

YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YIĞMA BİNA TASARIMI VE DEPREM GÜVENLİĞİ DEĞERLENDİRMESİ İÇİN ÖNERİLER

Fikret KURAN

İnşaat Yüksek Mühendisi
Vakıflar Genel Müdürlüğü

• GİRİŞ

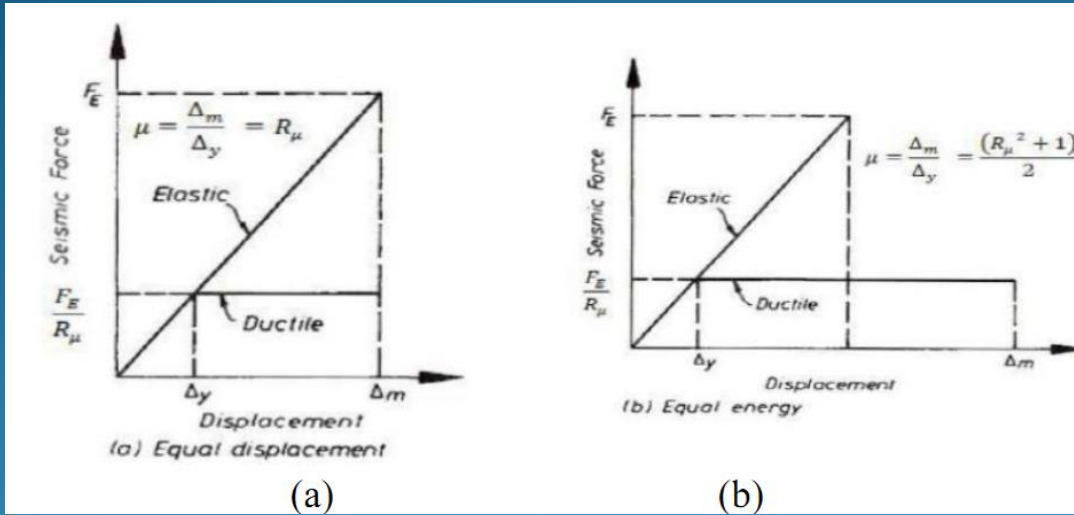
- Türkiye’de yığma bina tasarımı son yıllarda çok fazla olmamasına karşılık, mevcut yapı stokunun önemli bir kısmını yığma binalar oluşturmaktadır.
- Tüm modern deprem yönetmelikleri kat sınırlaması, minimum duvar kalınlığı, minimum duvar alanı, minimum mesnetlenmemiş duvar uzunluğu vb. geometrik koşulları içerdiğinden, yeni yapılacak yığma bina tasarımında mühendisin çok fazla seçeneği bulunmamaktadır.
- Bu bakımdan yığma binaların tasarımı ile kapsamlı bilgi düzeyinde incelenen mevcut bir yığma binanın deprem güvenliğinin belirlenmesi hemen hemen eşdeğerdir (Magenes ve Penna, 2011).
-
- Bu nedenle yığma binaların tasarımındaki kurallar mevcut binaların değerlendirilmesini de etkilemektedir.

- Halen Deprem Yönetmeliğinin güncelleme çalışmaları devam etmekte olup, Yığma bölümü için Eurocode 8 baz alınmaktadır.
- Avrupa'da deprem tehlikesinin en fazla olduğu ülkelerden biri olan İtalya, 2003 yılında Eurocode 8'i referans olarak hazırladıkları yönetmeliği ülkelerinde kullanmaya başlamıştır.
- OPCM 3274 olarak isimlendirilen bu yönetmeliğin özellikle yığma yapı tasarımlarında kullanılmaya başlanılmasından sonra birçok sorunlarla karşılaşmıştır.
- Eurocode 8 ve OPCM 3274'e göre tasarlanan 2 ve 3 katlı donatısız yığma binalar yer ivmesinin 0.1g hatta 0.05 g olması durumunda dahi deprem yükleri altında yeterli güvenliği sağlamamaktadır (Morandi and Magenes, 2008).
- Her iki yönetmeliğe göre deprem hesabı yapılmasına gerek olmayan basit yığma binalarda da aynı sorunla karşılaşmıştır (Morandi and Magenes, 2008).

- Bu sorunlara çözüm bulmak ve bu tür binaların davranışını daha iyi ortaya koyabilmek için yığma binalarının tasarımı, değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi amaçlı Avrupa'da araştırma projelerine başlanılmıştır. Bu projelerden bazıları
 - FP6 ESECMaSE (2004-2008)
 - Relius (2005-2008)
 - EUCENTRE (2005-2010) olarak sıralanabilir.

Bu projelerden elde edilen bilgiler ise henüz Eurocode 8 ve Eurocode 6 standartlarına **yansıtılmamıştır.**

DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI VE DAYANIM FAZLALIĞI ORANI KAVRAMLARI



$$R_y = \frac{f_e}{f_y} \quad (1)$$

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

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

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

- Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a , lineer elastik deprem talebi f_e 'nin tasarım dayanımı f_d 'ye oranı olarak tanımlanmaktadır.
- Kapasitenin (f_y) tasarım dayanımına (f_d) oranına Dayanım Fazlalığı Oranı-DFO (Overstrength Ratio-OSR) denilmektedir.

Ülke	Yönetmelik	Yönetmelik Terminolojisi				Donatısız Yığıma İçin R_s Değeri			
		μ	R_v	DFO	R_s	μ	R_v	DFO	R_s
Türkiye	TDY (2007)	-	-	-	R_s	-	-	-	2.0
Avrupa	Eurocode 8 (2004)	-	-	-	q	-	-	-	1.5
İtalya	OPCM 3274 (2003)	-	-	-	q	-	-	-	1.5
	OPCM 3431 (2005) ve NTC (2008)	-	q_0	α_u/α_1	q	-	1.5-2.0	1.4-1.8	2.1-3.6
	GUIDELINES (2006)	-	q_0	α_u/α_1	q	-	1.5-2.0	1.5	2.25-3.0
ABD	ASCE 7 (2010)	-	-	-	R	-	-	-	1.5
	ASCE 41 (2006)	-	-	-	$m\kappa$	-	-	-	$\kappa 3h_{eff}/L \geq 1.5$ (rocking)
	ASCE 41 (2013)	-	-	-	$m\kappa$	-	-	-	$\kappa 3.0 \geq 3.0$ (Kayma) $\kappa 3h_{eff}/L \geq 1.5$ (rocking)
Yeni Zelanda	NZSEE 2006	μ	$k_\mu = 1 + (\mu - 1)T_1/0.7 \leq \mu$ ($\xi = 5\%$) $k_\mu = 1/0.65 = 1.54$ ($\xi = 15\%$)	$1/S_p$	k_μ/S_p	1.5 (5%) 1.0 (15%)	1.0-1.50 1.54	1.0 1.0	1.0-1.50 1.54
	Draft NZSEE (2011) ve Canterbury Deprem Kraliyet Komisyonu	μ	$k_\mu = 1 + (\mu - 1)T_1/0.7 \leq \mu$ ($\xi = 5\%$)	$1/S_p$	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 bağlı kayma (bed joint sliding) veya derzlerden geçen diyagonal hasar biçimleri

