

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

Uğur ERSOY*

ÖZ

Son kırk yılda yapılan düzenlemeler, çıkarılan kararnameler ve deprem yönetmeliğinde yapılan değişikliklere karşın depremlerdeki can kaybı istenilen ölçüde azaltılamamıştır. Bunun temel nedeni, soruna doğru teşhis konulamamış olmasıdır. Yapılan gözlem ve incelemeler can kaybının daha kalitesiz mühendislik içeren iki ila sekiz katlı konut ve işyeri türü binalarda yoğunlaştığını göstermektedir.

Bu makalede, hasar ve can kaybına yol açan asal nedenler göz önünde bulundurularak eleman boyutlandırılması ve donatı detaylandırılması ile ilgili basit kurallar önerilmektedir. Bu kurallar hem tasarımcıyı güvenli yapı oluşturmaya yönlendirecek, hem de denetimi kolaylaştıracaktır. Burada verilen kurallara uyulduğunda, depremlerdeki can kaybının büyük ölçüde azalacağına inanılmaktadır. Sözü edilen kurallar birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yapılacak, iki ila sekiz katlı konut ve işyeri türü yapılar için geliştirilmiştir. Kuralların biraz değiştirilerek diğer deprem bölgelerinde de uygulanabileceğine inanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, betonarme, boyutlandırma, kolon, kiriş, perde duvar, basit yöntem, öntasarım, donatı detayları.

ABSTRACT

A Simple Approach for the Preliminary Design of Reinforced Concrete Structures to be Built in Seismic Regions

In the past forty years attempts have been made to decrease the loss of life during the expected earthquakes. Attempts include changes made in the National Seismic Code. However such attempts could not bring the loss of life to an acceptable level, because these attempts were not focused on the main causes of heavy damages and collapses observed during the past earthquakes. Investigations and observations have revealed that a great majority of loss of life occurred in two to eight story dwellings and office buildings.

In this paper some simple rules have been developed for the preliminary design of reinforced concrete structures, considering the main causes of collapses observed during the past earthquakes in Turkey. Also some simple detailing rules are given. It is believed that if

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 26.07.2013 günü ulaşmıştır.
- 31 Aralık 2013 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul - ugur.ersoy@boun.edu.tr

the rules given in this paper for preliminary design and detailing are applied, loss of life during earthquakes will decrease significantly. The rules given in this paper were developed for buildings to be built in seismic zones 1 and 2. The author believes that these rules can also be applied to other zones as well by revising the rules slightly.

Keywords: Earthquake, reinforced concrete, columns, beams, structural walls, preliminary design, detailing, simple method.

1. GİRİŞ

Son kırk yılda deprem yönetmeliğinde yapılan değişikliklere ve çıkarılan yasa ve yönetmeliklere rağmen depremlerde oluşan can kaybı maalesef yeterince azaltılamamıştır. Bunun esas nedeni, soruna doğru teşhis konulmamış olmasıdır. Yazar tarafından 1967 Adapazarı Depremi'nden bu yana yapılan gözlemler, can kaybının 2-8 katlı konut ve işyeri türü binalarda yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca ağır hasar ve göçmelerin üç ana başlıkta toplanabilecek kusurlar nedeniyle oluştuğu görülmektedir.

- a) Sistem seçimi ve boyutlandırmada yapılan hatalar
- b) Donatı detaylandırılmasında yapılan hata ve eksiklikler
- c) Yapım aşamasında oluşan kusurlar (denetim yetersizliği)

Yazar, son kırk yılda gözlenen hasar ve göçmelerin yaklaşık % 90'ının bu üç kusurdan biri veya birkaçı nedeni ile oluştuğu kanısındadır. Dikkat edilirse hesap yetersizliği veya hesap hatası %10'un içinde kalmaktadır. Ülkemizdeki mühendislik düzeyi yeterince yüksek olmadığından, 2-8 katlı yapıların projelerini yapan ortalama bir mühendis, bilimsel düzeyi yüksek yönetmeliği yeterince anlayamamakta, aldığı bir bilgisayar yazılımı ile proje yapmaktadır. Bu yaklaşım son derece sakıncalıdır. Yapılan gözlemler can kaybının büyük oranda katların üst üste yığılması ile oluşan göçmelerde oluştuğunu göstermektedir. Bu tür göçmelerin engellenebilmesi için aşağıdaki üç koşulun sağlanması gerekir.

- a) Katlar arası görelî yer değiştirmenin belirli sınır değerleri geçmemesi
- b) Elemanların, özellikle kolonların sünek davranmasının sağlanması
- c) Elemanlarda, özellikle kolonlarda kesme kırılmasının önlenmesi

Katlararası yer değiştirmenin sınırlanabilmesi için eleman kesit boyutlarının (özellikle kolonların) saptanmasında cömert davranılmalı ve perde duvar kullanılmalıdır. Sünekliğin sağlanmasında ve kesme kırılmasının önlenmesinde, eleman boyutları ve enine donatı (sargı donatısı) büyük önem taşımaktadır. Yukarıda özetlenen saptamalardan kolayca anlaşılacağı gibi can kaybının önlenmesinde "ön tasarım" aşamasında doğru ve yeterli boyutlandırma büyük önem taşımaktadır. Bu aşamada doğru bir sistem oluşturulur, eleman boyutları yeterli seçilirse ve "kesin tasarım" aşamasında donatı doğru detaylandırılırsa, sözü edilen 2-8 katlı konut ve işyeri binalarının göçme olasılığı büyük oranda azaltılabilir. Doğal olarak burada eklenmesi gereken koşul, uygulamanın projeye uygun bir biçimde yürütülmesini sağlayacak önlemlerdir. Bu önlemlerin başında etkili denetim gelir.

