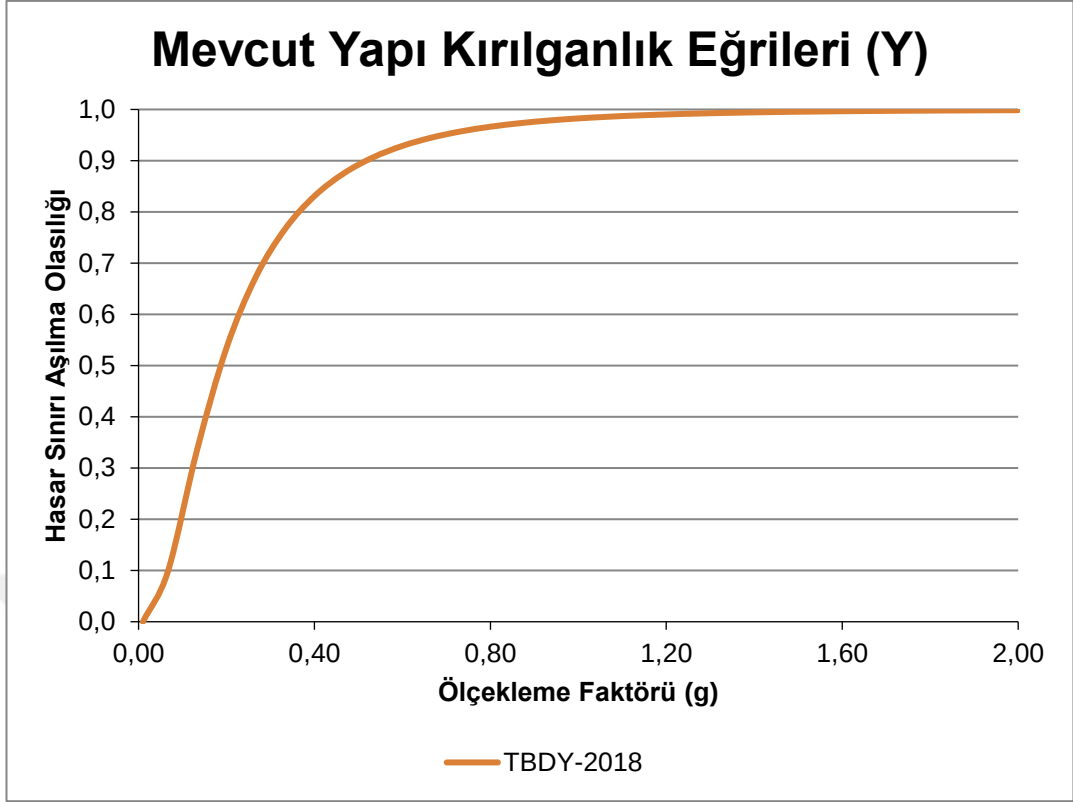
Şekil 5.34 Mevcut Yapı Y Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılma EĞRİSİ



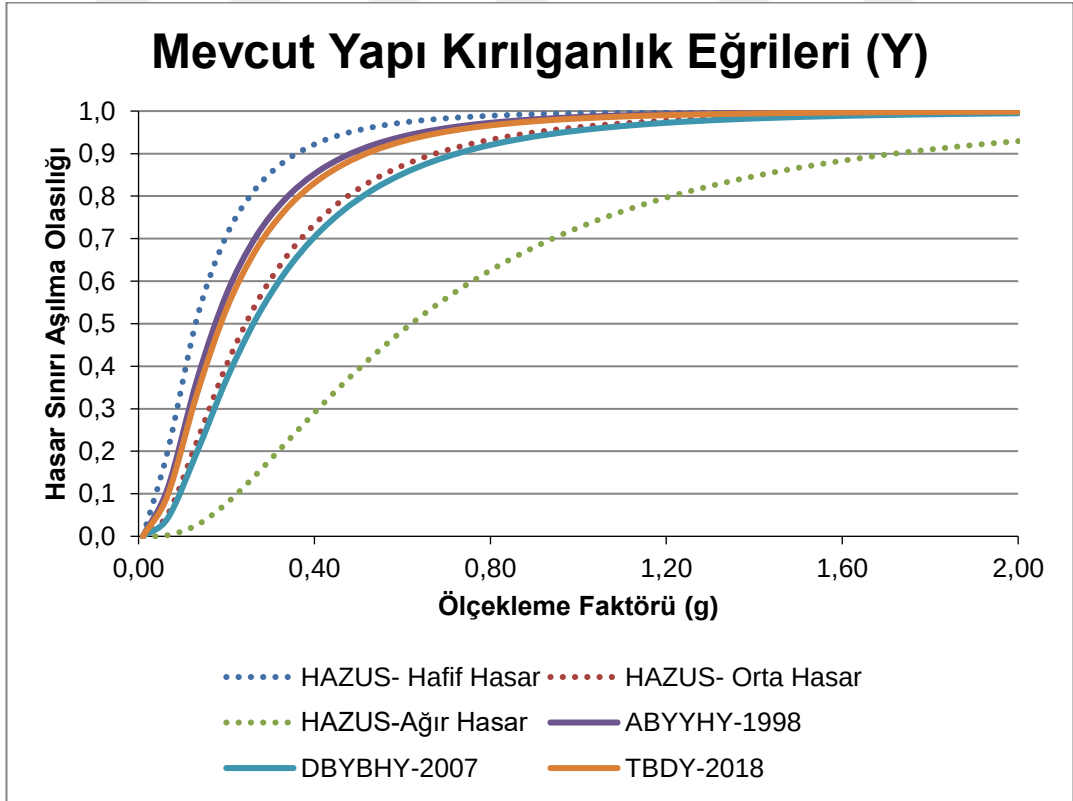
Şekil 5.35 Mevcut Yapı Y Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılma Eğrisi



Şekil 5.36 Mevcut Yapı Y Doğrultusu DBYBHY Kırılma Eğrisi



Şekil 5.37 Mevcut Yapı Y Doğrultusu TBODY 2018 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.38 Mevcut Yapı Y Doğrultusu Kırılmalık Eğrileri

5.4.3 Güncellenmiş yapı x doğrultusu kırılma eğrileri

Söz konusu okul binasının, güncel yönetmeliklere uygun olarak minimum donatı ve beton sınıfı değerlerinde (Beton sınıfı için C25, donatı sınıfı için S420 olacak şekilde) yeniden modellenmesi durumunda X doğrultusu için 20 farklı yer hareketinin dinamik analizi sonucu maksimum görelî kat ötelemeleri ve hangi katlar arasında olduğu Tablo 5.10, Tablo 5.11, Tablo 5.12 ve Tablo 5.13'te gösterilmiştir.

Tablo 5.10 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 1-5)

Imperial Valley			Friuli			Bingöl			Northridge			Kocaeli		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	1-2	0,1%	0,1	0,1	0,1%	0,1	0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,2%	0,2	1-2	0,3%	0,2	0,2	0,1%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,1%	0,2
0-1	0,3%	0,3	1-2	0,3%	0,3	0,3	0,1%	0,3	0-1	0,7%	0,3	0-1	0,2%	0,3
0-1	0,4%	0,4	1-2	0,3%	0,4	0,4	0,2%	0,4	1-2	1,0%	0,4	0-1	0,2%	0,4
0-1	0,4%	0,5	1-2	0,3%	0,5	0,5	0,3%	0,5	1-2	1,5%	0,5	0-1	0,8%	0,5
0-1	1,0%	0,6	1-2	0,4%	0,6	0,6	0,3%	0,6	1-2	1,5%	0,6	0-1	0,7%	0,6
0-1	1,1%	0,7	1-2	0,6%	0,7	0,7	0,4%	0,7	1-2	1,3%	0,7	0-1	1,3%	0,7
0-1	1,0%	0,8	1-2	0,7%	0,8	0,8	0,4%	0,8	0-1	2,5%	0,8	0-1	1,6%	0,8
1-2	1,2%	0,9	1-2	0,7%	0,9	0,9	0,5%	0,9	0-1	4,0%	0,9	0-1	2,0%	0,9
1-2	1,3%	1	1-2	0,7%	1	1	0,8%	1	-	-	-	0-1	2,2%	1
1-2	1,4%	1,1	1-2	0,8%	1,1	1,1	1,2%	1,1	-	-	-	0-1	2,4%	1,1
1-2	1,4%	1,2	1-2	0,8%	1,2	1,2	0,9%	1,2	-	-	-	0-1	2,4%	1,2
1-2	1,5%	1,3	0-1	0,9%	1,3	1,3	1,0%	1,3	-	-	-	-	-	-
1-2	1,5%	1,4	0-1	1,0%	1,4	1,4	1,1%	1,4	-	-	-	-	-	-
1-2	1,4%	1,5	0-1	1,1%	1,5	1,5	1,2%	1,5	-	-	-	-	-	-
0-1	1,7%	1,6	0-1	1,1%	1,6	1,6	0,9%	1,6	-	-	-	-	-	-
0-1	2,3%	1,7	0-1	1,2%	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-1	2,6%	1,8	1-2	1,6%	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-1	2,2%	1,9	1-2	1,8%	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0-1	1,8%	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.11 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 6-10)

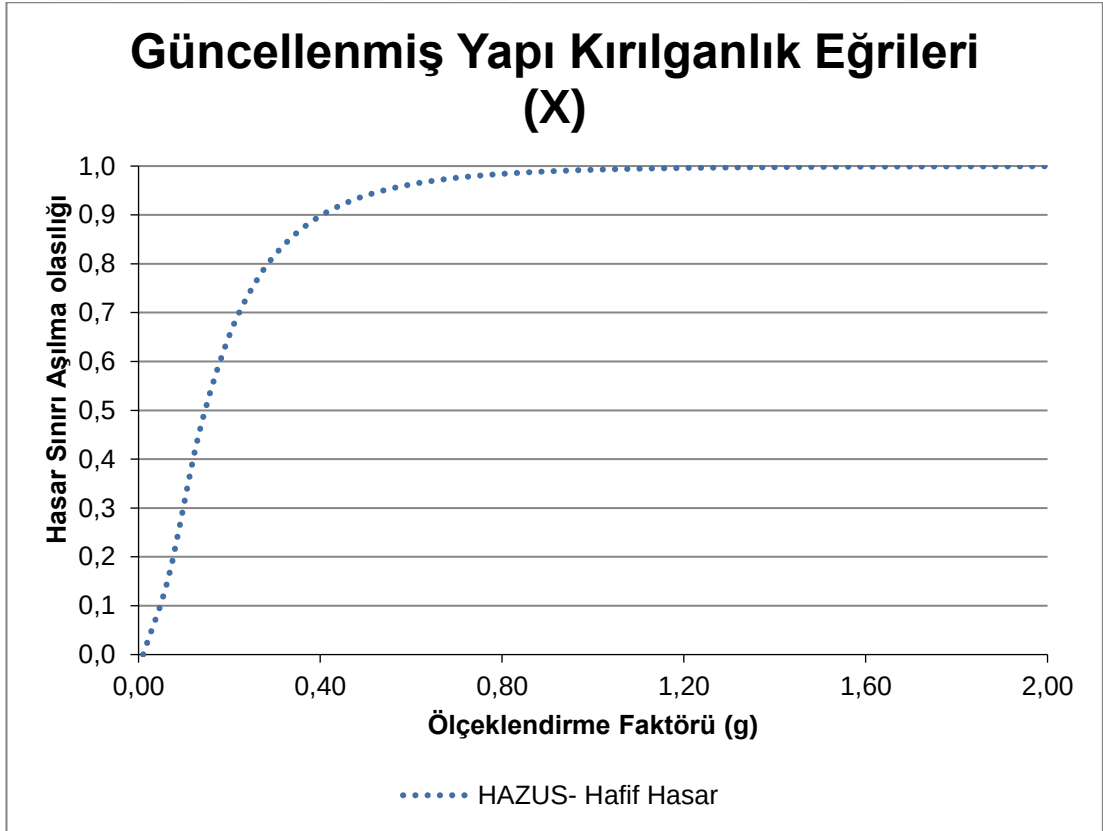
L'Aquila			Caldiran			Corinth			Ierissos			Kobe		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,4%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,1%	0,2	0-1	0,2%	0,2
0-1	0,6%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,4%	0,3
0-1	0,7%	0,4	0-1	0,3%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	0,5%	0,4	0-1	0,5%	0,4
0-1	0,9%	0,5	0-1	0,5%	0,5	0-1	0,5%	0,5	1-2	0,4%	0,5	0-1	0,5%	0,5
0-1	1,0%	0,6	0-1	0,5%	0,6	0-1	0,6%	0,6	1-2	0,5%	0,6	0-1	0,4%	0,6
0-1	1,1%	0,7	0-1	0,6%	0,7	0-1	0,7%	0,7	1-2	1,0%	0,7	0-1	0,5%	0,7
0-1	1,1%	0,8	0-1	0,7%	0,8	0-1	1,1%	0,8	1-2	1,0%	0,8	0-1	0,6%	0,8
0-1	1,4%	0,9	0-1	0,8%	0,9	0-1	1,4%	0,9	1-2	1,1%	0,9	0-1	0,8%	0,9
1-2	1,4%	1	0-1	0,8%	1	1-2	1,4%	1	1-2	1,3%	1	0-1	1,0%	1
1-2	1,6%	1,1	0-1	0,8%	1,1	1-2	1,3%	1,1	1-2	1,2%	1,1	0-1	1,2%	1,1
1-2	1,6%	1,2	0-1	1,1%	1,2	1-2	1,5%	1,2	1-2	1,2%	1,2	0-1	1,3%	1,2
1-2	1,9%	1,3	0-1	1,1%	1,3	1-2	1,6%	1,3	1-2	1,3%	1,3	0-1	1,1%	1,3
1-2	2,0%	1,4	0-1	1,4%	1,4	1-2	1,5%	1,4	1-2	1,2%	1,4	0-1	1,2%	1,4
1-2	1,9%	1,5	0-1	1,8%	1,5	0-1	1,5%	1,5	1-2	1,5%	1,5	0-1	1,3%	1,5
1-2	2,0%	1,6	0-1	2,1%	1,6	0-1	1,7%	1,6	1-2	1,5%	1,6	0-1	2,0%	1,6
1-2	1,9%	1,7	0-1	2,1%	1,7	0-1	1,9%	1,7	1-2	1,3%	1,7	0-1	2,2%	1,7
1-2	2,2%	1,8	-	-	-	0-1	2,2%	1,8	1-2	1,4%	1,8	0-1	2,7%	1,8
1-2	2,5%	1,9	-	-	-	0-1	2,0%	1,9	1-2	1,4%	1,9	0-1	2,2%	1,9

Tablo 5.12 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 11-15)

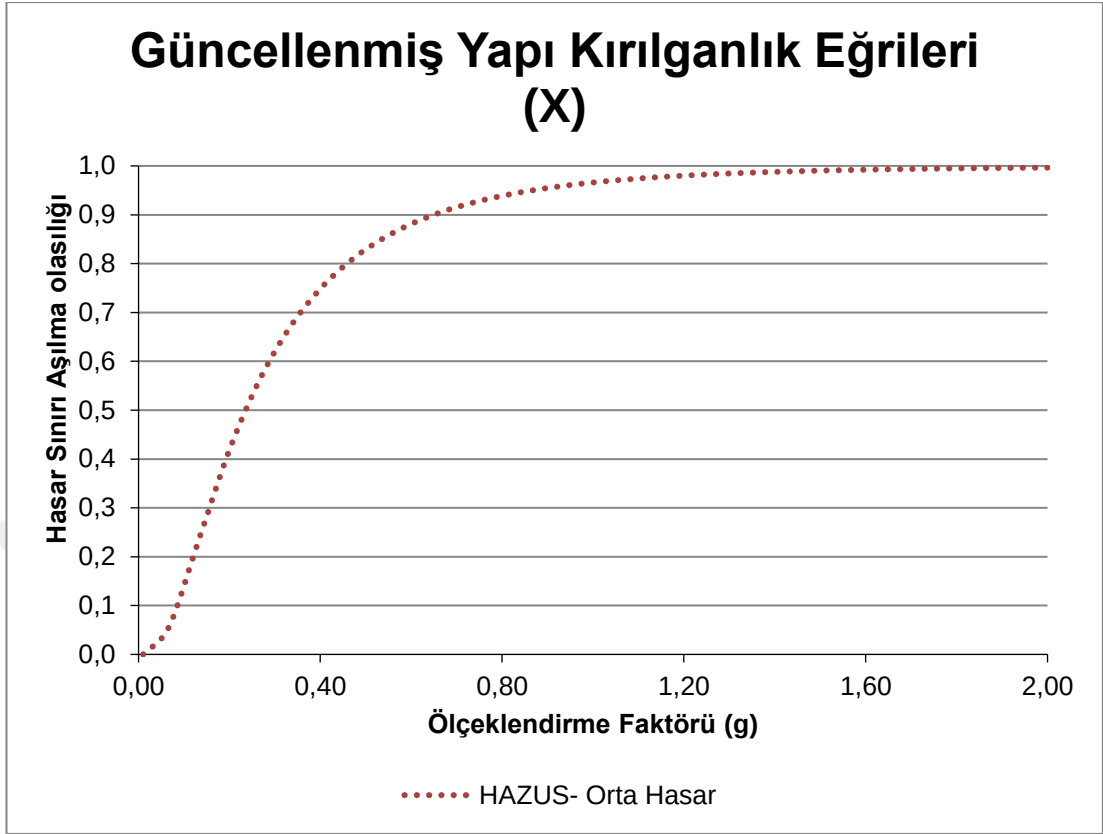
Düzce			Erzincan			Dinar			Loma Prieta			Niigata		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,2%	0,1
0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,7%	0,2
0-1	0,3%	0,3	0-1	0,8%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,3%	0,3	0-1	1,0%	0,3
0-1	0,7%	0,4	0-1	1,0%	0,4	0-1	0,6%	0,4	0-1	0,6%	0,4	0-1	1,2%	0,4
0-1	1,6%	0,5	0-1	1,3%	0,5	0-1	1,0%	0,5	0-1	0,7%	0,5	0-1	1,5%	0,5
0-1	2,8%	0,6	0-1	1,5%	0,6	0-1	1,2%	0,6	0-1	0,8%	0,6	0-1	1,7%	0,6
0-1	2,5%	0,7	0-1	1,6%	0,7	0-1	1,7%	0,7	0-1	0,9%	0,7	0-1	2,1%	0,7
0-1	3,0%	0,8	0-1	2,1%	0,8	0-1	3,2%	0,8	0-1	1,0%	0,8	0-1	2,1%	0,8
0-1	3,6%	0,9	0-1	2,7%	0,9	0-1	3,8%	0,9	0-1	1,0%	0,9	0-1	2,7%	0,9
0-1	5,6%	1	0-1	2,3%	1	0-1	4,6%	1	0-1	1,4%	1	0-1	3,7%	1
0-1	6,1%	1,1	-	-	-	0-1	5,3%	1,1	0-1	1,6%	1,1	0-1	3,7%	1,1
0-1	8,8%	1,2	-	-	-	0-1	6,2%	1,2	0-1	1,5%	1,2	-	-	-
0-1	4,6%	1,3	-	-	-	0-1	7,2%	1,3	0-1	1,9%	1,3	-	-	-
-	-	-	-	-	-	0-1	8,6%	1,4	0-1	2,6%	1,4	-	-	-
-	-	-	-	-	-	0-1	2,9%	1,5	0-1	3,4%	1,5	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	3,9%	1,6	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	5,2%	1,7	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	6,9%	1,8	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-1	2,4%	1,9	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.13 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (X Doğrultusu, 16-20)

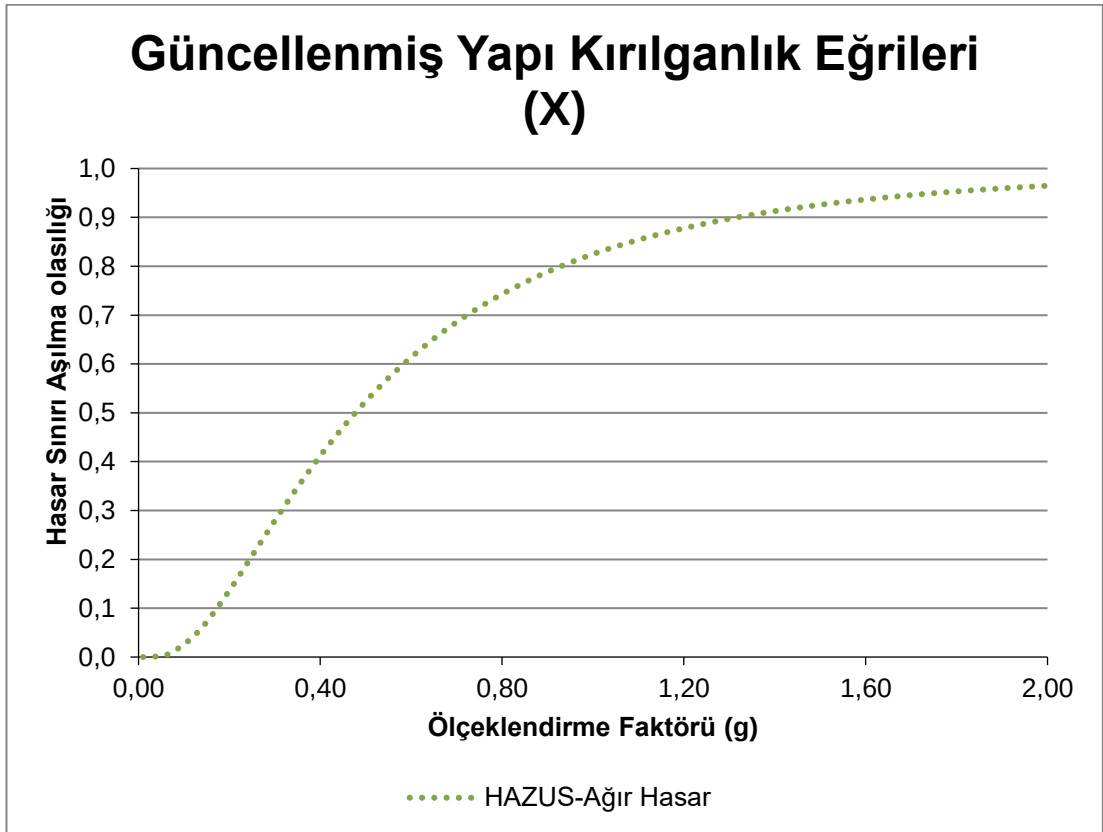
Kozani			Tottori			Hollister			Landers			Chichi		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,0%	0,1
0-1	0,2%	0,2	0-1	0,4%	0,2	0-1	0,1%	0,2	0-1	0,1%	0,2	1-2	0,1%	0,2
0-1	0,3%	0,3	0-1	0,5%	0,3	0-1	0,2%	0,3	0-1	0,2%	0,3	1-2	0,1%	0,3
0-1	0,3%	0,4	0-1	0,6%	0,4	0-1	0,3%	0,4	0-1	0,2%	0,4	0-1	0,3%	0,4
0-1	0,3%	0,5	0-1	0,5%	0,5	0-1	0,4%	0,5	0-1	0,6%	0,5	0-1	0,3%	0,5
1-2	0,7%	0,6	0-1	0,5%	0,6	0-1	0,5%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	0,4%	0,6
0-1	0,8%	0,7	0-1	0,6%	0,7	0-1	0,6%	0,7	0-1	0,7%	0,7	0-1	0,4%	0,7
0-1	1,0%	0,8	0-1	0,6%	0,8	0-1	0,6%	0,8	0-1	0,9%	0,8	0-1	0,6%	0,8
0-1	1,1%	0,9	0-1	0,6%	0,9	0-1	0,6%	0,9	0-1	1,0%	0,9	0-1	0,7%	0,9
0-1	1,0%	1	0-1	0,7%	1	1-2	0,5%	1	0-1	1,0%	1	0-1	0,8%	1
0-1	0,9%	1,1	0-1	0,8%	1,1	1-2	0,5%	1,1	0-1	1,0%	1,1	0-1	0,9%	1,1
0-1	0,9%	1,2	0-1	0,9%	1,2	1-2	0,6%	1,2	0-1	1,2%	1,2	0-1	1,0%	1,2
0-1	1,1%	1,3	-	0,9%	-	1-2	0,6%	1,3	0-1	1,2%	1,3	0-1	1,1%	1,3
0-1	1,1%	1,4	-	1,0%	-	1-2	0,7%	1,4	0-1	1,4%	1,4	0-1	1,3%	1,4
1-2	1,2%	1,5	-	1,0%	-	1-2	0,9%	1,5	0-1	1,8%	1,5	0-1	1,2%	1,5
0-1	1,1%	1,6	-	1,0%	-	1-2	0,9%	1,6	0-1	2,3%	1,6	-	-	-
0-1	1,1%	1,7	-	1,0%	-	1-2	1,0%	1,7	0-1	2,7%	1,7	-	-	-
0-1	1,1%	1,8	-	1,2%	-	1-2	1,2%	1,8	0-1	2,6%	1,8	-	-	-
0-1	1,3%	1,9	-	1,2%	-	1-2	1,4%	1,9	0-1	2,8%	1,9	-	-	-
0-1	1,5%	2	-	0,9%	-	1-2	1,5%	2	0-1	2,9%	2	-	-	-



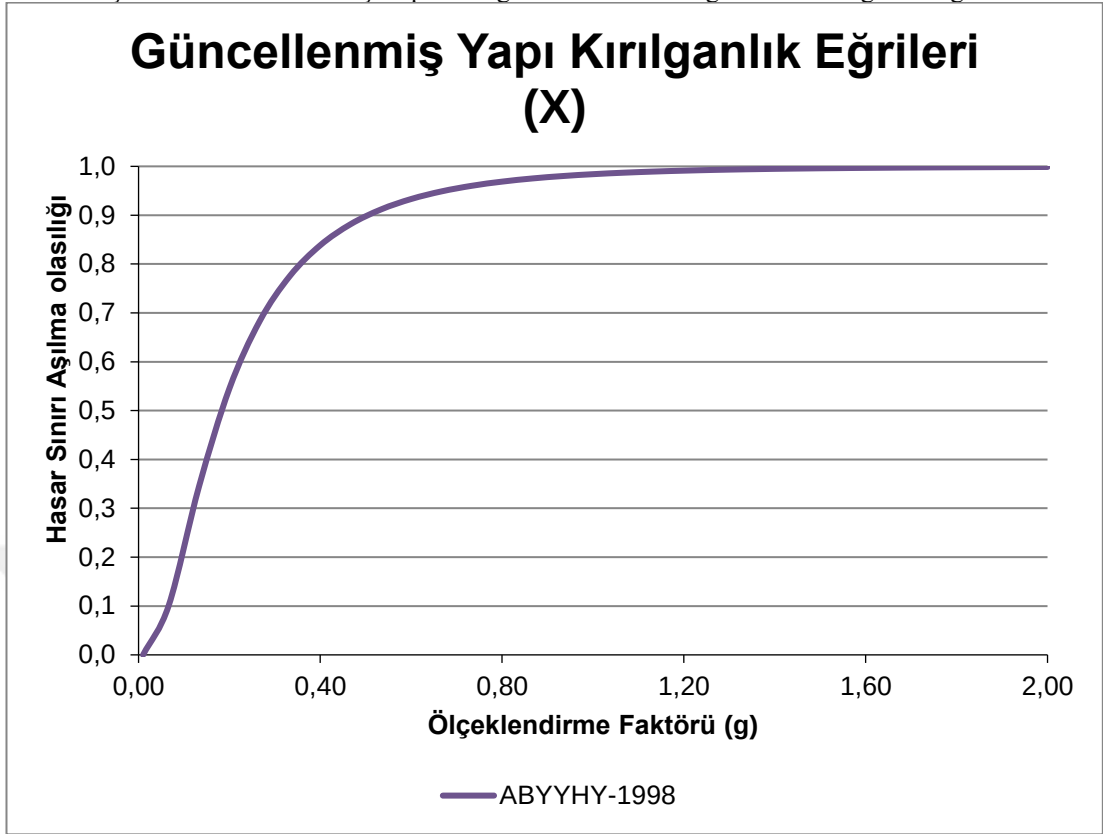
Şekil 5.39 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılma Eğrisi



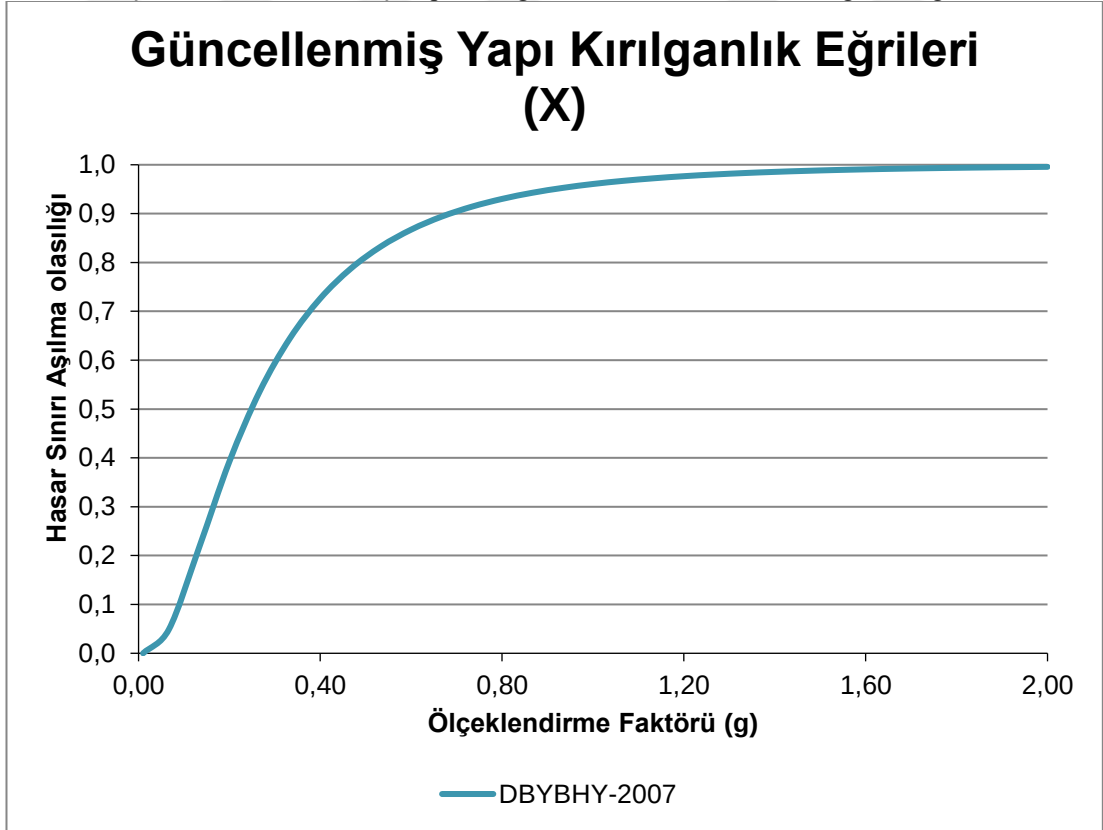
Şekil 5.40 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılmalık Eğrisi



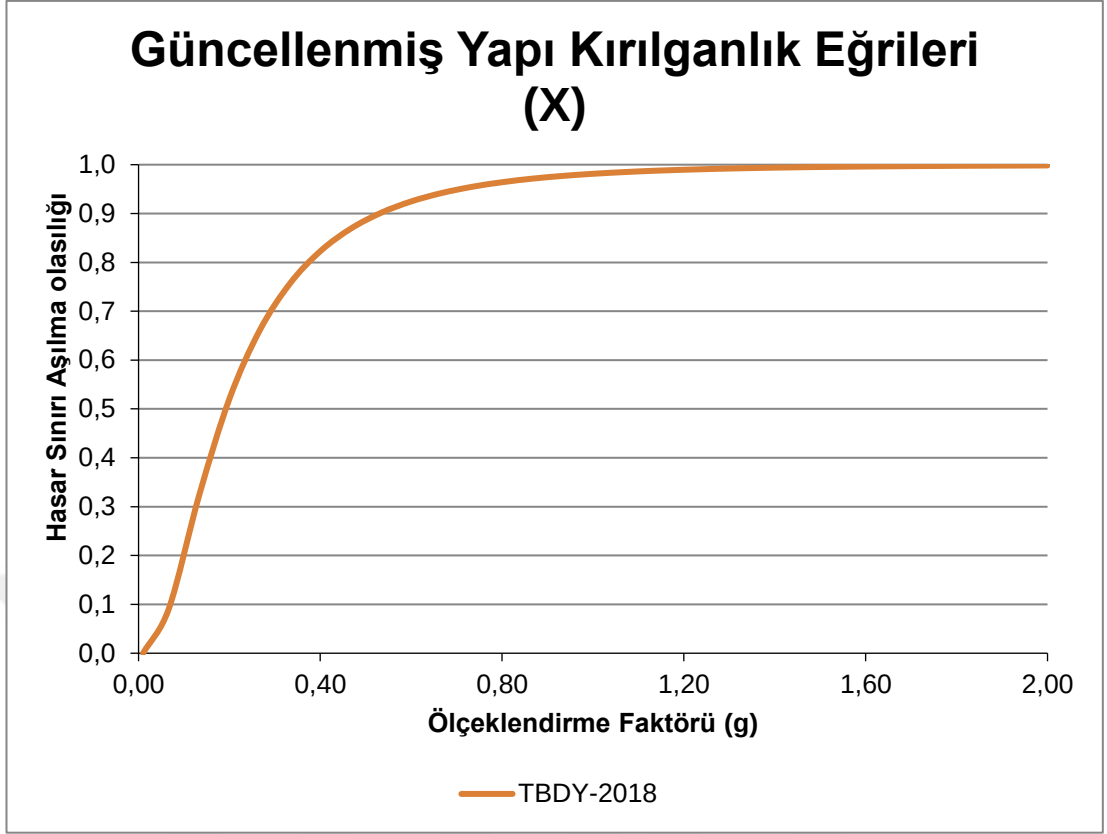
Şekil 5.41 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılmalık Eğrisi



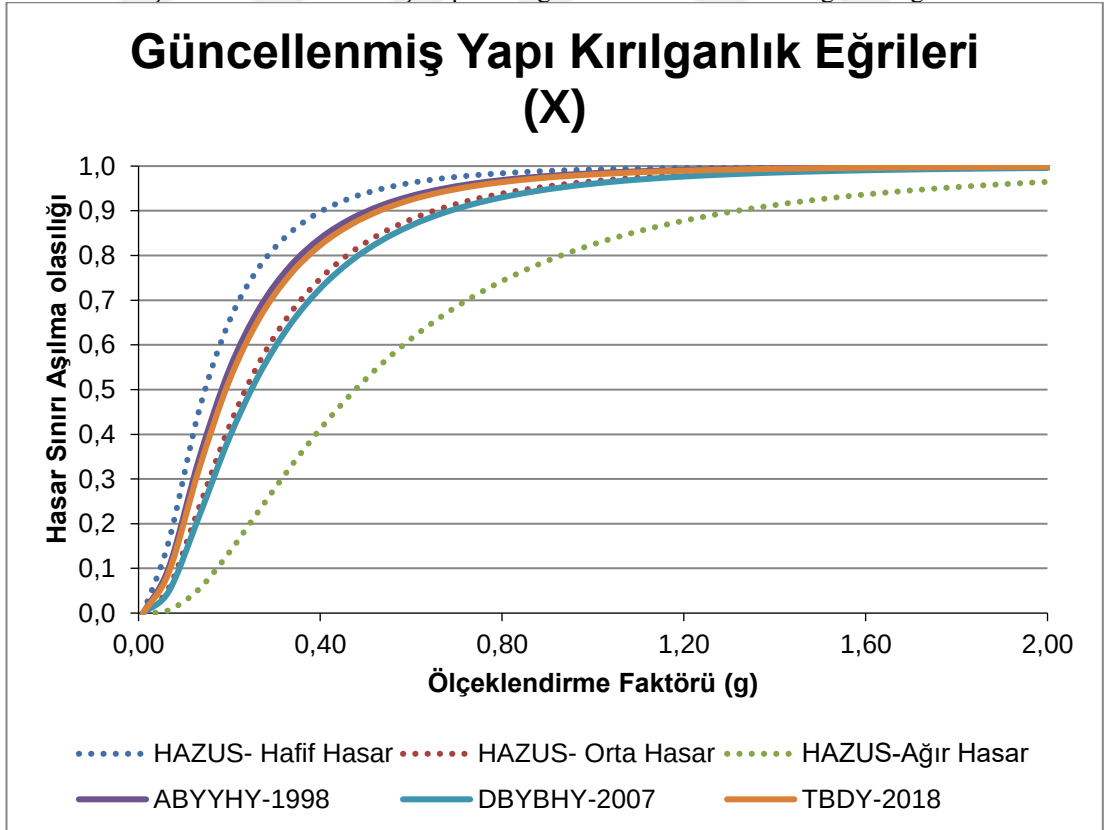
Şekil 5.42 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.43 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.44 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu TBDY 2018 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.45 Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu Kırılmalık Eğrileri

5.4.4 Güncellenmiş yapı y doğrultusu kırılma eğrileri

Söz konusu okul binasının, güncel yönetmeliklere uygun olarak minimum donatı ve beton sınıfı değerlerinde (Beton dayanımı için 25MPa, donatı dayanımı için 420 MPa olacak şekilde) yeniden modellenmesi durumunda Y doğrultusu için 20 farklı yer hareketinin dinamik analizi sonucu maksimum görelî kat ötelemeleri ve hangi katlar arasında olduğu Tablo 5.14, Tablo 5.15, Tablo 5.16 ve Tablo 5.17’de gösterilmiştir.

Tablo 5.14 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 1-5)

Imperial Valley			Friuli			Bingöl			Northridge			Kocaeli		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,1%	0,1	1-2	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,3%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,2%	0,2	1-2	0,4%	0,2	0-1	0,1%	0,2	0-1	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2
0-1	0,3%	0,3	1-2	0,4%	0,3	0-1	0,2%	0,3	0-1	0,9%	0,3	0-1	0,2%	0,3
0-1	0,4%	0,4	1-2	0,4%	0,4	1-2	0,3%	0,4	1-2	1,0%	0,4	0-1	0,5%	0,4
0-1	0,5%	0,5	1-2	0,3%	0,5	1-2	0,3%	0,5	1-2	1,3%	0,5	0-1	0,7%	0,5
0-1	1,1%	0,6	1-2	0,4%	0,6	0-1	0,5%	0,6	1-2	1,4%	0,6	0-1	0,7%	0,6
0-1	1,0%	0,7	1-2	0,7%	0,7	0-1	0,6%	0,7	1-2	1,6%	0,7	0-1	0,9%	0,7
0-1	1,0%	0,8	1-2	0,9%	0,8	0-1	0,4%	0,8	0-1	2,3%	0,8	0-1	1,4%	0,8
1-2	0,9%	0,9	1-2	0,9%	0,9	1-2	0,8%	0,9	0-1	2,4%	0,9	0-1	1,6%	0,9
1-2	1,0%	1	1-2	1,0%	1	0-1	0,8%	1	0-1	3,1%	1	0-1	1,8%	1
1-2	1,0%	1,1	1-2	1,2%	1,1	0-1	0,8%	1,1	0-1	3,4%	1,1	0-1	2,3%	1,1
1-2	1,0%	1,2	1-2	1,1%	1,2	0-1	0,8%	1,2	0-1	3,6%	1,2	0-1	2,2%	1,2
1-2	1,0%	1,3	0-1	1,1%	1,3	0-1	0,8%	1,3	0-1	1,7%	1,3	-	-	-
1-2	1,2%	1,4	0-1	1,1%	1,4	1-2	0,9%	1,4	-	-	-	-	-	-
1-2	1,5%	1,5	0-1	1,1%	1,5	1-2	1,3%	1,5	-	-	-	-	-	-
0-1	1,5%	1,6	0-1	1,1%	1,6	1-2	1,5%	1,6	-	-	-	-	-	-
0-1	1,6%	1,7	0-1	1,1%	1,7	1-2	1,6%	1,7	-	-	-	-	-	-
0-1	1,8%	1,8	1-2	1,3%	1,8	1-2	1,6%	1,8	-	-	-	-	-	-
0-1	2,1%	1,9	1-2	1,3%	1,9	1-2	1,6%	1,9	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0-1	1,5%	2	1-2	1,6%	2	-	-	-	-	-	-

Tablo 5.15 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 6-10)

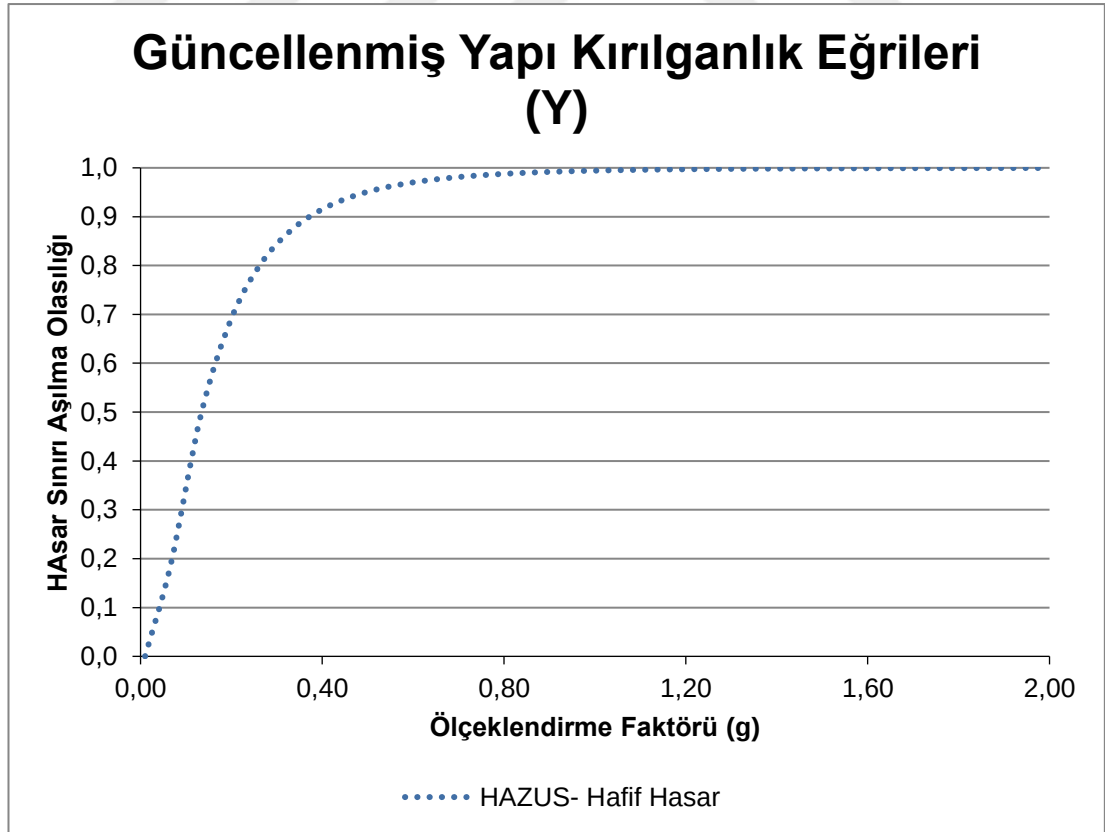
L'Aquila			Çaldıran			Corinth			Ierissos			Kobe		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	İM
0-1	0,2%	0,1	1-2	0,1%	0,1	1-2	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1
0-1	0,5%	0,2	0-1	0,3%	0,2	1-2	0,3%	0,2	0-1	0,2%	0,2	0-1	0,2%	0,2
0-1	0,6%	0,3	0-1	0,4%	0,3	1-2	0,3%	0,3	0-1	0,4%	0,3	0-1	0,4%	0,3
0-1	0,7%	0,4	0-1	0,3%	0,4	1-2	0,5%	0,4	0-1	0,5%	0,4	0-1	0,5%	0,4
0-1	0,7%	0,5	1-2	0,5%	0,5	1-2	0,5%	0,5	1-2	0,6%	0,5	0-1	0,5%	0,5
0-1	1,3%	0,6	0-1	0,5%	0,6	1-2	0,7%	0,6	1-2	0,9%	0,6	0-1	0,6%	0,6
0-1	1,2%	0,7	1-2	0,6%	0,7	1-2	1,0%	0,7	1-2	1,0%	0,7	0-1	0,6%	0,7
0-1	1,4%	0,8	0-1	0,6%	0,8	1-2	1,2%	0,8	1-2	1,1%	0,8	0-1	0,7%	0,8
0-1	1,6%	0,9	0-1	0,7%	0,9	1-2	1,3%	0,9	1-2	1,2%	0,9	0-1	0,9%	0,9
1-2	1,5%	1	0-1	0,8%	1	1-2	1,3%	1	1-2	1,1%	1	0-1	1,1%	1
1-2	1,5%	1,1	0-1	0,9%	1,1	1-2	1,5%	1,1	1-2	1,1%	1,1	0-1	1,1%	1,1
1-2	1,5%	1,2	0-1	1,1%	1,2	1-2	1,5%	1,2	1-2	1,1%	1,2	0-1	1,1%	1,2
1-2	1,6%	1,3	0-1	1,2%	1,3	0-1	1,6%	1,3	1-2	1,3%	1,3	0-1	1,0%	1,3
1-2	1,7%	1,4	0-1	1,3%	1,4	0-1	1,5%	1,4	1-2	1,4%	1,4	0-1	1,1%	1,4
1-2	1,8%	1,5	0-1	1,5%	1,5	0-1	1,3%	1,5	1-2	1,5%	1,5	0-1	1,3%	1,5
1-2	1,9%	1,6	0-1	1,7%	1,6	-	-	-	1-2	1,2%	1,6	0-1	1,6%	1,6
1-2	1,8%	1,7	0-1	1,8%	1,7	-	-	-	1-2	1,1%	1,7	0-1	2,2%	1,7
1-2	1,8%	1,8	0-1	1,9%	1,8	-	-	-	1-2	1,2%	1,8	0-1	2,6%	1,8
1-2	2,0%	1,9	0-1	2,0%	1,9	-	-	-	1-2	1,2%	1,9	0-1	2,9%	1,9
1-2	2,2%	2	0-1	2,2%	2	-	-	-	1-2	1,5%	2	0-1	3,1%	2

Tablo 5.16 Güncellenmiş Yapı Göreli Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 11-16)

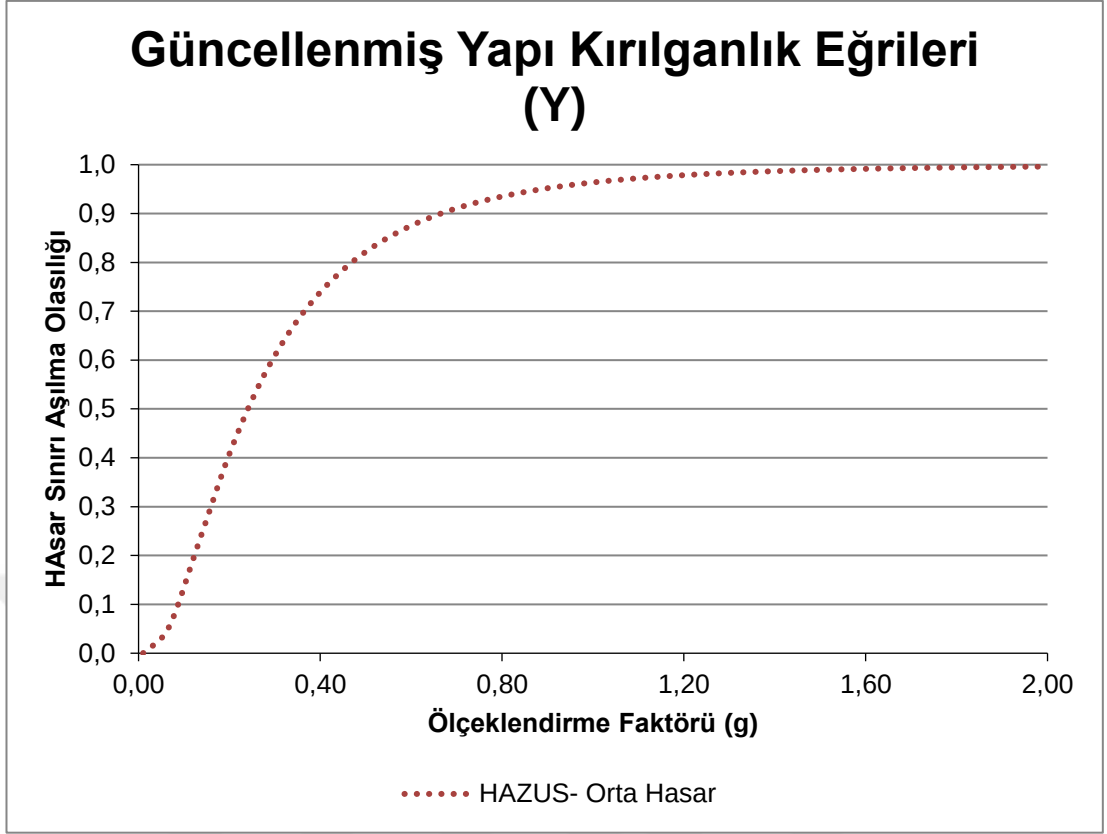
[illegible]

Tablo 5.17 Güncellenmiş Yapı Görelî Kat Ötelemeleri (Y Doğrultusu, 16-20)

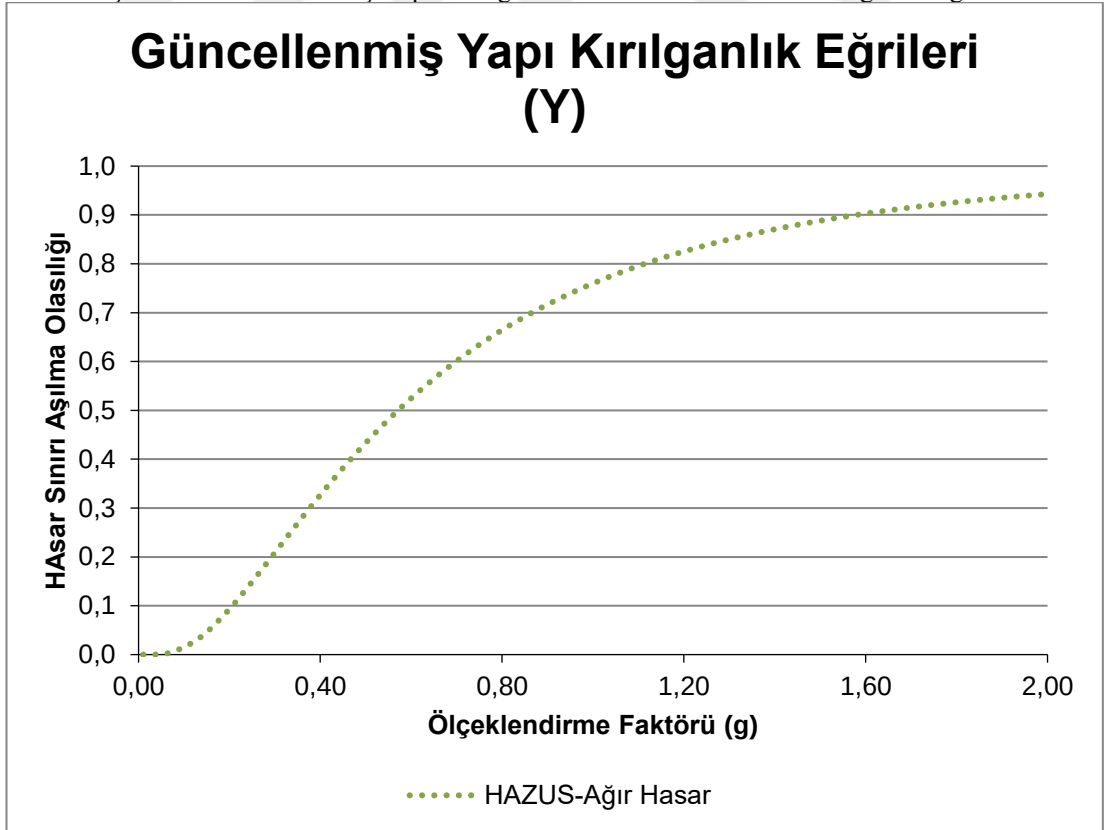
Kozani			Tottori			Hollister			Landers			Chichi		
Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM	Kat	Görelî Kat Ötelemesi	IM
0-1	0,2%	0,1	0-1	0,0%	0,1	0-1	0,1%	0,1	0-1	0,1%	0,1	1-2	0,0%	0,1
0-1	0,2%	0,2	0-1	0,0%	0,2	0-1	0,1%	0,2	0-1	0,2%	0,2	1-2	0,1%	0,2
0-1	0,2%	0,3	0-1	0,1%	0,3	0-1	0,2%	0,3	0-1	0,2%	0,3	1-2	0,2%	0,3
0-1	0,3%	0,4	0-1	0,1%	0,4	0-1	0,3%	0,4	0-1	0,4%	0,4	0-1	0,3%	0,4
0-1	0,5%	0,5	0-1	0,1%	0,5	0-1	0,4%	0,5	0-1	0,5%	0,5	0-1	0,3%	0,5
0-1	0,9%	0,6	0-1	0,1%	0,6	0-1	0,4%	0,6	0-1	0,6%	0,6	0-1	0,2%	0,6
1-2	0,8%	0,7	0-1	0,1%	0,7	0-1	0,4%	0,7	0-1	0,7%	0,7	0-1	0,6%	0,7
1-2	0,8%	0,8	0-1	0,1%	0,8	0-1	0,5%	0,8	0-1	0,9%	0,8	0-1	0,7%	0,8
1-2	1,0%	0,9	0-1	0,1%	0,9	0-1	0,6%	0,9	0-1	0,9%	0,9	0-1	0,6%	0,9
1-2	0,9%	1	0-1	0,1%	1	1-2	0,8%	1	0-1	1,0%	1	0-1	0,7%	1
1-2	0,8%	1,1	0-1	0,2%	1,1	1-2	0,9%	1,1	0-1	0,9%	1,1	0-1	0,8%	1,1
0-1	1,0%	1,2	0-1	0,2%	1,2	1-2	1,0%	1,2	0-1	1,0%	1,2	0-1	0,9%	1,2
0-1	1,1%	1,3	0-1	0,2%	1,3	1-2	1,1%	1,3	0-1	1,1%	1,3	0-1	1,2%	1,3
0-1	1,1%	1,4	0-1	0,3%	1,4	1-2	1,2%	1,4	0-1	1,2%	1,4	0-1	1,2%	1,4
0-1	1,1%	1,5	0-1	0,3%	1,5	1-2	1,2%	1,5	0-1	1,4%	1,5	0-1	1,1%	1,5
0-1	1,1%	1,6	0-1	0,3%	1,6	1-2	1,2%	1,6	0-1	1,5%	1,6	0-1	1,3%	1,6
0-1	1,2%	1,7	0-1	0,4%	1,7	1-2	1,2%	1,7	0-1	1,6%	1,7	0-1	1,4%	1,7
0-1	1,4%	1,8	0-1	0,4%	1,8	1-2	1,3%	1,8	0-1	1,9%	1,8	0-1	1,6%	1,8
0-1	1,7%	1,9	0-1	0,4%	1,9	1-2	1,3%	1,9	0-1	2,1%	1,9	0-1	1,8%	1,9
0-1	2,1%	2	0-1	0,4%	2	1-2	1,3%	2	0-1	2,2%	2	0-1	1,9%	2



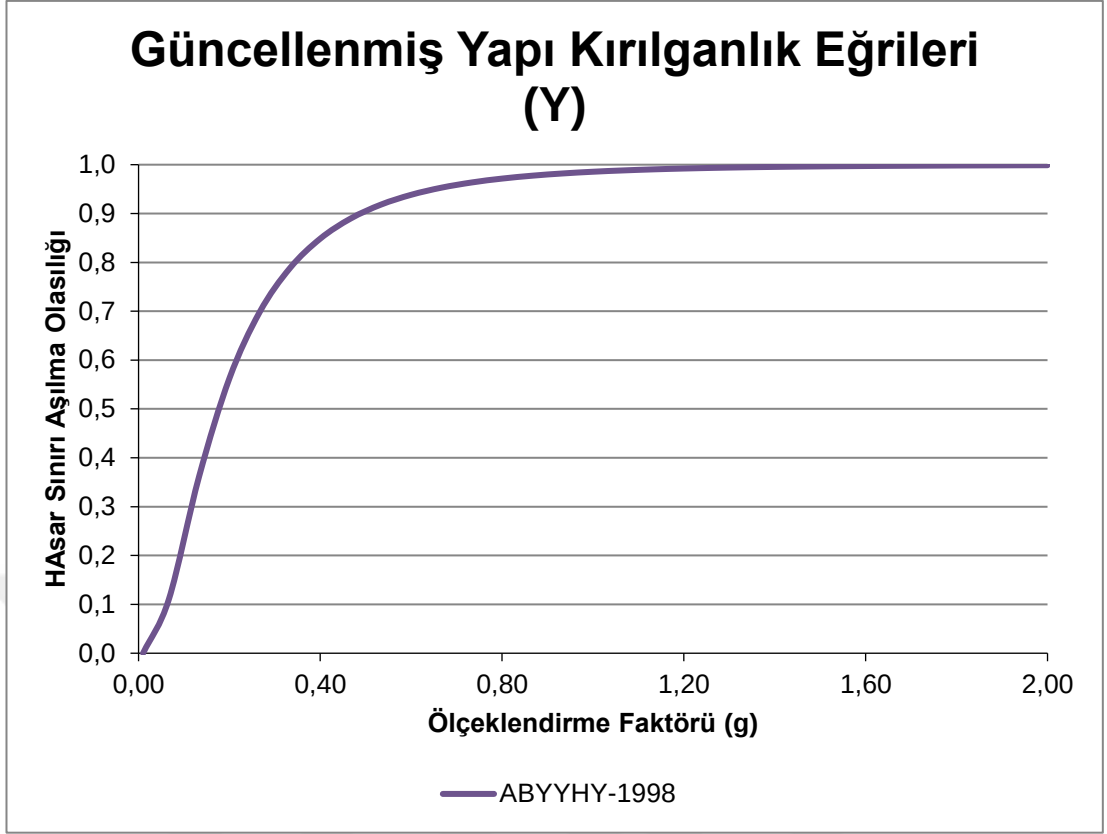
Şekil 5.46 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Hafif Hasar Kırılğanlık Eğrisi



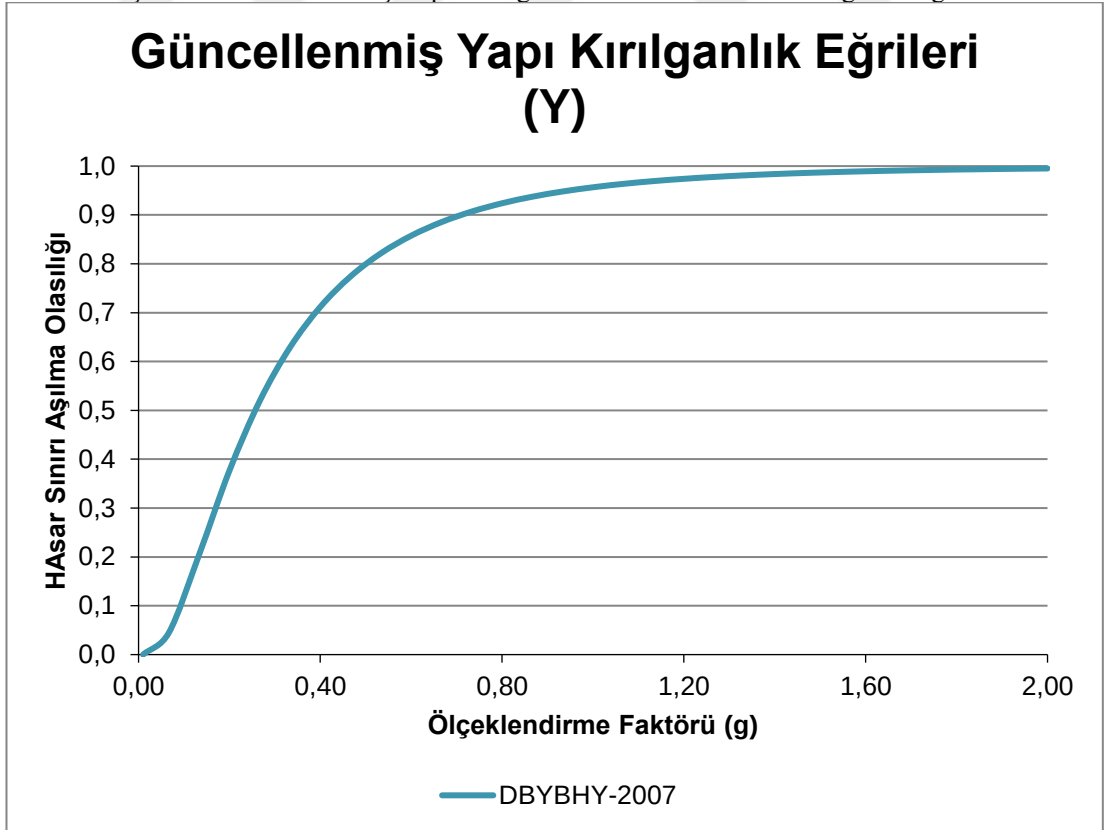
Şekil 5.47 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Orta Hasar Kırılmalık Eğrisi



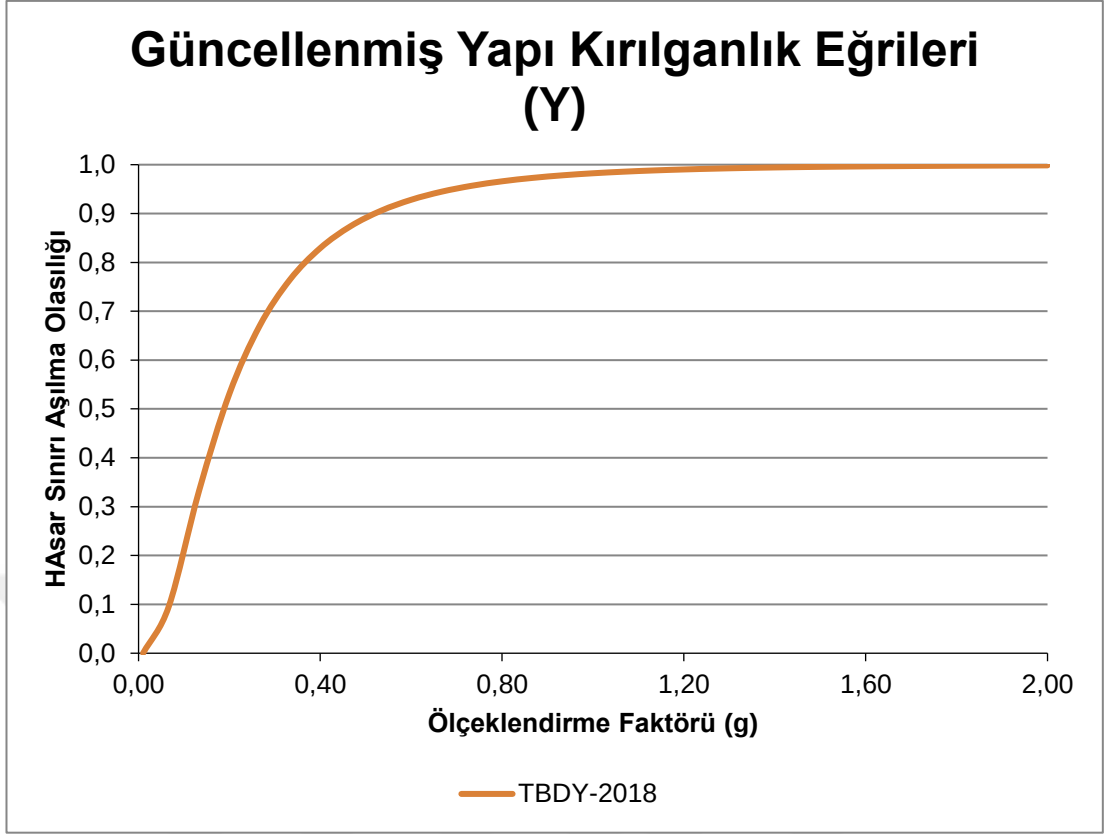
Şekil 5.48 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu HAZUS Ağır Hasar Kırılmalık Eğrisi



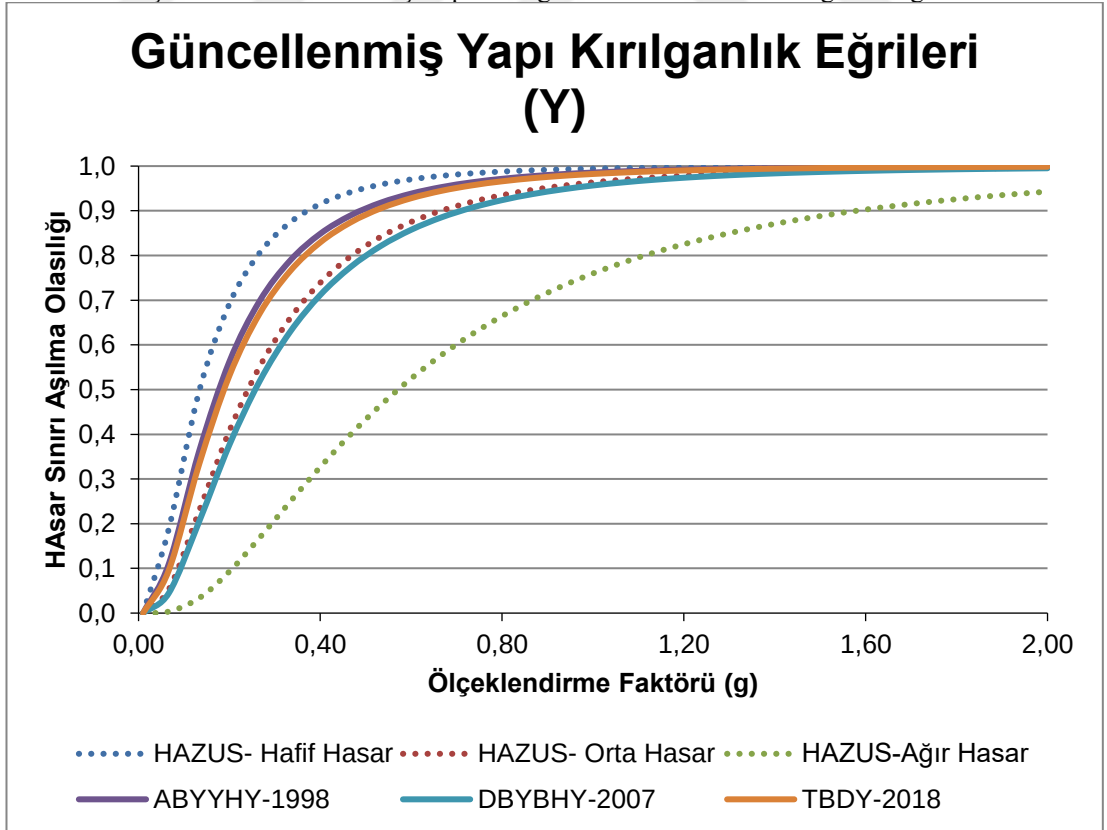
Şekil 5.49 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu ABYYHY 1998 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.50 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu DBYBHY 2007 Kırılmalık Eğrisi



Şekil 5.51 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu TBDY 2018 Kırılmalık Eğrisi

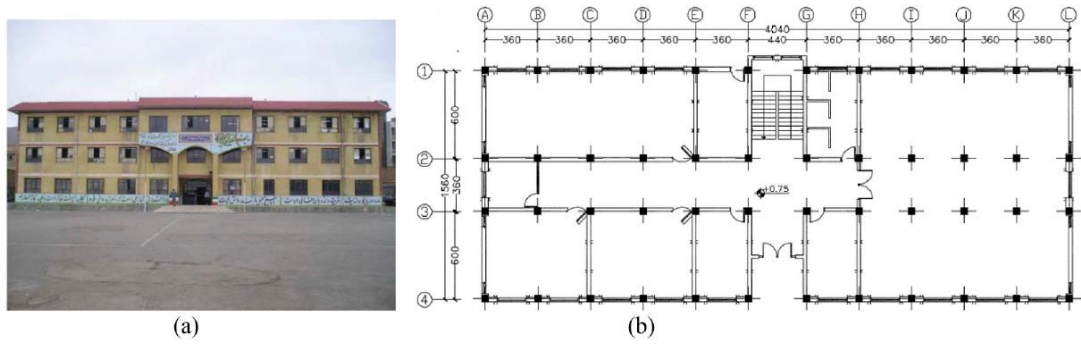


Şekil 5.52 Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu Kırılmalık Eğrileri

5.5 Okul Binasının Dirençlilik İndeksinin Hesaplanması

Dirençlilik indeksi hesaplanırken Bölüm 2’de izah edilen formülasyonlardan faydalanılmıştır. İzah edilen bu formülasyonlar Ekhlaspoor vd [17] tarafından web tabanlı (<http://elmooz.ir>) bir uygulama ile paket program haline getirilmiştir. SeismoStruct ile modellemesi ve analizleri yapılan yapının analiz çıktıları bu program vasıtası ile formülasyonlara dahil edilmiş ve dirençlilik indeksleri hesaplanmıştır.

Söz konusu formülasyonlarda ekonomik ve organizasyonel parametreler, Samadian vd.[14] 2019 yılında yaptıkları çalışmaya konu olan okul binasının parametreleri, gerek yapısal benzerlikler gerek ise bölgesel sosyoekonomik benzerlikler sebebiyle kullanılmıştır. Okul binasının ön görünüşü ve kat planı Şekil 5.29’da verildiği gibidir.



Şekil 5.53 Çalışmaya konu olan okul binası: (a) ön görünüş, (b) kat planı[17]

İran binalarının %75’inden fazlasının ömrü 30 yıldan az olduğu için, Samadian ilk yatırım ile deprem oluşumu arasındaki yıl sayısı için 20 yıl kullanmıştır. Ayrıca, İran doğrudan vergi kanunu %7’lik bir amortisman oranı önerdiği için bu oran amortisman oranı olarak kullanılmıştır. Abdoli [103], yaptığı çalışmasında İran için yıllık iskonto oranının %7,02 olarak kabul edilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. İyileşme süresi (Recovery Time) için Samadian, İran’ın Okulların Geliştirilmesi, Yenilenmesi ve Donanımı (DRES) yönetmeliğinde bulunan bilgileri kullanmış ve bir okulda hasar %35’i aşarsa, iyileşme süresinin yaklaşık 365 gün içinde yeniden inşa edilmesi gerektiği sonucuna varmış ve bu değeri kullanmıştır. Kontrol Süresi (T_{LC}) değeri ise güçlendirme yapılmayan okullar için maksimum iyileşme süresine eşit olan 510 gün olarak seçilmiştir.

Tablo 5.18 Belirlenen Organizasyonel ve Ekonomik Parametreler

Amortisman Oranı	Yıllık İskonto Oranı	Sınır Hasar Yüzdesi	İyileşme Süresi	Afet Sonrası		Kalan Ekonomik Ömür
				Güçlendirme Başlangıç Süresi	Kontrol Süresi	
7%	7.02%	35	365 gün	30 gün	510 gün	20 yıl

Yapının modellenmesi sonrası sismik tehlike analizi için AFAD'ın 2018 yılında yayınlamış olduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH 2018) kullanılmıştır [99]. Sınır Hasar durumları için bölüm 4.1.3'te kullanılan HAZUS'a ait tablo kullanılmıştır. Bu çerçevede görelî kat öteleme sınırları;

Slight: 0,0027 Moderate: 0,0043 Extensive: 0,0107 Complete: 0,0267 şeklinde seçilmiştir.