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

- Eurocode 8'de yığma binalar ve basit yığma binalar olarak iki sınıflama ile tanımlanmaktadır.
- Basit yığma binaların deprem yükleri altında analiz edilmesi ve güvenlik tahkiki yapılmasına gerek yoktur.
- Yığma binalar taşıyıcı sistem tipine göre ise donatısız, kuşatılmış ve donatılı yığma binalar olmak üzere 3 kategoriye ayrılmıştır.
- Donatısız yığma binalar $a_g S$ değeri (S: zemin türüne göre 1.0-1.4 arasındadır) 0,20g ve basit binalar için $a_g k$ ($1 < k < 2$) değeri 0,15 üzerinde spektral ivmesi olan deprem tehlike bölgelerinde yapılmasına izin verilmemektedir. Kuşatılmış veya donatılı yığma binalar için ise sınırlama bulunmamaktadır.

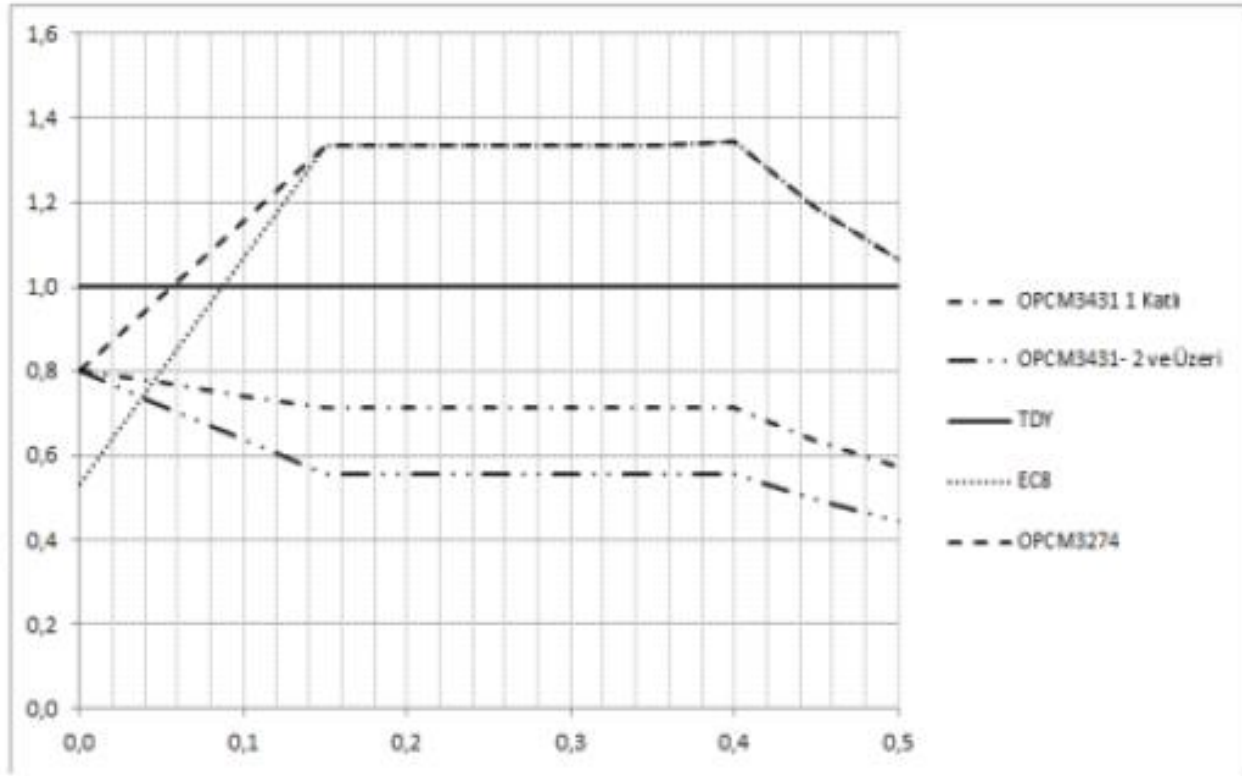
Donatısız Yığma Bina	Kuşatılmış Yığma Bina	Donatılı Yığma Bina
1.5-2.5	2.0-3.0	2.5-3.0

- Yığma binalar için verilen Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı-q değerlerinde, dayanım fazlalığı ile ilgili bir bilgi olmamasına karşılık, standartta verilen q değerlerin içerisinde dayanım fazlalığı dikkate alınmaktadır (Tomazevic, 2014). Bu nedenle Eurocode 8'de donatısız yığma binaların sünek davranış göstermediği, gevrek davranış gösterdiği kabul edilmektedir.

İtalyan deprem yönetmelikleri ve İtalya Eurocode Ulusal Ekte (2013) Tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayıları

