



New Improvements in the 2019 Building Earthquake Code of Turkey

Haluk Sucuođlu¹

¹ Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Cankaya 06800 Ankara
ORCID: 0000-0003-4475-8182

Keywords

Building Earthquake Code of Turkey, Seismic hazard, Tall buildings, Seismic isolated buildings, Design supervision and review

Highlights

- * Building Earthquake Code of Turkey has been renewed in 2019
- * Improvements include site specific earthquake hazard definitions
- * A design supervision system has been formed

Acknowledgements

Earthquake Department of the Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) of Turkey

Aim

Detail information about the new Building Earthquake Code of Turkey that is published in 2019

Location

Turkey

Methods

Non-linear analysis methods are used

Results

Definition of site specific earthquake hazard parameters has been improved and a design supervision system has been formed for non-standard practice and special applications that require expertise

Supporting Institutions

Middle East Technical University

Manuscript

Technical Note

Received: 17.05.2019

Revised: 06.06.2019

Accepted: 06.06.2019

Printed: 30.06.2019

DOI

doi.

Corresponding Author

Haluk Sucuoğlu

Email: sucuoglu@metu.edu.tr

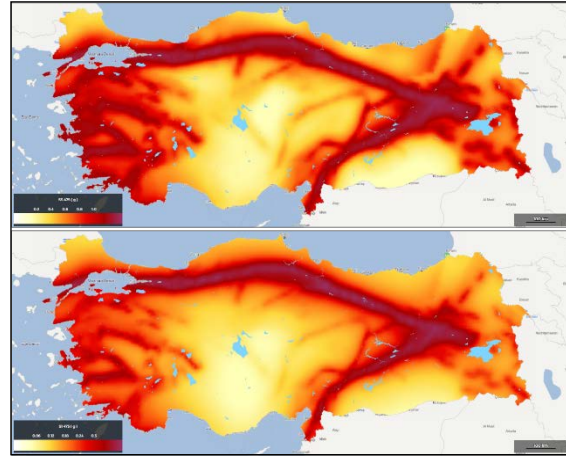


Figure
New earthquake hazard maps of Turkey for 0.2 and 1.0 s periods pertaining 475 yr design spectrum

How to cite

Sucuoğlu H., 2019. New Improvements in the 2019 Building Earthquake Code of Turkey, Turk. J. Earthq. Res. 1 (1), 63-75



2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler

Haluk Sucuoğlu¹

¹ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çankaya 06800 Ankara
ORCID: 0000-0003-4475-8182

ÖZET

Türkiye 1940'dan beri resmi olarak bir Deprem Yönetmeliği'ne sahiptir ve Yönetmelik gerek deprem mühendisliğindeki gelişmeler, gerekse toplumsal gereksinimler doğrultusunda belirli aralıklarla yenilenmektedir. 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2007 Deprem Yönetmeliğini geliştirmiş ve kapsamını genişletmiştir. En önemli gelişmeler sahaya özel deprem tehlikesi tanımı ile yüksek binalar, deprem yalıtımlı binalar ve kazıklı temellerin deprem tasarımıdır. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri bazı özel durumlar için performans değerlendirmesi amacıyla zorunlu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca standart olmayan ve uzmanlık gerektiren özel uygulamalar için bir tasarım gözetmenliği sistemi oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem tehlikesi, Yüksek binalar, Deprem yalıtımlı binalar, Tasarım gözetmenliği

Öne Çıkanlar

- * Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 yılında yenilenmiştir
- * Sahaya özel deprem tehlikesi tanımı getirilmiştir
- * Tasarım gözetmenliği sistemi oluşturulmuştur

Makale

Teknik Not

Geliş: 17.05.2019
Düzeltilme: 06.06.2019
Kabul: 06.06.2019
Basım: 30.06.2019

DOI

doi.

Sorumlu yazar

Haluk Sucuoğlu
Eposta:
sucuoğlu@metu.edu.tr

New Improvements in the 2019 Building Earthquake Code of Turkey

Haluk Sucuoğlu¹

¹ Middle East Technical University, Civil Engineering Department, Cankaya 06800 Ankara
ORCID: 0000-0003-4475-8182

ABSTRACT

Turkey has official earthquake code since 1940, and it is renewed at regular intervals in view of both the developments in earthquake engineering and in line with social needs. 2019 Building Earthquake Code of Turkey has improved the previous version published in 2007 by expanding its coverage. The most important improvements are the site specific earthquake hazard definition as well as earthquake design of tall buildings, seismic isolation and piled foundations. Non-linear analysis methods are used as mandatory for performance evaluation in some special cases. In addition, a design supervision system has been formed for non-standard practice and special applications that require expertise.