Tüm bu işlemler Çeltiksuyu okul binasının günümüz şartnamesine uygun malzeme seçimi ile (C25-S420) inşa edilmesi durumu için tekrarlanmıştır. Elde edilen Dirençlilik indeksleri Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 5.19 Elde Edilen Dirençlilik İndeksleri

Analiz Doğrultusu	Dirençlilik İndeksi
X Doğrultusu	%59.33
Y Doğrultusu	%79.89
X Doğrultusu (Güncellenmiş Yapı)	%79.206
Y Doğrultusu (Güncellenmiş Yapı)	%99

Bölüm 5.2'de detaylıca incelenen IDA analizleri sonuçları ve HAZUS sınır değerleri kullanılarak elde edilen kırılmalı eğrileri ve literatürde bulunan benzer okul binasına ait ekonomik veriler birleştirilerek dirençlilik indeksleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan Dirençlilik İndeksleri IDA analizleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Dünya genelinde giderek önemini artıran Dirençlilik Esaslı Tasarım incelenmiştir. Dirençlilik indeksi hesaplaması için gerekli analizler Artımsal Dinamik Analiz ve Kırılgenlik analizleri ayrıca incelenmiştir. Çalışma kapsamında 3 ayrı nümerik uygulama gerçekleştirilmiştir. Her üç uygulamada da yapısal elemanlar yayılı plastik mafsalları modeli ile modellenmiştir. Böylelikle daha hassas sonuçların elde edilmesi hedeflenmiştir.

İlk sayısal uygulamada, betonarme yapıların enerji sönümlenme kapasitelerini arttırmayı amaçlayan yeni bir dolgu duvar modeli önerilmiştir. Bu sayısal uygulamada kullanılan analiz metodu olan statik itme analizi metodu izah edilmiştir. Detaylı çizimler ile açıklanan bu model karşılaştırma ölçütü olarak seçilen boş çerçeve ve perdeli çerçeve sistemleri ile birlikte statik itme analizine tabi tutulmuş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra maliyet açısından da perdeli çerçeve sistem ve önerilen duvar modeli karşılaştırılmıştır. Önerilen modelin perdeli sisteme kıyasla maliyet açısından avantajlı olsa da, enerji sönümlenme kapasitesi açısından perdeli sistem kadar etkin olmadığı görülmüştür. Ancak, boş çerçeve sistemine kıyasla enerji sönümlenme kapasitesinin önemli oranda artış gösterdiği görülmüştür. Bu kapsamda önerilen dolgu duvar modelinin sismik dirençlilik indeksine pozitif yönde katkıda bulunacağı açıktır.

İkinci sayısal uygulamada, önerilen dolgu duvar sisteminin modellenmesini doğrulamak amacıyla literatürde bulunan deneysel bir çalışmadan faydalanılarak tersinir yükler altında analiz yapılmıştır. Deney düzeneği SeismoStruct yazılım programında modellenmiş ve analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının ilgili deneysel çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Böylelikle önerilen modelin sayısal modellenmesi doğrulanmıştır.

Üçüncü sayısal uygulamada, dirençlilik indeksi hesaplanması için gerekli olan IDA analizleri ve akabinde kırılgenlik analizleri gerçekleştirilmiş ve nihayetinde dirençlilik indeksi hesaplanmıştır. Bu sayısal uygulama için, 2003 Bingöl depreminde yıkılan Çeltiksuyu YİBO okul binası seçilmiştir. Bu okul binası ile ilgili gerekli bilgiler

verilmiş ve SeismoStruct yazılım programında modellenmesi yapılmıştır. IDA analizi için 20 farklı deprem kaydı hem X hem de Y doğrultularında ölçekleme faktörü 0.1g ile 2g arasında 0.1 g adım aralığında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görelî kat ötelemesi oranları incelenmiş, yapının gerçek göçme mekanizmasına uygun olarak zemin katta en büyük ötelenmelerin olduğu gözlenmiştir. Bu durum yapının gerçek göçme mekanizması ile uyum sağlaması bağlamında nümerik analizleri doğrular niteliktedir. Elde edilen IDA analizleri neticesinde kırılgenlik eğrileri HAZUS 2022, TBDY 2018, ABYBHY 2007 ve ABYYHY 1998 yönetmeliklerinde belirlenen sınır değerler çerçevesinde oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Türkiye yönetmeliklerinin tamamı Hazus yönetmeliğine göre daha güvenli bölgede kaldıkları görülmüştür. Analizler sonrası ortaya çıkan veriler TBDY2018 yönetmeliğinin izin verdiği sınırlar ile HAZUS yönetmeliğinin hafif hasar olarak tarif ettiği sınırın neredeyse aynı olduğunu göstermiştir. Bunun sebebi TBDY2018 yönetmeliğinin yerel zemin koşullarını da dikkate alarak oluşturmuş olduğu yeni deprem tehlike haritası olabilir. TBDY2018 yönetmeliği görelî kat ötelemesi ile ilgili sınırlamalarında kullandığı bazı katsayıları bu tehlike haritasının verilerinden yararlanılarak oluşturmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde mühendislik hizmetlerine ulaşımın problemli olabileceği ve işçilik hatalarının denetlenmesinin zorlaşabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Gelişmekte olan ülkelerde yapı stoğunun bu ve benzeri nedenlerle genel olarak problemli olduğu söylenebilir. Göreceli olarak küçük depremlerde büyük hasarların oluşması yeterli bir kanıttır. Bu çerçevede yerel yönetmeliğin oldukça güvenli bölgede kalmaya meylettiği söylenebilir. Eski yönetmeliğe göre tasarlanan yapının güncel yönetmeliğe göre inşaatına izin verilmeyeceği açıktır. Ancak eski yönetmeliğe göre inşa edilirken dahi uygun mühendislik hizmetleri ve doğru denetlenmiş işçilik uygulamaları ile inşa edilseydi tüm bu olumsuzluklara rağmen daha az hasar oluşması mümkün olabileceği söylenebilir.

Aynı yapının güncel yönetmelik çerçevesinde beton ve donatı malzeme dayanımının değiştirilerek yeniden aynı analizlere tabi tutulmuş ve kırılgenlik eğrileri elde edilmiştir. Analizlerin neticesi olarak her iki modelin hem X hem de Y doğrultularında dirençlilik indeksleri hesaplanmıştır. Her iki model içinde X doğrultusunda indeksin daha zayıf, Y doğrultusunda ise daha güçlü olduğu görülmüştür. Malzeme

dayanımının güncellendiği modelde dirençlilik indeksi hem X hem de Y doğrultusunda daha güçlü olduğu ve enerji sönümleme kapasitesindeki artışın dirençlilik indeksini doğrudan etkilediği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında oldukça güncel ve geniş bir konu olan Dirençlilik Esaslı Tasarım'ın sadece teknik boyutu yapıların deprem davranışları açısından incelenmiştir. Oysa bu tasarım yönteminde tezin ilk bölümünde de bahsedildiği üzere bir yerleşim biriminin bir bütün olarak ele alınarak afet sonrası eski fonksiyonelliğine olabilecek en hızlı biçimde geri dönebilmesine odaklanılmaktadır. Bahsedilen fonksiyonellik seviyesi, alt yapı sistemlerinin fonksiyonelliği, ulaşım ağlarının fonksiyonelliği, hastanelerin fonksiyonelliği gibi spesifik konular ile çeşitlendirilebilir ve bunlarla ilgili ayrı ayrı çalışmalar yapmak mümkündür. Sismik dirençli yerleşim alanlarının tasarımı konusunun bir sonraki Türkiye deprem yönetmeliğine dahil edilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bruneau M, Chang SE, Eguchi RT, Lee GC, O'Rourke TD, Reinhorn AM, Shinozuka M, Tierney K, Wallace WA, Von Winterfeldt D., "A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities." *Earthq Spectra*, vol. 19(4), pp.733–52, 2003.
- [2] Bocchini, P., Frangopol, D. M., Ummenhofer, T. ve Zinke, T., "Resilience and sustainability of civil infrastructure: Toward a unified approach." *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 20(2), 2014.
- [3] Shang, Q., Wang, T. ve Li, J., "A quantitative framework to evaluate the seismic resilience of hospital systems." *Journal of Earthquake Engineering*, pp.1-25, 2020.
- [4] H. Markowitz, "Portfolio selection" *The Journal of Finance*, vol. 7, pp.77-91, 1952.
- [5] Cimellaro, G.P., "Resilience-Based Design (RBD) modelling of civil infrastructure to assess seismic hazards" *Handbook of Seismic Risk Analysis and Management of Civil Infrastructure Systems*, pp. 268-303, 2013.
- [6] Sucuoğlu H, "2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi." *Mühendislik Haberleri*, 444-445, 267-284, 2006.
- [7] Aydınoğlu M.N., "A Response Spectrum-Based Nonlinear Assessment Tool Practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA)" *ISET Journal of Earthquake Technology*, 4(1), 169-172, 2007.
- [8] Doran B, Akbaş B, Sayım İ, Fahjan Y, Alacalı S.N., "Uzun Periyotlu Bir Yapıda Yapısal Sağlık İzlemesi ve Deprem Performansının Belirlenmesi." *1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, pp, 43-51, 11-14 Ekim 2011 ODTÜ, Ankara
- [9] Bruneau M, Reinhorn A., "Exploring the concept of seismic resilience for acute care facilities." *Earthq Spectra*, vol. 23(1), pp. 41–62, 2007.
- [10] Cimellaro, G.P, Reinhorn, A.M. ve Bruneau, M., "Framework for analytical quantification of disaster resilience", *Eng. Struct.*, vol. 32(11), pp. 3639-3649, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.08.008>. 2010.
- [11] Renschler, C., Frazier, A., Arendt, L., Cimellaro, G.P., Reinhorn, A.M. ve Bruneau, M., "Framework for defining and measuring resilience at the community scale: the PEOPLES resilience framework", *MCEER Technical Report–MCEER-10-006*, University at Buffalo (SUNY), State University of New York, Buffalo, NY, USA. 2010.
- [12] Shang, Q., Guo, X., Li, Q., Xu, Z., Xie, L., Liu, C., ... & Wang, T., "A benchmark city for seismic resilience assessment." *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, vol. 19(4), pp. 811-826, 2020.

- [13] Cimellaro, G. P., Arcidiacono, V., ve Reinhorn, A. M., "Disaster resilience assessment of building and transportation system." *Journal of Earthquake Engineering*, vol. 25(4), pp. 703-729, 2021.
- [14] Yeow, T. Z. "Building-specific seismic resilience assessment frameworks considering content sliding and injury." Doktora Tezi, University of Canterbury, Yeni Zellanda, 2017.
- [15] Xiong, C., Huang, J., ve Lu, X. "Framework for city-scale building seismic resilience simulation and repair scheduling with labor constraints driven by time-history analysis." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 35(4), pp. 322-341, 2020.
- [16] Tirca, L., Serban, O., Lin, L., Wang, M., ve Lin, N., "Improving the seismic resilience of existing braced-frame office buildings." *Journal of Structural Engineering*, vol. 142(8), 2016.
- [17] Ekhlaspoor, A., Raissi Dehkordi, M., Eghbali, M., ve Samadian, D., "Pre-event assessment of seismic resilience index for typical Iranian buildings via a web-based tool." *International Journal of Civil Engineering*, vol. 20, pp. 257-272, 2022.
- [18] Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Naderpour, H., ve Eghbali, M., "Seismic resilience evaluation based on vulnerability curves for existing and retrofitted typical RC school buildings." *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 127, 105844. 2019.
- [19] Hashemi, M. J., Al-Attraqchi, A. Y., Kalfat, R., ve Al-Mahaidi, R. "Linking seismic resilience into sustainability assessment of limited-ductility RC buildings." *Engineering Structures*, vol. 188, pp. 121-136, 2019.
- [20] Li, J., Wang, T., ve Shang, Q. "Probability-based seismic resilience assessment method for substation systems." *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 18, pp. 71-83, 2020.
- [21] Lu, X., Liao, W., Fang, D., Lin, K., Tian, Y., Zhang, C., ... ve Zhao, P., "Quantification of disaster resilience in civil engineering: A review." *Journal of Safety Science and Resilience*, vol. 1(1), pp. 19-30. 2020.
- [22] Yang, C., Xie, L., Li, A., Zeng, D., Jia, J., Chen, X., ve Chen, M. "Resilience-based retrofitting of existing urban RC-frame buildings using seismic isolation." *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, vol. 19(4), pp. 839-853. 2020.
- [23] Shang, Q., Wang, T., & Li, J. "Seismic resilience assessment of emergency departments based on the state tree method." *Structural Safety*, vol. 85, 101944. 2020.
- [24] Gian Paolo Cimellaro , Andrei M. Reinhorn & Michel Bruneau (2010) Seismic resilience of a hospital system, *Structure and Infrastructure Engineering*, 6:1-2, 127-144, DOI:10.1080/15732470802663847

- [25] Aroquipa, H., ve Hurtado, A., ‘‘Seismic resilience assessment of buildings: A simplified methodological approach through conventional seismic risk assessment.’’ *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 77, 103047. 2022.
- [26] Carofilis Gallo, W. W., Clemett, N., Gabbianelli, G., O’Reilly, G., ve Monteiro, R. ‘‘Seismic resilience assessment in optimally integrated retrofitting of existing school buildings in Italy.’’ *Buildings*, vol. 12(6), 845. 2022.
- [27] Castillo, J. G. S., Bruneau, M., ve Elhami-Khorasani, N., ‘‘Functionality measures for quantification of building seismic resilience index.’’ *Engineering Structures*, vol. 253, 113800. 2022.
- [28] Singh, R. R., Bruneau, M., Stavridis, A., ve Sett, K. ‘‘Resilience deficit index for quantification of resilience.’’ *Resilient Cities and Structures*, vol. 1(2), pp. 1-9. 2022.
- [29] Yin, C., Kassem, M. M., ve Mohamed Nazri, F., ‘‘Comprehensive Review of Community Seismic Resilience: Concept, Frameworks, and Case Studies.’’ *Advances in Civil Engineering*, vol. 2022, 2022.
- [30] Huang, Z., ‘‘Resilience Evaluation of Shallow Circular Tunnels Subjected to Earthquakes Using Fragility Functions.’’ *Applied Sciences*, vol. 12(9), 4728. 2022.
- [31] Kircher, C. A., Nassar, A. A., Kustu, O., ve Holmes, W. T., ‘‘Development of building damage functions for earthquake loss estimation.’’ *Earthquake spectra*, vol. 13(4), pp. 663-682, 1997.
- [32] Feng, M. Q., Shinozuka, M., Kim, H. K., ve Kim, S. H., ‘‘Statistical analysis of fragility curves.’’ *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 126(12), 2000. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9399\(2000\)126:12\(1224\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(2000)126:12(1224))
- [33] Akkar, S., Sucuoğlu, H., ve Yakut, A., ‘‘Displacement-based fragility functions for low-and mid-rise ordinary concrete buildings.’’ *Earthquake Spectra*, vol. 21(4), pp. 901-927, 2005.
- [34] Aslani, H., ve Miranda, E., ‘‘Fragility assessment of slab-column connections in existing non-ductile reinforced concrete buildings’’, *Journal of Earthquake Engineering*, vol. 9, pp. 777–804, 2005.
- [35] Korkmaz, A., Aktaş, E. ‘‘Betonarme çerçeve yapıların olasılıklı sismik analizi’’. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Vol. 21(1), pp. 55-64. 2006.
- [36] Eads, L., Miranda, E., Krawinkler, H., Lignos, D.G., ‘‘An efficient method for estimating the collapse risk of structures in seismic regions’’, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 42, pp. 25–41, 2013.
- [37] Baker, J. W., ‘‘Efficient analytical fragility function fitting using dynamic structural analysis’’, *Earthquake Spectra*, vol. 31(1), pp. 579-599, 2015.

- [38] Eem, S. H., Jung, H. J. "Seismic fragility assessment of isolated structures by using stochastic response database." *Earthquakes and Structures*, 14(5), 389-398. 2018.
- [39] Kia, M., Banazadeh, M., Bayat, M., "Rapid seismic vulnerability assessment by new regression-based demand and collapse models for steel moment frames." *Earthquakes and Structures*, vol. 14(3), pp. 203-214, 2018.
- [40] Sisi, A. A., Erberik, M. A., Askan, A., "The effect of structural variability and local site conditions on building fragility functions." *Earthquakes and Structures*, vol. 14(4), pp.285-295. 2018.
- [41] Yazdabad, M., Behnamfar, F., Samani, A. K., "Seismic behavioral fragility curves of concrete cylindrical water tanks for sloshing, cracking, and wall bending." *Earthquakes and Structures*, vol. 14(2), pp. 95-102. 2018.
- [42] Hancılar, U., Şeşetyan, K. Çaktı, E., "İstanbul'daki 2000 Yılı Sonrası Binalar İçin Tasarım Depremi Altında Karşılaştırmalı Yapısal Hasar ve Mali Kayıp Tahminleri." *Teknik Dergi*, vol. 30(3), pp. 9107-9123. 2019. DOI: 10.18400/tekderg.326939
- [43] Silva, V., Akkar, S., Baker, J., Bazzurro, P., Castro, J. M., Crowley, H., ... ve Vamvatsikos, D., "Current challenges and future trends in analytical fragility and vulnerability modeling." *Earthquake Spectra*, vol.35(4), pp.1927-1952. 2019.
- [44] Yön, B. "Seismic vulnerability assessment of RC buildings according to the 2007 and 2018 Turkish seismic codes". *Earthquakes and Structures*, vol. 18(6), pp. 709-718. 2020.
- [45] Onat, O. Yön, B. "Incremental Dynamic Analysis Of Mid-Rise Rc Buildings To Assess Effect Of Concrete Strength And Tension Reinforcement Ratio In Beam". *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, vol. 26 (1), pp. 283-300, 2021. Doi: 10.17482/Uumfd.831375
- [46] Onat, O., Yön, B. "A novel inter-story drift limit proposal for TBEC2518 and fragility prognosis with TSC2507." *Journal of Structural Engineering*, vol. 4(2), pp. 068-082. 2021.
- [47] Verki1a, A. M.,Preciado, A., "Nonlinear incremental dynamic analysis and fragility curves of tall steel buildings with buckling restrained braces and tuned mass dampers." *Earthquakes and Structures*, vol. 22(2), pp.169-184, 2022.
- [48] Wang, F., Miao, J., Fang, Z., Wu, S., Li, X., Momeni, Y. "Steel frame fragility curve evaluation under the impact of two various category of earthquakes." *Earthquakes and Structures*, vol. 22(1), pp. 15-23. 2022.
- [49] Gwalani, P., Singh, Y., ve Varum, H., "Seismic vulnerability of reinforced concrete buildings with discontinuity in columns." *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 52(1), pp. 204-225, 2022.

- [50] Dolšek, M., ve Fajfar, P., ‘‘The effect of masonry infills on the seismic response of a four-storey reinforced concrete frame a deterministic assessment.’’ *Engineering Structures*, vol. 30(7), pp. 1991-2001. 2008.
- [51] Tekeli, H., ve Aydin, A. ‘‘An experimental study of the seismic behavior of infilled RC frames with opening.’’ *Scientia Iranica*, vol. 24(5), pp. 2271-2282, 2017.
- [52] Uva, G., Raffaele, D., Porco, F., ve Fiore, A., ‘‘On the role of equivalent strut models in the seismic assessment of infilled RC buildings.’’ *Engineering Structures*, vol. 42, pp.83-94. 2012.
- [53] Akyürek, O., Tekeli, H., Demir, F., ‘‘Betonarme bina performansına dolgu duvarların etkisi.’’ *Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 11 -14 Mayıs, İstanbul, 2015.
- [54] Chrysostomou, C. Z., ve Asteris, P. G. ‘‘On the in-plane properties and capacities of infilled frames.’’ *Engineering structures*, vol. 41, pp. 385-402. 2012.
- [55] Cavaleri, L., Trapani, F.D., Asteris, P. G., Sarhosis, V. ‘‘Influence of column shear failure on pushover based assessment of masonry infilled reinforced concrete framed structures: A case study.’’ *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 100, pp. 98-112. 2017.
- [56] Ricci, P., Verderame, G. M., ve Manfredi, G. ‘‘Analytical investigation of elastic period of infilled RC MRF buildings.’’ *Engineering structures*, vol. 33(2), pp. 308-319. 2011.
- [57] Aksoy, H.B., Avşar, Ö., ‘‘Dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışına etkisinin basitleştirilmiş bir yöntemle dikkate alınması.’’ *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 21(3), pp. 115-122. 2015.
- [58] Tekeli, H., ve Aydin, A. ‘‘An experimental study of the seismic behavior of infilled RC frames with opening.’’ *Scientia Iranica*, vol. 24(5), pp. 2271-2282. 2017.
- [59] Shing, P. B., ve Mehrabi, A. B. ‘‘Behaviour and analysis of masonry-infilled frames.’’ *Progress in Structural Engineering and Materials*, vol. 4(3), pp. 320-331. 2002.
- [60] Akyürek, O., Tekeli, H., ve Demir, F., ‘‘Plandaki dolgu duvar yerleşiminin bina performansı üzerindeki etkisi.’’ *International Journal of Engineering Research and Development*, vol. 10(1), pp.42-55. 2018.
- [61] Akyürek, O., Suksawang, N., Go, T. H., ve Tekeli, H., ‘‘Performance evaluation of a reinforced concrete building strengthened respectively by the infill wall, active and passive tuned mass damper under seismic load.’’ *Computers & Structures*, vol. 223, 106097. 2019.
- [62] Tekeli, H., Akyürek, O., Deniz, M., Hersat, E., Necmi, K., Tosun, U., ve Fatih, K., ‘‘Betonarme çerçevede dolgu duvarların hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi.’’ *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 3(2), pp. 179-191. 2014.

- [63] Uğurlu, M. A., ‘‘Cyclic characterization of locked and standard brick infilled reinforced concrete frames under quasi-static loading conditions: Experimental and analytical work.’’ Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. 2011.
- [64] Görgün, H., ‘‘Semi-rigid behaviour of connections in precast concrete structures’’ Doktora Tezi, University of Nottingham, 1997.
- [65] FEMA 273,-274, ‘‘Commentary on the NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings’’, *NEHRP Guidelines*, Washington D.C., 1997.
- [66] FEMA 356, ‘‘Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings’’, *NEHRP Guidelines*, Washington D.C. 2000.
- [67] Ibarra, L. F., Krawinkler, H., ‘‘Global Collapse of Frame Structures under Seismic Excitations’’, *John A. Blume Earthquake Engineering Center*, Stanford, CA, 324. 2005.
- [68] Porter, K., Kennedy, R., Bachman, R., ‘‘Creating fragility functions for performance-based earthquake engineering’’, *Earthquake Spectra*, vol. 23, pp. 471–489. 2007.
- [69] Vamvatsikos, D., and Cornell, C. A., ‘‘Incremental dynamic analysis’’, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 31, pp. 491–514. 2002.
- [70] Vamvatsikos, D., & Cornell, C. A. ‘‘The incremental dynamic analysis and its application to performance-based earthquake engineering.’’ *In 12th European Conference on Earthquake Engineering*, vol. 479, 2002.
- [71] Vamvatsikos, D., and Cornell, C. A., ‘‘Applied incremental dynamic analysis’’, *Earthquake Spectra*, vol 20, pp.523–553. 2004.
- [72] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
- [73] Grossi, E., Zerbin, M., Aprile, A. ‘‘Advanced techniques for pilotis RC frames seismic retrofit: Performance comparison for a strategic building case study.’’ *Buildings*, vol. 10(9), 149. (2020).
- [74] Yön, B. ‘‘Yapıların statik ve dinamik yükler etkisindeki doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi.’’ Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 2014.
- [75] Oğuz, S. ‘‘Evaluation of pushover analysis procedures for frame structure’’ Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi. 2005.
- [76] Işık, E., Karasin, İ.B. ve Ulu, A. E., ‘‘Eğimli Zeminlerde İnşa Edilen Betonarme Binaların Deprem Davranışlarının İncelenmesi.’’ *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. (20), pp. 162-170, 2020. DOI: 10.31590/ejosat.757763

- [77] Krawinkler, H., ve Seneviratna, G. D. P. K. "Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation." *Engineering structures*, vol. 20(4-6), pp. 452-464. 1998.
- [78] Chopra, A. K., ve Goel, R. K. "A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings." *Earthquake engineering & structural dynamics*, vol. 31(3), pp. 561-582. 2002.
- [79] Işık, E., Karasin, İ. B. ve Karasin, A. "The effect of different earthquake ground motion levels on the performance of steel structures in settlements with different seismic hazards." *Structural Engineering and Mechanics*, vol.84(1), pp. 85-100, 2022. <https://doi.org/10.12989/sem.2022.84.1.085>
- [80] Sullivan, T. J., Calvi, G. M., ve Priestley, M. J. N. "Initial stiffness versus secant stiffness in displacement-based design." *In 13th World Conference of Earthquake Engineering (WCEE)*, 2004.
- [81] Neuenhofer, A., ve Filippou, F. C., "Evaluation of nonlinear frame finite-element models. Journal of structural engineering." vol. 123(7), pp. 958-966, 1997.
- [82] Correia, A. A., Almeida, J. P., ve Pinho, R. "Force-based versus displacement-based formulations in the cyclic nonlinear analysis of RC frames." *In 14th world conference on earthquake engineering*, Vol. 1217. Beijing, 2008.
- [83] Ersoy U., Özcebe G. "Betonarme." Evrim Yayınevi, 816s, Türkiye. 2007.
- [84] Celep Z. "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme." Beta Dağıtım, 236s. İstanbul. 2014.
- [85] Işık E., Özdemir M., "Performance Based Assessment of Steel Frame Structures by Different Material Models. International Journal of Steel Structures," vol. 17 (3), pp. 1021-1031. 2017.
- [86] E. Işık, M. Özdemir, İ.B. Karaşin and A. Karaşin, "Betonarme Yapılarda Kullanılan Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 8(3), pp. 968-984, 2019. doi:10.17798/bitlisfen.520354
- [87] Mander JB., Priestley MJN., Park R. "Theoretical Stress-strain Model for Confined Concrete. Journal of Structural Engineerings," vol. 114 (8), pp. 1804-1825. 1998.
- [88] Özmen HB., İnel M., "Betonarme Yapılarda Malzeme Dayanımı ve Detaylandırma Özelliklerinin Sismik Hasar Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi." 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Türkiye. 2011.
- [89] Yassin MHM. "Nonlinear Analysis of Prestressed Concrete Structures under Monotonic and Cyclic Loads." Doktora Tezi, University of California, Berkeley, USA. 1994.
- [90] Menegotto M., Pinto PE., "Method of Analysis for Cyclically Loaded RC. Plane Frames Including Changes in Geometry and Non-elastic Behavior of Elements under

Combined Normal Force and Bending.” Symposium on the Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland, pp. 15-22. 1973.

[91] Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu, İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları. Ankara. 2022. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/bf-2022-3-turkce/20220907143000.pdf> Erişim Tarihi: 15.10.2022

[92] Da Porto, F., Mosele, F., ve Modena, C. “Cyclic out-of-plane behaviour of tall reinforced masonry walls under P-Δ effects.” *Engineering Structures*, vol. 33(2), pp. 287-297. 2011.

[93] Celep Z, “Seismic Safety of the Regional School Building of Bingöl”. 2003. <http://web.itu.edu.tr/celep/files/18.pdf> (Access date: 20.10.2016)

[94] Karaşin İ.B., Işık E., “Farklı yapı davranış katsayıları için zemin koşullarının yapı performansına etkisi.” *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, vol. 8(4), pp. 661 - 673. 2017.

[95] Bayülke, N., Kocaman C., Köksal, T.S., Kuran F., “1 Mayıs 2003 Bingöl Deprem Raporu, Rapor No: 5149-1”, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Deprem Mühendisliği Şubesi, Ankara, 2004.

[96] Karaşin, A. H., ve Karaesmen, E. “Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yapısal Hasarların İrdelenmesi.” Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005.

[97] ABYYHY-1998, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri, Ankara. 1998.

[98] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik- 2007, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, <http://www.deprem.gov.tr>, 2007.

[99] FEMA (Federal Emergency Management Agency), “Hazard Earthquake Model Technical Manual” Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2021. <https://www.fema.gov/flood-maps/tools-resources/flood-map-products/hazus/user-technical-manuals>.

[100] Seismosoft "SeismoStruct 2022 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures", 2022. çevirim içi erişim: <https://seismosoft.com>

[101] TDTH 2018. “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması” Erişim adresi: tdth.afad.gov.tr

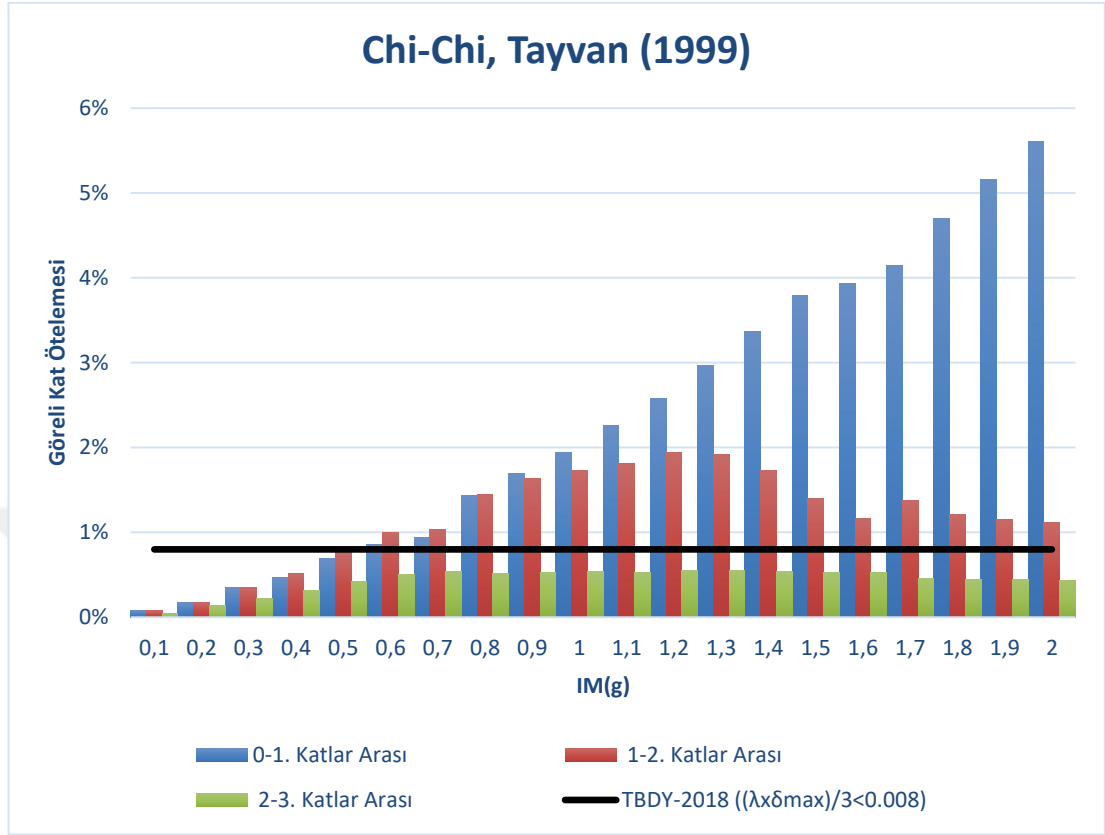
[102] Pacific Earthquake Engineering Research Centre (PEER). “Strong motion database”, 2013. <https://ngawest2.berkeley.edu/>

[103] Abdoli G., “Estimation of social discount rate for Iran.” *Econ Res Rev*, vol 10(34), pp. 135–156, 2009.

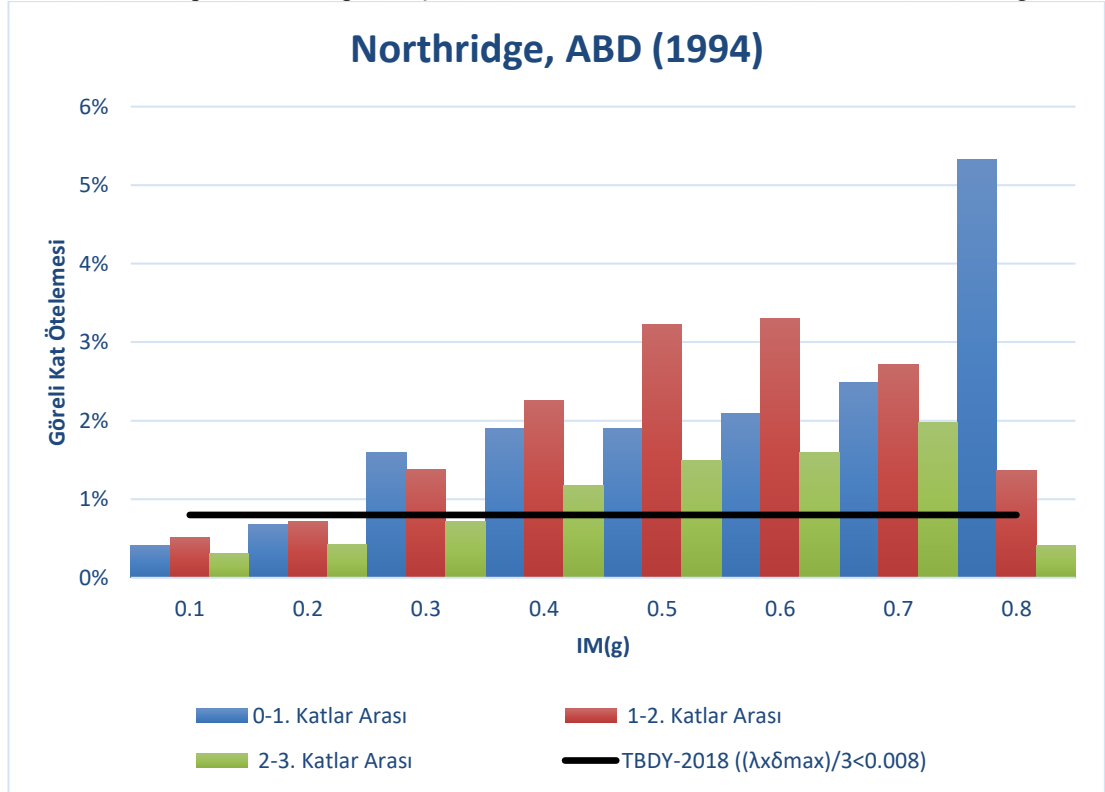


EKLER

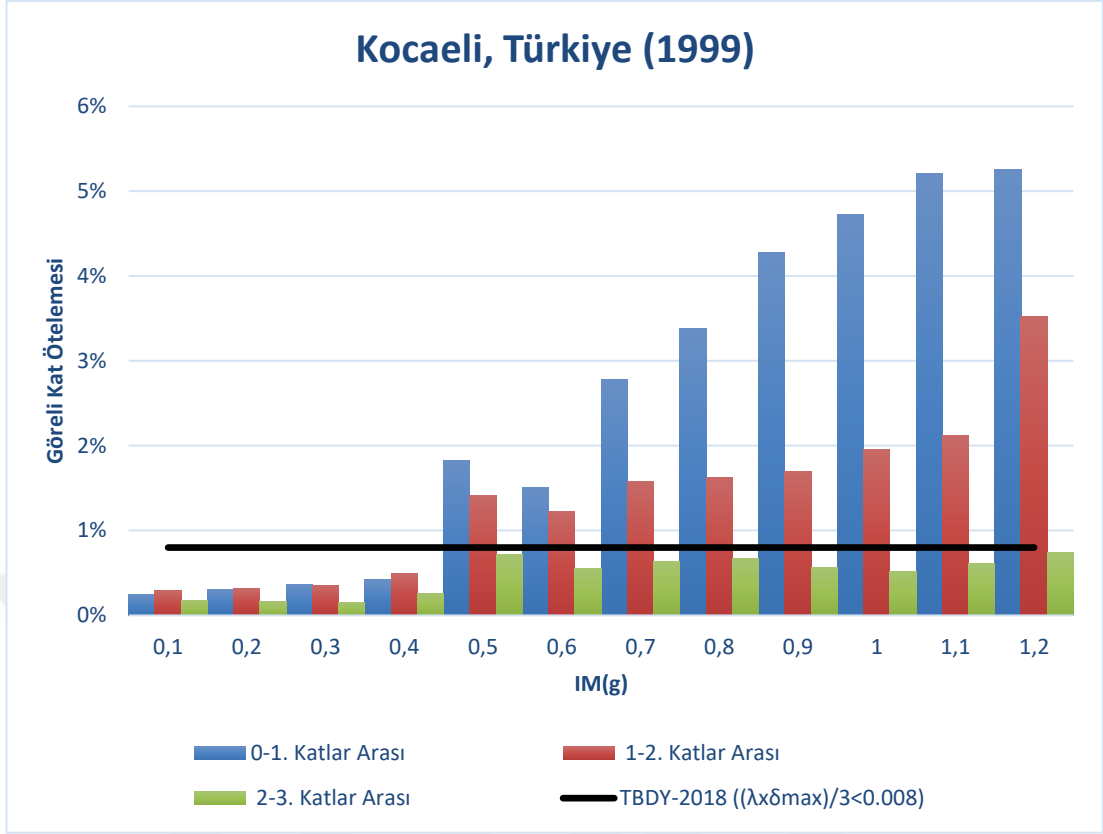
Ek 1: Mevcut Yapı X Doğrultusu Göreli Kat Öteleme Oranları



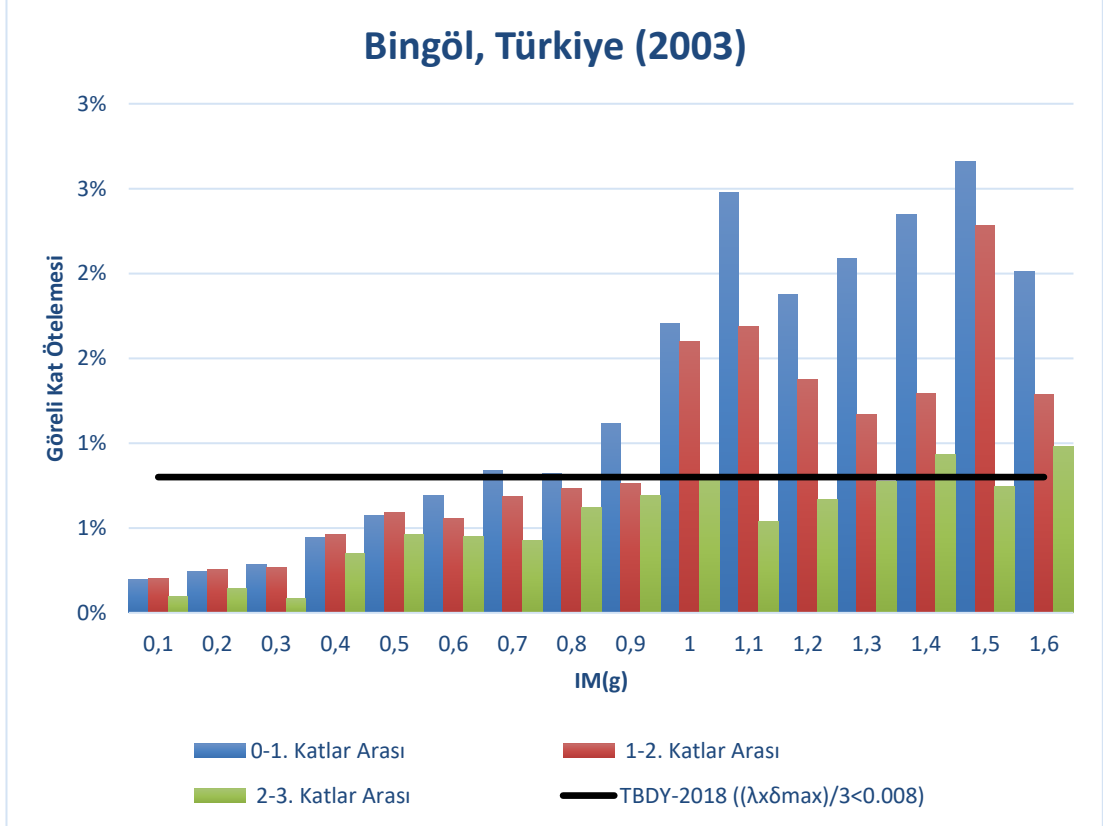
Ek 1: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



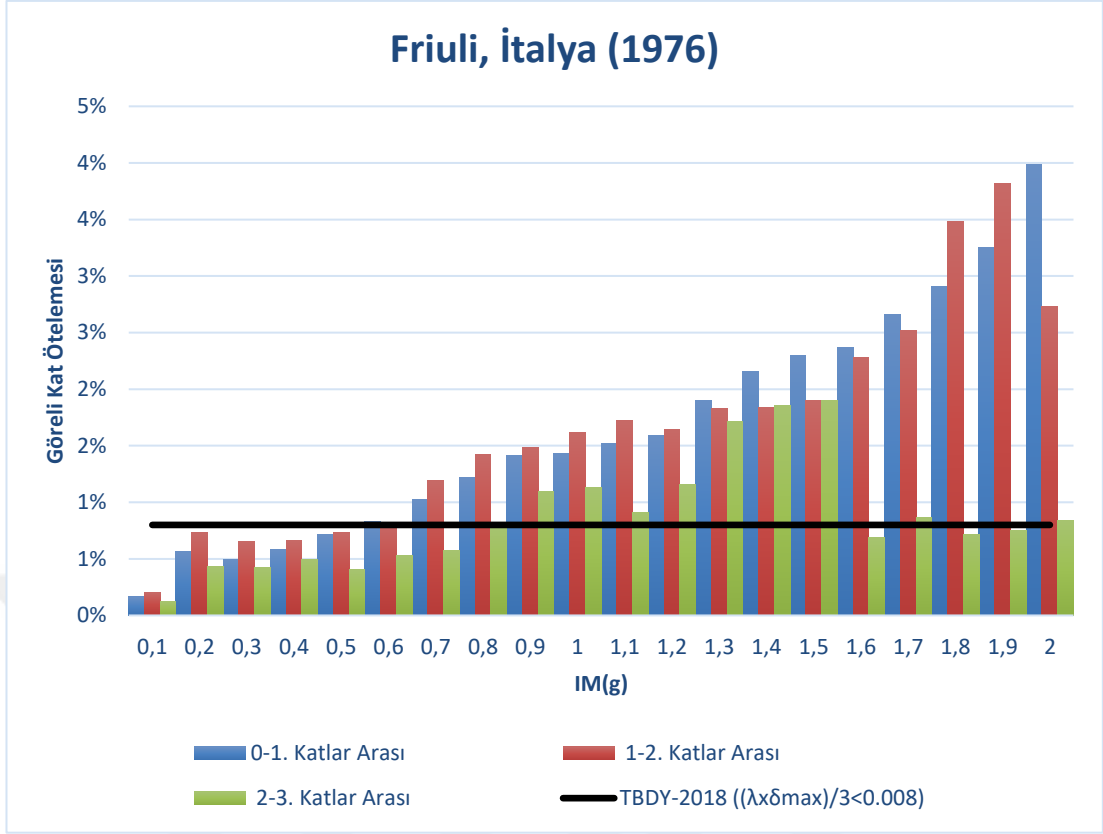
Ek 2: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



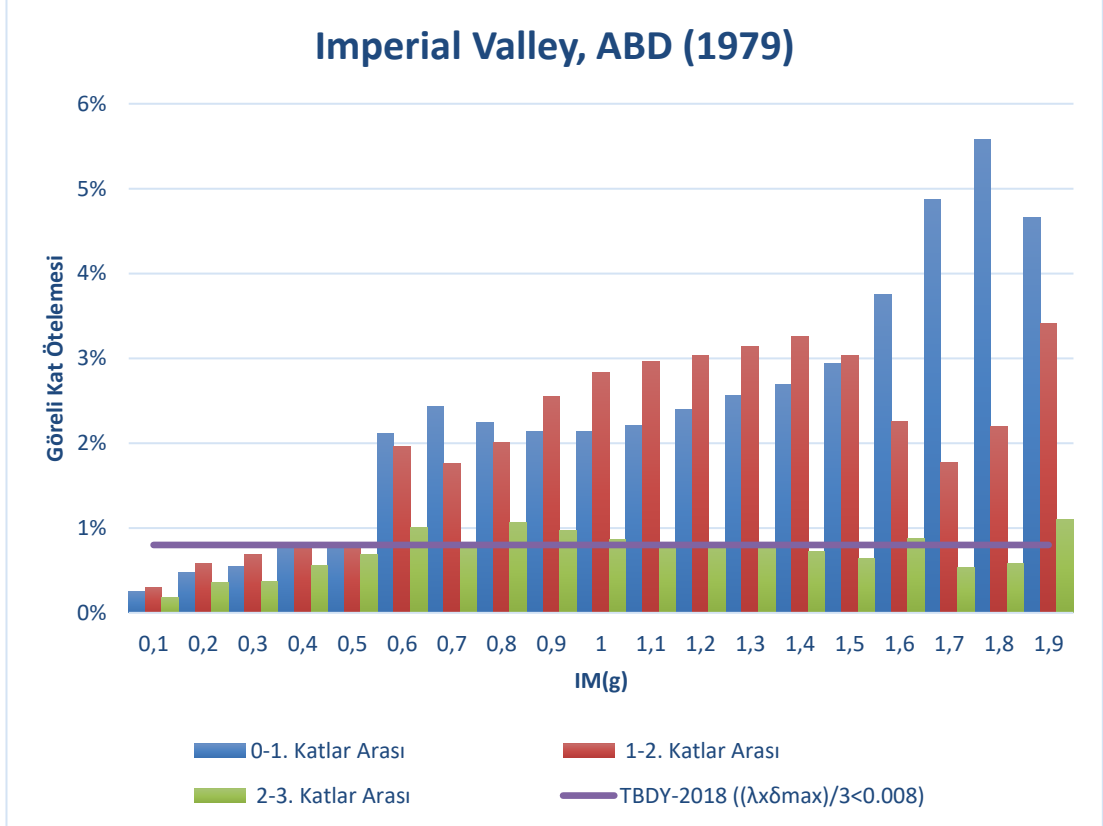
Ek 3: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



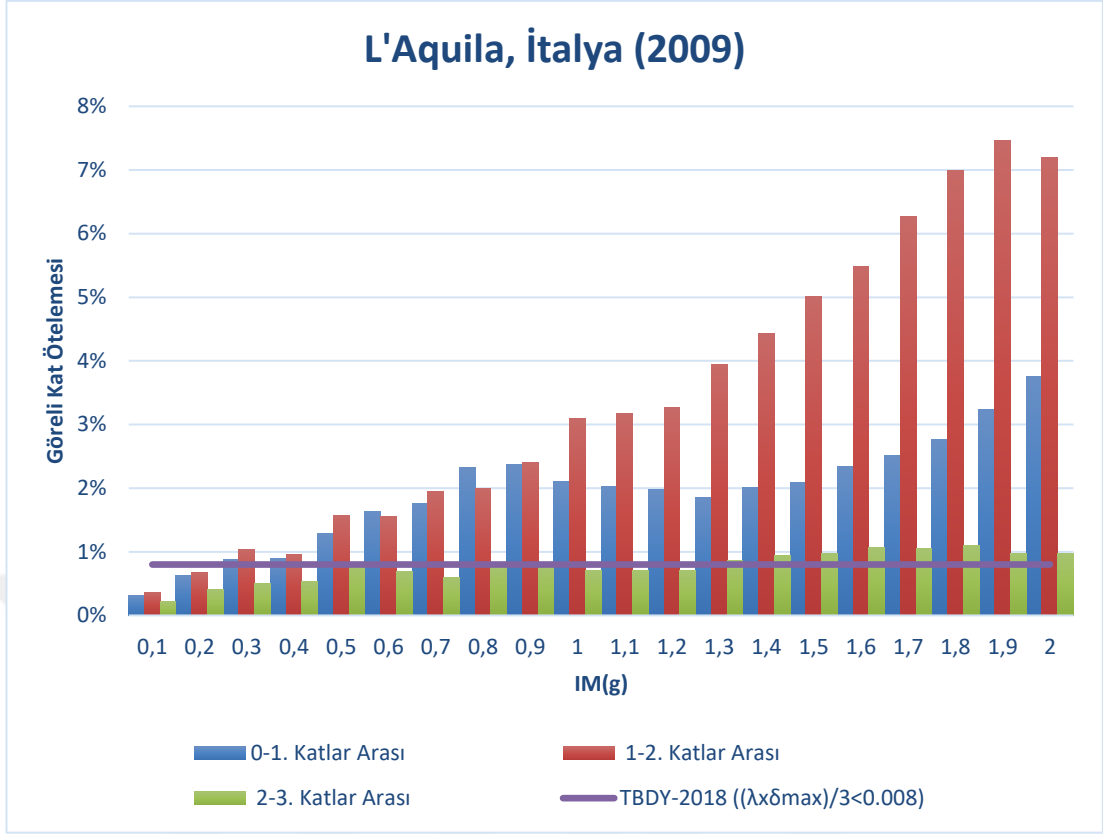
Ek 4: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



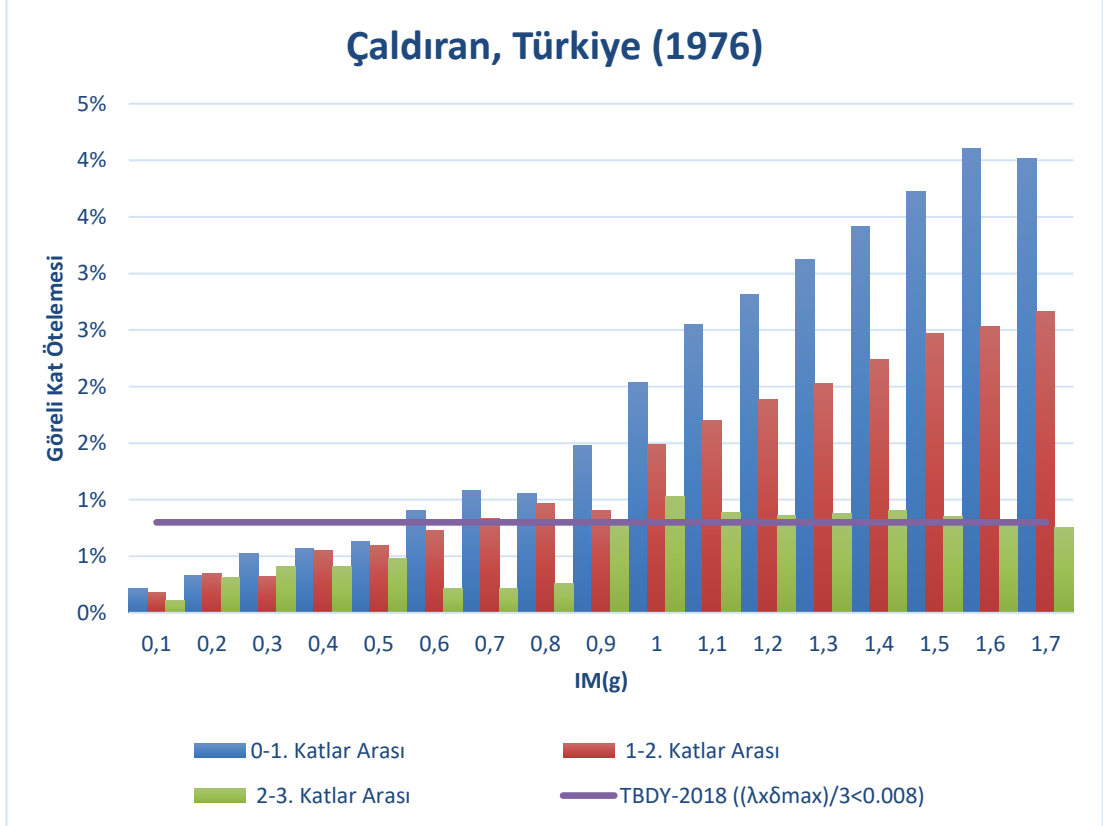
Ek 5: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



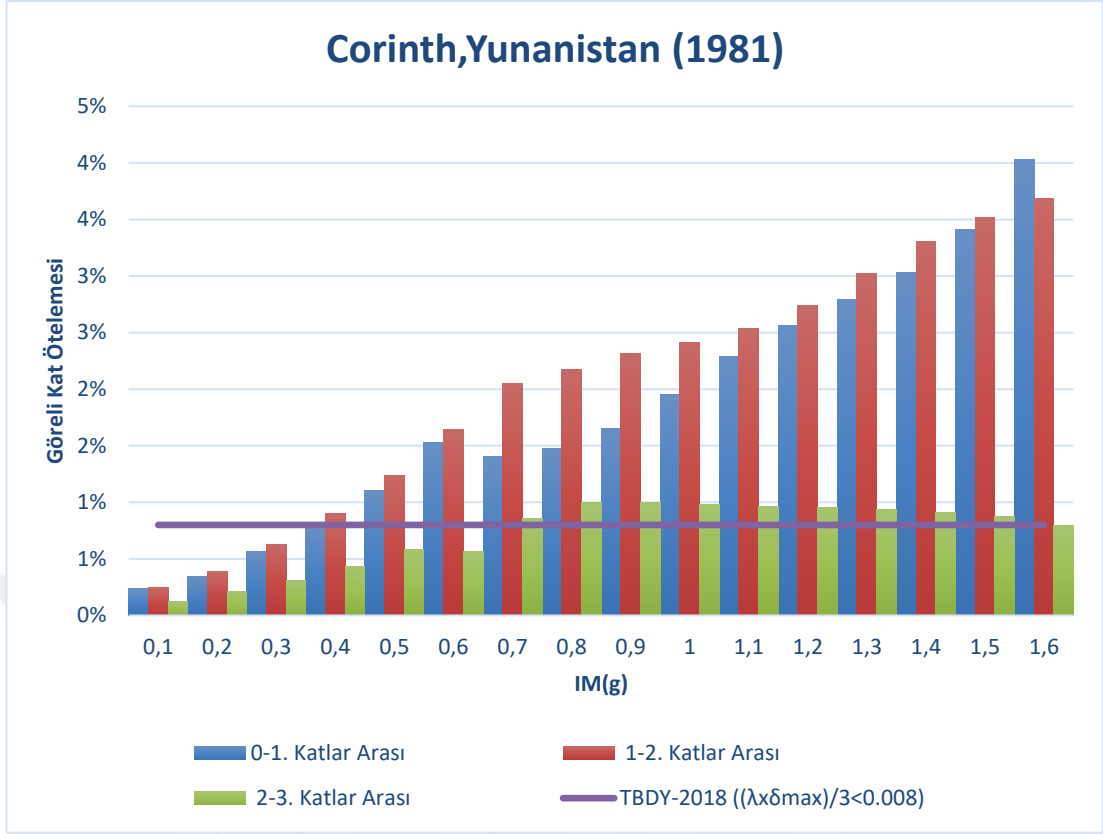
Ek 6: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



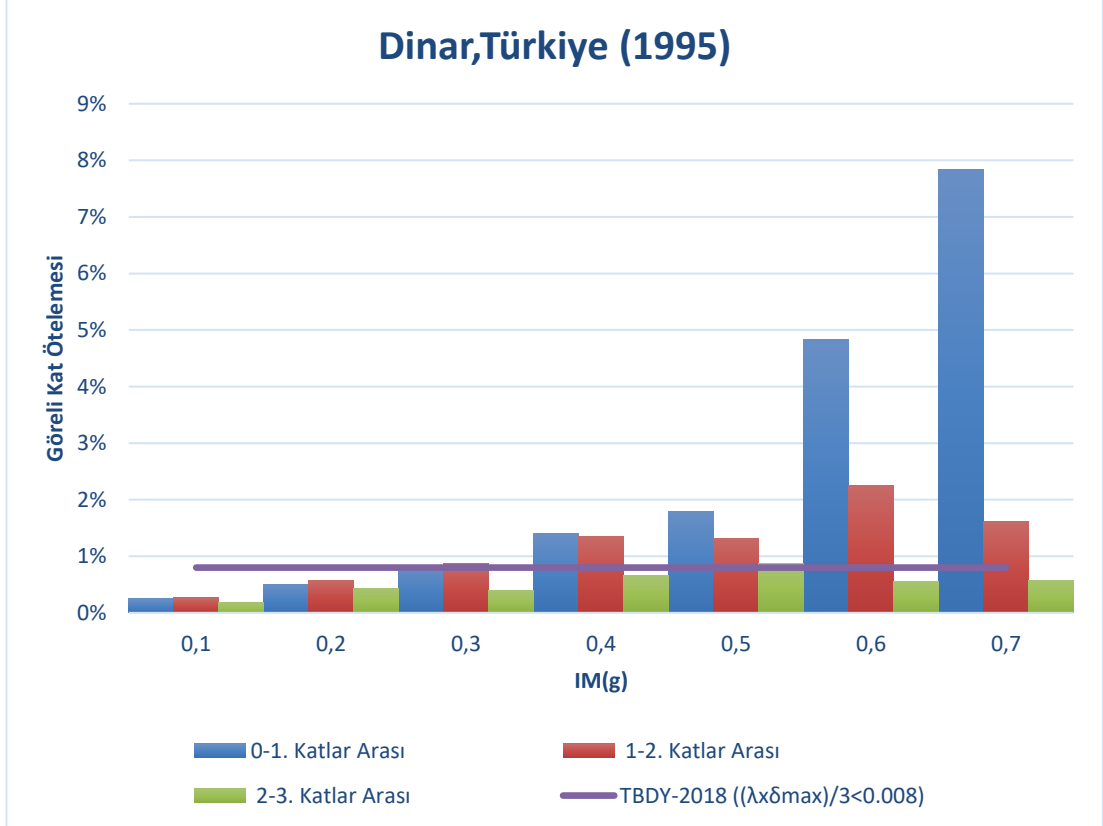
Ek 7: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



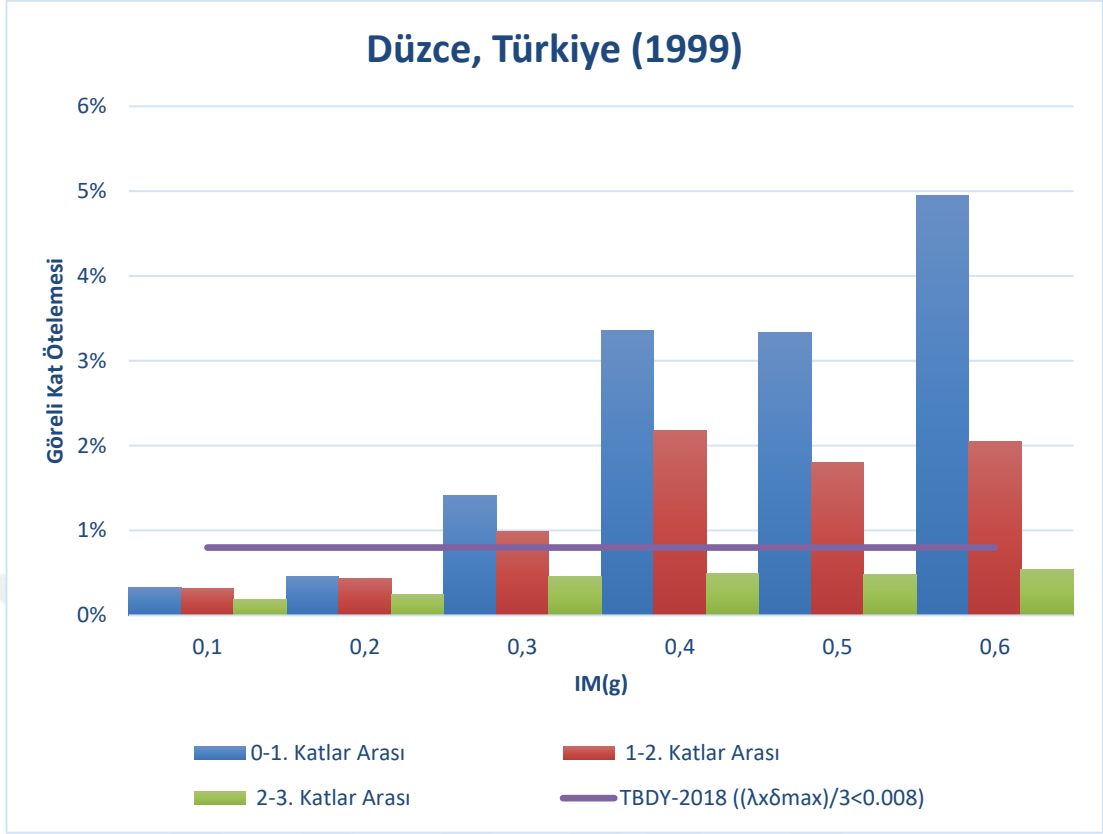
Ek 8: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



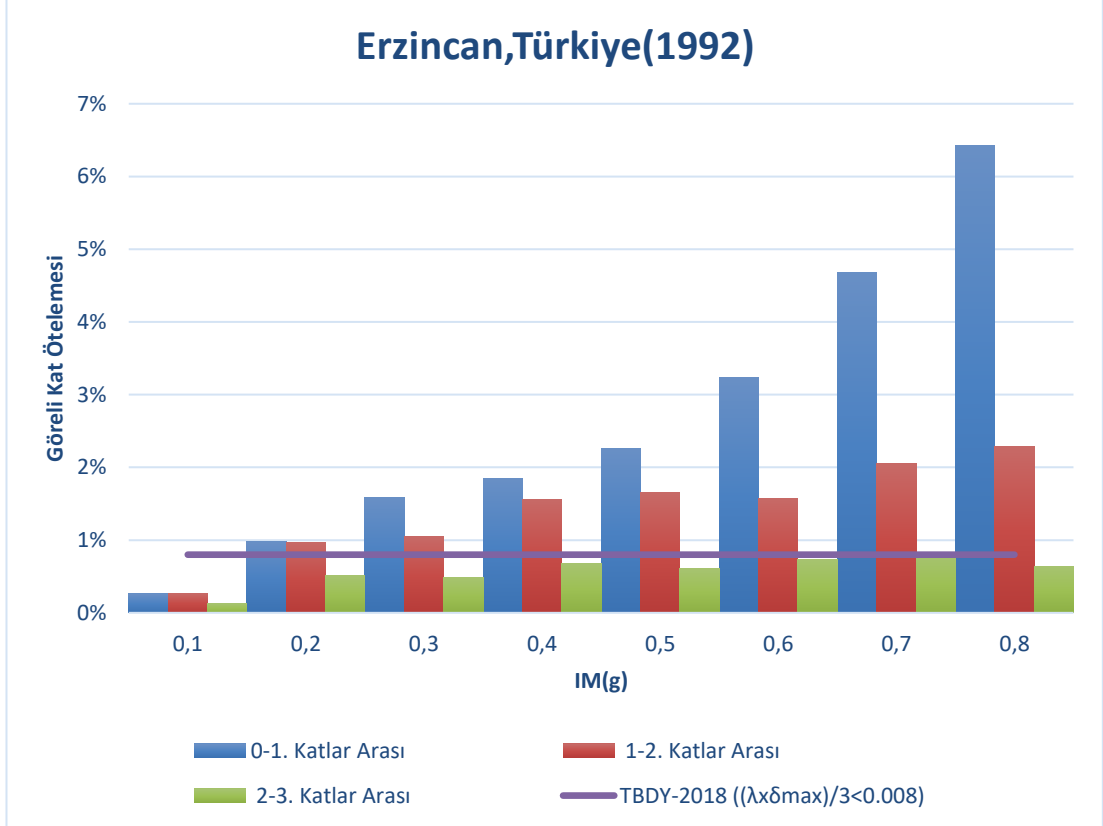
Ek 9: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



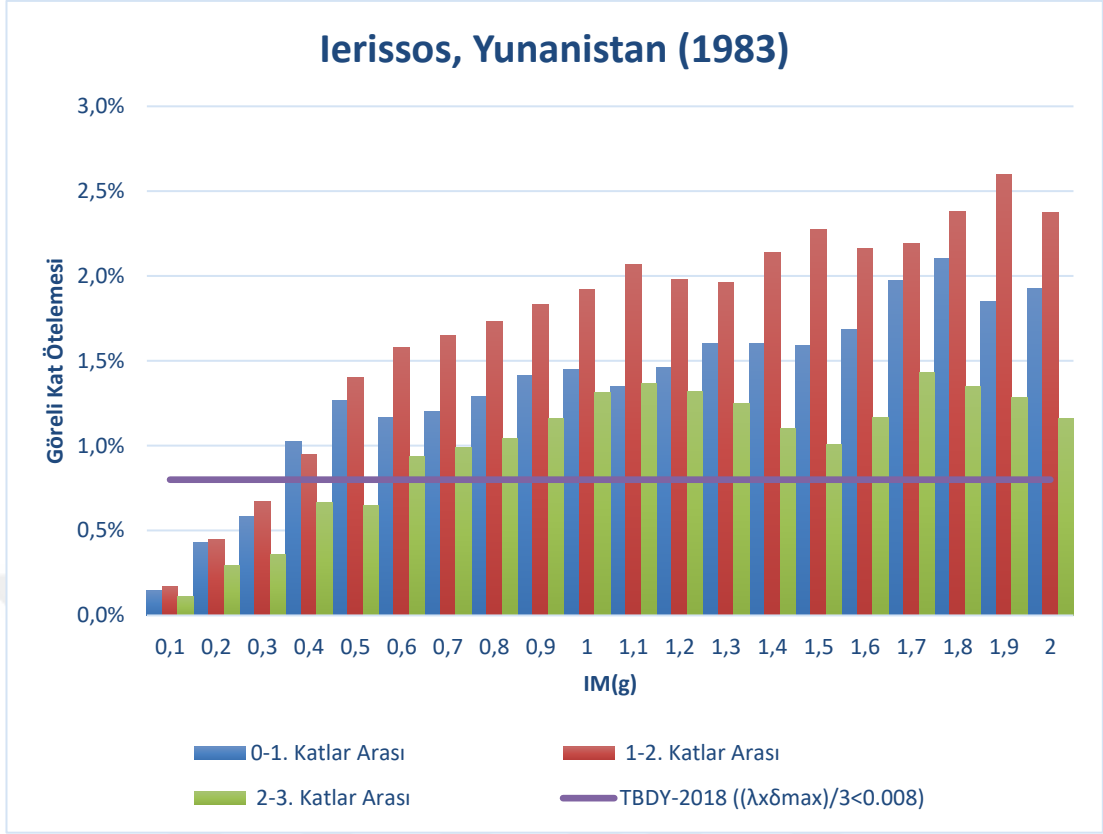
Ek 10: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



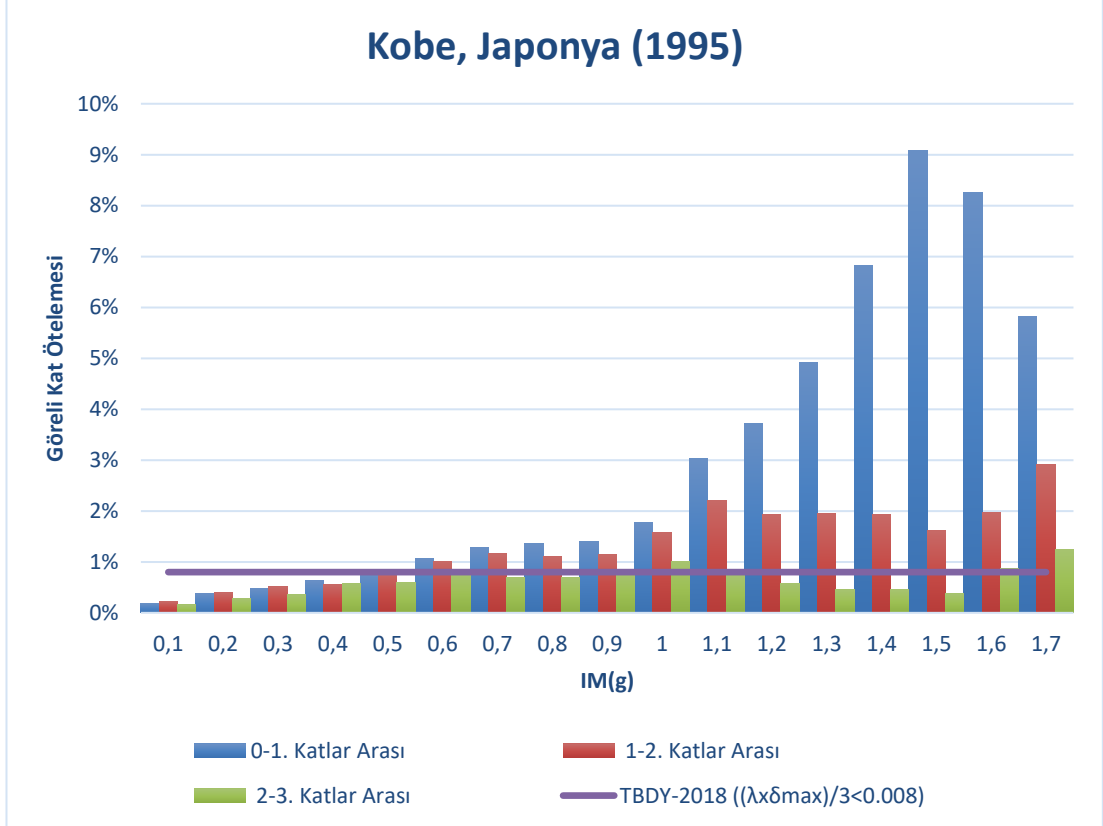
Ek 11: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



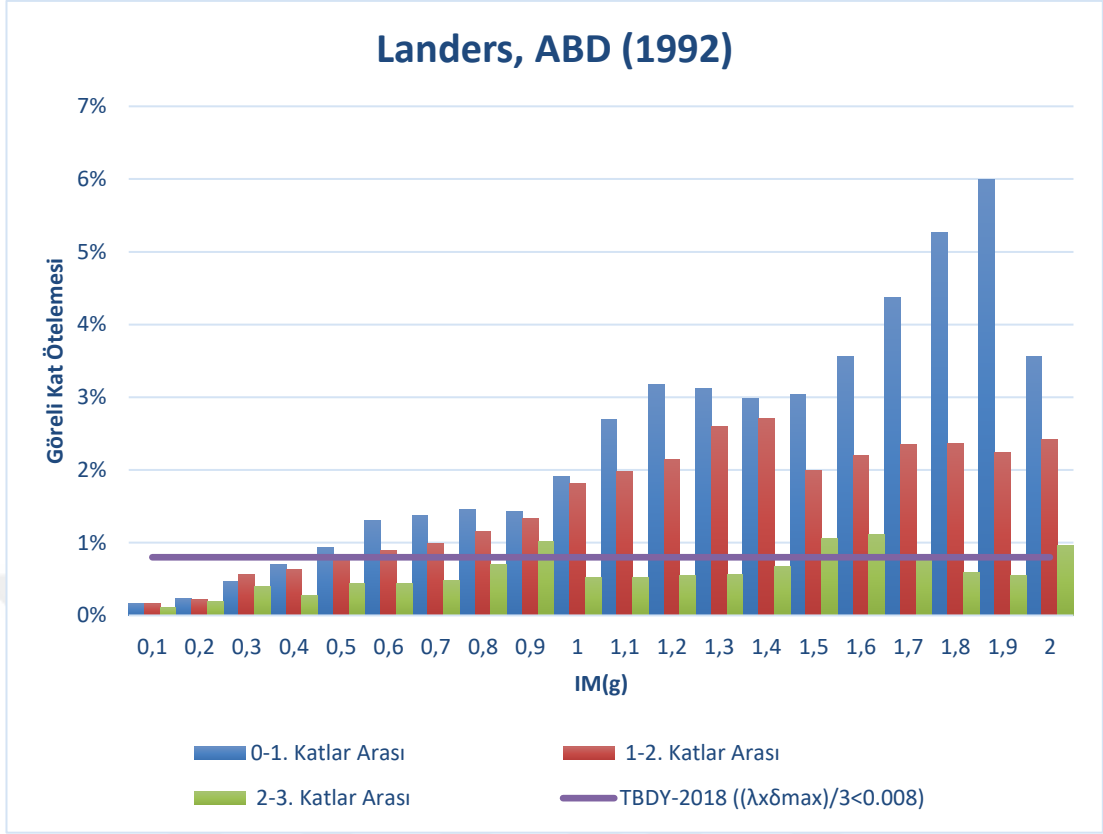
Ek 12: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