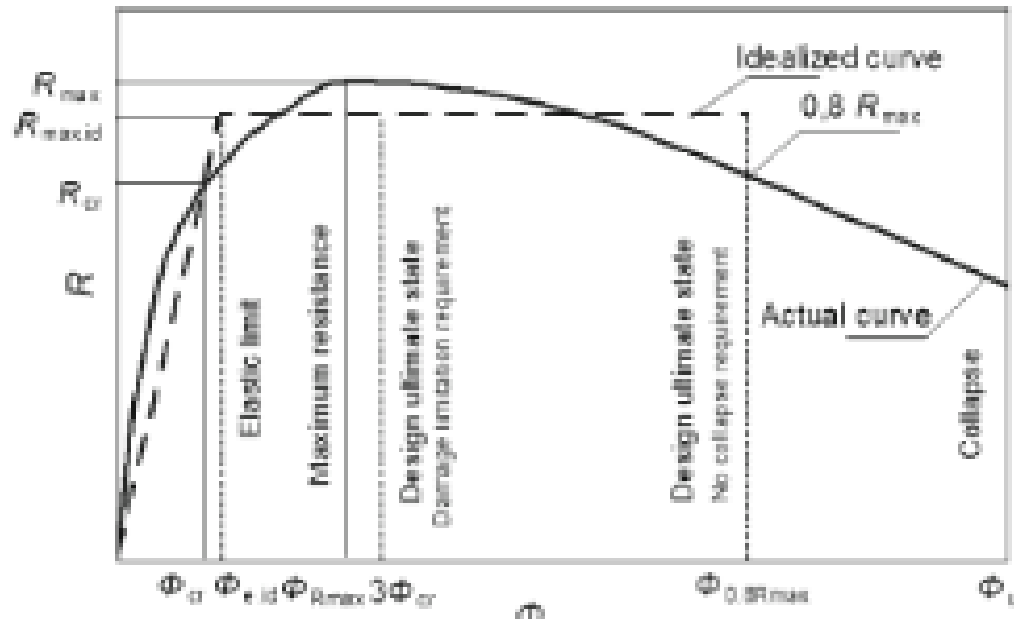
Donatısız Yığma Binalar; Düzenli	$q=2.0\alpha_u/\alpha_1$	Tek Katlı $\alpha_u/\alpha_1=1.4$ İki ve üzeri $\alpha_u/\alpha_1=1.8$
Donatısız Yığma Binalar; Düşeyde Düzensizlik İçeren	$q=1.5\alpha_u/\alpha_1$	
Donatılı Yığma Binalar; Düzenli	$q=2.5\alpha_u/\alpha_1$	Tek Katlı $\alpha_u/\alpha_1=1.3$ İki ve üzeri $\alpha_u/\alpha_1=1.5$
Donatılı Yığma Binalar; Düşeyde Düzensizlik İçeren	$q=2.0\alpha_u/\alpha_1$	
Donatılı Yığma Binalar; Kapasite Tasarım İlkesine Göre	$q=3.0\alpha_u/\alpha_1$	$\alpha_u/\alpha_1=1.3$

- Mevcut yığma binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde ise düşeyde düzensizlik içermeyen binalarda $q=2.0\alpha_u/\alpha_1$,
-
- Düşeyde Düzensizlik içeren yığma binalarda $q=1.5\alpha_u/\alpha_1$ olarak tanımlanmaktadır.
- DFO kavramına karşılık gelen α_u/α_1 değerinin kesin olarak belirlenemediği durumlarda 1.5 olarak alınacağı belirtilmektedir.



DENEYSEL VE ANALİTİK ÇALIŞMALAR

$$\Phi_{d,u} = \min \left\{ \Phi_{0.8R_{max}}, 3\Phi_{cr}(3\Phi_{e,ld}) \right\} \quad (5)$$



Tomazevic, 2007

- Tomazevic ve Weiss (2010) tarafından yapılan çalışmada donatısız ve kuşatılmış 2 katlı, boşluklu tuğla ve kalsiyum silikat tuğla birimlerinden imal edilen 6 adet deney yapısı 1:5 ölçekli olarak sarsma tablasında 1979 Montenegro depremi uygulanarak test edilmiştir.
- Deneyden elde edilen nonlinear davranış eşdeğer iki doğrulu davranışa dönüştürülmüş ve sistem sünekliği buna göre hesaplanmıştır

Model	BSC_e	BSC_{max}	Φ_{cr} (%)	$\Phi_{e,id}$ (%)	$\Phi_{0.8Rmax}$ (%)	Min $\Phi_{0.8Rmax}$ veya $3\Phi_{cr}$ (%)	$q_{(Denk.1)} = BSC_e / BSC_{max}$	$\mu_u = 3\Phi_{cr} / \Phi_{i,ed}$	$q_{(Denk.2)} = (2\mu - 1)^{1/2}$
M1-1 Donatısız	0.74	0.47	0.26	0.24	0.89	0.78	1.56	3.25	2.35
M1-2 Donatısız	0.91	0.44	0.06	0.05	1.2	0.16	2.05	3.2	2.32
M1-1c Kısmi Kuşatılmış	2.19	0.90	0.28	0.17	2.6	0.84	2.43	4.94	2.98
M1-1d Kuşatılmış	2.8	1.69	0.27	0.17	1.81	0.81	1.65	4.76	2.92
M2-1 Donatısız	1.05	0.66	0.20	0.07	0.42	0.42	1.59	6.00	3.32
M2-2 Donatısız	0.83	0.46	0.33	0.16	1.65	0.99	1.78	6.18	3.37

$$R_y = f_e / f_y \quad (1)$$

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

Tomazevic ve Weiss (2010) tarafından sarsma tablası deneyi yapılan aynı deney binalarında, Eurocode 8'de tanımlanan malzeme güvenlik katsayıları ve ortalama dayanım yerine karakteristik dayanımlar kullanılarak POR metoduna göre itme analizi yapılmıştır. Deney ile bulunan yatay yük kapasitesi, itme analizi ile bulunan yatay yük kapasitesine oranlanarak her deney yapısı için Dayanım Fazlalığı Oranı (DFO) hesaplanmıştır.

Model	BSC _{deney}	BSC _{hesap}		DFO=	
		$\gamma_m=1.5$	$\gamma_m=2.0$	$BSC_{deney} / BSC_{hesap}$ $\gamma_m=1.5$	$\gamma_m=2.0$
M1-1Donatısız	0.47	0.32	0.32	1.48	1.49
M1-2 Donatısız	0.44	0.35	0.31	1.28	1.42
M1-1c Kısmi Kuşatılmış	0.90	0.32	0.32	2.8	2.83
M1-1d Kuşatılmış	1.69	0.32	0.32	5.27	5.32
M2-1Donatısız	0.66	0.42	0.40	1.57	1.64
M2-2 Donatısız	0.46	0.33	0.29	1.42	1.61

- Tomazević ve Gams (2012) tarafından gaz betondan 1:4 ölçekli imal edilen 3 ve 4 katlı kuşatılmış yığma binaya, 1979 Montenegro depremi kayıtları uygulanarak sarsma tablası deneyi yapılmıştır. Süneklığe bağlı olarak elde edilen ve DFO içermeyen q değerleri tabloda verilmektedir. En küçük q değerleri, her zaman süneklik sınırının akma anındaki yanal deformasyonun 3 katı ile sınırlanmasından ($3\Phi_{e,id}$) bulunmuştur.

Model	Φ_{cr} (%)	$3\Phi_{cr}$ (%)	$\Phi_{0.8Rmax}$ (%)	$\mu_u =$ $3\Phi_{cr} / \Phi_{cr}$ (a)	$\mu_u =$ $\Phi_{0.8Rmax} /$ Φ_{cr} (b)	$q_{(Denk.2)}$ $= (2\mu - 1)^{1/2}$ (a)	$q_{(Denk.2)}$ $= (2\mu - 1)^{1/2}$ (b)
M1 (3 Katlı)	0.23	0.71	2.26	3.0	10.69	2.24	4.52
M2 (3 Katlı)	0.36	1.08	2.27	3.0	6.31	2.24	3.41
M3 (4 Katlı)	0.30	0.90	2.33	3.0	7.77	2.24	3.81

Tomazević ve Gams (2012)

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

Senaldi vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada 2 katlı taş yığma binada Montenegro depremi ivme kayıtları kullanılarak sarsma tablası deneyleri yapılmıştır. Deneyden elde edilen q değerleri DFO içermemektedir.