Yazarın boyutlandırma ile ilgili geliştirdiği basit bir yöntem 1983'te Mersin Belediyesi tarafından benimsemiş ve yönetim değişikliğine kadar kullanılmıştır. Bu yöntem daha sonra

bir sempozyumda sunulmuş ve yayınlanmıştır [1,2]. O günden bu güne geçen süre içinde yeterli olmasa da bazı olumlu gelişmeler olmuştur. Hazır betonun yaygınlaşması ile ortalama beton dayanımı önemli ölçüde yükselmiştir. Yeni yapılan binalarda, bazı durumlarda yetersiz de olsa eleman uçlarında sargı donatısı bulundurulmaktadır. Bu olumlu gelişmeler nedeniyle eski yöntem aşırı güvenli yönde kalmıştır. Yapılan yeni çalışmada bu olumlu gelişmeler dikkate alınmıştır..

2. YAPILAN VARSAYIMLAR VE KRİTERLER

Bu bölümde boyutlandırma için yapılan varsayımlar ve kriterler özetlenecektir. Bundan böyle bu yazıda atıf yapılacak olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar HakkındaYönetmelik,” TDY olarak anılacaktır [3]. Önerilen yöntem, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde yapılacak, 2-8 katlı konut ve işyeri türü binalar için geliştirilmiştir.

2.1 Yapılan varsayımlar (Sağlanması Gereken Koşullar):

- Beton dayanımının 20 MPa olacağı varsayılmıştır.
- Boyuna ve enine donatı için S420 kullanılacağı varsayılmıştır.
- Bina ağırlığı + hareketli yük, 10 kN/m² kabul edilmiştir. Yük katsayıları uygulandığında, düşey yük analizinde, $p_d = 10 \times 1.5 = 15$ kN/m², deprem analizinde ise $p_d = 10 \times 1.0 = 10$ kN/m² alınmıştır. Güvenli yönde kalmak amacıyla TDY’de öngörülen hareketli yük azaltması yapılmamıştır.
- Kolon uç bölgelerinde en az aşağıdaki kadar sargı donatısının var olacağı varsayılmıştır.
 $h \leq 400$ mm için, Ø8/100mm etriye ve her iki yönde birer Ø8/100mm çiroz.
 $h > 400$ mm için, Ø10/100mm etriye ve her iki yönde birer Ø10/100mm çiroz.
- Kolon orta bölgesinde en az aşağıdaki kadar etriyenin var olduğu varsayılmıştır.
 $h \leq 400$ mm için, Ø8/200mm
 $h > 400$ mm için, Ø10/200mm
 h = kolon kesitinin büyük boyutu
- Donatıların kenetlenme boyu yeterlidir.
- Kirişler için minimum boyutlar:
 $b_w \geq 250$ mm
 $h \geq 300$ mm
 $\geq 3t$
 b_w = kirişin gövde genişliği
 h = kiriş yüksekliği
 t = döşeme kalınlığı
- Kiriş uçlarında 2h uzunluğunda etriye aralığı en çok $d/4$, diğer bölgelerde $d/2$ ’dir.

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

- Perde kalınlığı en az 200 mm'dir
- Perdelerin her iki yüzünde gövde donatısının toplam kesit alanı, düşey ve yatay donatının her biri için perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az değildir ve donatı aralığı 250 mm'den fazla değildir.
- Perdelerin her iki ucunda uç bölgeleri oluşturulmuştur. Bu bölgelerde boyuna donatı en az 4-Ø16 ve $\rho_t \geq 0.001 t_l w$, sargı donatısı ise Ø8/150 mm'dir.
 ρ_t = uç bölgesinde toplam boyuna donatı oranı
 t = perde kalınlığı
 l_w = perde kesit alanının büyük boyutu
- Bu makalede önerilen denklemler, birinci ve ikinci deprem bölgeleri gözönünde bulundurularak oluşturulmuştur. 3. ve 4. deprem bölgeleri için aynı denklemler katsayılarla gerekli azaltmalar yapılarak kullanılabilir.

2.2 Yöntemde Sağlanması Öngörülen Kriterler:

- a) Kolon ve perdelerde kesme gerilmeleri belirli bir sınırı aşmayacaktır.
- b) TDY'de "Normal Süneklik Düzeyi" için elemanlarda öngörülen süneklik sağlanacaktır [3].
- c) Gerekli yanal rijitliği sağlanarak katlararası görelî yerdeğiştirme sınırlanacaktır.