Keywords

Building Earthquake Code of Turkey, Seismic hazard, Tall buildings, Seismic isolated buildings, Design supervision and review

Highlights

- * Building Earthquake Code of Turkey has been renewed in 2019
- * Improvements include site specific earthquake hazard definitions
- * A design supervision system has been formed

Manuscript

Technical Note

Received: 17.05.2019
Revised: 06.06.2019
Accepted: 06.06.2019
Printed: 30.06.2019

DOI

doi.

Corresponding Author

Haluk Sucuoğlu
Email:
sucuoğlu@metu.edu.tr

1. GİRİŞ

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yasal olarak 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD 2018a) yönetmeliğin yayınlanmasından ve geliştirilmesinden sorumludur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ise tasarım gözetmenliği sistemini yürütmektedir. Türkiye Deprem Yönetmeliği, 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanunu'nun bir yönetmeliği olarak yasal mevzuat içerisinde yer almaktadır. Uygulanması kanunen zorunludur.

2019 Yönetmeliğindeki yeni gelişmeler bu makalede Yönetmelik içerisindeki sırasına uygun olarak sunulmaktadır. Bu gelişmeler ve eklemeler dünyadaki başlıca ülke ve kıta deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak yapılmıştır (Eurocode 2004, ASCE 2010). Makale kapsamında deprem tehlike haritası, binalar için genel tasarım kuralları, kuvvet esaslı tasarım ve şekil değiştirme esaslı değerlendirmenin temel kuralları tanıtılmaktadır.

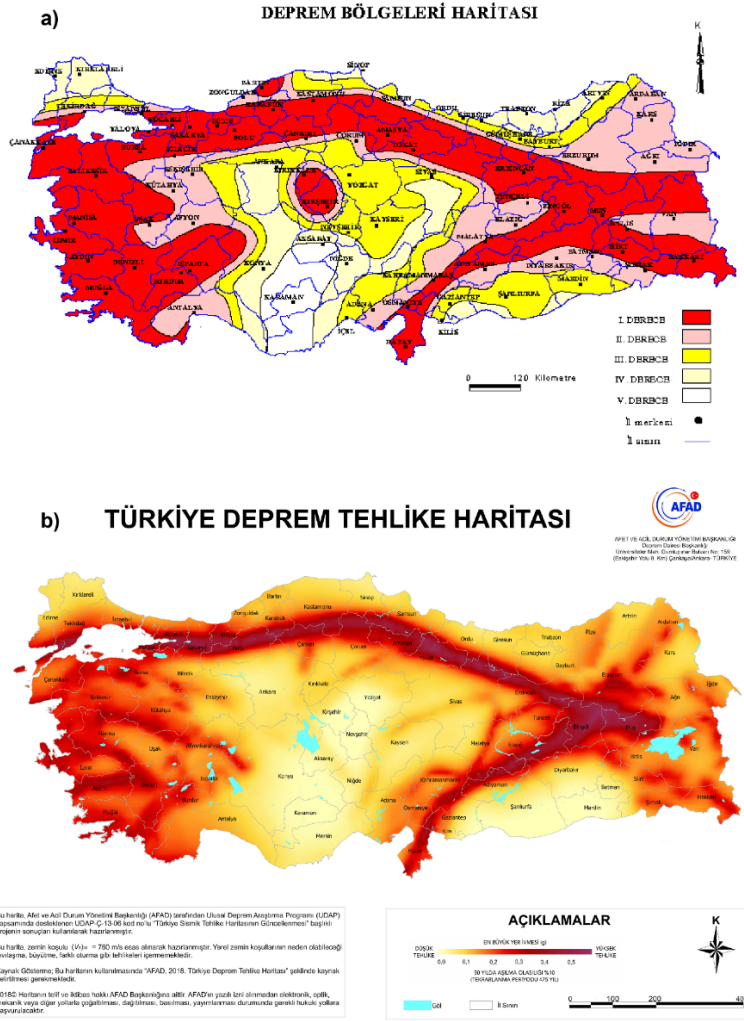
2. DEPREM TEHLİKE HARİTALARI

Ülkemizin önceki deprem tehlike haritası (TDBH 1996) bölge esaslı bir harita olup Türkiye'yi 5 deprem bölgesine ayırmaktaydı. 1996 haritası sert zeminde tanımlanan maksimum yer ivmesi (PGA) tabanlı olup PGA değerleri 475 yıllık tekrar süresi için hesaplanmıştı. 1996 haritasındaki deprem bölgeleri çok geniş coğrafi bantlardan oluşmakta, genişliği 100 km'yi aşan bu bantlardaki deprem tehlikesini tek bir PGA değeri ile tanımlamak yetersiz kalmaktaydı. 2000'li yılların başlarında başlatılan bir proje çalışması ile gerek aktif fay haritası (Emre ve diğ. 2013), gerekse deprem tehlike haritası güncellenmiş ve 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tasarım depreminin sahaya özel tanımı için temel kaynak olmuştur.

