

YENİ DEPREM YÖNETMELİİNDE YI MA BİNA TASARIMI VE DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN ÖNERİLER

Fikret KURAN

*Resmî Yüksek Mühendisi, Vakıflar Genel Müdürlüğü, Ankara
Email: f.kuran@vgm.gov.tr*

ÖZET:

Deprem Yönetmeliğinin güncellenmesi ve Avrupa Birliği Yapı Standartları olan Eurocode 8 ile uyumluluğunun sağlanmasına ilişkin ülkemizdeki çalışmalar halen devam etmektedir. Avrupa'da en fazla deprem tehlikesine sahip ülkelerden biri olan Türkiye'de, Eurocode 8 ve ulusal parametreler kullanılarak 2003 yılında ulusal yönetmelik hazırlanmıştır. Türkiye'de bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden sonra ise, deprem tehlikesinin çok düşük olduğu bölgelerde dahi, y1 ma bina tasarımında zorluklar yaşanmış ve ulusal yönetmeliklerini 2005 yılında güncellemek ihtiyacı doğmuştur. Yaşanan bu sorunlar karşısında, Avrupa'da y1 ma binaların deprem davranışları hakkında deneysel ve analitik araştırmalara başlanmıştır. Bu bakımdan 2003 yılının sonunda son halini alan Eurocode 8'in y1 ma binaların tasarımına ilişkin kuralları güncellenmesi gerekmektedir. Yeni deprem yönetmeliğinde, y1 ma binalara ilişkin tasarım kurallarının Eurocode 8 ile aynı olması durumunda benzer sorunların ülkemizde de olması kaçınılmaz olacaktır. Bu makalede; Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Türkiye ve Yeni Zelanda gibi deprem tehlikesi yüksek, gelişmiş ülkelerdeki yönetmelikler karşılaştırılmakta, yeni deprem yönetmeliğinde y1 ma binaların tasarımı ve deprem güvenliğinin değerlendirilmesine ilişkin öneriler verilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER : Deprem Yönetmeliği, Eurocode 8, Y1 ma Bina

1.GİRİŞ

Türkiye'de y1 ma bina tasarımı son yıllarda çok fazla olmamasına karşılık günümüzde halen yapılagelmektedir. Ayrıca mevcut yapı stokunun önemli bir kısmını y1 ma binalar oluşturmaktadır. Ülkemizde yapılan y1 ma yapılar çoğunlukla donatısız y1 ma ve küçülmüş y1 ma olarak yapılmaktadır. Tüm modern deprem yönetmelikleri kat sınırlaması, minimum duvar kalınlığı, minimum duvar alanı, minimum mesnetlenmemiş duvar uzunluğu vb. geometrik koşulları içerdiğinden, yeni yapılacak y1 ma bina tasarımında mühendisin çok fazla seçeneği bulunmamaktadır. Bu bakımdan y1 ma binaların tasarımı ile kapsamlı bilgi düzeyinde incelenen mevcut bir y1 ma binanın deprem güvenliğinin belirlenmesi hemen hemen eşdeğerdir (Magenes ve Penna, 2011). Bu nedenle y1 ma binaların tasarımındaki kurallar mevcut binaların değerlendirilmesini de etkilemektedir. Ülkemizde halen deprem yönetmeliğinin yenilenme çalışmaları devam etmekte ve yeni yönetmeliğin Eurocode standartları ile uyumlu olması amaçlanmaktadır. Bilindiği üzere bina tasarımına ilişkin Eurocode standartlarının hazırlanması uzun yıllar sürmüştür. Son on yıldır ise Avrupa'da birçok ülke, bu standartları ulusal parametrelerini hazırlayarak kullanmaya başlamıştır. Avrupa'da deprem tehlikesinin en fazla olduğu ülkelerden biri olan Türkiye, 2003 yılında kendi ulusal parametrelerini içeren ve Eurocode 8'i referans alarak hazırladıkları yönetmeliği ülkelerinde kullanmaya başlamıştır. OPCM 3274 olarak isimlendirilen bu yönetmeliğin özellikle y1 ma yapı tasarımlarında kullanılmaya başlanmasından sonra birçok sorunlarla karşılaşmıştır. Eurocode 8 ve OPCM 3274'e göre tasarlanan 2 ve 3 katlı donatısız y1 ma binalar yer ivmesinin 0.1g hatta 0.05 g olması durumunda dahi deprem yükleri altında yeterli güvenliğini sağlamamaktadır. Her iki yönetmeliğe göre deprem hesabı yapılmasına gerek olmayan basit y1 ma binalarda da aynı sorunlarla karşılaşmıştır (Morandi ve Magenes, 2008). Avrupa'da görece düşük deprem tehlikesi bulunan Belçika, Fransa, Almanya ve İsviçre gibi ülkelerde de benzer sorunlarla karşılaşmıştır (Magenes ve Penna, 2011). Bu sorunlara çözüm bulmak ve bu

tür binaların davranışını daha iyi ortaya koyabilmek için yapı binalarının tasarımı, değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi amaçlı Avrupa'da ara tırma projelerine başvurulmuştur. Bu projelerden bazıları FP6 ESECMaSE (2004-2008), Relius (2005-2008) ve EUCENTRE (2005-2010) olarak sıralanabilir. Bu projelerden elde edilen bilgiler ise henüz Eurocode 8 ve Eurocode 6 standartlarına yansıtılmamıştır.

2. DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI ve DAYANIM FAZLALI İRANI KAVRAMLARI

Modern tüm deprem yönetmeliklerinde doğrusal elastik deprem yükleri; % 5 sönüm oranına sahip doğrusal elastik tek serbestlik dereceli sistemin periyodu (T) ile tasarım depreminin etkisi altında oluşan toplam ivme arasındaki ilişkiyi gösteren ve standardize edilen davranış spektrumundan elde edilmektedir. Elastik deprem yükleri, taşıyıcı sistem davranışının doğrusal elastik olması ve böylece sistemde hiçbir hasarın meydana gelmemesi durumunda söz konusu olabilir. Oysa şiddetli depremlerin etkisi altında elastik deprem yükleri çok büyük değerler alırlar ve bu değerlerle ekonomik bir bina tasarımı mümkün olmaz. Bu nedenle yeni yapılan binalarda kullanıcıların can güvenliğini sağlamak amacıyla, şiddetli depremlerde bina taşıyıcı sisteminde belirli düzeyde hasara bilerek izin verilir. Diğer bir ifadeyle, bina taşıyıcı sisteminin bazı elemanları doğrusal olmayan (nonlinear) davranış gösterecek biçimde tasarlanırlar. Kabul edilebilir hasarın olabilmesi için ise binanın taşıyıcı sisteminin belirli bir miktarda sünek ve enerji yutma kapasitesinin olması gerekmektedir (Aydınolu vd.,2009). Nonlinear sistemi niteleyen iki temel parametreden birincisi Dayanım Azaltma Katsayısı'dır. R_y ile gösterilen bu katsayı, lineer elastik dayanım talebinin (F_e) kapasiteye (F_y) oranıdır (Ekinli).