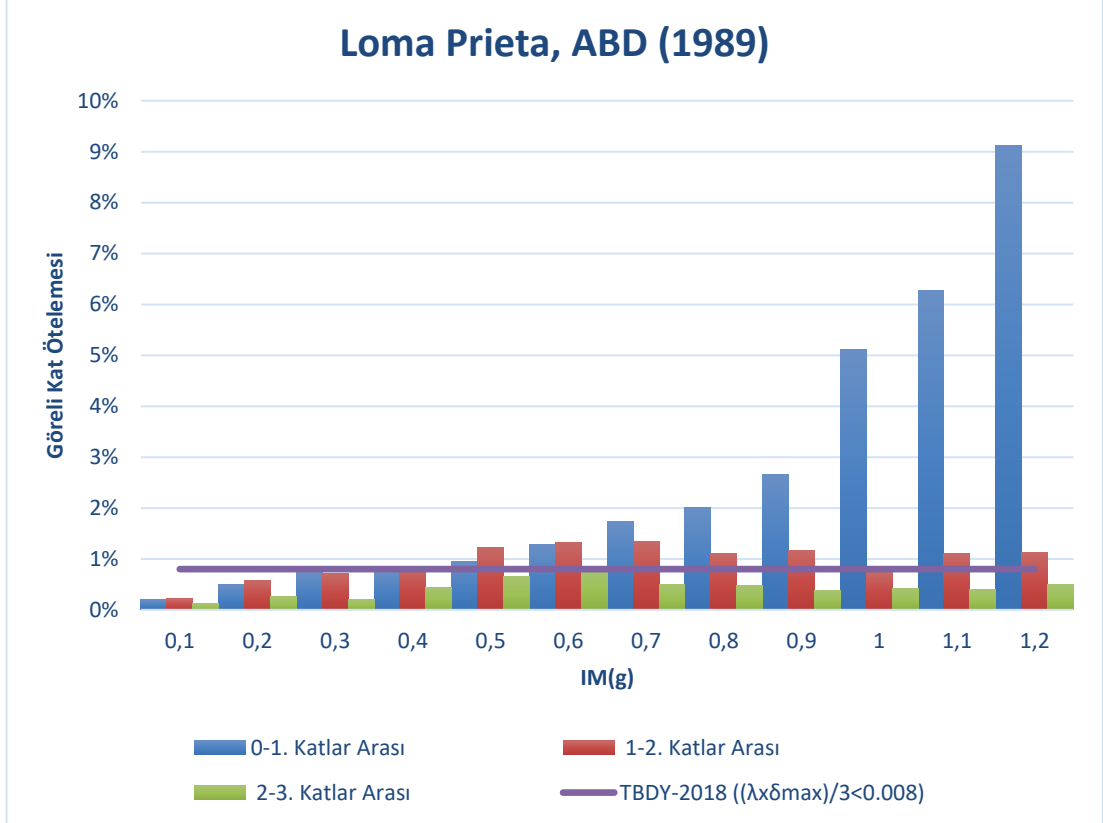
Ek 13: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



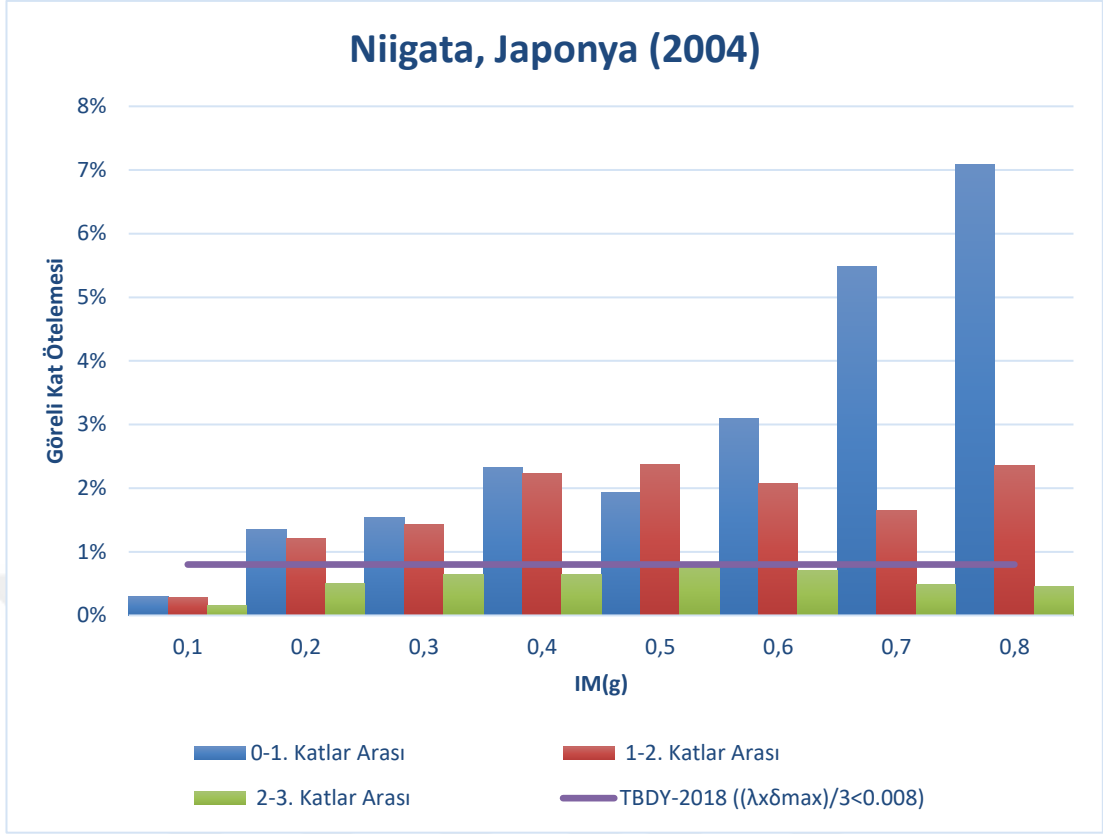
Ek 14: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



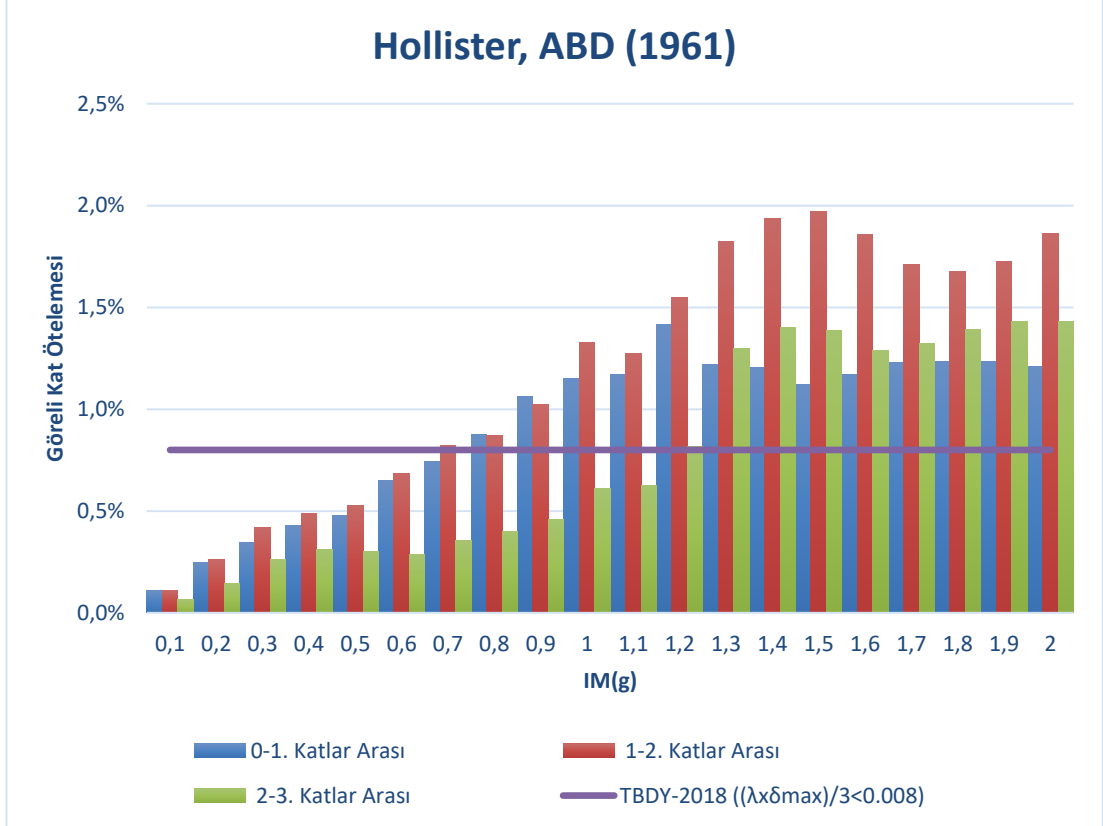
Ek 15: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



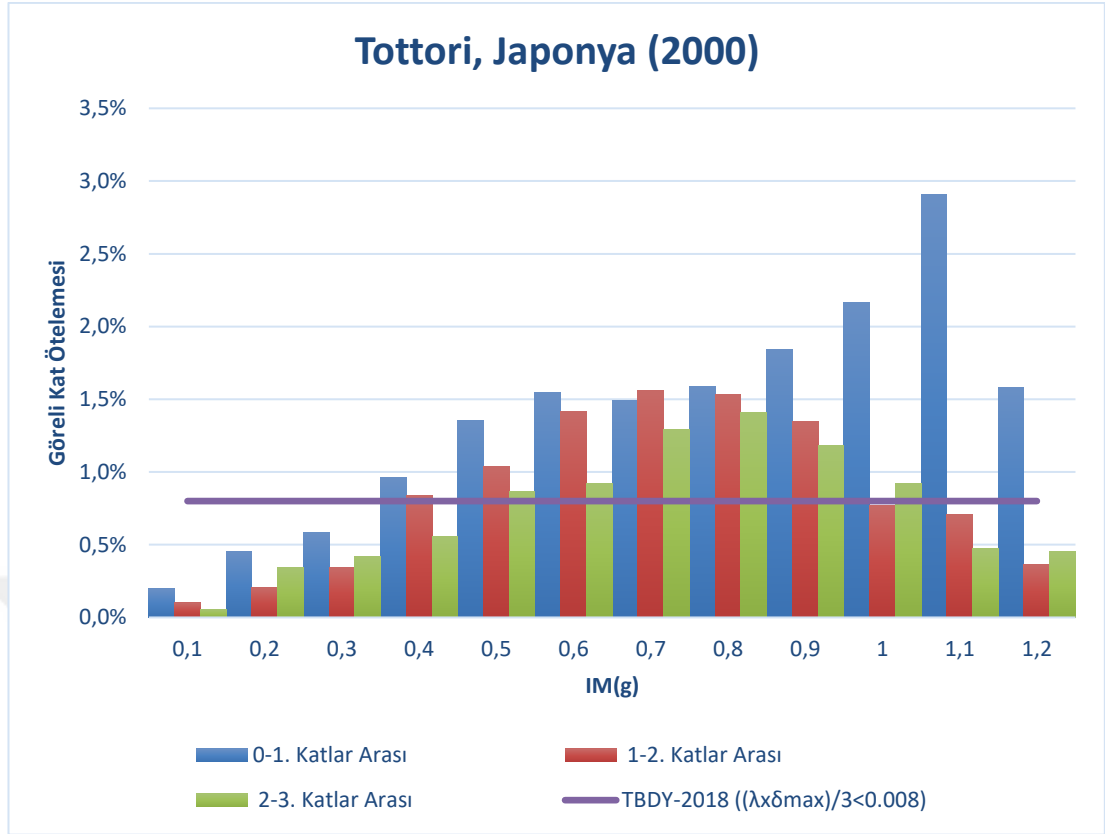
Ek 16: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



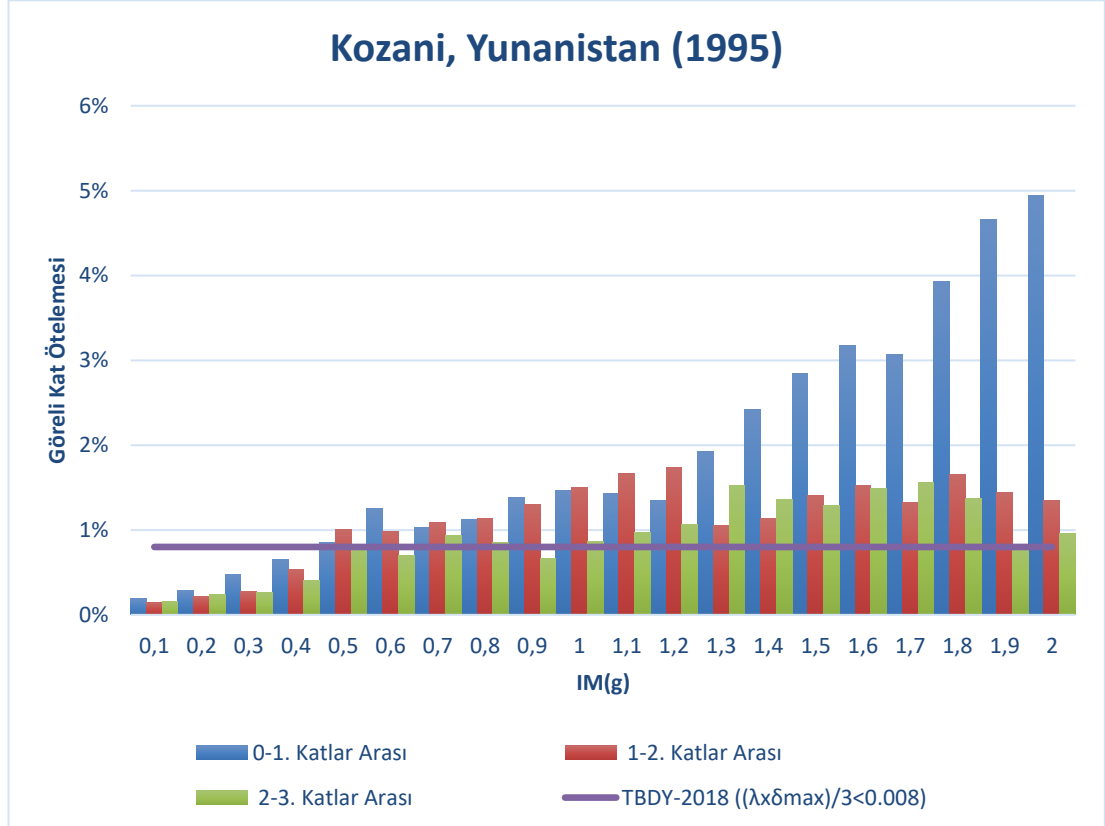
Ek 17: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



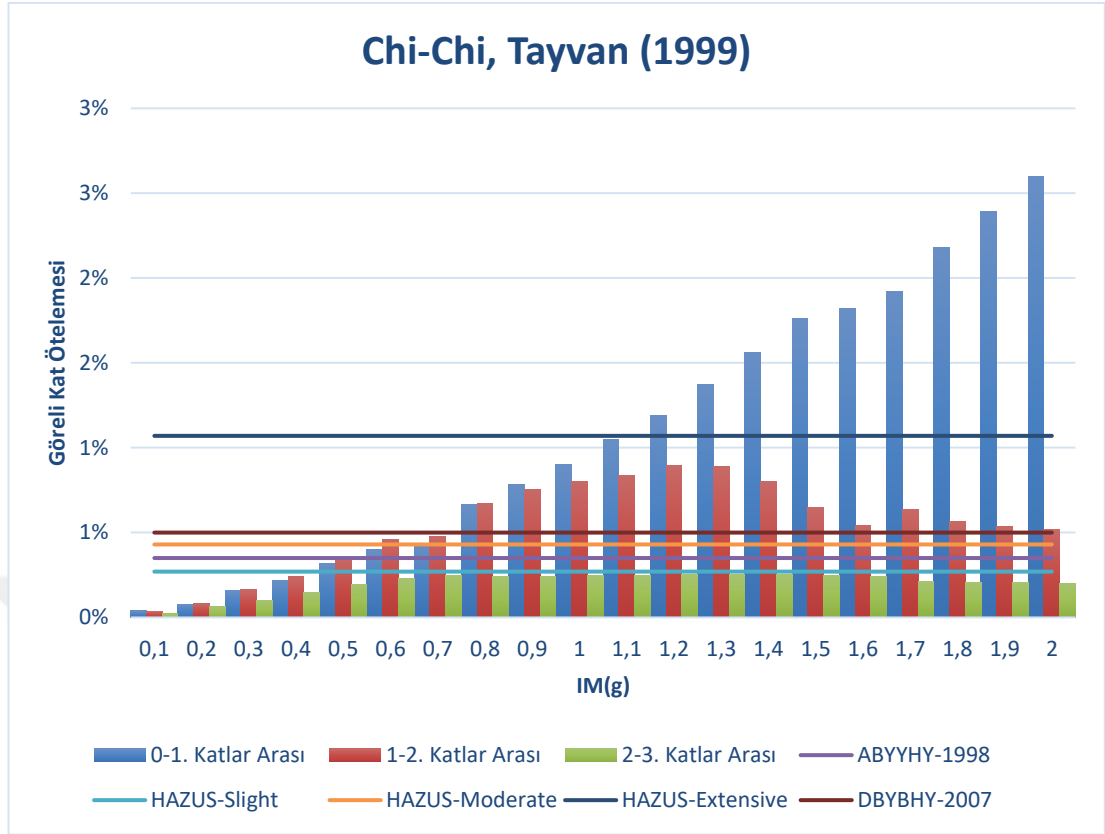
Ek 18: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



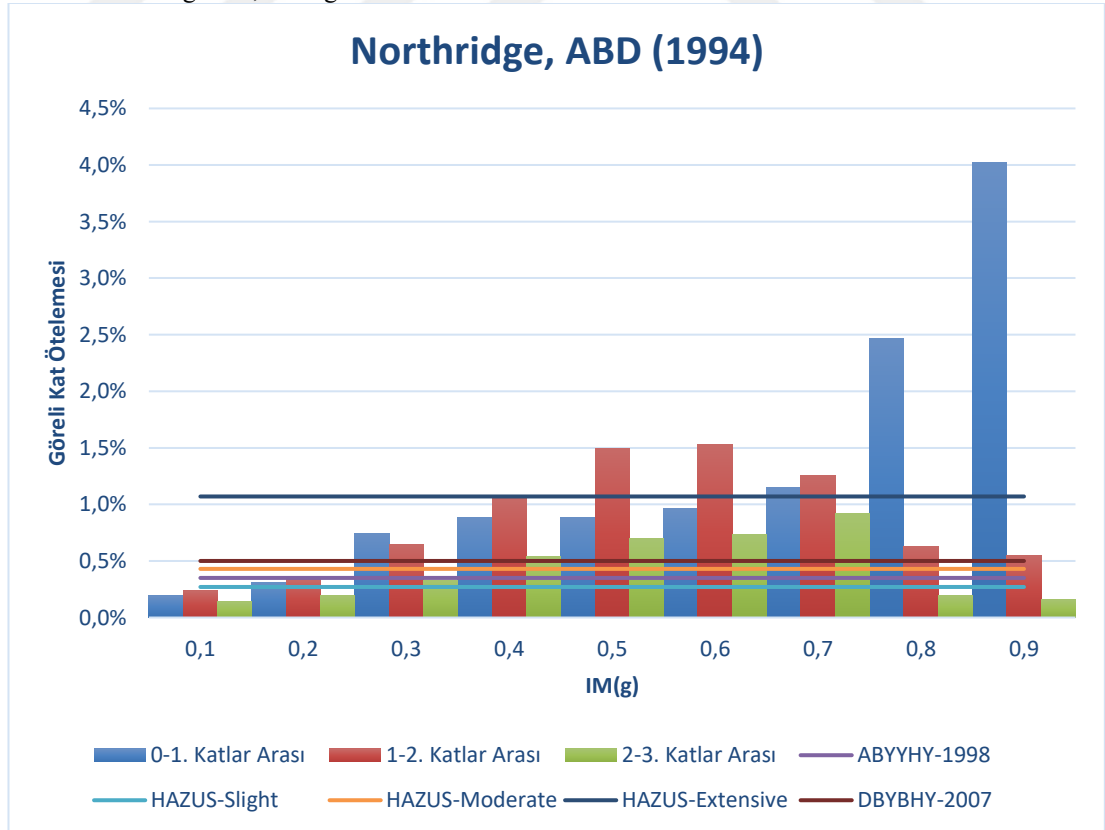
Ek 19: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



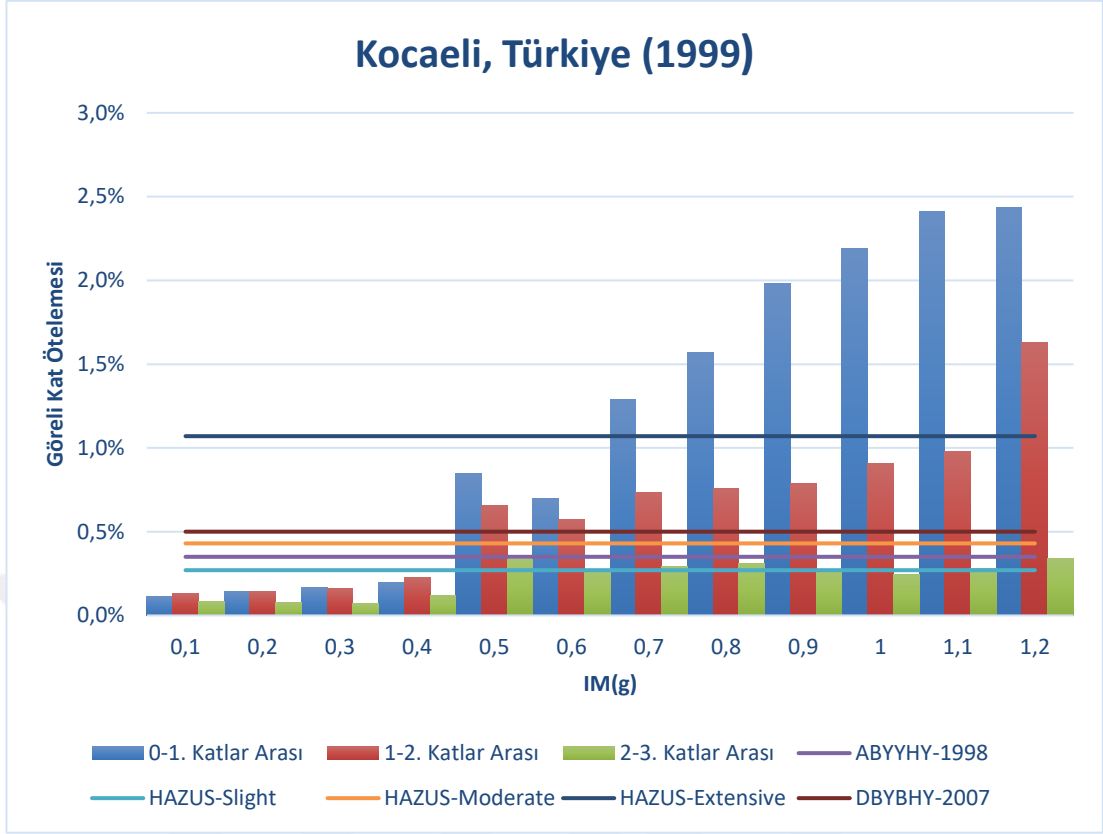
Ek 20: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



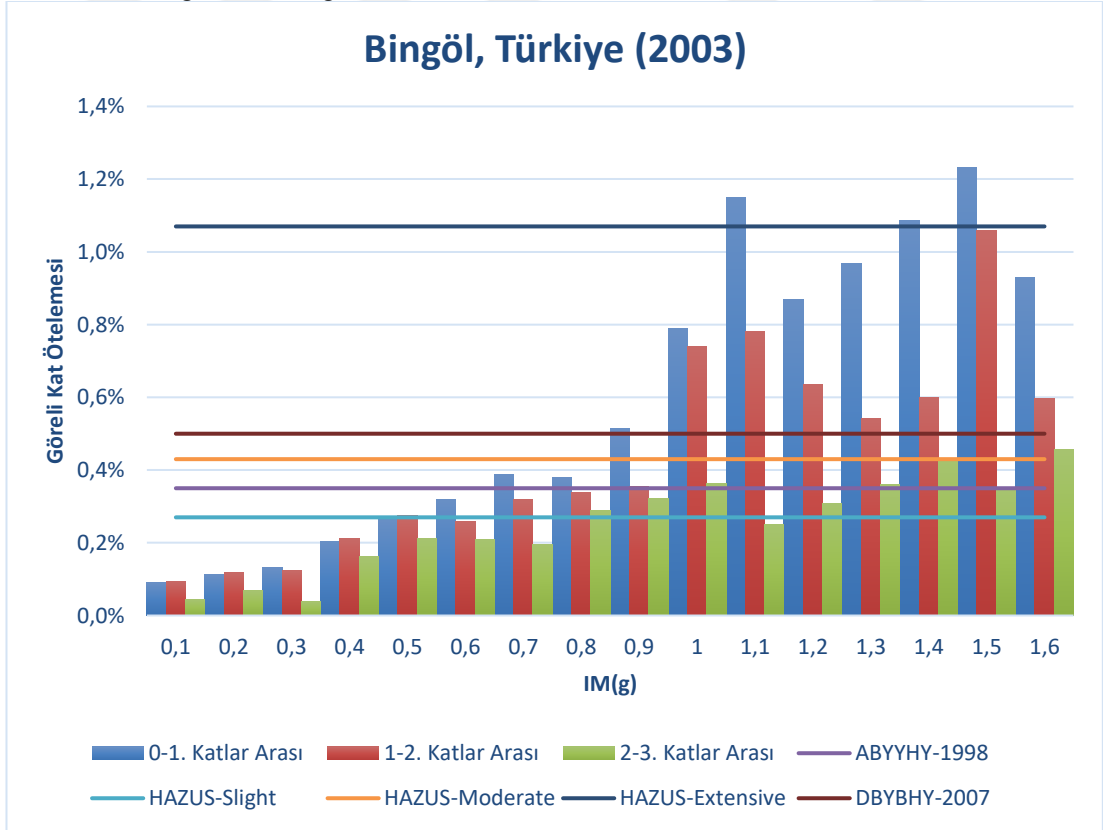
Ek 21: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



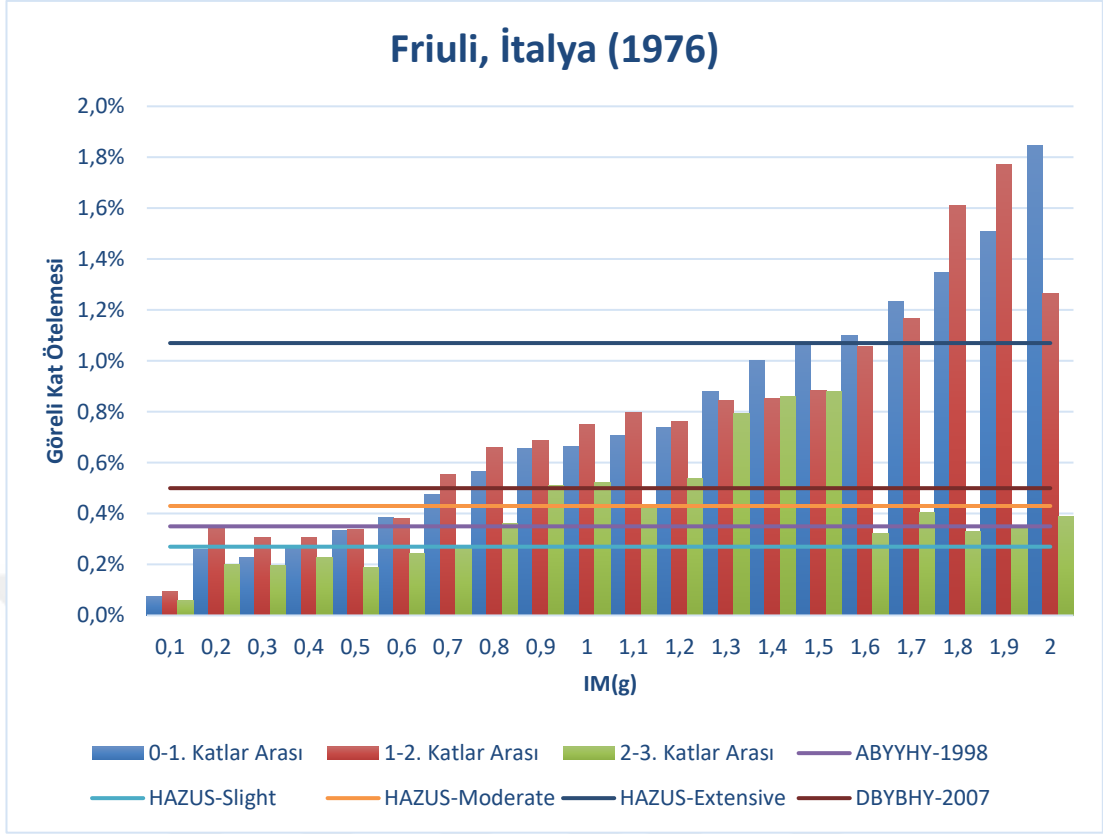
Ek 22: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



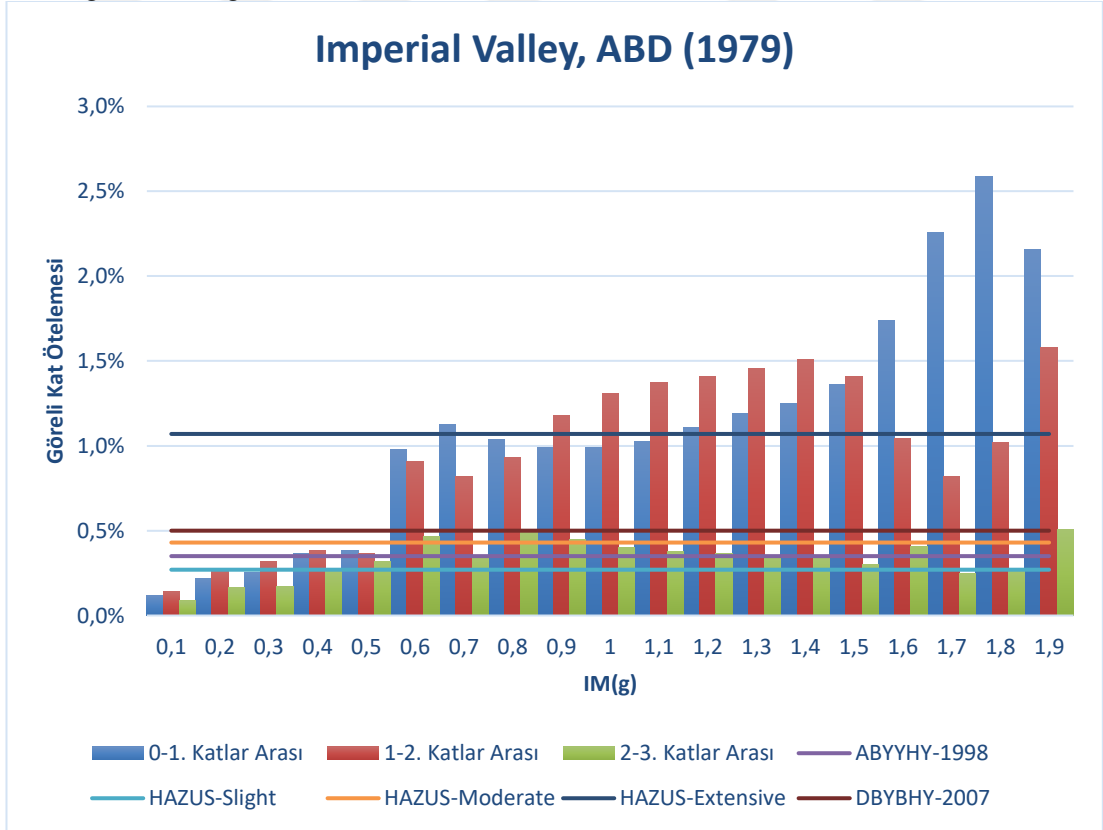
Ek 23: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



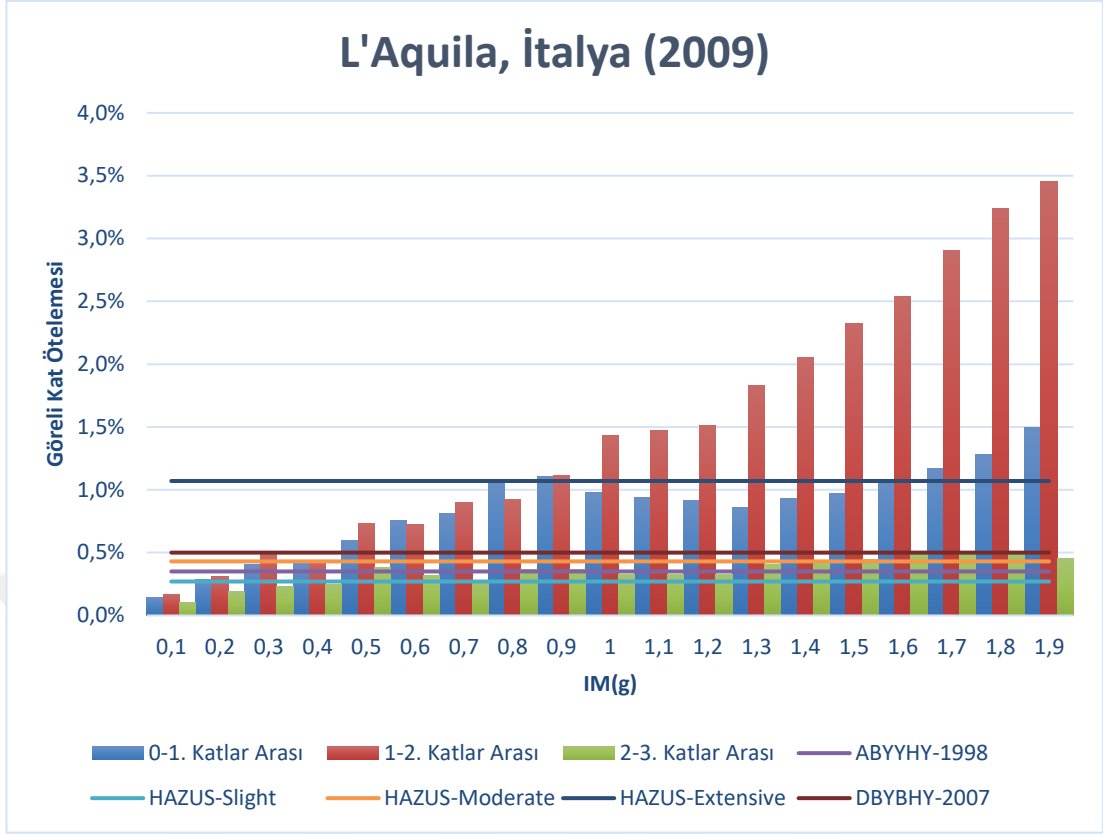
Ek 24: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



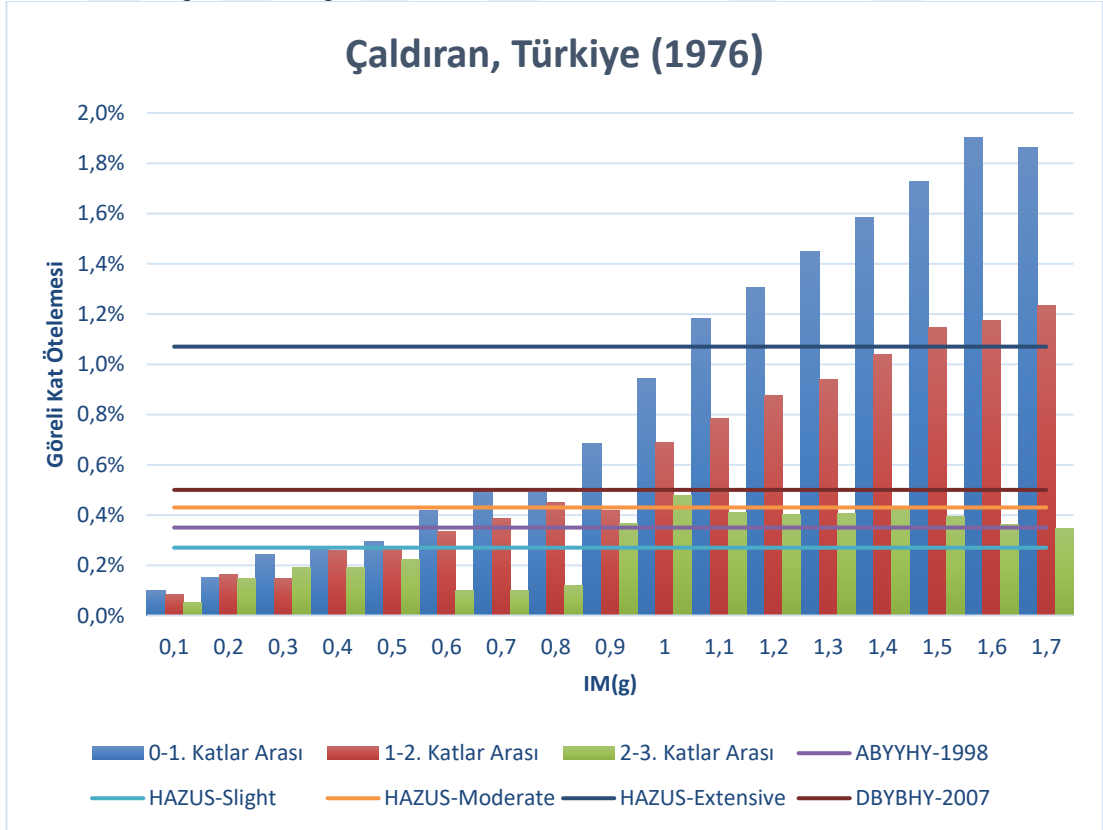
Ek 25: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



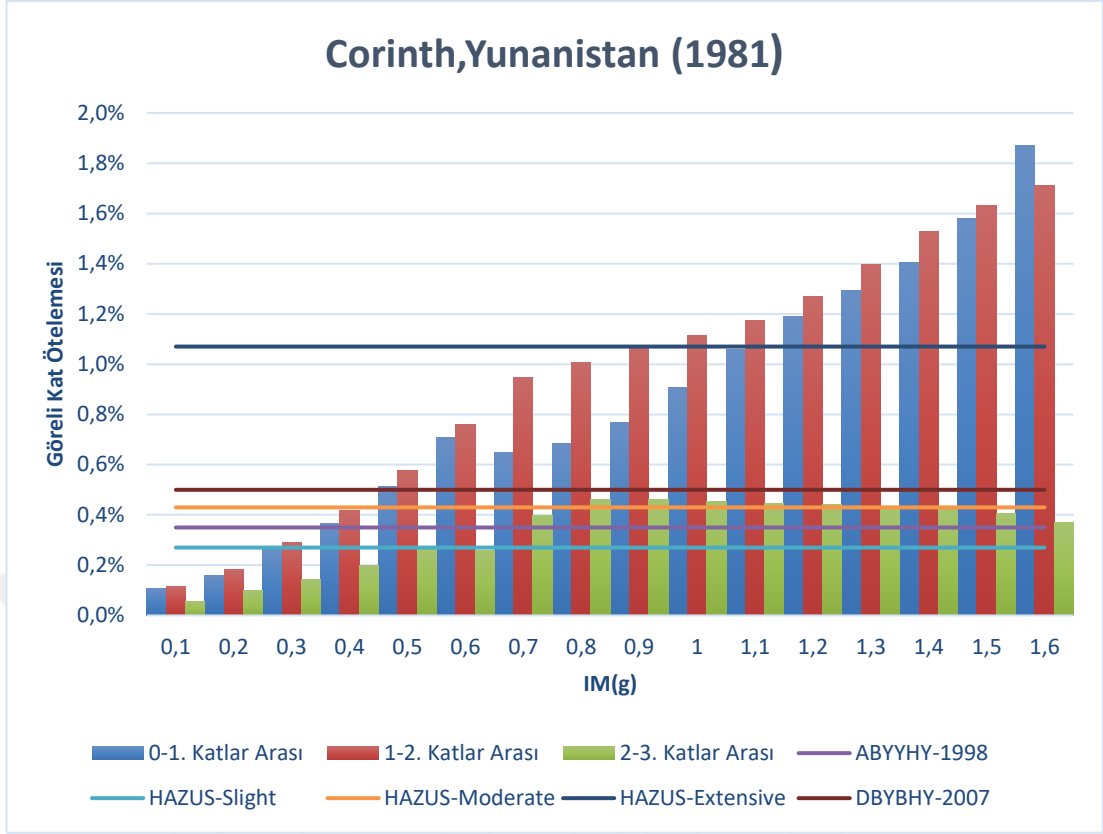
Ek 26: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



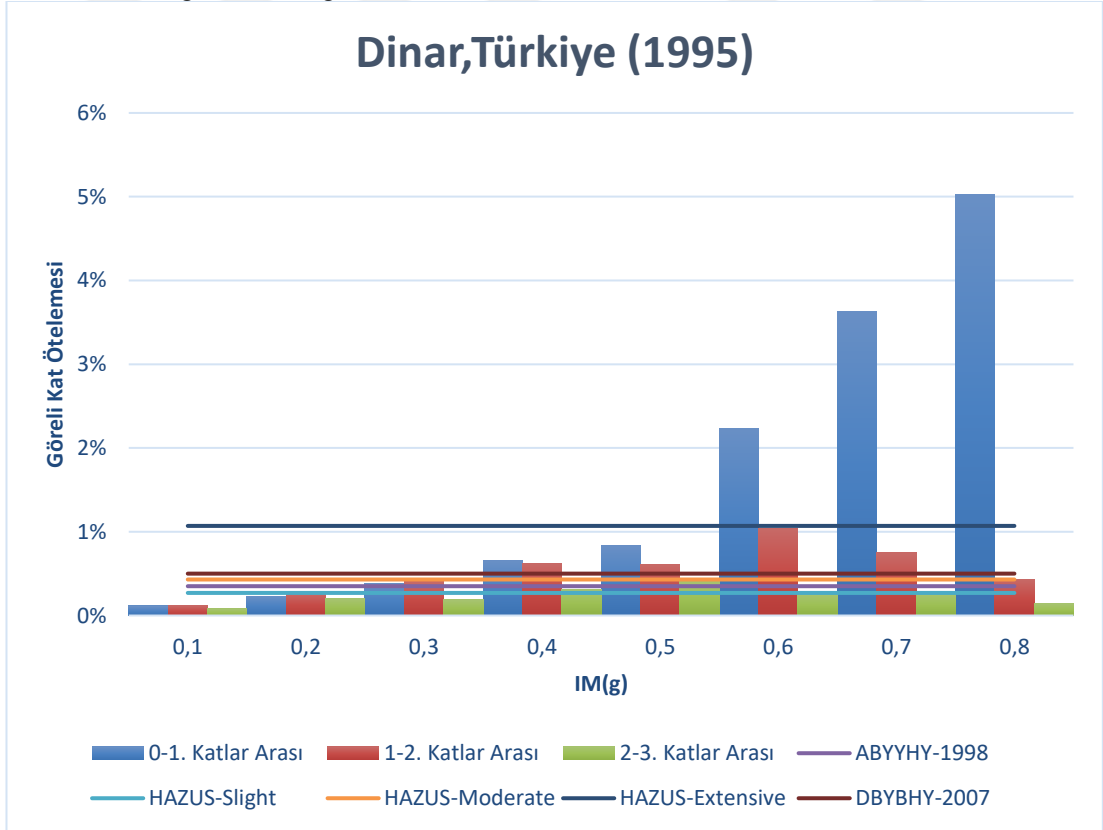
Ek 27: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



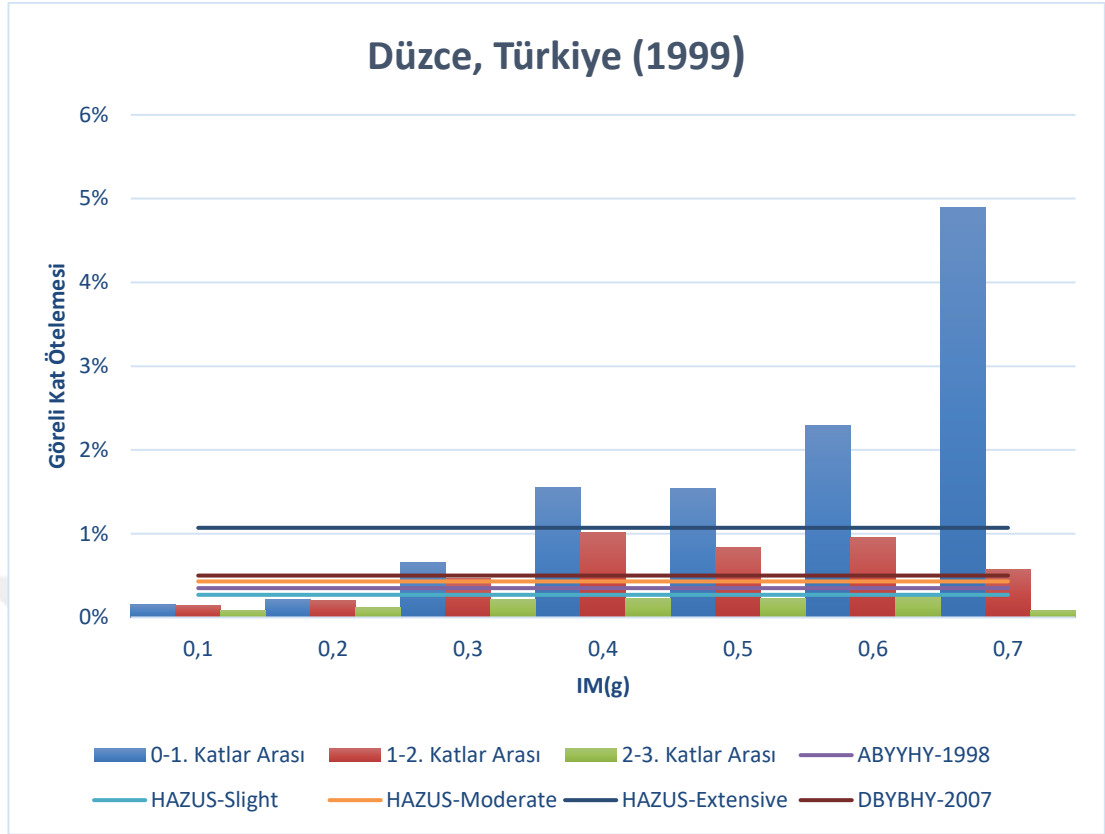
Ek 28: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



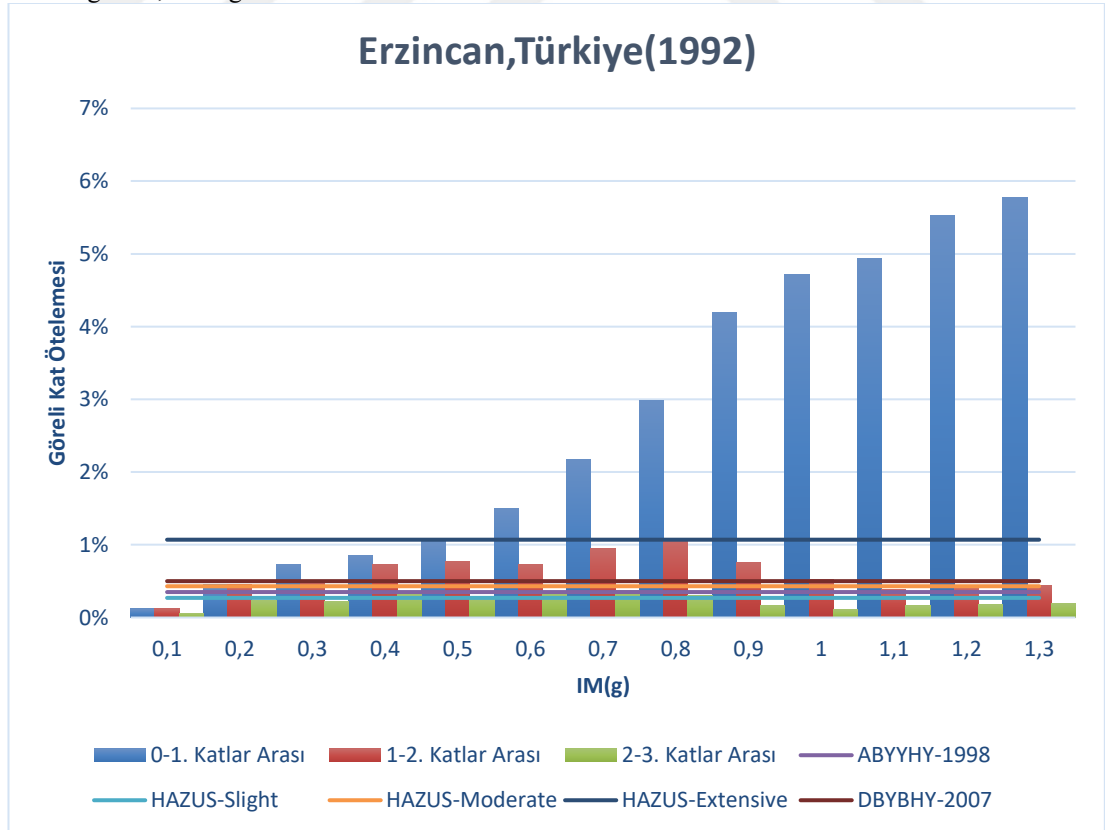
Ek 29: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



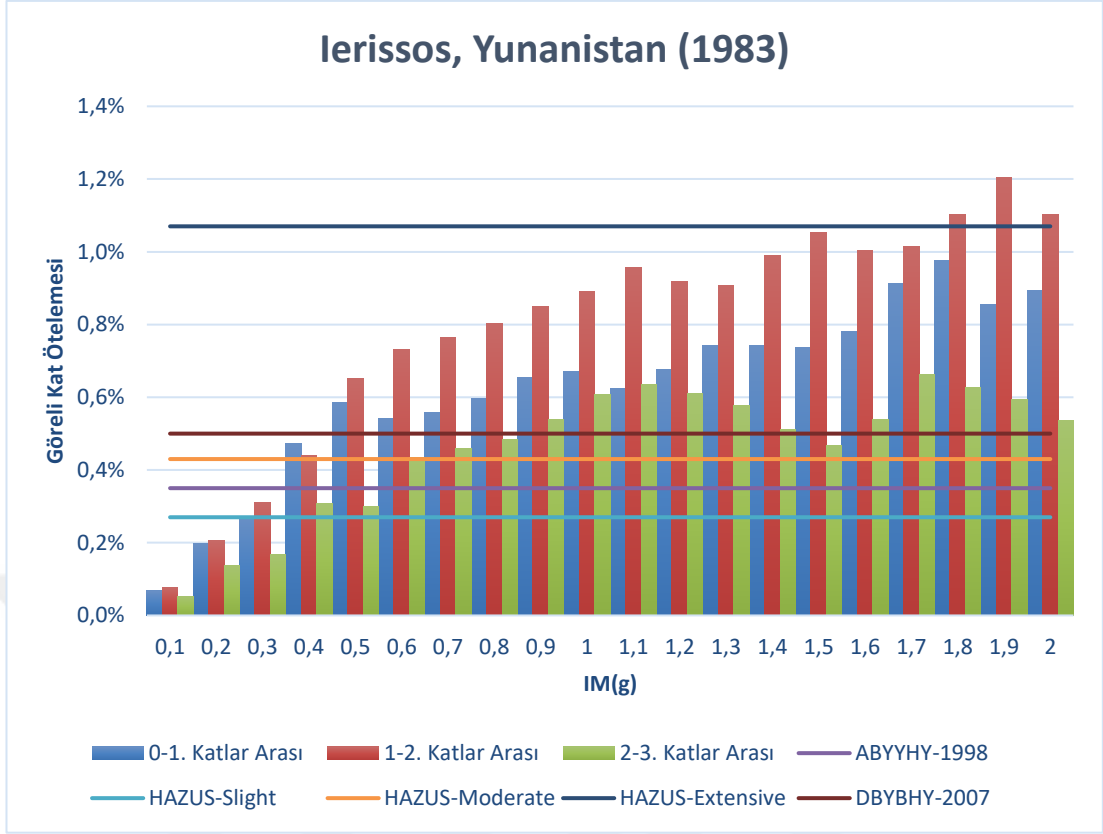
Ek 30: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



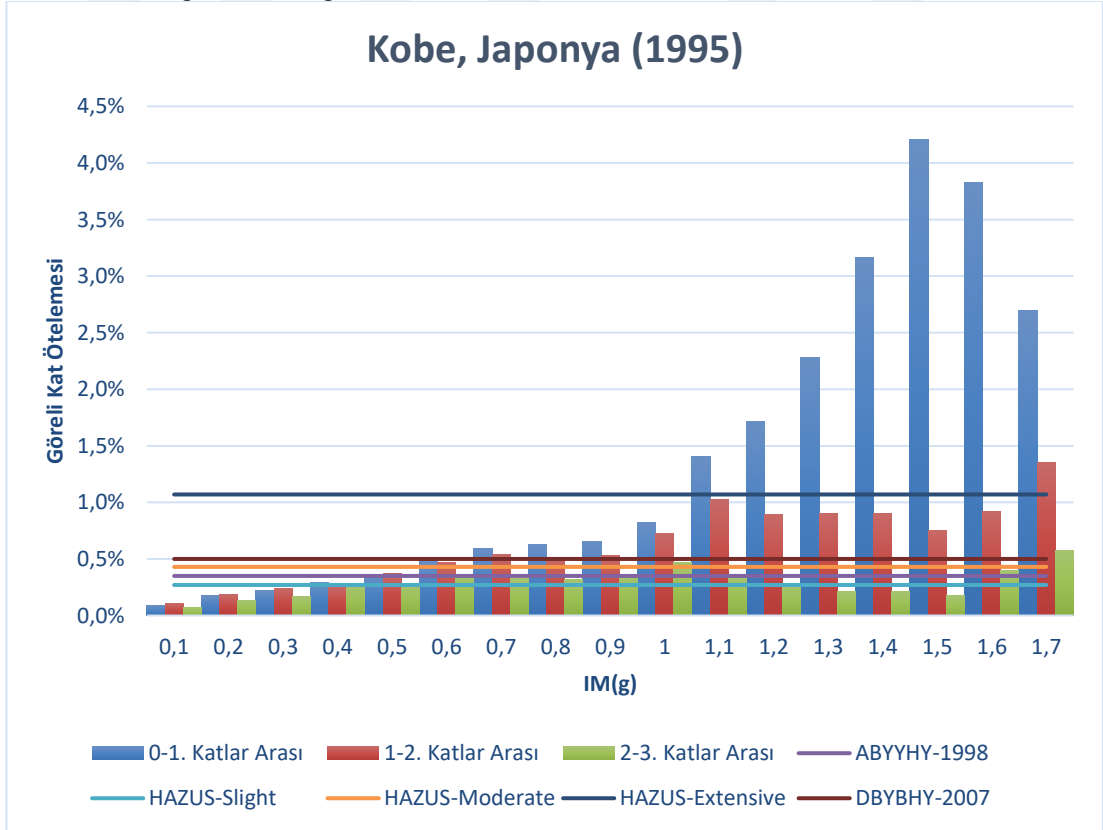
Ek 31: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



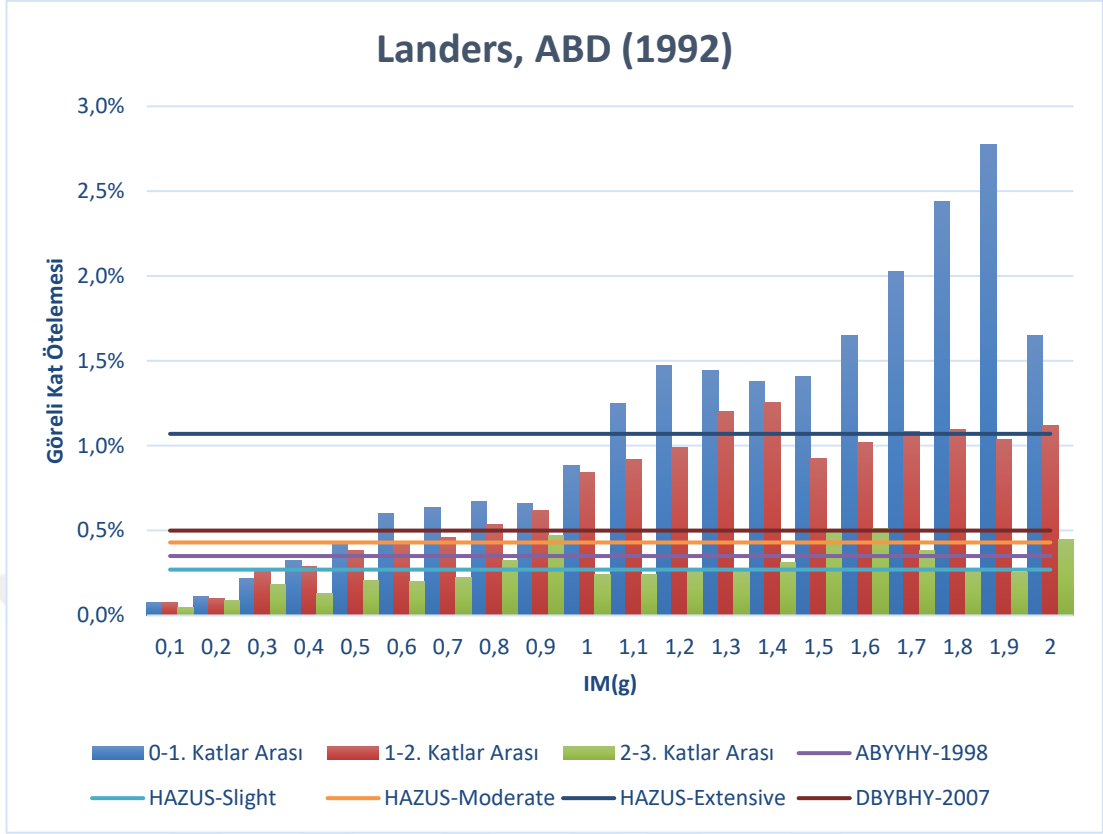
Ek 32: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



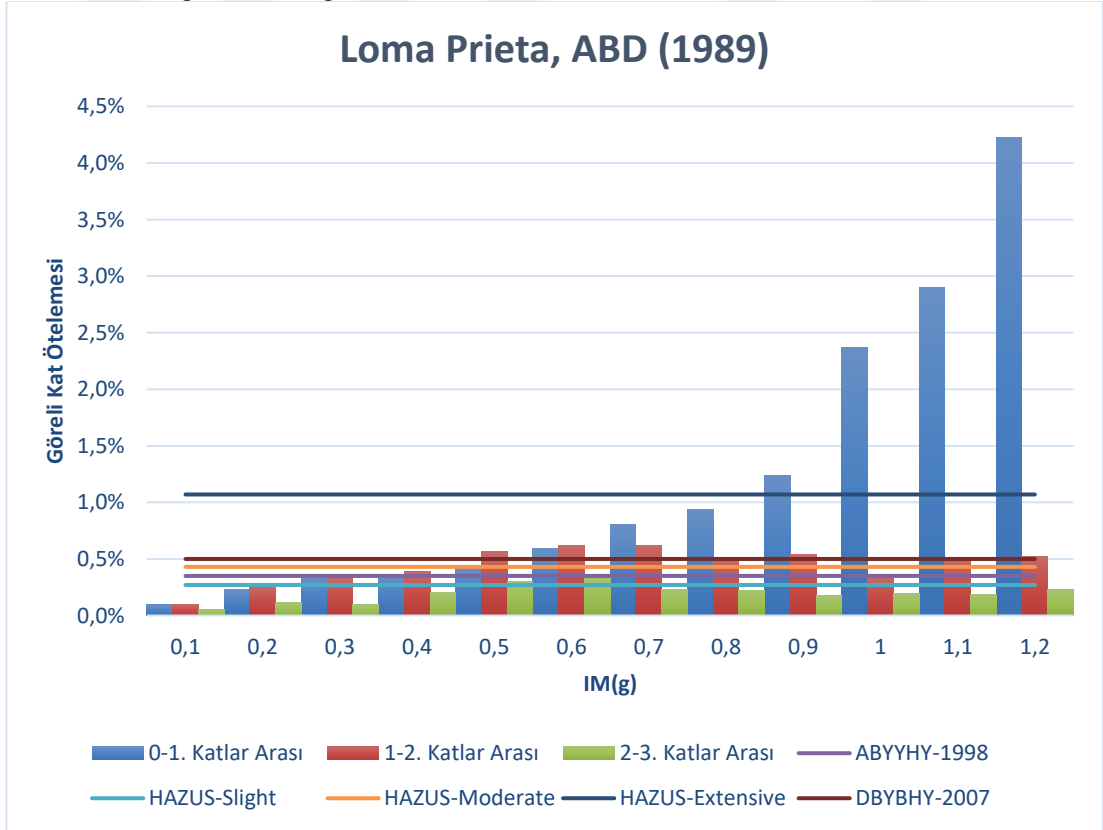
Ek 33: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



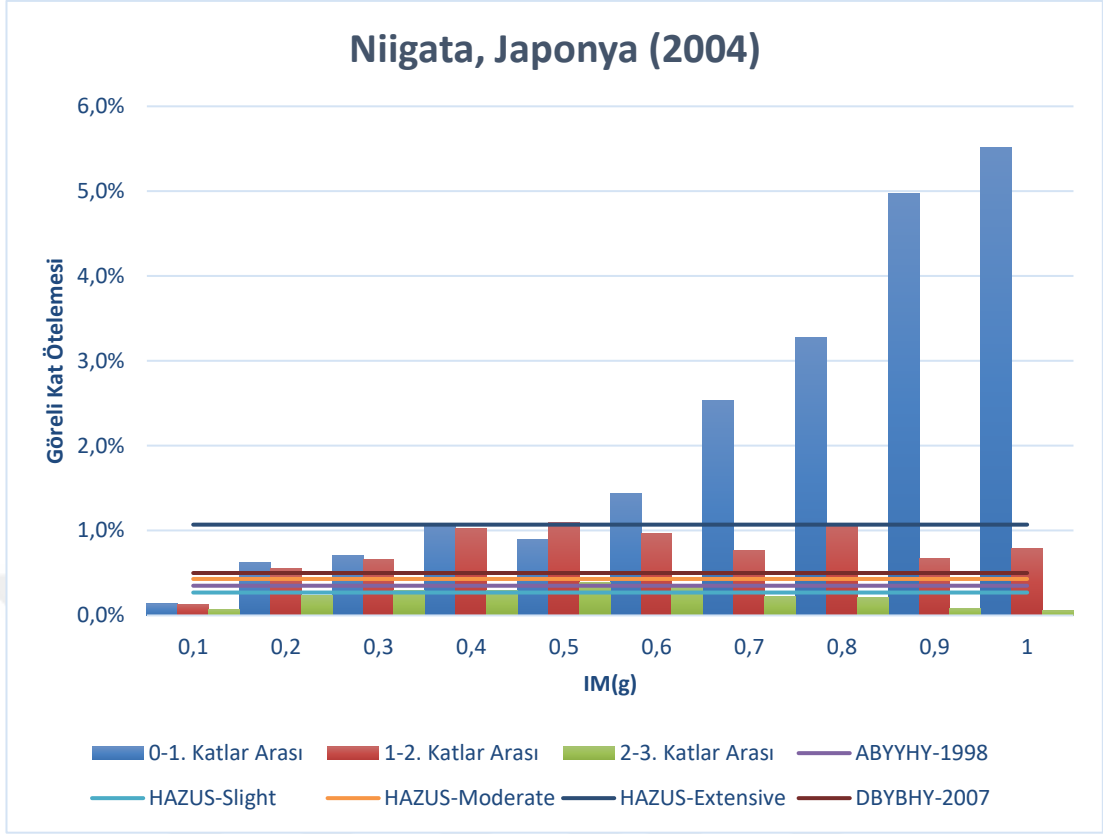
Ek 34: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



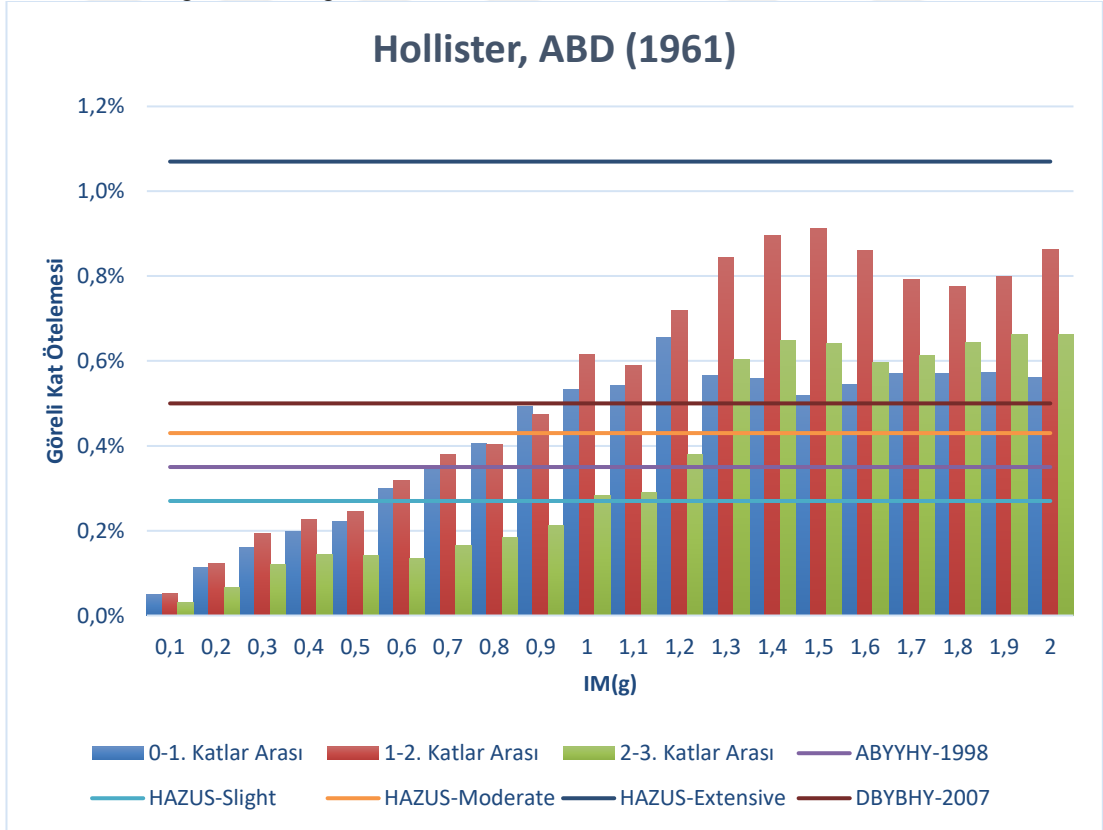
Ek 35: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



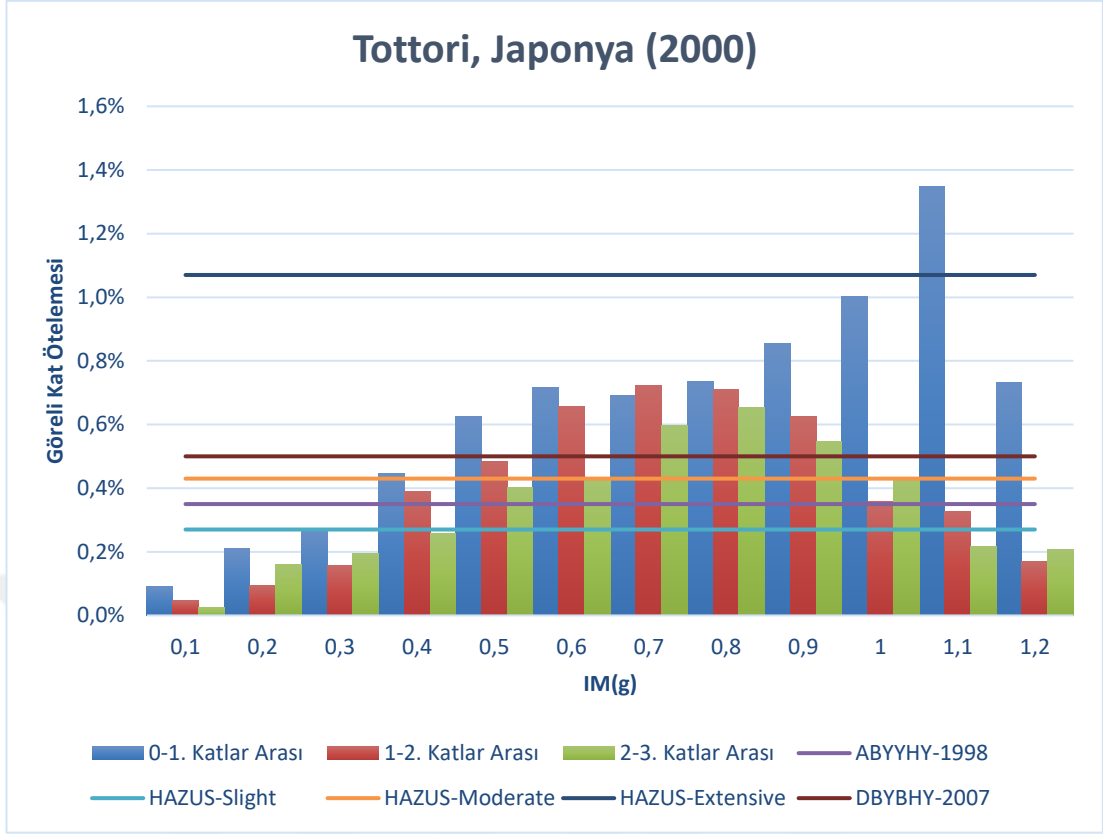
Ek 36: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



