

2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikteki Perde Tasarım Yaklaşımının Karşılaştırmalı İrdelenmesi

Özgür KURÇ*
Bengi KAYIŞOĞLU**
Andaç LÜLEÇ***
Güney ÖZCEBE****

ÖZ

2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY-07) süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımı için kapasite tasarımı yaklaşımı ilk defa uygulamaya konmuş, ancak yapı mühendisleri tarafından, özellikle perde kesme tasarımıyla ilgili çeşitli sorunların olduğu dile getirilmiştir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi yüksek perde tasarımı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve tasarım yaklaşımı hem Amerikan Betonarme Yönetmeliği ile (ACI318-08) hem de kapasite tasarımıyla ilgili çeşitli çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak, DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi normal perdelerle, ACI 318-08'deki sıradan perde tasarımı (ordinary walls) arasındaki farklılıklar da incelenmiştir. Çalışma sonucunda DBYBHY-07'deki perde tasarımı yaklaşımlarında çeşitli sorunlu noktaların olduğu saptanmış ve perde tasarımının daha iyi bir hale getirilmesi için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Perde tasarımı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, yüksek süneklik, normal süneklik.

ABSTRACT

A Comparative Study on Structural Wall Design Approach of 2007 Turkish Seismic Code

The new version of the Turkish Seismic Code was released in 2007 and the capacity design approach for high ductility structural walls was introduced for the first time. The practicing engineers, however, mentioned various problems especially related with the shear design of

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 05.06.2009 günü ulaşmıştır.
- 30 Eylül 2011 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara - kurc@metu.edu.tr

** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara - bengikayisoglu@gmail.com

*** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara

**** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara - ozcebe@metu.edu.tr

structural walls. Because of this reason, an in-depth comparative study was conducted to examine the differences and similarities of the design approaches of Turkish Seismic Code, American Reinforced Concrete Code and various studies in the literature that focus on the capacity design of high-ductility structural walls. In addition, differences between normal-ductility structural walls of Turkish Seismic Code and ordinary walls of American Reinforced Concrete Code were also examined. It was determined that in the current version of the Turkish Seismic Code, several problems in clauses related to structural wall design exist. Several modifications were proposed in order to improve the structural wall design of the structural walls.

Keywords: Structural wall design, Turkish Seismic Code, high ductility, medium ductility

1. GİRİŞ

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin (DBYBHY-07) yeni sürümü 2007 yılı Mart ayında kullanıma sunulmuştur [1]. Yönetmeliğin perde tasarımıyla ilgili bölümünde, özellikle süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımıyla ilgili kısımda, bir önceki yönetmeliğe göre (DBYBHY-1997) kapsamlı değişiklikler yapılmış ve perdelerde kapasite tasarımı yaklaşımı ilk defa uygulamaya sokulmuştur. Yönetmelik yürürlüğe girdikten çok kısa bir süre sonra, özellikle perdelerin yoğun olarak kullanıldığı binaların tasarımında çok ciddi sorunlar ortaya çıkmış, hatta tünel kalıp sistemiyle bina tasarlanmanın neredeyse imkansız hale geldiği tasarım mühendisleri tarafından dile getirilmiştir. Bu ve benzeri itirazlar sonucunda, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte Mayıs 2007 tarihinde bir güncelleme yapılmış ve perde kesme tasarımıyla ilgili kısımlarda bir değişikliğe gidilmiştir. Ancak DBYBHY-07'nin güncellenmiş haliyle ilgili tartışmalar son bulmamış, özellikle fazla perde kullanılan dolayısıyla depremden dolayı fazla kat ötelenmesi yapmayan binalarda kapasite tasarımının gerekliliği veya temel tasarımında kullanılacak tasarım kuvvetlerinin ne olacağı konusu bugün hala tatmin edici bir cevap bulamamıştır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte yer alan süneklik düzeyi yüksek perdelerin kapasite tasarımıyla ilgili değişikliklerin büyük ölçüde Paulay [8,9] tarafından gerçekleştirilen çalışmalardan esinlendiği görülmüştür. Paulay [8,9] bu tip perdelerin tasarımı için ilk olarak eğilme artım katsayısı (flexural overstrength factor) olarak adlandırdığı ve perde tabanının moment kapasitesinin, çözümlenmeden elde edilen perde taban momentine bölünerek elde edilen bu katsayının hesaplanmasını ve perde tabanında oluşabilecek en büyük kesme kuvvetinin, çözümlenmeden elde edilen kesme kuvvetinin eğilme artım katsayısıyla çarpılarak bulunmasını önerir. Buna ek olarak, perdelerin doğrusal olmayan davranışa girdikleri durumlarda yüksek modların etkisinin arttığını ve bu sebepten dolayı büyütülen kesme kuvvetinin bu etkileri göz önüne almak için bir ek katsayıyla daha çarpılarak büyütülmesi gerektiğini de öne sürer. Ayrıca tasarım momentlerinin ve büyütülen taban kesme kuvvetinin perde yüksekliği boyunca bir zarf eğrisine göre dağıtılması gerektiğini söyler. Wallace [11] ise yüksek mod etkilerinin göz önüne alınması için farklı katsayılar önerir. DBYBHY-07'de süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımıyla Paulay'in çalışmaları büyük benzerlikler göstermektedir [8].

Deprem tehlikesi yüksek bölgelerde perde tasarımı için kapasite tasarımı yaklaşımı EuroCode'da da benimsenmiştir. Deprem tehlikesi düşük bölgeler için tanımlanan ve

EC2'daki [6] kurallara göre tasarlanan sıradan perdelerin yanı sıra EC8'de [5] deprem bölgelerinde gerçekleştirilecek tasarımlar için iki tip perde daha tanımlanmıştır. Bunlar DC-M ve DC-H tipi perdelerdir. DC-M orta düzey sünekliği temsil etmekte olup, bu tip perdelerde kesme tasarımı sırasında kullanılan değerler yüksek sünekliğe sahip perdeler göre (DC-H) daha düşük olabilmektedir. Ancak her iki tip perdenin donatı detayı koşulları birbirine çok yakındır. EC8'de perdelerin eğilme tasarımında kullanılacak moment değerleri, perde yüksekliği boyunca tanımlanan bir moment zarf eğrisi kullanılarak elde edilir. DBYBHY-07'de de tasarım momentlerinin perde yüksekliği boyunca dağılımını elde etmek için aynı yöntem kullanılmıştır. Buna ek olarak EC8 yüksek sünekliğe sahip perdelerin tasarımında kullanılacak kesme kuvvetlerini, aynı moment hesabında olduğu gibi, perde yüksekliği boyunca tanımlanan bir kesme kuvveti zarf eğrisi kullanılarak hesaplanır. Her ne kadar EC8'de tanımlanan momentlerinin dağılım grafiği genel bir kabul görmüş olsa da, kesme kuvveti zarf eğrisiyle ilgili çalışmalar hala devam etmektedir [13].

Amerikan Betonarme Yönetmeliği'nde (ACI 318-08) ise süneklik düzeyi yüksek perdelerin (special shear walls) eğilme tasarımında yer değiştirme temelli tasarım yaklaşımı benimsenmiştir [2]. Bu yaklaşımda ilk olarak deprem etkilerinden kaynaklanan perde yer değiştirmelerinin perde tabanında yaratacağı birim kısalma büyüklüğü hesaplanarak perdenin ne şekilde detaylandırılacağına karar verilir. Takip eden bölümde bu konu daha detaylı irdelenecektir. İlk defa ACI318'in 1999 yılı sürümünde önerilen bu yaklaşım sayesinde perde boyuna donatı miktarında bir azalma sağlanmış ve bu sayede perdenin eğilme artım katsayısının olabildiğince küçük kalması olanaklı kılınmıştır [12]. ACI 318-08'de perdelerin kesme tasarımında kapasite yaklaşımı kullanılmamış ancak perdede oluşabilecek kesme gerilmeleri belirli sınırların altında tutulmuştur.

Kapasite tasarım yaklaşımının Amerikan Betonarme Yönetmeliği, ACI 318-08'de benimsenmemesinin en önemli nedenlerinden birinin, geçmiş depremlerde herhangi bir özel detaya sahip olmayan ve geleneksel yöntemlerle tasarlanmış perdeli binalarda kayda değer bir deprem hasarı görülmemesinden kaynaklandığı belirtilmektedir [14]. Ayrıca kapasite tasarım yaklaşımıyla detaylandırılmamış ama perde uç bölgeleri oluşturulmuş perdelerin sünek bir davranış sergilediği de çeşitli deneysel çalışmalarda gösterilmiştir [10,16].