3. ÖNTASARIM İÇİN BOYUTLANDIRMA ÖNERİLERİ

Bu bölümde boyutlandırma için verilen koşullar, yukarıda öngörülen kriterleri sağlamaya yöneliktir. Yazar, burada tanımlanan türdeki binalarda, tüm deprem kuvvetlerini karşılayabilecek dayanımda perde duvar bulundurulmasının zorunlu kılınmasının gerektiği kanısındadır. Bu sistemdeki çerçeveler deprem yükünün belirli bir yüzdesini karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Yazara göre çerçeveler yapıya etkiyecek deprem kuvvetlerinin en az %30'unu karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Aşağıdaki öneriler bu koşullara göre geliştirilmiştir.

3.1 Kolonlar:

TDY 2007'de kolon üzerindeki eksenel yük, aşağıdaki gibi sınırlanmıştır [3].

$$N_{dl} \geq 0.5 f_{ck} A_{ci} \quad (1)$$

N_{dl} = kolona etkiyen eksenel yük

f_{ck} = betonun karakteristik basınç dayanımı

A_{ci} = kolonun enkesit alanı

Binadaki her bir kolona etkiyen aksenal yük, metrekaireye gelen yük, kolon alan payı ΣA_{oi} ile çarpılarak hesaplanabilir.

$$N_{d2} = p_d \Sigma A_{oi} \quad (2)$$

ΣA_{oi} , = ele alınan kolonun tüm katlardaki alan paylarının toplamı

Birim alana etkiyen yük, $p_d = 15 \text{ kN/m}^2$ ve beton dayanımı $f_{ck} = 20 \text{ 000 kN/m}^2$ varsayıldıktan sonra N_{d1} , N_{d2} 'ye eşitlenirse, TDY'ce izin verilen en küçük kolon kesit alanı elde edilir.

$$A_{ci} \geq 0.0015 \Sigma A_{oi} \quad (3)$$

Kolon kesit boyutları saptanırken kolonun kesme dayanımının da gözönüne alınması gerekir. Burada kolon orta bölgesinde önceki bölümde "Yapılan varsayımlar" başlığı altında verilen minimum etriyenin var olduğu kabul edilmiştir.

$$V_r = V_c + V_w \quad (4)$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} A_{ci}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr}$$

$$V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$$

V_r = kolonun kesme dayanımı

V_{cr} = kolonun kesmede çatlama dayanımı

V_c = kesme dayanımına betonun katkısı

f_{ctd} = betonun hesap çekme dayanımı

f_{ywd} = etriyenin hesap akma dayanımı

A_{sw} = kesitteki etriye kollarının toplam kesit alanları

s = etriye aralığı

h = kolon enkesitinin büyük boyutu

b = kolon enkesitinin küçük boyutu

d = faydalı yükseklik

Eğer $f_{ctd} = 1 \text{ 100 kN/m}^2$, $f_{ywd} = 365 \text{ 000 kN/m}^2$ varsayılırsa, kolonun kesme dayanımı için aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$V_{cr} = 715 A_{ci} \quad (5)$$

$$V_c = 572 A_{ci}$$

$$V_w = 365 \text{ 000} (A_{sw}/s) d$$

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

$$V_r = 572 A_{ci} + 365\,000 (A_{sw}/s) d \quad (6)$$

Çizelge-1’de, çeşitli kolon kesitleri için Denklem (6)’dan hesaplanan kesme dayanımları verilmiştir. Dayanım bulunurken, (A_{sw}/s) için kullanılacak değerler, bir önceki bölümdeki varsayımlara uyularak, kolon büyük boyutunun 400 mm’den küçük veya büyük olmasına göre $\phi 8/200$ mm veya $\phi 10/200$ mm alınmıştır. Ayrıca, en düşük dayanımı bulabilmek için zayıf yöndeki kesit boyutu temel alınarak, Denklem (6)’da d yerine, $(b-40\text{mm})$ kullanılmıştır.

Çizelge-1’de Denklem (5)’ten hesaplanan V_{cr} değerleri de verilmiştir. Çizelgenin son kolonunda, burada yapılan varsayımlara dayanılarak çıkarılan kesme dayanımlarının, çatlama dayanımlarına oranı verilmiştir. Görüldüğü gibi bu oran tüm durumlar için birden büyük çıkmıştır. Ayrıca en küçük oranının da 1.35 olduğu görülmektedir. Eğer $V_r = 1.35V_{cr}$ varsayılırsa, kolonun kesme dayanımı V_r için aşağıdaki ilişki elde edilir.