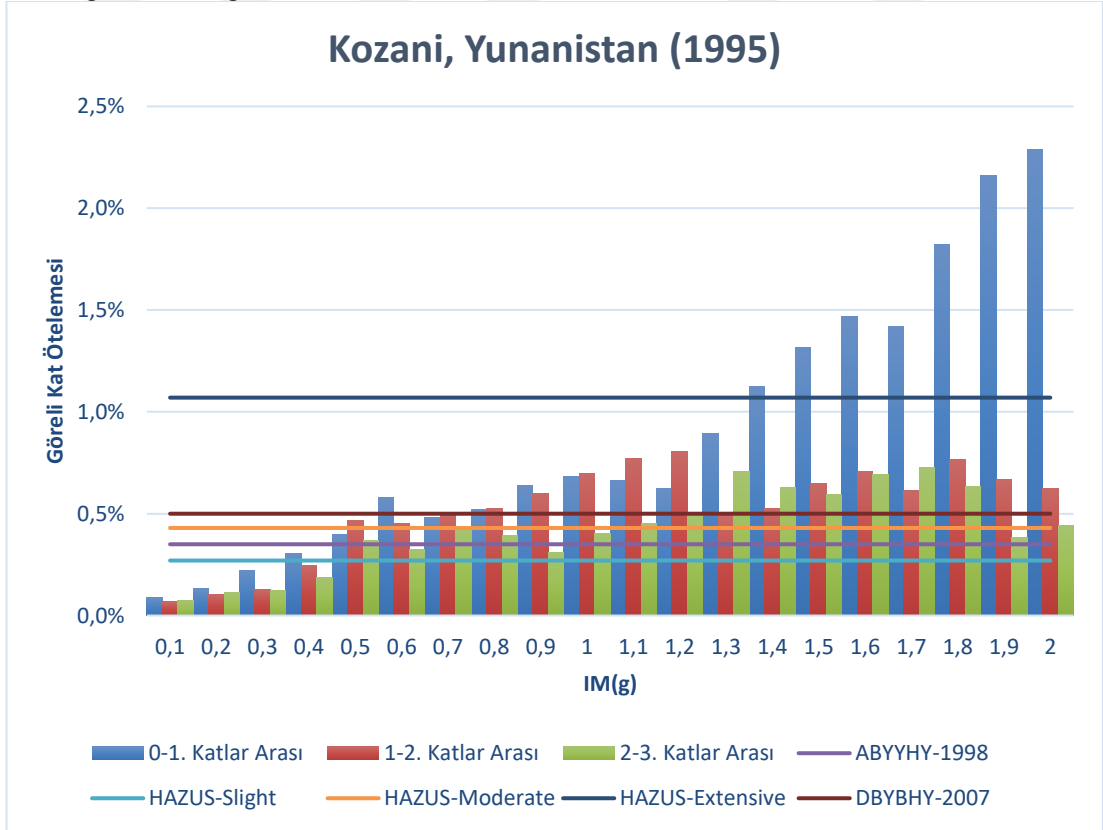
Ek 37: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



Ek 38: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

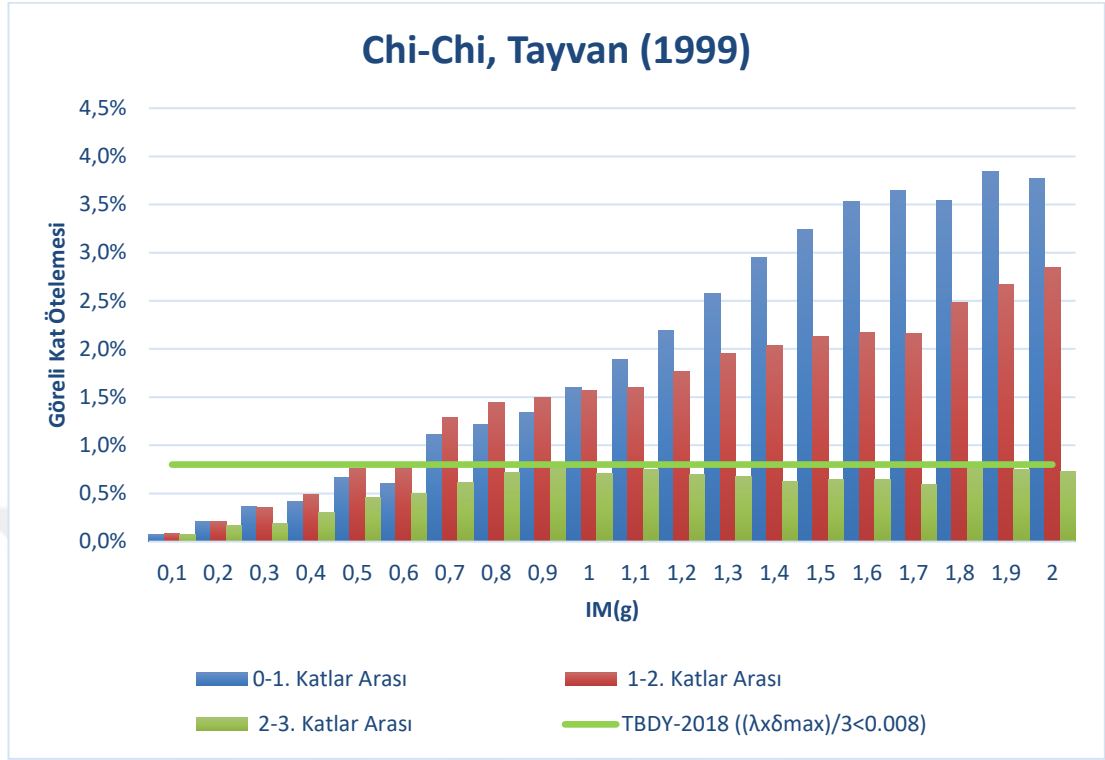


Ek 39: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

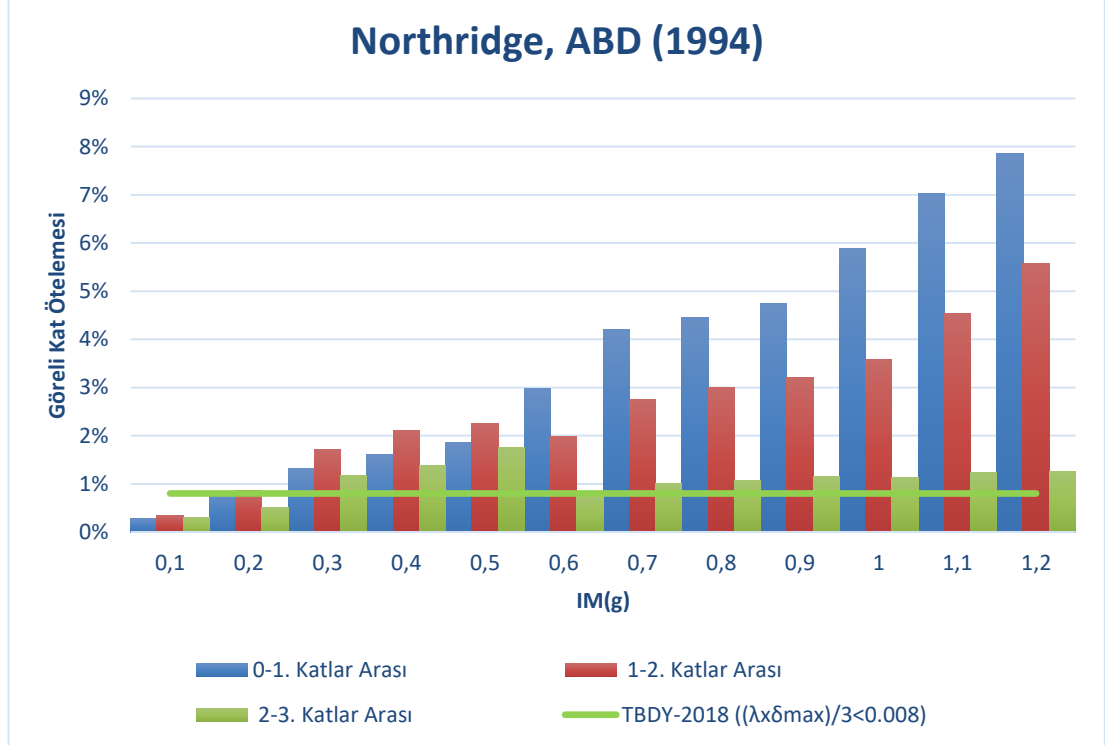


Ek 40: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

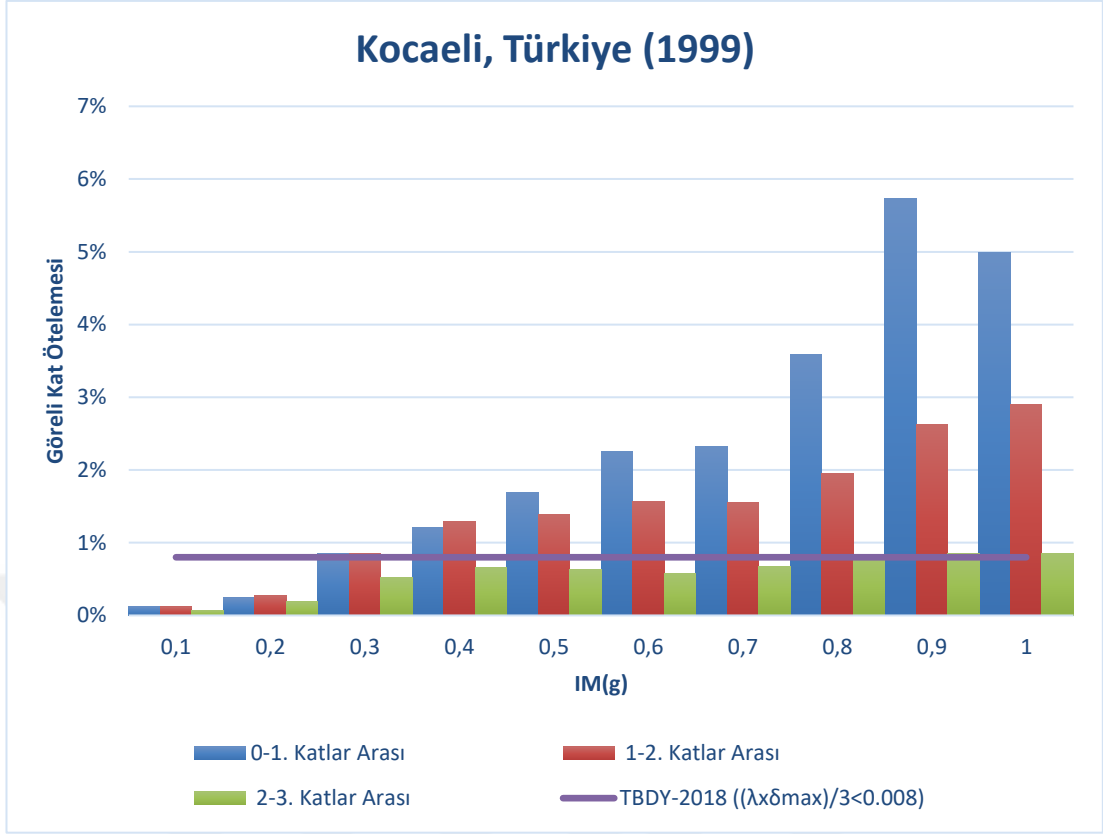
Ek 2: Mevcut Yapı Y Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları



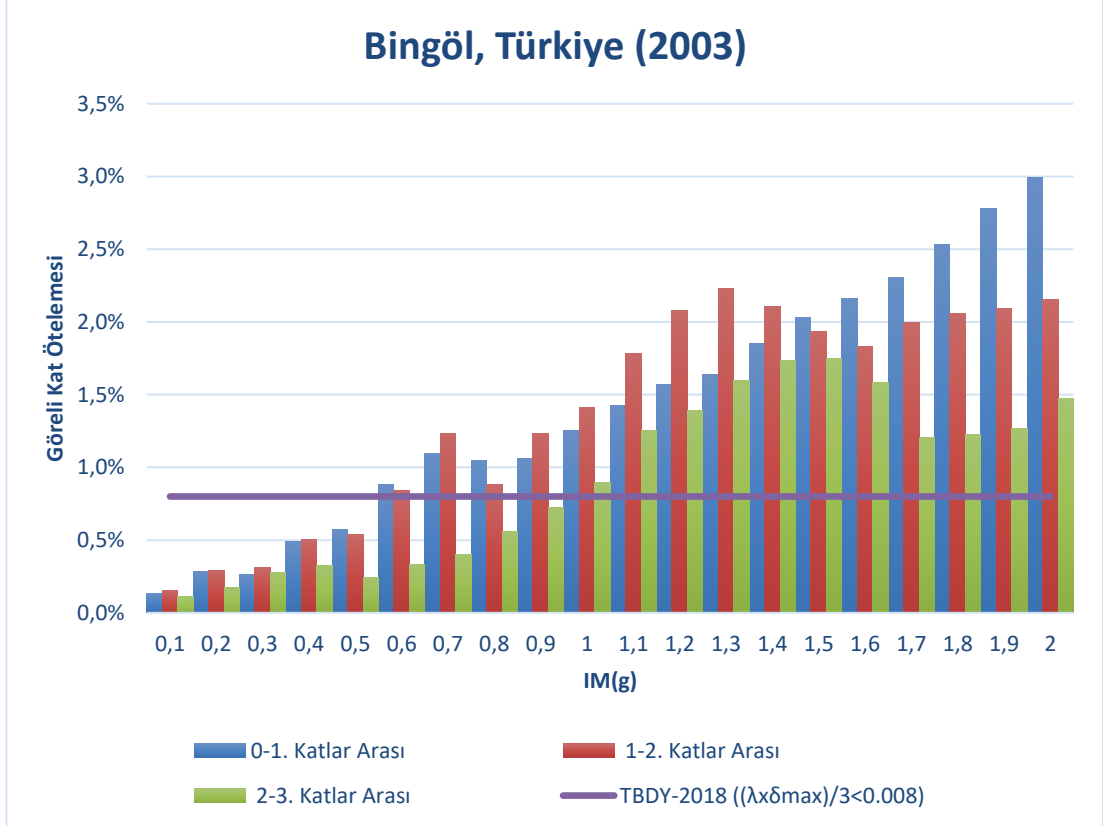
Ek 41: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



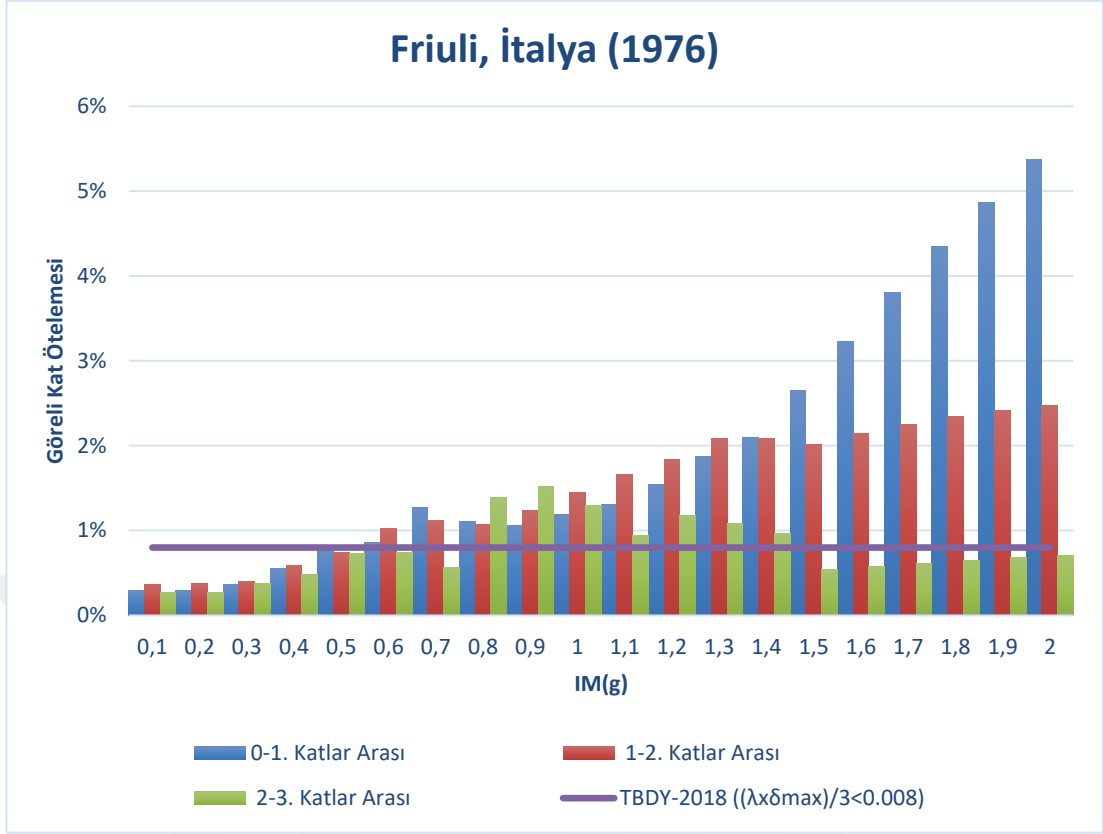
Ek 42: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



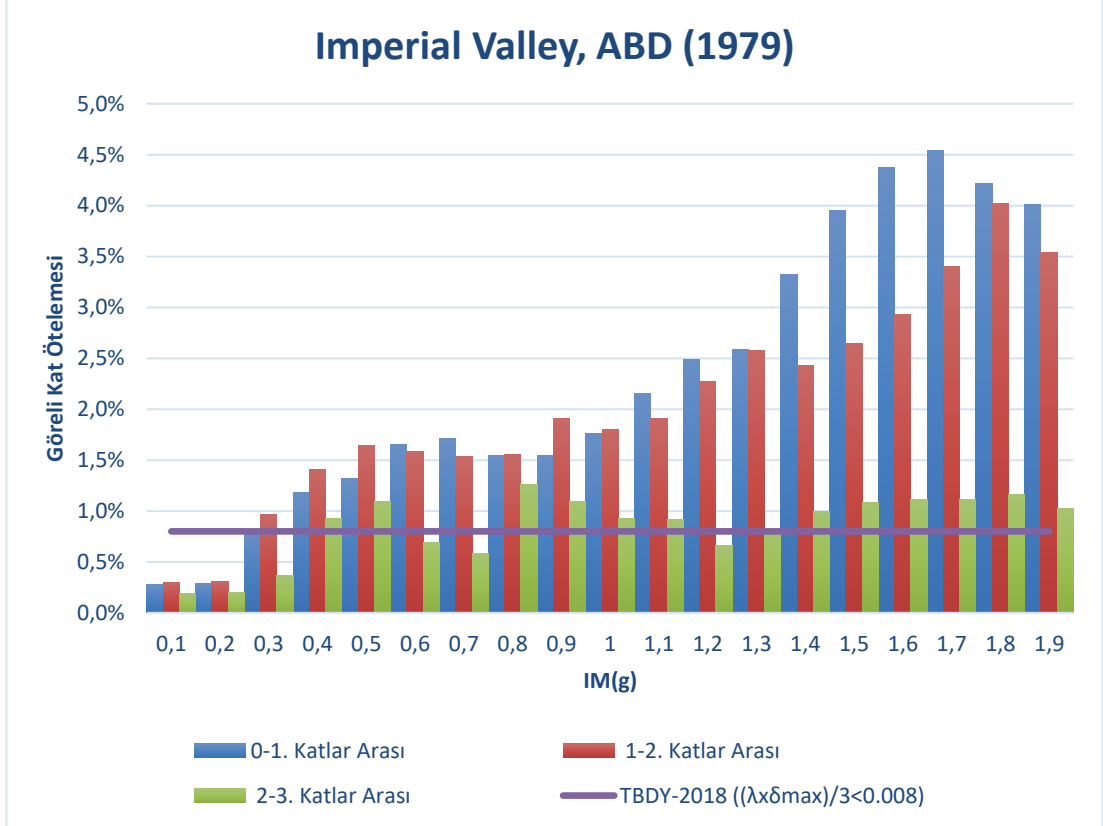
Ek 43: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



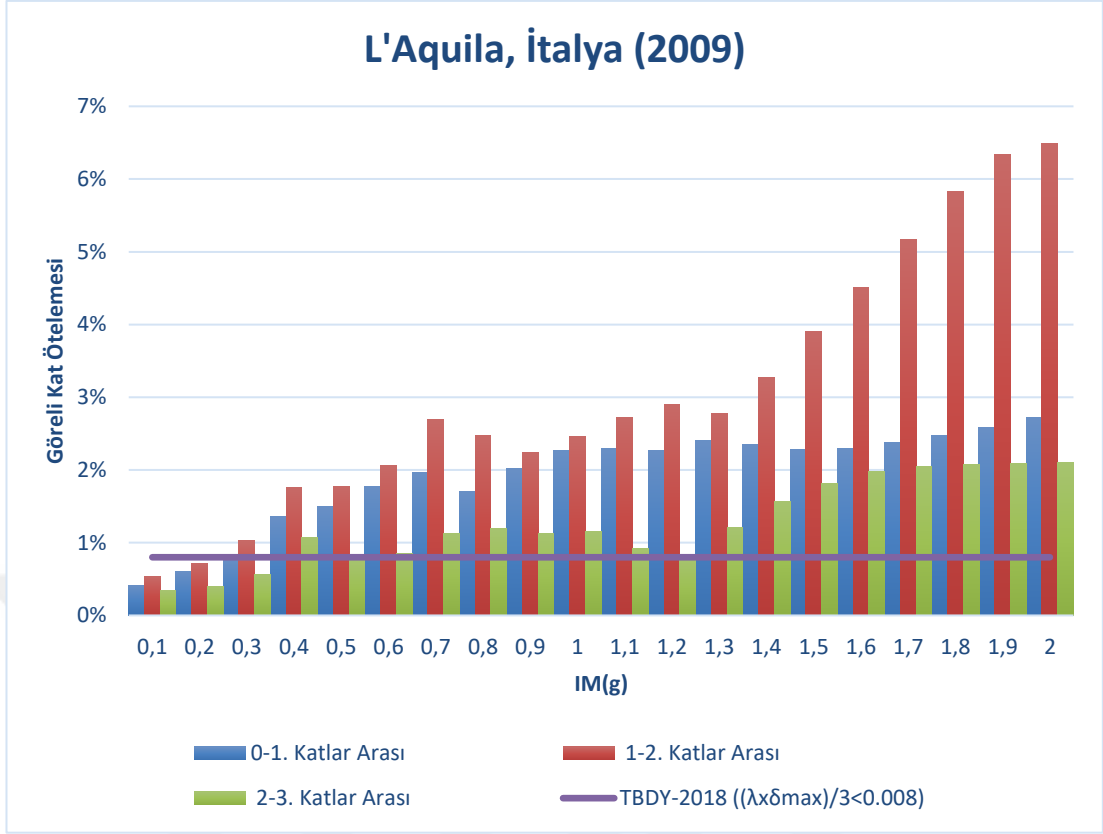
Ek 44: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



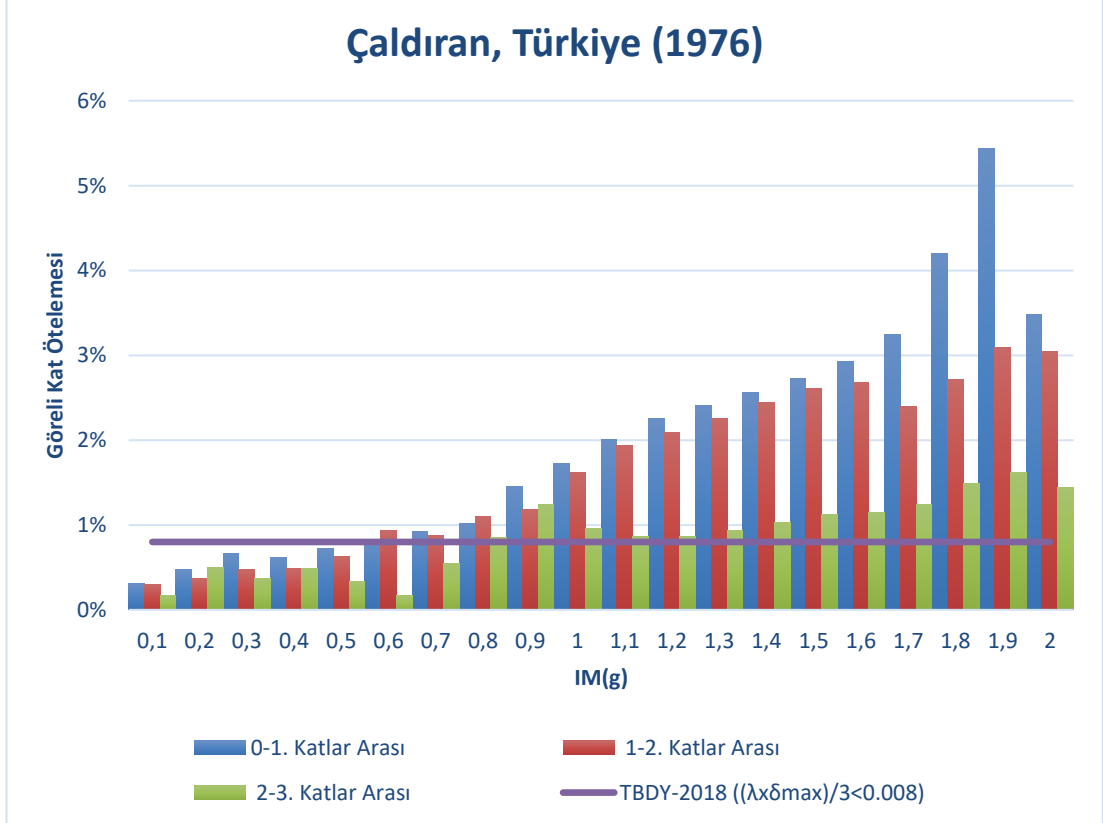
Ek 45: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



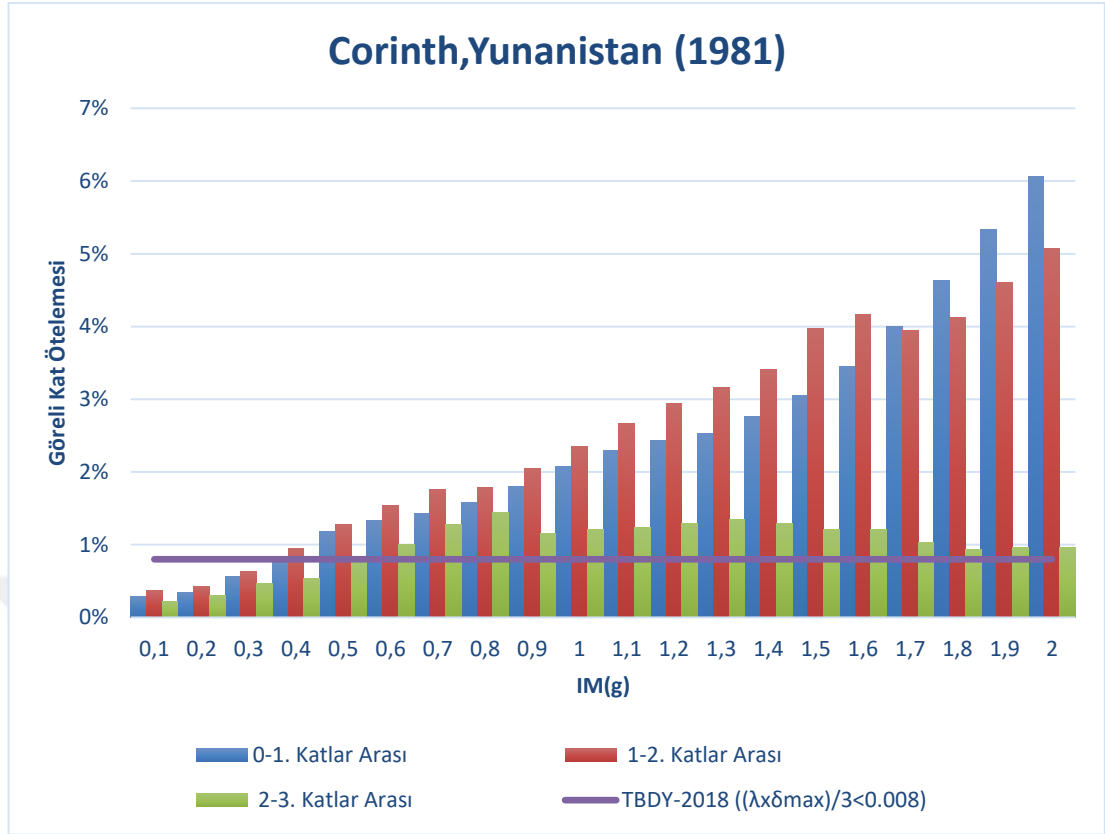
Ek 46: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



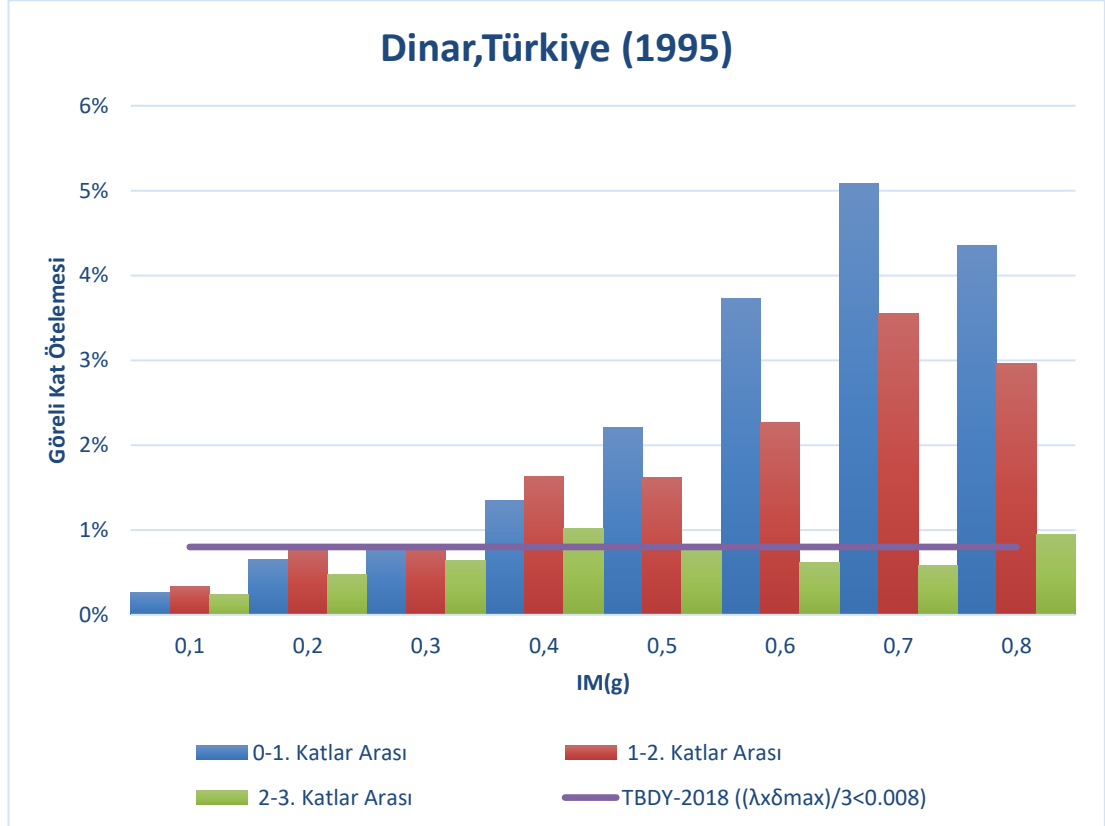
Ek 47: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



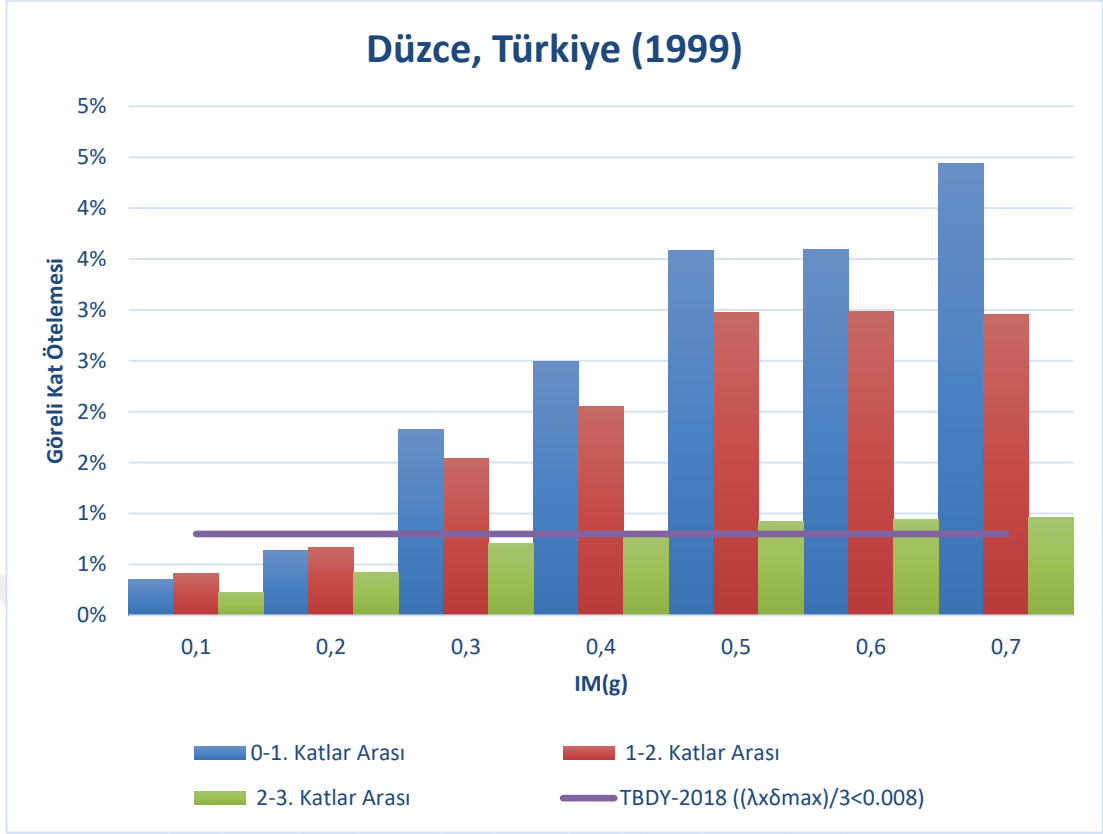
Ek 48: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



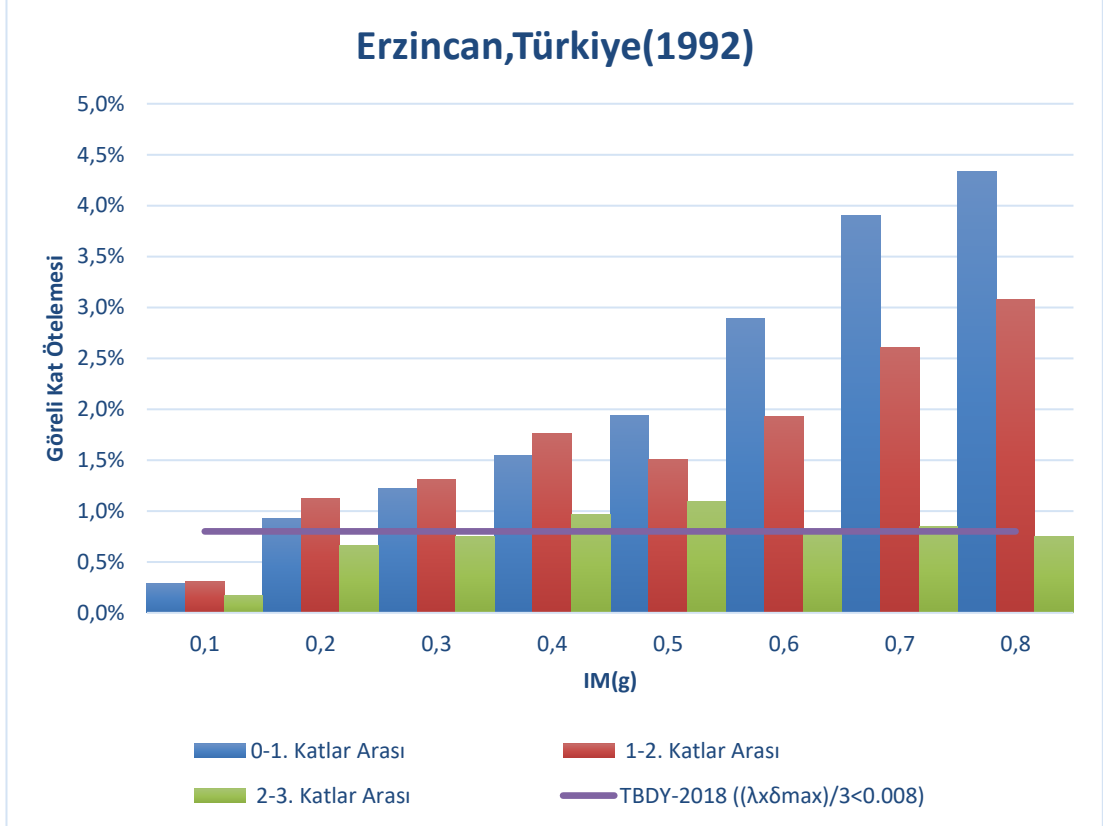
Ek 49: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



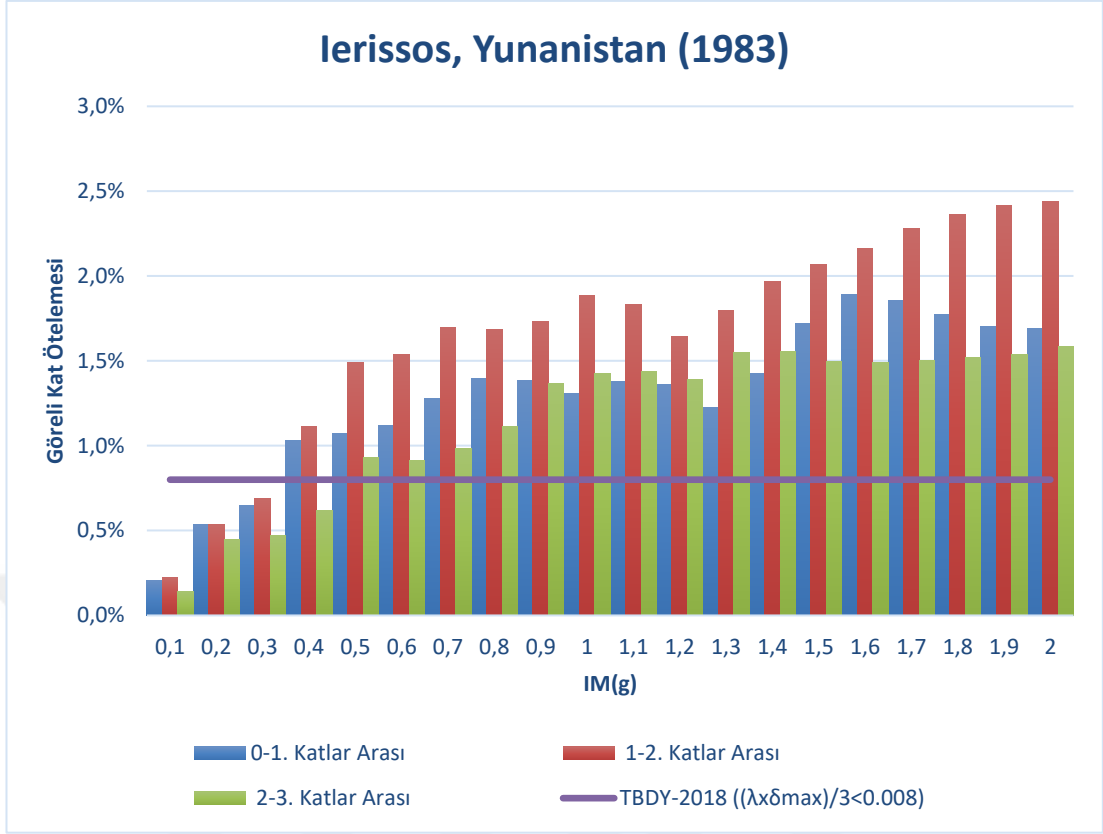
Ek 50: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



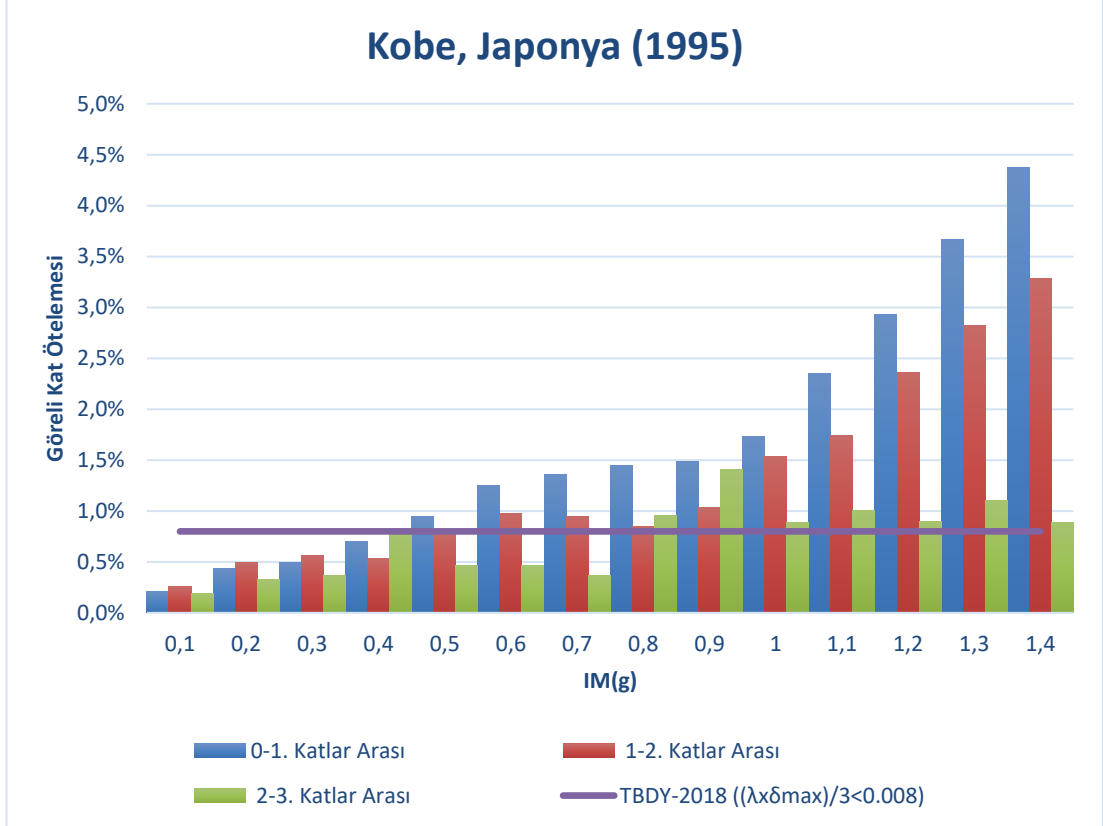
Ek 51: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



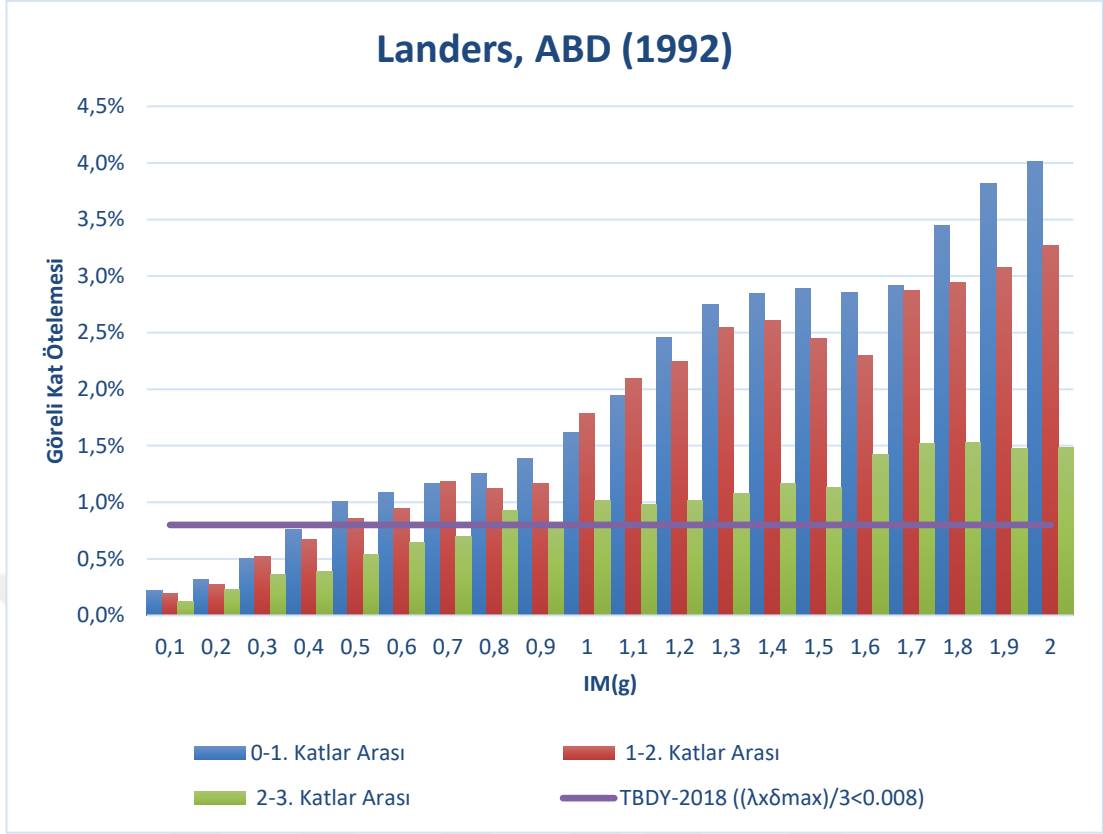
Ek 52: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



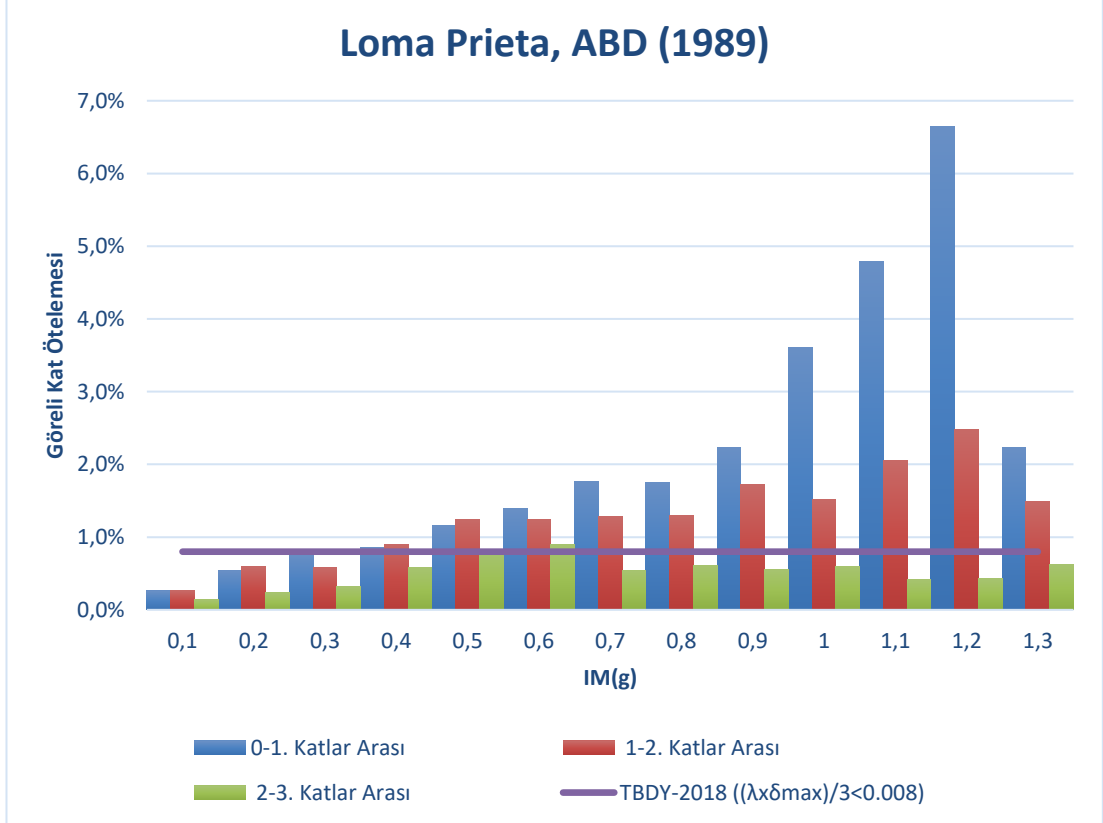
Ek 53: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



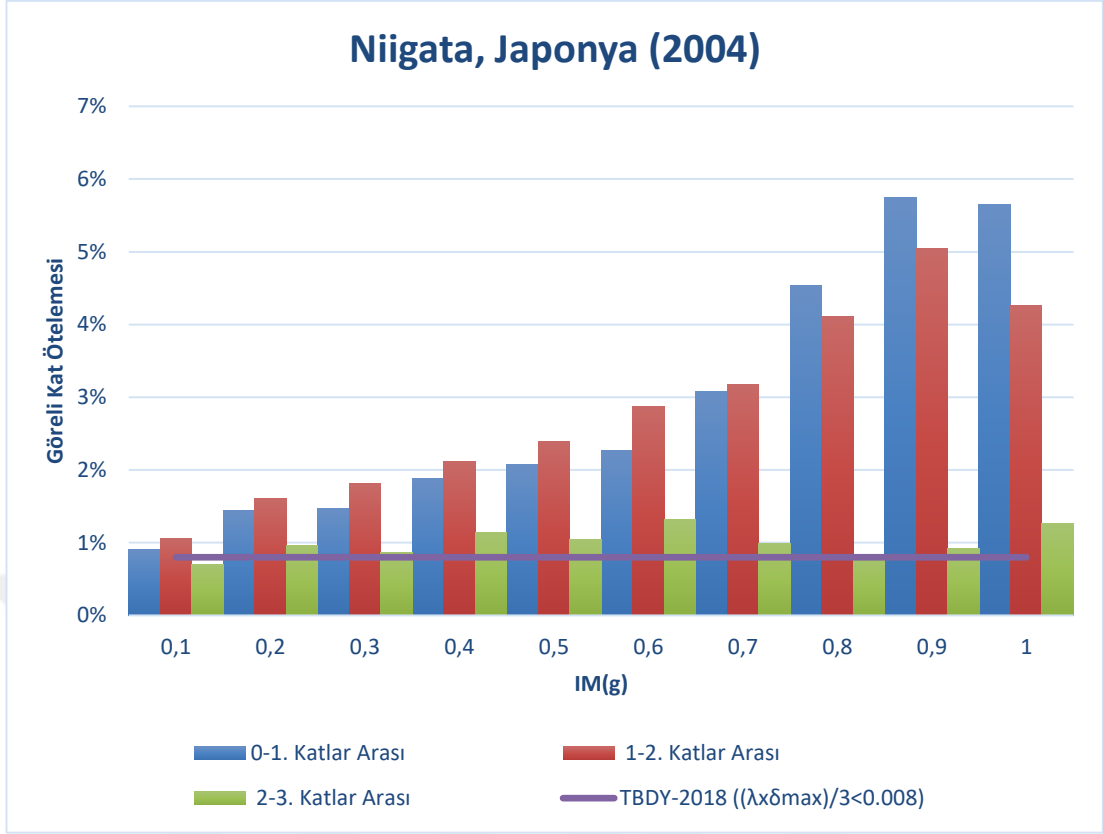
Ek 54: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



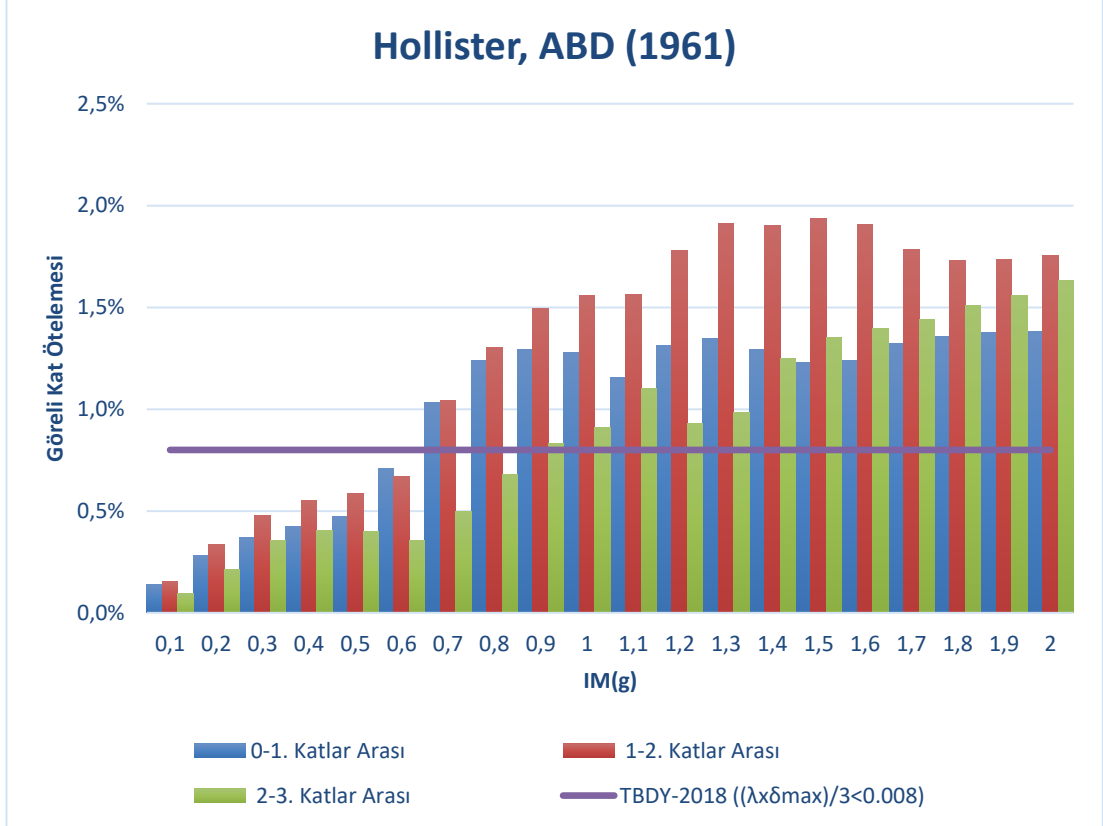
Ek 55: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



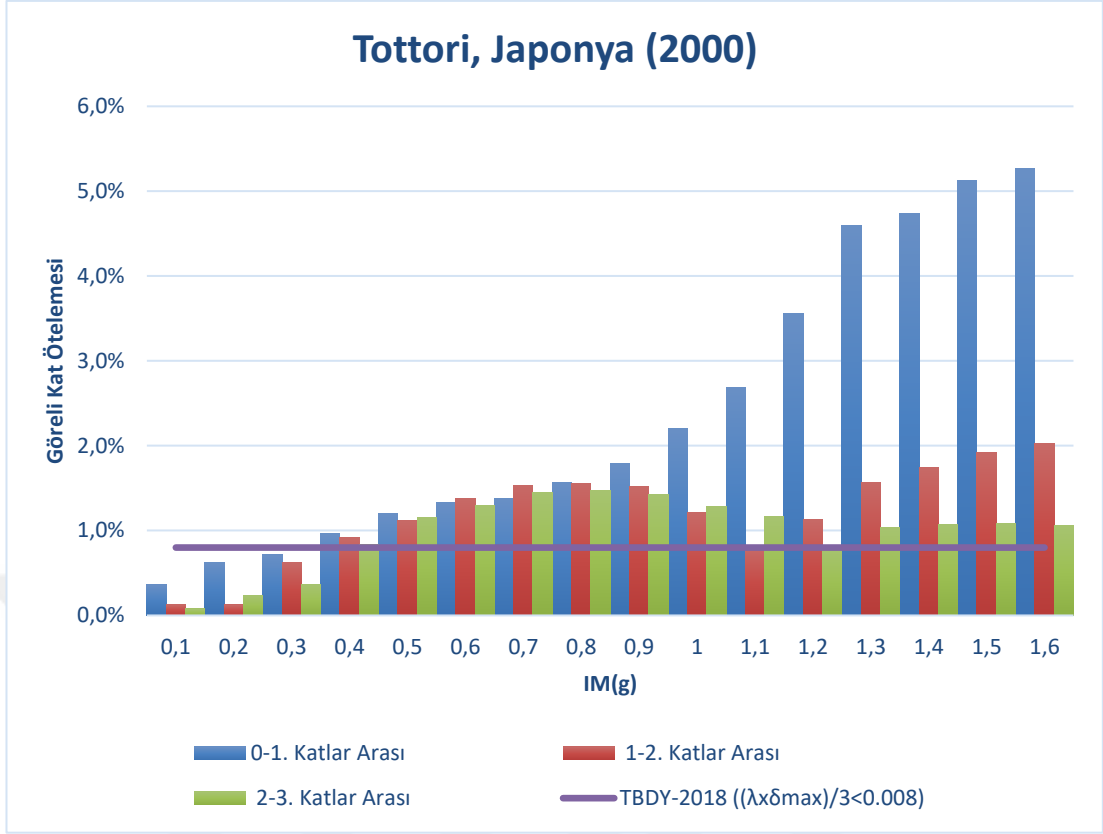
Ek 56: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



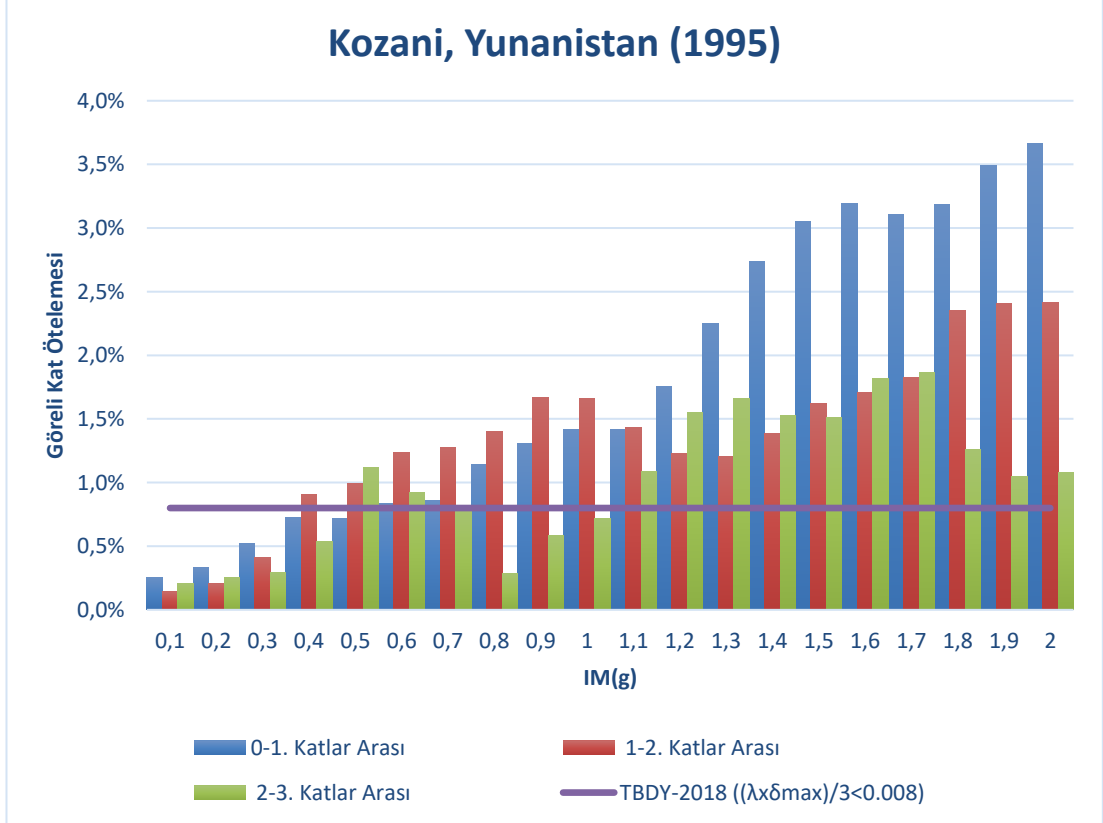
Ek 57: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



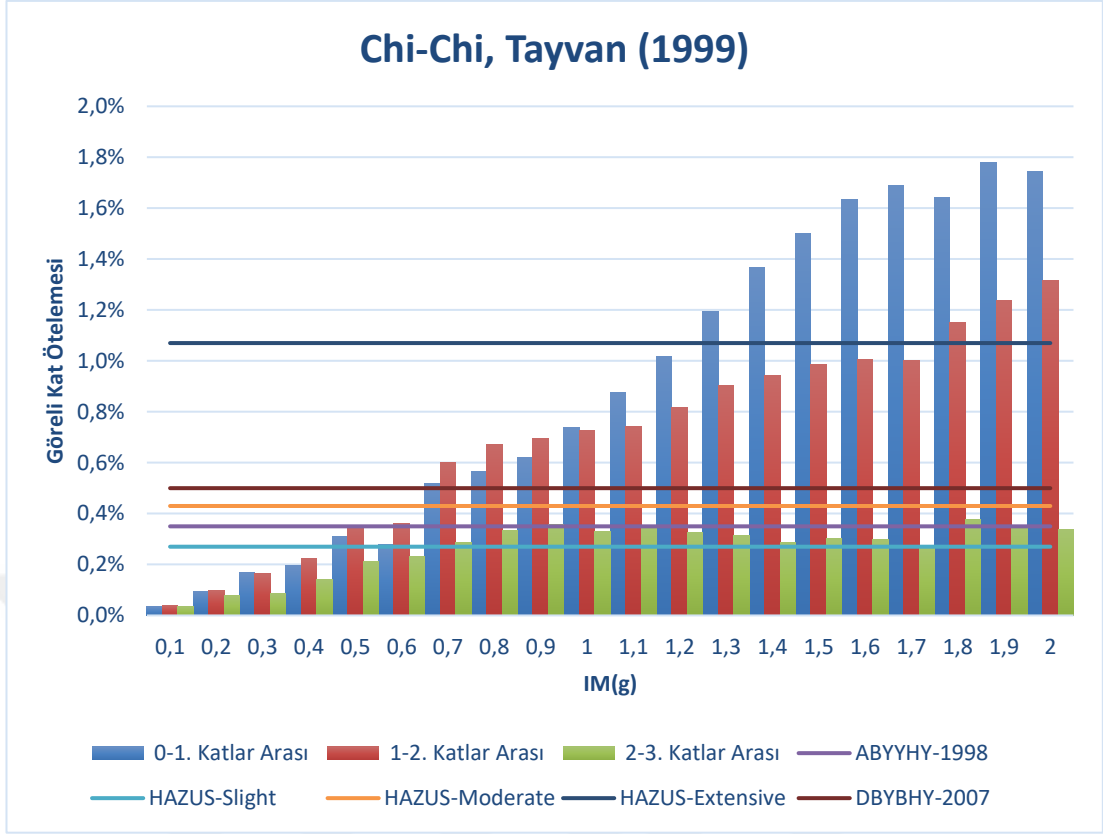
Ek 58: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



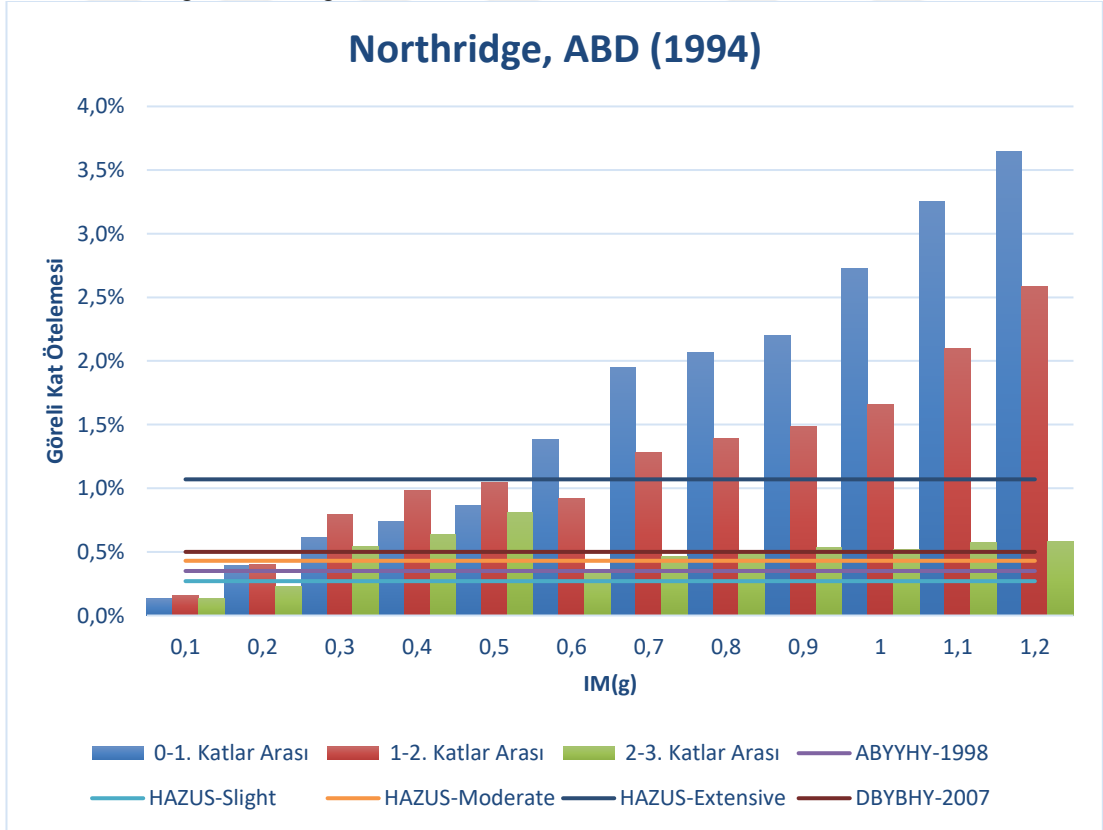
Ek 59: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



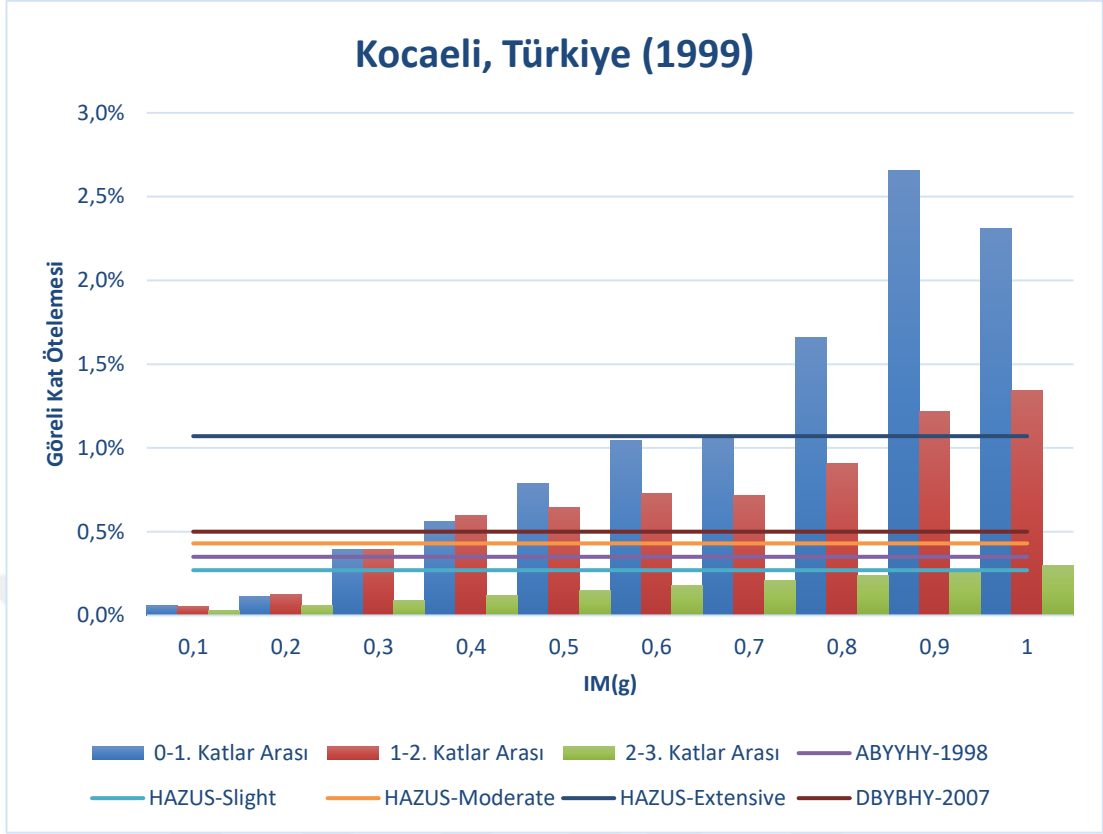
Ek 60: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



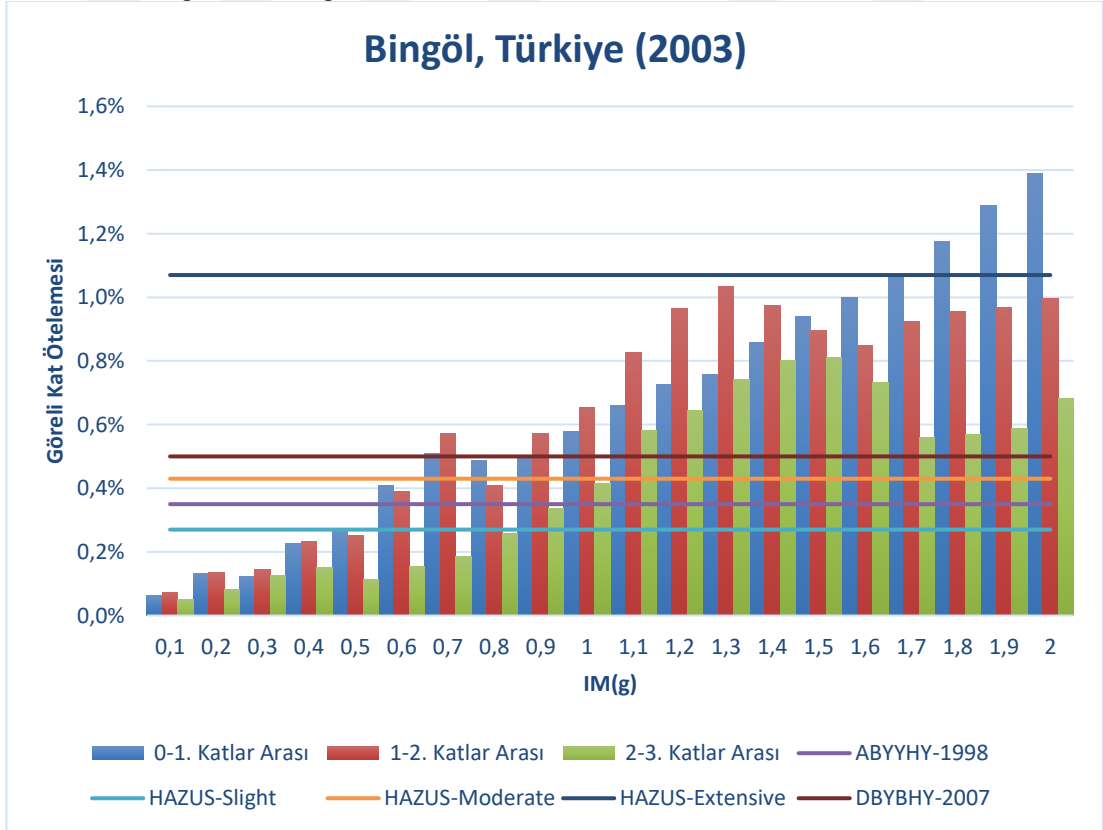
Ek 61: Mevcut Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