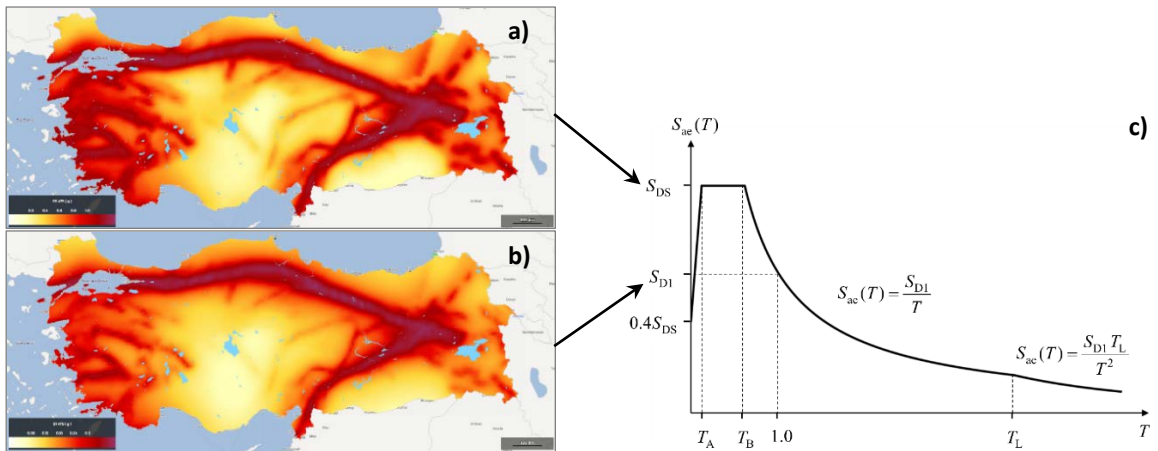
Yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası bir deprem bölgeleri haritası değil coğrafi koordinat esaslı bir kontur haritasıdır (AFAD 2018b). Deprem tehlikesi PGA ile değil spektral ivmeler cinsinden tanımlanmaktadır. Sahaya özel spektral ivmeler $T=0.2$ sn ve $T=1$ sn periyotlarında, sert zeminlerde ve 2475, 475, 72 ile 43 yıllık tekrar süreleri için olasılıksal deprem tehlike analizi yöntemiyle türetilmiştir. Ayrıca bir PGA kontur haritası da verilmektedir. Tüm tehlike haritalarına e-Devlet üzerinden <https://tdth.afad.gov.tr> web adresinden ulaşılabilmektedir.

1996 Deprem Bölgeleri Haritası ile 2018 Deprem Tehlike Haritası, 475 yıllık PGA için Şekil 1'de karşılaştırılmaktadır. 1996 haritasındaki kırmızı bölgenin en küçük PGA değeri 0.4g'dir. $PGA \geq 0.4g$ bölgesinin toplam alanı 2018 haritasında görünür şekilde azalmaktadır. Bu azalma özellikle batıda Ege Bölgesinde ve doğuda İran sınırı boyunca daha belirgindir.

Spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 , $T=0.2$ ve 1.0 saniye periyotlarda referans zemin koşulları için ilgili deprem tehlike haritasından elde edilmektedir. Daha sonra proje sahasının zemin koşulları için belirli katsayılarla çarpılarak tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} hesaplanmaktadır. Nihayetinde tasarım ivme spektrumu Şekil 2'de gösterildiği gibi elde edilmektedir. Köşe periyotları T_A ve T_B ilgili S_{DS} ve S_{D1} değerleri kullanarak hesaplanmaktadır.



Şekil 1: a) 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, b) 2018 tarihli Deprem Tehlike Haritası. Her iki harita sert zeminde 475 yıllık PGA cinsinden elde edilmiştir



Şekil 2: 475 yıllık geri dönüş süresi için 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası; a) $T=0.2$ sn (S_s), b) $T=1.0$ sn (S_1) için kontur haritaları, c) 50 yılda %10 aşılma olasılığı için tasarım spektrumu

2.1) Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde farklı performans hedefleri için dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Bu düzeyler deprem yer hareketi tekrar süreleri ve bunlara tekabül eden aşılma olasılıkları cinsinden ifade edilmiştir.

DD-1: 2475 yıl tekrar süresine tekabül eden 50 yılda %2 aşılma olasılığına sahip deprem tehlikesi. Bu tehlike seviyesi “göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi düzeyi” olarak tanımlanır.

DD-2: 475 yıl tekrar süresine tekabül eden 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip deprem tehlikesi. Bu tehlike seviyesi “standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi” olarak tanımlanır.