Görüldüğü gibi süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme tasarımında iki farklı yaklaşım göze çarpmaktadır. DBYBHY-07'de EC8'de olduğu gibi kapasite tasarım yaklaşımını benimsemiş bulunmaktadır. Ancak DBYBHY-07'deki tasarım yaklaşımında çeşitli sorunların olduğu da dile getirilmeye devam etmektedir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi yüksek perde tasarımı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve tasarım yaklaşımı hem ACI 318-08'le hem de kapasite tasarımıyla ilgili çeşitli çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca deprem tehlikesi düşük bölgelerde yapılacak binalar için DBYBHY-07 ile ACI318-08 yaklaşımları da karşılaştırılmış ve DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi normal perdelerle, ACI 318-08'deki sıradan perde tasarımı (ordinary shear walls) arasındaki farklılıklar da incelenmiştir. DBYBHY-07'deki perde tasarımını derinlemesine ve karşılaştırmalı bir şekilde inceleyen bu çalışma sayesinde yönetmeliğimizdeki mevcut sorunların aşılabilmesi için nelerin yapılması gerektiğinin daha net ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. DBYBHY-07 ve ACI 318-08 PERDE TASARIM YAKLAŞIMLARI

2.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Eğilme Tasarımı Yaklaşımları

DBYBHY-07'ye göre süneklik düzeyi yüksek perde tasarımında plastik mafsallaşmanın perdenin kritik yüksekliği boyunca gerçekleşeceği varsayılarak tasarım hesapları gerçekleştirilir ve donatı detaylandırılır. Kritik perde yüksekliği DBYBHY-07 Bölüm 3.6.2.2'de perde uzunluğundan (l_w) veya perde yüksekliğinin altıda birinden küçük olmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca süneklik düzeyi yüksek perdelerin tümünde perde uç bölgeleri oluşturulması zorunlu kılınmış, perde uç bölgelerinin uzunluğunun kritik perde yüksekliği boyunca perde uzunluğunun en az %20'si ($0.2l_w$), kritik perde yüksekliğinden sonra perde uzunluğunun en az %10'u olması şart koşulmuştur (Bölüm 3.6.2.2).

Eğilme tasarımı sırasında ilk olarak yapısal çözümlerden elde edilen perde momentlerinin Bölüm 3.6.6.1'de belirtilen kurallara göre artırılması gerekmektedir. Bu aşamada kritik perde yüksekliği boyunca kullanılacak tasarım momentleri perde taban momentine eşitlenir ve bu sayede plastik mafsallaşmanın etkisinin de göz önünde bulundurulması hedeflenir. Perdeye yerleştirilecek boyuna donatı alanı perde uç bölgelerinde, kritik perde yüksekliği boyunca toplam perde enkesit alanının 0.002'sinden, diğer bölgelerde perde enkesit alanının 0.001'inden az olamaz. Ayrıca boyuna donatı toplam enkesit alanı, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi enkesit alanının 0.0025'inden az olmaması ve boyuna donatıların en çok 25 cm aralıkla yerleştirilmesi de zorunludur.

ACI 318-08'de ise süneklik düzeyi yüksek perdelerde, perde uç bölgesinin oluşturulması ancak aşağıda belirtilen koşullarda zorunlu kılınmıştır. Bu amaçla ilk olarak yapısal çözümlerden elde edilen perde taban kesitindeki moment (M) ve eksenel kuvvet (N) kullanılarak perde boyuna donatılarının ne olması gerektiği belirlenir. Eğilme tasarımı sırasında yapısal çözümlerden elde edilen değerler kullanılır, bu değerler üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmaz. Boyuna donatı miktarıyla ilgili tek sınırlama boyuna donatı alanının perde kesit alanına oranının 0.0025'den daha fazla olması ve boyuna donatı aralığının 45 cm'den daha az olmasıdır. Eğilme tasarımı sonlandırıldıktan sonra deprem yük kombinasyonları kullanılarak kesitin tarafsız eksen derinliği (c) hesaplanır. Tarafsız eksen derinliğinin Denklem 1'de verilen kuralı sağlaması durumunda perde kritik yüksekliği boyunca perde uç bölgesi oluşturulması zorunludur (ACI 318-08, Bölüm 21.9.6.2).

$$c \geq \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde δ_u perdenin en üst noktasının doğrusal olmayan yatay yer değiştirmesini, h_w toplam perde yüksekliğini ve l_w perde uzunluğunu temsil etmektedir. Perde uç bölgesi oluşturulması gerektiği durumlarda, perde uç bölgesi uzunluğu $c - 0.1l_w$ ve $c/2$ değerlerinin büyüğü olarak alınır. Bu yaklaşım, herhangi bir perdede tasarım depremi sırasında beklenen en yüksek yer değiştirme olduğu anda perde uç bölgesindeki birim kısalma miktarını temel almaktadır. Eğer Denklem 1'le anlatılan koşul sağlanamazsa,

bu durumda perde uçlarında 0.003'den daha büyük birim kısaltmaların oluşması beklenmeli ve bu bölgelerdeki beton yatay donatıyla iyice sarılarak perdenin sünekliği artırılmalıdır.

Kesme Tasarımı Yaklaşımları

Kesme tasarımı sırasında perde boyutlarının yeterliliği ACI 318-08'e göre iki koşul göz önünde bulundurularak değerlendirilir. İlk olarak herhangi bir katta, bütün perdeler gelen toplam kesme kuvvetinin Denklem 2 ile hesaplanan değerden küçük olması zorunluluğu vardır. Ayrıca her bir perde ayrı ayrı incelenerek taşıdıkları kesme kuvvetinin Denklem 3'le hesaplanan değerden küçük olup olmadığı da kontrol edilir. Bütün bu hesaplarda perdelerin taşıdığı kuvvetler yapısal çözümlerden elde edilen değerlerdir, bu değerler üzerinde herhangi bir arttırma yapılmaz. Eğer bahsi geçen bu iki şarttan biri sağlanamazsa perde boyutlarının büyütülmesi gerekir (ACI 318-08 Bölüm 21.9.4.4).

$$V_{Tu} \leq 0.66 A_{Tcv} \sqrt{f_c'} \quad (2)$$

$$V_u \leq 0.83 A_{cw} \sqrt{f_c'} \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde V_{Tu} herhangi bir kata etkiyen toplam kesme kuvvetini, V_u herhangi bir perde kesitindeki kesme kuvvetini, A_{Tcv} bir kattaki toplam perde enkesit alanını, A_{cw} tek bir perdenin enkesit alanını, f_c' ise karakteristik beton basınç dayanımını (f_{ck}) temsil etmektedir. ACI 318-08'de perde kesme dayanımına bir üst sınır getirilerek sistem içerisinde kesme kuvveti uyumuna bir sınır getirmek hedeflenmektedir.

Perdenin kesme kapasitesi hesaplanırken ilk olarak perdenin, yanal yükleri etkin olarak hangi deformasyon şekliyle taşıdığının anlaşılması ve bu şekle uygun bir şekilde perde kesme kapasitesi hesabı sırasında ϕ olarak adlandırılan kapasite azaltma katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. Eğer bir perde etkin olarak kesme deformasyonu şeklinde bir davranış gösteriyorsa, diğer bir deyişle, perde eğilemeyecek kadar kısa ve uzunsa, bu durumda Denklem 4'deki ϕ katsayısı 0.6 aksi takdirde 0.75 olarak kullanılır. Perdeye konulması gereken yatay donatı miktarı ise Denklem 5 kullanılarak hesaplanır (ACI 318-08, Bölüm 21.9.4.1).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (4)$$

$$V_n = A_{cv} (\rho_t f_y + \alpha_c \sqrt{f_c'}) \quad (5)$$

Denklem 4 ve 5'de A_{cv} perde enkesit alanını, ρ_t gövde kesme donatısı oranını, f_y kesme donatısı karakteristik akma dayanımını, f_c' beton karakteristik basınç dayanımını (f_{ck}) ve ϕ ise dayanım azaltma katsayısını temsil etmektedir. Ayrıca α_c katsayısı yükseklik/uzunluk (h_w/l_w) değeri 1.5'dan küçük olan perdeler için 0.25, 2'den büyük olan perdeler için 0.17 alınır. ACI 318-08'de kesme donatısı oranı en az 0.0025 ve donatı aralığı en çok 45 cm olarak belirtilmiştir.

DBYBHY-07'deki kesme tasarımı ise ilk olarak yapısal çözümlenmeden elde edilen kesme kuvvetinin Denklem 6'de göre büyütülmesiyle başlar (TDY Bölüm 3.6.6.3, Denklem 3.16):

$$V_e = \beta_v \cdot \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (6)$$

Bu denklemde V_e kesme tasarımı sırasında kullanılacak kesme kuvveti, V_d yapısal çözümlenme sonucunda elde edilen kesme kuvveti, β_v kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı, $(M_d)_t$ perde taban kesiti için çözümlenmeden elde edilen tasarım momenti, $(M_p)_t$ ise malzeme karakteristik özelliklerini ve çelik pekleşmesi göz önünde bulundurularak hesaplanan perde tabanı plastik moment kapasitesidir. Bunun yanı sıra DBYBHY-07, daha detaylı hesap yapılmadığı takdirde $(M_p)_t$ 'nin perde taban kesitinde malzeme tasarım özellikleri kullanılarak hesaplanan taşıma gücü momentinin α katı alınabileceği belirtilmiştir. TDY'nin 2007 yılında yürürlüğe giren ilk sürümünde β_v katsayısı bütün yapı tipleri için 1.5, α katsayısı ise 1.4 olarak verilmiştir. Ancak yönetmelikte Mayıs 2007 yılında yapılan değişiklikler sonucunda β_v katsayısı deprem yüklerinin tamamının perdelerle taşındığı sistemler için 1.0, α katsayısı tüm yapı tipleri için 1.25 olacak şekilde değiştirilmiştir. Perde gövdelerine konacak kesme donatısı miktarı ise Denklem 7'ye göre hesaplanması gerekmektedir.

$$\rho_t \cdot f_{yd} = V_e - 0.65 \cdot A_{cv} \cdot f_{ctd} \quad (7)$$

Denklem 7'de f_{yd} donatı tasarım akma dayanımını, f_{ctd} beton tasarım çekme dayanımını, A_{cv} perde brüt enkesit alanını ve ρ_t perde yatay donatı oranını temsil etmektedir. Gövde kesme donatısı oranı en az 0.0025 ve donatı aralığı en fazla 25 cm olarak belirtilmiştir.