$$V_r = 1.35 \times 715 A_{ci} = 965 \sum A_{ci} \quad (7)$$

$\sum A_{ci} = i$ katındaki kolonların kesit alanlarının toplamı

Çizelge 1. Kolonların Kesme Dayanımı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
h (mm)	b (mm)	f_{ctd} (MPa)	A_c (mm ²)	A_{sw}/s (mm)	f_{ywd} (MPa)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	V_w (kN)	V_r (kN)	V_r/V_{cr}
300	300	1.1	90000	0.50	365	64.4	51.5	47.5	98.9	1.54
350	300	1.1	105000	0.50	365	75.1	60.1	47.5	107.5	1.43
350	350	1.1	122500	0.50	365	87.6	70.1	56.6	126.6	1.45
400	300	1.1	120000	0.50	365	85.8	68.6	47.5	116.1	1.35
400	350	1.1	140000	0.50	365	100.1	80.1	56.6	136.7	1.37
400	400	1.1	160000	0.50	365	114.4	91.5	65.7	157.2	1.37
450	300	1.1	135000	0.79	365	96.5	77.2	75.0	152.2	1.58
450	400	1.1	180000	0.79	365	128.7	103.0	103.8	206.8	1.61
450	450	1.1	202500	0.79	365	144.8	115.8	118.2	234.1	1.62
500	300	1.1	150000	0.79	365	107.3	85.8	75.0	160.8	1.50
500	400	1.1	200000	0.79	365	143.0	114.4	103.8	218.2	1.53
500	500	1.1	250000	0.79	365	178.8	143.0	132.6	275.6	1.54
600	300	1.1	180000	0.79	365	128.7	103.0	75.0	177.9	1.38
600	400	1.1	240000	0.79	365	171.6	137.3	103.8	241.1	1.40
600	500	1.1	300000	0.79	365	214.5	171.6	132.6	304.2	1.42
600	600	1.1	360000	0.79	365	257.4	205.9	161.5	367.4	1.43

TDY’de öngörülen taban kesme kuvveti :

$$\Sigma V_d = W A(T_1) / R_a(T_1) \quad (8)$$

$w = 10 \text{ kN/m}^2$ olursa,

$$W = w \Sigma A_{pi} = 10 \Sigma A_{pi}$$

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1)$$

$\Sigma V_d =$ taban kesme kuvveti

$w =$ metrekareye etkiyen yük

$\Sigma A_{pi} =$ binanın kat alanlarının toplamı

$A_0 =$ etkin yer ivmesi katsayısı

$I =$ bina önem katsayısı

$S(T) =$ spektrum katsayısı

$R_a(T) =$ taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$I = 1.0$, $A_0 = 0.4$, $S(T_1) = 2.5$ ve $R = 4.0$ varsayılırsa, toplam taban kesme kuvveti için aşağıdaki ilişki elde edilir.

$$\Sigma V_d = 2.5 \Sigma A_{pi} \quad (9)$$

Daha önce belirtildiği gibi, binada yaklaşık tüm deprem kuvvetlerini taşıyacak kapasitede perde bulundurulması zorunlu kılınacaktır. Çerçevelerin de taban kesme kuvvetinin en az %30’unu karşılayacak kapasiteye sahip olmaları gerekmektedir. Başka bir deyişle kattaki kolonların kesme kapasitelerinin, en az Denklem (9) ile belirlenen taban kesme kuvvetinin %30’una eşit olması öngörülmektedir. Burada güvenli yönde olmak amacıyla sözü edilen oran %50’ye çıkarılacaktır.

Kesit alanı A_{ci} olan tek bir kolon için Denklem (9)’da ΣA_{pi} yerine ΣA_{oi} konular ve Denklem (7) Denklem (9)’un %50’sine eşitlenirse, kesme dayanımı açısından gerekli en küçük kolon kesit alanı bulunur.

$$0.5 \Sigma V_d = 0.5 \times 2.5 \Sigma A_{oi} = 1.25 \Sigma A_{oi}$$

$$A_{ci} \geq 0.0013 \Sigma A_{oi} \quad (10)$$

Görüldüğü gibi kesme dayanımı temel alınarak çıkarılan denklem (10), TDY’deki eksenel yük sınırlaması temel alınarak çıkarılan Denklem (3)’e çok benzemektedir. Ancak Denklem (10)’daki katsayı daha küçüktür. Bu durumda minimum kolon kesit alanının, TDY’deki eksenel yük kısıtlamasını temel alarak çıkarılan Denklem (3)’e göre belirlenmesi önerilecektir.

$$A_{ci} \geq 0.0015 \Sigma A_{oi} \quad (11)$$

$$\geq 0.09 \text{ m}^2$$

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

Kesit boyutları oranı için de aşağıdaki sınırlamanın yapılması uygun olacaktır.

$$h/b \leq 2.0$$

Değişik alan payları ve binadaki kat sayıları için Denklem (11)'den elde edilen kolon kesit boyutları Çizelge-2'de gösterilmiştir. Çizelgenin 6 nolu kolonunda Denklem (11)'den hesaplanarak yuvarlatılmış kare kesitli kolonun boyutları verilmiştir. Çizelgede tüm katlarda kolon alan paylarının aynı olduğu varsayılmıştır, $\Sigma A_{oi} = n A_{oi}$. Burada n, binanın kat sayısıdır.