Model	BSC_e (kN)	BSC_{max} (kN)	$q_{(Denk.1)}$ $=f_e/f_y$	d_{cr} mm	$3d_{cr}$ mm	$d_{0.8Rmax}$ (mm)	$\mu_u =$ $3d_{cr}/d_{cr}$ (a)	$\mu_u =$ $d_{0.8Rmax}/d_{cr}$ (b)	$q_{(Denk.2)}$ $= (2\mu-1)^{1/2}$	$q_{(Denk.2)}$ $= (2\mu-1)^{1/2}$
2 Tabakalı 2 Katlı Taş Bina	764	362	2.11	7.0	16	38	2.35	5.58	1.93	3.19

Lourenço vd. (2013) tarafından 1:2 ölçekli 2 katlı beton bloklardan oluşan donatısız yığma binaya yapay ivme kayıtları uygulanarak sarsma tablası deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda hem kuvvet esaslı (eşit yerdeğiştirme) hem de deplasman esaslı (eşit enerji) Deprem Yüğü Azaltma katsayısı hesaplanmıştır.

Model	BSC_e (kN)	BSC_{max} (kN)	Φ_{cr} (%)	$\Phi_{e,id}$ (%)	$\Phi_{0.8Rmax}$ x (%)	Min $\Phi_{0.8Rmax}$ veya $3\Phi_{cr}$ (%)	$q_{(Denk.1)}$ $=BSC_e/BSC_{max}$	$\mu_u =$ $3\Phi_{cr}/\Phi_{i,ed}$	$q_{(Denk.2)}$ $= (2\mu-1)^{1/2}$
Boyuna	2.82	1.09	0.049	0.054	0.299	0.147	2.58	2.74	2.12
Enine	2.41	0.94	0.09	0.105	0.760	0.270	2.56	2.57	2.03

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} \quad (1)$$

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

- Fehling vd. (2008) tarafından deneysel ve analitik çalışmalar sonucunda Eurocode 6 ve Eurocode 8'de yapılması gereken değişiklikler önerilmektedir. Yüksek aksel yük oranına sahip duvarlarda sünekliğin azaldığı görülmüştür. Çalışma sonucunda Eurocode 8'de önerdikleri q değeri, aksel yük oranına bağlı olarak 1.5-2 arasında değişmektedir. Önerilen denklemde n aksel yük oranıdır.

$$n = N_{duvar} / Lf_k$$

$$n \leq 0.05 \Rightarrow q = 2.0$$

$$0.05 \leq n \leq 0.15 \Rightarrow q = 2.25 - 5n$$

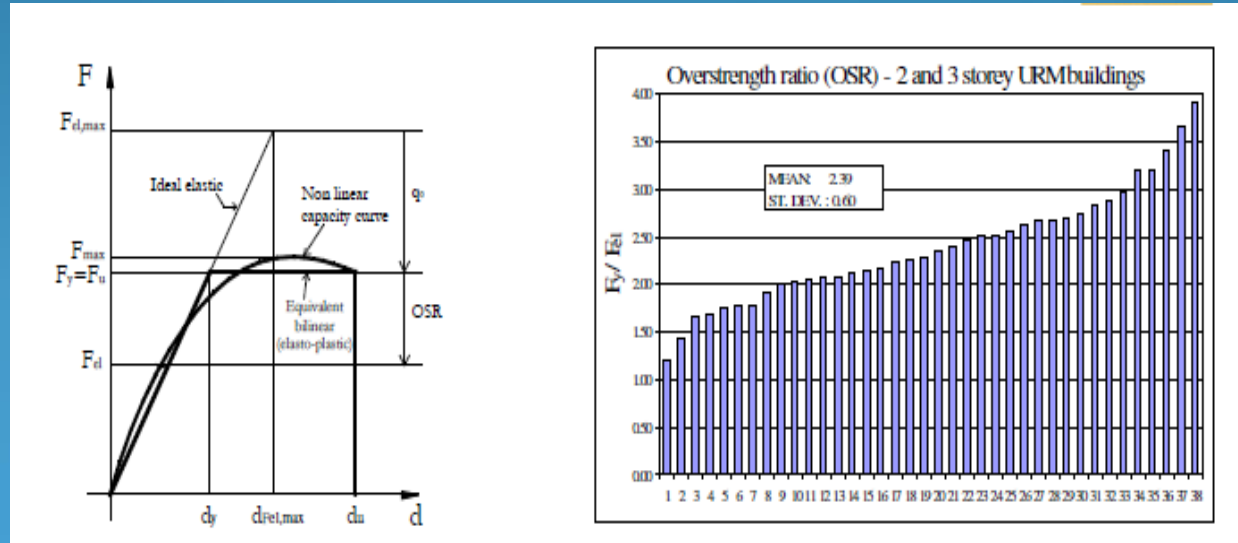
$$n > 0.15 \Rightarrow q = 1.5$$

Da Porto vd. (2009), farklı derz imalatına göre donatısız üç adet tuğla duvar örneğinde deneysel ve analitik çalışma yaparak q değerlerini bulmuştur. Yapılan çalışmada hesaplan q değerlerinde DFO kavramı bulunmamaktadır. Yatay ve düşey derzleri olan duvar numunesinde bulunan q değeri 2-2.2 arasında bulunmuş ve bu değer OPCM 3431 (2005) ile tamamen uyumlu olduğu görülmüştür.

- Costa vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada gaz betondan yapılan eleman bazında deneyler sonrası elde edilen model parametreleri kullanılarak, gaz betondan yapılmış donatısız gerçek yığma binalarda analitik çalışma yapılmıştır. Analitik çalışmada OPCM 3431'e göre statik itme analizi, dinamik ve doğrusal olmayan dinamik analiz yapılarak q değerleri hesaplanmıştır. Analizi yapılan 3 binanın hepsinde q değeri 2'den büyük olmaktadır.
- Tomazevic ve Modena (1989) ve Tomazevic (1990) tarafından yapılan 2 ve 3 katlı donatılı ve donatısız tuğla yığma binalardaki sarsma tablası deneylerinde, donatılı yığma bina için q değeri 3.74 olarak bulunmuştur. Donatısız yığma bina testlerinden ise q değeri 2.84 olarak bulunmuştur.
- Benedetti ve Castoldi (1982) yılında 1:2 ölçekli moloz taş duvardan yapılan deney binasında sarsma tablası deneyi yapılmış ve q değeri 3 olarak bulunmuştur
- Benedetti (1998) tarafında yapılan sarsma tablası deneyinde 12 adet 2 katlı tuğla ve taştan oluşan yığma deney yapıları test edilmiş ve 1.9-2.3 arasında değişen q değerleri bulunmuştur.