Perde Uç Bölgesinin Detaylandırılma Koşulları

Perde uç bölgelerine konacak donatı miktarının belirlenmesinde DBYBHY-07 ve ACI 318-08 benzer hesap yaklaşımı kullanılmaktadır. DBYBHY-07, perde uç bölgelerine kritik yükseklik boyunca konacak donatı alanını, kolon sarılma bölgelerine konacak donatının en az 2/3'ü olarak belirlemiştir ve bu değer Denklem 8 kullanılarak hesaplanır. Donatı aralığı olarak duvar kalınlığının yarısı veya en az 5 cm en çok 10 cm olacak şekilde belirlenmiştir.

$$A_{sh} = 0.05 \frac{s \cdot b_c \cdot f_{ck}}{f_{yt}} \quad (8)$$

Denklem 8'de s donatı aralığını, b_c perde uç çekirdeğinin enkesit boyunu, f_{yt} yatay donatının karakteristik akma dayanımını ve f_{ck} betonun karakteristik basınç dayanımını temsil etmektedir.

ACI 318-08'de DBYBHY-07 gibi hesap açısından benzer denklemleri içermekte ancak daha güvenli tarafta kalmaktadır. ACI 318-08'e göre kullanılacak en büyük donatı aralığı perde kalınlığının dörtte birinden, perde uç bölgesi düşey donatı çapının 6 katından

ve Denklem 9'dan elde edilecek değerden büyük olamaz. Donatı aralığının perde uç bölgesinin en küçük boyutunun üçte birinden fazla olamayacağı da ayrıca belirtilmiştir. Donatı aralığı olarak en az 10 cm kullanılabilir.

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (9)$$

Yukarıdaki denklemde h_x duvar genişliği doğrultusunda iki boyuna donatı arasındaki uzaklığı göstermektedir. Perde uç bölgesine konulması gereken toplam etriye alanı da Denklem 10'dan bulunan değerden küçük olmayacaktır. Bu denklemde kullanılan değişkenler Denklem 8'dekilerle aynıdır (ACI 318-08, Denklem 21-5).

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s.b_c.f_c'}{f_{yt}} \quad (10)$$

2.2 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Amerikan Betonarme Yönetmeliği'nde DBYBHY-07'de tanımlanan süneklik düzeyi normal perde adı altında bir tip bulunmamakta, ancak deprem tehlikesi az olan bölgelerde kullanımına izin verilen ve detaylandırma konusunda çok esnek davranılan "ordinary shear walls" adıyla tanımlanan ve EuroCode EC2'deki [6] sıradan perdelerle benzeşen perde tipi bulunmaktadır. DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi normal perdeler, EC8'de tanımlanan DC-M tipi perdelerle benzeşmektedir. Amerikan Yük Yönetmeliği (ASCE7-05) [3], bu tip perdelerle sahip yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayısını (R) 5 olarak tanımlamakta, ancak bu tip yapıların depremselliği yüksek bölgelerde kullanılmasına izin vermemektedir. DBYBHY-07'de ise süneklik düzeyi normal perdelerin her bölgede kullanılmasına izin verilmekte ve bu tip perdelerle sahip yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla çalışmanın bu aşamasında bu iki farklı yaklaşım incelenecek ve eğer Türkiye'nin deprem tehlikesi düşük bölgelerinde tasarımda sıradan perdeler kullanılabilseydi ne gibi farklılıklar olurdu sorusuna yanıt bulunmaya çalışılacaktır.

Tasarım ve Detaylandırma Koşulları

Süneklik düzeyi normal perdelerin DBYBHY-07'ye göre tasarımı süneklik düzeyi yüksek perdelerinkiyle büyük benzerlik göstermektedir. Özellikle perde donatı detayları ile ilgili kurallar her iki tip perde için de aynıdır. İki tasarım yaklaşımı arasındaki tek farklılık kullanılan tasarım kuvvetleridir. Süneklik düzeyi normal perdelerde tasarım momentleri yapısal çözümlenmeden elde edilen momentlerdir. Kesme tasarımı için kullanılacak kesme kuvvetleri ise çözümlenmeden elde edilen değerlerin DBYBHY-07'nin ilk sürümüne göre bir buçuk kat, daha sonraki sürümünde ise iki kat artırılarak hesaplanması gerekmektedir. Perde kesme kapasitesi hesabında perde süneklik düzeyinin normal veya yüksek olması fark etmemektedir.

Diğer taraftan ACI 318-08'deki sıradan perde (ordinary walls) tasarımı, süneklik düzeyi yüksek perde tasarımı yaklaşımından oldukça farklıdır. Her şeyden önce sıradan perdelerde

perde uç bölgeleri oluşturulmaz. Boyuna donatı miktarı belirlenirken yapısal çözümlenmeden elde edilen değerler değiştirilmeden kullanılır. Minimum boyuna donatı oranı 0.0015 ile sınırlandırılmış olup, donatı aralığı en çok 45 cm olabilir. Kesme tasarımında da benzer şekilde yapısal çözümlenmeden elde edilen değerler değiştirilmeden kullanılır. Ayrıca perde kesme kapasitesi hesabında betonda meydana gelebilecek kesme çatlaklarına neden olabilecek iki farklı durum (Denklem 11 ve 12) göz önünde bulundurulurken kesitin kesme dayanımı hesaplanır (ACI 318-08, Bölüm 11.9.6).

$$\phi V_{c1} = \phi \left[0.27 \sqrt{f_c'} \cdot h \cdot d + \left(\frac{N_u \cdot d}{4 l_w} \right) \right] \quad (11)$$

$$\phi V_{c2} = \phi \left[0.05 \sqrt{f_c'} + \frac{l_w \left(0.1 \sqrt{f_c'} + 0.2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] \cdot h \cdot d \quad (12)$$

Yukarıdaki denklemlerde l_w perde uzunluğunu, d perde faydalı (etkin) uzunluğunu ($0.8l_w$), h perde kalınlığını, ϕ azaltma katsayısını ve N_u , M_u , ve V_u sırasıyla çözümlenme sonrası elde edilen kesitteki eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetini temsil etmektedir. Denklem 11, perde kesitinin merkezinde yaklaşık olarak $0.33\sqrt{f_c'}$ büyüklüğünde asal çekme gerilmesi yaratacak kesme kuvvetini bulmayı hedeflemektedir. Denklem 12 ise, incelenen kesitten $l_w/2$ kadar yukarıda yer alan kesitte $0.5\sqrt{f_c'}$ büyüklüğünde bir eğilme çekme gerilmesi olma durumuna karşı gelmektedir. Sıradan perdelerin tasarımına esas olacak çatlama dayanımı bu iki denklemden elde edilen kuvvetlerin en küçüğü olarak alınır. Görüldüğü gibi sıradan perdelerin hesabında perdelerde meydana gelebilecek kesme çatlaklarına yol açabilen iki farklı durum göz önünde bulundurulmaktadır.

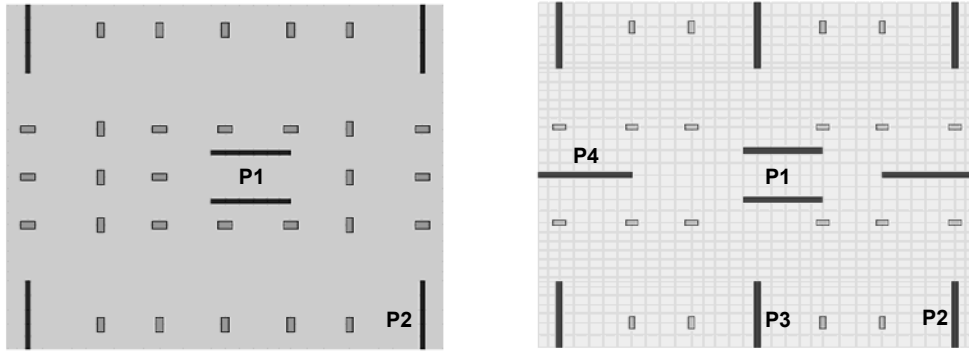
Hesap kesme kuvvetinin $0.5\phi V_c$ değerinden küçük olması durumunda kesite minimum donatı sağlanır. Hesap kesme kuvvetinin $0.5\phi V_c$ limitini aşması durumunda kesit için gereken donatı Denklem 13 kullanılarak hesaplanır.

$$\phi V_s = \phi \frac{A_{sh} \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (13)$$

Yukarıdaki denklemde A_{sh} yatay donatı alanını, f_y çeliğin karakteristik akma dayanımını d faydalı (etkin) perde uzunluğunu, ϕ azaltma katsayısını ve s ise yatay donatı aralığını temsil etmektedir. ACI 318-08'e göre normal perdelerde kesme donatısı oranı perde kesit alanının 0.0025'inden az olamaz, donatı aralığı ise $l_w/5$, $3h$ ve 45 cm'den daha fazla olamaz .

3. ÖRNEKLİ UYGULAMALAR

Bu makalede Şekil 1’de gösterilen taşıyıcı sistemlere sahip birisi beş, diğeri on iki katlı iki ayrı bina tipi göz önünde bulundurulmuştur. Her bina tipi için (a) deprem yüklerinin sadece perdelerle taşındığı sistem ve (b) deprem yüklerinin çerçeveler ve boşluksuz perdelerle taşındığı sistem olmak üzere iki farklı taşıyıcı sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bütün tasarımlarda binanın Z3 sınıfı zemin üzerine oturduğu varsayılarak perde tasarımları süneklik düzeyi normal/sıradan ve süneklik düzeyi yüksek olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilmiş ve deprem yükleri binaların hem birinci derece hem de üçüncü derece deprem bölgelerinde bulunduğu varsayılarak hesaplanmıştır. Bir başka deyişle Şekil 1’de gösterilen örnek bina tam on altı farklı durum için incelenmiş ve her bir durum için perde tasarımları DBYBHY-07 ve ACI 318-08 yönetmelikleri kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Tasarımlarda C30 sınıfı beton kullanılmıştır.