$$R_y = \frac{F_e}{F_y} \quad (1)$$

$$R_y = (2 - \mu)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

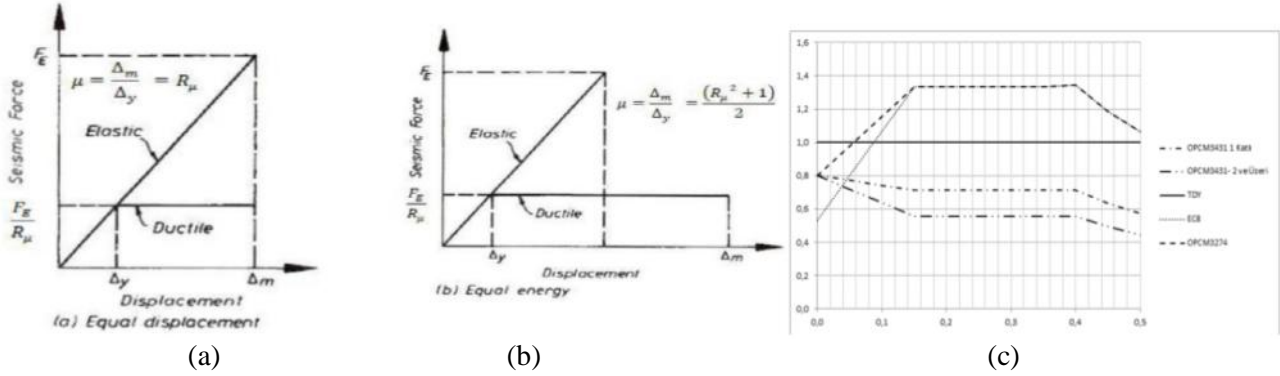
$$R_y = 1 + (\mu - 1) \frac{T}{T_s} \quad (3)$$

$$R_a = \frac{f_e}{f_d} = \frac{f_e}{f_y} \frac{f_y}{f_d} = R_y \cdot DFO \quad (4)$$

Süneklik Katsayısı olarak adlandırılan ve μ ile gösterilen ikinci temel parametre ise, nonlinear sistemin maksimum yerdeğiştirilmesinin (u_{max}) akma yerdeğiştirilmesine (u_y) oranıdır ($\mu = u_{max}/u_y$). Doğrusal titreşim periyodu belirli bir sınır periyodundan daha uzun olan ($T > T_s$) görece esnek sistemlerde, nonlinear sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi u_{max} ile esnek lineer sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi u_e birbirine yaklaştıkça olarak eşit olmaktadır ($u_{max} \cong u_e$). Bu özelliğe eşit yerdeğiştirme kuralı adı verilmektedir. Bu durumda Dayanım Azaltma Katsayısı, Süneklik Katsayısı'na eşit olmaktadır ($R_y = \mu$) (Ekinli 1-a). Doğrusal titreşim periyodu (T) belirli bir sınır periyodundan daha kısa olan ($T < T_s$) görece rijit sistemlerde ise (deprem yönetmeliğinde tasarımda $T_s = T_A$, 7. bölümde ise güvenli tarafta kalmak için $T_s = T_B$ olarak alınmaktadır), nonlinear sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi u_{max} , esnek lineer sistemin maksimum yerdeğiştirilmesi u_e 'den çok daha büyük olmaktadır ($u_{max} \gg u_e$). Böyle sistemlerde eşit enerji kuralı (Denk.2) geçerli olmaktadır (Ekinli 1-b). Periyodu çok kısa olan rijit yapılarda eşit enerji kuralına göre hesaplanan R_y değeri ise tasarımda güvenli olmamaktadır (Paulay and Priestly, 1992). Bu nedenle R_y ile yapı periyodu arasında Denk.3 ile verilen ilişki tanımlanmıştır. Rijitlik sonsuza yaklaştıkça sistemde ($T \rightarrow 0$), Dayanım Azaltma Katsayısı birim değere yaklaştıkça ($R_y \rightarrow 1$).

Tasarımda binanın yatay yük dayanımı (F_y), taşıyıcı sistemin akma dayanımı veya kapasitesi olarak da nitelendirilebilir. Ancak bu dayanım, tasarımda malzeme güvelik katsayısının kullanılması, ortalama dayanımın karakteristik dayanımdan daha büyük olması, taşıyıcı sistemin hipersitatiklik derecesi, yönetmeliklerde istenen minimum kurallar ve sınırlamalar gibi nedenlerden dolayı hesaplanan taşıyıcı gücünden daima daha büyüktür. Bütün bu faktörlere bağlı olarak, yönetmeliklere göre tasarlanacak bir binanın tasarım dayanımının (F_d) gerçekte ondan daha büyük bir (F_y) kapasiteye karşı geldiğini göstermektedir. Kapasitenin (F_y) tasarım dayanımına (F_d) oranına Dayanım Fazlalığı Oranı-DFO

(Overstrength Ratio-OSR) denilmektedir. Bu durumda deprem yönetmeliğinde tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a , lineer elastik dayanım talebi F_e 'nin tasarım dayanımı F_d 'ye oranı olarak tanımlanmaktadır: Denk.4'den görüleceği üzere, Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nın iki bileşeni vardır ve Dayanım Azaltma Katsayısı ile Dayanım Fazlalığı Oranı ile çarpımına eşittir (Aydınolu vd. 2009). Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'ndaki bu kavram, tüm modern deprem yönetmeliklerinde de bulunmaktadır.



ekil 1 a-b) Dayanım Azaltma Katsayısı (R_y) ile Süneklik (μ) Arasındaki İlişki (Paulay ve Priestly, 1992) c) $S=1$, $a_g=0.4$ ve $I=1$ Alınarak Farklı Yönetmeliklerde Y_1 ma Bina Tasarım Yatay Yük Oranı (V_t/W)

3. DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE Y_1 MA BİNALAR

Türk Deprem Yönetmeliğinde geometrik ve konstrüktif kuralların yanı sıra, bina periyodundan bağımsız olarak spektrumun plato kısmında kabulü ile, Spektrum Katsayısı 2.5 ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R_a) 2 alınarak elde edilen deprem yüküne göre analiz yapılması artı bulunmaktadır. TDY'de Y_1 ma binalar için verilen R_a değerinde süneklik veya DFO tanımlanmamıştır. Ancak yönetmelik, diğer bölümlerinde de olduğu gibi DFO oranını 2 empoze etmektedir. Y_1 ma binalar tabanlı sistem türüne göre sınıflandırılmamalarına karşılık Eurocode 8 terminolojisine uygun olarak donatısız ve ku atılmış Y_1 ma binalar olarak tanımlanmakta, her deprem bölgesinde kat sınırlamasına bağlı olarak yapılabilmektedir.

Eurocode 8'de Y_1 ma binalar ve basit Y_1 ma binalar olarak iki sınıflama ile tanımlanmaktadır. Basit Y_1 ma binaların deprem yükleri altında analiz edilmesi ve güvenlik tahkiki yapılmasına gerek yoktur. Y_1 ma binalar tabanlı sistem tipine göre ise donatısız, ku atılmış ve donatılı Y_1 ma binalar olmak üzere 3 kategoriye ayrılmıştır. Y_1 ma binalar $a_g S$ de eri (S : zemin türüne göre 1.0-1.4 arasındadır) 0,20g ve basit binalar için $a_g k g$ ($1 < k < 2$) de eri 0,15 üzerinde deprem tehlikesine ait bölgelerde yapılmasına izin verilmemektedir. Ku atılmış veya donatılı Y_1 ma binalar için ise sınırlama bulunmamaktadır. Donatısız Y_1 ma binalar için Deprem Yüğü Azaltma katsayısını ifade eden q katsayısı 1.5-2.5 arasında tanımlanmakta ve en düşük değer 1.5 olarak alınması tavsiye edilmektedir. Y_1 ma binalar için verilen q değerlerinde, dayanım fazlalığı ile ilgili bir bilgi olmamasına karşılık, standartta verilen q değerlerinin içerisinde dayanım fazlalığı dikkate alınmaktadır (Tomazevic, 2014). Eurocode 8'de donatısız Y_1 ma binaların sünek davranış göstermediği, gevrek davranış gösterdiği kabul edilmektedir.