- Allen vd. (2013) tarafından, Canterbury Deprem Kraliyet komisyonu tarafından donatısız yığma binalar için önerilen $\mu=2.0$ ve $S_p(1/DFO)=0.7$ değerlerinin, Yeni Zelanda bina stokuna uygunluğu açısından analitik bir çalışma yapılmıştır. Yapılan analitik çalışmada 3 katlı tuğla bir binanın, döşemenin rijit diyafram olması veya olmaması durumunda, statik itme analizleri yapılmıştır. İtme analizi sonucunda bulunan kapasite eğrisi kullanılarak Tomazevic (2007) tarafından önerilen yöntem ile süneklik sınırlandırılmıştır. $S_p(1/DFO)$ değeri eşdeğer sistemin yatay yük kapasitesinin ilk çatlama dayanımına oranlanarak (f_v/f_d) hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda $\mu=2.21\pm0.25$ ve $S_p(1/DFO)=0.74\pm0.15$ olarak bulunmuş ve Kraliyet Komisyonu ve NZSEE (2011) tarafından önerilen değerlerin donatısız yığma binaların değerlendirilmesi için uygun olduğu belirtilmiştir.

- Morandi (2006) tarafından yapılan çalışmada İtalya'da sıklıkla kullanılan farklı tipolojide donatısız ve donatılı rijit diyaframa sahip 38 yığma binada doğrusal olmayan itme analizleri yapılmış ve dayanım fazlalığı oranları hesaplanmıştır. Eurocode 8 ve OPCM 3274'e (2003) göre yapılan doğrusal elastik yöntem ile yatay yük kapasiteleri, itme analizi ile bulunan yatay yük taşıma kapasitelerinin çok altında bulunmuştur. Bu farkın temel nedeni doğrudan doğruya Eurocode 8'de yığma binaların elastik yöntem ile analizi için verilen kurallar nedeniyledir. İtme analizinden bulunan kapasite eğrisinden hesaplanan eşdeğer akma kapasitesi (f_y) ile elastik yöntem ile hesaplanan taşıyıcı duvarlarda ilk kapasite (kesme veya eğilme) ulaştıran f_d arasındaki oran (DFO) hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen değerler ve öneriler OPCM3274'ün (2003) revizyonunda aynen kullanılmış ve OPCM 3431'de (2005) yürürlüğe girmiştir.



- Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde yığma binaların doğrusal olmayan davranışlarının ihmal edilmemesi gerektiği, yığma binalarda ihmal edilemeyecek suneklik kapasitelerinin olduğu görülmüştür (Magenes ve Penna, 2011).
- Tüm deneysel çalışmalarda deney yapıları rijit diyafram özelliğine sahiptir ve göçme biçiminde düzlem dışı devrilme engellenmiştir.
- Bulunan q değerleri DFO kavramını içermemekte, sünekliği temsil etmektedir.

YÖNETMELİKLERDE DÜZLEM İÇİ DAYANIM

Yığma duvarların göçme biçimleri;

- Duvarın geometrisi (yükseklik/uzunluk),
- Malzeme kalitesi,
- Etkiyen yükün büyüklüğü
- Sınır koşulları (mesnet koşulları)

Duvar Düzlem İçi Yatay Yük Dayanımı;

- Eğilme
- Devrilme (rocking),
- Diyagonal kesme (diagonal shear failure)
- Sürtünme kesmesi (sliding shear failure)

Tablo 4. Yönetmeliklerdeki Donatısız Yığma Duvar Dayanım Denklemleri

Yönetmelik	Eğilme/Devrilme (Rocking)	Diagonal Kesme Kuvveti Kapasitesi (Daigonal Tension)	Sürtünme Kesme Kuvveti (Bed Joint Sliding)
Tasarım			
TDY (2007)	--	--	$\tau_{em} = \tau_0 + \mu\sigma$ $V_{max} = lt\tau_{em}$
Eurocode 8-1	--	--	$f_{vk} = f_{vk0} + \mu\sigma_d \leq 0.065f_b$ $V_{Rd} = \frac{l_c f_{vk}}{\gamma_m}$
NTC 2008 OPCM 3431	$M = \frac{l^2 t \sigma_0}{2} \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_d}\right)$ $V_{flex} = \frac{M_u}{H_0} = \frac{2M_u}{H}$	--	$f_{vk} = f_{vk0} + \mu\sigma_d$ $f_{vk} = \min \{1.5MPa; 1.4 f_{bk}\}$ $V_t = \frac{l_c f_{vk}}{\gamma_m}$
Mevcut Bina			
TDY (2007)	--	--	$\tau_{em} = \tau_0 + \mu\sigma$ $V_{max} = lt\tau_{em}$
Eurocode 8-3	$V_f = \frac{IN}{2H_0} (1 - 1.15v_d)$ $v_d = N / (ltf_{md})$	--	$f_{vd} = f_{vm0} + \mu\sigma_d \leq 0.065f_m$ $V_f = l_c f_{vd}$
NTC 2008 OPCM 3431	$M_u = \frac{l^2 t \sigma_0}{2} \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_d}\right)$ (Eksenel yükün çekme olması durumunda $M_u=0$) $V_{flex} = \frac{M_u}{H_0} = \frac{2M_u}{H}$	$V_t = lt \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}}$ $= lt \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$	---
ASCE 41-13	Toe crushing $V_{toe} = (\alpha N + P_w) \frac{l}{h} \left(1 - \frac{\sigma}{0.7 f'_m}\right)$ Rocking $V_r = 0.9(\alpha N + P_w) \frac{l}{h}$	$f'_{dt} = 0.5v_{te} + 0.5 \frac{N}{lt}$ $V_{dt} = f'_{dt} lt \beta \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f'_{dt}}}$	Tek tabakalı duvar için $v_{me} = 0.75 \frac{v_{te} + \frac{N}{lt}}{1.5}$ $= 0.5v_{te} + 0.5 \frac{N}{lt}$ $V_{bjs} = lt v_{me}$
NZSEE 2015 Draft	Toe crushing $V_{toe} = (\alpha N + 0.5P_w) \frac{L_w}{h} \left(1 - \frac{f_a}{0.7 f'_m}\right)$ Rocking $V_r = 0.9(\alpha P + 0.5P_w) \frac{L_w}{h}$	$f_{dt} = 0.5c + f_a \mu_f$ $V_{dt} = lt \beta f_{dt} \sqrt{1 + \frac{\sigma}{f_{dt}}}$	$V_s = 0.7 \left(L_w f_{nom} c + \mu_f (P + P_w)\right)$ Çatlama ile birlikte alt sınır değeri (Şekil) $V_{sr} = 0.7 \mu_f (P + P_w)$