DD-3: 72 yıl tekrar süresine tekabül eden 50 yılda %50 aşılma olasılığına sahip deprem tehlikesi. Bu tehlike seviyesi “sık deprem yer hareketi düzeyi” olarak tanımlanır.

DD-4: 43 yıl tekrar süresine tekabül eden 30 yılda %50 aşılma olasılığına sahip deprem tehlikesi. Bu tehlike seviyesi “servis deprem yer hareketi” olarak tanımlanır.

3. BİNALARIN DEPREM TASARIMI İÇİN GENEL KURALLAR

3.1) Bina Sınıfları

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tasarımı çeşitli bina sınıflamaları yönlendirmektedir. Bu sınıflamalar binanın önemiyle ilgili olarak bina kullanım sınıfı, sahanın deprem tehlikesi ile ilişkili olarak deprem tasarım sınıfı ve binanın serbest yüksekliği ile ilgili olarak bina yükseklik sınıfıdır. Bina sınıfları Şekil 3’de özetlenmektedir.

Bina Kullanım Sınıfı (BKS)			Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)			
I=1.5 : BKS=1			Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]			
I=1.2 : BKS=2			DTS = 1, 1a, 2, 2a		DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
I=1.0 : BKS=3						
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)						
S_{DS}	BKS=1	BKS=2, 3				
< 0.33	4a	4				
0.33-0.50	3a	3				
0.50-0.75	2a	2				
≥ 0.75	1a	1				

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Şekil 3. Bina kullanım, bina yükseklik ve deprem tasarım sınıfları (I: Bina önem katsayısı)

Bina kullanım sınıfı binanın önemi ile ilişkilidir. Hastaneler, okullar, müzeler, zararlı madde depolayan binalar ve acil durum binaları için BKS=1, konser salonları, stadyumlar, alışveriş merkezleri gibi insan topluluklarının bulunduğu binalar için BKS=2, diğer binalar için ise BKS=3 olmaktadır.

Deprem tasarım sınıfı kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerine göre atanmaktadır. Şekil 3’de DTS için X ile Xa’nın farkı, kritik öneme sahip binaların tasarımına ek koŐullar tanımlamak içindir. Bina yükseklik sınıfı tasarım yönteminin seçimini etkileyen bir parametredir.

3.2) Bina Performans Düzeyleri

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde her ne kadar genel tasarım yöntemi kuvvet esaslı olsa da tasarım hedeflerini açık olarak ifade edebilmek amacıyla bina performans düzeyleri tanımlanmıştır. Performans düzeyleri altta özetlenmektedir.

Kesintisiz Kullanım Performansı (KK): Yapısal elemanlarda oluşan hasarlar ihmal edilir düzeydedir (betonda kılcal çatlaklar). *Sınırlı Hasar performansı (SH):* Yapısal elemanlarda oluşan hasarlar oldukça sınırlı bir elastik ötesi davranıŐa neden olabilir. *Kontrollü Hasar Performansı (KH):* Yapısal elemanlarda oluşan hasarlar belirgindir, ancak onarılabilir düzeydedir. *Göçmenin nlenmesi Performansı (G):* Yapısal elemanlarda oluşan hasarlar önemlidir, ancak binanın kısmen veya tamamen göçmesi nlenmiŐtir. Yıkılmaya yol açacak mekanizmalar oluŐmamıŐtır.

3.3) Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yöntemleri

Bina performans hedefleri, bina performans düzeyleri ve tasarımda dikkate alınan deprem yer hareketi düzeylerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilir. Tasarım yöntemi (dayanıma göre tasarım-DGT veya Şekil deęiŐtirmeye göre değerlendirme ve tasarım-ŞGDT) bina performans hedefine göre seçilir. Yüksek bina olarak sınıflanan binalar haricindeki tüm binalar için “Normal Performans Hedefi” geçerlidir. Tasarım DD-2 yer hareketi altında yapılır ve kontrollü hasar (KH) hedeflenir. Ancak binanın deprem tasarım sınıfı DTS 1a veya 2a ise (yüksek deprem Őiddetine maruz kritik binalar), “İleri Performans Hedefi” kullanılır.

Şekil değiştirme esaslı hesap yöntemleri DD-1 ve DD-3 yer hareketleri altında bina performansını değerlendirmek için kullanılır. Dayanım esaslı hesap yöntemleri ise DD-2 tasarım depremi altında kullanılır. İleri performans hedefleri DD-3 altında Sınırlı Hasar (SH), DD-1 altında ise Kontrollü Hasardır (KH). Deprem yer hareketi düzeyi, bina performans hedefi ve kullanılması gerekli tasarım yöntemi arasındaki iliŐkiler Tablo 1a’da verilmektedir.