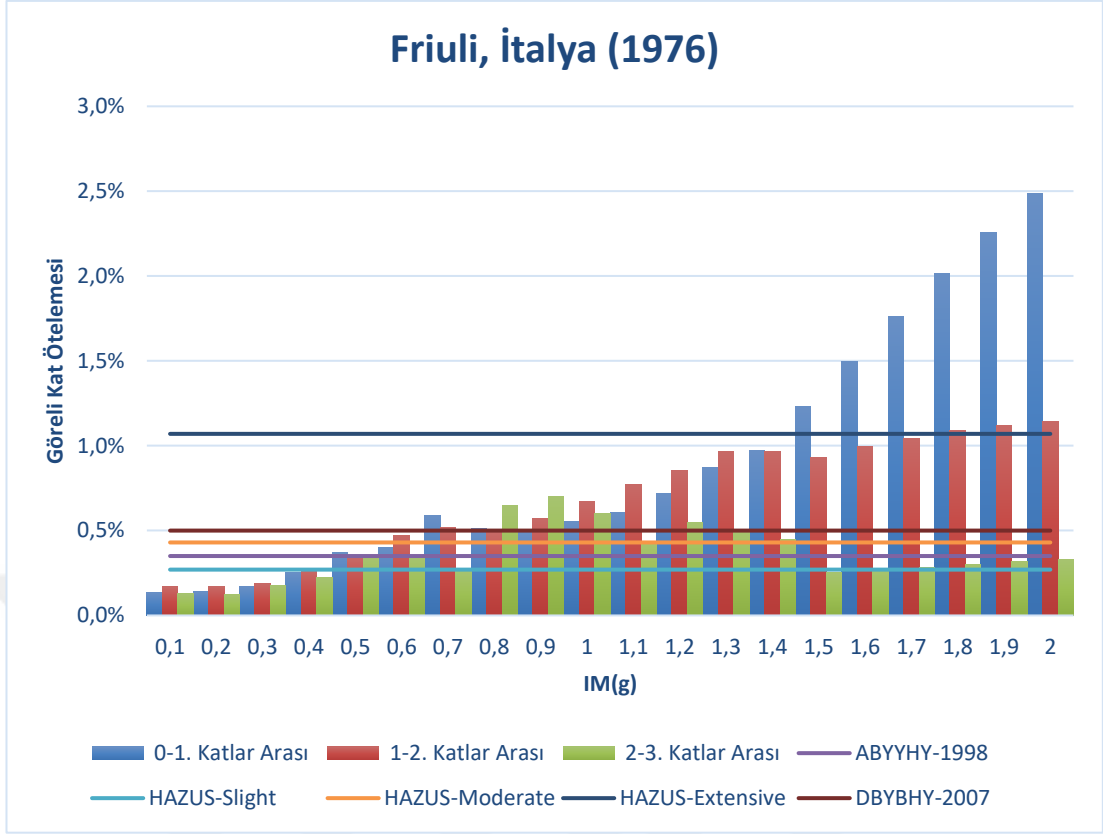
Ek 62: Mevcut Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



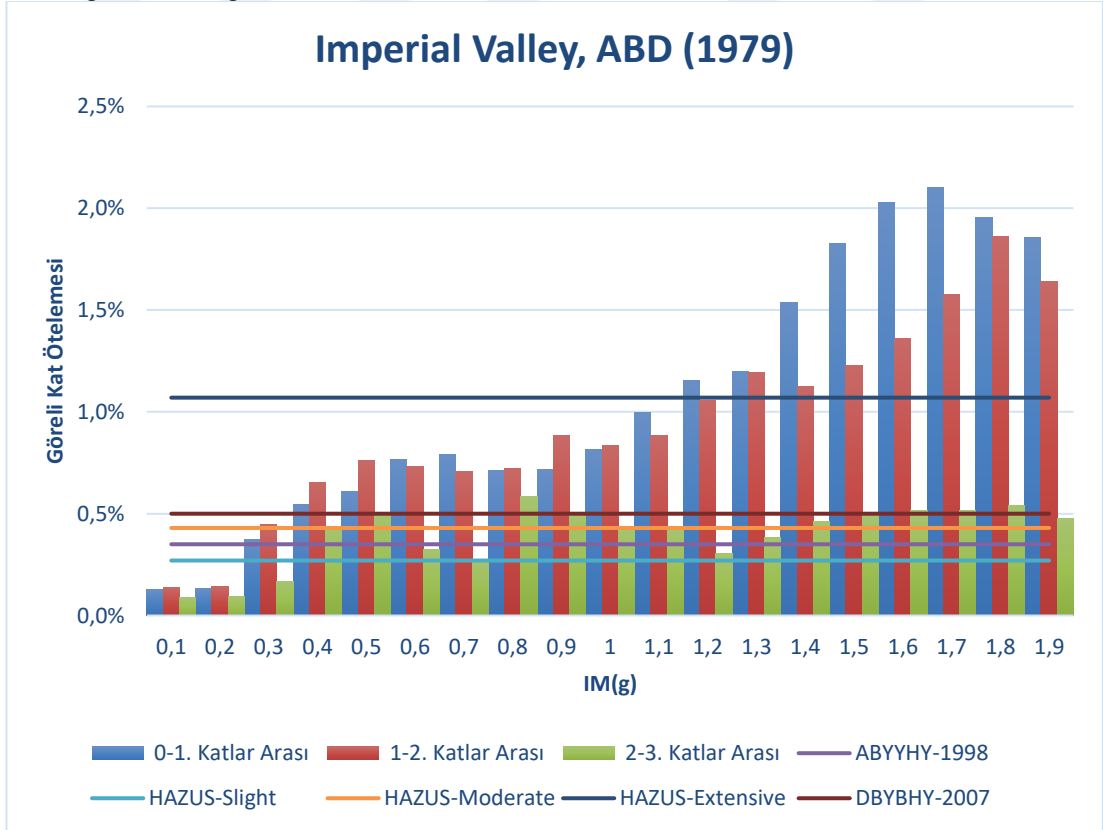
Ek 63: Mevcut Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



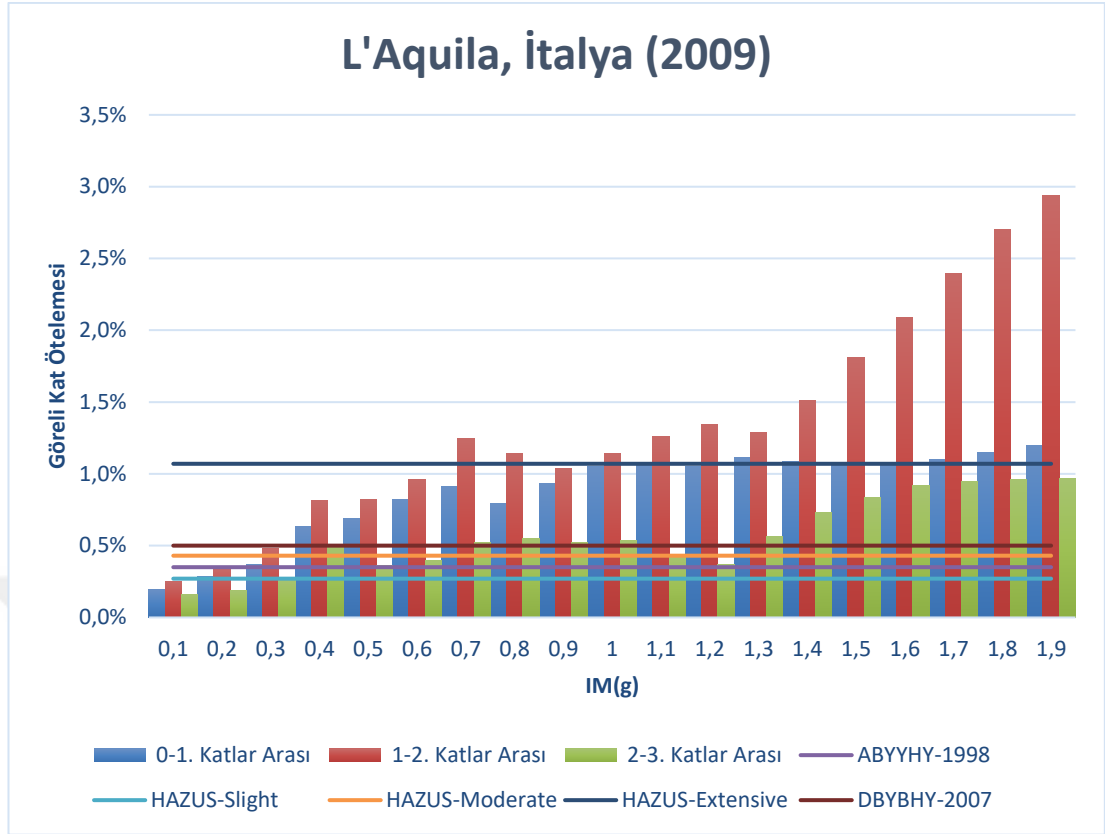
Ek 64: Mevcut Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



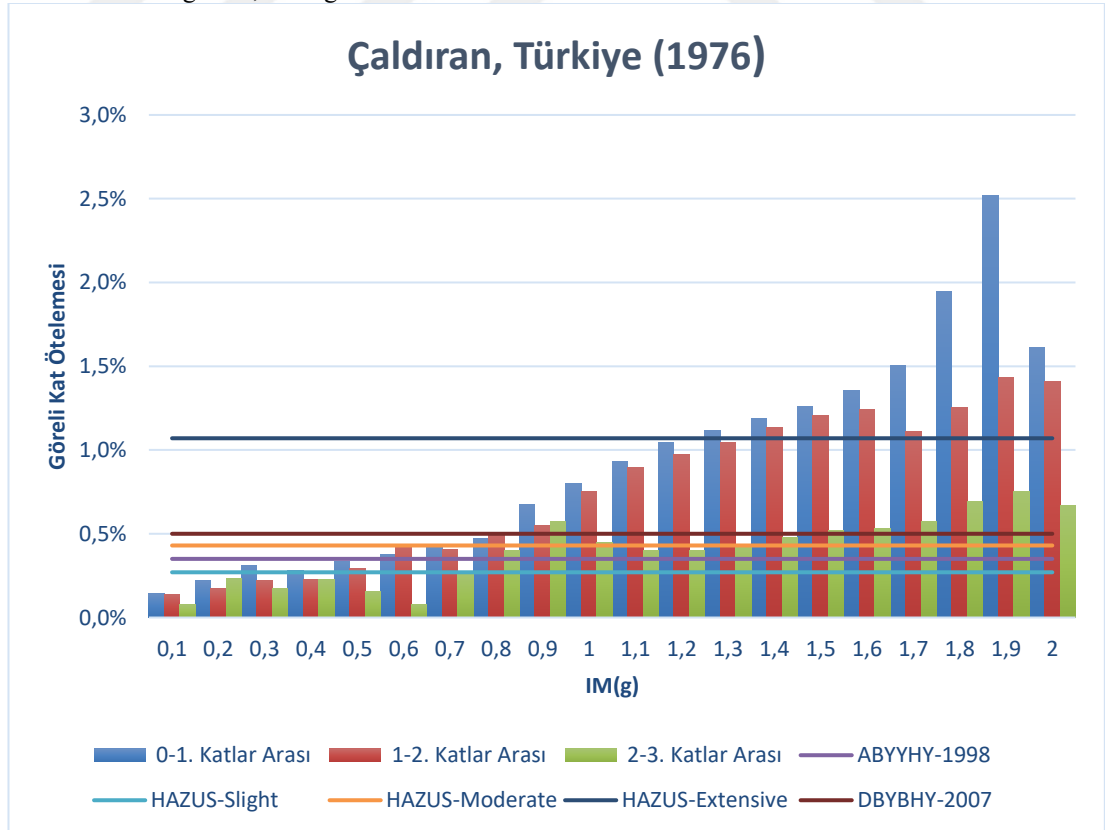
Ek 65: Mevcut Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



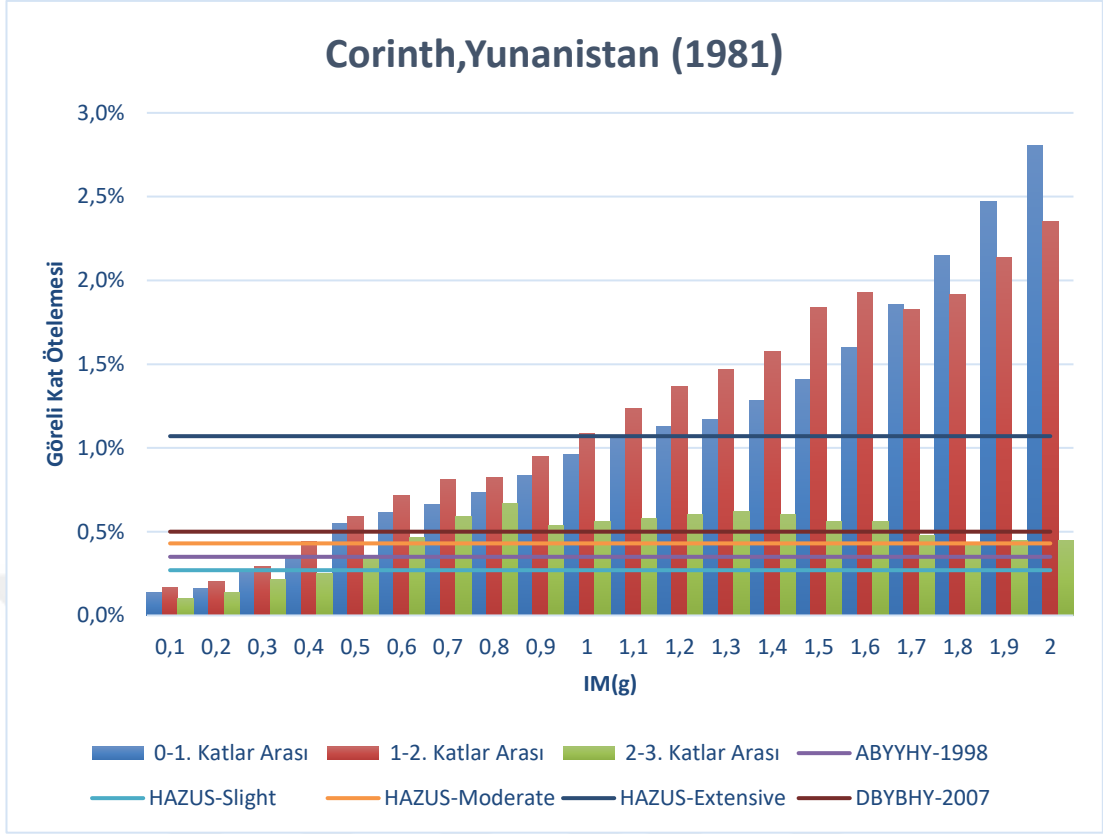
Ek 66: Mevcut Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



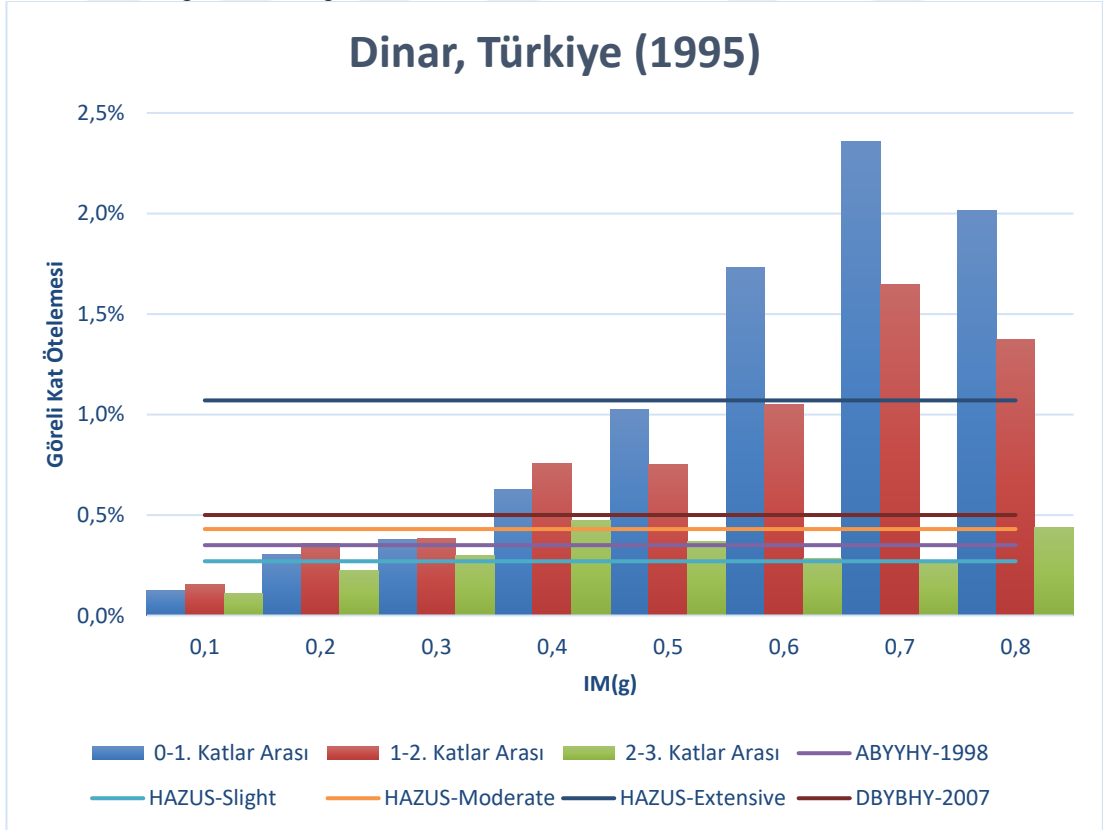
Ek 67: Mevcut Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



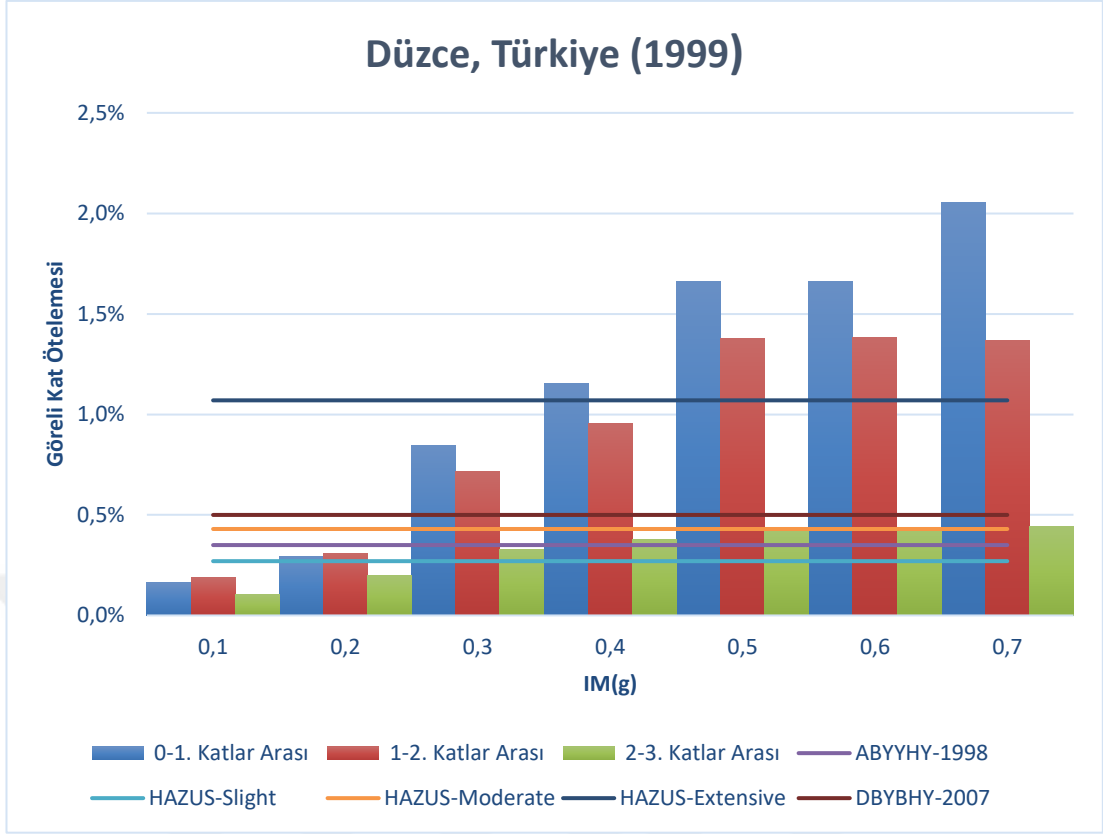
Ek 68: Mevcut Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



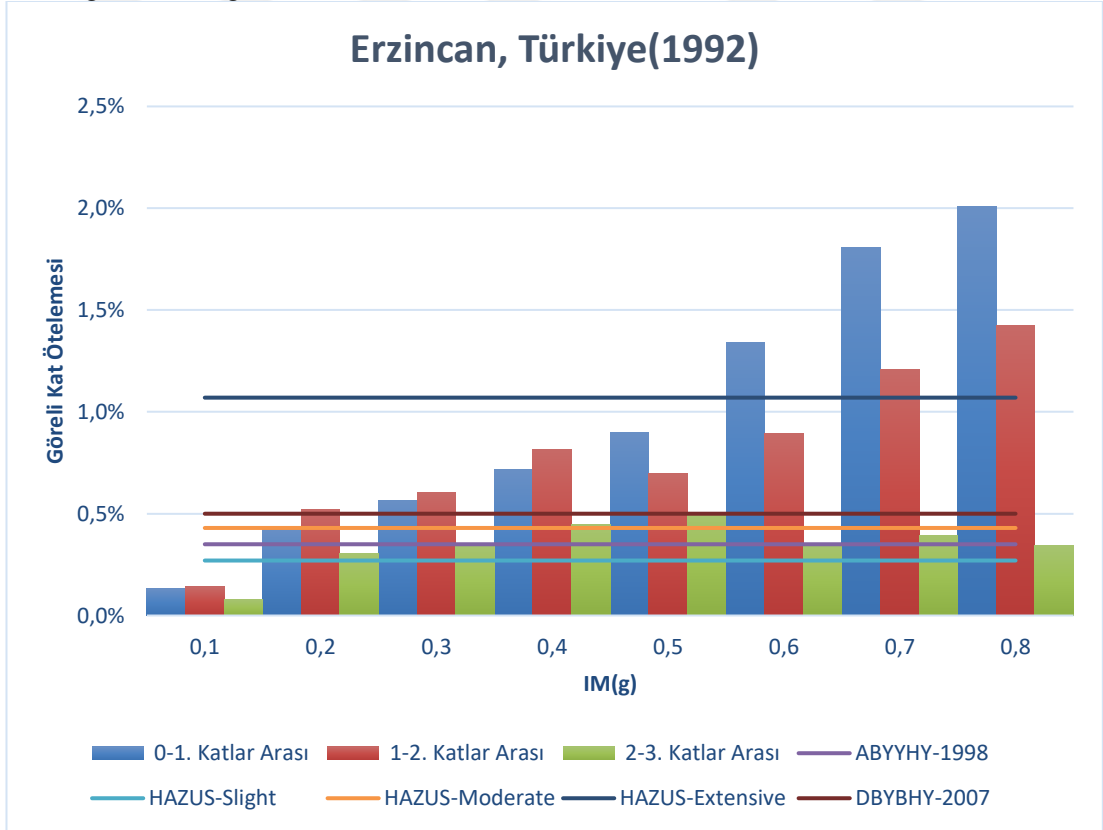
Ek 69: Mevcut Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



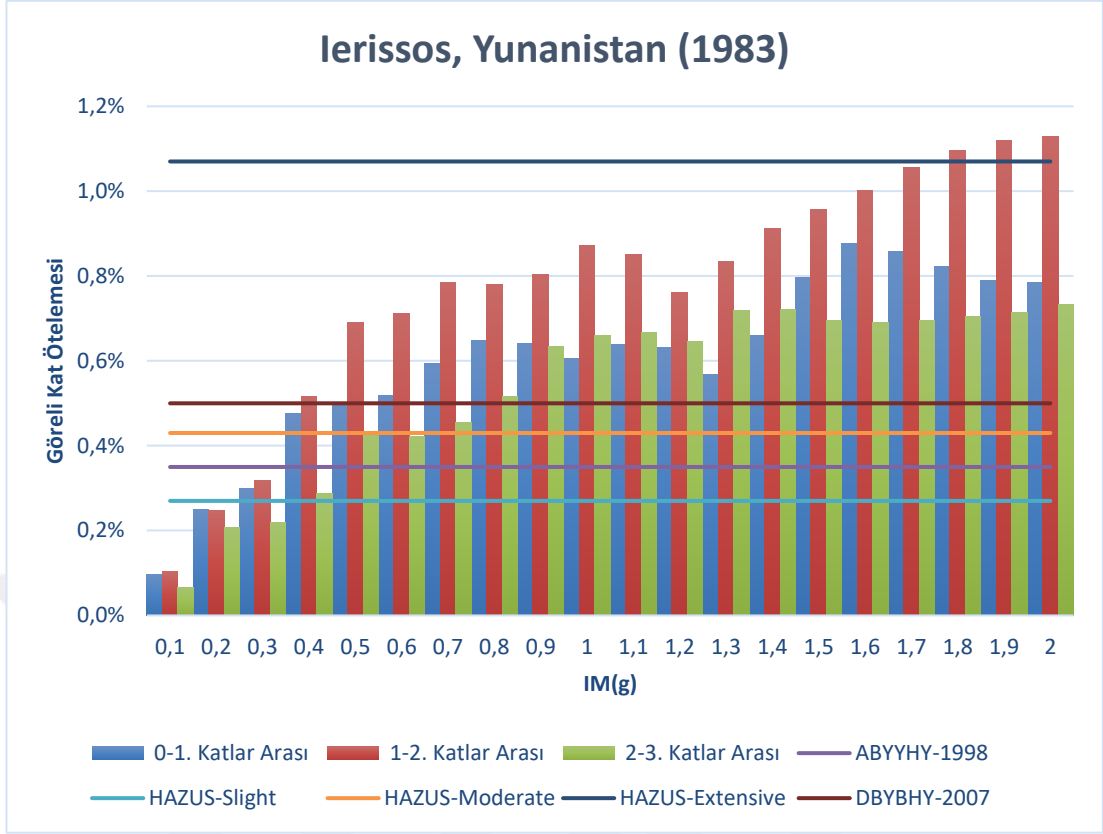
Ek 70: Mevcut Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



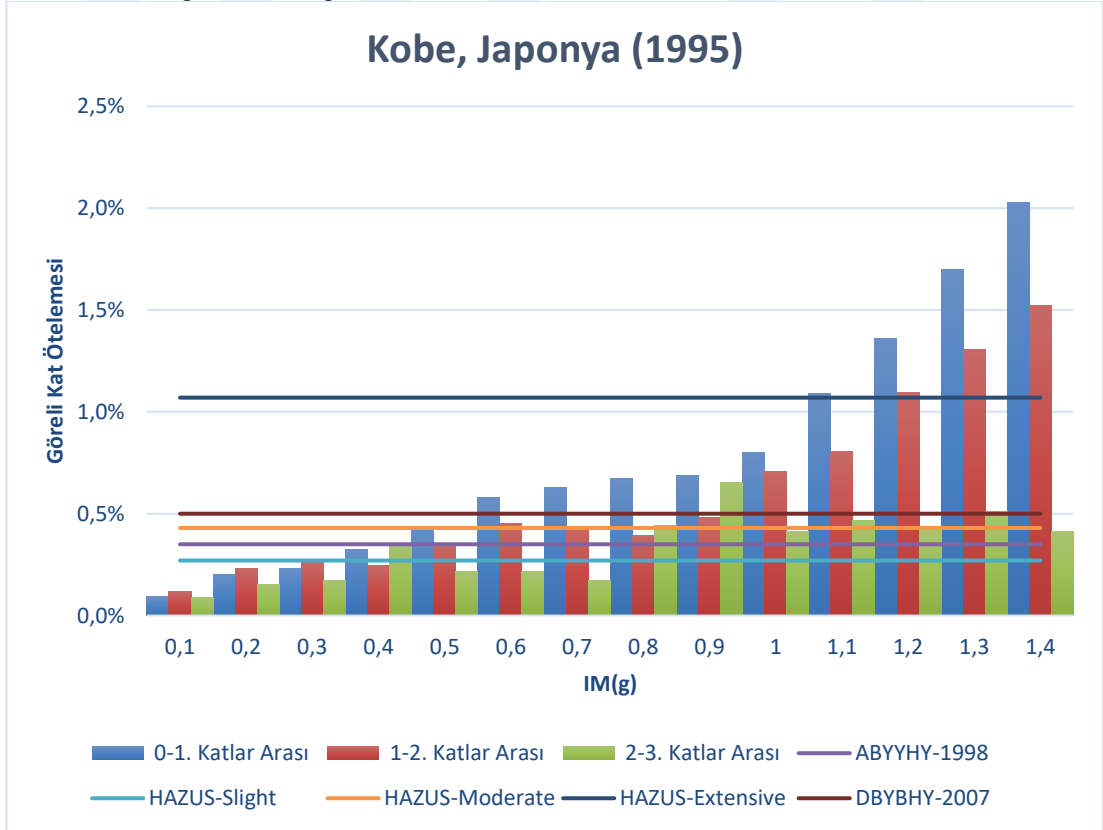
Ek 71: Mevcut Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



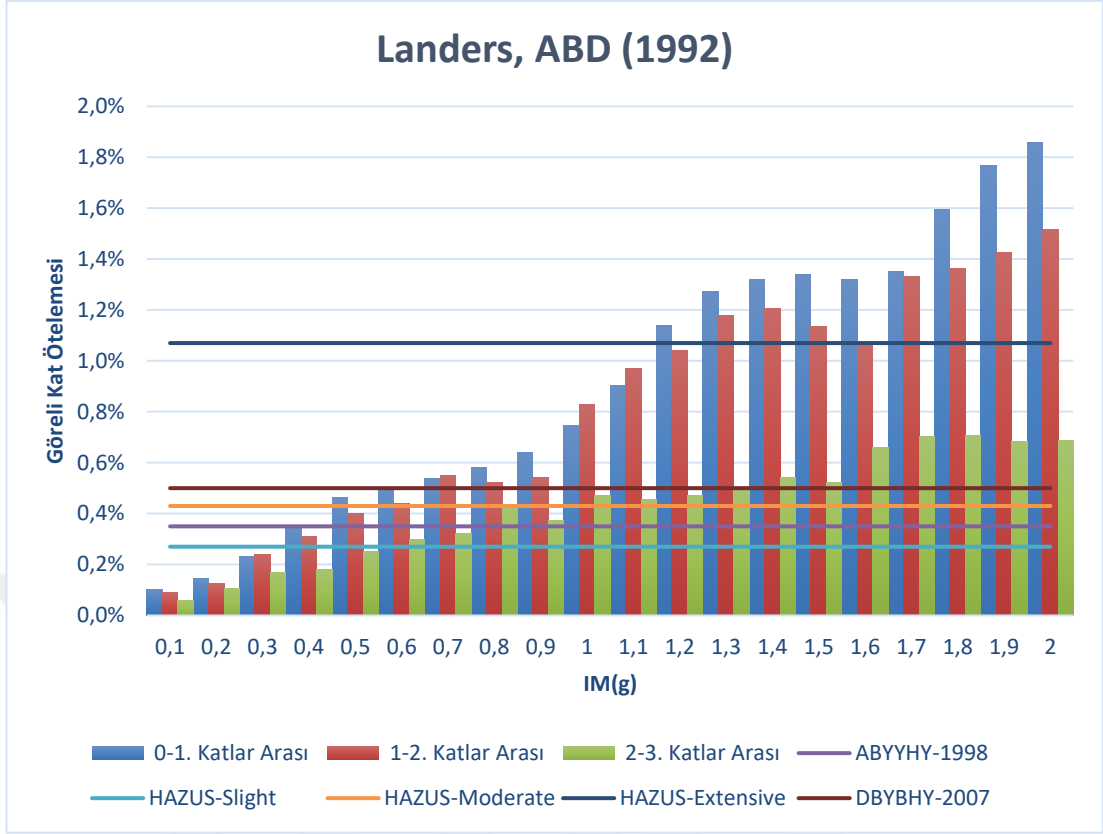
Ek 72: Mevcut Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



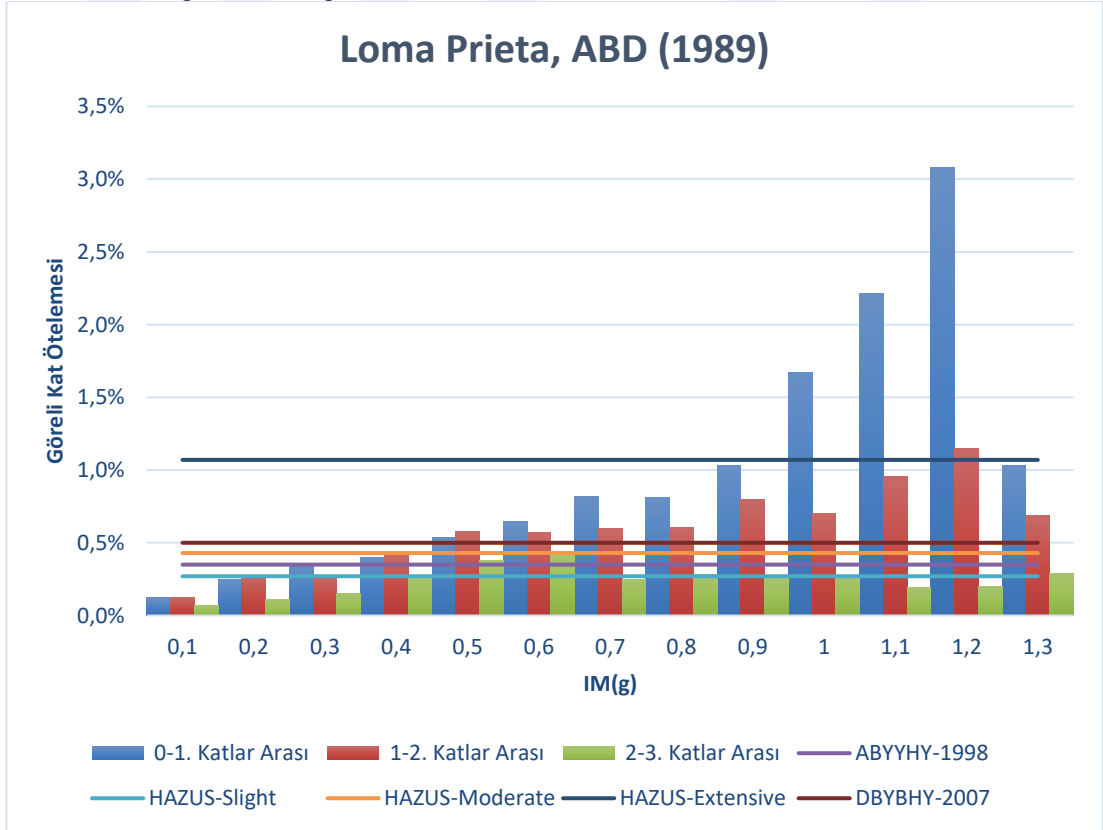
Ek 73: Mevcut Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



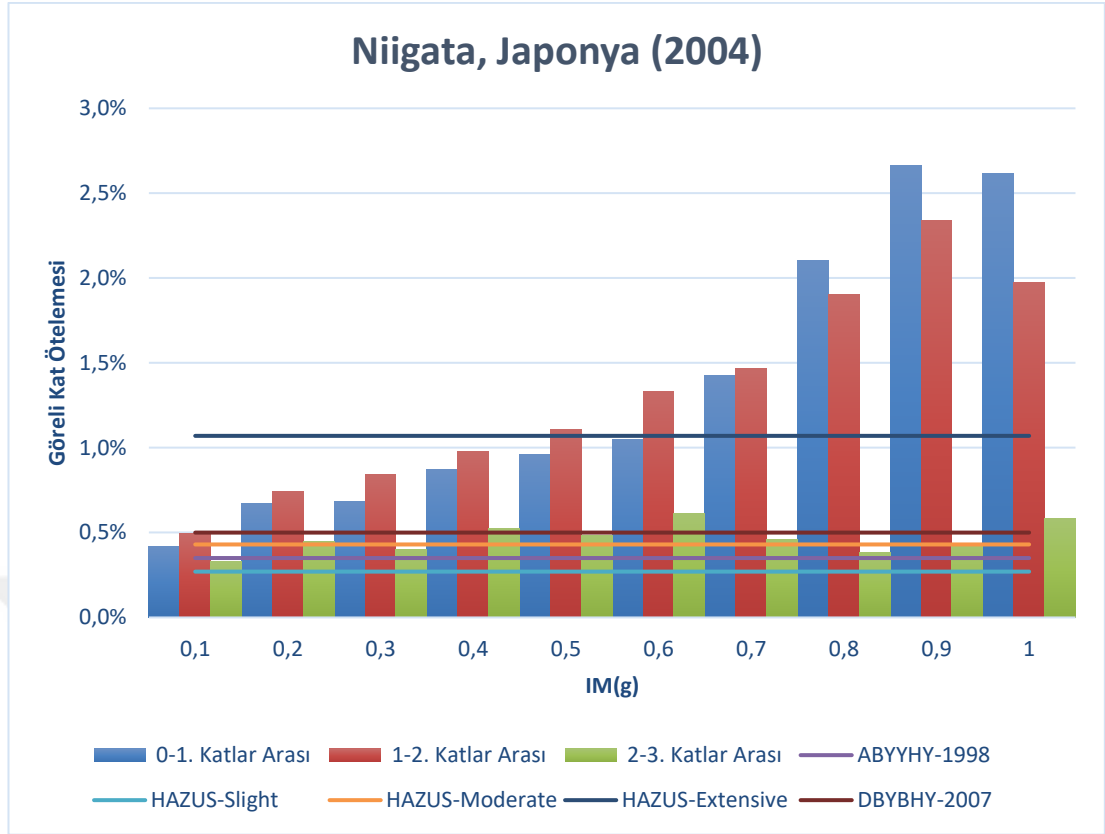
Ek 74: Mevcut Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



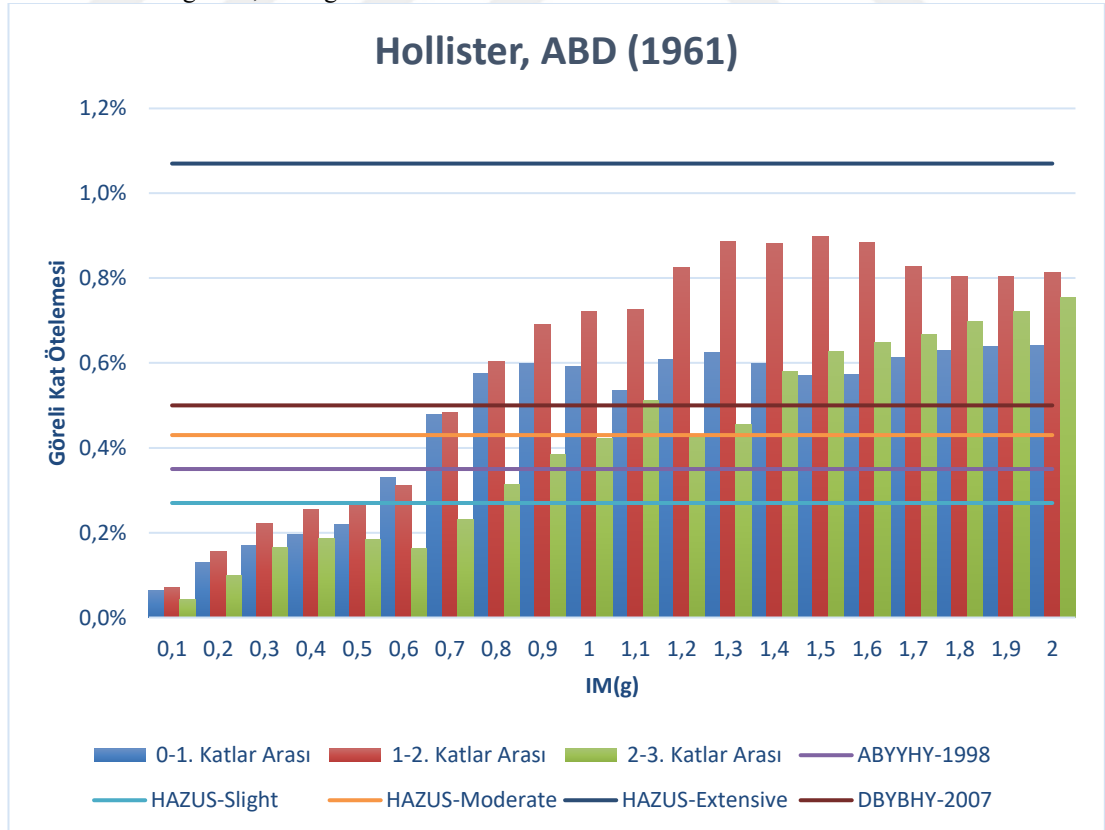
Ek 75: Mevcut Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



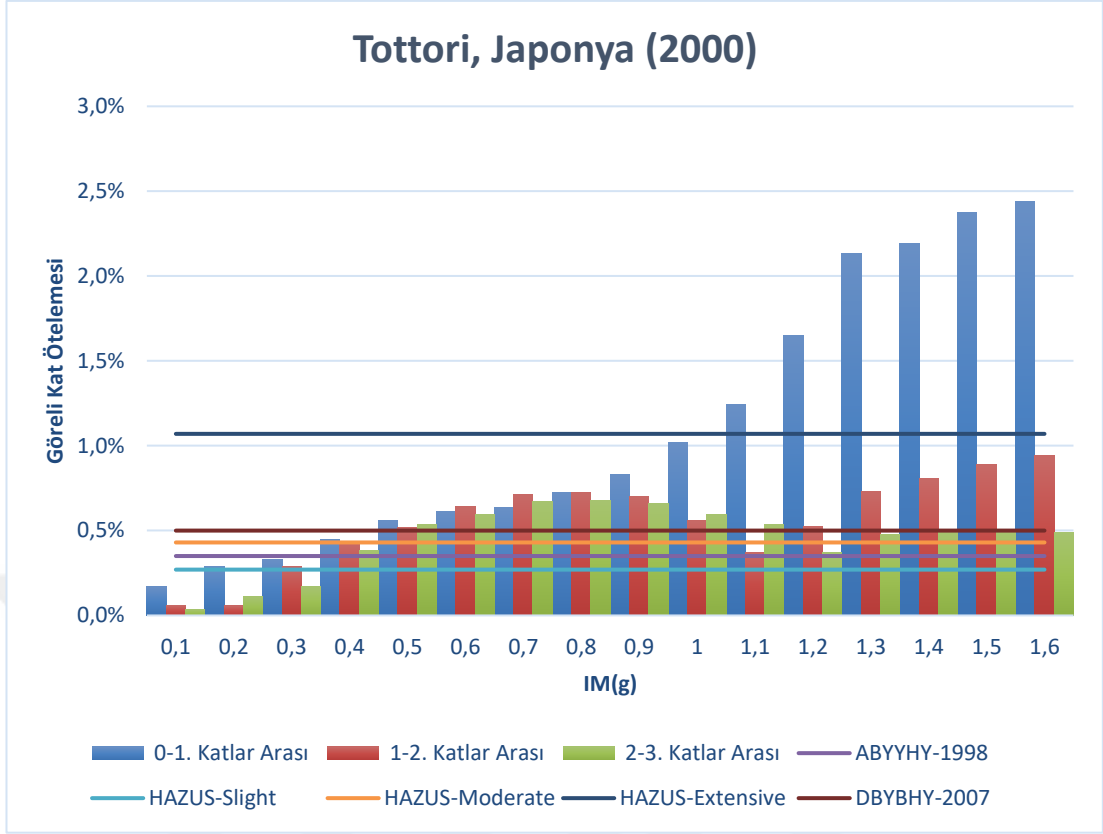
Ek 76: Mevcut Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



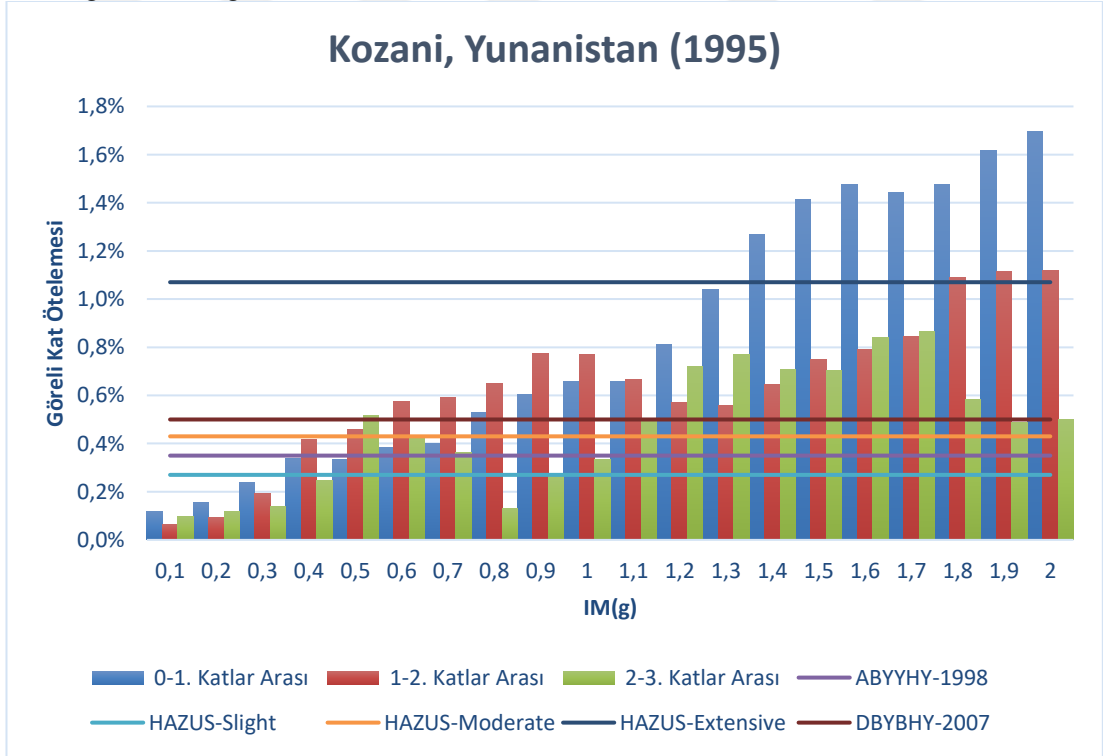
Ek 77: Mevcut Yapı Niigata Depremi için Görel Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



Ek 78: Mevcut Yapı Hollister Depremi için Görel Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu

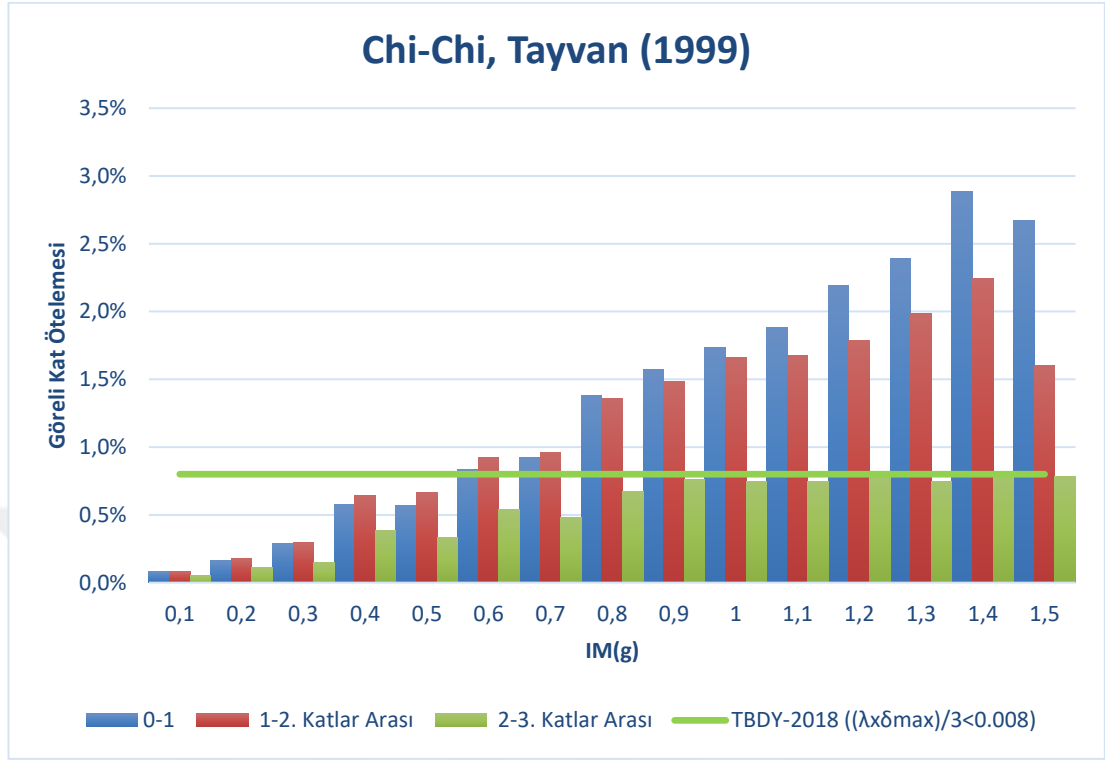


Ek 79: Mevcut Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu

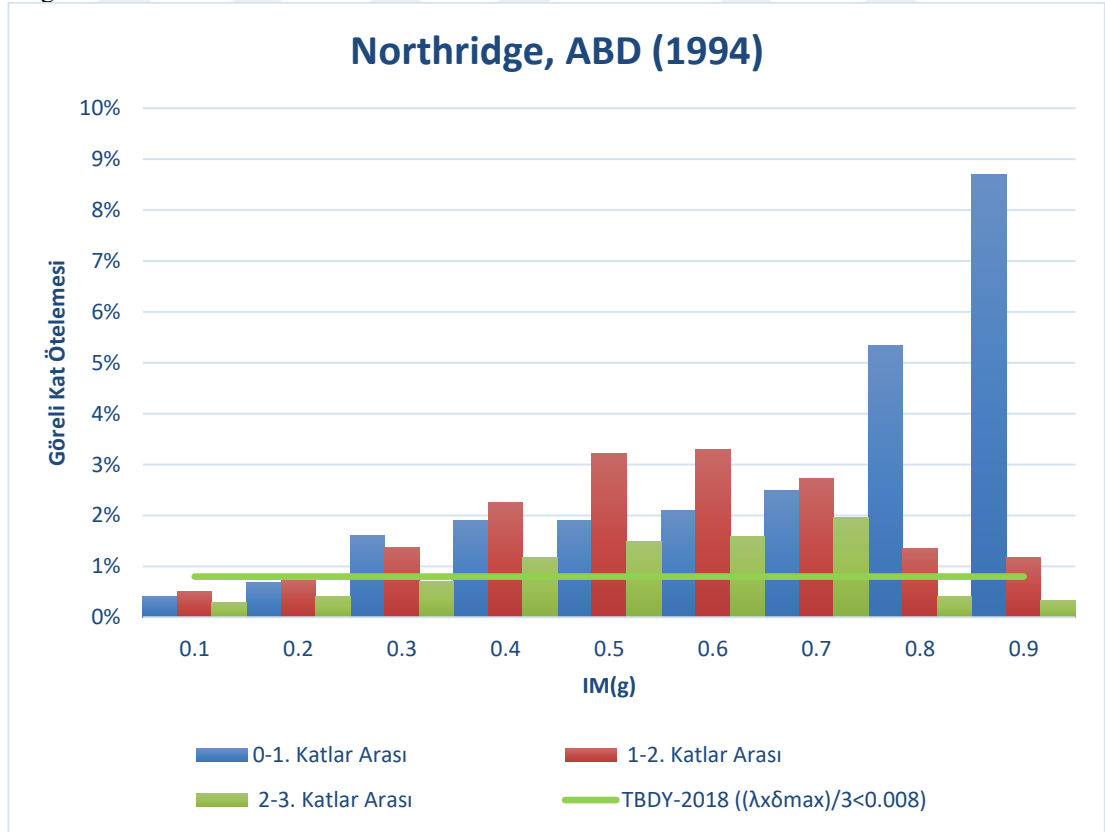


Ek 80: Mevcut Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu

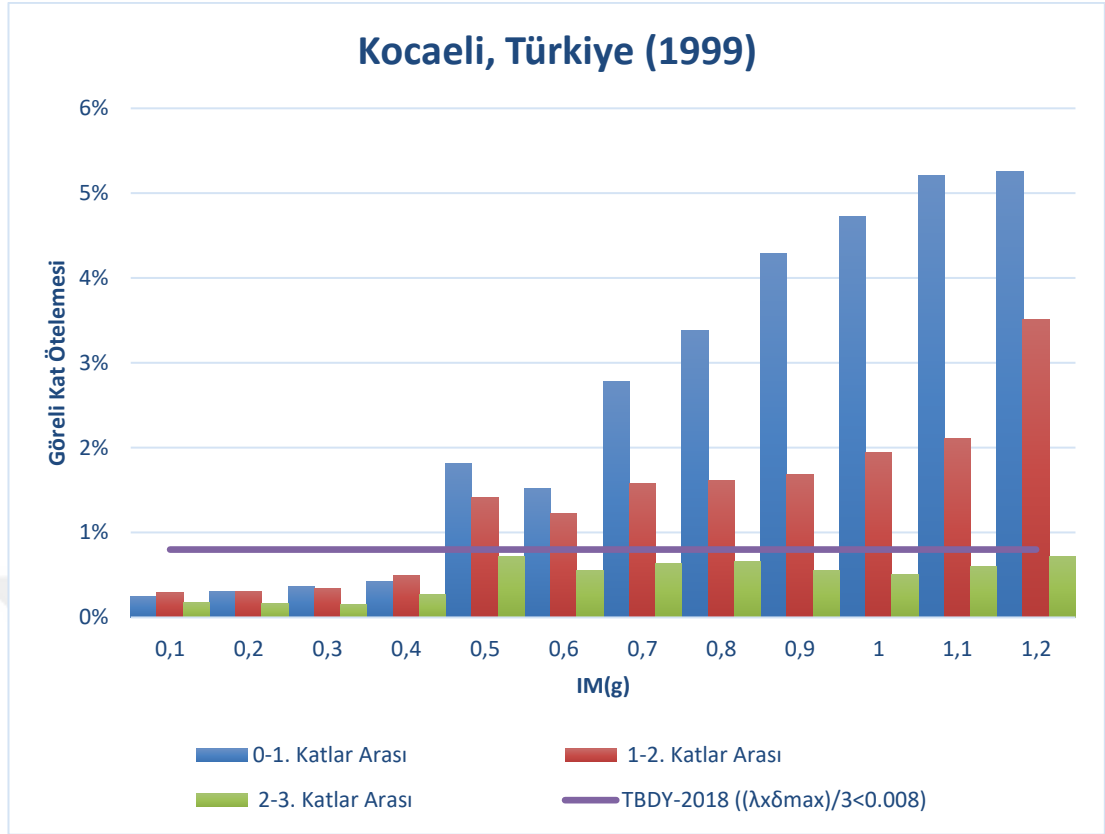
Ek 3: Güncellenmiş Yapı X Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları



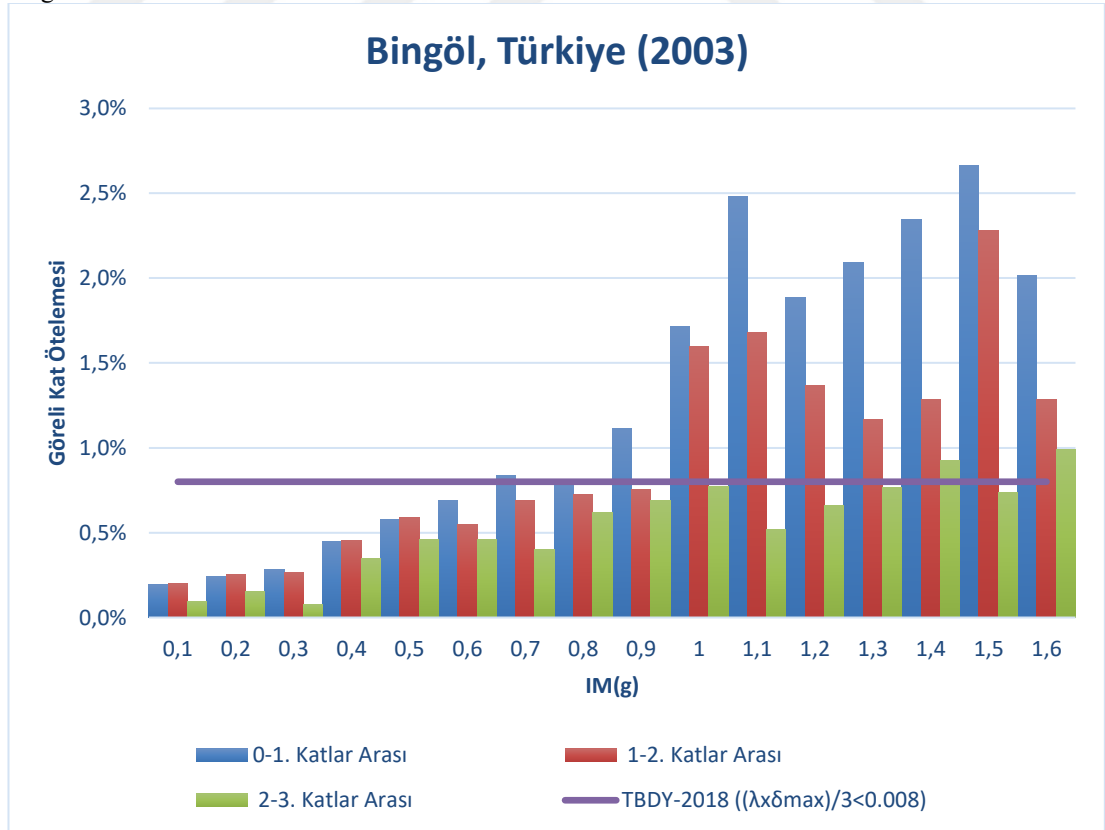
Ek 81: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



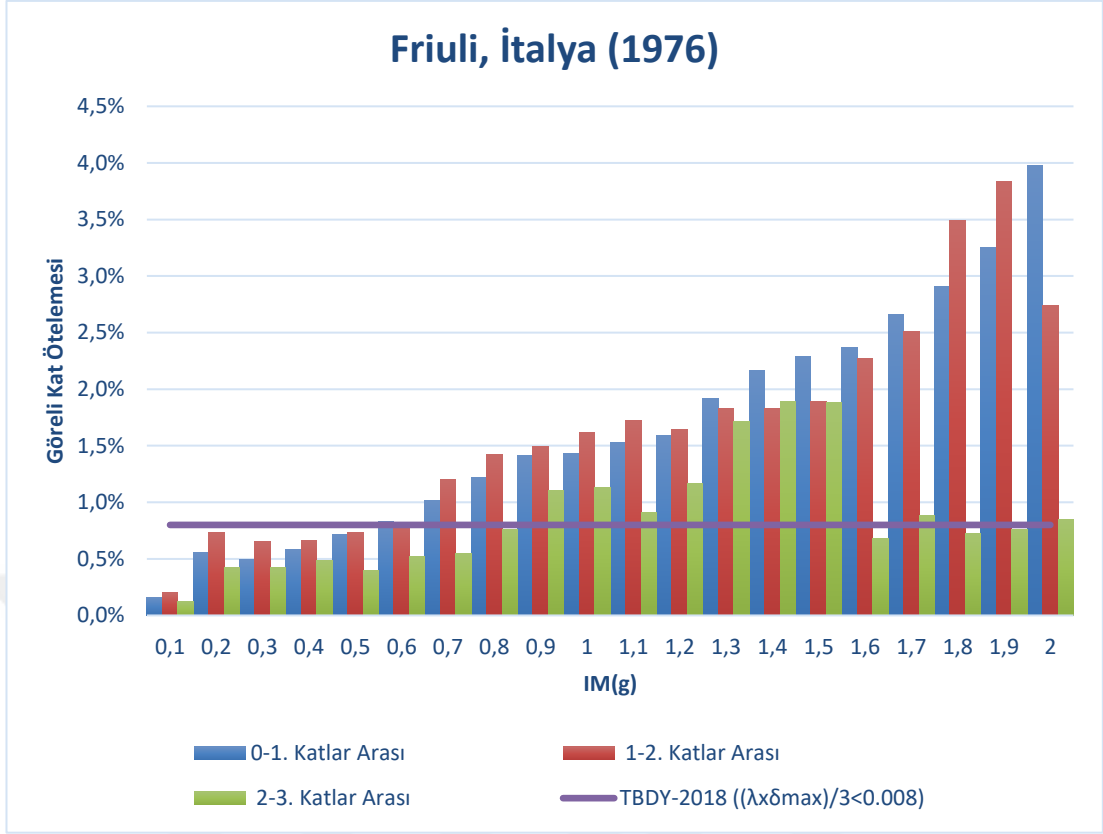
Ek 82: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



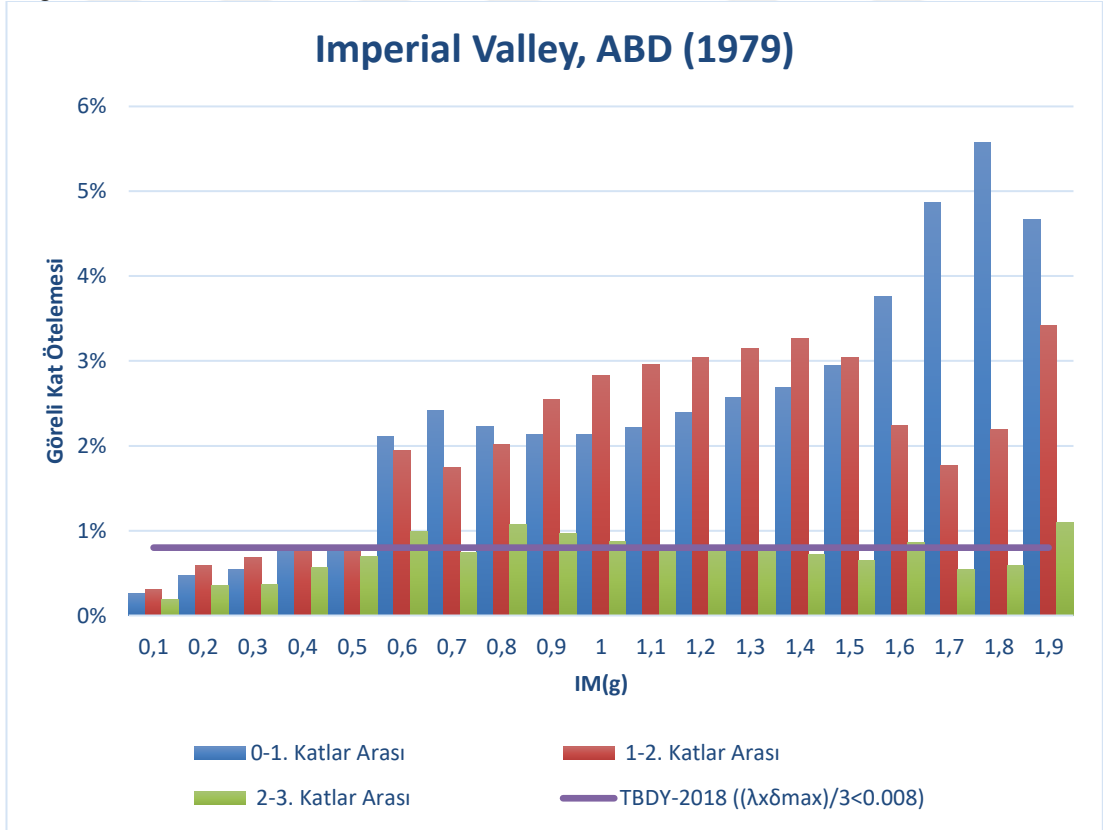
Ek 83: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



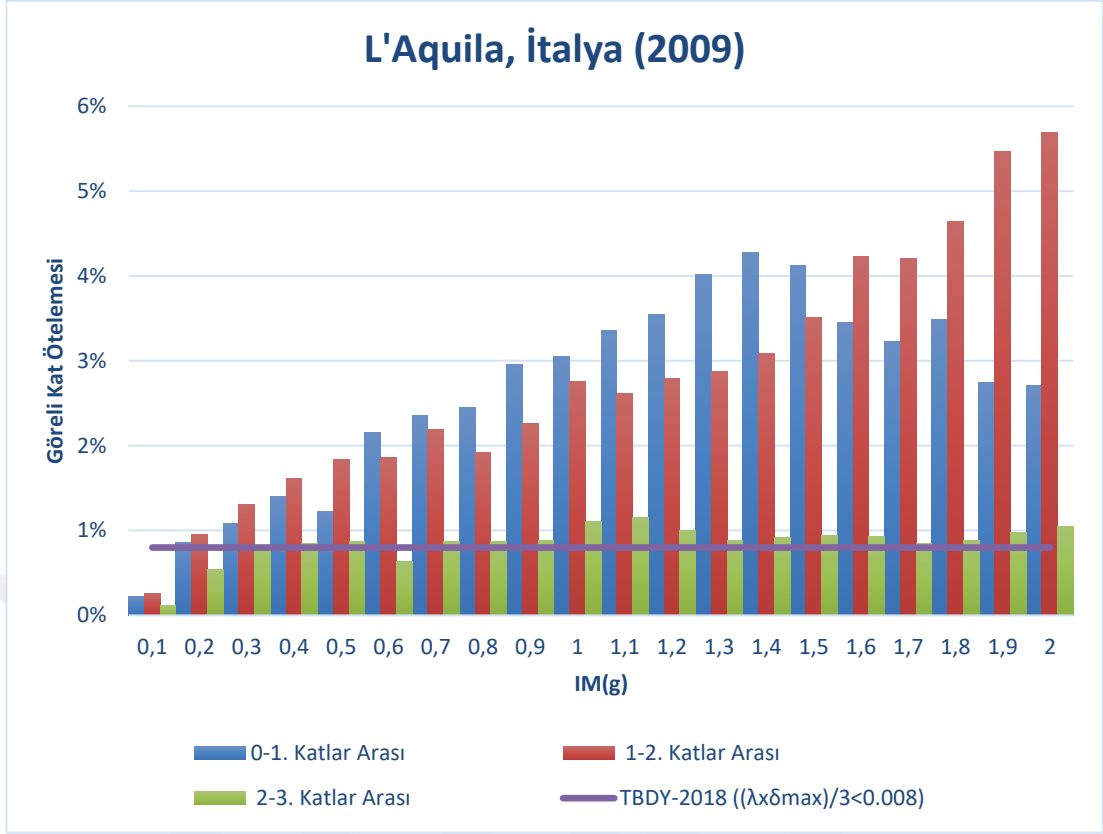
Ek 84: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



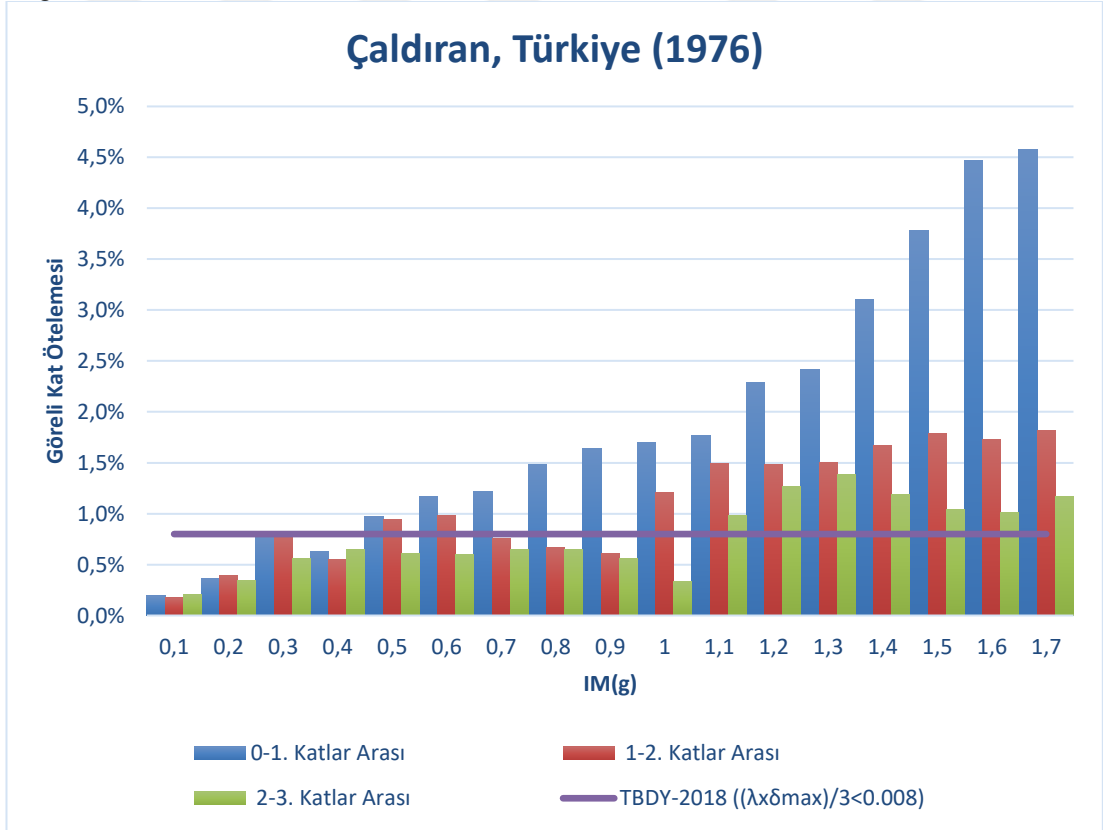
Ek 85: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