Tablo 3. Yönetmeliklerde Kullanılan Simgeler ve Açıklamaları

l, l_w : Duvar uzunluğu	f_m : Mevcut duvar ortalama basınç dayanımı
l_c : Duvar basınç bölgesi uzunluğu	f_{dm} : Bilgi düzeyi katsayısıyla azaltılmış duvar ortalama dayanımı
t, t_{nom} : Duvar Kalınlığı	f_{td}, f_{dt}, f'_{dt} : Mevcut duvar diyagonal çekme dayanımı
H, h : Duvar yüksekliği	: Duvar diagonal çekme dayanımı
H_0 : Duvar mesnet koşuluna bağlı olarak duvarın etkin yüksekliği ($H_0 = \alpha_s H$)	τ_{0d} : Düşey yük olmaksızın mevcut duvar tasarım kayma dayanımı
N : Duvardaki eksenel yük	f_{bk} : kagir birimin enine (yatay derz yönünde) karakteristik basınç dayanımının
P_w : Duvarın ağırlığı	f_b : Kagir birimin ortalama basınç dayanımı
σ, σ_0, f_c : Düşey yükler altında duvardaki gerilme (N/lt)	u_d : Duvardaki eksenel gerilmenin duvar basınç dayanımına oranı ($N/(ltf_d)$)
σ_d : Düşey ve yatay yüklerin etkisi altında basınç bölgesindeki ortalama düşey gerilme (N/lt)	b, β : duvar narinlik oranına bağlı katsayı ($h/l < 1$ $b=1$; $1 < h/l < 1.5$ $b=h/l$; $h/l > 1.5$ $b=1.5$, $h/l < 0.67$ $\beta=0,67$; $0.67 < \beta < 1$ $\beta=h/l$; $h/l > 1$ $\beta=1$)
f_d, f'_m : Tasarım duvar basınç dayanımı ($f_d = f_b/\gamma_m$ veya $f'_d = f_m/CF_m$)	μ, μ_c : TDY 2007, ASCE41-13 $\mu=0,5$, EUROCODE8, OPCM3431, NTC 2008 $\mu=0,4$, NZSEE $0,3 < \mu_c < 0,8$ (derzlerdeki harcın kalitesine bağlı olarak)
$f_{vk0}/c, f_{vm0}, v_{te}$: Eksenel yük olmadan karakteristik/mevcut duvar çatlama dayanımı	γ_m : Karakteristik dayanım azaltma katsayısı

$f_{vk}/f_{vd}, v_{te}$: Karakteristik/Mevcut duvar kayma dayanımı	α : Mesnet koşuluna bağlı katsayı (alt ve üst tutulu ise $\alpha=1$, yalnızca alt tutulu ise $\alpha=0,5$)
τ_{em} : Duvar kayma emniyet gerilmesi	α_s : Mesnet koşuluna bağlı katsayı (alt ve üst tutulu ise $\alpha_s=0,5$, yalnızca alt tutulu ise $\alpha_s=1$)

5.3.3.4 – Duvara gelen deprem kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesi hesaplanacak ve **Denk.(5.1)**'den bulunacak duvar kayma emniyet gerilmesi τ_{em} ile karşılaştırılacaktır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu\sigma \quad (5.1)$$

Bu denklemde τ_{em} = duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa), τ_o = duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa), μ = sürtünme katsayısı (0.5 olarak alınabilir), σ ise **5.3.1** uyarınca hesaplanmış duvar düşey gerilmesidir (MPa). Duvarda kullanılan kargir birim cinsine göre duvar çatlama emniyet gerilmesi τ_o değeri **Tablo 5.5**'den alınacaktır.

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi τ_o (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.10
Gazbeton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

Emniyet Gerilmesi değil, Dayanım Kavramsal Hata

Taşıma Yüğü Yöntemine göre tanımlanan yük kombinasyonları (G+Q+E) Emniyet Gerilmeleri Yönteminde KULLANILAMAZ.

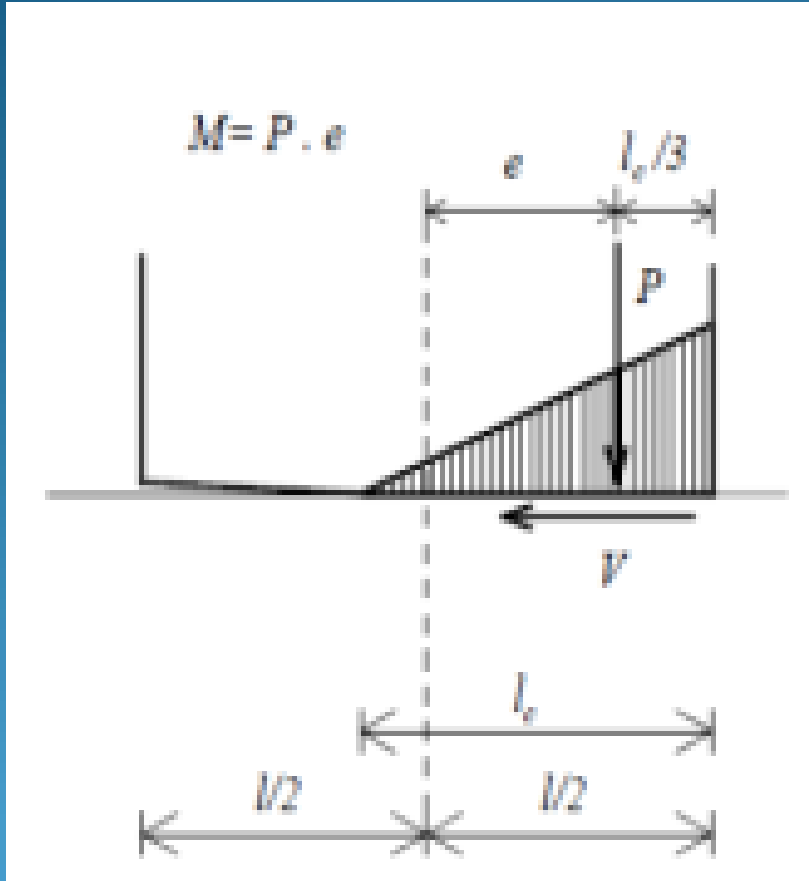
ASCE 7 (2010) Emniyet Gerilmesi Yöntemi Yük Kombinasyonu;

$$D + H + F + (0.6W \text{ or } 0.7E)$$

$$6. D + H + F + 0.75(W \text{ or } 0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