BYS=1 olarak sınıflanan yüksek binalara ikili performans hedefi uygulanır. Yüksek binalar DD-3 servis depremi altında doğrusal elastik kalmalı, DD-1 maksimum deprem etkisi altında ise göçme öncesi performansını sağlamalıdır. Servis depremi altında dayanım esaslı hesap yöntemi, maksimum deprem etkisi altında ise Şekil değiştirme esaslı hesap yöntemi kullanılması gerekmektedir. Bu iliŐkiler Tablo 1b’de verilmiŐtir. Yüksek binaların deprem tasarımında önce DD-2 depremi altında bir ön tasarım yapılması önerilmektedir. Ancak tasarımı genellikle DD-3 depremi altında doğrusal elastik davranış hedefi ve mimari boyutlar kontrol etmektedir. Dolayısıyla Tablo 1b’deki DD-2 altında KH hedefi pratik olarak pek geçerli değildir. Ayrıca yüksek binalar için R faktörlerinin kullanımı da uygun değildir.

İleri performans hedefinin yüksek binalara uygulanması pek gerçekçi ve mümkün değildir. 2019 Yönetmeliğinde mevcut binalar için benzer tablolar verilmektedir. Mevcut binalar için normal performans hedefi DD-2 altında kontrollü hasardır. Değerlendirme yöntemi ise Şekil değiştirme esaslıdır. 2019 Yönetmeliğinde Şekil değiştirme esaslı bir doğrusal elastik hesap yöntemi verilmektedir.

Tablo 1: Yeni yapılacak binalar için performans hedefleri ve tasarım yöntemleri; a) Yerinde dökme betonarme, ön üretilmiş betonarme ve çelik binalar, b) Yüksek binalar (BYS=1)

a) Yer hareketi düzeyi	DTS = 1,1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yöntemi	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yöntemi
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

b) Yer hareketi düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yöntemi	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yöntemi
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ *BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.*

⁽²⁾ *BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.*

⁽³⁾ *Ön tasarım olarak yapılacaktır.*

⁽⁴⁾ *I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.*

4. BİNALARIN DAYANIM ESASLI TASARIMI

Konvansiyonel dayanım (kuvvet) esaslı tasarım yöntemi iki özel durum dışında tüm yeni yapılacak binalar için geçerlidir. Özel durumlar yüksek binaların göçmenin önlenmesi performansı için ve deprem yalıtımlı binaların yalıtım sistemi performansı için şekil değiştirme esaslı doğrusal olmayan hesap uygulanmasıdır. Ayrıca ileri performans hedefi sağlanacak binalarda da şekil değiştirme esaslı doğrusal olmayan performans hesabı uygulanacaktır. Ancak bunlar genellikle çok özel durumlardır.

Dayanım esaslı hesap ve tasarım yöntemleri kapasite tasarımı prensipleri ile birlikte uygulanır ve 2019 Yönetmeliğindeki uygulamanın genel hatları 2007 Yönetmeliğinden farklı değildir. 2019 Yönetmeliğindeki temel fark yük azaltma katsayısı (R katsayıları) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D katsayıları) tanımlarının 2007'ye göre çok kapsamlı olarak verilmesidir. Bu katsayılar Tablo 2'de yerinde dökme betonarme binalar için verilmektedir. Benzer tablolar ön dökümlü betonarme, çelik, yığma ve ahşap binalar için de mevcuttur.

Tasarımda dikkate alınan R katsayısı esasında süneklik azaltma katsayısı R_u ile dayanım fazlalığı katsayısının çarpımından oluşur. Dolayısıyla bir sistem için dikkate alınan süneklik azaltma katsayısı Tablo 2'deki değerler kullanılarak Denklem 1'den dolayı olarak hesaplanabilir.

$$R_u = R / D \quad (1)$$

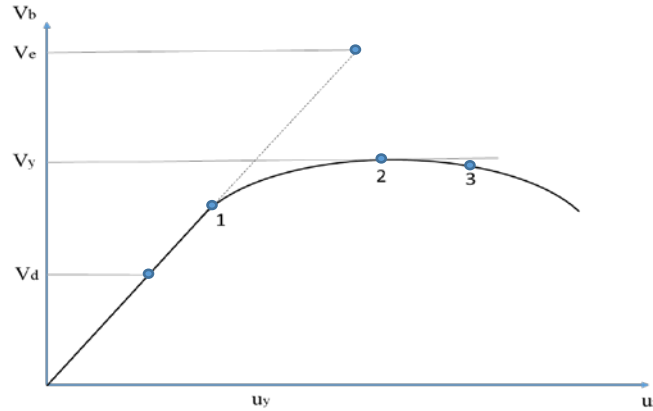
Tablo 2: Bina taşıyıcı sistemleri için yatay yük azaltma katsayısı (R), dayanım fazlalığı katsayısı (D) ve izin verilen yükseklik sınıfları (BYS)