(a) Beş Katlı Bina - Taşıyıcı Sistem

(b) On iki Katlı Bina - Taşıyıcı Sistem

Şekil 1: Örnek Bina Taşıyıcı Sistemleri

Çizelge 1: Perde Boyutları

	P1	P2	P3	P4
5 Katlı Perdeli Sistem (1. Deprem Bölgesi)	30 x 624	30 x 375	-	-
5 Katlı Karma Sistem (1. Deprem Bölgesi)	25 x 440	25 x 375	-	-
5 Katlı Perdeli Sistem (3. Deprem Bölgesi)	25 x 440	25 x 375	-	-
12 Katlı Perdeli Sistem (Tüm Bölgeler)	30 x 440	30 x 375	30 x 375	30 x 520
12 Katlı Karma Sistem (Tüm Bölgeler)	30 x 440	30 x 375	30 x 375	30 x 520

Çizelgedeki birimler cm cinsindedir

Binaların taşıyıcı sistemleri oluşturulurken ilk olarak mimari planda uygun görülen yerlere, örneğin merdiven boşluğu çevresine ve apartman daireleri arasına, perdeler yerleştirilmiştir.

Daha sonra bina burulma rijitliğini arttırmak amacıyla bina kenarlarına Y-doğrultusunda perdeler eklenmiştir (Şekil 1a, P2 perdeleri). Bu perdeler beş katlı bina tiplerini taşımak için yeterli olsa da kat sayısı on ikiye çıkan durumlarda ek perdeler ihtiyacı duyulmuştur (Şekil 1b). Karma sistem kullanılan durumlar için her iki doğrultuda kolonlar ve perdeler kirişlerle birleştirilerek çerçeveler oluşturulmuş ve kolon-kiriş boyutları çerçevelerin deprem taban kesme kuvvetinin yaklaşık %25'ini almasını sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Beş katlı bina tipleri için perde uzunlukları 3'üncü derece deprem bölgesindeki tasarımlar ve karma sistemli tasarımlar için 1'inci derece deprem bölgesindeki sadece perdeli sisteme göre azaltılmış ancak on iki katlı binada ise perde uzunlukları her iki taşıyıcı sistem ve tüm deprem bölgeleri için aynı tutulmuştur. Bu makalede sonuçları kullanılan tasarımların perde boyutları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Amerikan Betonarme Yönetmeliği kullanarak gerçekleştirilecek tasarımlarda deprem etkilerinin ASCE 7 [3] yük şartnamesi kullanılarak hesaplanması gerekmektedir. ASCE 7 ile DBYBHY-07'nin ikinci bölümünün deprem etkilerini ele alış yaklaşımları benzeşmekle birlikte hesap yönteminde çeşitli farklılıklar göze çarpmaktadır. Öncelikle deprem spektrumları farklıdır. DBYBHY-07'de zemin zayıfladıkça spektrumun düz platosu uzamakta ancak büyüklüğü sabit kalmaktadır. Oysa ki ASCE 7'da zemin tipine göre hem düz platonun uzunluğu hem de azami spektral ivmenin değeri değişmektedir. ASCE 7'de iki tip perde tanımı yapılmış olup DBYBHY-07'deki süneklik düzeyi normal perdeye karşılık gelen bir tanım yoktur. Sıradan perde olarak adlandırabileceğimiz (ordinary shear wall) taşıyıcı sistem tipi sadece deprem tehlikesi düşük olan bölgelerde kullanılabilen olup taşıyıcı sistem davranış katsayısı 5 olarak tanımlanmıştır. Süneklik düzeyi yüksek perdelerle eşdeğer olduğunu söyleyebileceğimiz taşıyıcı sistem tipi için ise (special shear wall) sistem davranış katsayısı 6'dır. Karma sistemlerde ise taşıyıcı sistem katsayısı sıradan perdeli ve orta düzey sünekliğe sahip çerçeveli (intermediate moment-frame) sistemlerde 5,5; yüksek sünek perde ve çerçevelere sahip sistemlerde ise 7 olarak tanımlanmıştır. Karma sistemlerde DBYBHY-07'den farklı olarak çerçeve sisteminin taşıdığı deprem yükü oranına göre davranış katsayısını küçültmek yerine, çerçeve sisteminin deprem yükünün en az %25'ini taşıyacak kapasiteye sahip olması şart koşulur. Davranış katsayısıyla azaltılan deprem yükleri deprem tehlikesi yüksek bölgelerde (tasarım Kategorisi D, E, F olan bölgelerde veya DBYBHY-07'ye göre 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde) sistemin hiperstatikliğine göre 1 ila 1,3 kat artırılır. Son olarak bazı yapısal elemanların tasarımında zorlanma katsayısı (overstrength factor) kullanılarak deprem yüklerinin artırılması gerekmektedir. Bahsi geçen bina tiplerinde döşeme-perde arası yük aktarımını sağlayan elemanların tasarımında zorlanma katsayısıyla büyütülmüş yüklerin kullanılması şart koşulmuştur. Bütün bunların yanı sıra, betonarme binaların nasıl modellenmesi gerektiği ilgili kurallar ASCE 7 ve DBYBHY-07'de farklıdır, ASCE 7 çatlamış kesit özellikleri kullanılarak modelleme yapılmasını şart koşarken DBYBHY-07'de çatlama etkilerini bağ kirişleri hariç göz ardı eder.

Çalışmada ilk olarak incelenen binalar için deprem yükleri ASCE 7 ve DBYBHY-07'ye göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda DBYBHY-07'ye göre hesaplanan deprem taban kesme kuvvetlerinin bütün durumlar için değişen oranlarda daha büyük olduğu görülmüştür. Yük hesabından dolayı ortaya çıkacak farklılıkları elemek ve sadece tasarım aşaması sırasındaki farklılıklara odaklanabilmek için bu çalışmada hem DBYBHY-07'ye hem de ACI 318-08'e göre gerçekleştirilen perde tasarımları için deprem yükleri DBYBHY-07 Bölüm 2'de belirtilen yöntem ve kurallara göre hesaplanmıştır.

Modelleme sırasında DBYBHY-07 Bölüm 3.2.3'de belirtildiği gibi betonarme taşıyıcı elemanlarda çatlamamış kesit özellikleri kullanılmıştır. Ancak deprem yüklerinin sadece perdelerle taşındığı binalarda perdeler arası etkileşimi daha gerçekçi bir noktaya çekmek amacıyla döşeme eğilme rijitlikleri %50 azaltılmıştır. Deprem yükleri eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanmıştır. Binalar sonlu elemanlar kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modelleme sırasında perdeler ve döşemeler için kabuk elemanları, kolon ve kirişler için çubuk elemanları kullanılmıştır. Karma sistemlerde döşemelerin eğilme rijitlikleri göz ardı edilmiş ve kirişlerde dikdörtgen kesitler kullanılmıştır. Modellemeler ve çözümler ETABS v9.1.6 yapısal çözümler programıyla [7] gerçekleştirilmiş ancak tasarımlar el hesabıyla yapılmıştır.

4.SONUÇLARIN İRDELENMESİ

4.1 Süneklik Düzeyi Normal / Sıradan Perdeler

Süneklik düzeyi normal perdelerin kesme tasarımında DBYBHY-07 ve ACI 318-08 arasında önemli farklılıklar göze çarpmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi DBYBHY-07'de süneklik düzeyi normal ve yüksek perdelerin donatılarının detaylandırılma koşulları arasında herhangi farklılık yoktur. Perde uç bölgelerinin oluşturulması süneklik düzeyi normal perdeler için de bir zorunluluk olup, en çok 10 cm arayla minimum 8 mm çapında donatı kullanılması zorunludur. Gövde kesme donatısında olabilecek en büyük aralık 25 cm ile sınırlandırılmış olup gövde kesme donatısı oranı en az 0.0025'tir. Öte yandan ACI 318-08'de perde uç bölgelerinin oluşturulması sadece süneklik düzeyi yüksek perdelerde, belirli kuralların sağlanamaması durumunda bir zorunluluk olup, sıradan perdelerde perde uç bölgeleri oluşturulmaz. Gövde donatısı sınırlamaları DBYBHY-07'ye benzemektedir, donatı aralığı en fazla 45 cm, donatı oranı da en az 0.0025 olarak belirtilmektedir. Detaylandırmayla ilgili farklılıkların yanı sıra DBYBHY-07 kesme tasarımında kullanılacak kesme kuvveti olarak yapısal çözümlerden elde edilen kesme kuvvetinin iki katının kullanılmasını zorunlu tutar. Oysa ki ACI-318-08 yapısal çözümlerden elde edilen sonuçları yeterli görmekte, çözümler sonrası herhangi bir arttırıma gitmemektedir. Ayrıca ACI 318-08'de sıradan perdelerde betonun kesme dayanımı hesabında çatlamaya yol açabilecek iki farklı durum düşünülmekte ve perde üzerine gelen eksenel ve kesme kuvvetleri ile momentin etkileri de göz önünde bulundurulmaktadır. Yukarıda bahsi geçen farklılıkların perde donatılarına olan etkilerini göstermek amacıyla on iki katlı binanın birinci derece deprem bölgesindeki tasarımlarında Y doğrultusundaki 5.2 m ve 4.4 m uzunluklarındaki perdelerin kesme donatıları sırasıyla Çizelge 2 ve Çizelge 3'de sunulmuştur. Her iki çizelgede de tasarımda kullanılan kesme kuvveti DBYBHY-07 için V_e , ACI için V_u olarak gösterilmiştir. Çizelge 2 ve 3'deki yatay donatı alanları 1m'lik kesit için hesaplanmıştır.