2.4.1

Eurocode 8 ve NTC 2008'de sürtünmeye bağlı kayma göçme modunda düşey gerilme hesabında efektif alan dikkate alınmakta, çekme gerilmesinin olduğu bölümde duvar çekme dayanımı olmadığı kabulü ile duvar kesit uzunluğu azaltılmaktadır.



$$e < l/6 \text{ ise } l_c = l$$

$$f_{vk} = f_{vko} + \mu \sigma_d$$

$$V_{Rd} = \frac{ltf_{vk}}{\gamma_m} = lt(f_{vko} + \mu \sigma_d) = lt \left(f_{vko} + \mu \frac{P}{lt} \right)$$

**TDY ile
AYNI**

$e > l/6$ ise, Çatlamamış duvar uzunluğu l_c ;

$$H_o = \alpha_s H \quad \alpha_s = 0.5 - 1$$

$$M_{\text{demand}} = V_{\text{demand}} \alpha_s H_o$$

$$l_c = \beta l = 3 \left(0.5 - \frac{e}{l} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{M}{Pl} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{V_{\text{demand}} H_o}{Pl} \right) l$$

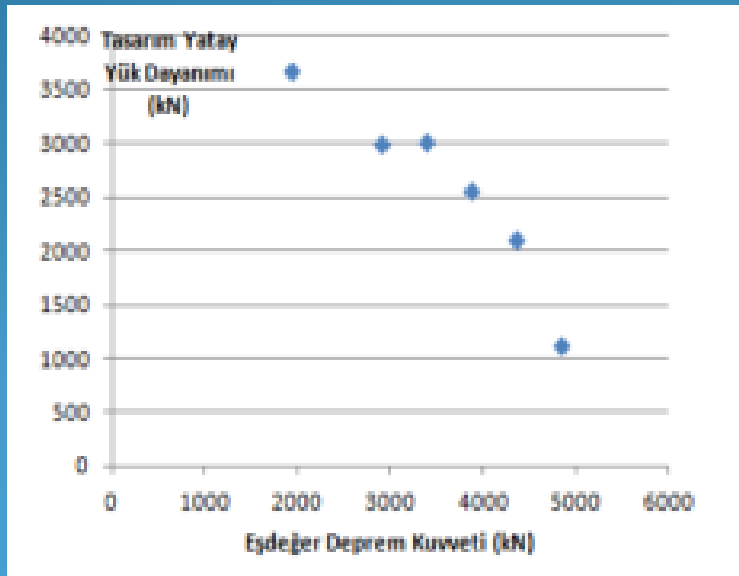
$$f_{vk} = f_{vko} + \mu \sigma_d$$

$$V_{Rd} = \frac{l_c t f_{vk}}{\gamma_m} = \beta lt (f_{vko} + \mu \sigma_d) = \beta lt \left(f_{vko} + \mu \frac{P}{\beta lt} \right)$$

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.



Çatlamış 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.

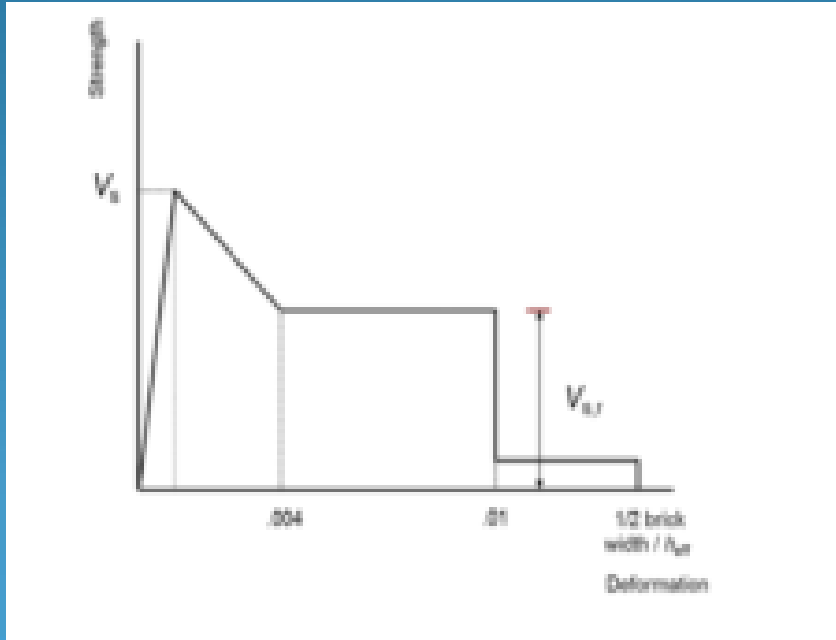


$$l_c = \beta l = 3 \left(0.5 - \frac{e}{l} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{M}{Pl} \right) l = 3 \left(0.5 - \frac{V_{demand} H_0}{Pl} \right) l$$

$$V_{Rd} = \frac{l}{\gamma_m} f_{vk} = \beta l t (f_{vko} + \mu \sigma_d) = \beta l t \left(f_{vko} + \mu \frac{P}{\beta l t} \right)$$

Tomazevic (2008)

NZSEE Draft 2015'de sürtünmeye bağlı kesme kuvveti dayanımının hesabında çatlamış kesit dikkate alınmaktadır. Ancak, Eurocode 8 ve NTC 2008'den farklı olarak, duvardaki çatlama sonucu derz harcı ile kagir birim arasında aderansın olmadığı ($c=0$) kabul edilmekte, yalnızca düşey yükün sürtünme etkisi dayanıma dahil edilmekte, kesme dayanımına duvardaki rölatif ötelenme oranına bağlı olarak alt sınır getirilmektedir



ÖNERİLER

- 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 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,
- Yığma binaların tasarım ve değerlendirmesinde hem Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı **hem Dayanım Azaltma Katsayısı'nı (R_v) hem de DFO kavramını** içerecek şekilde düzenlenmesi,
- **Donatısız yığma** binaların tasarımında **Dayanım Azaltma Katsayısı'nın $R_v=2.0$, DFO=1.5** olarak alınması ve buna bağılı olarak **R_a 'nın 3.0** alınması önerilmektedir. Düşeyde düzensizlik içeren yığma binalarda ise **$R_a=1.5 \times 1.5=2.25$** olarak tanımlanması,

ÖNERİLER

- Duvar karakteristik dayanım azaltma katsayısının $\gamma_m=2.0$ olarak alınması,
- Duvar yatay yük dayanımı hesabında ;

• Eğilme



$$M_r = \frac{l^2 t \sigma_0}{2} \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_d} \right) \quad V_{flex} = \frac{M_u}{H_0}$$

• Diagonal Çekme



$$V_{dia} = \frac{l t}{\gamma_m} \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

• Sürtünme Kesmesi ($e < l/2$)



$$f_{vk} = f_{vk0} + \mu \sigma_d \leq \min \{ 1.5 \text{MPa}; 1.4 f_{bk} \} \quad V_s = \frac{l_c t f_{vk}}{\gamma_m}$$

Alt sınır ($e > l/2$ ise)



$$V_{sr} = \frac{\mu N}{\gamma_m}$$

Duvar Kesme Dayanımı;

$$V_d = \min \{ V_{flex}; V_{dia}; V_s (V_{sr}) \}$$

- Eurocode 8-1'de kayma dayanımına getirilen $0.065 f_b$ ve Eurocode 8-3'deki $0.065 f_m$ koşulunun çok tutucu olduğu düşünülmektedir. Bunun yerine $\min(1.5 \text{ MPa}; 1.4 f_{bk})$ koşulunun özellikle mevcut bina değerlendirmesinde daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir.