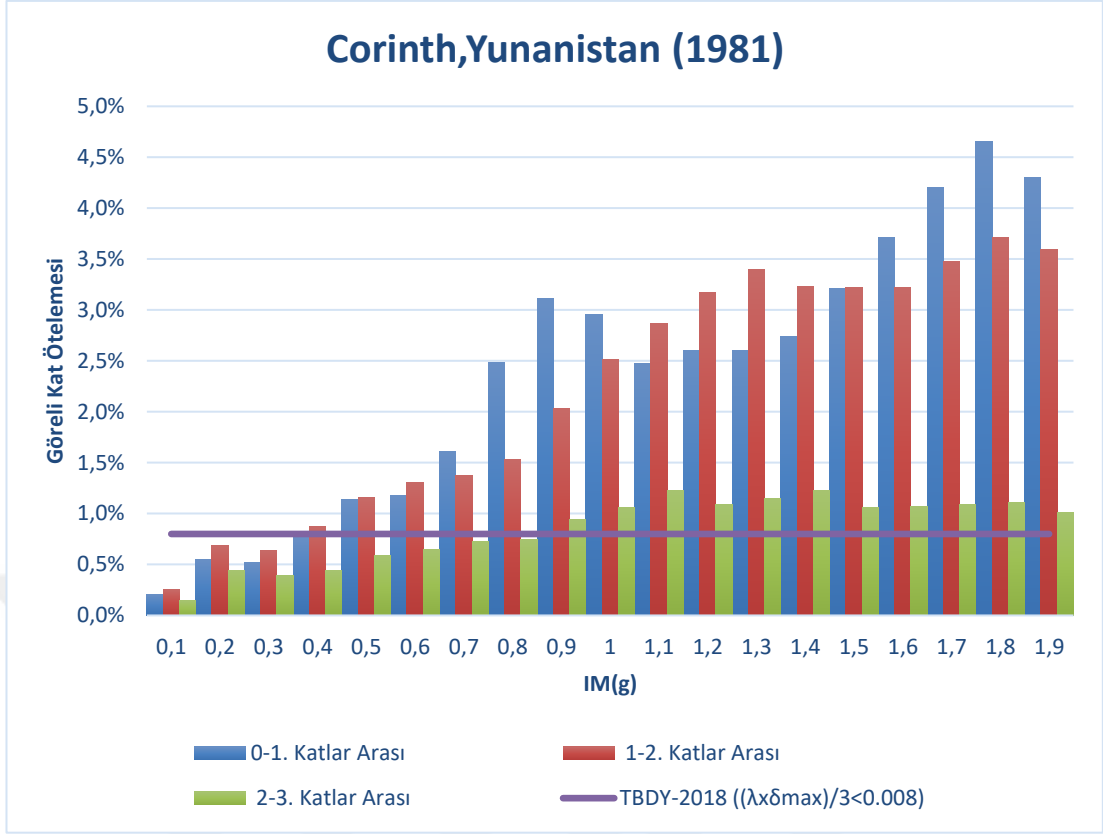
Ek 86: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



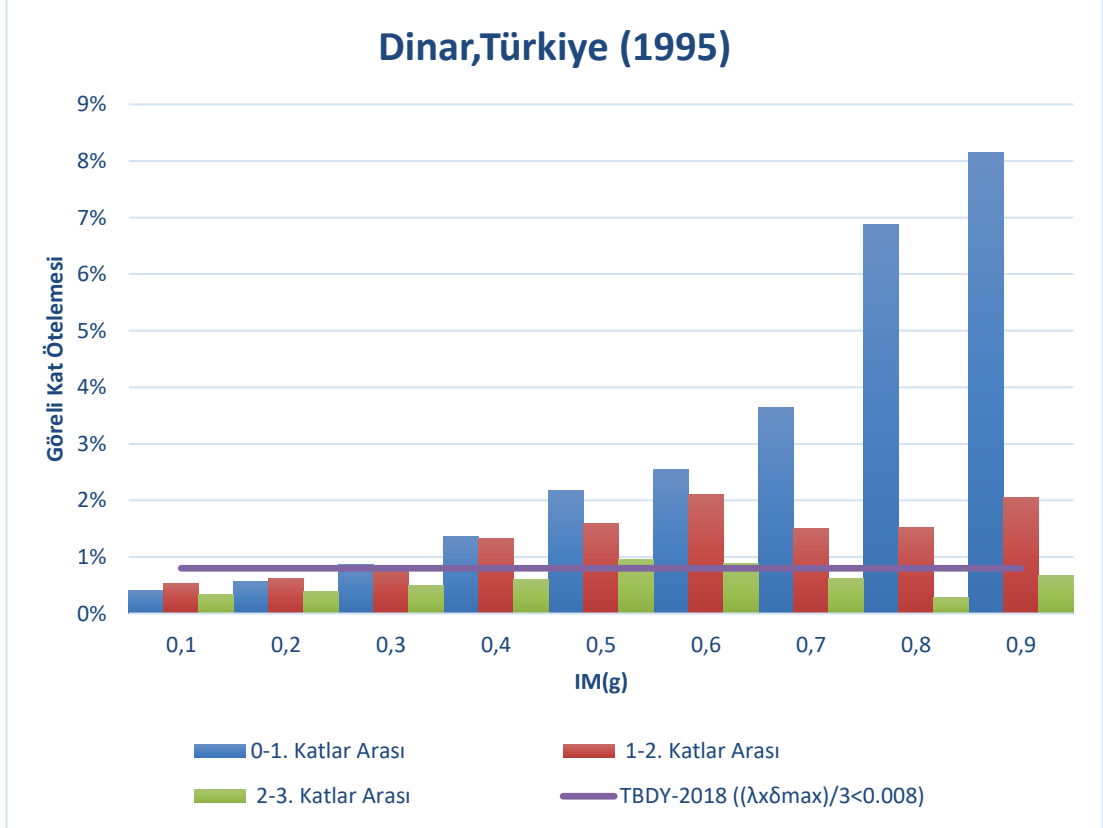
Ek 87: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



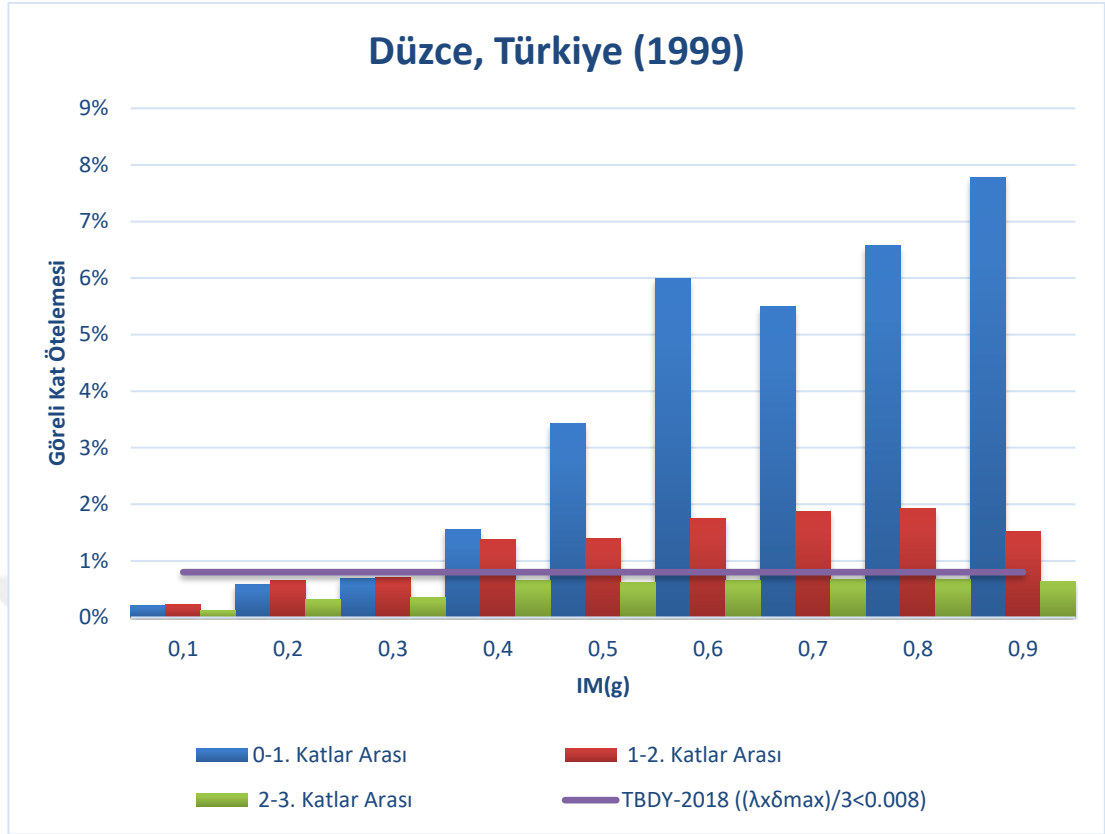
Ek 88: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



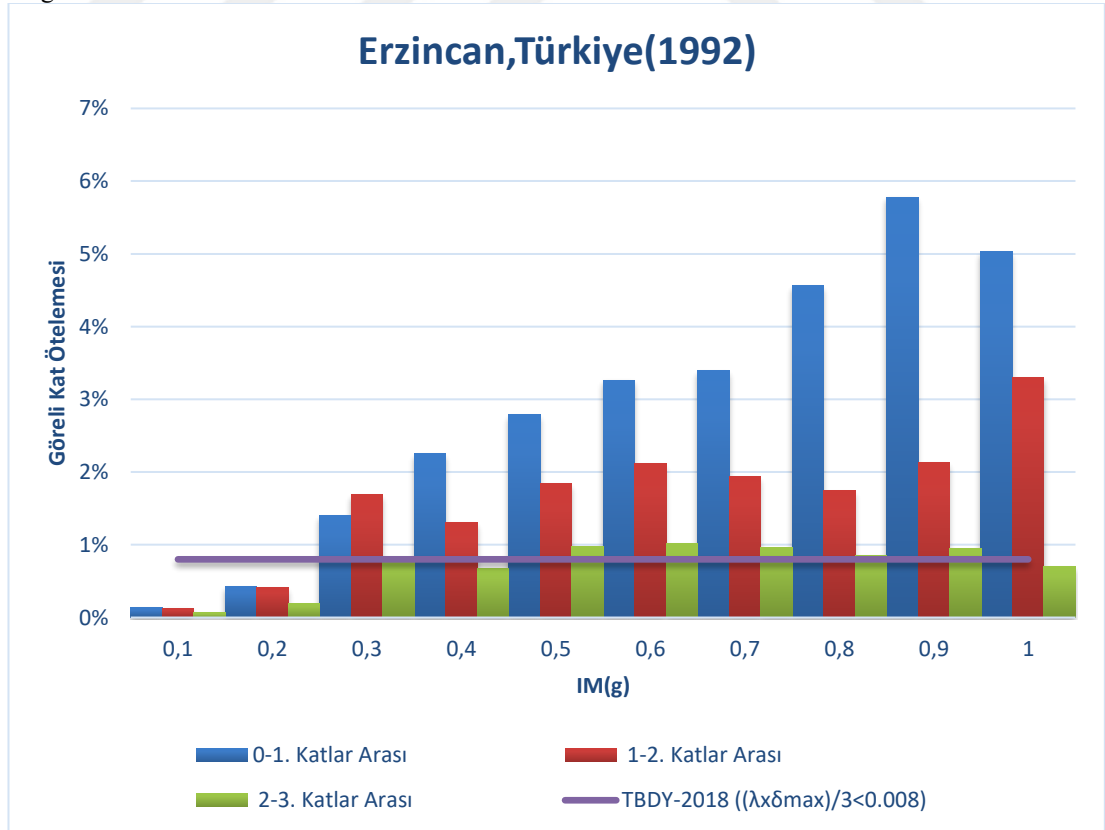
Ek 89: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



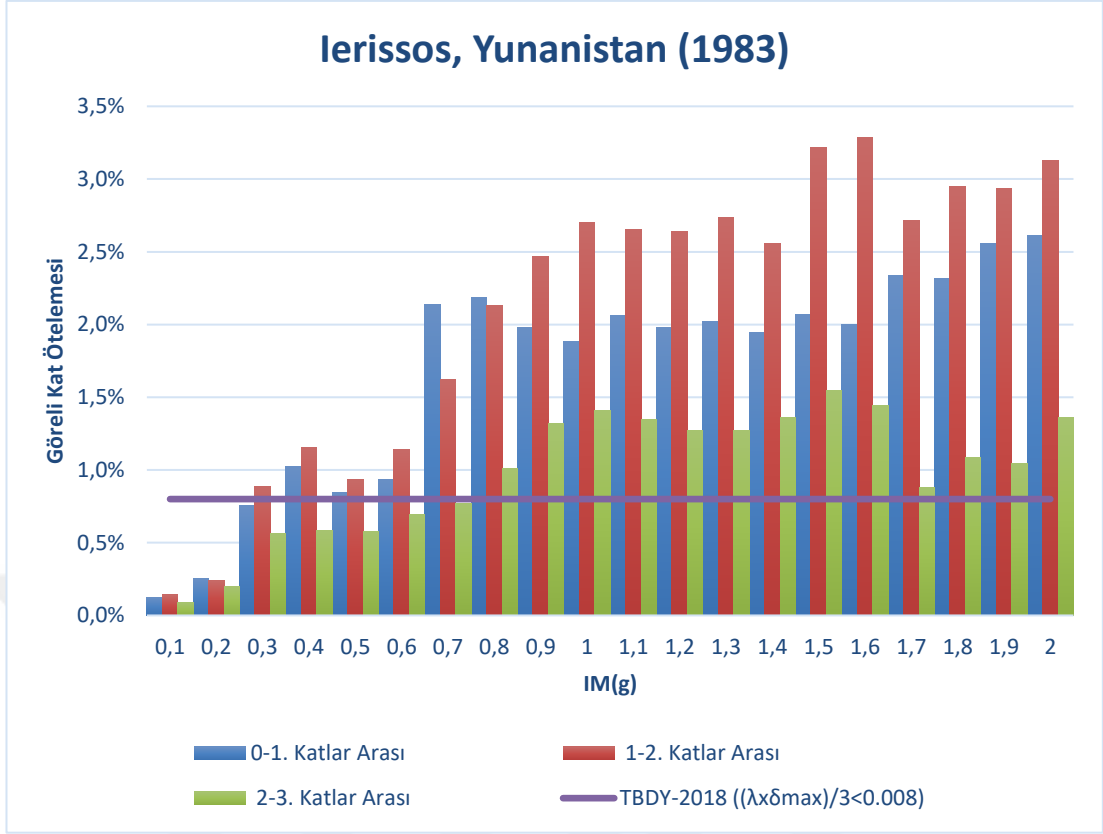
Ek 90: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



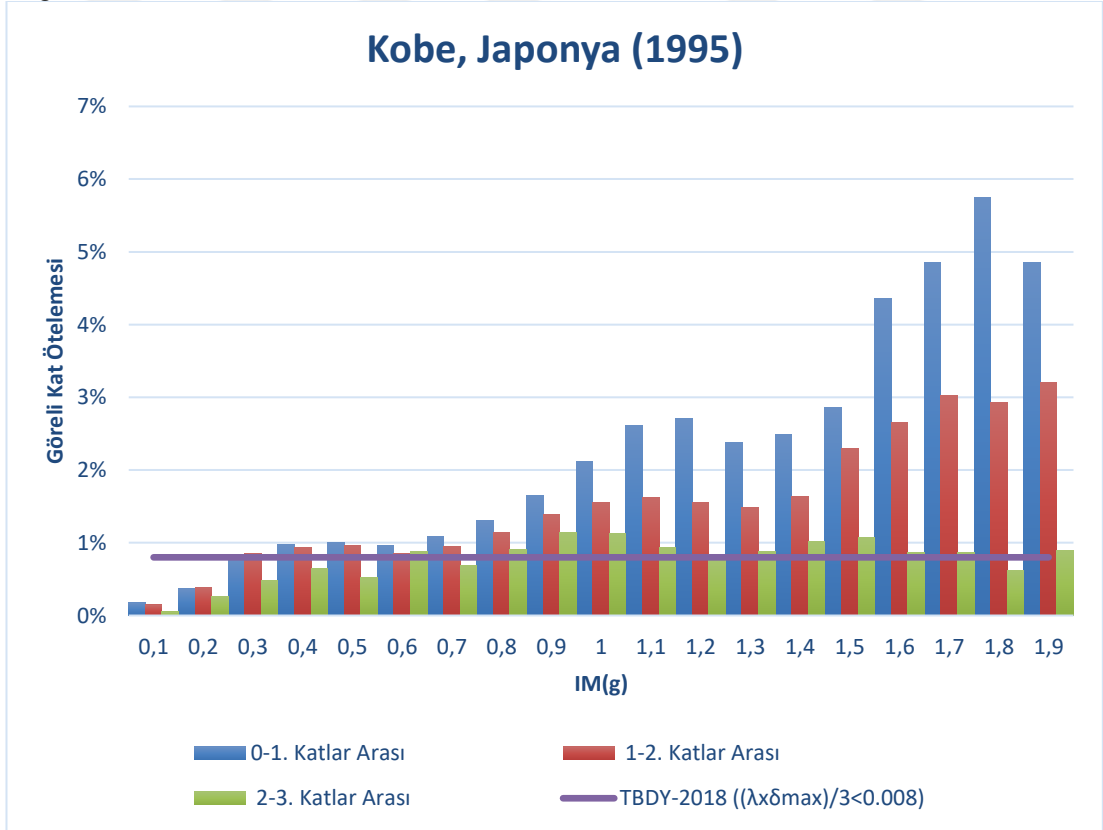
Ek 91: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



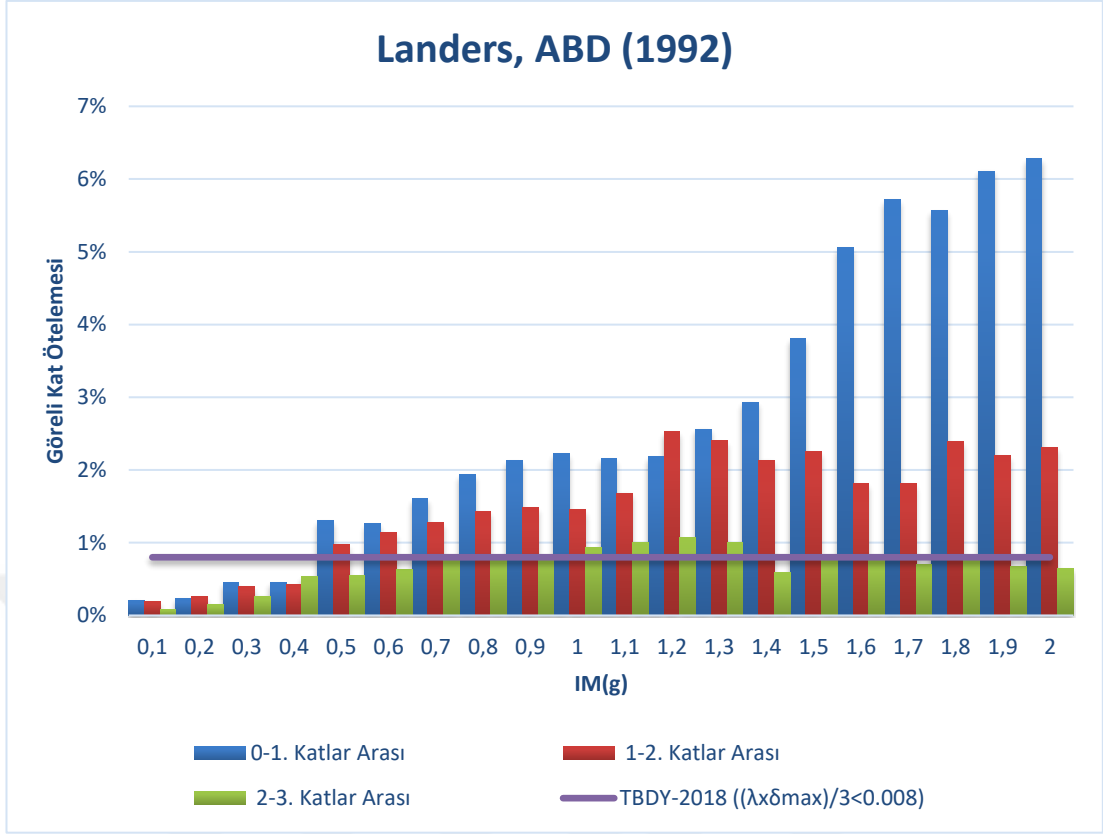
Ek 92: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



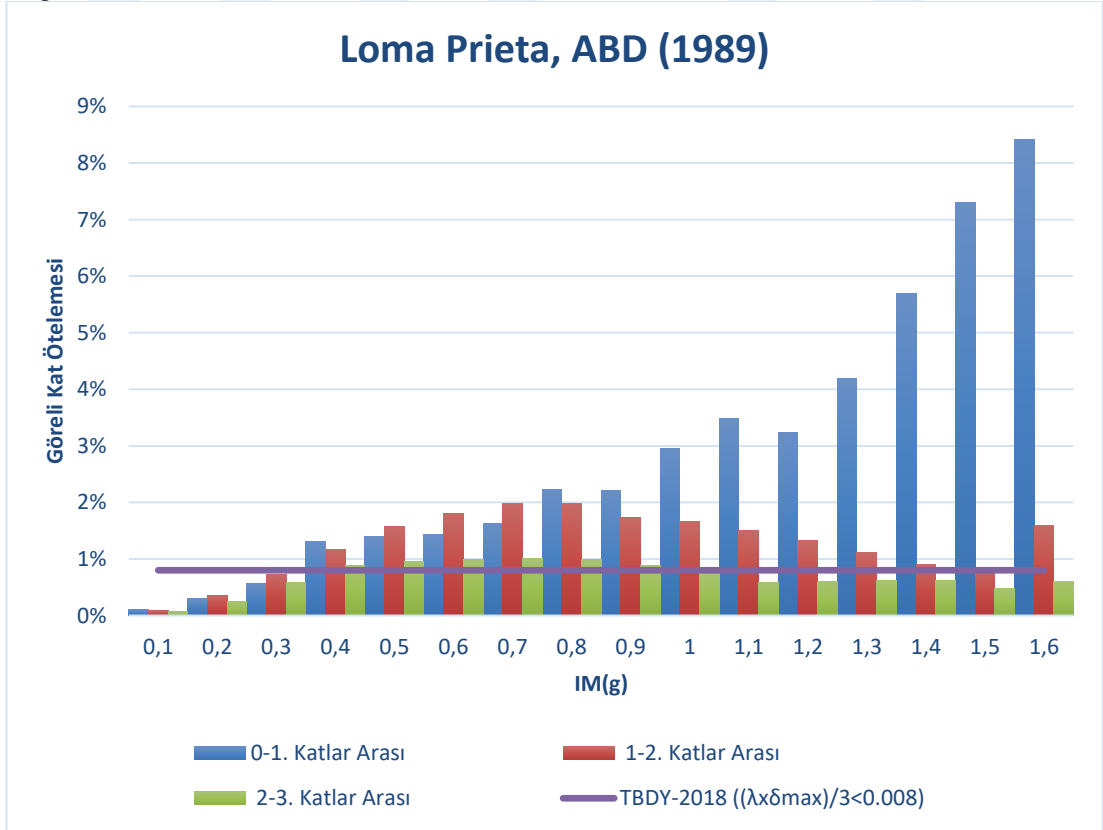
Ek 93: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



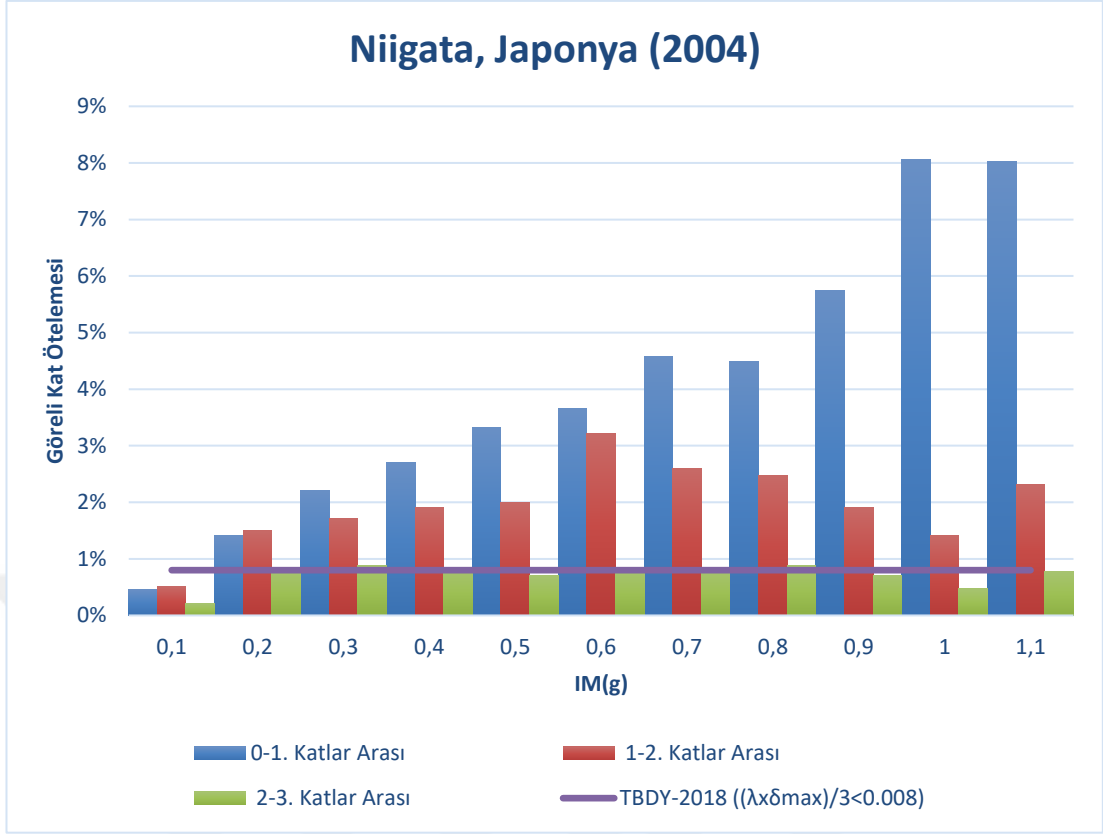
Ek 94: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



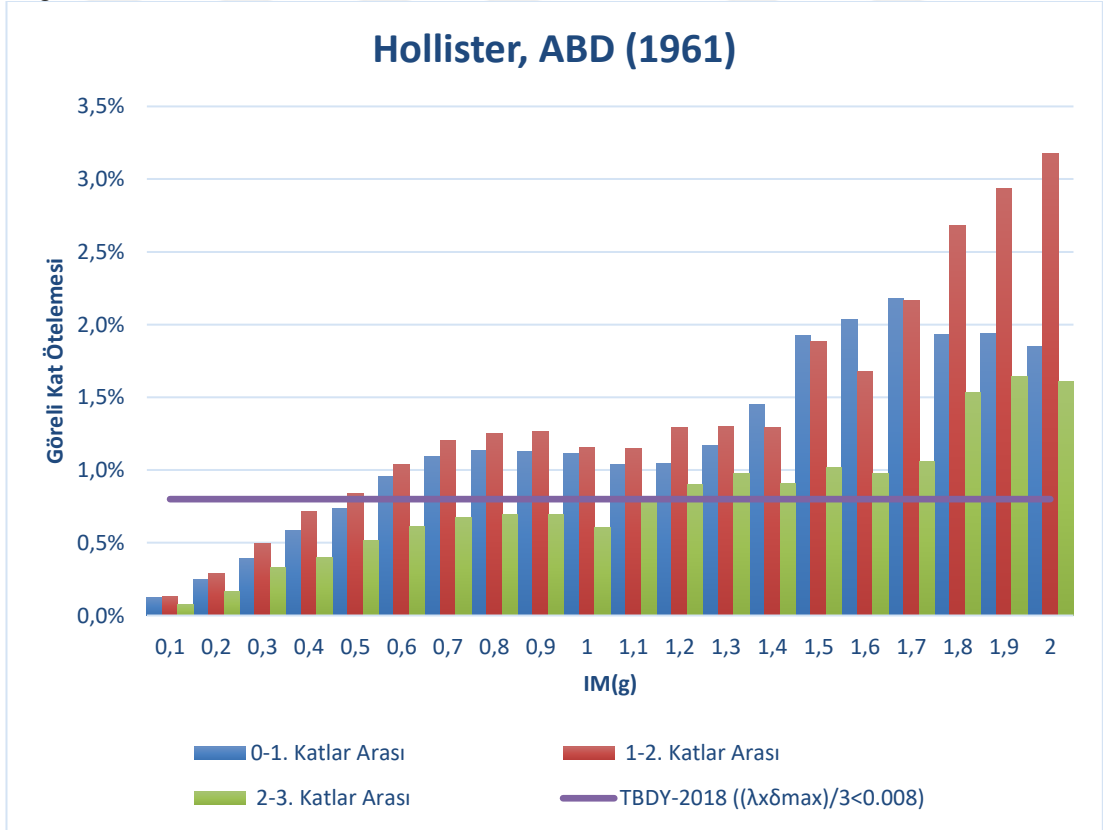
Ek 95: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



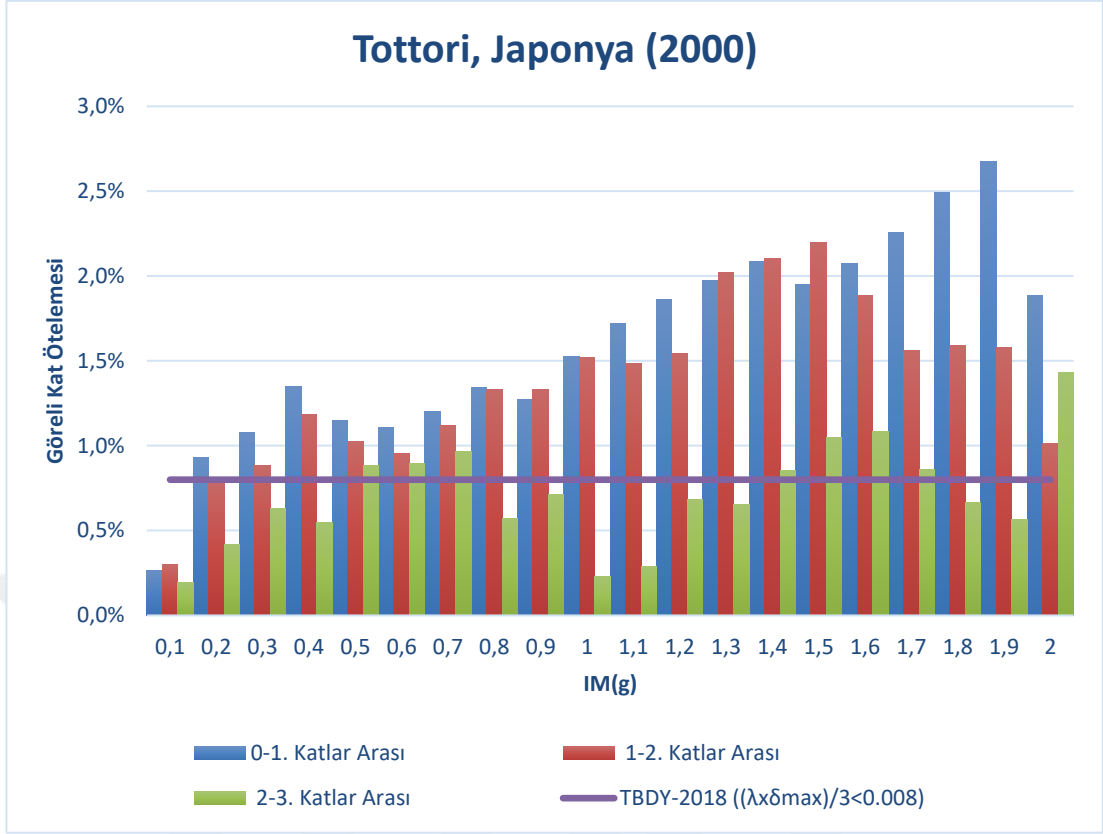
Ek 96: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



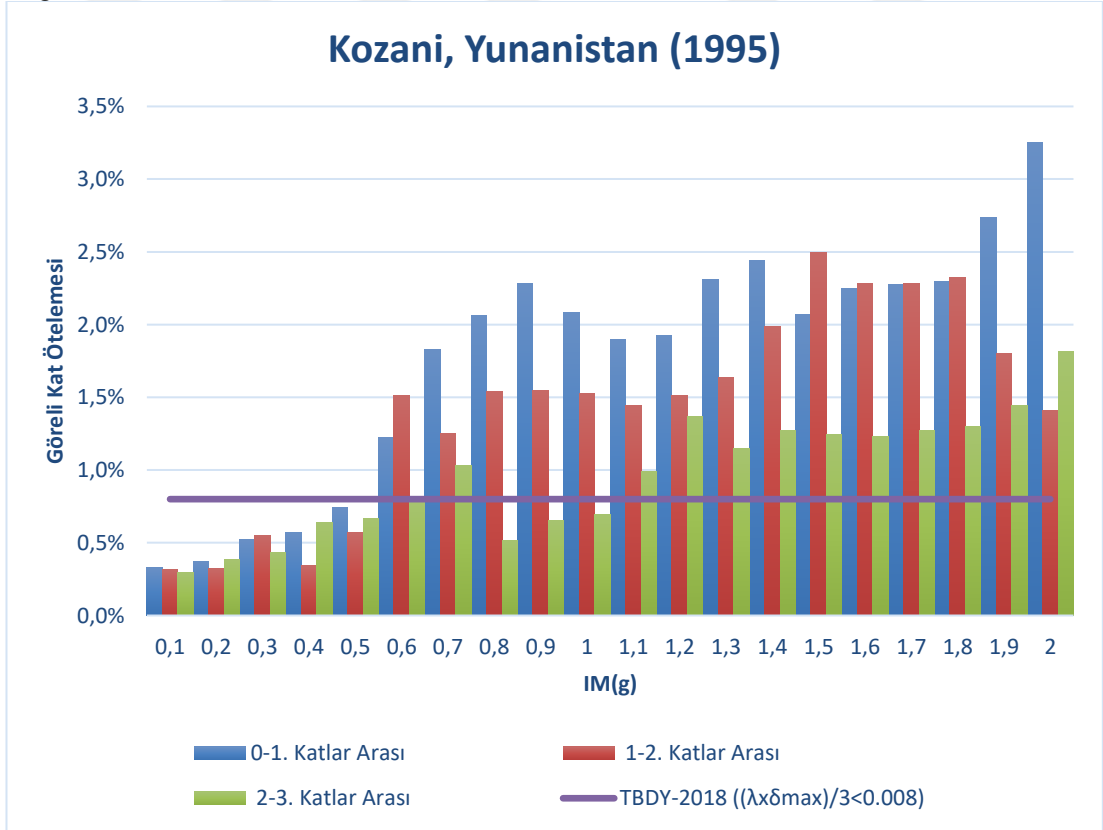
Ek 97: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



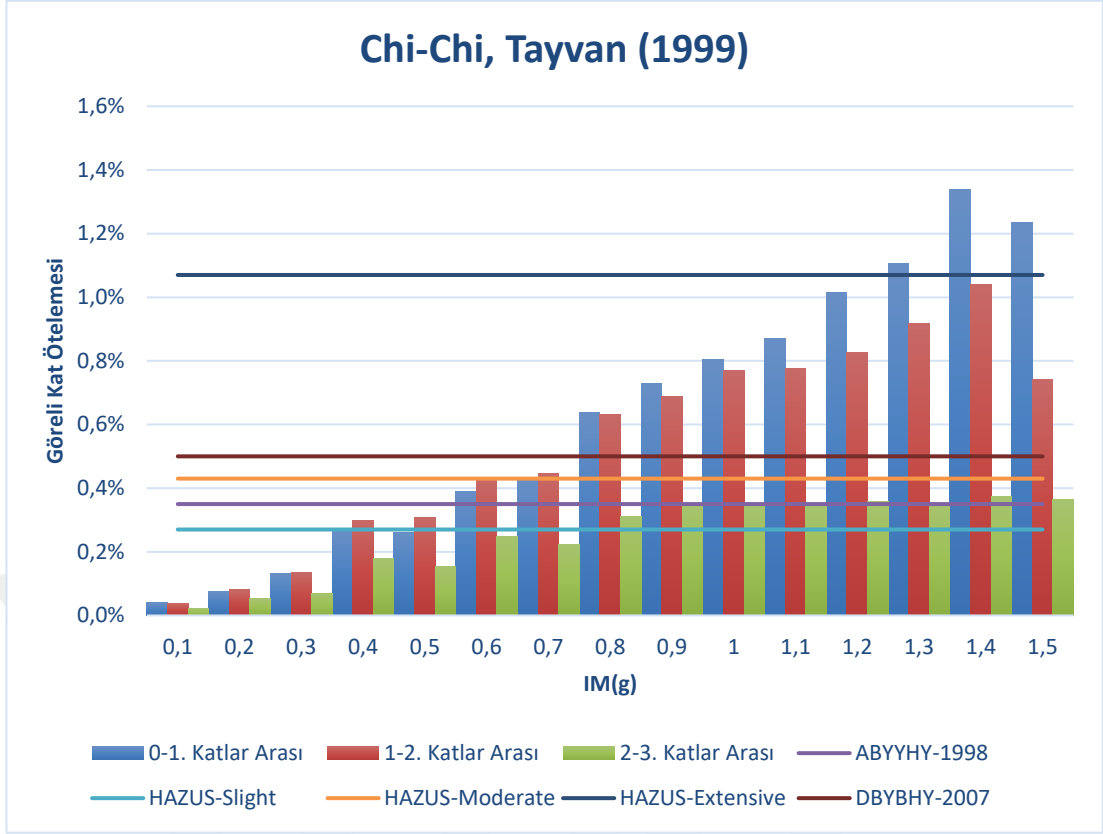
Ek 98: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



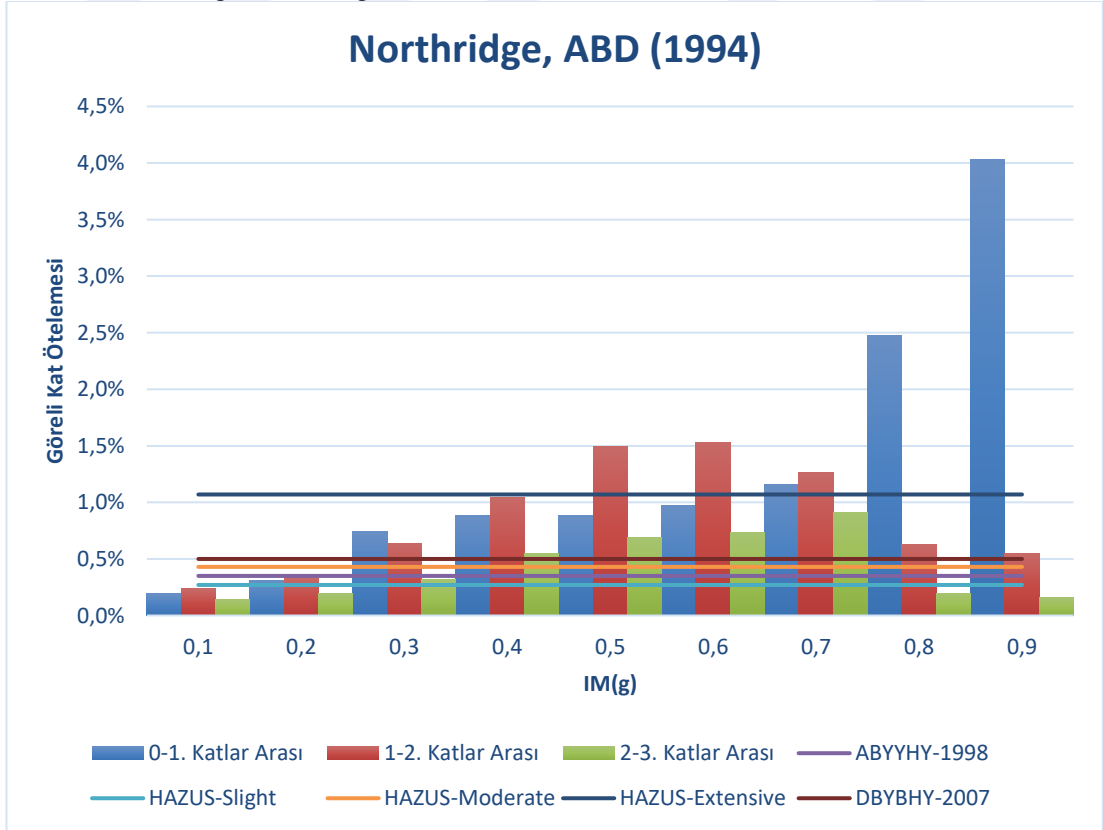
Ek 99: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



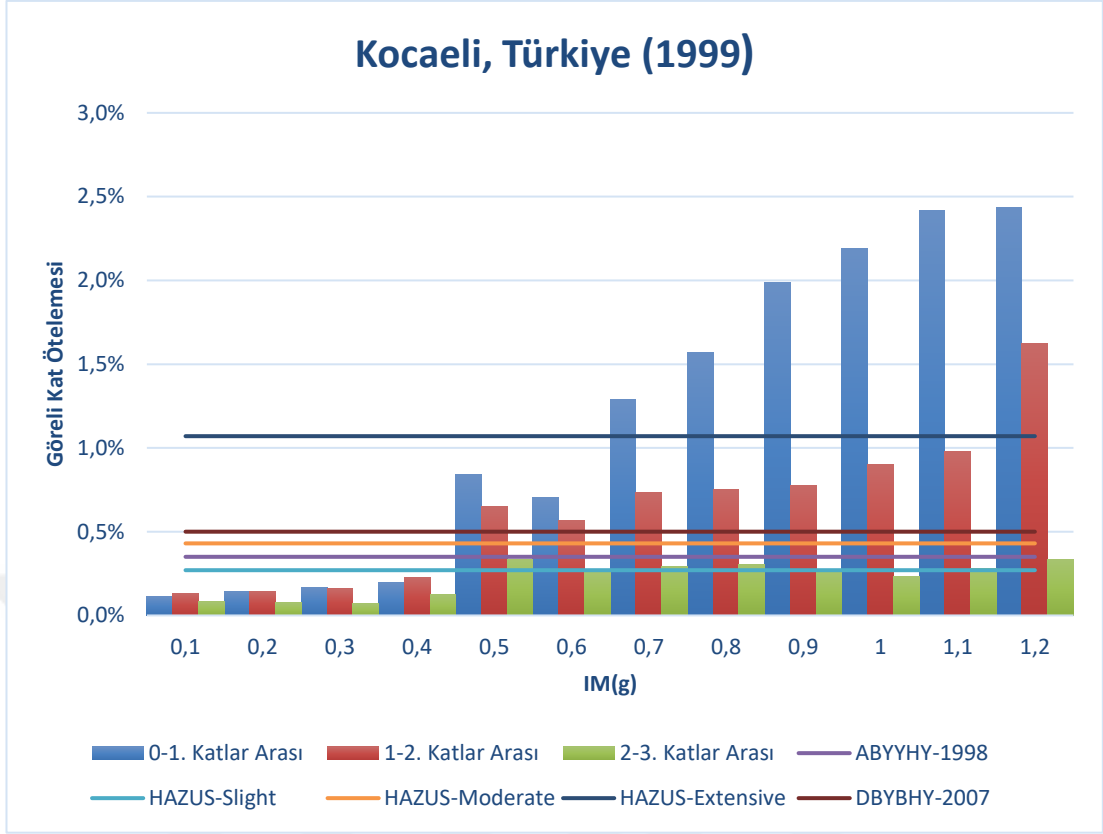
Ek 100: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, X Doğrultusu



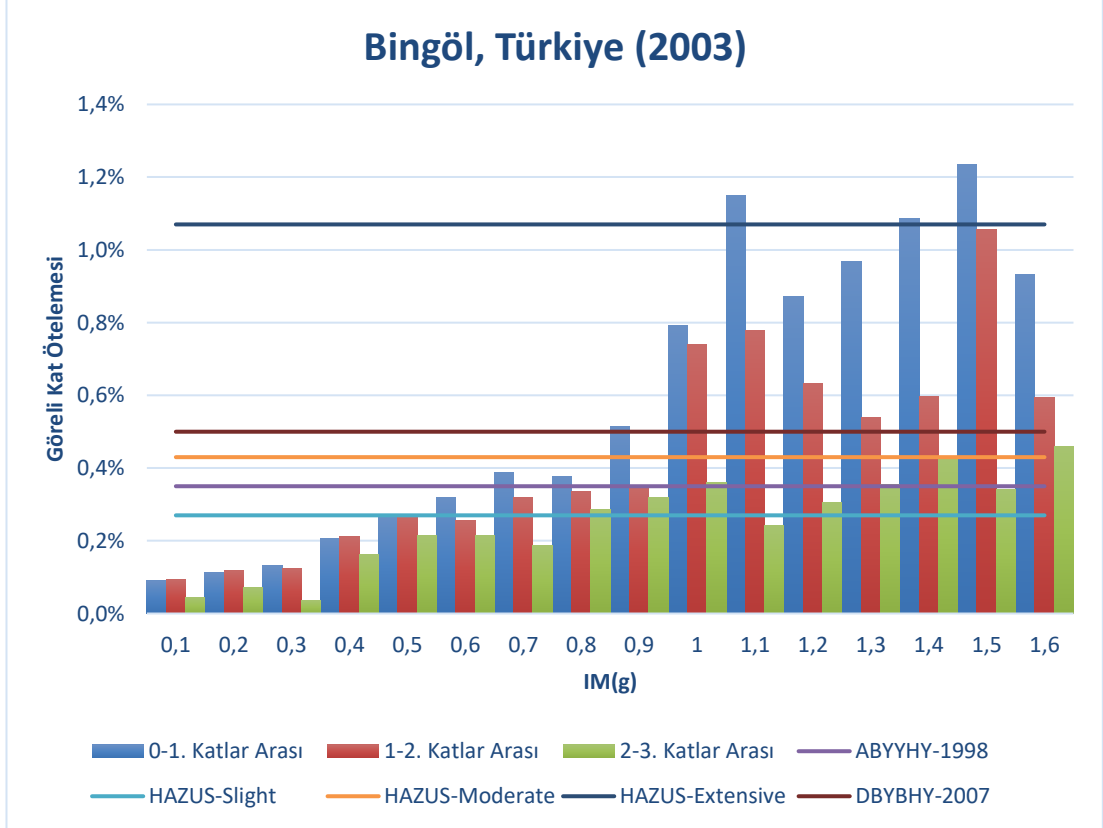
Ek 101: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



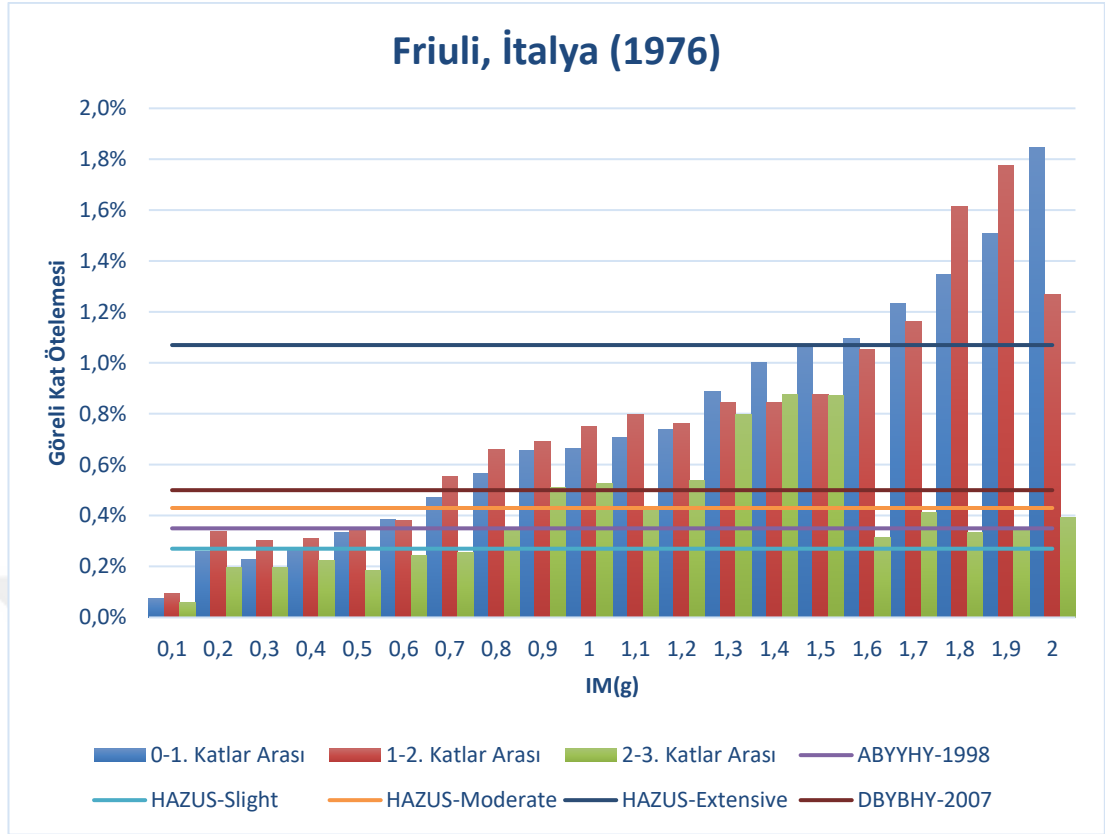
Ek 102: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



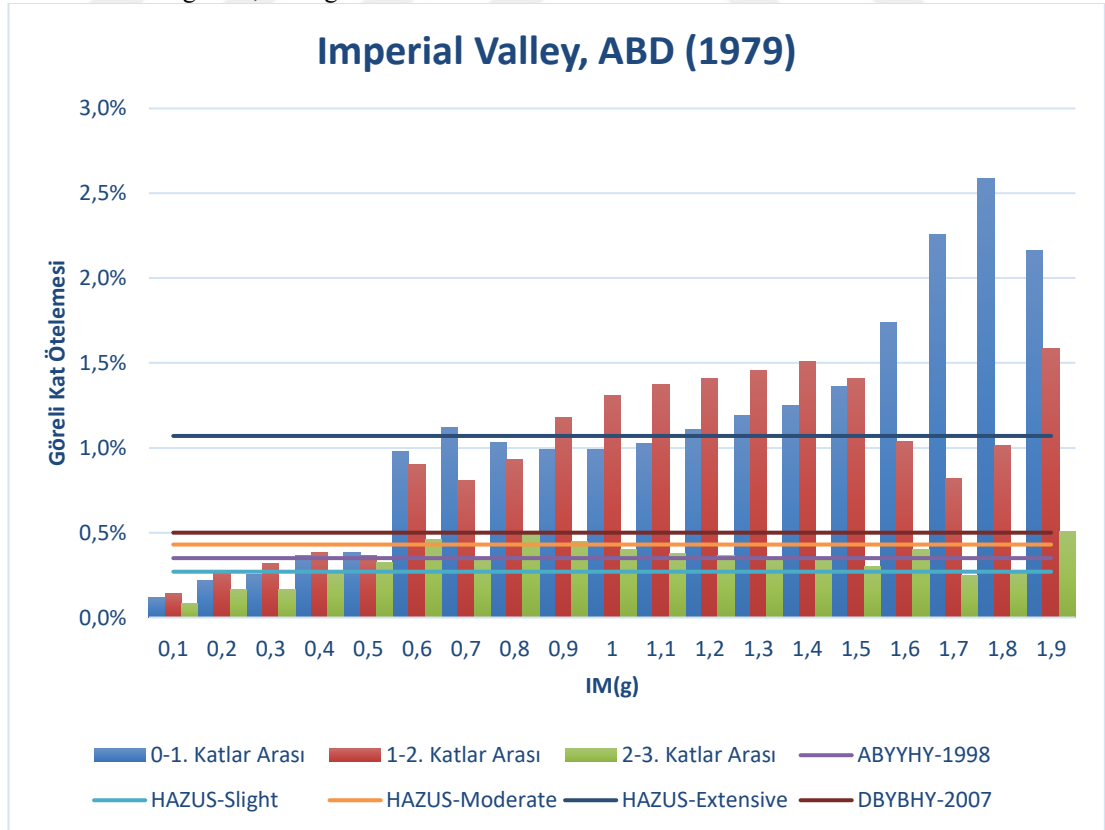
Ek 103: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



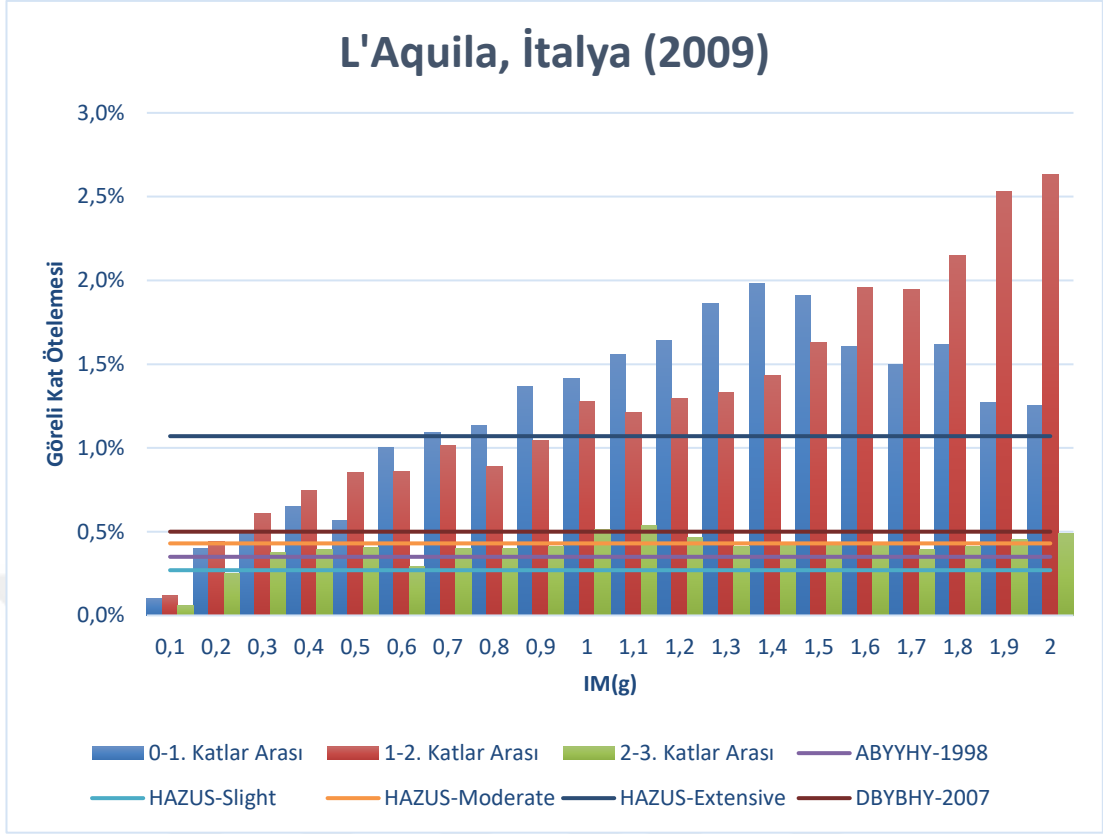
Ek 104: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



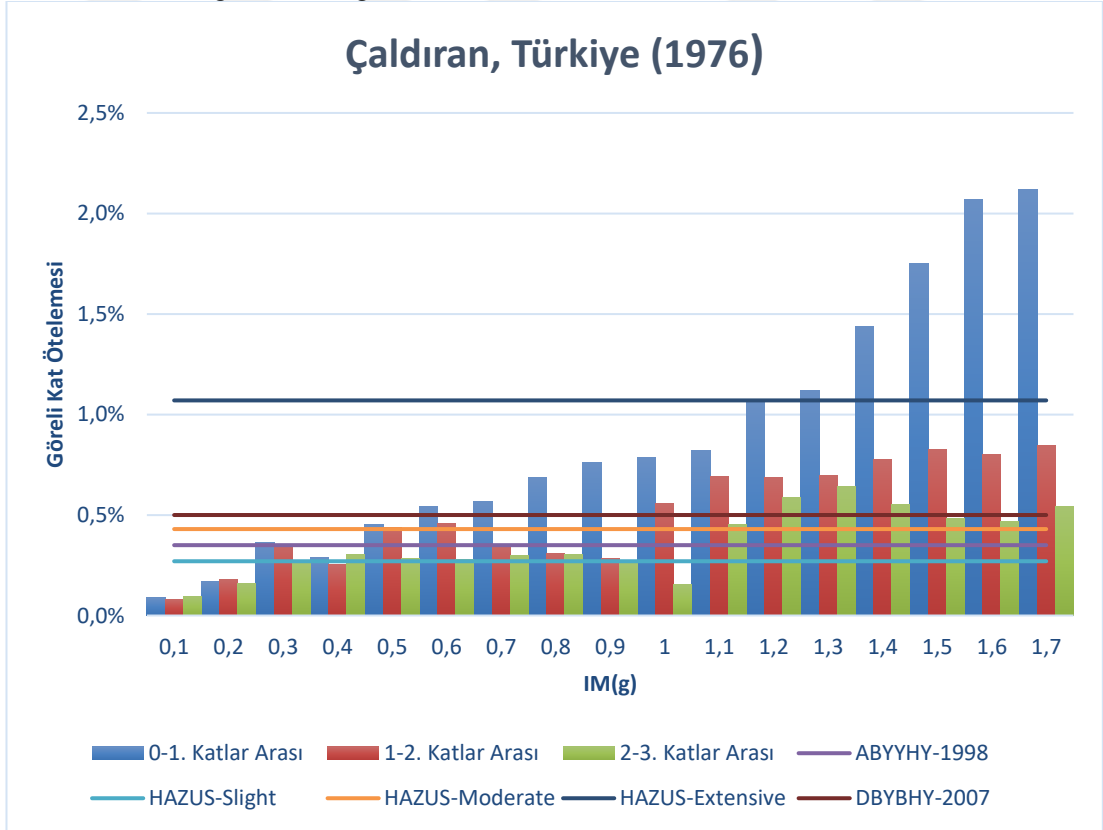
Ek 105: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



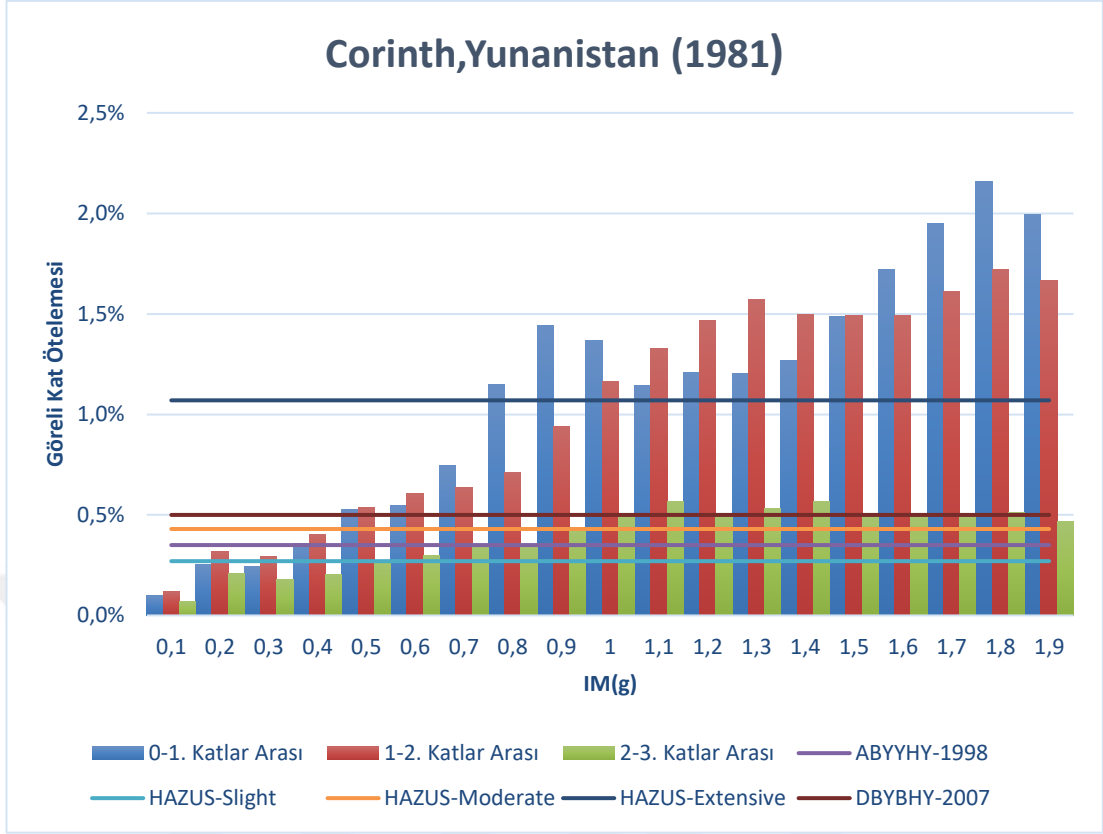
Ek 106: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



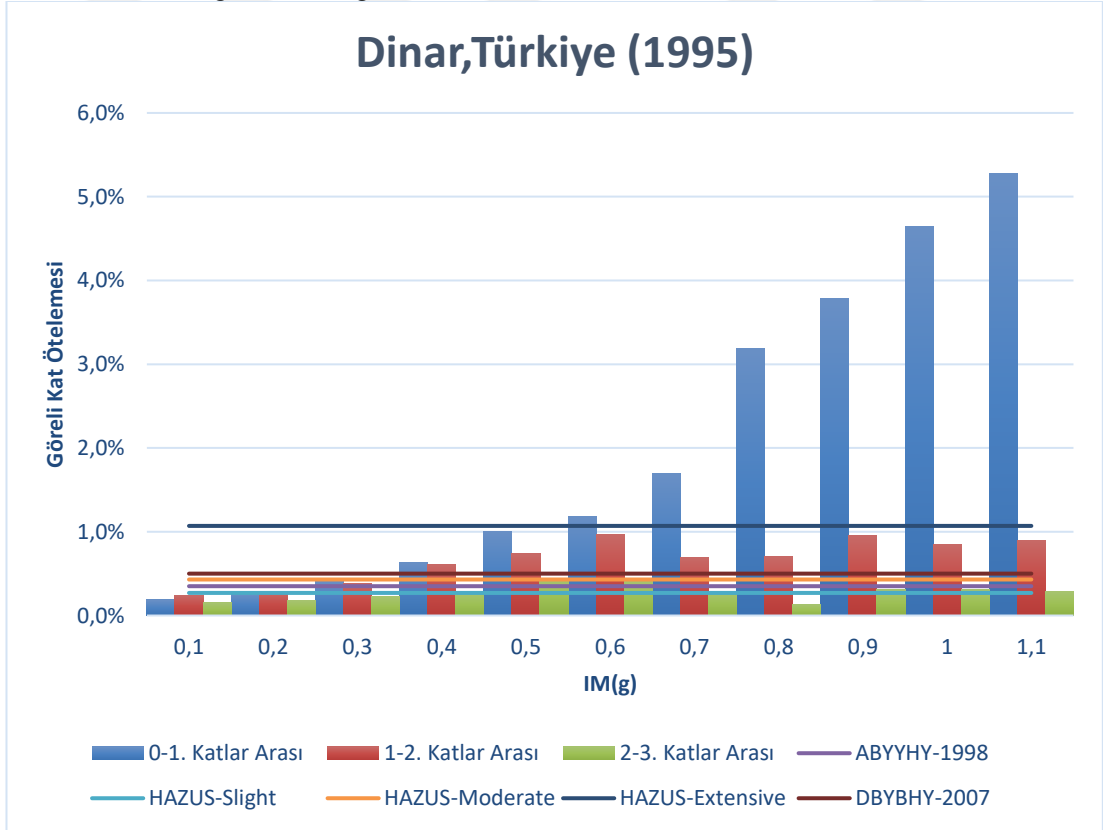
Ek 107: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



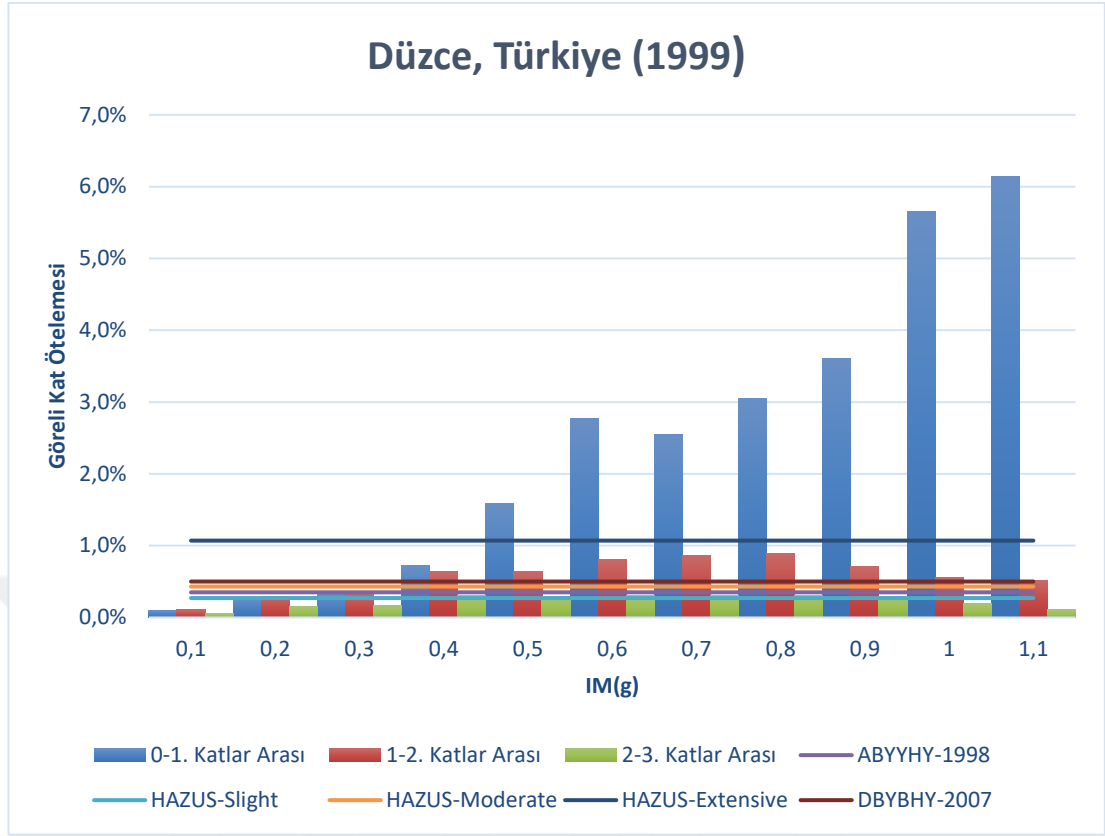
Ek 108: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



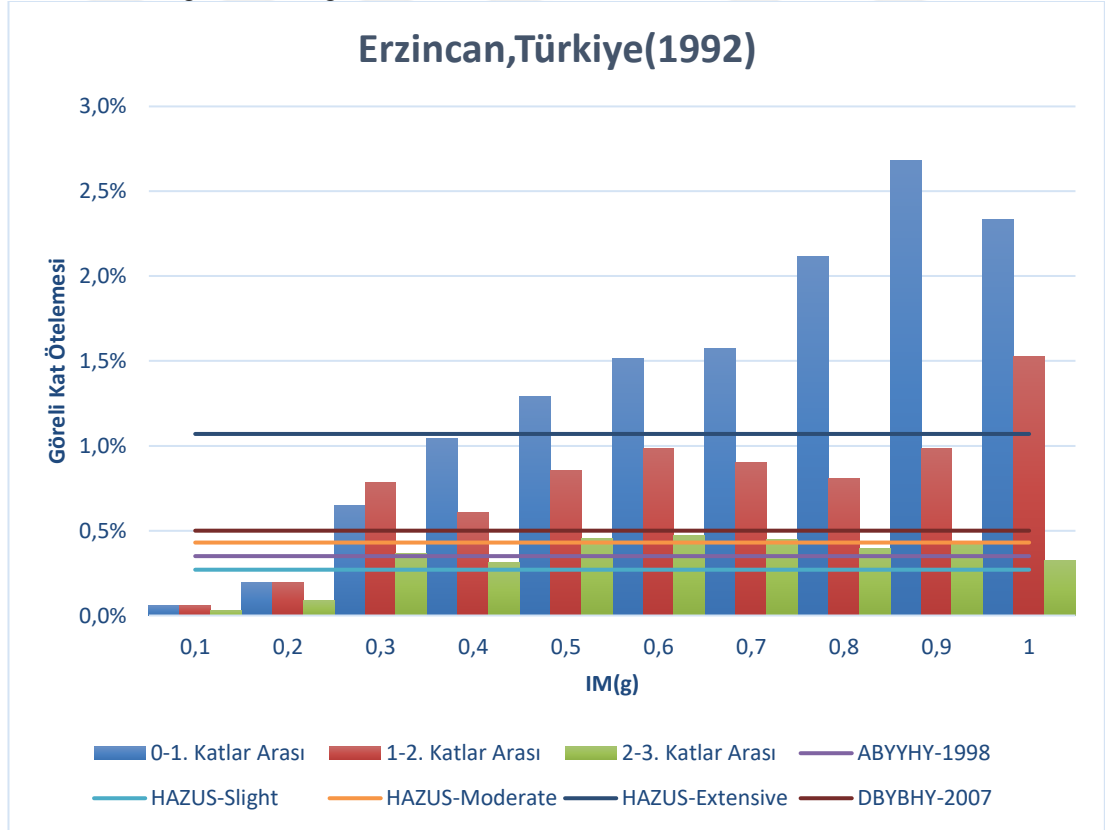
Ek 109: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



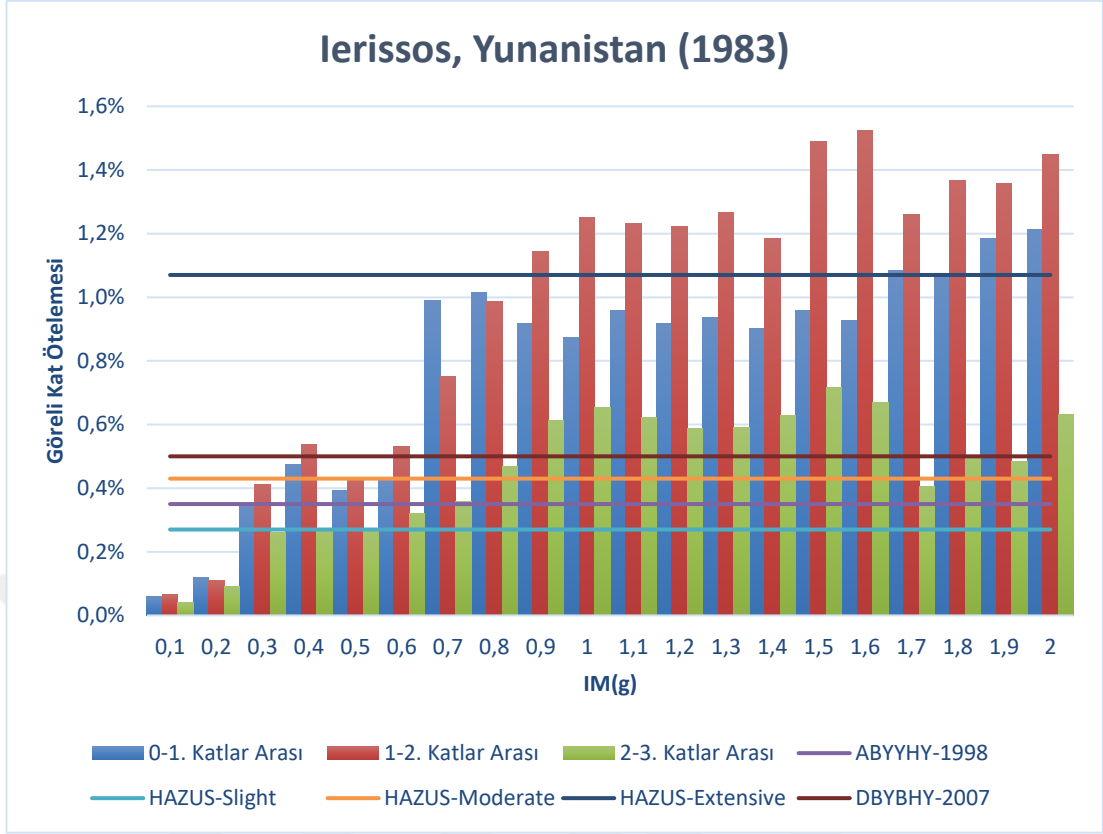
Ek 110: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