Çizelge 2'deki durum perde kesme donatı miktarlarının kesme kuvvetleri tarafından belirlendiği durumu anlatmaktadır. Sonuçlardan da görülebileceği gibi, DBYBHY-07'ye göre yapılan tasarımda yapısal çözümlerden elde edilen perde kesme kuvvetlerinin iki kat artırılması nedeniyle, perdeye konulacak minimum donatıyla elde edilecek kesme kapasitesi yetersiz kalmış ve dolayısıyla perde yatay donatı miktarında ciddi bir artış meydana gelmiştir. ACI 318-08'e göre ise aynı yüklere maruz kalan binada, perde kesme kuvvetlerini taşımak için 4. kattan itibaren minimum perde donatısı yeterli olmuştur. Bu

örnek durum için DBYBHY-07 ACI 318-08'e göre ağırlık bakımından yaklaşık 1.5 kat daha fazla yatay donatıya gereksinim duymaktadır. DBYBHY-07'ye göre yerleştirilen yatay donatı miktarı ağırlığının %15'i perde uç bölgelerine konulan donatıdan kaynaklanmaktadır. 6'ncı kattan sonra, minimum donatı miktarlarının yeterli olduğu durumda ise, uç bölge donatısı ağırlığı o kata konulan toplam yatay donatı ağırlığının %10'u kadardır.

Çizelge 2: 12 Katlı Bina, Perdeli Sistem, P4, Yatay Donatı Miktarı

Kat	V_e (kN)	DBYBHY-07	V_u (kN)	ACI 318-08
		Gövde + Uç Bölge Donatısı		Gövde Donatısı
1	3442	Ø12/200+Ø8/100 (1357 + 1105 mm ²)	1721	Ø12/275 (1049 mm ²)
2	3500	Ø12/200+Ø8/100 (1357 + 1105 mm ²)	1750	Ø12/275 (1049 mm ²)
3	3472	Ø12/250+Ø8/200 (1131 + 603 mm ²)	1736	Ø12/285 (1019mm ²)
4	3331	Ø12/250+Ø8/200 (1131 + 603 mm ²)	1665	Ø10/250 (785 mm ²)
5	3143	Ø12/250+Ø8/200 (1131 + 603 mm ²)	1572	Ø10/250 (785 mm ²)
6	2905	Ø12/250+Ø8/200 (1131 + 603 mm ²)	1452	Ø10/250 (785 mm ²)
7	2620	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	1310	Ø10/250 (785 mm ²)
8	2288	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	1144	Ø10/250 (785 mm ²)
9	1910	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	955	Ø10/250 (785 mm ²)
10	1485	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	743	Ø10/250 (785 mm ²)
11	1020	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	510	Ø10/250 (785 mm ²)
12	518	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	259	Ø10/250 (785 mm ²)

Donatı aralıkları mm cinsindedir

Kısa perdelerin (4.4 m) yatay donatı gereksinimlerinin verildiği Çizelge 3'deki sonuçlar ise her iki yönetmeliğe göre de perde tasarımında minimum donatı miktarlarının yeterli olduğunu göstermektedir. Bu perdelerin tasarımındaki farklılıklar genelde perde uç bölgelerine konulan donatılardan kaynaklanmaktadır. P1 duvarı için kritik perde yüksekliğine kadar her kattaki toplam yatay donatı ağırlığının yaklaşık %20'si, diğer yüksekliklerde ise yaklaşık %10'u perde uç bölgesindeki yatay donatı ağırlığıdır. Sonuç olarak DBYBHY-07 yönetmeliğine göre yapılan tasarımda ACI 318-08 kullanılarak yapılanaya göre ağırlık bakımından yaklaşık 1.35 kat daha fazla yatay donatı kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 3: 12 Katlı Bina, Perdeli Sistem, P1, Yatay Donatı Miktarı

Kat	V_c (kN)	DBYBHY-07	V_u (kN)	ACI 318-08
		Gövde + Uç Bölge Donatısı		Gövde Donatısı
1	2563	Ø10/200+Ø8/100 (943 + 1106 mm ²)	1282	Ø10/250 (785 mm ²)
2	2293	Ø10/250+Ø8/100 (785 + 1106 mm ²)	1147	Ø10/250 (785 mm ²)
3	2216	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	1108	Ø10/250 (785 mm ²)
4	2113	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	1056	Ø10/250 (785 mm ²)
5	1996	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	998	Ø10/250 (785 mm ²)
6	1849	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	925	Ø10/250 (785 mm ²)
7	1674	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	837	Ø10/250 (785 mm ²)
8	1470	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	735	Ø10/250 (785 mm ²)
9	1237	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	619	Ø10/250 (785 mm ²)
10	974	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	487	Ø10/250 (785 mm ²)
11	682	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	341	Ø10/250 (785 mm ²)
12	351	Ø10/250+Ø8/200 (785 + 603 mm ²)	175	Ø10/250 (785 mm ²)

Donatı aralıkları mm cinsindedir

Her iki yönetmeliğe göre hesaplanan perde kapasitesine betonun katkısı Çizelge 4’de birkaç örnek kesit için gösterilmiştir. ACI 318-08’e göre yapılan kapasite hesabında her iki çatlama modu için bulunun değerler ayrı ayrı gösterilmiştir. Bütün sonuçlar üçüncü derece deprem bölgesindeki binalar için sunulmuştur. ACI-318-08’e göre yapılan hesaplarda ϕ katsayısı 0.75 olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4: Perde Kesme Kapasitesi Hesabı – Betonun Katkısı

Tasarım Şekli	V_c	V_{c1}	V_{c2}	V_c
	DBYBHY-07	Denklem 11	Denklem 12	ACI 318-08
12 Kat, Karma Sistem P4, 1.Kat	1296 kN	1673 kN	915 kN	915 kN
5 Kat, Perdeli Sistem P1, 1.Kat	914 kN	1105 kN	437 kN	437 kN
5 Kat, Perdeli Sistem P1, 5. Kat	914 kN	1000 kN	1826 kN	1000 kN

Çizelge 4'deki sonuçlardan da görüleceği gibi, bina tabanındaki kesitlerde betonun kesme kapasitesine katkısı ACI 318-08'de, DBYBHY-07'e göre çok daha az hesaplanmaktadır. Bu durum özellikle yüksek moment ve kesme kuvveti etkisinde kalan perdelerde, kesme çatlaklarının (Denklem 12) daha çok eğilme nedeniyle oluşmasının beklenmesinden kaynaklanmaktadır. DBYBHY-07, bu davranışı göz önünde bulundurmadığından betonun kesme dayanımına etkisini ACI 318-08'e göre çok daha fazla hesaplamaktadır. Binalarda üst katlara çıkıldıkça kesme çatlakları eğilme nedeniyle değil (Denklem 12) daha çok gövdedeki asal çekme gerilmeleri nedeniyle (Denklem 11) oluşmaya başlamaktadır. Ancak bu durumda da DBYBHY-07 perde üzerindeki eksenel kuvveti göz ardı etmesinden dolayı daha küçük bir katkı hesaplanmaktadır.

Yatay donatı miktarlarındaki farklılık düşey donatı (eğilme) miktarlarında da göze çarpmaktadır. ACI 318-08'de düşey donatılarla ilgili tek koşul minimum donatı oranının 0.0015 ve donatı aralığının en fazla 45 cm olmasıdır. DBYBHY-07 ise minimum donatı oranı olarak 0.0025 ve donatı aralığını 25 cm olarak belirlemenin yanı sıra perde uç bölgelerine konulacak minimum düşey donatı oranının kritik yükseklik boyunca perde brüt enkesit alanının 0.002'sinden, diğer kısımlarda ise brüt enkesit alanının 0.001'inden az olmaması koşulunu getirmektedir. Bu detaylandırma ve minimum oran farklılığının donatı miktarına etkilerini göstermek amacıyla on iki katlı binanın karma taşıyıcı sistem kullanılarak üçüncü derece deprem bölgesindeki tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5'de P4 perdesinde kullanılması gereken düşey donatılar gösterilmektedir. Sonuçlardan da görülebileceği gibi DBYBHY-07'ye göre yapılan tasarımdaki düşey donatı miktarı ACI 318-08'e göre ağırlık bakımından yaklaşık 2.2 kat fazladır.