talya'da ise Eurocode 8'in aynısı olan ve ulusal parametreleri de içeren yönetmeliği OTCM 3274 (2003)'de q de eri do rudan Eurocode 8'den ($q=1.5$) alınmıştır. q de erine bağlı olarak elde edilen deprem yükünün çok büyük olması ve konstrüktif ve geometrik kısıtlama kuralları Y_1 ma bina tasarımını imkansız hale getirmiş, tasarımcının başta tabanlı sistem türüne yönelmesini zorlamıştır (Morandi, 2006). Bu nedenle bu standart hemen revize edilerek değiştirilmiş ve 2005 yılında OTCM 3431 yürürlüğe girmiştir. 2008 yılında ise talya Bina Yönetmeliği (NTC-2008) hazırlanmıştır. OTCM 3431 ve NTC (2008)'de donatısız ve donatılı Y_1 ma binalar her deprem bölgesinde yapılabilmektedir. Bu yönetmeliklerde Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, DFO'da dikkate alınarak yeniden belirlenmiştir. DFO'yu temsil eden ve elde edilen sistemin yatay yük kapasitesinin, ilk elemanın kapasitesine ulaştığı andaki yatay yüke oranı olarak tarif edilen $\mu / 1$ 'in statik itme analizinden bulunması halinde alabileceği en büyük değer 2.5 olarak sınırlandırılmıştır. tme analizinin yapılmaması durumunda ise Tablo 1'de verilen değerlerin kullanılması önerilmektedir. Aynı q de erleri

2013 yılında hazırlanan Eurocode 8 Ulusal Ek dokümanında da yer almaktadır. OPCM 3431 ve NTC (2008)'de mevcut yapı binalarının deprem güvenliklerinin belirlenmesinde ise düzeyde düzensizlik içermeyen binalarda $q=2.0 \frac{u}{1}$, diğer durumlarda ise $q=1.5 \frac{u}{1}$ olarak tanımlanmaktadır. DFO kavramına karşılık gelen $\frac{u}{1}$ değerinin kesin olarak belirlenemediği durumlarda 1.5 olarak alınacağı belirtilmektedir. Ayrıca bu yönetmelik ve standartlara ilave olarak tarihi yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi için rehber doküman (Guidelines for Evaluation and Mitigation of Seismic Risk to Cultural Heritage-2006) bulunmaktadır. Bu dokümanda lineer elastik analiz için Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı (q) yükseklik boyunca düzensizlik içermeyen tarihi yapılar için 3.0, düzeyde düzensizlik içeren tarihi yapılar için ise 2.25 olarak tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu değerlerin içerisinde DFO katsayısı 1.5 olarak yer almaktadır.

Tablo 1. OPCM 3431-NTC (2008)'de Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı (q) ve DFO ($\frac{u}{1}$) Değerleri

Donatısız Y1 ma Binalar; Düzenli	$q=2.0 \frac{u}{1}$	Tek Katlı $\frac{u}{1}=1.4$ ki ve üzeri $\frac{u}{1}=1.8$
Donatısız Y1 ma Binalar; Düzeyde Düzensizlik çeren	$q=1.5 \frac{u}{1}$	
Donatılı Y1 ma Binalar; Düzenli	$q=2.5 \frac{u}{1}$	Tek Katlı $\frac{u}{1}=1.3$ ki ve üzeri $\frac{u}{1}=1.5$
Donatılı Y1 ma Binalar; Düzeyde Düzensizlik çeren	$q=2.0 \frac{u}{1}$	
Donatılı Y1 ma Binalar; Kapasite Tasarım İkesine Göre	$q=3.0 \frac{u}{1}$	$\frac{u}{1}=1.3$

Mevcut bina deprem güvenlik ve güçlendirme yönetmelikleri olan ASCE 41 (2013), önceki versiyonu ASCE 41 (2007), ön standartlar FEMA 356 (2000) ve FEMA 273 (1997)'de Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı (R_d), sistem bazından ziyade eleman bazında m olarak tanımlanmaktadır. Burada m süneklik kapasitesine bağlı olarak Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı, ise 0,75-1,0 arasında değişen ve bilgi düzeyine bağlı olarak tanımlanan katsayıdır. FEMA 356 ve FEMA 273'de diyagonal çekme ve eilme (toe crushing) kuvvet kontrollü, kayma ve devrilme (rocking) deplasman kontrollü olarak tanımlanmaktadır. ASCE 41 (2007)'de ise yalnızca eilme (rocking) deformasyon kontrollü göçme biçiminde yer almakta, kayma ve eilme (toe crushing) göçme biçimleri ise kuvvet kontrollü göçme biçiminde yer almaktadır. Diyagonal çekme göçme biçimi ise hesaplamalarda dikkate alınmamaktadır. 2013 yılında ASCE 41'de yapılan deprem riskliklerinde ise diyagonal çekme göçme modu kuvvet kontrollü göçme biçimine, kayma göçme biçimi FEMA 356 ve FEMA 273'de de olduğu gibi yeniden deformasyon kontrollü göçme biçimine dahil edilmiştir. Bu standartlarda tanımlanan can güvenliği performans seviyesi tasarımda deprem yönetmeliklerinin empoze ettiği performans seviyesi olarak kabul edilebilir. Bu nedenle bu performans seviyeleri için tanımlanan m değerleri ile diğer yönetmeliklerde tanımlanan Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı'nın karşılaştırılması bir hata içermeyecektir.

Yeni Zelanda deprem yönetmeliği olan NZS 1170.5 (2004)'de Deprem Yüklü Azaltma Katsayısındaki süneklik parametresi k_u ile ifade edilmekte ve TDY-2007'dekine benzer olarak zemin türü ve bina periyoduna göre değişmektedir. Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı'ndaki DFO ise $1/S_p$ olarak ifade edilmektedir. Bu yönetmelikte donatısız yapı bina tasarımına ilişkin kurallar bulunmadığından tasarım amaçlı Deprem Yüklü Azaltma Katsayısı tanımlanmamıştır. Mevcut binaların değerlendirilmesi amaçlı ise rehber doküman bulunmaktadır (NZSEE 2006). NZSEE (2006)'da donatısız yapı binalarının değerlendirmesinde deprem talebinde, % 5 sönüm oranına sahip tepki spektrumu kullanılması halinde süneklik $\mu=1.5$, $S_p=1.0$ olarak verilmektedir. NZSEE (2006)'da % 15 sönüm oranı için bulunan tepki spektrumunun kullanılması durumunda ise $\mu=1.0$, $S_p=1.0$ olarak alınabileceği, ancak deprem yükündeki azalma % 5 sönüm oranına göre bulunan deprem yükünden en fazla % 35 kadar azalabileceği ifade edilmektedir. 2010 ve 2011 yılında Yeni Zelanda'da meydana gelen depremler sonucunda donatısız yapı binalarda yaygın hasarın meydana gelmesi, mevcut yapı stoğunu oluşturan bu tür binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde NZSEE 2006'da verilen bu değerlerin çok tutucu olduğu görülmüştür. Canterbury Deprem Kraliyet Komisyonu (Canterbury Earthquake Royal Commission) donatısız yapı binalarının değerlendirilmesinde % 5 sönüm oranına sahip tepki spektrumu kullanılarak $\mu=2.0$ ve $S_p=0.7$ olarak alınması önerilmektedir (Cooper