ÖNERİLER

- Yığma binaların sünek davranışını 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 düşey yüklere göre hesaplanan gerilme; birinci ve ikinci deprem bölgelerinde 0.35MPa 'dan ve $0.15f_k$ 'dan, üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde ise düşey gerilme 0.70MPa 'dan ve $0.30f_k$ 'dan düşük olması
- Delik oranı fazla ve hücre et kalınlığı düşük olan tuğlalarda, Eurocode 6'da tanımlanan Grup II koşullarını sağlasa bile, yatay yükler altında lokal gevrek basınç ezilmesi olmakta, duvarın kayma dayanımı beklenen dayanıma ulaşamamakta, gevrek göçme biçimi sergilemektedir (Tomazevic, 2003;2014). Bu tür göçme biçimi önlemek için boşluklu kagir birimler ile ilgili detaylı açıklamalar ve sınırlamaların getirilmesi

ÖNERİLER

- Duvarlarda hasarı sınırlandırmak için, $R_a=1$ olarak hesaplanarak bulunacak **görelî kat ötelenmesi oranının % 0.35** olarak sınırlandırılması koşulu ,
- Eurocode 8-1'deki yığma bina tasarımında yeniden dağılım, duvardaki kesme kuvveti %25'ten daha fazla azalmamak ve %33'ten daha fazla artmamak şartı ile izin verilmektedir. Kat kesme kuvvetine çok az katkısı olan bir elemanda dahi bu oranın aşılması söz konusu değildir.

OPCM 3431 ve NTC (2008)'de ise rijit diyaframa sahip taşıyıcı sistemlerde, eleman iç kuvvetinde % 25 artış/azalışa, toplamda kat kesme kuvvetinin 1/10'undan fazla olmamak koşuluyla yeniden dağılıma izin verilmektedir. Esnek diyaframlı yığma binalarda ise, eleman iç kuvvetinde % 25 artış/azalışa, kat kesme kuvvetinin % 10'u yerine aynı düzlemdeki duvarın aldığı toplam kesme kuvvetinin % 10'u koşulu yer almaktadır.

OPCM 3431 ve NTC (2008)'in tanımladığı şekilde yeniden dağılıma izin verilmesi önerilmektedir.

$$\langle \Delta V \leq \max[0.25|V|, 0.1|V_{ker}|] \rangle$$

ÖNERİLER

- Düzlem içi davranışın hakim olduğu varsayılarak tanımlanan R_a değerinin geçerli olabilmesi için düzlem dışı devrilme göçme biçiminin mutlaka önlenmesi gerekmektedir. Eurocode 8'de düzlem dışı davranışa ilişkin detaylı kurallar (talebin belirlenmesi) bulunmamaktadır. Bu çalışmada detayları içermemekle birlikte, düzlem dışı davranış ile ilgili geometrik kısıtlamaların yanı sıra hesapla da gösterilmek üzere kuralların getirilmesi,
- Mevcut yığma bina deprem güvenliğinin doğrusal elastik yöntem ile belirlenmesinde, tasarımda önerilen denklemlerin kullanılması,
- Mevcut Yığma Binalarda karakteristik dayanım ve malzeme güvenlik katsayısı kullanılması yerine **ortalama dayanım** ve Yönetmelik'in 7. Bölümünde tanımlanan **bilgi düzeyi katsayılarının** uygulanması,
- **Mevcut yığma bina** deprem güvenliğinin doğrusal elastik yöntem ile belirlenmesinde Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nın tasarımda olduğu gibi **$R_a=3.0$** olarak tanımlanması önerilmektedir. **Düşeyde süreksizlik içeren mevcut yığma binalarda** Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nın **$R_a=1.5 \times 1.5=2.25$** olarak alınması önerilmektedir.

**BUILDING CAPACITIES FOR ELABORATION
OF NDPs AND NAs OF THE EUROCODES IN
THE BALKAN REGION**

4-5 November 2014, Skopje



EN 1996 AND MASONRY PART OF EN 1998: ELABORATION OF NAs AND RESEARCH FOR DETERMINATION OF NDPs

Miha Tomažević

**Slovenian National Building and Civil
Engineering Institute
miha.tomazevic@zag.si**

Conclusions and proposals for NAs

- ***Replace shear-friction formula for shear resistance of masonry walls with diagonal tension formula: not accepted***
- ***Use q-factors values at the upper limit of ranges, recommended in Eurocode 8, instead of recommended lower limit values. Upper limit values are adequate if verification methods are used which yield little overstrength, otherwise, even higher values may be used. Proposal not accepted.***



Conclusions and proposals

- ***Robustness of hollow clay blocks only partly depends on the units' type. The same units exhibit brittle local failure at high but adequate behavior at low level of preloading. Proposal: the use of Group 2 units should be limited by precompression ratio of 0,15-0,20 (compressive stresses in the walls should not exceed 15-20 % of the characteristic compressive strength of masonry). Accepted, but not yet implemented***



SONUÇ

✓ Son yıllarda, özellikle Avrupa'da, yığma binaların deprem davranışı üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar henüz Eurocode 8'e yansıtılmamıştır. Bu nedenle bu standardın yığma bölümü son gelişmeleri içermemekte ve güncelliğini kaybetmiş durumdadır. İtalya ve Yeni Zelanda gibi hasar yapıcı büyük depremler geçirmiş ülkeler, kendi yönetmelik ve rehber dokümanlarındaki yığma binalar için tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nda, nonlineer davranışı ve DFO'yu içerecek şekilde düzenlemeler yapmışlardır. Eurocode 8'in ülkemizde bu hali ile kullanılması durumunda tasarımın imkansız hale geleceği, mevcut yığma bina stokunun büyük bir kısmının da riskli bina kategorisinde olacağı düşünölmektedir.

Dinlediđiniz İçin TeŖekkürler