Bina Taşıyıcı Sistemi	R	D	BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER			
A1. Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler			
A11. Moment aktaran çerçeveler	8	3	BYS ≥ 3
A12. Bağ kirişli perdeli sistemler	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Perde sistemleri	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Çerçeve-bağ kirişli perde sistemleri	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Çerçeve-boşluksuz perde sistemleri	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Yüksekliği 12 m'yi geçmeyen tek katlı konsol sistemler	3	2	–
A2. Süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler			
A21. Deprem yüklerinin sınırlı sünek çerçeveler ve sünek bağ kirişli perdelerle karşılandığı sistemler	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem yüklerinin sınırlı sünek çerçeveler ve sünek boşluksuz perdelerle karşılandığı sistemler	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem yüklerinin sınırlı sünek asmolen döşemeli çerçeveler ve sünek bağ kirişli perdelerle karşılandığı sistemler	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem yüklerinin sınırlı sünek çerçeveler ve boşluksuz sünek perdelerle karşılandığı sistemler	5	2.5	BYS ≥ 6
A3. Süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler			
A31. Moment aktaran çerçeveler	4	2.5	BYS ≥ 7
A32. Perde sistemleri	4	2	BYS ≥ 6
A33. Çerçeve-boşluksuz perde sistemleri	4	2	BYS ≥ 6

Örnek olarak yüksek süneklik düzeyi için tasarlanan bir betonarme çerçeve sisteminin süneklik azaltma katsayısı $R_u=8 / 3 = 2.67$ olarak hesaplanır. Bu değer süneklik düzeyi yüksek bir perde-çerçeve sistemi için 2.8'dir. Gerçek süneklik azaltma katsayısının doğrudan hesabı mümkün değildir, ancak doğrusal olmayan yapı modeline uygulanacak itme analizinden elde edilecek kapasite eğrisini kullanarak hesaplanabilir. İtme analizi Şekil 4'de şematik olarak gösterilmiştir. Burada R_u katsayısı V_e/V_y , D katsayısı V_y/V_d , R katsayısı ise V_e/V_d oranlarına eşittir. V_e doğrusal elastik hesaptan elde edilen dayanım talebi, V_d azaltılmış yatay dayanım talebi, V_y gerçekleşen (mevcut) yatay yük dayanımıdır.

4.1) Tasarımda Dayanım Fazlalığı

Şekil 4'de gösterilen kapasite eğrisinin düşey (kuvvet) ekseninde yukarıda tanımlanan çeşitli kuvvet düzeyleri belirtilmiştir. Burada $V_d = V_e/R$ ve dolayısıyla $D = V_y/V_d$ olmaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı, tasarım ve detaylandırma sonucunda gerçekleşen dayanım ile doğrusal hesaptan elde edilen azaltılmış tasarım dayanımı talebi arasındaki oranı ifade eder. Dayanım fazlalığının başlıca nedenleri minimum kesit boyutları, minimum donatı oranları, gerçek malzeme dayanımı yerine dayanım katsayıları ile azaltılmış tasarım malzeme dayanımlarının kullanılması, düşük deprem tehlikesine sahip bölgelerde düşey yük tasarımının yatay yük dayanımını belirlemesidir. Yüksek binalarda da eleman kesit boyutları genellikle düşey yükler tarafından kontrol edilmektedir.



Şekil 4: Tipik bir bina çerçevesi için itme analizinden elde edilen kapasite eğrisi

Yönetmelikte D katsayılarının verilmesinin temel amaçlarında birisi de bu katsayıların kuvvet kontrollü gevrek elemanların deprem tasarımında kullanılmasıdır. Gevrek olarak davranış gösteren elemanların doğrusal elastik hesaptan elde edilen dayanım talepleri ancak D katsayısı ile azaltılabilir, R katsayısı ile azaltılamaz. Zira süneklik özellikleri yoktur veya bu elemanlar için $R_{\mu}=1$ olmaktadır. Diğer yandan R_{μ} katsayısını Denklem (1)'den elde etmek, bir yapı sisteminin gerçek (azaltılmamış) tasarım depremi etkisi altında sahip olması gerekli süneklik oranı hakkında da bilgi verir. Orta ve uzun periyotlu sistemlerde (yaklaşık olarak $T_1 > 0.5$ sn), R_{μ} süneklik oranına eşittir ($\mu = u_{max} / u_y$). 2019 Yönetmeliği, D katsayılarını vererek tasarlanan sistemde var olması gerekli süneklik oranları hakkında açık ve şeffaf bir bilgi sağlamaktadır.