vd. 2012). Bu durumda k_{μ} (R_y) bina periyoduna bağılı olarak 1.0 ile 2.0 arasında, Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ise $1/0.7=1.43$ ile $2/0.7=2.85$ arasında değişmektedir. Aynı öneri Auckland Üniversitesi tarafından hazırlanan taslak standartta (NZSEE 2011) da yer almaktadır. (Allen vd., 2013) 2015 taslak versiyonunda ise yığılma bina duvarlarının kapasiteye ulaşma biçimlerine göre farklı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (K_R) tanımlanmaktadır. K_R değerleri süneklik kapasitesinde ziyade yatay yük altında sönüm oranının artması ve periyodun uzamasına bağılı olarak binanın elastik deprem kuvveti talebinin azalması olarak açıklanmaktadır. Bu nedenle deplasmanlarda azaltma yapılmasına izin verilmemektedir. Göçme biçiminin devrilme (rocking), sürtünmeye bağılı kayma veya derzlerden geçen diyagonal hasar biçimi olmasında K_R değeri 3.0 olarak tanımlanmaktadır. Etilme göçme modunda (toe crushing) K_R değeri 1.5, kagir birimlerden geçen diyagonal çekme göçme modunda K_R değeri 1.0 olarak tanımlanmaktadır. Binada farklı göçme modlarının olması durumunda, diğer göçme biçimindeki duvarların dayanımları ihmal edilmektedir. Farklı göçme modlarının olması durumunda, alternatif olarak en küçük K_R değerinin kullanılması da önerilmektedir.

Tablo 2. Yönetmeliklerdeki R_a Terminolojisi ve Donatısız Yığılma Binalar İçin Verilen Değerler

Ülke	Yönetmelik	Yönetmelik Terminolojisi				Donatısız Yığılma İçin R_a Değeri			
		μ	R_y	DFO	R_a	μ	R_y	DFO	R_a
Türkiye	TDY (2007)	-	-	-	R_a	-	-	-	2.0
Avrupa	Eurocode 8 (2004)	-	-	-	q	-	-	-	1.5
Talya	OPCM 3274 (2003)	-	-	-	q	-	-	-	1.5
	OPCM 3431 (2005) ve NTC (2008)	-	q_0	$u/1$	q	-	1.5-2.0	1.4-1.8	2.1-3.6
	GUIDELINES (2006)	-	q_0	$u/1$	q	-	1.5-2.0	1.5	2.25-3.0
ABD	ASCE 7 (2010)	-	-	-	R	-	-	-	1.5
	ASCE 41 (2006)	-	-	-	m	-	-	-	$3h_{eff}/L$ 1.125 (rocking)
	ASCE 41 (2013)	-	-	-	m	-	-	-	3.0 2.25 (Kayma) $3h_{eff}/L$ 1.125 (rocking)
Yeni Zelanda	NZSEE 2006	μ	$k_{\mu}=1+(\mu-1)T_1/0.7$ (μ = 5%) $k_{\mu}=1/0.65=1.54$ (μ = 15%)	$1/S_p$	k_{μ}/S_p	1.5 (5%) 1.0 (15%)	1.0-1.50 1.54	1.0	1.0-1.50 1.54
	Draft NZSEE (2011) ve Canterbury Deprem Kraliyet Komisyonu	μ	$k_{\mu}=1+(\mu-1)T_1/0.7$ (μ = 5%)	$1/S_p$	k_{μ}/S_p	2.0	1.0-2.0	1/0.7	1.43-2.85
	Draft NZSEE (2015)	-	-	-	K_R	-	-	-	3^1 1.5^2 1.0^3

¹ Devrilme (rocking), Sürtünmeye bağılı kayma (bed joint sliding) veya derzlerden geçen diyagonal hasar biçimleri

² Etilme (toe crushing) ³ Diyagonal Çekme (Kagir birimden geçen)

Tablo 2'den görüleceği üzere, talyan yönetmeliği olan OPCM 3431 (2005) ve NTC (2008) diğer yönetmeliklere göre daha büyük R_a değerlerinin kullanılmasını, dolayısıyla daha düşük tasarım deprem kuvvetini (ekil 1-c) önermektedir. ASCE 41'in 2007 versiyonunda kayma dayanımı kuvvet kontrollü iken (süneklik e izin verilmiyor iken), 2013'deki halinde ise tekrar deformasyon kontrollü göçme biçimine diğer bir ifade ile sünek davranışa izin verildiği görülmektedir. NZSEE Draft (2015)'de ise Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı sürtünmeye bağılı göçme durumunda 3.0 olarak alınması önerilmektedir. Donatısız yığılma binalara ilişkin dünyadaki yönetmeliklere bakıldığında, genel yönelimin R_a değerlerinin artırılması yönünde olduğu görülmektedir.

3.1. Yönetmeliklerde Donatısız Yatay Duvarların Düzlem Çi Dayanımları

Yatay duvarların göçme biçimini belirleyen temel faktörler duvarın geometrisi (yükseklik/uzunluk), malzeme kalitesi, etkiyen yükün biçimi ve sınır koşulları (mesnet koşulları) olarak sıralanabilir. Yatay duvarlarda eğilme ve devrilme (rocking), diyagonal kesme (diagonal shear failure) ve sürtünme kayma (sliding shear failure) göçme biçimi olmak üzere 4 temel göçme mekanizması tanımlanmaktadır. Duvarın yatay yük dayanımı ise bu 4 göçme mekanizmasından en küçük olanı olarak belirlenmektedir. Bazı yönetmelikler bu dört göçme biçimini kapsıyor iken, bazıları yalnızca tek göçme biçimini (TDY 2007, Eurocode 8-1) dikkate almaktadır. Devrilme (rocking) göçme biçimi yalnızca ASCE 41-13 ve NZSEE Draft 2015’de tanımlanıyor iken diğer yönetmeliklerde bu göçme biçimi doğrudan dikkate alınmamaktadır. Eğilme göçme biçimi tasarım kurallarını içeren Eurocode 8-1 ve TDY (2007) haricinde diğer yönetmeliklerde tanımlanmaktadır. Her iki yönetmelikte eğilme davranışı tasarımdaki kısıtlamalar ile (düşey gerilme sınırlaması, boyut kısıtlaması) dolaylı olarak sağlanmaktadır. Eğilme kapasitesi hesabında diğer tüm yönetmeliklerin denklemleri, tasarım duvar basınç dayanımındaki azaltma katsayısı haricinde tamamen aynıdır. ASCE 41-13 ve NZSEE 2015’de bu katsayı 0.7, Eurocode 8-3’de $1/1.15=0.87$, NTC 2008’de ise 0.85 olarak verilmektedir.