Çizelge 2. Denklem (11)'e Göre Belirlenen En Küçük Kolon Boyutları

1	2	3	4	5	6
A_{oi} (m ²)	n	A_{ci} (m ²)	h=b (m)	h=b Yuvarlatılmış	h=b (mm)
10	4	0.090	0.300	0.300	300x300
10	6	0.090	0.300	0.300	300x300
10	8	0.120	0.346	0.350	350x350
13	4	0.090	0.300	0.300	300x300
13	6	0.117	0.342	0.340	340x340
13	8	0.156	0.395	0.400	400x400
16	4	0.096	0.310	0.300	300x300
16	6	0.144	0.379	0.380	380x380
16	8	0.192	0.438	0.440	440x440
20	4	0.120	0.346	0.345	345x345
20	6	0.180	0.424	0.425	425x425
20	8	0.240	0.490	0.490	490x490
25	4	0.150	0.387	0.390	390x390
25	6	0.225	0.474	0.475	475x475
25	8	0.300	0.548	0.550	550x550
30	4	0.180	0.424	0.425	425x425
30	6	0.270	0.520	0.520	520x520
30	8	0.360	0.600	0.600	600x600
36	4	0.216	0.465	0.465	465x465
36	6	0.324	0.569	0.570	570x570
36	8	0.432	0.657	0.660	660x660

3.2 Perde Duvarlar

Üçüncü bölümün başında, burada sözü edilen türdeki binalar için perde duvar bulundurulmasının zorunlu kılınması önerilmiştir. Binada oluşturulacak perde duvarların, binaya etkiyecek tüm deprem kuvvetlerini karşılayacak güçte olması da ilke olarak

belirlenmişti Mevcut uygulamalar ve depremlerden sonra yapılan gözlemler bu ilkeleri desteklemektedir.

Binaya etkiyecek tüm deprem kuvvetlerini karşılayabilecek en küçük perde kesit alanının saptanmasında perde kesme dayanımının temel alınması uygun olacaktır. Perde duvarların kesme dayanımları, en olumsuz koşullar için aşağıda verilmiştir. Gerekli denklemler çıkarılırken Taşıma Gücü Sınır Durumu dikkate alındığından, malzemelerin karakteristik değerleri kullanılmıştır. Duvar kalınlığı, $t = 0.20$ metre alınmış, $A_{wi} = t.d$ varsayılmıştır.

$$V_r = V_{cr} + V_w$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctk} A_{wi}$$

$$V_w = \rho_h f_{ywk} A_{wi}$$

$$\rho_h = \text{perdedeki yatay donatı oranı}$$

$$\rho_h = 0.0025, f_{ctk} = 1600 \text{ kN/m}^2, f_{ywk} = 420 \text{ 000 kN/m}^2 \text{ varsayılırsa,}$$

$$V_r = 1040 A_{wi} + 1050 A_{wi} = 2090 A_{wi}$$

Katta kuvvetli yönde tüm perdeler için A_{wi} yerine ΣA_{wi} yazılırsa, kat kesme dayanımı için aşağıdaki denklem elde edilir.

$$V_r = 2090 \Sigma A_{wi} \quad (12)$$

Taban kesme kuvvetini veren Denklem (9), dayanımı veren Denklem (12)'ye eşitlendiğinde, katta her bir doğrultuda bulundurulması gereken en az perde duvar alanı, binadaki kat alanları toplamının bir yüzdesi olarak yazılabilir.

$$\Sigma A_{wi} \geq 0.0012 \Sigma A_{pi} \quad (13)$$

Karakteristik malzeme dayanımları yerine hesap değerleri kullanılıyorsa, Denklem (13)'teki katsayı 0.00155 olurdu. Denklem (13) çıkarılırken, binaya etkiyen toplam taban kesme kuvvetinin salt perde duvarlarla karşılanması öngörülmüştü. Yazar, burada sözü edilen türdeki binalar için gerekli minimum perde duvar alanının belirlenmesinde, Denklem (13)'ün temel alınmasını önermektedir. Katta perde duvarların konumu saptanırken simetriye dikkat edilmeli ve katta burulma oluşması engellenmelidir. Yazar, az katlı binalarda Denklem (13) ile belirlenen duvar alanının yeterli rijitliği sağlamakta yetersiz kalabileceği endişesi ile binanın tabanındaki plan alanını temel alan ek bir denklemin bulunmasında yarar görmektedir..

$$\Sigma A_{wi} \geq 0.004 A_{pt} \quad (14)$$

$$A_{pt} = \text{binanın tabandaki plan alanı}$$

Denklem (13) ve (14)'teki koşullar her iki doğrultuda da sağlanmalıdır.