Çizelge 5: 12 Katlı Bina, Karma Sistem, 5.2 m'lik Duvar, Düşey Donatı Miktarları

	DBYBHY-07	ACI 318-08
Kat	Gövde + Uç Bölge Donatısı (mm ²)	Gövde Donatısı (mm ²)
1	28Ø10/200+12Ø22/200 (11325 mm ²)	30Ø22/370 (11405 mm ²)
2	28Ø10/200+12Ø20/200 (9740 mm ²)	30Ø16/370 (6032 mm ²)
3-12	40Ø10/200+6Ø20/200 (6911 mm ²)	30Ø10/370 (2356 mm ²)

4.2 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek perdelerin DBYBHY-07 ve ACI 318-08'e göre tasarımları, yaklaşım olarak benzerlikler içeriyor olsa da, kullanılan denklemler ve detaylandırma kuralları arasında farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu farklılıklardan en çarpıcı olanı perde uç bölgeleriyle ilgilidir. DBYBHY-07 her koşulda perde uç bölgelerinin oluşturulmasını ve perde uç bölgelerinin sadece kritik perde yüksekliği boyunca değil tüm perde yüksekliği boyunca oluşturmasını şart koşar. Perde uç bölgelerinde hem boyuna donatı oranları hem de enine donatı aralığıyla ilgili sıkı kurallar mevcuttur. ACI 318-08 ise bu konuda daha

esnek davranmaktadır. Perde uç bölgeleri oluşturma zorunluluğu, perdenin deprem yüklerinden dolayı ne derece zorlandığıyla ilişkilendirilmiştir. Örneğin beş ve on iki katlı binaların, üçüncü derece deprem bölgesindeki süneklik düzeyi yüksek perde tasarımlarında, ACI 318-08'e göre kritik yükseklik boyunca perde uç bölgesi oluşturulmasına gerek kalmamıştır. Benzer durum, on iki katlı binanın birinci derece deprem bölgesindeki karma taşıyıcı sistemli tasarımına ait perdeler için de söz konusudur. Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgesinin uzunluğu DBYBHY-07'de perde uzunluğunun %20'si olarak tanımlanmıştır. ACI 318-08 ise perde uç bölge uzunluğunu, perdenin maruz kalacağı yüklerden dolayı kesitte oluşacak basınç bölgesinin derinliğine (tarafsız eksen derinliği) bağlamıştır (Denklem 1). Bu iki yaklaşımın ne derecede farklılık gösterdiğini anlamak amacıyla beş ve on iki katlı bina tasarımlarında her iki yönetmeliğe göre hesaplanan perde uç bölgesi uzunlukları ve bu bölgede bulundurulması gereken yatay donatı miktarları Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6'daki sonuçlar göz önüne alındığında, perdelerin eğilmeden zorlandığı durumlarda (perdeli sistem), ACI 318-08'e göre hesaplanan perde uç bölgesi uzunluğu DBYBHY-07'e göre hesaplanan değerden fazla olduğu görülmektedir. Ancak perdeye gelen momentlerin nispeten daha küçük olduğu karma sistemlerde DBYBHY-07'e göre hesaplanan uzunluklar ACI 318-08'e göre hesaplanarlardan daha büyüktür. Perde uç bölgeleriyle ilgili üzerinde durulması gereken bir diğer önemli nokta da bu bölgelere sağlanacak yatay donatı miktarıdır. Bu bölgelerdeki boyuna donatının sıkı bir şekilde sarılması, büyük bir deprem sırasında yüksek basınç gerilmeleri altında kalan boyuna donatılarda meydana gelebilecek burkulmayı geciktirecek ve hatta önleyecek, beton iyi bir şekilde sarıldığı için basınç gerilmelerinden kaynaklanan hasar gecikecek, bu sayede perdenin enerji soğurma kapasitesini arttıracaktır. Uç bölgelerinde bulundurulacak minimum donatı miktarı hesabı her iki yönetmelik tarafından üzerinde önemle durulan bir husus olmasına rağmen, Denklem 8 ve 10 detaylı incelendiğinde görülebileceği gibi, ACI 318-08 bu bölgelere DBYBHY-07'ye göre yaklaşık iki kat daha fazla donatı konulması gerektiğini öngörmektedir. Çizelge 6'daki sonuçlardan da görülebileceği gibi gerek beş katlı binada gerekse on iki katlı binada, deprem yüklerinin sadece perdelerle taşındığı sistemlerde, perde uç bölgelerinde bulundurulması gereken donatı miktarlarında iki kat farklılık görülmüştür. Taşıyıcı sistem karma sistem olarak seçildiğinde ise perdelerdeki zorlama azalmış ve ACI 318-08'e göre perde uç bölgesi oluşturma zorunluluğu ortadan kalkmıştır. Kritik yükseklikten sonraki yüksekliklerde ACI 318-08'e göre bütün tasarımlar için perde uç bölgesi oluşturulmasına gerek kalmamış, ancak DBYBHY-07'ye göre yapılan tasarımlarda daha küçük bir alanda olsa da perde uç bölgesi oluşturulmuştur.

Süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme tasarımı sırasında kullanılacak kesme kuvveti DBYBHY-07'ye göre yapısal çözümleme sonrasında elde edilen kesme kuvvetinin (Denklem 6) kullanılarak artırılmasıyla elde edilir. Denklem 6'yla ortaya konulan yaklaşım, çözümlemeden elde edilen kesme kuvvetini perde tabanının moment taşıma kapasitesine göre ölçekletmeyi hedeflemektedir. Ayrıca perdelerin kesme tasarımı için kullanılacak kesme kuvveti moment taşıma kapasitelerine göre artırılmasının yanı sıra dinamik büyütme katsayısı adı altında β_v katsayısıyla çarpılarak daha da artırılmaktadır. Bu katsayı, DBYBHY-07'de 2007 Mayıs ayında yapılan değişikliklerden sonra yapının yanal yük taşıyıcı sistemine göre farklı değerler almaktadır. Bunun yanı sıra perdelerin moment taşıma kapasitesi hesabında "daha detaylı analiz yapılmadığı takdirde $M_{pt} = 1.25 M_{rt}$ alınabilir" denmektedir. Ancak DBYBHY-07, M_{rt} hesabında tasarım malzeme

özelliklerinin (f_{cd} , f_{yd}), M_{pt} hesabında ise karakteristik malzeme özelliklerinin (f_{ck} , f_{yk}) kullanılmasının gerektiğini söylemektedir.

Çizelge 6: Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Perde Uç Bölgesi Uzunlukları ve Yatay Donatı Miktarları

Tasarım Şekli	Perde	Perde Uç Bölgesi Uzunluğu		Perde Uç Bölgesi – Yatay Donatı	
		TDY-07	ACI 318-08	TDY-07 (mm)	ACI 318-08 (mm)
5 KAT Perdeli Sistem	P1	75 cm	90 cm	Ø8/100	Ø12/100
	P2	125 cm	150 cm	Ø8/100	Ø12/100
5 KAT Karma Sistem	P1	75 cm	80 cm	Ø8/100	-
	P2	90 cm	65 cm	Ø8/100	-
12 KAT Perdeli Sistem	P1	120 cm	115 cm	Ø8/100	Ø12/100

Makalede incelenen örnekler için, DBYBHY-07’de verilen tanımları kullanarak daha detaylı bir kesit analizi (moment-eğrilik hesabı) yapmak isteyen bir mühendisin elde edeceği M_{pt} , M_{rt} oranları Çizelge 7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7: M_{pb} , M_{rt} ve M_{pt}/M_{pb} değerleri

Tasarım Şekli	Kat	M_{pt} (kN.m)	M_{rt} (kN.m)	M_{pt}/M_{rt}
5 KAT, Perdeli Sistem, P1	1. Kat	24800	18700	1.33
5 KAT, Karma Sistem, P1	1. Kat	9890	6920	1.43
12 KAT, Karma Sistem, P4	1. Kat	15664	11040	1.42

Yukarıdaki çizelgeden de görülebileceği gibi, M_{pt} ve M_{rt} arasında yaklaşık 1.4'lük bir fark vardır ki bu farkın 1.15’i çelik için kullanılan malzeme azaltma katsayısından (γ_{ms}), 1.25’i çeliğin pekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Gerçekte Denklem 6’yı öneren Paulay’in [8] çalışmaları incelendiğinde, M_{rt} hesabında karakteristik malzeme özelliklerinin kullanıldığı görülecektir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’de Mayıs

2007’de M_{rt} , M_{pt} ilişkisinde yapılan değişiklik ise yazarların yorumuna göre TS-500’de bulunan malzeme katsayısının etkisini ortadan kaldırarak denklemin önerildiği şekline yaklaştırmıştır. Ancak bu durum DBYBHY-07’de bir kavram karmaşasına yol açmıştır. $M_{pt} = 1.25 M_{rt}$ ilişkisi DBYBHY-07’deki tanımlamalara göre gerçekte perdenin moment taşıma kapasitesini vermediği gibi daha detaylı kesit analizi yapmak isteyen mühendisler de doğru yönlendirme yapamamaktadır.