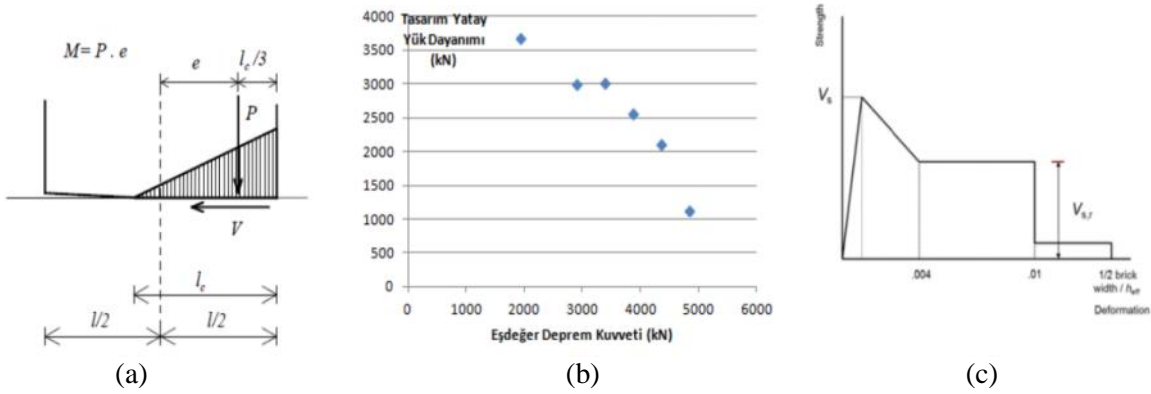
Duvarın kesme davranışında diyagonal çekme ve sürtünmeye bağlı kayma (bed joint sliding) göçme biçimleri hakim olmaktadır. Yeni yapılan yatay binalarda düşey yük oranı az olduğundan, h/l oranındaki sınırlamalardan dolayı genelde duvarlarda kayma (bed joint sliding) dayanımı kritik olmaktadır. Mevcut yatay binalarda ise yönetmelik ve standartların getirdiği geometrik ve yük sınırlamaları sağlanamadığından, diyagonal çekme dayanımı daha kritik olabilmektedir. Diyagonal çekme göçme biçimi tasarım yönetmeliklerinde doğrudan dikkate alınmıyor iken, mevcut bina değerlendirilmesinde TDY 2007 ve Eurocode 8-3 haricindeki diğer yönetmeliklerde bu göçme mekanizmasına ait hesaplama bulunmaktadır. Bu denklemlerde kayma gerilmesinin büyüklüğünün duvar kesiti boyunca dağılımını ifade eden b katsayısı (NTC 2008) ve α katsayısı (ASCE 41-13, NZSEE 2015-Draft) arasında farklılık bulunmaktadır. Sürtünmeye bağlı kayma (bed joint sliding) dayanımı tanımı, tüm yönetmeliklerde bulunmakla birlikte bazı tanımlamalar farklılıklar göstermektedir. NTC 2008’de tasarımda bu göçme biçimine göre dayanım hesaplanıyor iken, mevcut bina değerlendirilmesinde diyagonal çekme göçme biçimi esas alınmaktadır. Eurocode 8 ve NTC 2008’de sürtünmeye bağlı kayma göçme modunda düşey gerilme hesabında efektif alan dikkate alınmakta, çekme gerilmesinin olduğu bölüme duvar çekme dayanımı olmadığı kabulü ile duvar kesit uzunluğu azaltılmaktadır (Ekinli 2-a). Duvar kesitindeki basınç gerilme dağılımı lineer olarak kabul edilmekte, eksantritenin duvar uzunluğunun $1/6$ ’sından daha büyük olması durumunda duvar uzunluğu (l) Denk.5’de verildiği şekilde azalmaktadır. Bu denklemde α duvar mesnet koşuluna bağlı katsayı olup ($H_0 = \alpha H$) her iki ucunun dönmeye karşı tutulu olması durumunda 0.5, alt ucunun tutulu, üst ucunun serbest olması durumunda ise 1 olmaktadır. Bu tanımlamaya göre kesme dayanımı Denk.6 ile verilmektedir.

$$l_c = sl = 3 \left(0.5 - \frac{e}{l} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{M}{Pl} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{V_{demand} H_0}{Pl} \right) l \quad (5)$$

$$V_t = l_c f_{vk} = sl \left(c + \alpha \frac{P}{sl} \right) = sl \left(c + \alpha \frac{P}{sl} \right) \quad (6)$$

Denk 5 ve Denk 6’ dan görüleceği üzere, duvar kesme dayanımının hesaplanabilmesi için lineer elastik deprem analizi sonucunda duvara etkiyen yatay yük talebinin (V_{demand}) ve düşey yükün (P) bilinmesi (tasarım iç kuvvetleri) gerekmektedir. Yatay yük talebine (V_{demand}) bağlı olarak çatlamamı duvar uzunluğu (l_c) hesaplanmalıdır. Bu nedenle Eurocode 8’e göre hesaplanan yatay binaların yatay yük dayanımları, duvarın çatlamı olup olmamasına, buldukları sismik tehlike bölgesine göre değişmektedir. Deprem tehlikesi yüksek bölgelerde duvara etkiyen yatay yük talebi artacağından çatlamamı duvar uzunluğu azalacak, duvardaki düşey gerilme ve kayma gerilmesi artmasına rağmen, Denk.6 ile verilen sürtünmeye bağlı tasarım kesme kuvveti dayanımı azalacaktır. Denk. 5’e göre hesaplanan çatlamı duvar uzunluğunun negatif olması durumunda tüm kesitte çekme oluşacağından, duvarın sürtünmeye bağlı kesme kuvveti dayanımı olmadığı kabul edilmektedir (Tomazevic, 2008). Bu durum ASCE 41-13’de tanımlanan devrilme (rocking) göçme biçimini temsil etmektedir. Ancak Eurocode 8’de bu göçme modu tanımlanmadığından bu duvarın kesme kuvvetine katkısı olmadığı kabul edilmektedir. Tomazevic (2008) tarafından yapılan çalıma donatısız

yı ma binanın farklı deprem tehlike bölgelerinde olmaları halinde Eurocode 6 ve Eurocode 8-1'e göre tasarım dayanımları hesaplanmıştır. Donatısız yı ma binanın yatay yük dayanımı, tasarım spektral ivmesinin $a_g=0.20$ olması durumunda, spektral ivmenin $a_g=0.10g$ 'ye göre hesaplanan tasarım dayanımının yaklaşık % 70'i olmaktadır. $a_g=0.25g$ olması durumunda ise, talep $a_g=0.10g$ 'ye göre 2.5 kat artmakta, tasarım dayanımı ise $0.10g$ 'ye göre hesaplanan dayanımın $1/3$ 'ü kadar olmaktadır (ekil 2-b). Diğer bir ifade ile talebin artması dayanımın azalmasına neden olmaktadır. Eurocode 8-1'deki en önemli tutarsızlıklardan birisi de sürtünmeye bağlı kayma gerilmesine getirilen üst sınırlamadır. Eurocode 6 ve Eurocode 8-1'de kayma gerilmesi, kagir birimin ortalama basınç dayanımının % 6.5'i ile ($0.065f_b$) sınırlandırılıyorken, mevcut bina de erlendirmesinde (Eurocode 8-3) duvar basınç dayanımının % 6.5'i ile ($0.85f_m$) sınırlandırılmaktadır. Bu üst sınır ko ulu, kayma dayanımında ço u zaman hakim olmakta, hesaplamaların a ırı güvenli olmasına neden olmaktadır. NTC 2008'de ise kayma gerilmesi dayanımı 1.5 MPa ve kagir birimin yatay derzlere paralel yöndeki karakteristik basınç dayanımının 1.4 katı ($1.4f_{bk}$)'dan küçük olanı ile sınırlandırılmaktadır ve bu sınırlamanın daha anlamlı oldu u dü ünülmektedir.



ekil 2 a) Çatlamamı Duvar Uzunlu u b) Aynı Binaın Farklı Deprem Tehlike Bölgesine ve Eurocode 8'e Göre Hesaplanan Talep ve Tasarım Dayanımları (Tomazevic, 2008) c) NZSEE Draft 2015'de Tanımlanan Sürtünmeye Ba lı Kesme Kuvvetinin Yük- ekilde i tirme li kisi