Yazar, kolon ve perde duvar kesit alanları saptanırken, sırasıyla Denklem (11), (13) ve (14)'teki koşullara uyulduğunda yeterli dayanım ve rijitliğin sağlanacağı kanısındadır. Ancak bazı özel durumlarda oluşabilecek olumsuzluklar da göz önünde bulundurulacak,

perde duvar ve kolon kesit alanlarının toplamının da aşağıdaki koşulu sağlaması önerilecektir.

$$(\Sigma A_{ci} + \Sigma A_{wi}) \geq 0.0020 \Sigma A_{pi} \quad (15)$$

4. KOLONLAR İÇİN SARGI DONATISI KOŞULLARI

Kesin tasarım yapılırken daha önceki bölümde “Boyutlandırma İçin Varsayım ve Kriterler” başlığı altında verilen donatı detaylarına mutlaka uyulmalıdır. Deprem dayanımında kolonlar çok kritik olduğundan, bunların sünek davranması çok önemlidir. Ayrıca depremde kolonlarda kesme kırılması oluşması önlenmelidir. Önceki bölümde kolon kesit alanının saptanmasında kesme dayanımı irdelenmişti. Burada kesme konusu tekrarlanmayacak ve salt süneklik üzerinde durulacaktır.

Kolonların her iki ucunda en az daha önce verilen ve aşağıda yinelenen kadar sargı donatısı olduğu varsayılacaktır.

$h \leq 400$ mm için, $\emptyset 8/100$ mm etriye ve her iki yönde birer $\emptyset 8/100$ mm çiroz.

$h > 400$ mm için, $\emptyset 10/100$ mm etriye ve her iki yönde birer $\emptyset 10/100$ mm çiroz.

Buna göre kesit boyutu 400 mm ve daha küçük olan kolonlarda $A_{sh}/s = 1.5$ mm, 400 mm’den büyük kolonlarda ise 2.37 mm’dir.

TDY’de öngörülen en az sargı donatısı ise Denklem (16)’da verilmiştir.

$$A_{sh}/s \geq 0.3 b_k (A_c/A_{ck} - 1.0) f_{ck}/f_{ywk} \quad (16)$$

$$\geq 0.075 b_k (f_{ck}/f_{ywk})$$

A_{sh} = kolon alanını kesen düzleme dik doğrultudaki etriye kollarının ve varsa çirozların kesit alanlarının toplamı

A_{ck} = Kolon kesitinin çekirdek alanı

b_k = Kolon kesitinin çekirdek alanının küçük boyutu

Çeşitli kolon kesitleri için Denklem (16)’dan, başka bir deyişle TDY’den elde edilen sargı donatısı (A_{sh}/s) Çizelge-3’ün 5’inci kolonunda verilmiştir. Çizelgenin 6 nolu kolonunda yazar tarafından önerilen sargı donatısı yer almaktadır. Çizelgenin son kolonunda ise önerilen sargı donatısının TDY’de öngörülen minimuma oranı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi çizelgedeki en küçük oran 1.17’dir. Bu durumda önerilen sargı donatısının ele alınan tüm kolon kesitleri için yeterli olduğu söylenebilir.

Çizelge incelendiğinde, kesit boyutu 400 mm’den büyük kolonlarda önerilen donatının TDY’ye oranı bazı kesitlerde 2.0’yi geçmektedir. Bu durumda 10 mm’lik sargı donatısının aralığının 150 mm’ye çıkarılması düşünülebilir. Ancak boyuna donatıların burkulma olasılığı göz önüne alınarak, sargı donatısı aralığının 100 mm olarak kalmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 3 Kolonlarda Sargı Donatısı

1	2	3	4	5	6	7
Kesit (mmxmm)	b (mm)	h (mm)	A_c/A_{ck}	A_{sh}/s , (TDY) (mm)	A_{sh}/s , (ÖNERİ) (mm)	ÖNERİ TDY
300x300	300	300	1.33	1.23	1.50	1.22
350x350	350	350	1.27	1.22	1.50	1.23
300x400	300	400	1.28	1.05	1.50	1.43
400x400	400	400	1.23	1.29	1.50	1.17
300x450	300	450	1.27	0.99	2.37	2.40
400x450	400	450	1.22	1.29	2.37	1.84
450x450	450	450	1.20	1.46	2.37	1.62
300x500	300	500	1.25	0.94	2.37	2.51
400x500	400	500	1.21	1.29	2.37	1.84
500x500	500	500	1.18	1.64	2.37	1.44
300x600	300	600	1.24	0.93	2.37	2.55
400x600	400	600	1.19	1.29	2.37	1.84
500x600	500	600	1.16	1.64	2.37	1.44
600x600	600	600	1.15	2.00	2.37	1.19

Not: TDY'ne göre hesap yapılırken, $b_k = b - 40$ mm ve $h_k = h - 40$ mm alınmıştır.

5. ÖNERİLERİN ÖZETİ

Son 40 yılda yapılan çalışmalar depremlerde gözlenen ağır hasar ve göçmelerin genelde 2-8 katlı binalarda yoğunlaştığını göstermektedir. Geçen süre içinde gözlenen hasar nedenleri ile ilgili doğru teşhisler konulmadığından, yapılan düzenlemeler ve yönetmelik değişikliklerine karşın can kaybı istenen düzeyde azaltılamamıştır. Bu yazıda, ülkemizin gerçekleri göz önünde bulundurularak ve depremlerdeki ortak hasar nedenleri dikkate alınarak boyutlandırma ve donatı detaylandırması ile ilgili bazı basit kurallar oluşturulmuştur.