Denklem 6’daki yaklaşımda gözlemlenen diğer bir sorun ise kesme kuvvetinde meydana gelen artışların farklı taşıyıcı sistemler için beklentinin tam aksi yönde olmasıdır. Örneğin Çizelge 8’de on iki katlı bina tasarımında hem perdeli hem de karma taşıyıcı sistemler için farklı perde kesitlerindeki moment ve kesme kuvvetleri gösterilmiştir. Aşağıdaki değerler hesaplanırken M_{pt} değerleri DBYBHY-07’de belirtildiği gibi $M_{pt} = 1.25M_{rt}$ ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 8: 12 Katlı Bina, V_d ve V_e değerleri

Tasarım Şekli	Kat	M_d	M_{rt}	V_d	V_e	V_e/V_d
12 KAT Perdeli Sistem P4	1. Kat	28578	31643	1126	1558	1.38
12 KAT Karma Sistem P4	1. Kat	7451	11039	880	2444	2.78

Yukarıdaki çizelgede M_d ve V_d yapısal çözümlenmeden elde edilen perde kuvvetlerini, M_{rt} uç bölgeler de dahil perdeye konulan donatının yaratacağı taşıma gücü momentini, V_e ise tasarım sırasında kullanılacak kesme kuvvetini göstermektedir. Sonuçlardan da görülebileceği gibi, çözümlene sonuçlarına göre deprem yüklerinin sadece perdelerle taşındığı sistemde perdeler karma sistemdeki perdelerle nazaran çok daha fazla zorlanmaktadır. Bu perdeler hem daha büyük momentlerin hem de daha büyük kesme kuvvetlerinin etkisi altında kalmaktadır. Dolayısıyla bu perdelerin boyuna donatı miktarları karma sistemdeki perdelerle nazaran çok daha fazladır. Kapasite tasarımı açısından bakıldığında zaman moment taşıma kapasitesi daha büyük olan kesitlerde daha büyük kesme kuvveti kullanılarak tasarım yapılması mantıklıdır. Oysa burada tam tersi bir durumla karşı karşıya kalınmıştır, karma sistemler için kullanılacak tasarım kesme kuvvetleri, perdeli sistemle karşılaştırıldığında zaman daha fazladır. Bu durumun sebebi ise β_v katsayısının perdeli sistemlerde 1.0 karma sistemlerde ise 1.5 olması ve karma sistemli tasarımlarda M_{rt} ile M_d arasındaki farkın büyük olmasıdır. Karma sistemli tasarımlarda M_{rt} ile M_d arasındaki farkın bu kadar çok olmasının en önemli nedeni perde uç bölgelerine perde alanının 0.002’si kadar düşey donatı koyma zorunluluğudur. Ayrıca Denklem 6’nın ilk önerildiği orijinal çalışma incelendiğinde [8], β_v katsayısının aslında doğrusal olmayan dinamik çözümlene yapılmadığı durumlarda yüksek modların perde üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmamak için denkleme konulduğu görülecektir. Paulay [8] bu değer altı kata kadar olan binalarda Denklem 14, altı kattan daha yüksek binalar için ise Denklem 15 kullanılarak hesaplanmasını önermiştir.

$$\beta_v = 0.9 + n/10 \quad (14)$$

$$\beta = 1.3 + n/30 \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemlerde n bina kat sayısını temsil etmektedir ve en fazla on beş olarak alınması önerilmektedir [11].

Wallace [11] ise on kata kadar olan binalarda β_v değeri için 4/3, daha yüksek binalarda 5/3 değerinin kullanılmasını savunmuştur. Her iki durumda da β_v katsayısı 1'den büyük olup, perdeli sistemlerin tasarım kesme kuvvetlerinin de bu yaklaşıma göre az hesaplandığını ortaya koymaktadır. Bütün bunların yanı sıra eğer perde kuvvetleri bir dinamik çözümleme sonrasında elde ediliyorsa, β_v katsayısının 1.0 alınabileceği de Wallace [11] tarafından vurgulanmıştır.

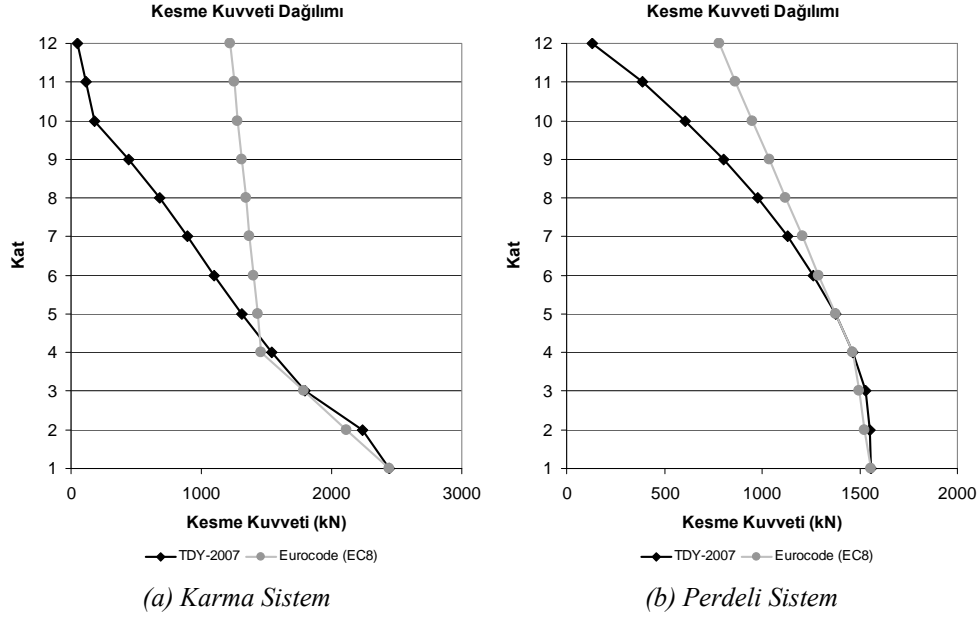
Denklemlerdeki bir diğer sorun ise, bu denklemler çıkarılırken tasarım momentiyle, perdeye konulan donatının yaratacağı taşıma gücü momenti arasındaki farkın çok fazla olmayacağı (%10) varsayımdır. Oysa ki bazı bina tiplerinde yapım sürecini hızlandırmak, rüzgardan kaynaklanan yer değiştirmeleri ve salınımları azaltmak amacıyla veya mimari nedenlerden dolayı deprem yükleri için ihtiyaç duyulan perde veya donatı miktarından daha fazlasının konulması mümkündür. Ayrıca DBYBHY-07 perde uç bölgelerinde kritik yükseklik boyunca perde alanının en az 0.002'si oranında boyuna donatı sağlanmasını şart koşmakta, bir anlamda M_{rt} 'yi dolaylı olarak M_{dt} 'nin çok üzerine çekmektedir. Bu durum eğilme artım katsayısında anlamsız ve bir o kadar gereksiz artışlara neden olmaktadır.

Kapasite tasarım yaklaşımının incelendiği çalışmalarda [11, 13] ve benimsendiği yönetmeliklerde (EC8) kesme kuvvetinin üst katlardaki dağılımı için moment zarf eğrisine benzer bir zarf eğrisi kullanılır. EuroCode EC8'e göre, zarf eğrisinin hesabında ilk olarak taban kesme kuvveti için büyütme katsayısı hesaplanır. Büyütme katsayısının hesabında DBYBHY-07'den farklı olarak yapının sistem davranış katsayısı ve periyodu da göz önünde bulundurulur. Büyütülmüş taban kesme kuvveti elde edildikten sonra, perdenin en üst noktasındaki kesme kuvveti taban kesme kuvvetinin yarısı olacak şekilde büyütülür. Son olarak perde yüksekliğinin 1/3'ü yüksekliğe kadar analizden elde edilen kesme kuvvetleri büyütülür ve yüksekliğin 1/3'ündeki kesme kuvvetiyle perde tepe noktasındaki kesme kuvveti arası doğrusal olarak birleştirilir.

Bir çok çalışmada bulunan zarf eğrilerinin ortak yanı [5,11,13], en üst katlarda kullanılacak tasarım kesme kuvvetinin taban kesme kuvvetinin en az yarısı olması gerekliliğidir. Oysa DBYBHY-07'de perde taban kesiti için önerilen denklemin (Denklemler 6) bütün perde kesitleri için kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Şekil 2'de ise DBYBHY-07'ye göre ve EC8'deki süneklik düzeyi yüksek perdeler için (DC-H) kullanılması gereken zarf eğrilerine göre hesaplanan tasarım kuvvetleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekil 3'deki eğrilerde taban kesme kuvveti DBYBHY-07'e göre hesaplanmıştır.

Kapasite tasarım yaklaşımı tam anlamıyla uygulandığı zaman, DBYBHY-07'de belirtilen hesap yaklaşımının perde üst katlarındaki kesme kuvvetlerini olması gerektiğinden çok daha az vermekte olduğu görülmüştür. Özellikle karma sisteme sahip binalarda yükseklik arttıkça çerçeve sistemi daha etkin çalışmaya başlamakta ve bu sebepten dolayı da perde üst katlarında ciddi zorlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu durum doğrusal çözümleme

sonuçlarında görülememekte ancak yapıların doğrusal olmayan çözümlenmeleri yapıldığı zaman ortaya çıkmaktadır [13,15]. Dolayısıyla perdelerde meydana gelebilecek kesme çatlaklarını önlemek ana hedef ise, özellikle karma sistemlerde üst katlardaki tasarım kesme kuvvetleri mutlaka artırılmalıdır.



Şekil 2: Kesme Kuvvetinin Katlara Göre Dağılımı

Daha önceki bölümlerde değinildiği gibi, Amerikan Betonarme Yönetmeliği (ACI-318-08) ise perdelerde kesme tasarımı için kapasite yaklaşımını benimsememiştir. Bu durumun en önemli sebebi, geçmiş depremlerde perdeli binalarda ciddi bir kesme sorununun gözlemlenmemiş olmasından kaynaklanmaktadır [12,14,17]. Ayrıca ACI 318-08'deki perde eğilme tasarımı yaklaşımı yer değiştirme temelli olup, bu yaklaşıma göre deprem etkisinin yapıda ne gibi yer değiştirmelere yol açacağı belirlenmesinden sonra detaylandırma şartları belirlenir. Detaylandırma aşamasında ise perde uç bölgelerine büyük önem verilmekte ve bu bölgelerin enerji soğurma kapasitelerinin olabildiğince fazla olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bunların yanı sıra, gerçekleştirilen çeşitli perde deneyleri sonucunda [8,14], perdelerin kesme donatılarının kapasite tasarımına göre yerleştirilmediği ancak perde uç bölgelerinin oluşturulduğu perdelerde %1'lik kat ötelenmesine kadar herhangi bir hasar görülmediği, daha yüksek kat ötelenmelerinde ise kesme kaynaklı hasarların görüldüğü durumlarda bile perdelerin enerji soğurma kapasitelerini tamamen kaybetmedikleri ortaya konmuştur. Ayrıca hangi sebepten olursa olsun bütün perdelerin $0.53\sqrt{f_c}$ değerine karşılık gelen kesme gerilmesinden daha büyük gerilmelere dayanabildiği ve perdeler konulan yoğun yatay donatının perdelerin deformasyon kapasitelerini düşürdüğü de görülmüştür [17]. Bu sebeplerden dolayı ACI 318-08'deki

tasarım yaklaşımı, kapasite hesabıyla tasarım kesme kuvvetlerini, dolayısıyla kesme donatısı miktarını arttırmak yönünde değil, perdelerde depremden dolayı oluşabilecek kesme gerilmelerini belirli değerlerin altında tutacak şekilde perde boyutlarının belirlenmesini (Denklem 2 ve 3) sağlamaktır.