Tablo 3. Yönetmeliklerde Kullanılan Simgeler ve Açıklamaları

l, L_w : Duvar uzunlu u	f_m : Mevcut duvar ortalama basınç dayanımı
l_c : Duvar basınç bölgesi uzunlu u	f_{dm} : Bilgi düzeyi katsayısıyla azaltılmı duvar ortalama dayanımı
t, t_{nom} : Duvar Kalınlı ı	f_{td}, f_{dt}, f'_{dt} : Mevcut duvar diyagonal çekme dayanımı
H, h : Duvar yüksekli i	μ : Duvar diagonal çekme dayanımı
H_0 : Duvar mesnet ko uluna ba lı olarak duvarın etkin yüksekli i ($H_0 = sH$)	μ_d : Dü ey yük olmaksızın mevcut duvar tasarım kayma dayanımı
N : Duvardaki aksenal yük	f_{bk} : kagir birimin enine (yatay derz yönünde) karakteristik basınç dayanımının
P_w : Duvarın a ırlı ı	f_b : Kagir birimin ortalama basınç dayanımı
σ, σ_a : Dü ey yükler altında duvardaki gerilme (N/t)	μ_d : Duvardaki aksenal gerilmenin duvar basınç dayanımına oranı ($N/(l t f_d)$)
σ_d : Dü ey ve yatay yüklerin etkisi altında basınç bölgesindeki ortalama dü ey gerilme ($N/l_c t$)	b, μ : duvar narınlık oranına ba lı katsayı ($h/l < 1 \Rightarrow b = 1; 1 < h/l < 1.5 \Rightarrow b = h/l; h/l > 1.5 \Rightarrow b = 1.5$, $h/l < 0.67 \Rightarrow \mu = 0.67; 0.67 < h/l < 1 \Rightarrow \mu = h/l; h/l > 1 \Rightarrow \mu = 1$)
f_d, f'_m : Tasarım duvar basınç dayanımı ($f_d = f_k / \mu$ veya $f_d = f_m / CF_m$)	μ, μ_r : TDY 2007, ASCE41-13 $\mu = 0.5$, EUROCODE8, OPCM3431, NTC 2008 $\mu = 0.4$, NZSEE $0.3 < \mu_r < 0.8$ (derzlerdeki harcın kalitesine ba lı olarak)
$f_{vk0}/c, f_{vm0}, \mu_{te}$: Aksenal yük olmadan karakteristik/mevcut duvar çatlama dayanımı	μ : Karakteristik dayanım azaltma katsayısı
$f_{vk}/f_{vd}, \mu_{te}$: Karakteristik/Mevcut duvar kayma dayanımı	μ : Mesnet ko uluna ba lı katsayı (alt ve üst tutulu ise $\mu = 1$, yalnızca alt tutulu ise $\mu = 0.5$)
μ_{em} : Duvar kayma emniyet gerilmesi	μ_s : Mesnet ko uluna ba lı katsayı (alt ve üst tutulu ise $\mu_s = 0.5$, yalnızca alt tutulu ise $\mu_s = 1$)

Tablo 4. Yönetmeliklerdeki Donatısız Y1 ma Duvar Dayanım Denklemleri

Yönetmelik	Etilme/Devrilme (Rocking)	Diagonal Kesme Kuvveti Kapasitesi (Daigonal Tension)	Sürtünme Kesme Kuvveti (Bed Joint Sliding)
Tasarım			
TDY (2007)	--	--	$\dagger_{em} = \dagger_0 + \sim \dagger$ $V_{\max} = l \dagger_{em}$
Eurocode 8-1	--	--	$f_{vk} = f_{vk0} + \sim \dagger_d \leq 0.065 f_b$ $V_{Rd} = \frac{l_c \dagger_{vk}}{x_m}$
NTC 2008 OPCM 3431	$M = \frac{l^2 \dagger_0}{2} \left(1 - \frac{\dagger_0}{0.85 f_d} \right)$ $V_{flex} = \frac{M_u}{H_0} = \frac{2M_u}{H}$	--	$f_{vk} = f_{vk0} + \sim \dagger_d$ $f_{vk} = \min \{ 1.5 MPa; 1.4 f_{bk} \}$ $V_t = \frac{l_c \dagger_{vk}}{x_m}$
Mevcut Bina			
TDY (2007)	--	--	$\dagger_{em} = \dagger_0 + \sim \dagger$ $V_{\max} = l \dagger_{em}$
Eurocode 8-3	$V_f = \frac{lN}{2H_0} (1 - 1.15 \hat{d})$ $\hat{d} = N / (l \dagger_{md})$	--	$f_{vd} = f_{vm0} + \sim \dagger_d \leq 0.065 f_m$ $V_f = l_c \dagger_{vd}$
NTC 2008 OPCM 3431	$M_u = \frac{l^2 \dagger_0}{2} \left(1 - \frac{\dagger_0}{0.85 f_d} \right)$ (Eksenel yükün çekme olması durumunda $M_u=0$) $V_{flex} = \frac{M_u}{H_0} = \frac{2M_u}{H}$	$V_t = l \frac{1.5 \dagger_0 d}{b} \sqrt{1 + \frac{\dagger_0}{1.5 \dagger_0 d}}$ $= l \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\dagger_0}{f_{td}}}$	---
ASCE 41-13	Toe crushing $V_{toe} = (rN + P_w) \frac{l}{h} \left(1 - \frac{\dagger}{0.7 f'_m} \right)$ Rocking $V_r = 0.9 (rN + P_w) \frac{l}{h}$	$f'_{dt} = 0.5 \hat{t}_e + 0.5 \frac{N}{lt}$ $V_{dt} = f'_{dt} l \dagger_s \sqrt{1 + \frac{\dagger}{f'_{dt}}}$	Tek tabakalı duvar için $\hat{m}_e = 0.75 \frac{\hat{t}_e + \frac{N}{lt}}{1.5}$ $= 0.5 \hat{t}_e + 0.5 \frac{N}{lt}$ $V_{bjs} = l \hat{m}_e$
NZSEE 2015 Draft	Toe crushing $V_{toe} = (rN + 0.5 P_w) \frac{L_w}{h} \left(1 - \frac{f_a}{0.7 f'_m} \right)$ Rocking $V_r = 0.9 (rP + 0.5 P_w) \frac{L_w}{h}$	$f_{dt} = 0.5 c + f_a \sim f$ $V_{dt} = l \dagger_s f_{dt} \sqrt{1 + \frac{\dagger}{f_{dt}}}$	$V_s = 0.7 \left(L_w \dagger_{nom} c + \sim f (P + P_w) \right)$ Çatlama ile birlikte alt sınırdaki (ekil) $V_{sr} = 0.7 \sim f (P + P_w)$

TDY (2007)'de ve ASCE 41-13'de ise sürtünme kesme kuvveti dayanımı (bed joint sliding) yalnızca duvar eksenel yük oranına göre de i mekte, duvarın bütün kesitinin basınç altında olduğu kabulü ile dayanım hesabına duvarın bürüt kesit alanı dahil edilmektedir. Bu nedenle her iki yönetmelikte duvarın kesme kuvveti dayanımı talep kesme kuvvetinden ba ımsızdır. Ancak ASCE 41-13'de kesme kuvveti dayanımında azaltma

katsayıları kullanıldı ndan TDY 2007'ye göre daha güvenli tarafta kalmaktadır. NZSEE Draft 2015'de sürtünmeye ba lı kesme kuvveti dayanımının hesabında çatlamı kesit dikkate alınmaktadır. Ancak, Eurocode 8 ve NTC 2008'den farklı olarak, duvardaki çatlama sonucu derz harcı ile kağır birim arasında aderansın olmadığı (c=0) kabul edilmekte, yalnızca dü ey yükün sürtünme etkisi dayanıma dahil edilmekte, kesme dayanımına duvardaki rölatif ötelenme oranına ba lı olarak alt sınır getirilmektedir (ekil 2-c).