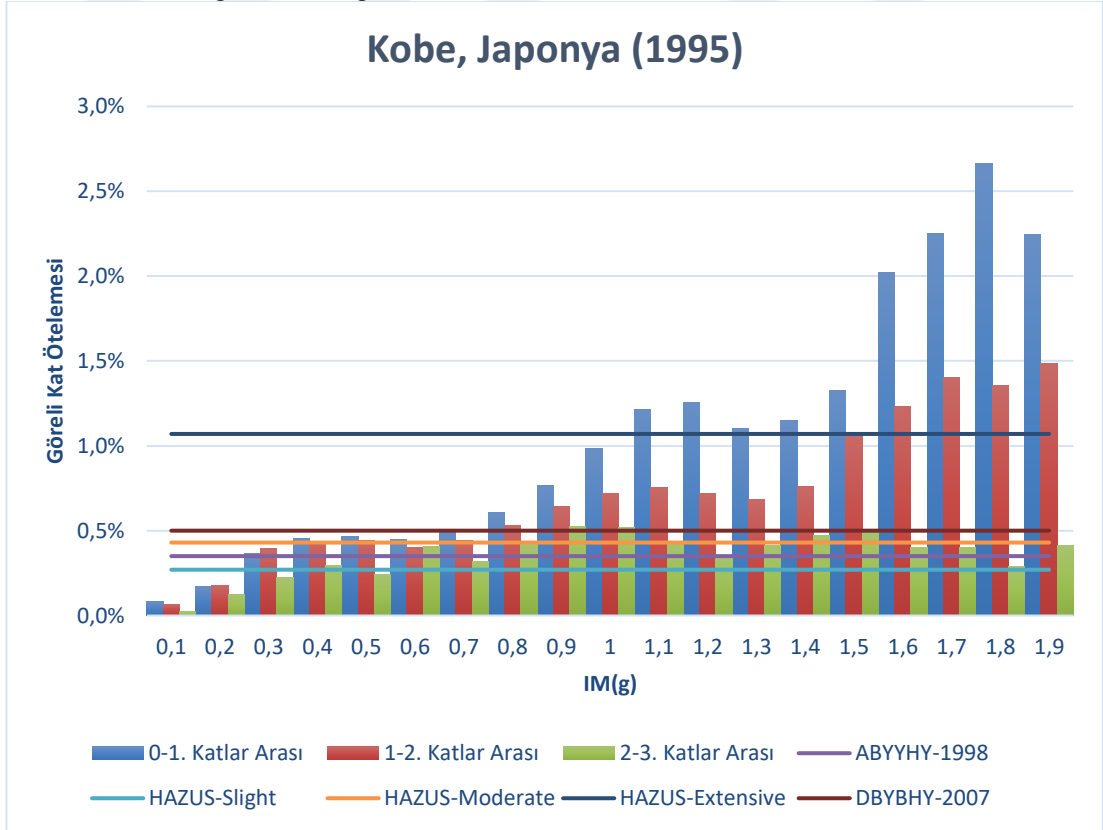
Ek 111: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



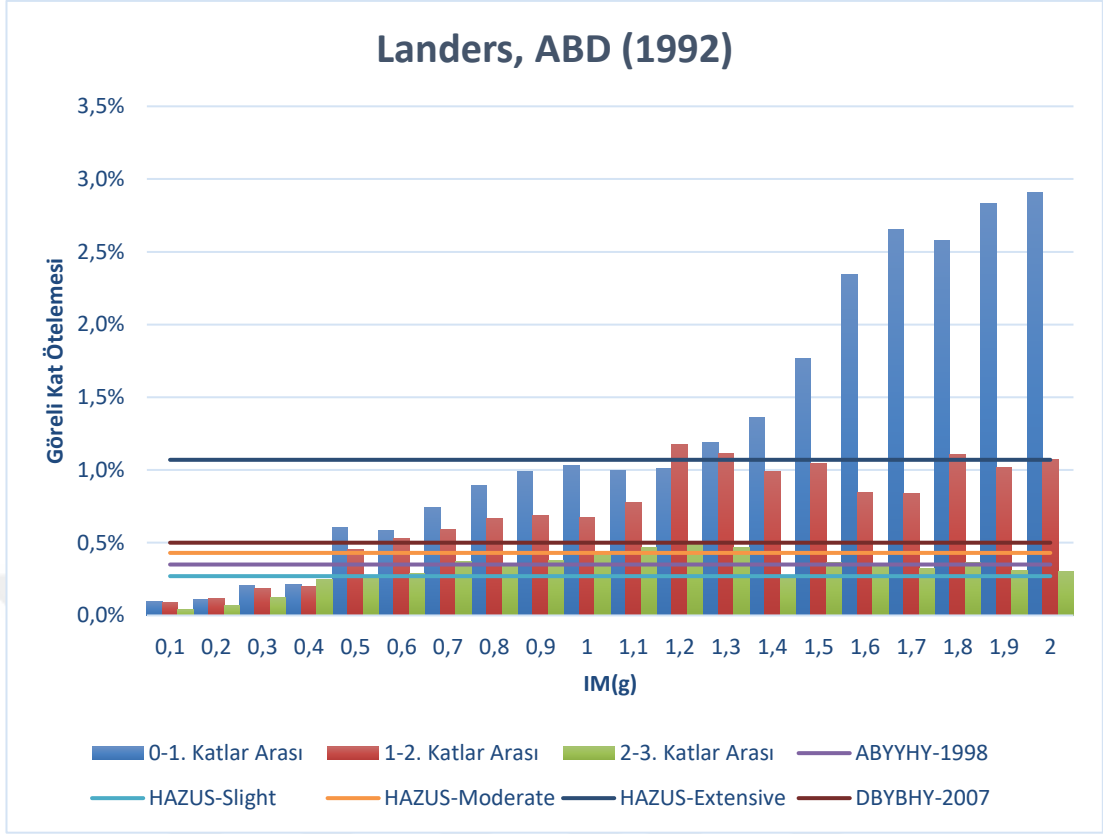
Ek 112: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



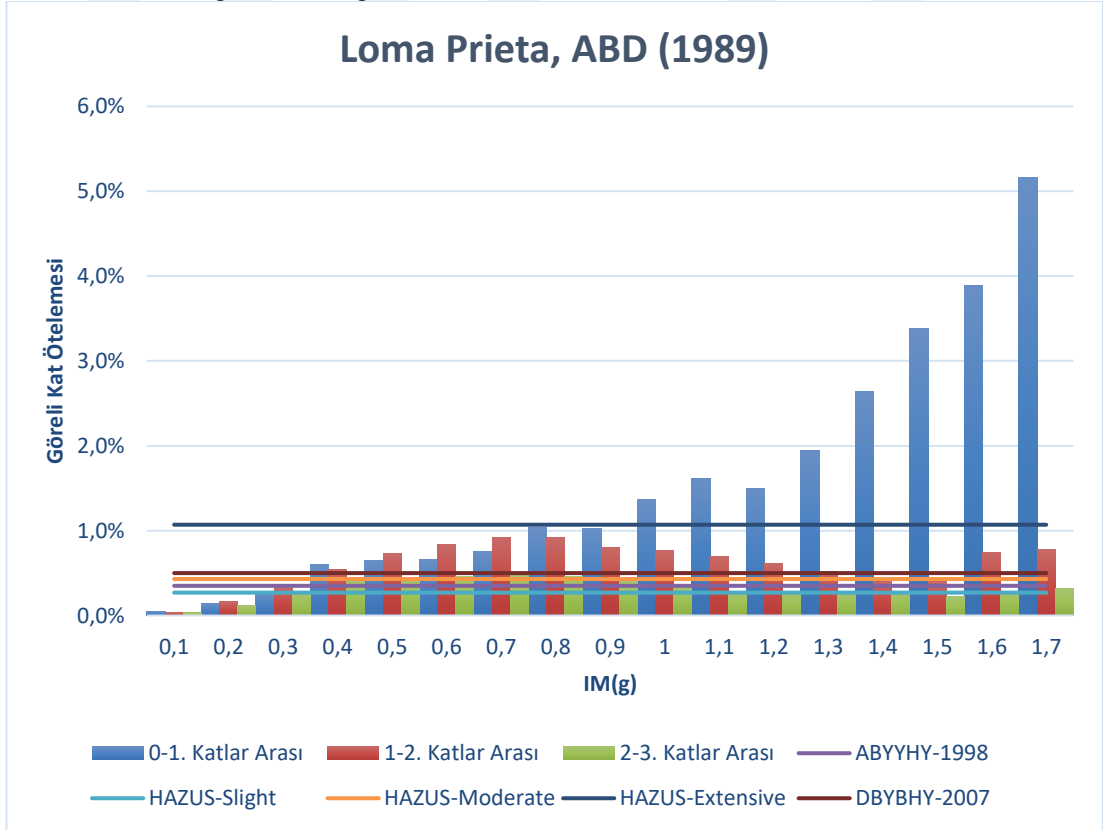
Ek 113: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



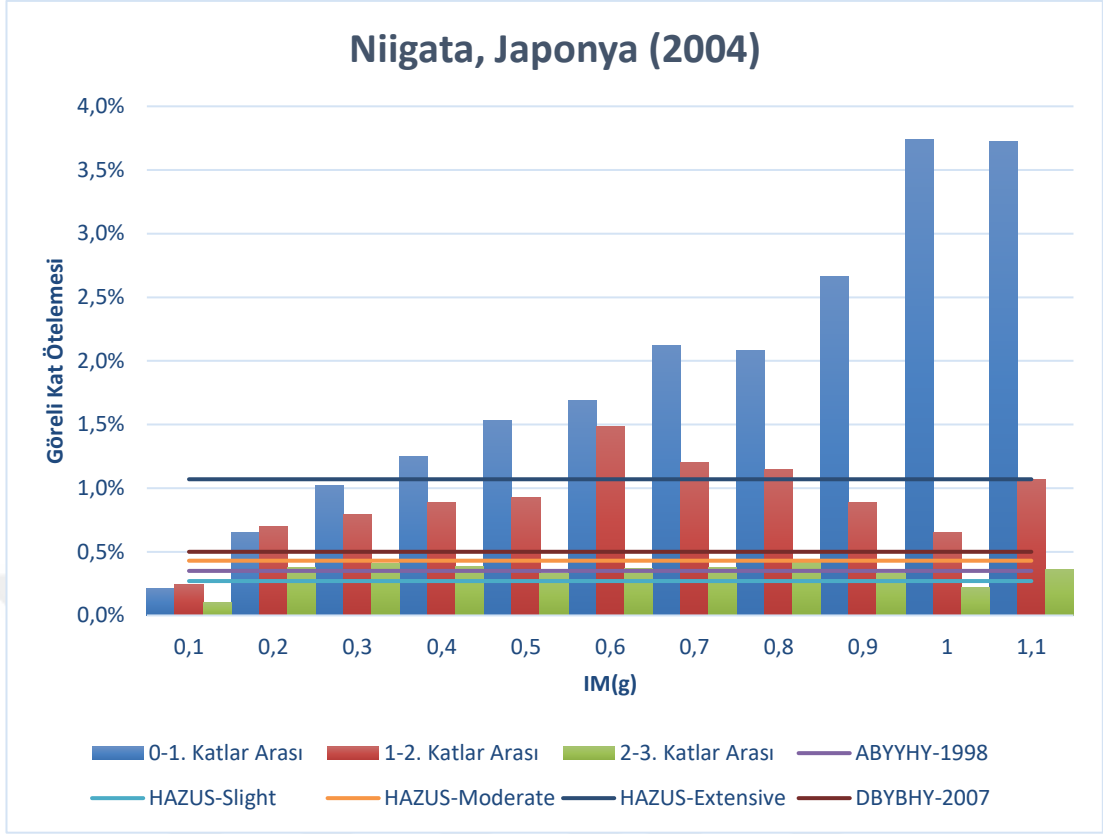
Ek 114: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



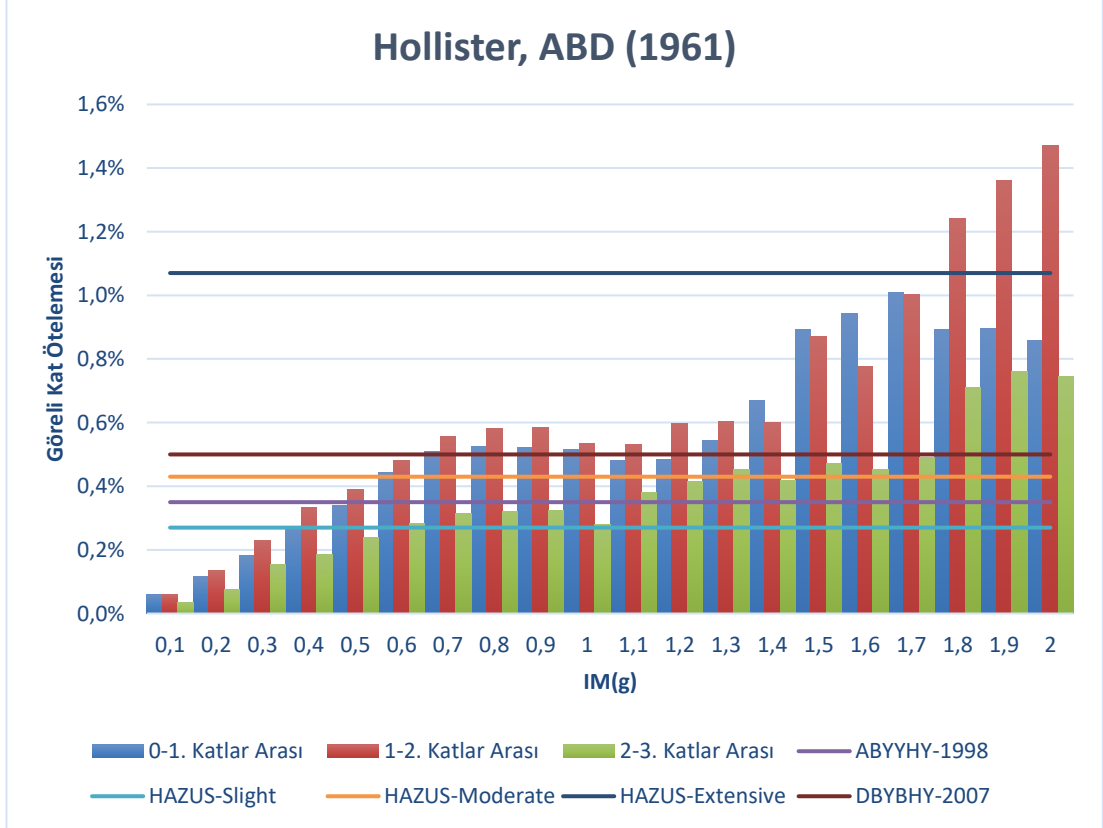
Ek 115: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



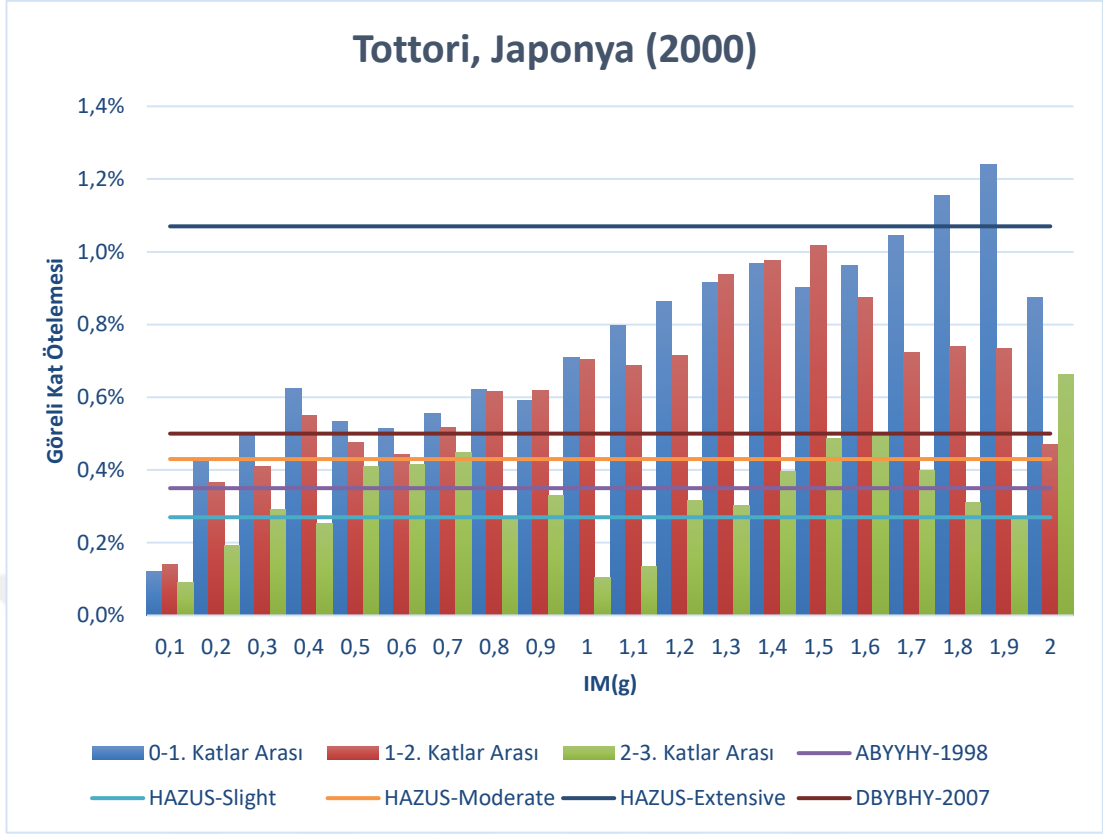
Ek 116: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



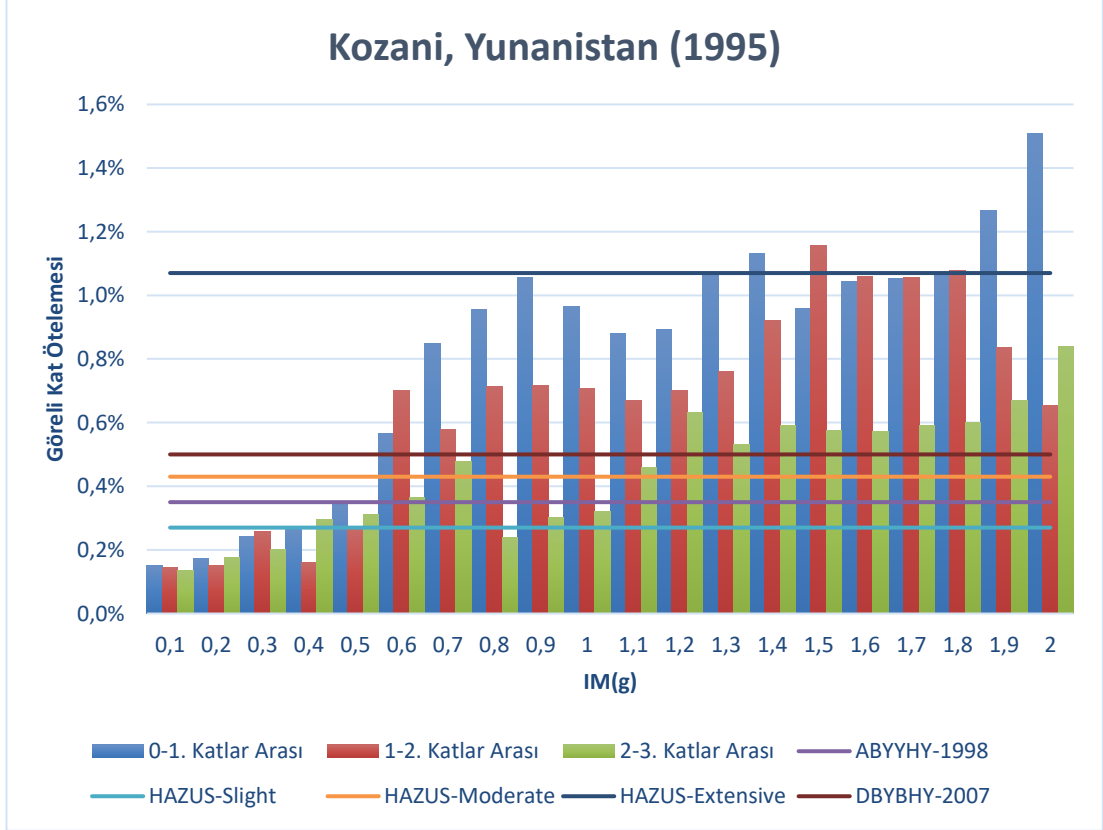
Ek 117: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu



Ek 118: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

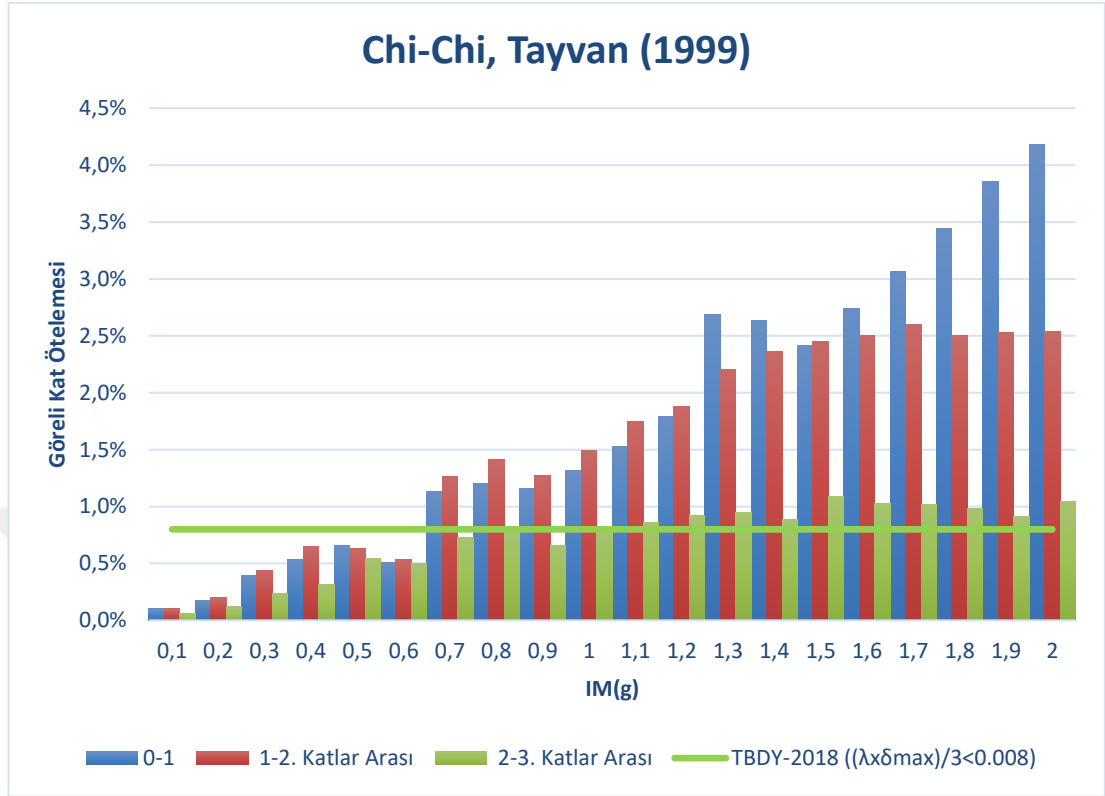


Ek 119: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

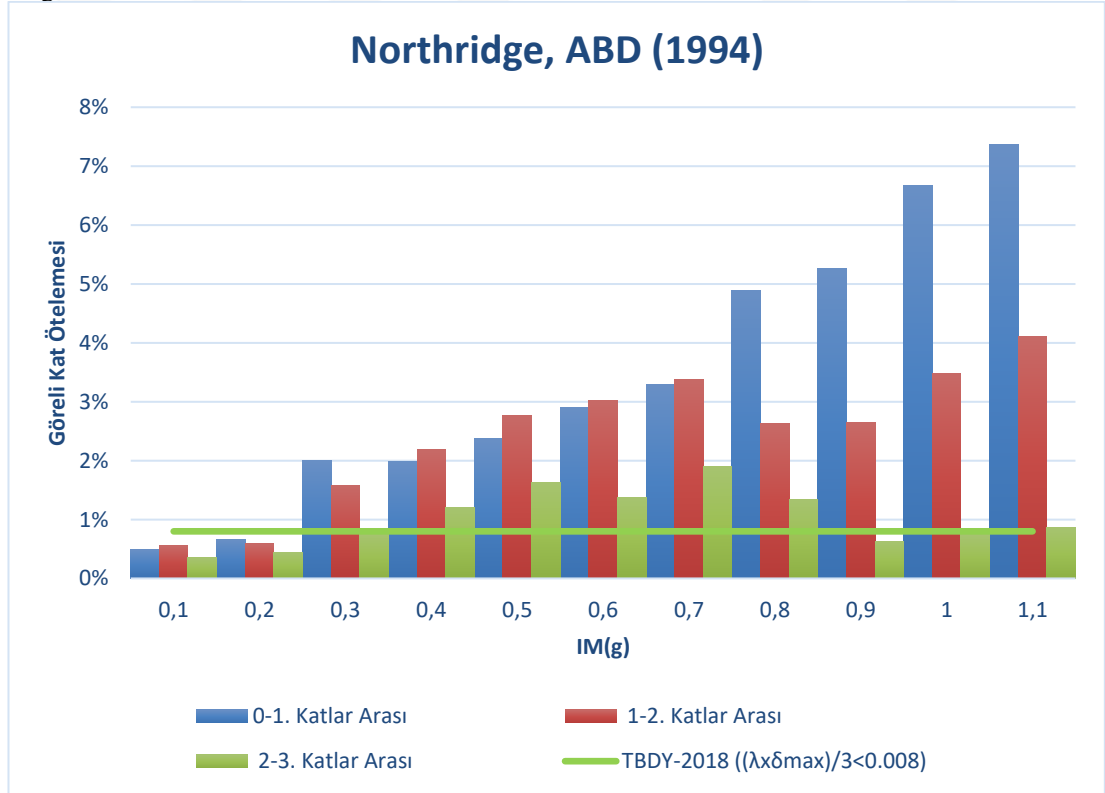


Ek 120: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, X Doğrultusu

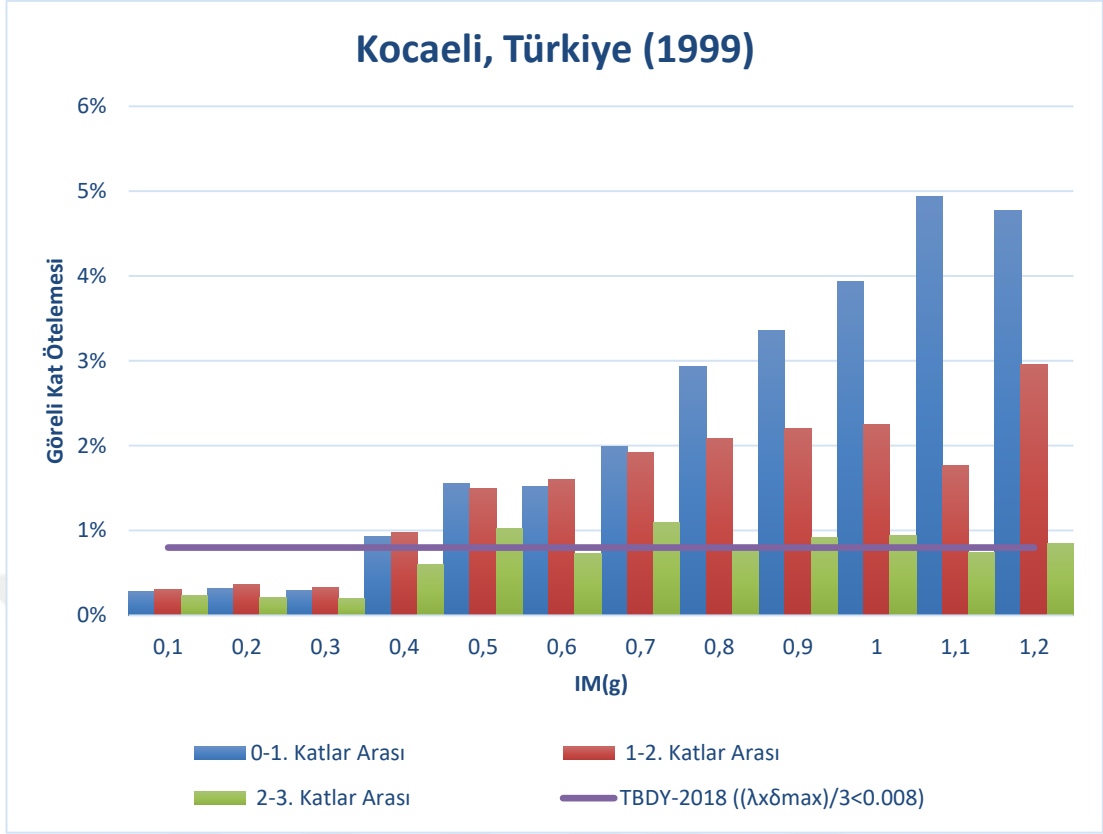
Ek 4: Güncellenmiş Yapı Y Doğrultusu Görelî Kat Öteleme Oranları



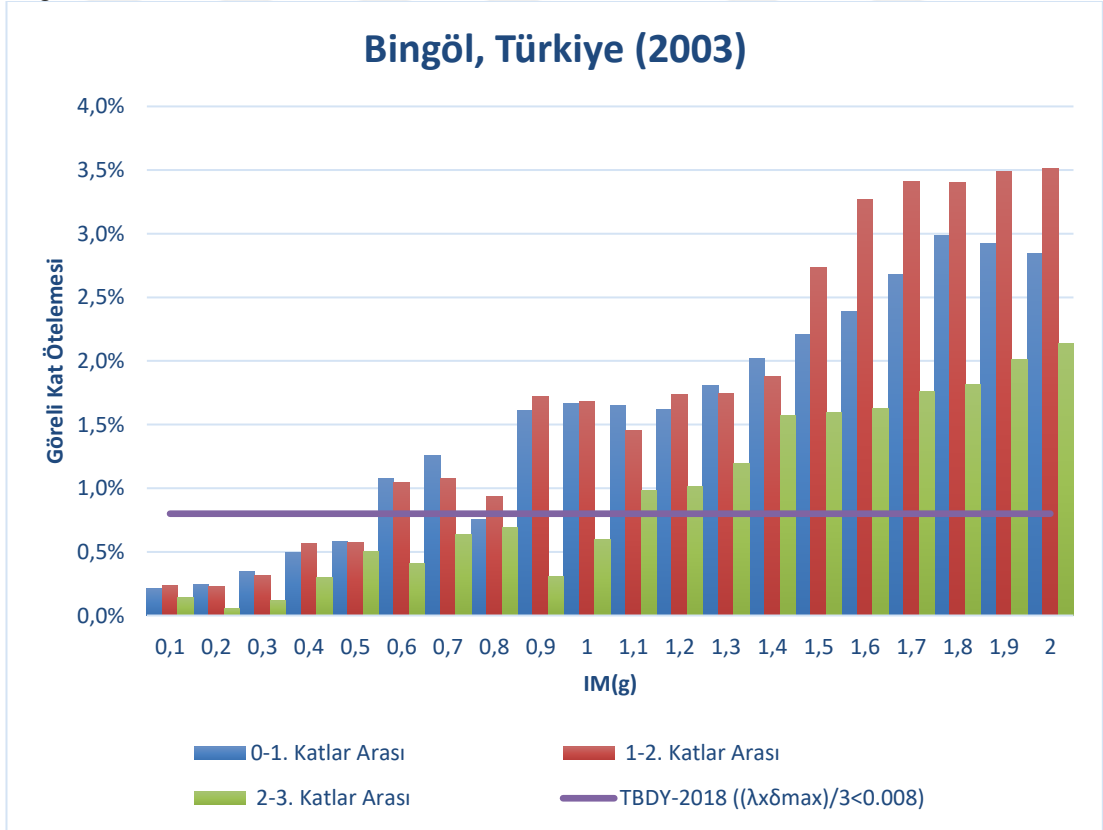
Ek 121: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



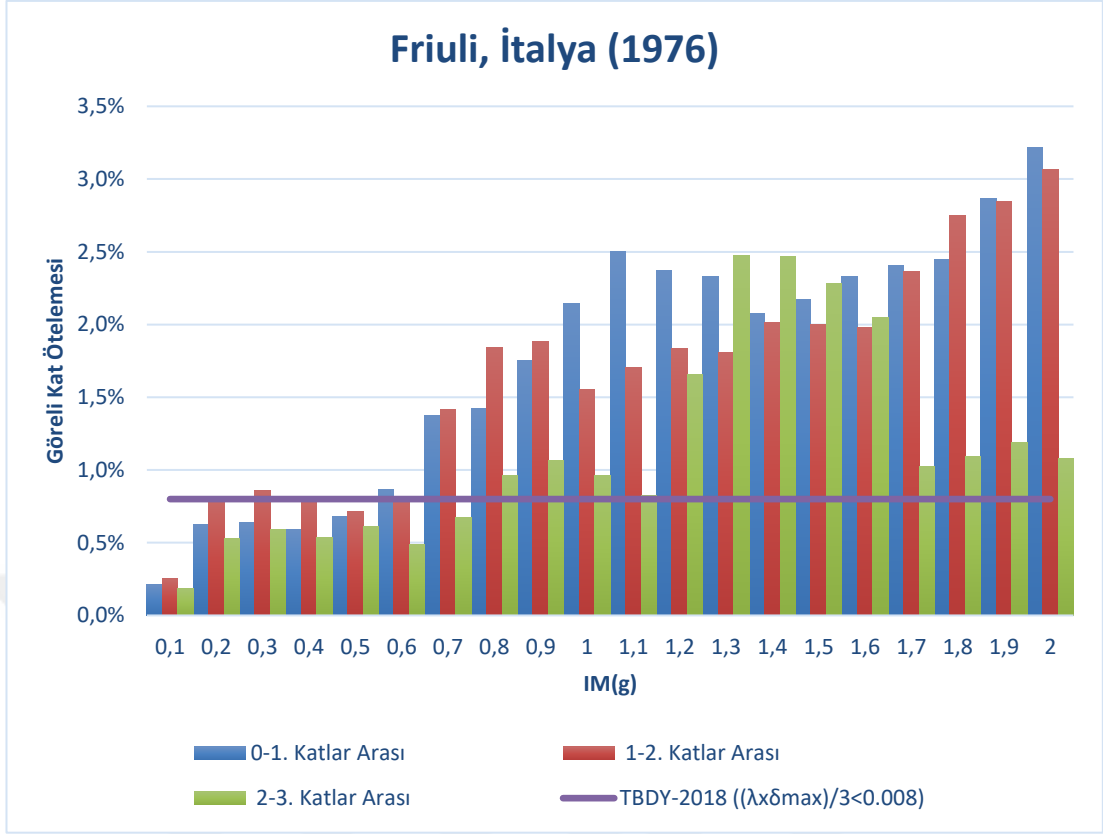
Ek 122: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBODY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



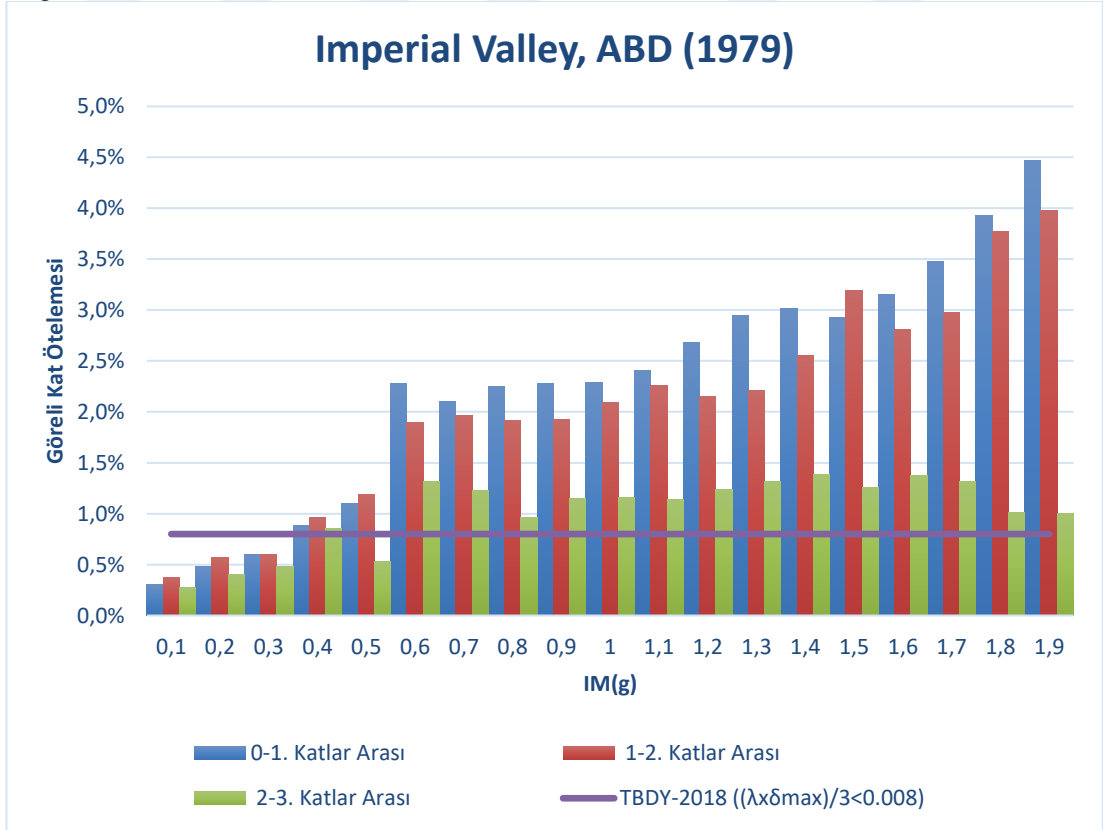
Ek 123: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



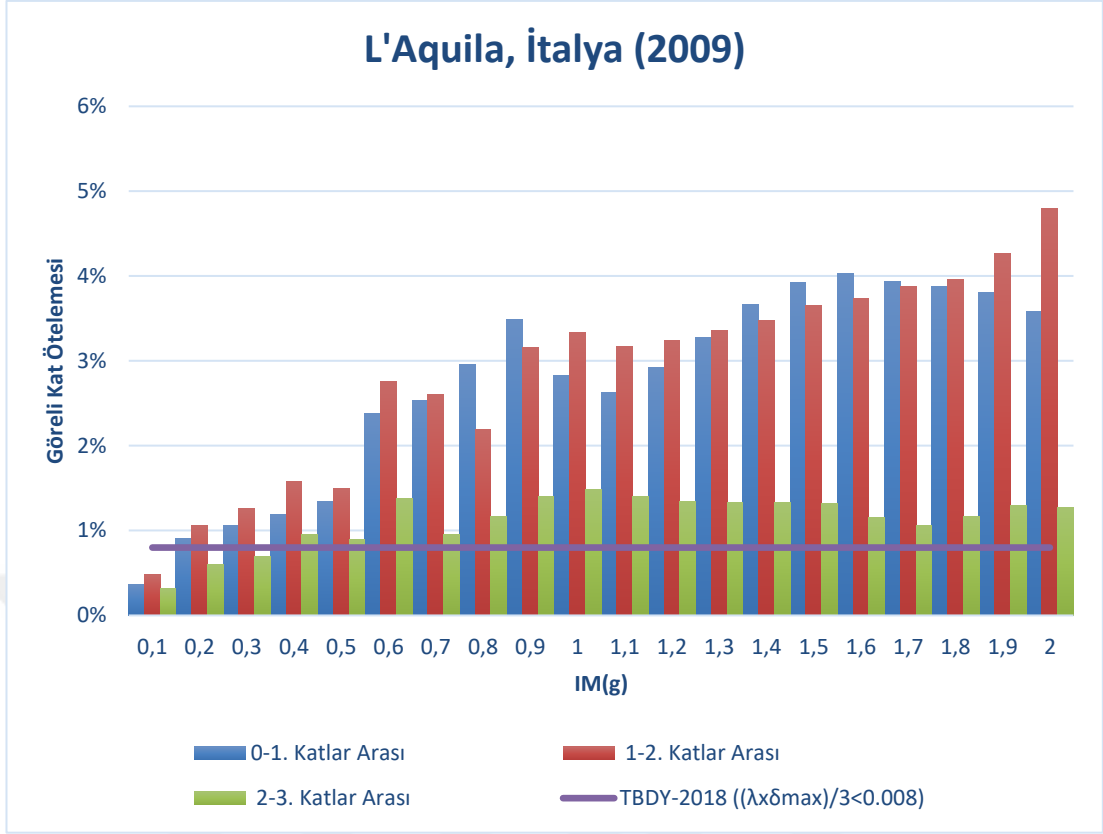
Ek 124: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



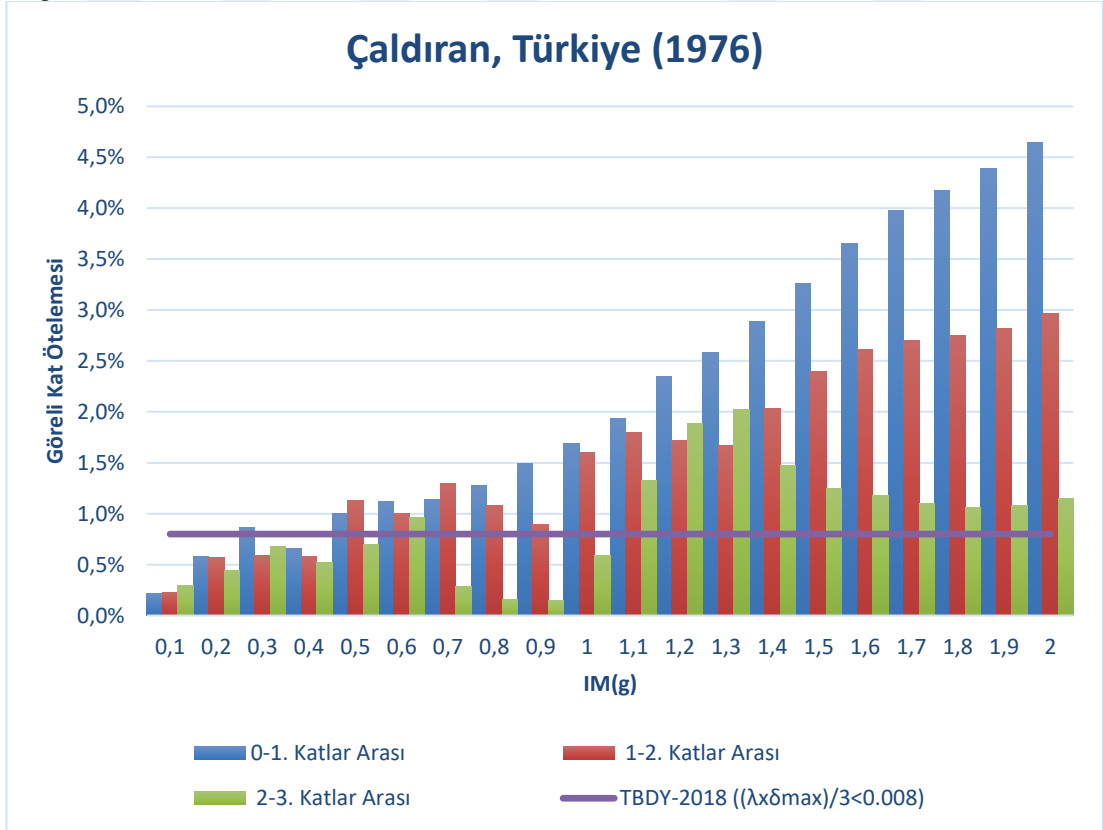
Ek 125: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



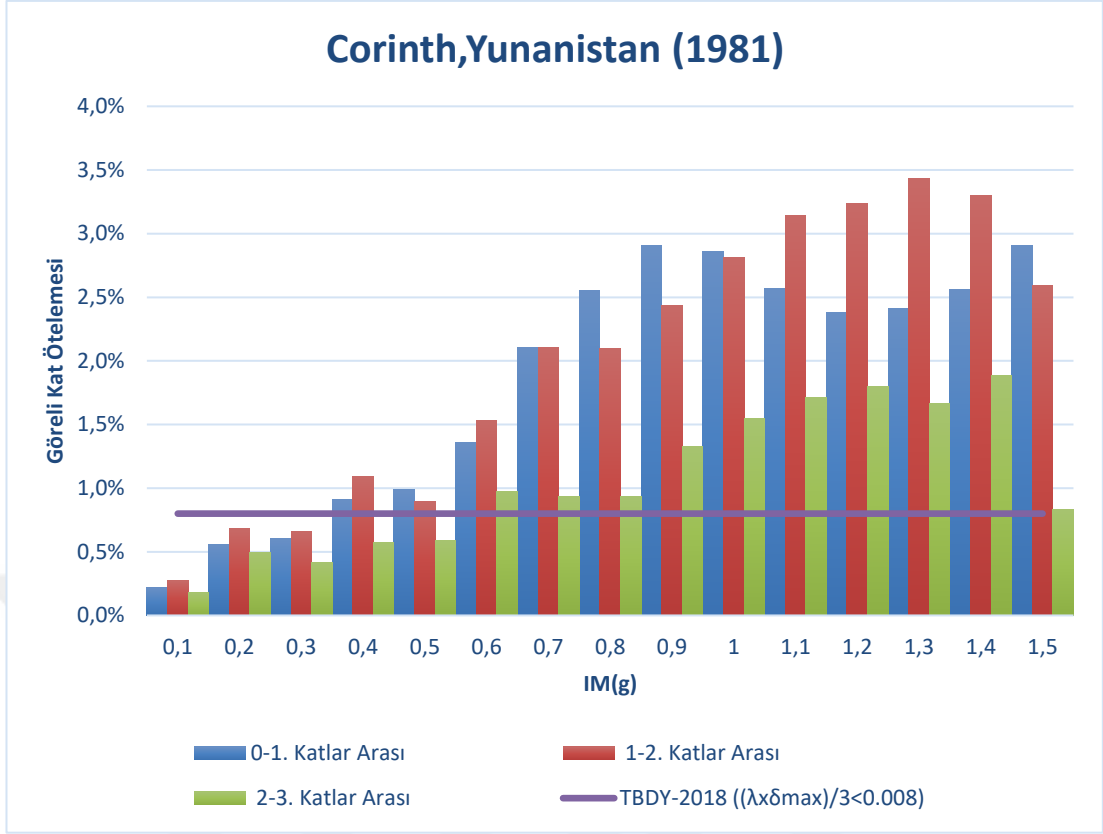
Ek 126: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



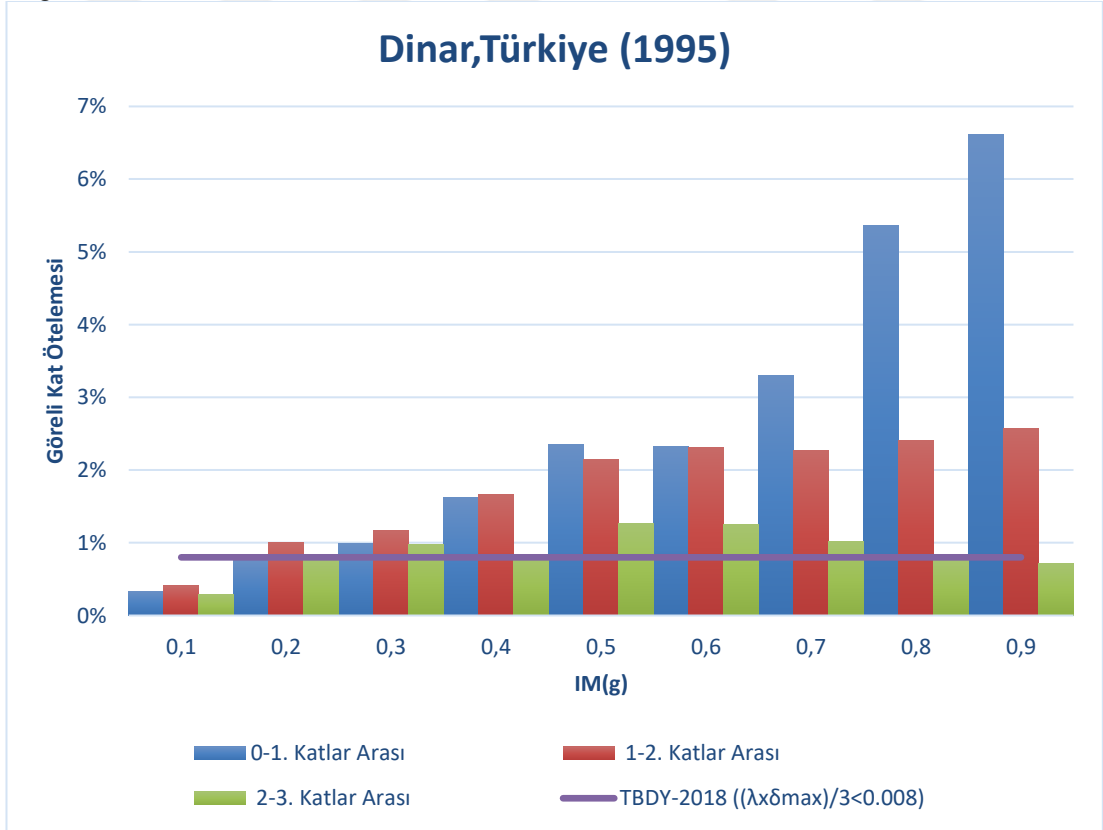
Ek 127: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



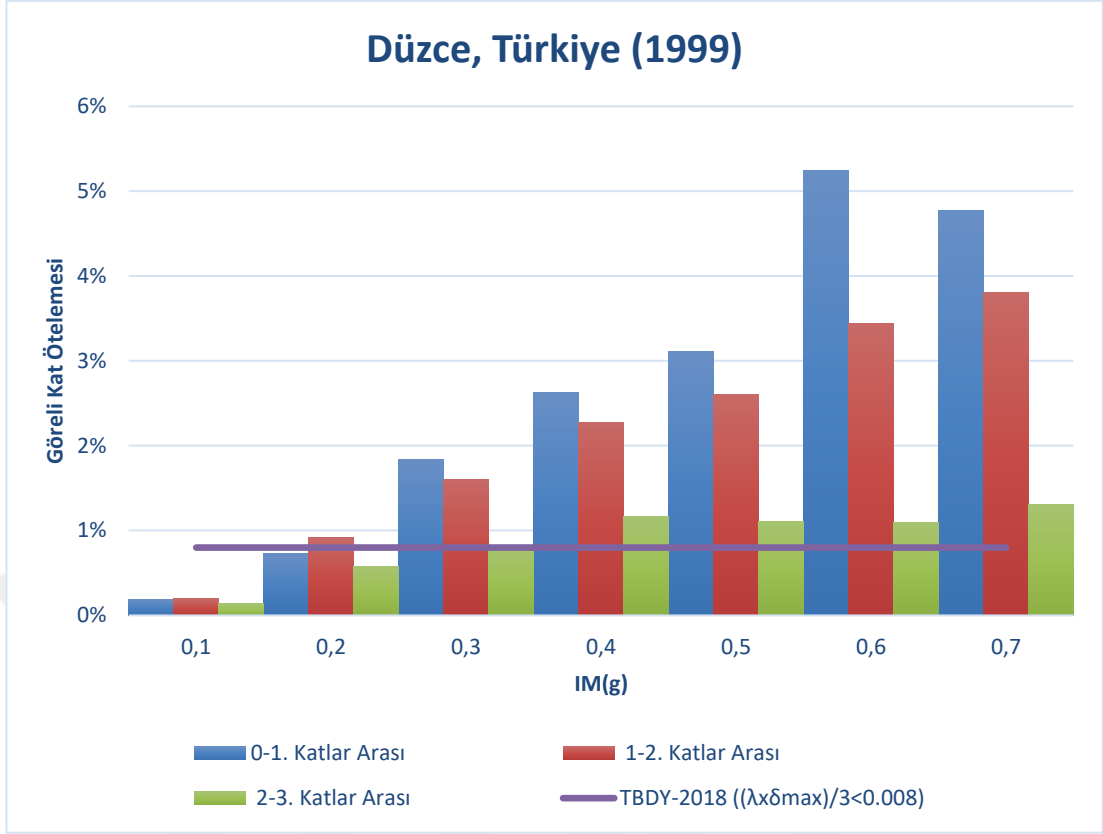
Ek 128: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



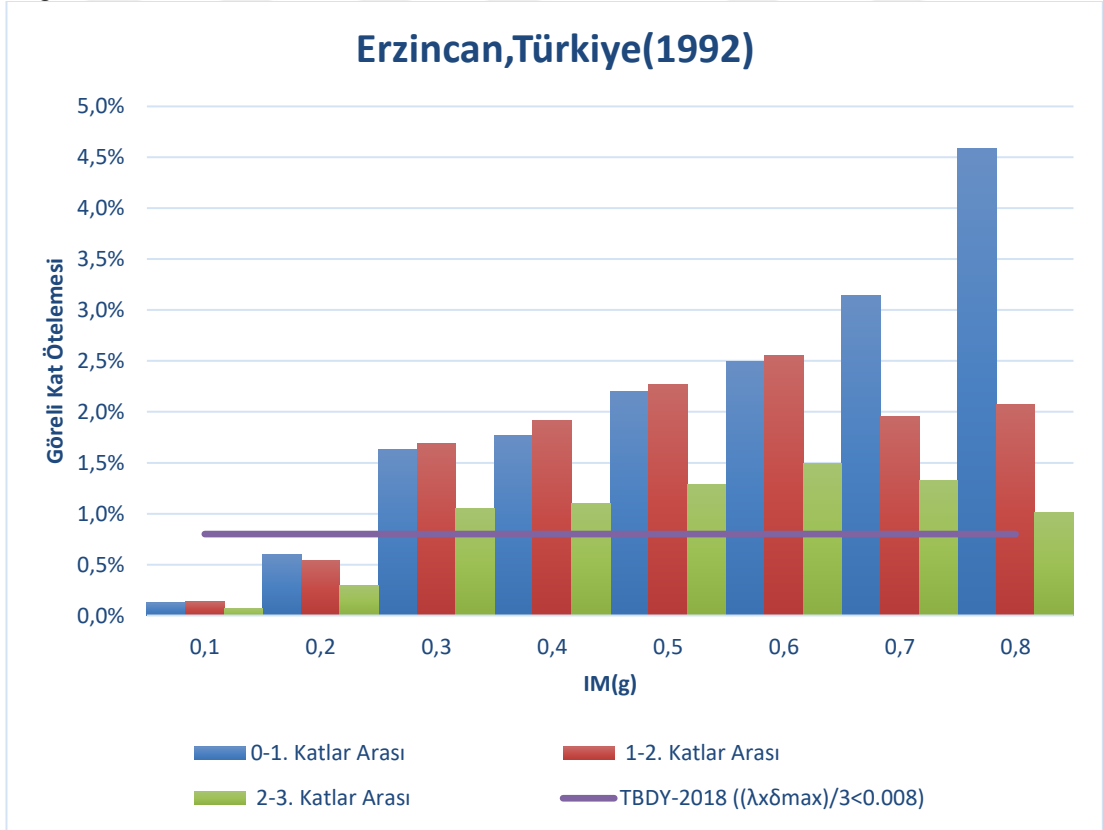
Ek 129: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



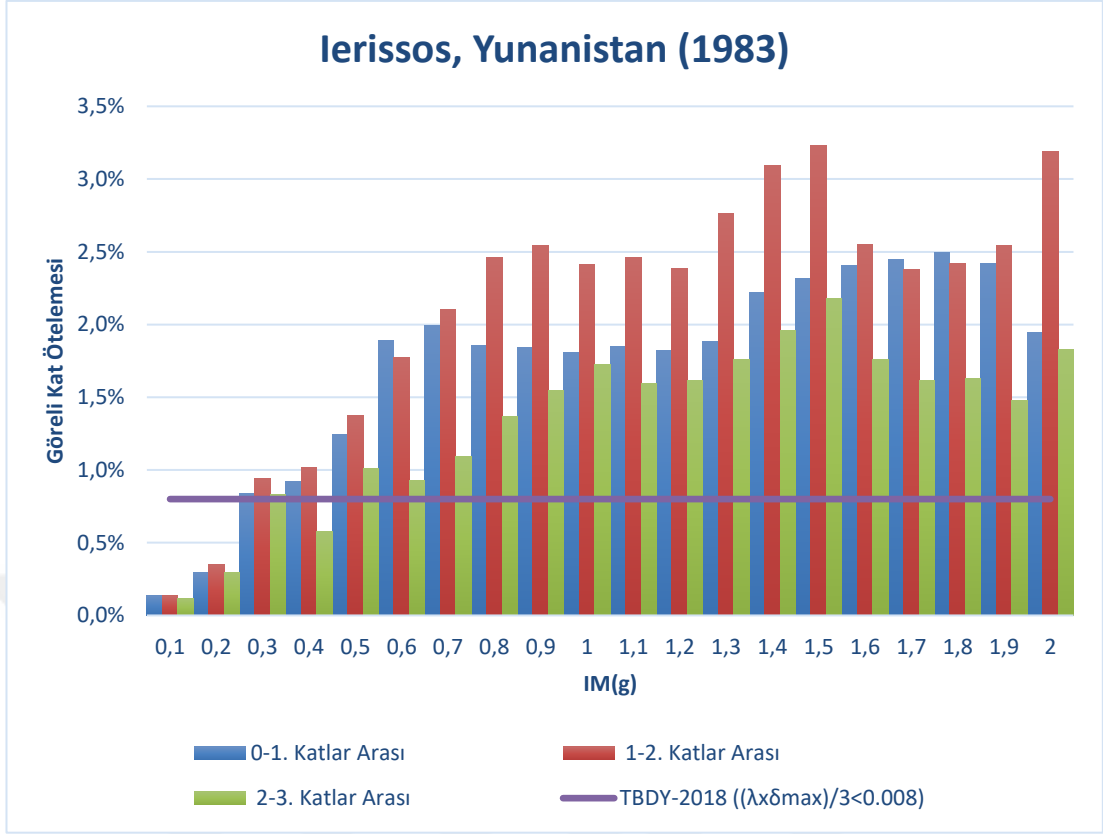
Ek 130: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



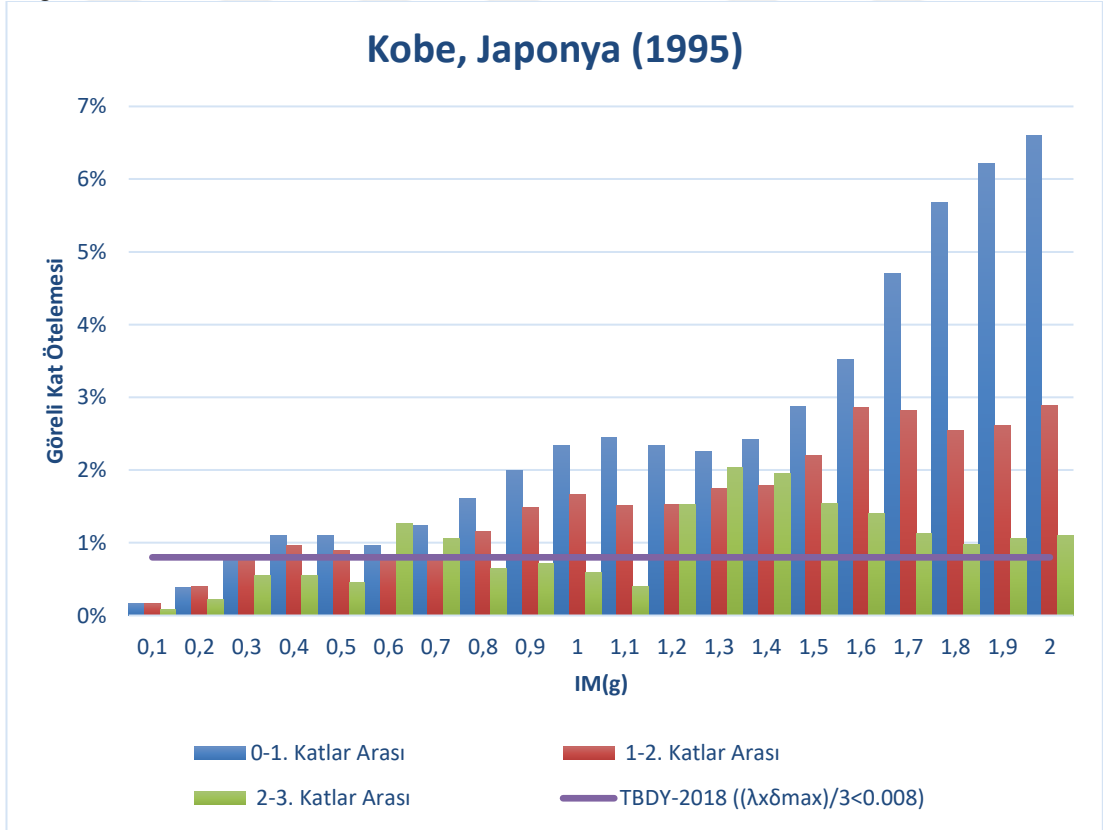
Ek 131: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



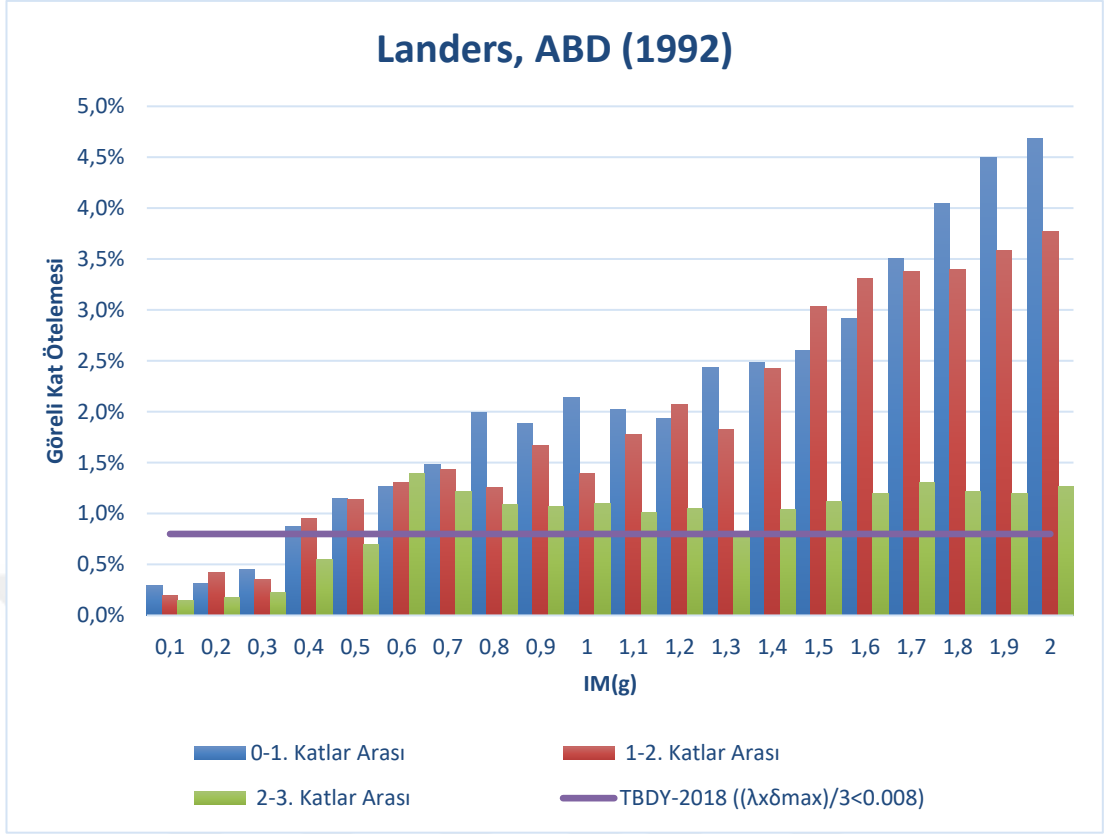
Ek 132: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



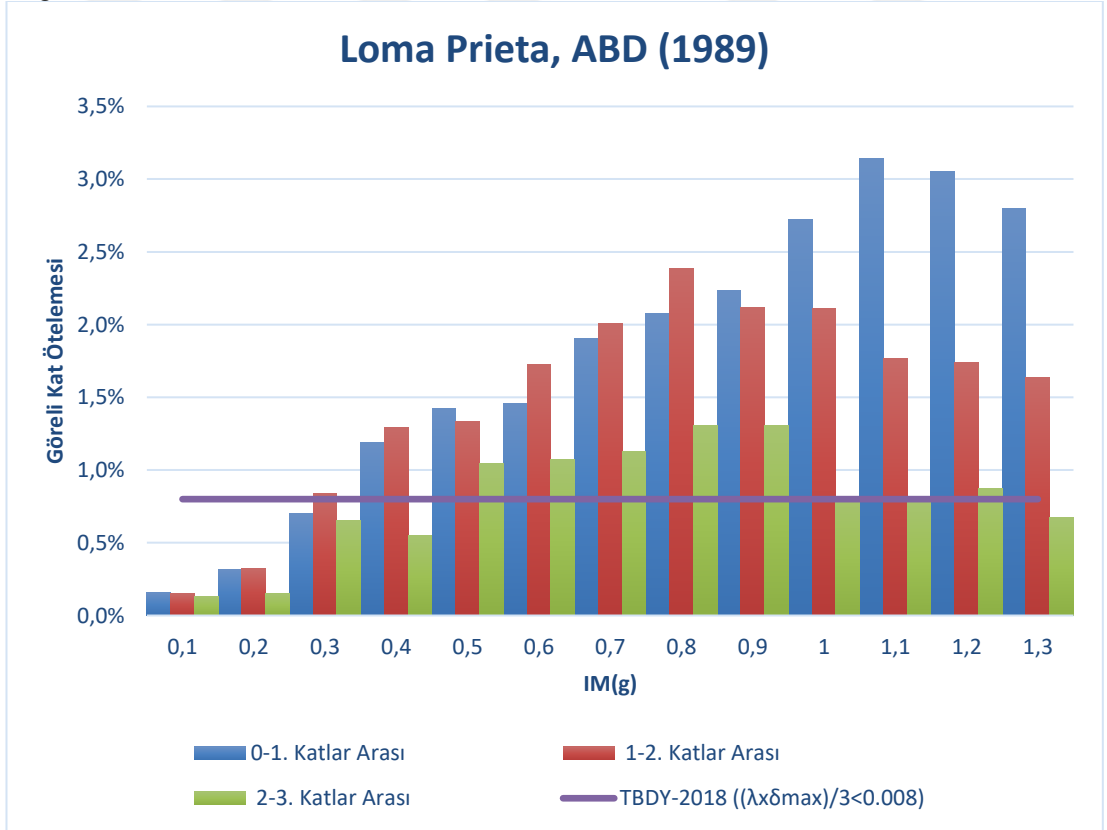
Ek 133: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



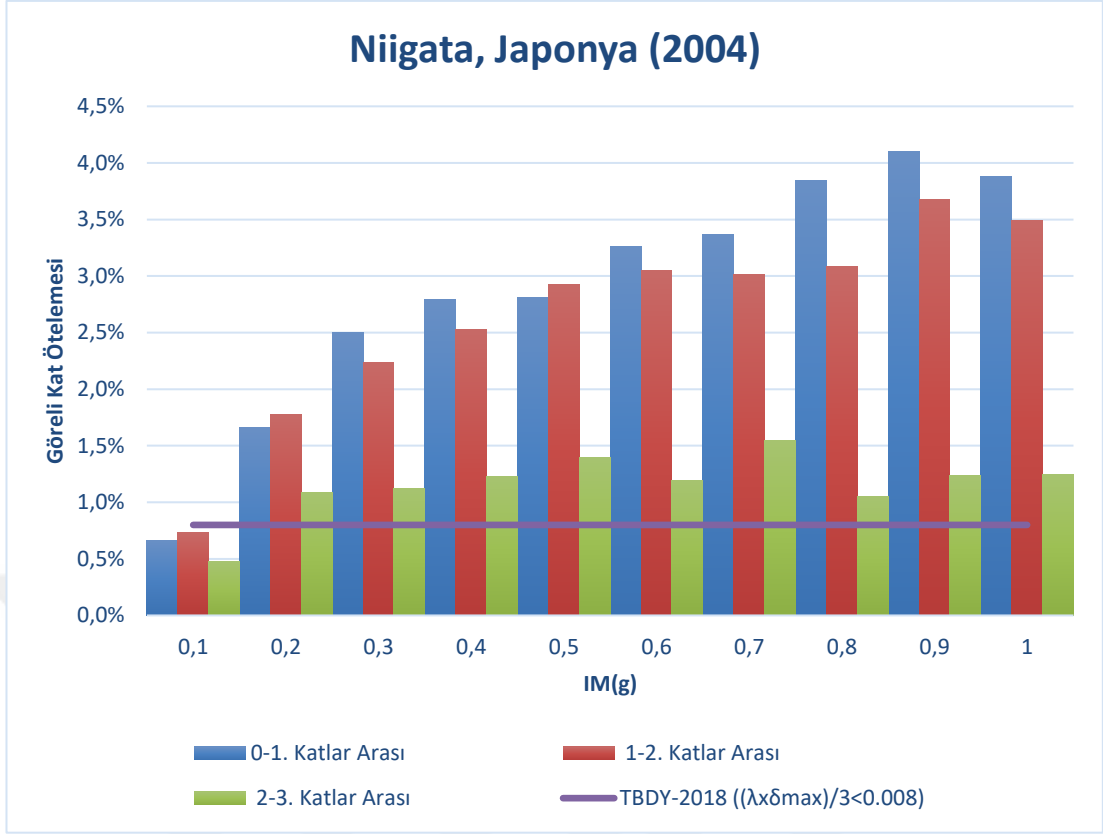
Ek 134: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