5.1 Öntasarım- boyutlandırma

Bu yazının kapsamına giren türdeki yapılarda, binaya etkiyecek deprem kuvvetlerinin tümünü taşıyabilecek kapasitede perde duvar oluşturulmasının zorunlu kılınması önerilmektedir. Binadaki çerçevelerin de deprem yükünün en az %30'unu karşılayabilecek güce sahip olmaları öngörülmektedir. Aşağıda verilen koşullar bu ilkelere göre hazırlanmıştır.

Çerçeve ve perde duvarlardan oluşan sistemlerde kattaki kolonların ve kuvvetli doğrultudaki perde duvarların kesit alanlarının toplamı, aşağıda verilen koşulu her iki doğrultuda da sağlamalıdır.

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

$$(\Sigma A_{ci} + \Sigma A_{wi}) \geq 0.0020 \Sigma A_{pi} \quad (17)$$

Binadaki her kolon, aşağıdaki koşullara uyularak boyutlandırılmalıdır.

$$A_{ci} \geq 0.0015 \Sigma A_{oi} \quad (18)$$

$$\geq 0.090 \text{ m}^2$$

$$h/b \geq 2.0$$

Aşağıda perde duvarlar için verilen koşullar, her iki doğrultuda sağlanmalıdır.

$$\Sigma A_{wi} \geq 0.0012 \Sigma A_{pi} \quad (19)$$

$$\geq 0.004 A_{pt}$$

$$t \geq H_i/20$$

$$\geq 200 \text{ mm}$$

Çerçeve kirişleri için de aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

$$b_w \geq 250 \text{ mm}$$

$$h \geq 300 \text{ mm}$$

$$\geq 3t$$

Yazar, edindiği deneyimlerle yukarıda verilen boyutlandırma koşullarına uyulduğunda, binanın yanal rijitliğinin yeterli olacağı kanısındadır.

5.2 Kesin tasarım aşamasında Donatı ile İlgili Koşullar

Tasarım ve yapım aşamasında TDY ve TS 500'de donatılardaki kenetlenme ve bindirmeli eklerle ilgili koşullara uyulacaktır.

Kolonlar:

Boyuna donatı

$$0.01 \leq \rho_t \leq 0.03$$

en az 4- ϕ 16,

$$a < 25 \phi_e$$

a = kolonda veya perde uç bölgelerinde etriye kollarının ve/veya çirozasların arasındaki yatay uzaklık

ϕ_e = etriye veya çiroz çapı

Eğilme kapasitesi yüksek kolonlarda yaşanabilecek kesme sorunu nedeniyle en büyük boyuna donatı oranı 0.03'e indirilmiştir.

Enine donatı (sargı)

Kolon uç bölgelerinde en az aşağıdaki kadar sargı donatısı bulundurulacaktır.

$h \leq 400$ mm için, Ø8/100mm etriye ve her iki yönde birer Ø8/100mm çiroz.

$h > 400$ mm için, Ø10/100mm etriye ve her iki yönde birer Ø10/100mm çiroz.

Kolon orta bölgesinde en az aşağıdaki kadar etriye bulunacaktır.

$h \leq 400$ mm için, Ø8/200mm

$h > 400$ mm için, Ø10/200mm

Kirişler:

Boyuna donatı:

$$0.003 \leq \rho \leq 0.02$$

$$\rho'/\rho \geq 0.5$$

Enine donatı (sargı):

Kiriş uçlarında 2h uzunluğunda etriye aralığı en çok d/4, diğer bölgelerde d/2'dir.

Perde duvarlar:

Perdelerin her iki yüzünde gövde donatısının toplam kesit alanı, düşey ve yatay donatının her biri için perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmamalı ve donatı aralığı 250 mm'yi geçmemelidir.

Perdelerin her iki ucunda uç bölgeleri oluşturulmalıdır. Bu bölgelerde boyuna donatı en az 4-Ø16 ve $\rho_t \geq 0.001 t l_w$, sargı donatısı ise Ø8/150 mm olmalıdır.

6. SONUÇ

Geliştirilen yöntemin olabildiğince basit olmasına özen gösterilmiştir. Esas amaç, beklenen şiddetli bir depremde can kaybını önlemektir. Bu amaca, boyutlandırma ile belirli bir dayanım ve rijitlik, minimum donatı detayları ile de kabul edilebilir bir süreklilik sağlanarak ulaşılmaya çalışılmıştır. Yöntem, 2-8 katlı konut ve işyeri türü yapıların projelerini yapan ortalama bilgi düzeyine sahip mühendisler hedef alınarak geliştirilmiştir. Yazar, boyutlandırma ve detaylandırma ile ilgili verilen minimum koşullara, burada tanımlanan türdeki tüm binalara, hesap yöntemi ne olursa olsun uygulanmasını önermektedir. Yöntemin basitliği, kontrolü yapanlar için de büyük kolaylık sağlayacaktır. Gerek boyutlandırma gerekse donatı detayları için yapılan öneriler, TDY'de tanımlanan 1. ve 2. deprem bölgeleri dikkate alarak geliştirilmiştir. Yazar, bu önerilerin biraz yumuşaklaştırılarak 3. ve 4. deprem bölgelerinde de kullanılabilceği kanısındadır.