4.GENEL DE ERLENDİRME VE ÖNERİLER

Son on yıl içerisinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde yığma binaların doğrusal olmayan davranışlarının ihmal edilmemesi gerektiği, mühendislik hizmeti görmüş modern yığma binalarda ihmal edilemeyecek süneklik kapasitelerinin olduğu görülmüştür (Magenes ve Penna, 2011). Tomazevic (2014), Tomazevic and Weiss (2010) yığma binalar için Eurocode 8'de önerilen deşerlerin çok tutucu olduğunu ve bunun yerine her yığma bina sistemi için verilen deşerlerin üst sınırının kullanılması gerektiğini önermektedir. OPCM 3431 (2005), NTC (2008) ve talya Eurocode 8 Ulusal Ek'inde (2013)'de ise iki ve üzeri katlı düzensizlik içermeyen donatısız yığma binalar için tanımlanan q deşeri 3.6, tek katlı donatısız yığma bina için ise 2.8'dir. Canterbury Deprem Kraliyet Komisyonu ve NZSEE (2011) tarafından ise donatısız yığma binalar için $\mu=2$, $S_p(1/DFO)=0.7$ önerilmektedir. Bu tanımlamaya göre R_a deşeri bina ve zemin hakim periyoduna ba lı olarak 1.43-2.85 arasında deşerilmektedir. NZSEE Draft (2015)'de ise göçme biçimine göre ba lı olarak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (K_R) tanımlanmaktadır. Göçme biçiminin devrilme (rocking), sürtünmeye ba lı kayma veya derzlerden geçen diyagonal hasar biçimi olmasında K_R deşeri 3.0 olarak verilmektedir.

Eurocode 8, OPCM 3431 ve NTC (2008)'de yığma bina tasarımı, taşıma gücü prensibine göre yer aldığından yükler katsayılarla arttırılmakta, karakteristik malzeme dayanımları da güvenlik katsayıları ile azaltılmaktadır. Deprem yönetmeliğinin güncellenmesinde de Eurocode 8 baz alınmaktadır. Yeni yönetmelikte donatısız yığma binaların, Eurocode 8'deki kısıtlamalar yerine, OPCM 3431 ve NTC (2008)'de olduğu gibi her deprem bölgesinde yapılmasına izin verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca basit yığma binalara ilişkin kuralların da yeni yönetmelikte yer alması önerilmektedir. Yazar tarafından yığma binalar için OPCM3431 ve NTC (2008) ve NZSEE (2011)'de olduğu ekilde, hem Dayanım Azaltma Katsayısı'nı (R_y) hem de DFO kavramını içerecek ekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

- Donatısız yığma binaların tasarımında Dayanım Azaltma Katsayısı'nın $R_y=2.0$, DFO=1.5 olarak alınması ve buna ba lı olarak R_a 'nın 3.0 alınması önerilmektedir. Dü eyde düzensizlik içeren yığma binalarda ise $R_a=1.5 \times 1.5=2.25$ olarak önerilmektedir.
- Duvar karakteristik dayanım azaltma katsayısının $\mu_m=2.0$ olarak alınması önerilmektedir.
- Duvarın yatay yük dayanımının hesabında ekleme (Denk.7), diyagonal çekme (Denk 8) ve sürtünmeye ba lı kesme dayanımlarına (Denk.9 ve Denk.10) ilişkin hesaplamaların yer alması ve duvar dayanımı olarak en düşük olanının (Denk.11) alınması önerilmektedir. Sürtünmeye ba lı kesme kuvveti dayanımında, Eurocode 8 ve NTC 2008'de olduğu gibi, çatlamı kesit oluşması durumunda ($e > l/6$) çekme bölgesi uzunluğu ihmal edilerek, basınç bölgesindeki duvar uzunluğunun alınması, ancak $e \geq l/2$ olması durumunda bu duvar dayanımının ihmal edilmesi yerine, kesme kuvveti dayanımına $V = \sim P/x_m$ alt sınırının getirilmesi önerilmektedir. Bu alt sınır koşulu ASCE 41-13 ve NZSEE Draft 2015'de tanımlanan devrilme göçme (rocking) modu ile aynı olduğundan, tanımlanan bu alt sınır ile bu göçme modunun tahkiki deşer yapılması olacaktır.

$$M_r = \frac{l^2 r t_0}{2} \left(1 - \frac{t_0}{0.85 f_d} \right) \quad V_{flex} = \frac{M_u}{H_0} \quad (7)$$

$$V_{dia} = \frac{lt}{x_m} \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{t_0}{f_{td}}} \quad (8)$$

$$f_{vk} = f_{vk0} + \sim t_d \leq \min \{ 1.5 MPa; 1.4 f_{bk} \} \quad V_s = \frac{l_c t f_{vk}}{x_m} \quad (9)$$

$$V_{sr} = \frac{\sim N}{x_m} \quad (10)$$

$$V_d = \min \left\{ V_{flex}; V_{dia}; V_s(V_{sr}) \right\} \quad (11)$$

- Eurocode 8-1’de kayma dayanımına getirilen $0.065f_b$ ve Eurocode 8-3’deki $0.065f_m$ ko ulunun çok tutucu oldu u dü ünülmektedir. Bunun yerine NTC 2008’de oldu u gibi $\min(1.5 \text{ MPa} ; 1.4f_{bk})$ ko ulunun özellikle mevcut bina de erlendirmesinde daha gerçekçi oldu u dü ünülmektedir.
- Duvarlarda hasarı sınırlandırmak için, $R_a=1$ olarak hesaplanarak bulunacak görelî kat ötelenmesi oranının % 0.35 olarak sınırlandırılması ko ulu önerilmektedir.
- Yı ma binaların sünek davranı mını ve göçme modunu etkileyen önemli parametrelerden birisi duvardaki eksenel yük oranıdır. Eksenel yük oranı fazla olan duvarlarda kesme göçmesinde süneklik çok az olmaktadır (Fehling vd., 2008; Magenes vd., 2008; Tomazevic, 2014) Bu nedenle, yük katsayıları 1.0 alınarak hesaplanacak duvardaki dü ey yüklere göre hesaplanan gerilme; birinci ve ikinci deprem bölgelerinde 0.35 MPa ’dan ve $0.15f_k$ ’dan, üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde ise dü ey gerilme 0.70 MPa ’dan ve $0.30f_k$ ’dan dü ük olması önerilmektedir.
- Eurocode 8-1’deki yı ma bina tasarımında yeniden da ılıma, duvardaki kesme kuvveti %25’ten daha fazla azalmamak ve %33’ten daha fazla artmamak artı ile izin verilmektedir. Kat kesme kuvvetine çok az katkısı olan bir elemanda dahi bu oranın a ılması söz konusu de ildir. OPCM 3431 ve NTC (2008)’de ise rijit diyaframa sahip ta ıyıcı sistemlerde, eleman iç kuvvetinde % 25 artı /azalı a, toplamda kat kesme kuvvetinin 1/10’undan fazla olmamak ko uluyla yeniden da ılıma $\langle \Delta V \leq \max[0.25|V|, 0.1|V_{kat}|] \rangle$ izin verilmektedir. Esnek diyaframlı yı ma binalarda ise, eleman iç kuvvetinde % 25 artı /azalı a, kat kesme kuvvetinin % 10’u yerine aynı düzlemdeki duvarın aldı ı toplam kesme kuvvetinin % 10’u ko ulu yer almaktadır. Tasarımda veya yı ma binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde OPCM 3431 ve NTC (2008)’in tanımladı ı ekilde yeniden da ılıma izin verilmesi önerilmektedir.
- Delik oranı fazla ve hücre et kalınlı ı dü ük olan tu lalarda, Eurocode 6’da tanımlanan Grup II ko ullarını sa lasa bile, yatay yükler altında lokal gevrek basınç ezilmesi olmakta, duvarın kayma dayanımı beklenen dayanıma ula amamakta, gevrek göçme biçimi sergilemektedir (Tomazevic, 2003; 2014). Bu tür göçme biçimi önlemek için bo luklu kagir birimler ile ilgili detaylı açıklamalar ve sınırlamaların getirilmesi önerilmektedir.
- Düzlem içi davranı mın hakim oldu u varsayılarak tanımlanan R_a de erinin geçerli olabilmesi için düzlem dı ı devrilme göçme biçiminin mutlaka önlenmesi gerekmektedir. Eurocode 8’de düzlem dı ı davranı a ili kin detaylı kurallar (talebin belirlenmesi) bulunmamaktadır. Bu çalı mada detayları içermemekle birlikte, düzlem dı ı davranı ile ilgili geometrik kısıtlamaların yanı sıra hesapla da gösterilmek üzere kuralların getirilmesi önerilmektedir.
- Mevcut yı ma bina deprem güvenli inin do rusal elastik yöntem ile belirlenmesinde, tasarımda önerilen denklemlerin (Denk.7-Denk.11) kullanılması önerilmektedir. Ancak hesaplamada karakteristik dayanım ve malzeme güvenlik katsayısı kullanılması yerine ortalama dayanım ve Yönetmelik’in 7. Bölümünde tanımlanan bilgi düzeyi katsayılarının uygulanması önerilmektedir.
- Mevcut yı ma bina deprem güvenli inin do rusal elastik yöntem ile belirlenmesinde Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı’nın tasarımda oldu u gibi $R_a=3.0$ olarak tanımlanması önerilmektedir. Dü eyde süreksizlik içeren yı ma binalarda ise Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı’nın $R_a=1.5 \times 1.5=2.25$ olarak alınması önerilmektedir.
- Yı ma binaların tasarımı ve deprem güvenliklerinin belirlenmesinde do rusal elastik e de er deprem yüğü yönteminin yanı sıra, do rusal olmayan itme analizi hesap yöntemine ili kin kuralların da yer alması önerilmektedir.