5. SONUÇLAR - ÖNERİLER

Bu çalışmayla Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'in perde tasarım yaklaşımı farklı yönetmelik ve çalışmalarla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'de çeşitli eksikliklerin ve sorunlu noktaların olduğu görülmüştür. Yönetmeliğin bulunduğu noktadan daha ileri götürülmesi ve geliştirilmesi için aşağıda belirtilen konularda düzenlemelerin yapılmasında fayda vardır.

1) Öncelikle DBYBHY-07'de ACI 318-08 ve EC2'de tanımlanan ve deprem tehlikesi düşük bölgelerde kullanılmasına izin verilen, sıradan perde olarak adlandırabileceğimiz bir perde tipi tanımlanmamıştır. Yazarların düşüncesi üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde kullanılacak yeni bir perde tipi tanımlanmasının gerektiği yönündedir. Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde kullanılmasına izin verilmemesi gereken bu tip perdelerde perde uç bölgesi oluşturma zorunluluğu kaldırılmalıdır. Ayrıca tasarım sırasında yapısal çözümlenmeden elde edilen değerler herhangi bir arttırma yapılmadan kullanılmalıdır. Perdelerde betonun kesme kapasitesine katkısı hesaplanırken eksenel yükün etkisini göz ardı etmeyen ve eğilmeden kaynaklanan çatlakları yaratacak kesme kuvvetini de göz önünde bulunduran denklemler de yönetmeliğe girmelidir. Bu sayede depremin daha az tehlike yarattığı bölgelerde, özellikle rüzgar etkilerinin deprem etkilerinden daha kritik olduğu durumlarda veya tünel kalıp sistemleriyle inşaa edilen binalarda tasarım çok daha ekonomik bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

2) Süneklik düzeyi yüksek perde tasarımında ise tam anlamıyla bir kapasite tasarımı yaklaşımının izlenmediği görülmüştür. Özellikle aşağıda özetlenen konularda bir güncellemeye gidilmesi gerekmektedir:

- Süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme tasarımında Denklem 6'yla anlatılan yaklaşımda çeşitli sorunlar vardır. Denklem 6 perde taban moment kapasitesini kullanarak bir büyütme katsayısı hesaplatmakta ve tüm perde boyunca çözümlenmeden elde edilen kesme kuvvetlerini bu büyütme katsayısıyla çarpıtılarak aynı oranda arttırmaktadır. Oysa ki, özellikle karma sistemli binalarda, bu yaklaşımla hesaplanan kesme kuvvetleri, deprem sırasında perde üzerinde oluşabilecek kesme kuvvetlerinden çok daha düşük olabilmektedir. Bu sebepten dolayı aynı moment hesabında olduğu gibi bir kesme zarf eğrisi tanımlanarak perde üst bölgelerindeki kesme tasarım kuvvetleri kapasite tasarım ilkelerine uygun bir şekilde hesaplanmalıdır.
- Denklem 6'yla ilgili diğer bir sorun ise dinamik büyütme katsayısıyla ilgilidir. Farklı taşıyıcı sistemler için farklı büyütme katsayısı kullanımı sistem davranışını doğru anlatamamaktadır. Dolayısıyla β_v olarak adlandırılan dinamik büyütme katsayısı her türlü taşıyıcı sistem için aynı olmalı, hangi değer kullanılacağı ve bu değer neye göre değişeceği tekrar sorgulanmalıdır.

- Perde uç bölgelerine konması zorunlu tutulan minimum boyuna donatı oranı perdelerin taşıma gücü momentini yapay olarak arttırmakta, böylece eğilme artım katsayısını, dolayısıyla tasarım kesme kuvvetini de arttırmaktadır. Bu bölgelerdeki minimum boyuna donatı miktarının gerekliliğinin yeniden gözden geçirilmesinde büyük fayda vardır. Ayrıca kritik yükseklikten sonra perde uç bölgesi oluşturulmasının gerekliliği tekrar incelenmelidir.
- Perdeler için önerilen $M_{pt} = 1.25M_{rt}$ ilişkisi hem ciddi bir kavram karmaşası hem de Denklem 6'nın türetiliş mantığına aykırı bir durum yaratmaktadır. Bu durumu önlemek için bu ilişki tekrar $M_{pt} = 1.4M_{rt}$ olarak değiştirilmelidir.

3) Yazarların görüşüne göre, tüm perdeli yanal yük taşıyıcı sisteme sahip binalarda, binalardaki perde-bina alanı oranını ve binanın tasarlandığı bölgede meydana gelebilecek depremlerin yaratabileceği kat ötelenmelerini göz önünde bulundurmadan bütün perdelerde kapasite tasarımı uygulamasına gidilmesi deprem tehlikesine karşı ucuz ve hızlı toplu konut inşaatına ihtiyacı olan ülkeler için ciddi bir maliyet artışına neden olmakta ve perdeli sistem tasarımını teşvik etmemektedir. Bu bağlamda perde tasarımı sırasında, perdeli yapılarda meydana gelebilecek yer değiştirmelerin veya kat ötelenmelerin büyüklüklerini, perdelerde oluşabilecek kesme gerilmelerini göz önüne bulunduran, perde tasarım kuvvetlerini ve donatı detaylandırmasını yer değiştirme veya birim kısalma istemlerine göre hesaplanan tasarım yöntemlerine geçilmesi çok daha ekonomik ve güvenli tasarımların gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

Bütün bunların yanı sıra, bir binada perdelerin varlığı, perdenin hangi yaklaşımla tasarlandığından bağımsız olarak, o binanın bir deprem sırasında yıkılmamasını sağlayan en önemli etmenlerden biri olduğu, geçmiş depremlerin bize öğrettiği önemli derslerden bir tanesidir. Yazarların görüşüne göre deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliklerin yapılarda perde kullanımını özendirilmesi hatta tasarım sırasında perde kullanımına yönlendirmesi gerekir. Oysa ki DBYBHY-07'nin şu anki hali perde tasarım kuvvetlerini ve gerek duyulan donatı miktarını eskiye nazaran bir hayli arttırmakta, bir anlamda mühendisleri perde kullanımından uzaklaştırmaktadır. Bu durumun büyük bir kısmı deprem tehlikesi altında olan ülkemiz için uygun bir seçenek olmadığını da önemle vurgulamak isteriz.

Son bir not olarak yönetmeliklerde kullanılan önemli denklemlerin ve kuralların hangi araştırmaya dayandırıldığı, yönetmeliğe bir kaynak listesi eklenerek verilmesi, yönetmeliği kullanarak tasarım yapan mühendislerin yönetmeliği ezberlemek yerine özümsemesini, kullandıkları denklemlerin nasıl çıkarıldıklarının hangi varsayımlara ve deneysel sonuçlara dayandığını anlamalarını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, 2007
- [2] Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318-08, American Concrete Institute, 2008

- [3] Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE7-05, American Society of Civil Engineers, 2005
- [4] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, 2000
- [5] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, European Committee for Standardization, 2003
- [6] Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings for buildings, European Committee for Standardization, 2003
- [7] ETABS, Extended 3D Analysis of Building Systems, v9.1.6, Computers and Structures, Inc.
- [8] Paulay T., Priestley M.J.N., Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1992
- [9] Paulay T., The Design of Ductile Reinforced Concrete Structural Walls for Earthquake Resistance, Earthquake Spectra, Vol. 2, No. 4, 783-823, 1986
- [10] Paulay T., Seismic Response of Structural Walls: Recent Developments, Can. J. Civ. Eng, 28: 922-937., 2001
- [11] Wallace J. W., Evaluation of UBC-94 Provisions for Seismic Design of RC Structural Walls, Earthquake Spectra, Earthquake Spectra, Vol. 12, No. 2, 327-348, 1996
- [12] Wallace J. W. and Orakcal K., ACI 318-99 Provisions for Seismic Design of Structural Walls, ACI Structural Journal, V.99, N.4, 499-508, 2002
- [13] Rutenberg A. and Nsieri E., The Seismic Shear Demand in Ductile Cantilever Wall Systems and the EC8 Provisions, Bulletin of Earthquake Engineering,4:1-21, 2006
- [14] Private Communication with Luis E. Garcia, President of American Concrete Institute
- [15] M. C. Salas, Modeling of Tall Reinforced Concrete Wall Buildings, Yüksek Lisans Tezi, UCLA, 2008
- [16] Thomsen J.H., Wallace J. W., Displacement-Based Design of Slender Reinforced Concrete Structural Walls – Experimental Behavior, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 4, 618-630, 2004
- [17] Luis E. Garcia, "Design of Reinforced Concrete Structural Walls" <http://web.ce.metu.edu.tr/acisunum/Wall-Design-2009.pdf> , ODTÜ, Ankara, 2009