Yöntem oluşturulurken, yazarın deneyimlerine dayanan çok sayıda varsayım yapılmıştır. Doğal olarak bu varsayımlar ve bunların sonucu olarak denklemlere yansıyan katsayılar tartışmaya açıktır. Çok sayıda örnek çözülerek bu katsayılar irdelenip geliştirilebilir. Yöntem geliştirilirken zemin koşulları, düzensizlik gibi bazı parametreler dikkate alınmamıştır. Düzensizlik hasarda önemli rol oynayan bir parametredir. Ancak çoğu

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

düzensizliğin saptanabilmesi için ayrıntılı hesap gerekmektedir. Basitliğin temel alındığı bu yöntemde bu nedenle düzensizliğe yer verilmemiştir. Taşıyıcı sistem kurulurken tasarımcı düzensiz yapı oluşturmaktan olabildiğince kaçınmalıdır.

Burada önerilen basit yöntemle elde edilen kesit boyutları, ayrıntılı bir hesapla elde edileceklerden büyük çıkabileceğinden, yöntemin uygulamasının bina maliyetini artıracığı iddia edilebilir. Ancak depremlerde oluşan can kaybı ve göçmelerin maliyeti dikkate alındığında, bu savın pek de geçerli olmadığı görülür.

Bu yazıda sunulan yöntem daha çok parametre dikkate alınarak geliştirilebilir. Ancak bu yapılırken basitliğin kaybolmamasına dikkat etmek gerekir. Yöntemin amacı depreme dayanıklı yapı oluşturmak değil, basit bir yaklaşımla olası depremlerde can kaybını önlemektir. Önerilen yöntem, tasarım aşamasında kullanılmak içindir, mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılması önerilmez.

Teşekkür

Makale ile ilgili eleştiri ve önerileri nedeniyle, Dr. Kutay Orakçal ve Dr. Hilmi Luş'a, yazının düzenlenmesindeki yardımları dolayısıyla da Muhammet Fethi Güllü'ye teşekkürlerimi sunarım

Semboller

- A_c ve A_{ci} : Kolonun enkesit alanı
 ΣA_{ci} : i katındaki kolonların kesit alanlarının toplamı
 A_{ck} : Kolon kesitinin çekirdek alanı
 A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı
 A_{oi} : i katındaki kolonun alan payı
 ΣA_{oi} : Tüm katlardaki kolon alan paylarının toplamı
 ΣA_{pi} : Binanın kat alanlarının toplamı
 ΣA_{pt} : Binanın tabandaki plan alanı
 A_{sh} : Kolon alanını kesen düzleme dik doğrultudaki etriye kollarının ve varsa çirozların kesit alanlarının toplamı
 A_{sw} : Kesitteki etriye kollarının toplam kesit alanları
 ΣA_{wi} : i katındaki kuvvetli yöndeki perde duvar alanlarının toplamı
a : Kolonda veya perde uç bölgelerinde etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık
b : Kolon enkesitinin küçük boyutu
d : Kesitin faydalı yüksekliği

b_k	: Kolonlarda çekirdek alanının küçük boyutu
b_w	: Kirişin gövde genişliği
H	: Kolon boyu veya kat yüksekliği
h	: Kolon enkesitinin büyük boyutu
h_k	: Kolonlarda çekirdek alanının büyük boyutu
I	: Binanın önem katsayısı
f_{cd}	: Betonun hesap basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun hesap çekme dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{ywd}	: Etriyenin hesap akma dayanımı
f_{ywk}	: Etriyenin karakteristik akma dayanımı
l_w	: Perde duvar kesitinin büyük boyutu
N_d	: Kolona etkileyen aksel yük
n	: Binadaki kat sayısı
p_d	: Düzgün yayılı yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
s	: Etriye ve çirozun aralığı
t	: Döşeme veya perde kalınlığı
ΣV_d	: Taban kesme kuvveti
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_c	: Kesme dayanımına betonun katkısı
V_r	: Kesitin kesme dayanımı
V_w	: Kesme dayanımına enine donatının katkısı
W	: Binanın hareketli yük dahil, toplam ağırlığı
w	: Binada birim alana etkileyen toplam yük
ϕ	: Boyuna donatının çapı
ϕ_e	: Etriye veya çiroz çapı
ρ	: Kirişlerde çekme donatısı oranı
ρ'	: Kirişlerde basınç donatısı oranı

Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem

ρ_h : Perde deki yatay donatı oranı

ρ_t : Kolon kesitindeki boyuna donatının oranı

Kaynaklar

- [1] Ersoy. U., “Binaların Deprem Dayanımında Mimarinin Etkisi” Konutta kalite Sempozyumu, MESA Yayınları, Ankara 1994
- [2] Ersoy. U., ve Tankut, T., “Az Katlı Yapıların Deprem Tasarımına ilişkin Bir Öneri,” İMO Dergisi, Kasım 1996, sayı 386, İMO, Ankara
- [3] “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,” Bayındırlık Bakanlığı, Mart 2007, Ankara