5. SONUÇ

Son yıllarda, özellikle Avrupa’da, yı ma binaların deprem davranı ı üzerinde birçok ara tırma yapılmı tır. Bu ara tırmalardan elde edilen sonuçlar henüz Eurocode 8’e yansıtılmamı tır. Bu nedenle bu standardın

yı ma bölümü son geli meleri içermemekte ve güncelli ini kaybetmi durumdadır. talya ve Yeni Zelanda gibi hasar yapıcı büyük depremler geçirmi ülkeler, kendi yönetmelik ve rehber dokümanlarındaki yı ma binalar için tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nda, nonlinear davranı ı ve DFO'yu içerecek ekilde düzenlemeler yapmı lardır. Eurocode 8'in ülkemizde bu hali ile kullanılması durumunda tasarımın imkansız hale gelece i, mevcut yı ma bina stokunun büyük bir kısmının da riskli bina kategorisinde olaca ı dü ünülmektedir. Yeni yönetmelikte do rusal elastik analiz yöntemi ile donatısız yı ma bina tasarım ve de erlendirmesinde Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nın süneklik ve DFO kavramını içerecek ekilde $R_a=2 \times 1.5=3.0$ olarak tanımlanması önerilmektedir. Dü eyde düzensizlik içeren yı ma binaların tasarım ve de erlendirmesinde ise $R_a=1.5 \times 1.5=2.25$ olarak alınması önerilmektedir. Donatısız yı ma binaların tasarımı ve mevcut bina deprem güvenliklerinin belirlenmesinde duvar yatay yük dayanımının hesabında e ilme, diyagonal çekme ve sürtünmeye ba lı kesme dayanımlarına ili kin denklemlerin yer alması ve duvar dayanımı olarak en dü ük olanının alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Allen C, Masia MJ, Derakhshan H, Griffith MC, Dizhur I, Ingham JM (2013) "What Ductility Value Should Be Used When Assessing Unreinforced Masonry Buildings", *New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE) Technical Conference Conference*, Wellington New Zealand, 26-28 April

ASCE (2013), ASCE/SEI Standard 41-13 "Seismic Evaluation and Retrofitting of Existing Buildings", American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA

ASCE (2010), ASCE/SEI Standard "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA

ASCE (2006), ASCE/SEI Standard 41-06 "Seismic Rehabilitation of Existing Buildings", American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA

Aydıno lu N, Özer E, Celep Z ve Sucuo lu H (2009) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, Bayındırlık ve şkan Bakanlığı 1

CEN-EN 1998-1 (2004) Eurocode 8-Design of Structures for earthquake resistance-Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

Cooper M, Carter R, Fenwick R (2012) "Final Report Volume 4: Earthquake Prone Buildings" *Commissioned Technical Report for the Canterbury Earthquakes Royal Commission of Inquiry*, New Zealand

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-TDY (2007), Bayındırlık ve şkan Bakanlığı 1, Ankara

Fehling E, Stürz J and Aldoghaim e (2008) "Identification Suitable Behavior Factors For Masonry Members Under Earthquake Load", ESECMaSE Project Report, Universty of Kassel

Guidelines for Evaluation and Mitigation of Seismic Risk to Cultural Heritage (2006), Ministry for Cultural Heritage and Activities, Rome, Italy

Magenes G, and Penna A (2011) "Seismic Design and Assessment of Masonry Buildings in Europe: Recent Research and Code Development Issues", *9th Australasian Masonry Conference*, Queenstown, New Zealand 15 – 18 February, 583-603

Morandi P and Magenes G (2008) "Seismic Design of Masonry Buildings: Current Procedures and New Perspectives", *14th World Conference on Earthquake Engineering*, 12-17 October, Beijing, China

Magenes G, Morandi P ve Penna A (2008) “Experimental in-plane cyclic response of masonry walls with clay units”, *14th World Conference on Earthquake Engineering*, 12-17 October, Beijing, China

Morandi, P. (2006) “New Proposals for Simplified Seismic Design of Masonry Buildings”, *PhD Thesis*, Rose School, University of Pavia, Italy

Norme Tecniche Per Le Costruzioni, NTC (2008) Ministero Delle Infrastrutture e dei Trasporti (in Italian)

NZS 1170.5 (2004) Structural Design Actions Part 5: Earthquake Actions NZ: Standards New Zealand

NZSEE (2006) Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquake, New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE)

NZSEE Draft (2011) Assessment and Improvement of Unreinforced Masonry Buildings for Earthquake Resistance–Supplement to ‘Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes. Faculty of Engineering, University of Auckland

NZSEE Draft (2015) Assessment and Improvement of Unreinforced Masonry Buildings for Earthquake Resistance, Section 10: Revision Seismic Assessment of Unreinforced Masonry Buildings, New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE)

OPCM. n. 3431 [2005]. “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’Ordinanza n.3274 del 20/3/2003, recante ‘Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica’ ” *Suppl.ord. n.85 alla G.U.n.107 del 10/5/2005*, Masonry Chapters 8 and 11 (in English)

Paulay T, and Priestley, M J N (1992) *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, New York: John Wiley & Sons

Tomazavic M (2014) “Masonry Buildings, Seismic Performance and Eurocodes”, *Performance-Based Seismic Engineering: Vision for an Earthquake Resilient Society*, Editor Matej Fischinger, ISBN 978-94017-8874-8, Springer London pp.365-384

Tomazevic M, Weiss P (2010) “Displacement capacity of masonry buildings as a basis for the assessment of behavior factor and experimental study” *Bull Earthquake Eng.* 8:1267–1294

Tomazevic M, Bosiljkov V and Lutman M (2003) “Masonry Research For Eurocodes”, *CIB W023 Wall Structures 40th Commission Meeting*, 15-16 September, Padova, Italy