4.2) Betonarme Elemanların Etkin Kesit Rijitlikleri

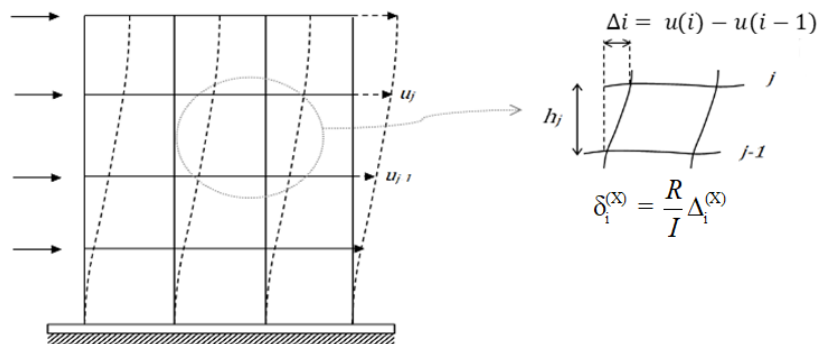
Betonarme elemanlar düşük eğilme etkisi altında dahi belirgin olmayan miktarlarda çatlaklar ve bu çatlaklar kılcal mertebede de olsa eleman kesitlerinde önemli oranda rijitlik azalmasına neden olur. Eğer çatlama kesit özellikleri doğrusal elastik hesaplarda etkin kesit rijitlikleri kullanarak dikkate alınırsa iç kuvvet dağılımları daha gerçekçi olarak hesaplanır. Bunun yanında etkin kesit rijitliklerinin kullanımı, doğrusal hesap ile elde edilen şekil değiştirmelerin çok daha gerçekçi olarak kestirilmesini sağlar. Deprem mühendisliğinde eşit deplasman kuralı orta ve uzun periyotlu sistemler için geçerli kabul edilir. Etkin kesit rijitliklerinin kullanılması durumunda doğrusal elastik yöntemle yapılan şekil değiştirme hesabı gerçeğe yakın, güvenilir sonuçlar verecektir. 2019 Deprem Yönetmeliğinde önerilen etkin kesit rijitlikleri Tablo 3'de verilmektedir. Etkin kesit rijitlikleri eksenel kuvvet ile artar, zira eksenel kuvvet çatlak oluşumunu geciktirir, çatlak genişliklerinin azaltır. Bu nedenle etkin kesit rijitlikleri Tablo 3'de eksenel kuvvet ile ilişkili olarak ifade edilmiştir.

Tablo 3: Betonarme elemanların etkin kesit rijitlikleri

Betonarme eleman	Etkin kesit rijitliği çarpanı	
Perde-döşeme (düzlem içi)	Eksenel	Kayma
Perde duvar	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-döşeme (düzlem dışı)	Eğilme	Kesme
Perde duvar	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

4.3) Kat Arası Ötelenmelerin Sınırlandırılması

Deprem sırasında dolgu duvarlar veya pencere çerçeveleri gibi yapısal olmayan kırılğan elemanların çerçeveler tarafından empoze edilen şekil değiştirmeler altında hasar görmesini engellemek için kat arası ötelenmelerinin sınırlandırılması gerekir. Bu durum özellikle tasarım depremi düzeyinin altındaki daha düşük şiddetli depremlerde önemlidir. Dolgu duvarların hafif veya orta şiddetli depremlerde çatlaması ve hasar görmesi, taşıyıcı sistemde hasar olmasa dahi binanın görünen deprem performansını önemli ölçüde azaltır. Çerçeve ile dolgu duvar arasında esnek bir derz olması hasar oluşumunu engeller. Duvar-çerçeve arasında esnek arayüz oluşturulması 2019 Deprem Yönetmeliğinde bu türlü uygulamanın yapıldığı binalarda daha yüksek kat arası ötelenme oranlarına izin verilerek ödüllendirilmektedir. Dolgu duvar ile çerçevenin tam bitiştiği durumda kat arası ötelenme sınırları azaltılmaktadır. Bu durum, çerçevelerin düşük ötelenmeleri sağlamak için daha rijit yapılmasına yol açacaktır. 2019 Yönetmeliğinin yaklaşımı Şekil 5’de açıklanmaktadır.



Şekil 5. Bir çerçevede oluşan kat arası ötelenmeler ve i nci katın kat arası ötelenmesi δ_i

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kat arası ötelenme sınırları altta verilmektedir:

Dolgu duvarları çerçeveye tam bitişirme durumu:

$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (2)$$

Dolgu duvarları çerçeveye esnek bir derzle birleştirme durumu:

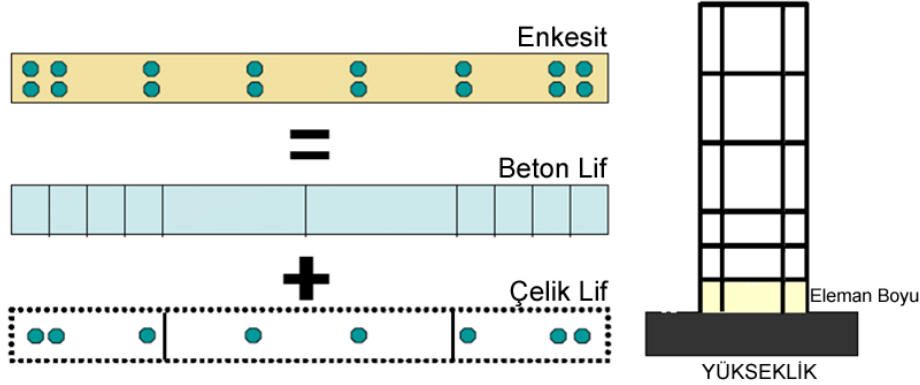
$$\lambda \frac{\delta_{i,\max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (3)$$

Burada λ , binanın hakim periyodunda DD-3 deprem yer hareketi ile DD-2 deprem yer hareketinin spektral ivme oranı (genellikle 0.4-0.5 arasındadır); $\delta_{i,\max}^{(x)}$ x-doğrultusunda binanın i'inci katının etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri; h_i kat yüksekliğidir. κ ise betonarme için 1.0, çelik binalar için 0.5 alınacaktır.

Burada önemle belirtilmesi gereken bir husus, kat arası ötelenme sınırlarının esnek, uzun periyotlu binalarda tasarımı deprem kuvvetlerinden daha fazla kontrol edebileceğidir.

5. DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLER

2019 Deprem Yönetmeliğinde doğrusal olmayan hesap yöntemleri en kapsamlı olarak yüksek binaların performans değerlendirmesinde kullanılmaktadır. Yönetmelik çekirdek perde duvarların modellenmesinde fiber elemanların kullanılmasını önermektedir. Fiber elemanları modelleme özellikleri Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Betonarme perde kesitlerinde fiber elemanların tanımlanması

Performans değerlendirmesinde karakteristik dayanımlar yerine mevcut malzeme dayanımları kullanılmaktadır. Zaman tanım alanında yapılacak dinamik analizlerde 11 çift eksenli yatay deprem yer hareketi kaydı kullanılmalıdır. Deprem yer hareketleri inşaat sahasını etkileyecek fayların sismolojik özelliklerini dikkate alarak seçilmeli ve binanın etkin periyot aralığında tasarım spektrumuna uyum sağlayacak şekilde ölçeklendirilmelidir.

Performans değerlendirmesinde maksimum tepki parametrelerinin yer hareketi seti için hesaplanan ortalama değerleri kullanılmaktadır. Yapısal elemanların performans sınırları aŐađıda plastik dönmeler cinsinden tanımlanmıştır.

Göçmenin nlenmesi:

$$\theta_p^{(G)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (4)$$

Kontrollü Hasar:

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G)} \quad (5)$$

Sınırlı Hasar:

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (6)$$

6. SONUÇLAR

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, hacim olarak 2007 Yönetmeliğinin iki katına ulaŐmıŐtır. Bu durum dünyadaki diğer yönetmeliklerde de farklı değildir. Özellikle yenilemeler 10 yılda bir yapılmıŐa doğal karŐılanması gerekir. On yılda çok fazla yeni bilgi üretilmektedir. Bu makalede yenilikler sadece bir zet olarak sunulmuŐtur.

Performans esaslı deprem mühendisliği yaygınlaŐtıķa doğrusal olmayan hesap yöntemleri de daha fazla kullanılmaya baŐlamıŐtır. Her ne kadar bu yöntemlerin günümüz mühendislik pratiğinde kullanımı oldukça sınırlı olsa da gelecekte yaygınlaŐacaęı Őüphesizdir. 2019 Bina Deprem Yönetmeliği ile uygulamacılar gelecekteki geliŐmelere daha erken hazırlanabileceklerdir.

TEŐEKKÜR

2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği AFAD'ın kurumsal organizasyonu ile gerçekleŐtirilmiŐtir. Yönetmeliğin makalede değinilen bölümlerinin yazılmasında Nuray Aydınoğlu ve yazar st Komisyon yeleri olarak katkıda bulunmuŐlardır.

KAYNAKLAR

AFAD, 2018a. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, <https://www.afad.gov.tr/tr/24210/Turkiye-Bina-Deprem-Yonetmeliği>

AFAD, 2018b. Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, <http://tdth.afad.gov.tr/TDTH>

ASCE, 2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-10, American Society of Civil Engineers.

Bayındırlık ve İŐkan Bakanlığı, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara.

Emre ., Duman T.Y., zalp S., Elmacı H., Olgun Ő., Őarođlu F., 2013. 1/1.250.000 lekli Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü zel Yayınlar Serisi, Ankara-Türkiye.

Eurocode, 2004. EN 1998-1 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, European Committee for Standardization.

TDBH, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.