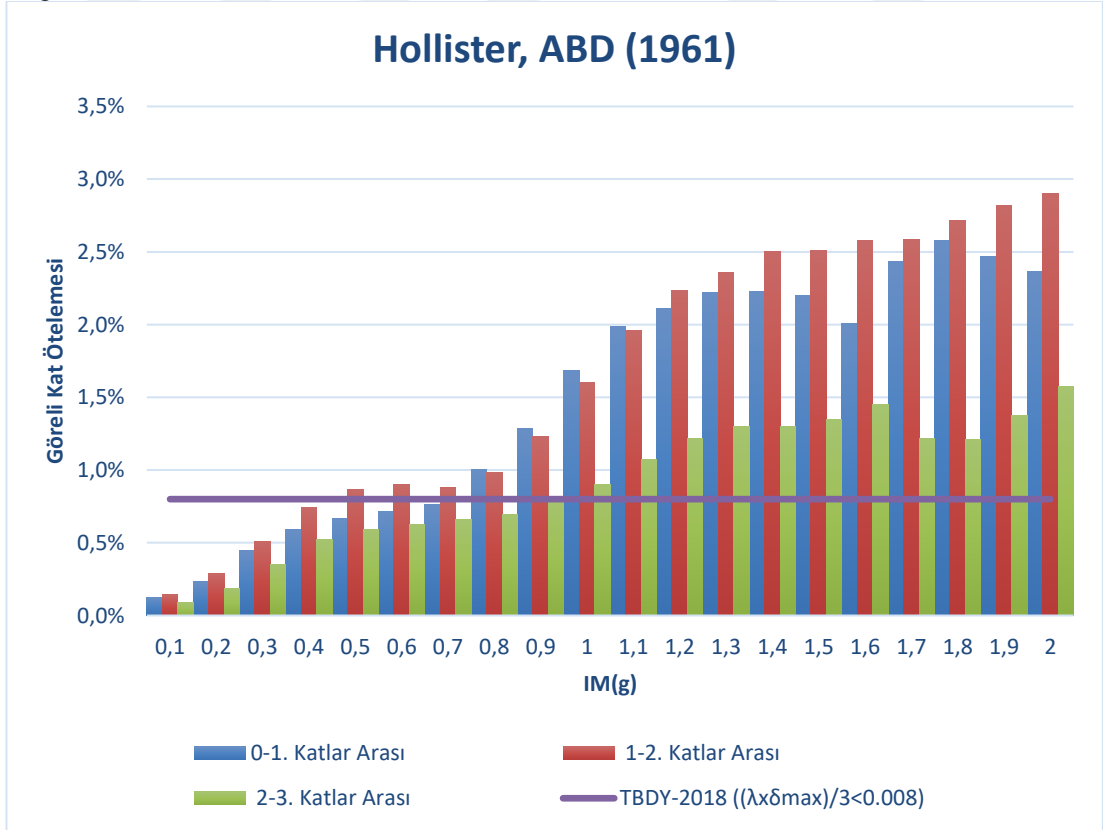
Ek 135: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



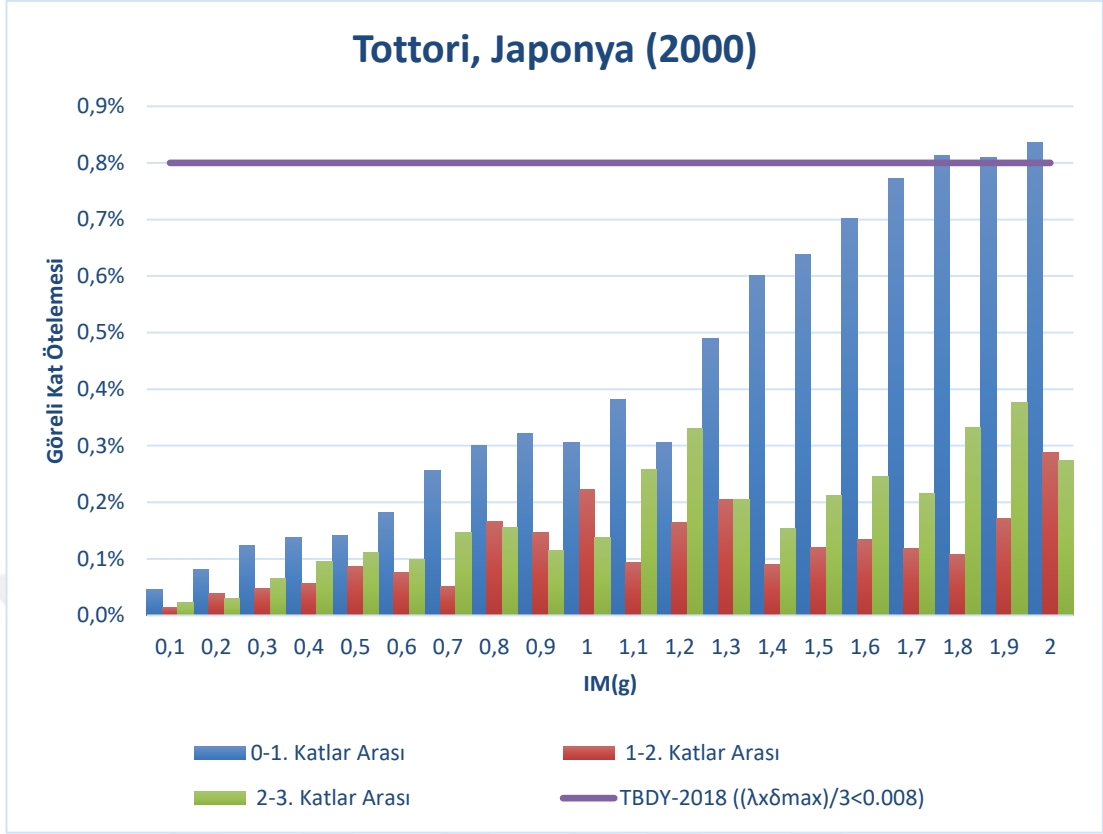
Ek 136: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



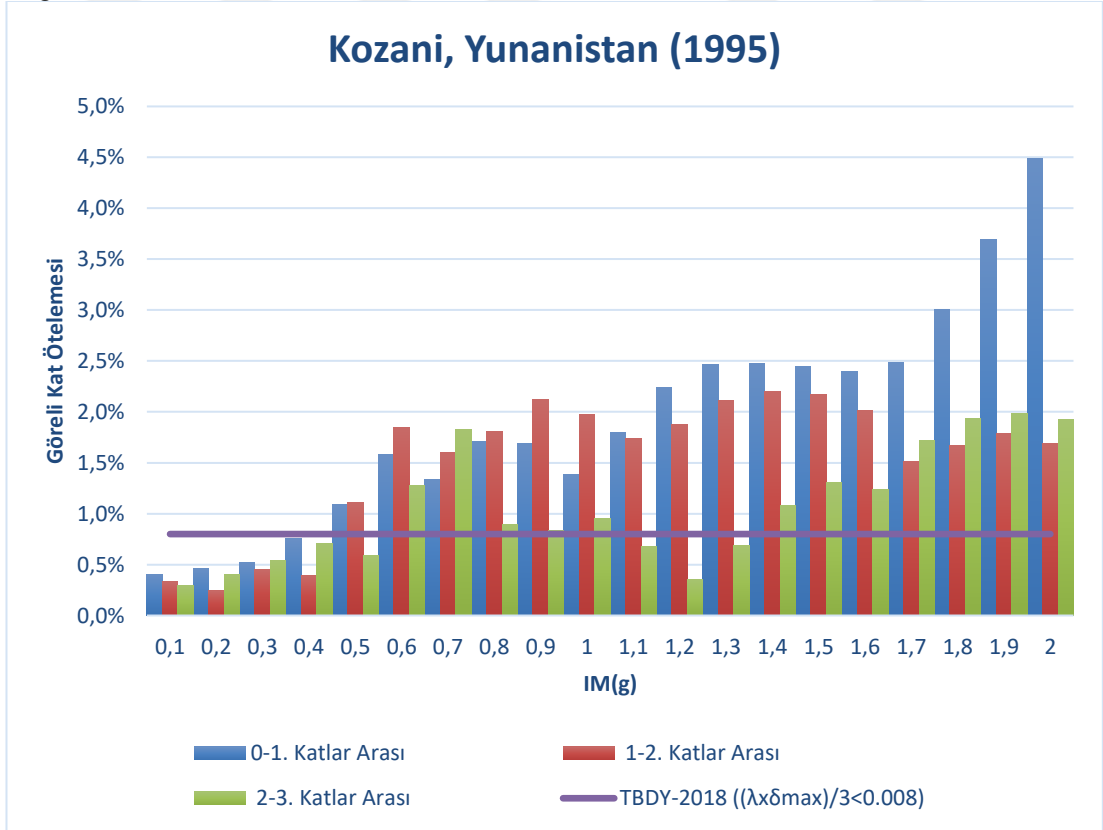
Ek 137: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



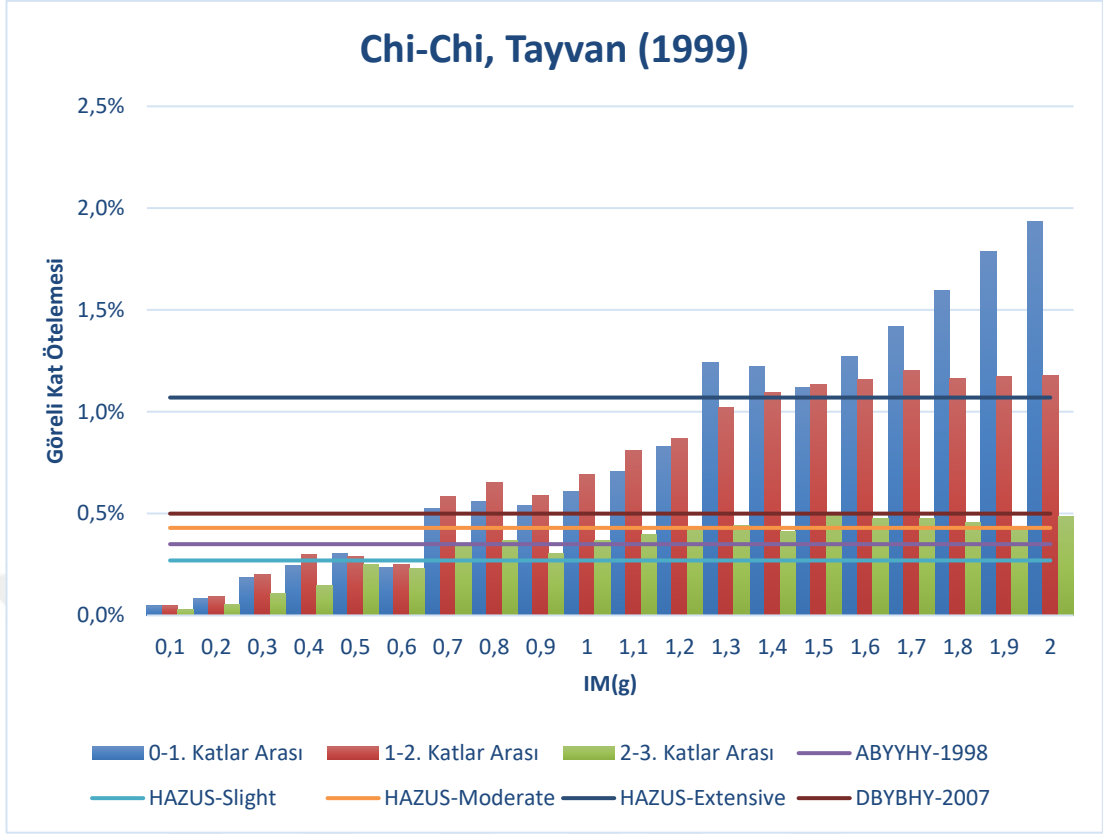
Ek 138: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TBDY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



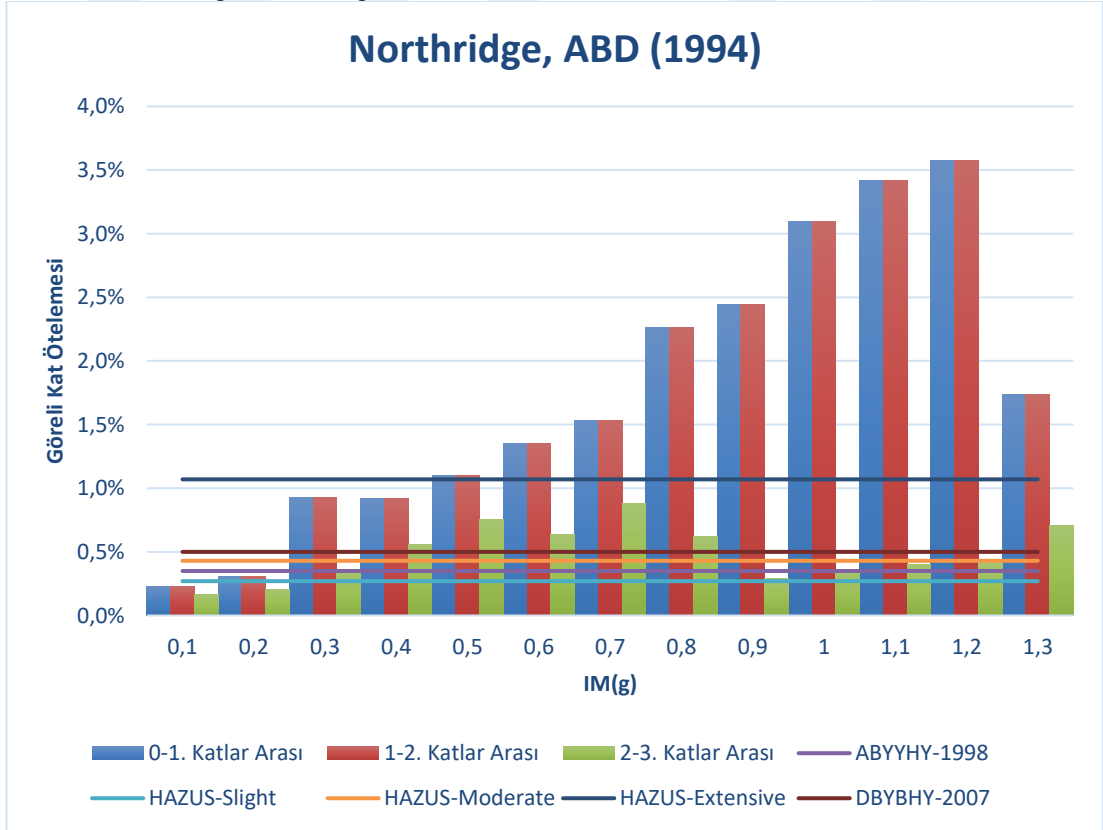
Ek 139: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



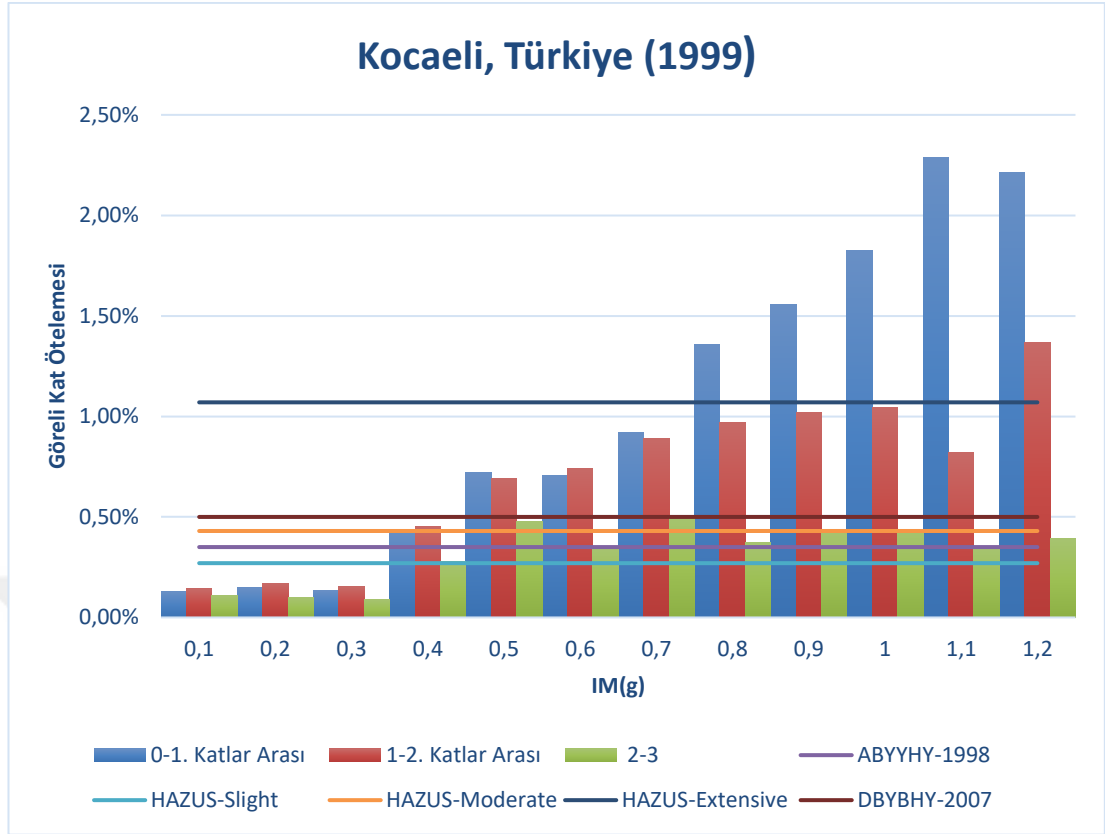
Ek 140: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve TB DY-2018 Sınırı, Y Doğrultusu



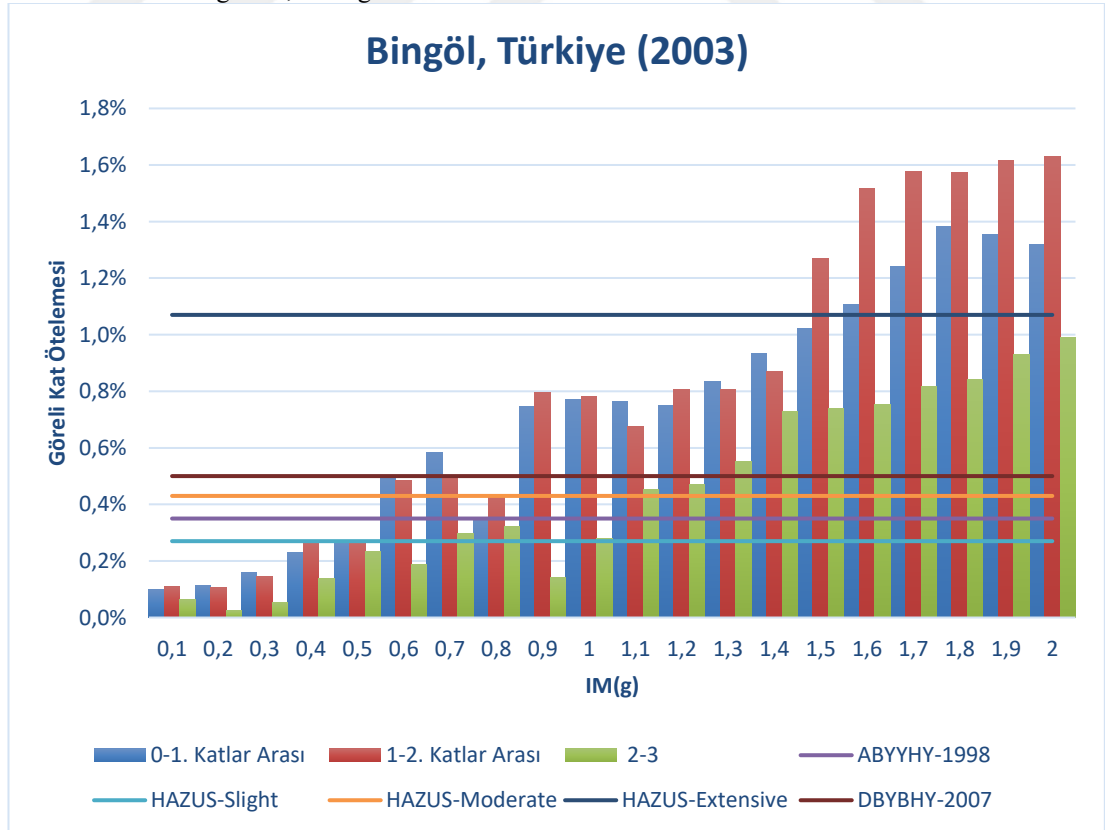
Ek 141: Güncellenmiş Yapı Chi-Chi Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



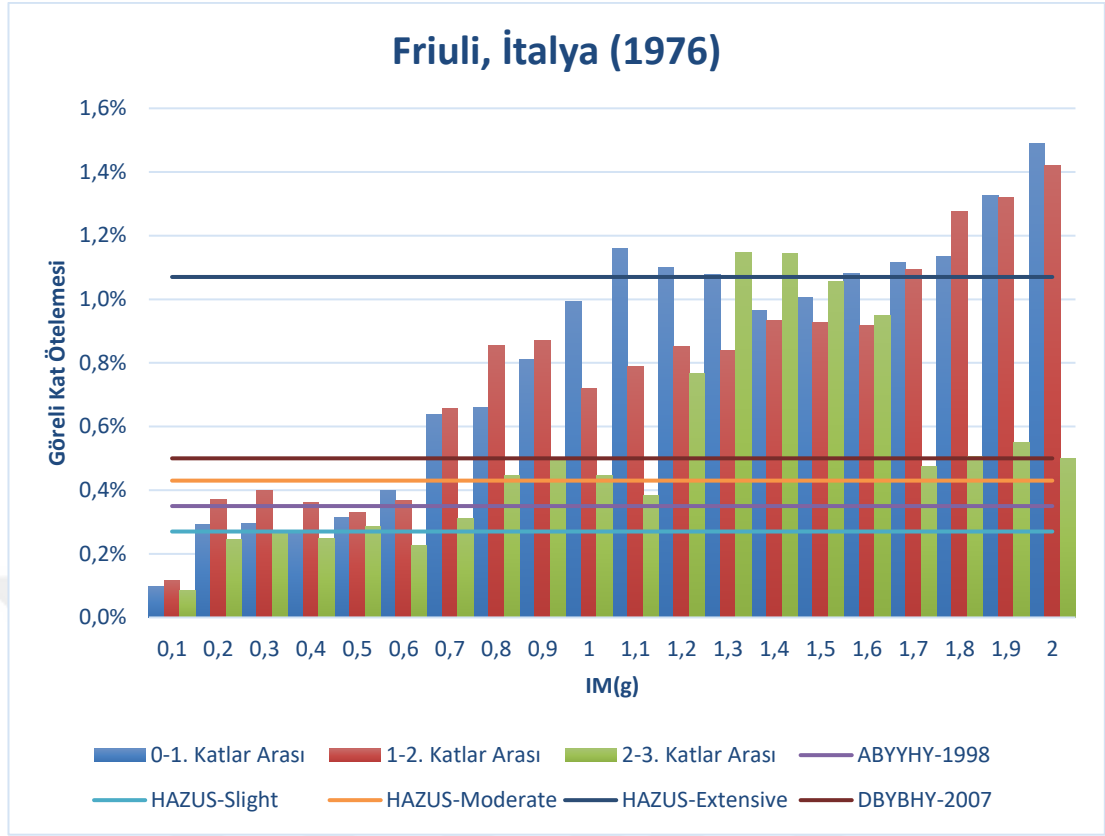
Ek 142: Güncellenmiş Yapı Northridge Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



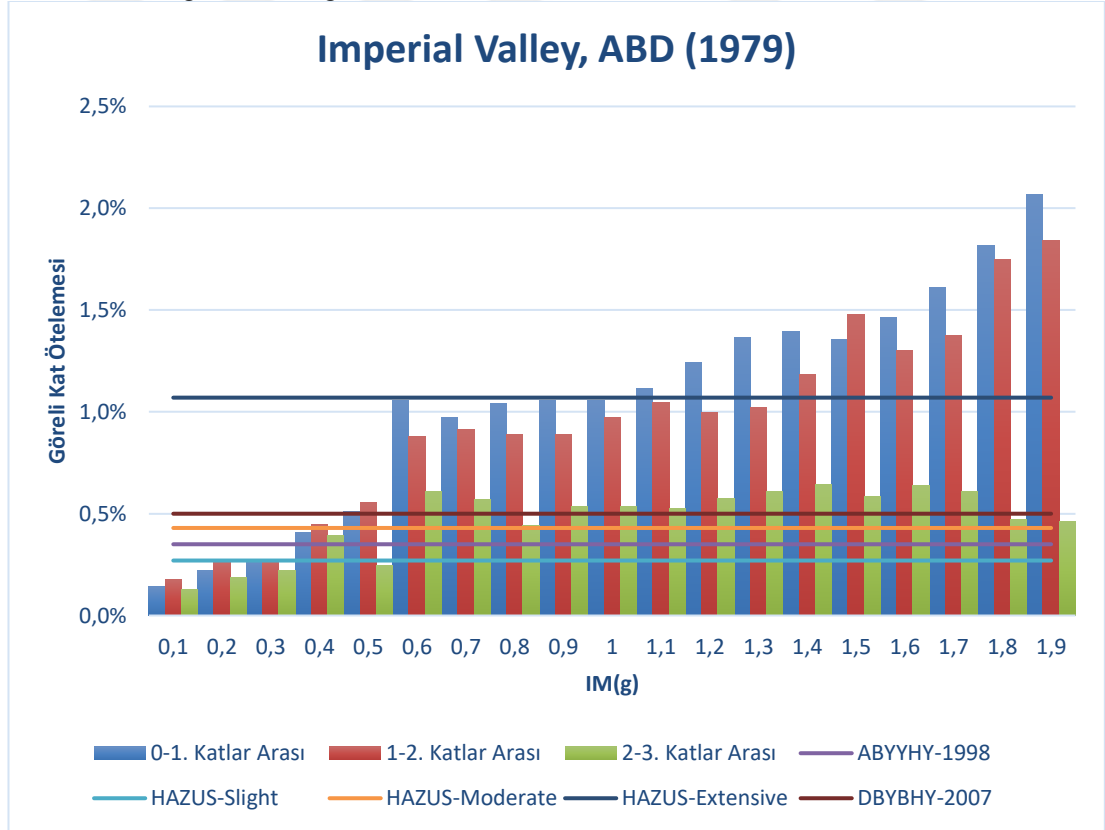
Ek 143: Güncellenmiş Yapı Kocaeli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



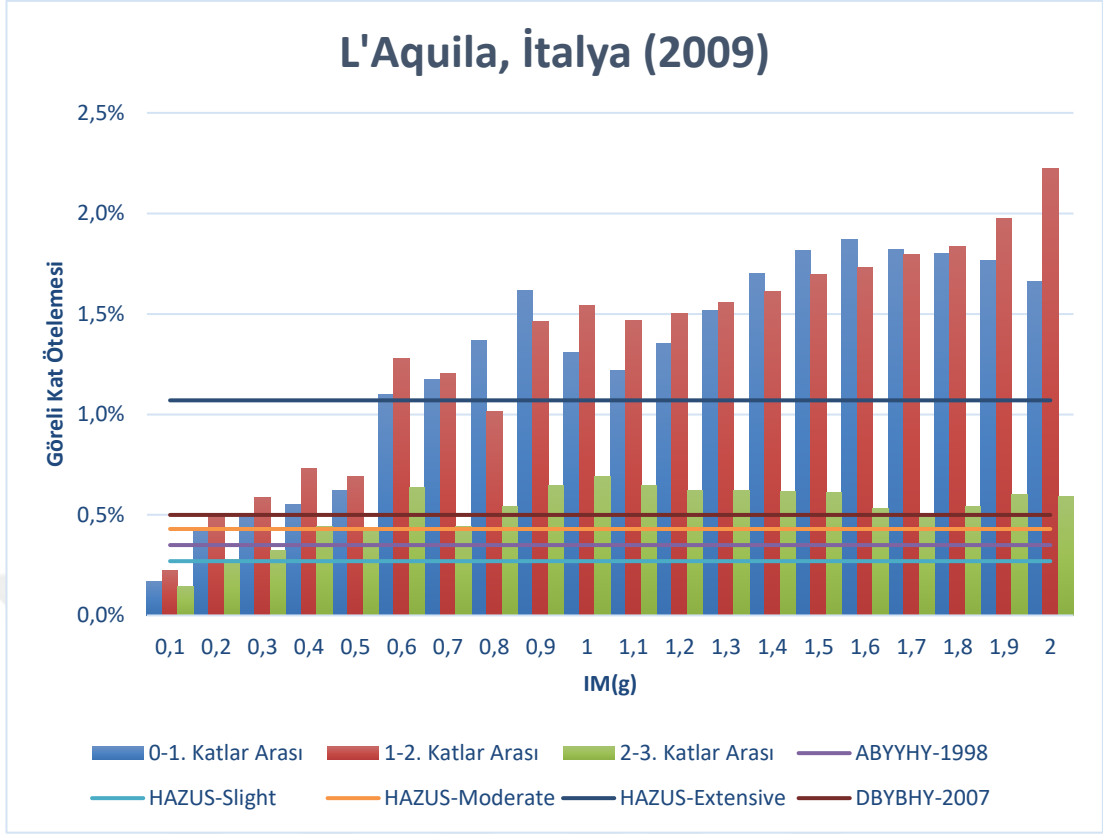
Ek 144: Güncellenmiş Yapı Bingöl Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



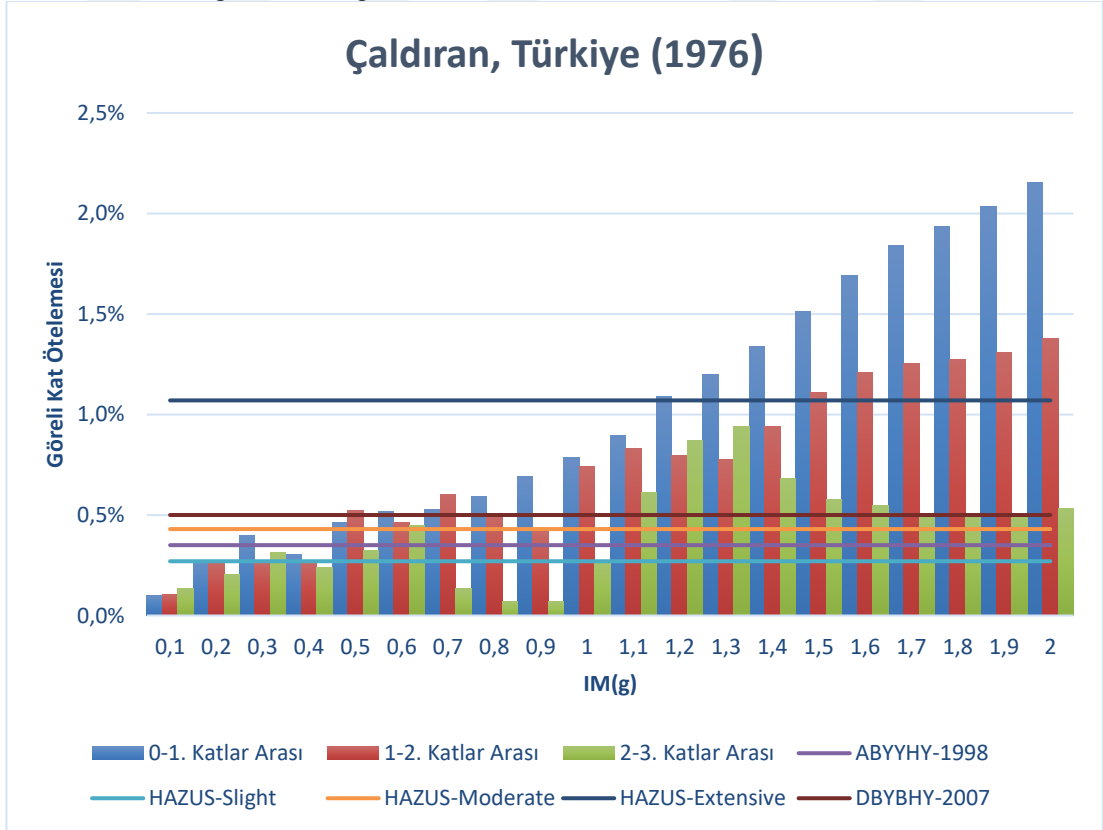
Ek 145: Güncellenmiş Yapı Friuli Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



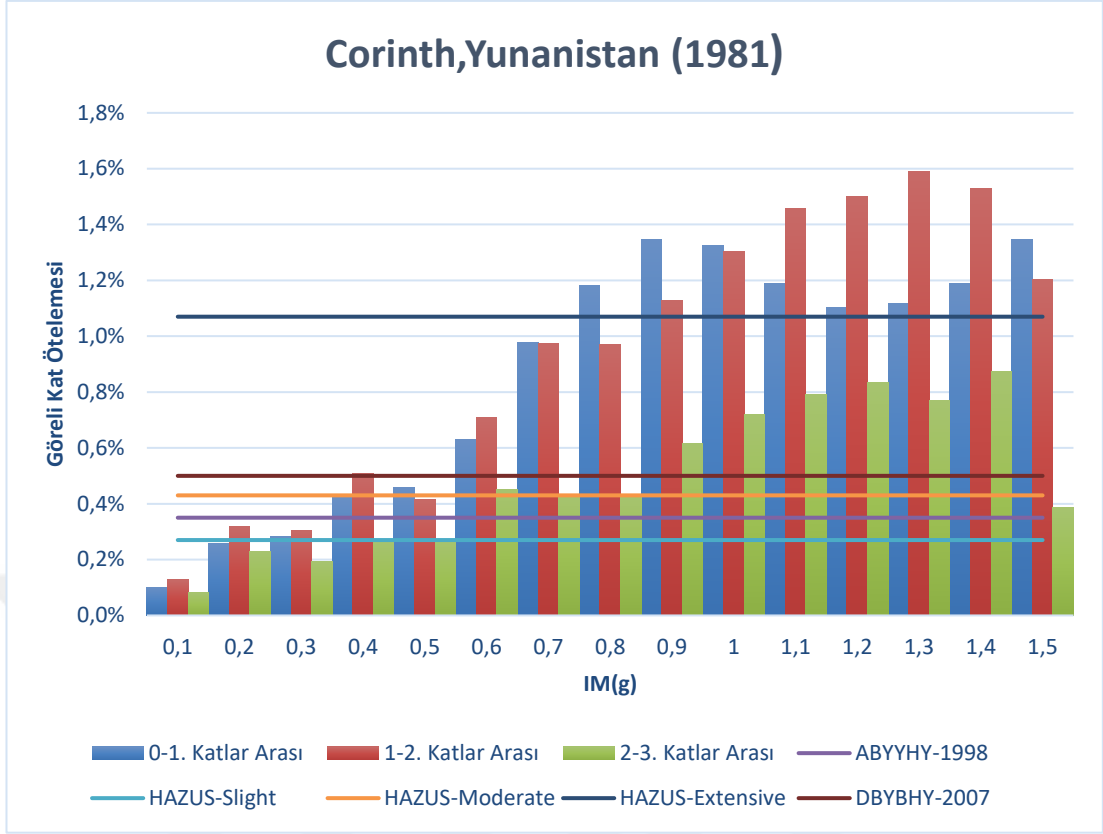
Ek 146: Güncellenmiş Yapı Imperial Valley Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



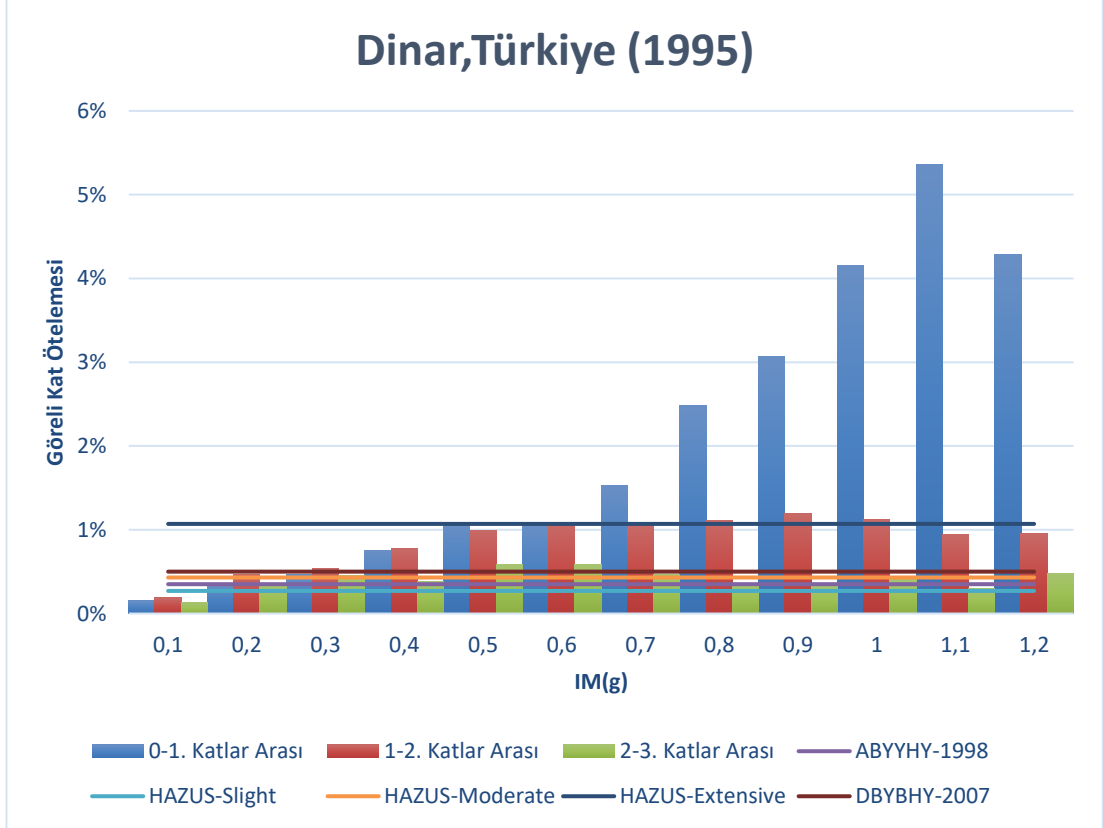
Ek 147: Güncellenmiş Yapı L'Aquila Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



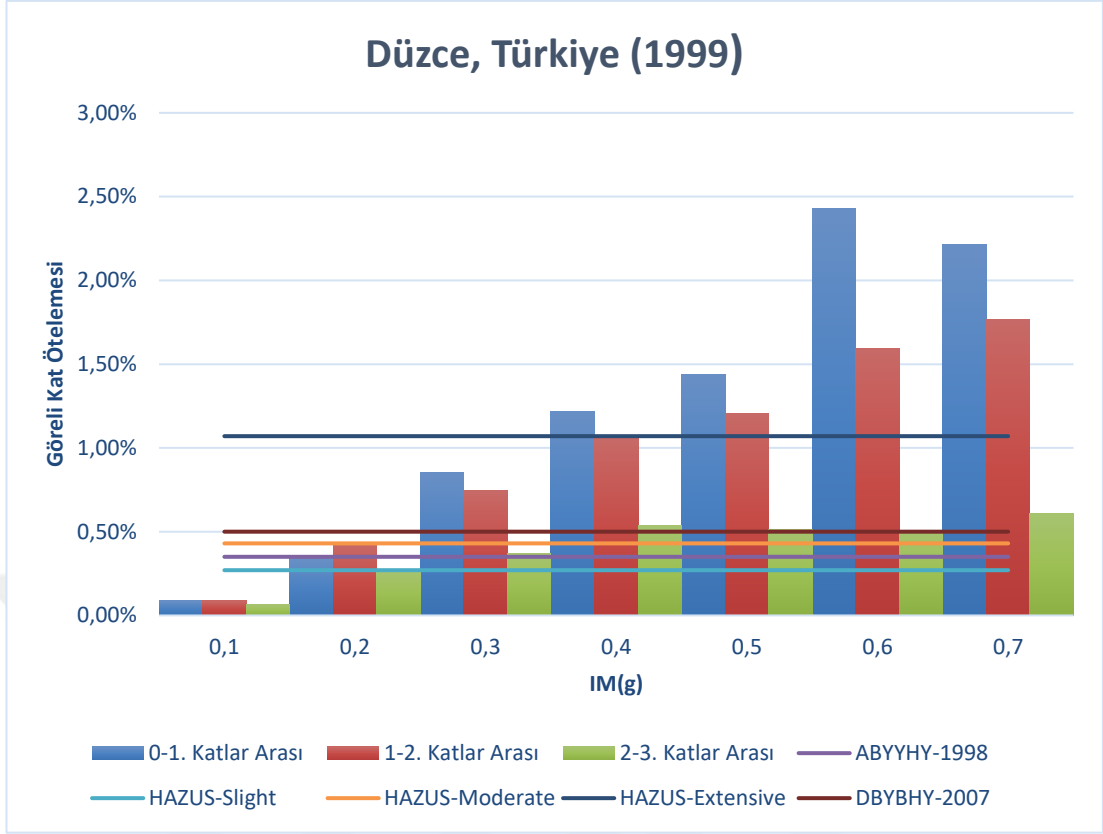
Ek 148: Güncellenmiş Yapı Çaldıran Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



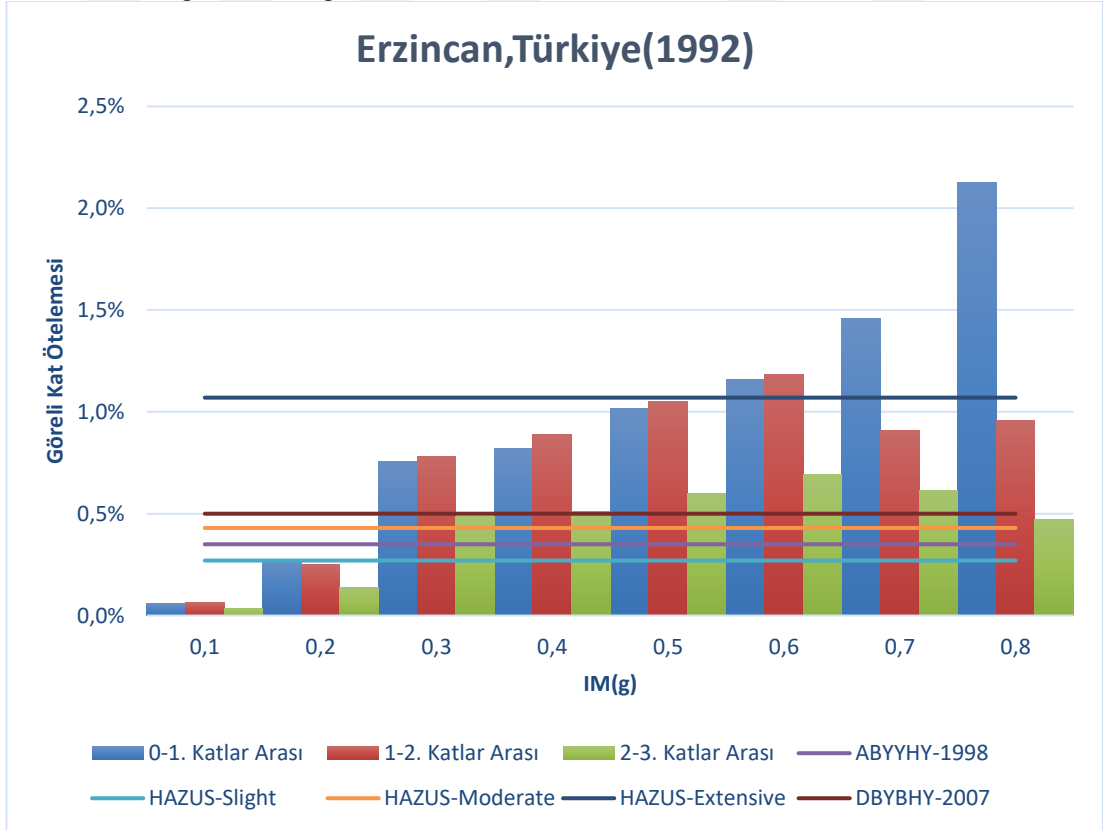
Ek 149: Güncellenmiş Yapı Corinth Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



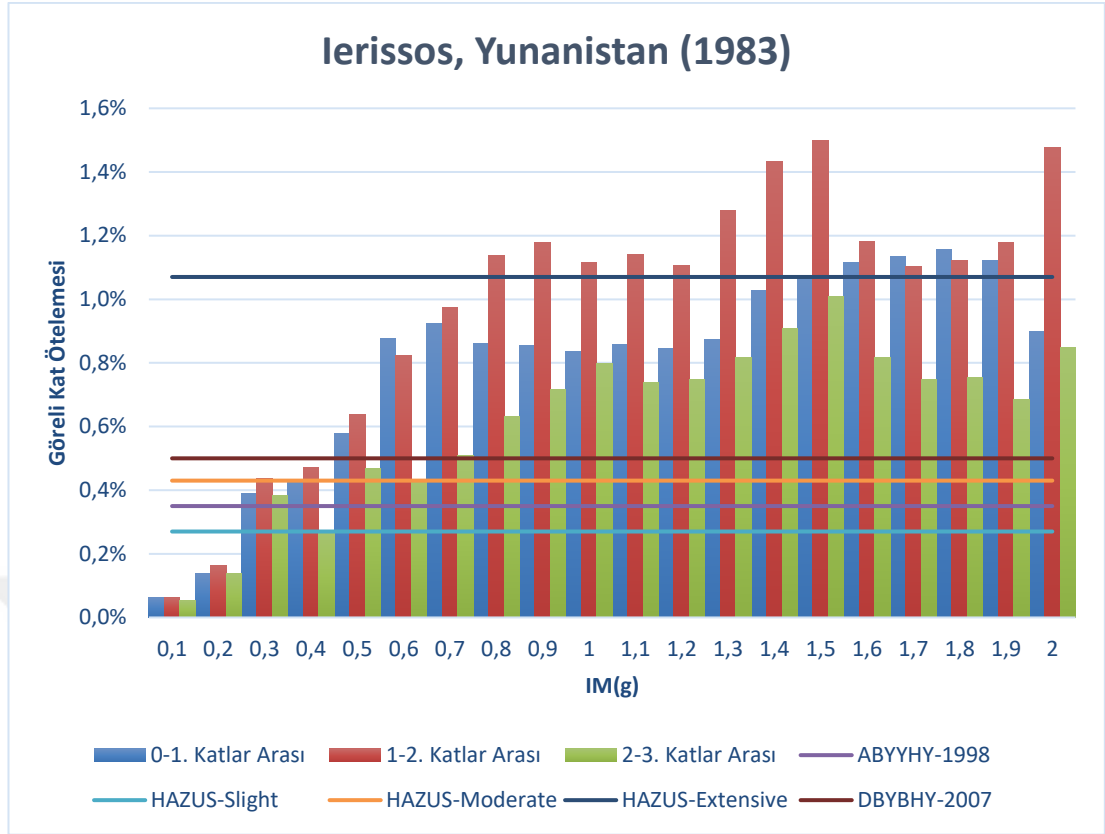
Ek 150: Güncellenmiş Yapı Dinar Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



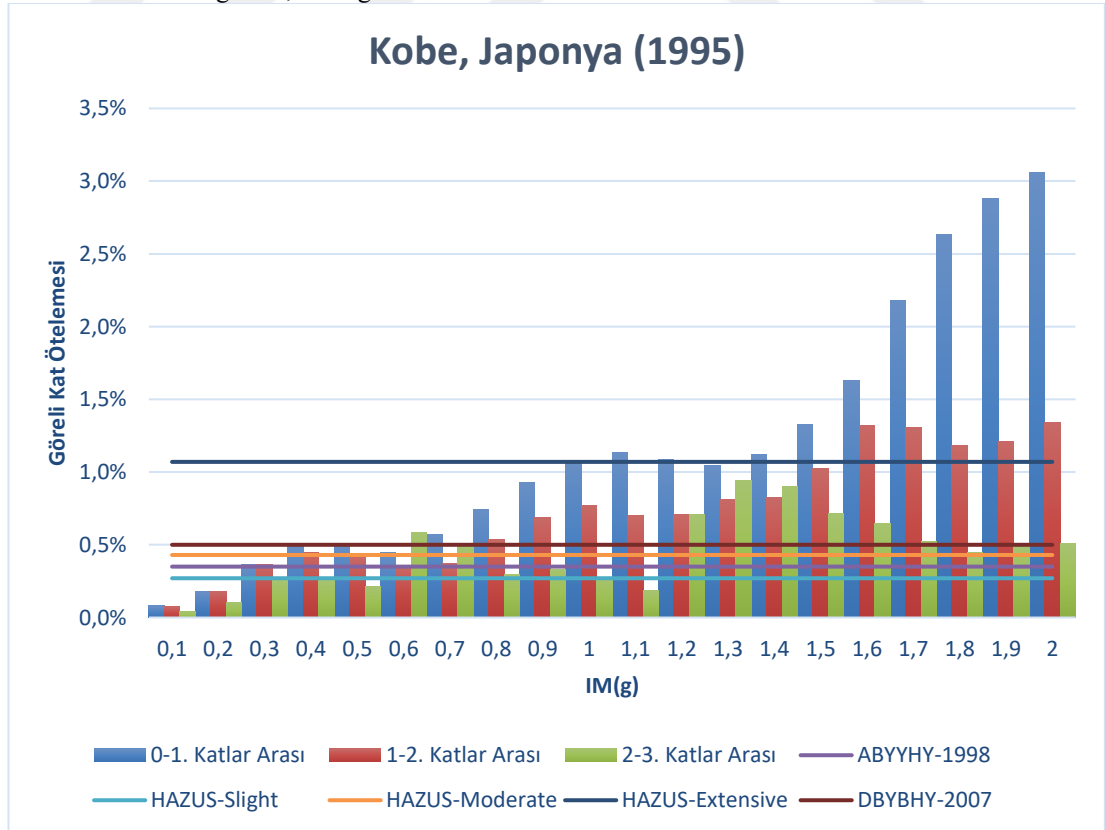
Ek 151: Güncellenmiş Yapı Düzce Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



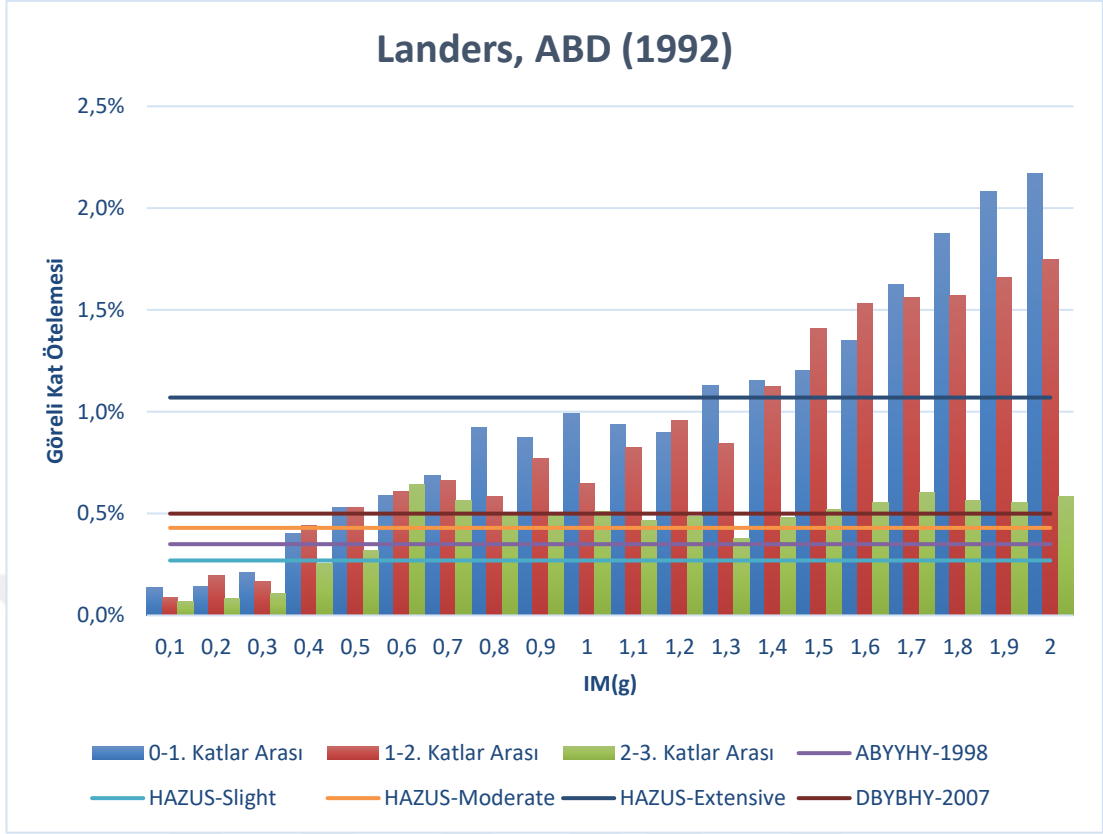
Ek 152: Güncellenmiş Yapı Erzincan Depremi için Göreli Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



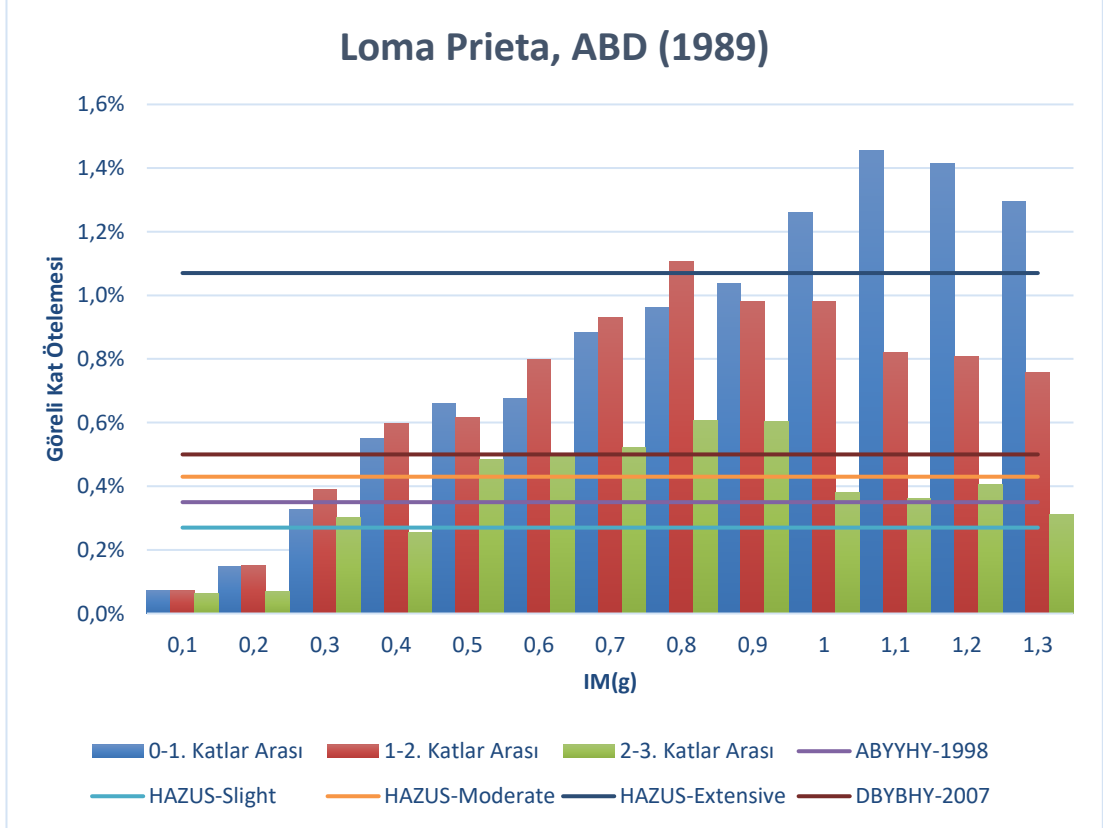
Ek 153: Güncellenmiş Yapı Ierissos Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



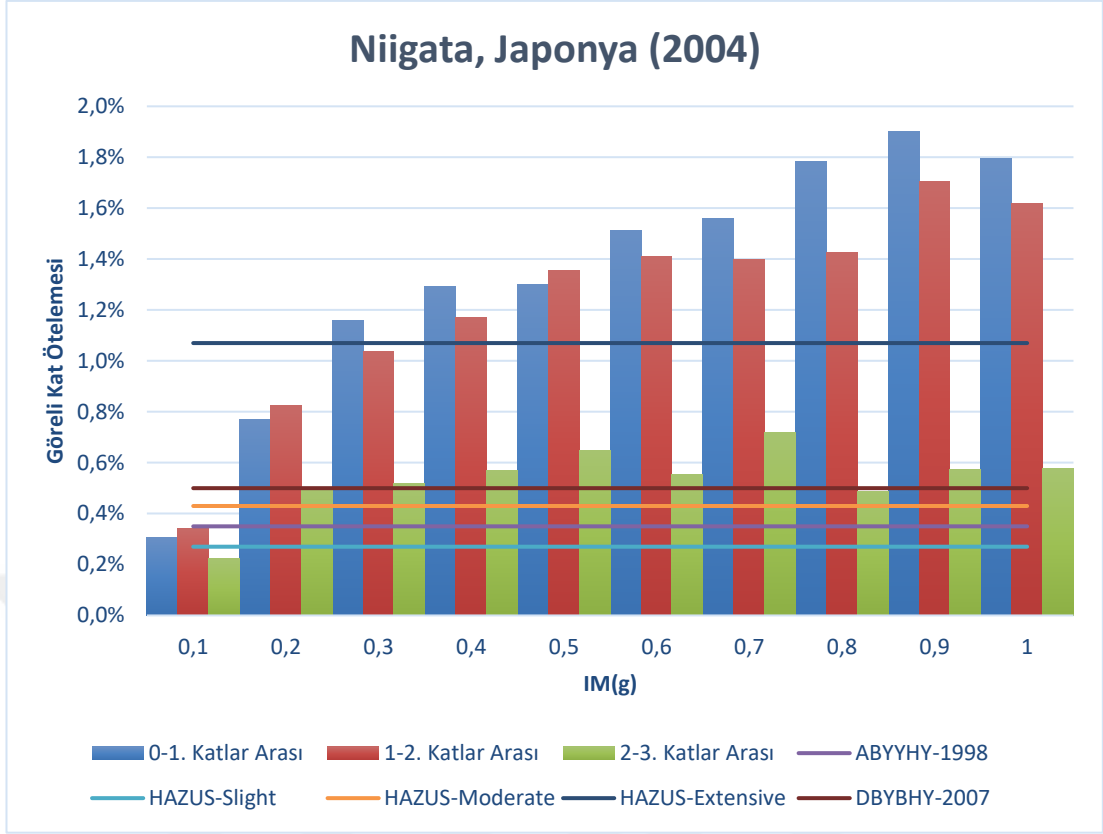
Ek 154: Güncellenmiş Yapı Kobe Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



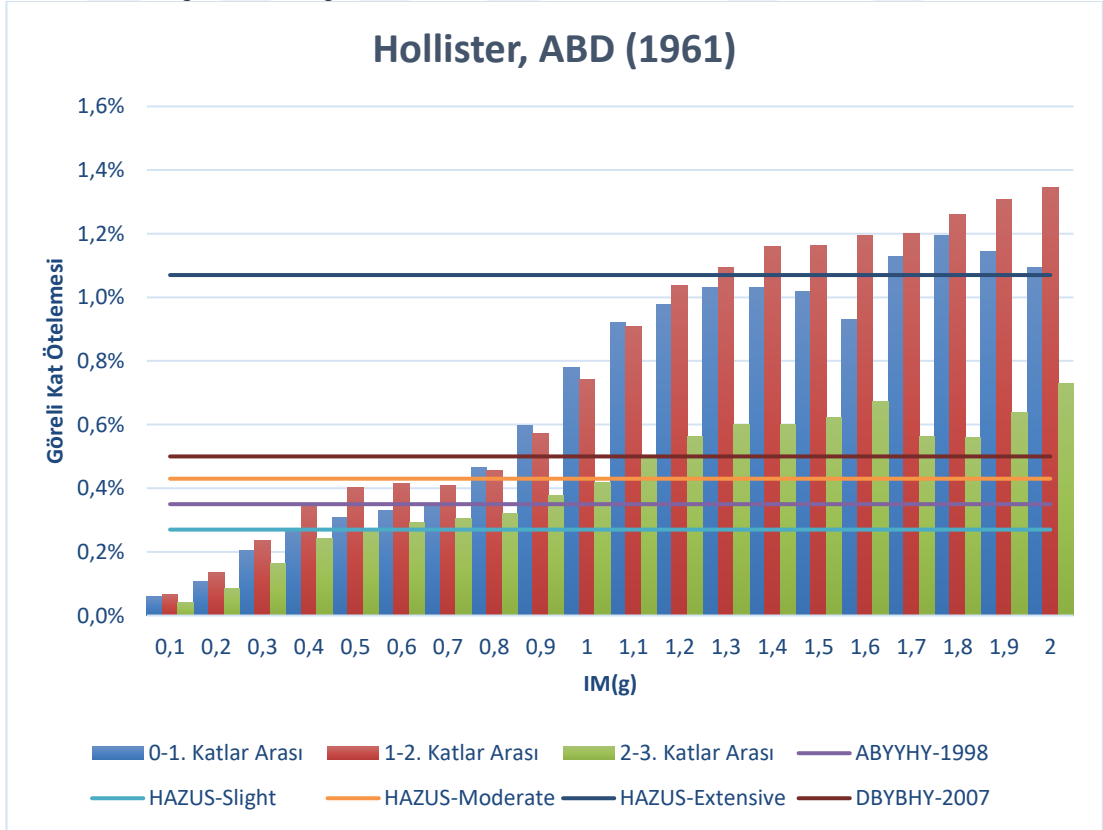
Ek 155: Güncellenmiş Yapı Landers Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



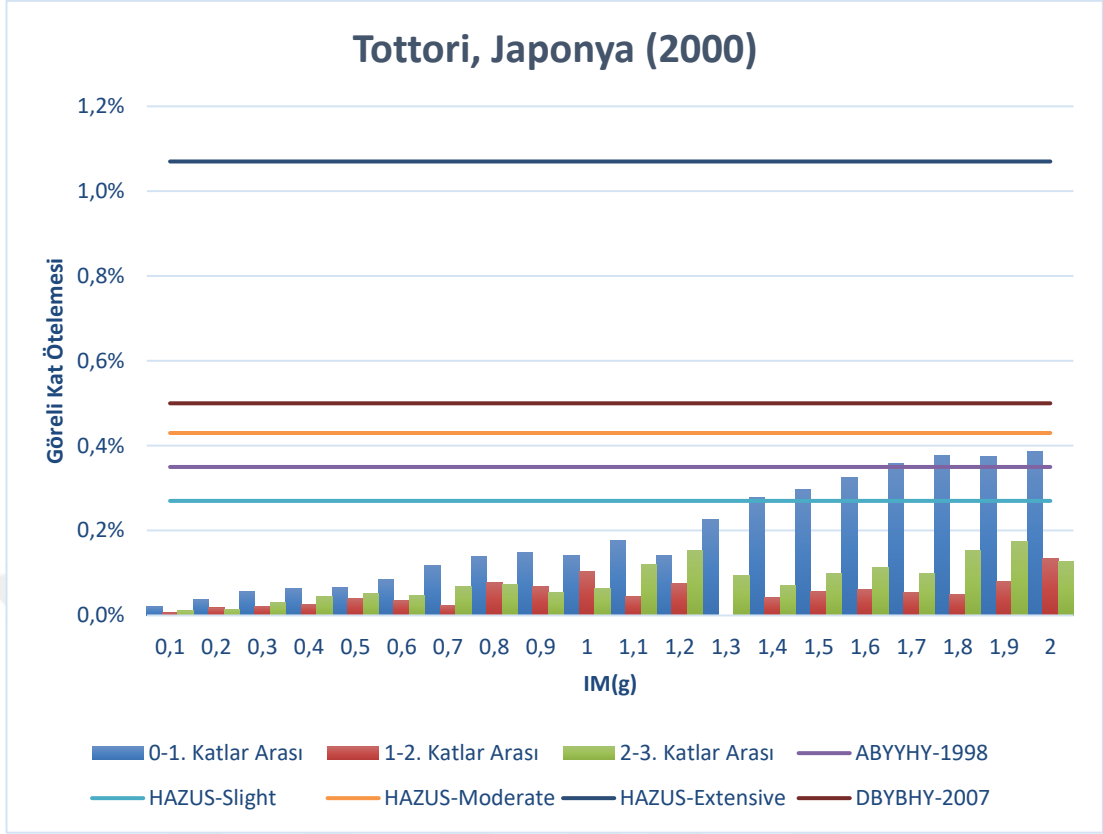
Ek 156: Güncellenmiş Yapı Loma Prieta Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



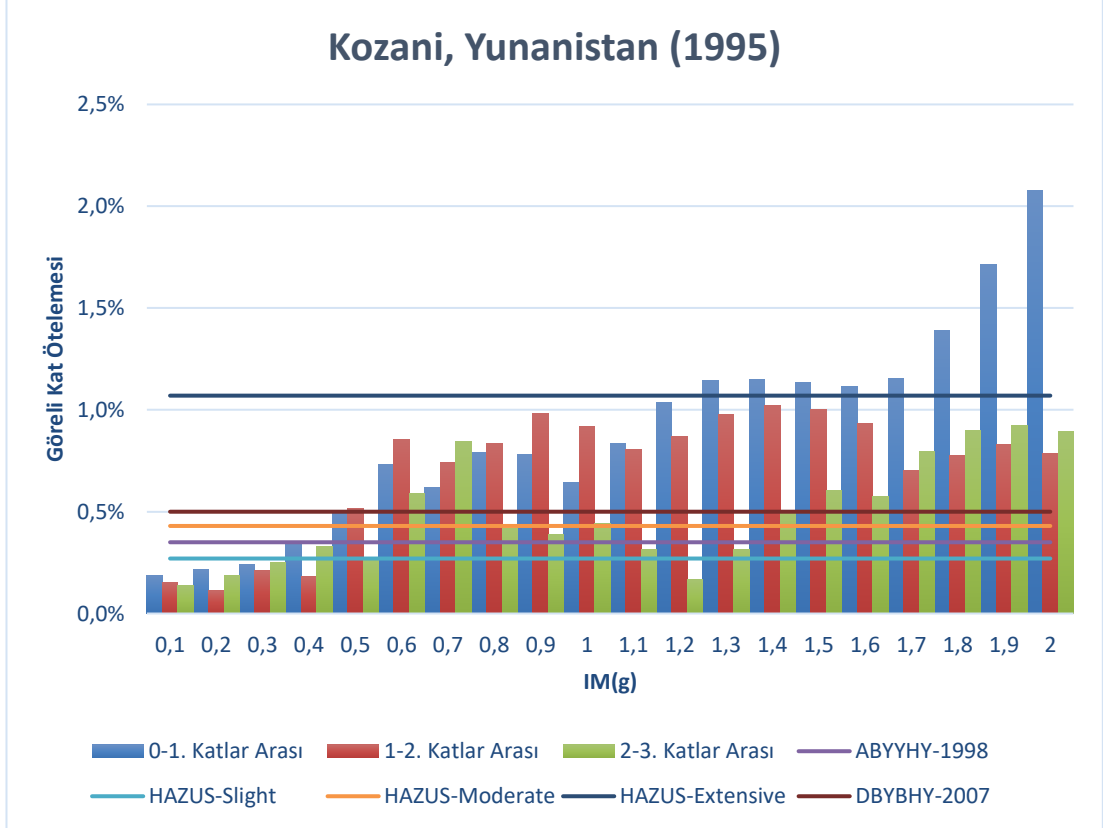
Ek 157: Güncellenmiş Yapı Niigata Depremi için Görel Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



Ek 158: Güncellenmiş Yapı Hollister Depremi için Görel Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



Ek 159: Güncellenmiş Yapı Tottori Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu



Ek 160: Güncellenmiş Yapı Kozani Depremi için Görelî Kat Ötelemeleri ve Türkiye Yönetmelikleri ile HAZUS sınır değerleri, Y Doğrultusu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

Karaşin, İbrahim Baran

Web sayfası

(Research Gate, Academia, etc.)

[https://www.researchgate.net/profile/Ibrahim-](https://www.researchgate.net/profile/Ibrahim-Karasin)

Karasin

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bitlis Eren Üni. /Dicle Üni. Ortak Program	2017
Lisans	Dicle Üniversitesi	2014
Lise	IMKB Diyarbakır AÖL	2009

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2015/2017	Bitlis Eren Üniversitesi	Arş. Gör.
2017/2022	Dicle Üniversitesi	Arş. Gör.
2022/2022	Bitlis Eren Üniversitesi	Arş. Gör.
2022/ Halen	Dicle Üniversitesi	Öğr. Gör.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1.Karaşin, İ.B., Işık, E., Öncü M.E., Karaşin A. (2018). Mechanical Properties of Fiber Reinforced Polymers for Structural Strengthening. *IMSMATEC, İzmir*.
2. Karaşin A., Öncü M.E., Karaşin, İ.B. (2018). 2010 Elazığ Kovancılar depremi değerlendirmeleri. *Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology*, Ankara
3. Karaşin A., Karaşin, İ.B., Öncü M.E. (2019). Extension Of The Finite Grid Solution For Annular Plates On Elastic Foundation . *The Second Mediterranean Natural Sciences and Engineering Congress*, Podgorica, Montenegro.
4. Öncü M.E., Karaşin A., Karaşin, İ.B. (2019). Tarihi Tuzluca Köprüsünün Yapısal Güvenlik Değerlendirmesi. 2. *International Congress on Engineering and Architecture*, Muğla.
5. Karaşin, İ.B., Öncü M.E., Işık, E., Karaşin A. (2019). “ Tarihi Pernavut 1 Köprüsünün Yapısal Güvenlik Değerlendirmesi”, 2. *International Congress on Engineering and Architecture*, Muğla.
6. Karaşin, İ.B., Karaşin A. Işık, E., Öncü M.E.. (2019). “Tarihi Şahnalar Köprüsünün Yapısal Güvenlik Değerlendirmesi”, 2. *International Congress on Engineering and Architecture*, Muğla.

7. Karaşin, İ.B., Öncü M.E., Işık, E., Antep, B. (2019) ‘‘Ahlat ilçesinde yer alan Bezirhane beden duvarının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi’’ *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, c. 10, sayı. 2, ss. 721-730, Haz. 2019, doi:10.24012/dumf.414178
8. Karaşin, İ.B., Işık, E., Öncü M.E., Karaşin A. (2019) ‘‘ Betonarme Yapılarda Sönüm oranı Değişiminin Yapı Performansına Etkisi.’’ *MAS International European Conference on mathematics-Engineering – Natural Medical Sciences VIII*. Diyarbakır.
9. Öncü, M.E., Karaşin A., İzgi, R., Karaşin, İ.B. (2019) ‘‘ Tarihi Tuzluca Köprüsünün Yapısal Durumunun Değerlendirilmesi’’. *4. Köprüler ve Viyadükler Sempozyumu*. İstanbul.
10. Işık, E., Karaşin, İ.B., Öncü M.E., Karaşin A. (2019) ‘‘ Yapı Önem Derecesinin Yapı Performansına Etkisi’’. *MAS International European Conference on mathematics-Engineering – Natural Medical Sciences VIII*. Diyarbakır.
11. Işık, E., Karaşin, İ.B., Öncü M.E. (2022) ‘‘ The Effect Of Slab Discontinuities On Structural Performance Caused By Mezzanine’’ *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, vol. 13, no. 1, pp. 111-126, Mar. 2022, doi:10.24012/dumf.1080070
12. İ. B. Karasin ve M. E. Öncü. (2022) "Farklı Dolgu Tipleri için Çerçevelerin İtme Analizi ile Kıyaslanması", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sayı. 39, ss. 91-96, doi:10.31590/ejosat.1144414

Özel İlgiler

Basketbol

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	İbrahim Baran Karaşın
Öğrenci No	17806501
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Program Türü	Proje ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☒
Tez Danışmanı	Doç. Dr. Mehmet Emin Öncü
Tez Başlığı	Sismik Kırılgenlik Analizleri Kullanılarak Betonarme Binaların Dirençlilik Esaslı Tasarımı ve Yeni Bir Duvar Modeli
RAPOR BİLGİLERİ	
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası
Sayfa Sayısı	189
Raporlama Tarihi	31.03.2023
Benzerlik Oranı (%)	7

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 189 sayfalık kısmına ilişkin, 31/03/2022 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %7 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
- ☒Kaynaklar hariç
- ☐Alıntılar hariç/dâhil
- ☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: İbrahim Baran Karaşın

Tarih: 31.03.2023

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Emin Öncü

Tarih: 31/03/2023

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Zeynel Fuat Toprak

Tarih: 31/03/2023

İmza: