

GÜÇLENDİRME PERDELERİNDE BOŞLUKLARIN KAPASİTEYE OLAN ETKİSİ

K. Pençereci¹, S. Yıldırım¹, Y.İ. Tonguç¹

¹ İnş. Yük. Müh., Promer Müh. Müh. Ltd. Şti., Ankara
Email: info@promerengineering.com.tr

ÖZET:

Bu çalışma zaman zaman güçlendirme çalışmalarında gündeme gelen Güçlendirme Perdelerinde mevcut fonksiyonu bozmamak amaçlı açılan boşlukların perde kapasitesine ve yapı davranışına etkisi üzerine bir araştırmayı kapsamaktadır. Çalışmada dikkat çekilmek istenen konu, Güçlendirme projelerinde perde boşluklarının genel bir alışkanlık ile veya kullanılan programların kısıtlamaları sebebiyle boşluklu olarak modellenmedikleri ancak uygulamada boşluklar açılabilirdiği görülmektedir. Bir kısım uygulamada da bu boşlukların etkisinin önemsiz olacağı düşünüldüğünden boşluksuz modellendiği görülmektedir. Sıkça rastlanan bu durumun perdelerin kapasitesine etkisini ve perde etkilerinin boşluklu durumdaki yapı içindeki dağılımlarının değişimini gözlemlemek amaçlı bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla Tipik bir okul yapısı modelinde farklı boşluk durumları Sap 2000 analiz programında çalışılmıştır. Her bir boşluk durumunda sistemdeki tüm perdeler için elde edilen veriler tablolştırılmış ve bunlar karşılaştırılmıştır. Bu yöntem ile boşluk oranlarının boşluklu perdenin kapasitesine olan etkileri ve aynı zamanda sistemdeki boşluk olmayan veya boşluk oranı değiştirilmeyen perdelerdeki etkilerinin değişimi gözlenmiş ve tablolanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Güçlendirme, takviye perdesi, takviye perdesinde boşluk açılması.

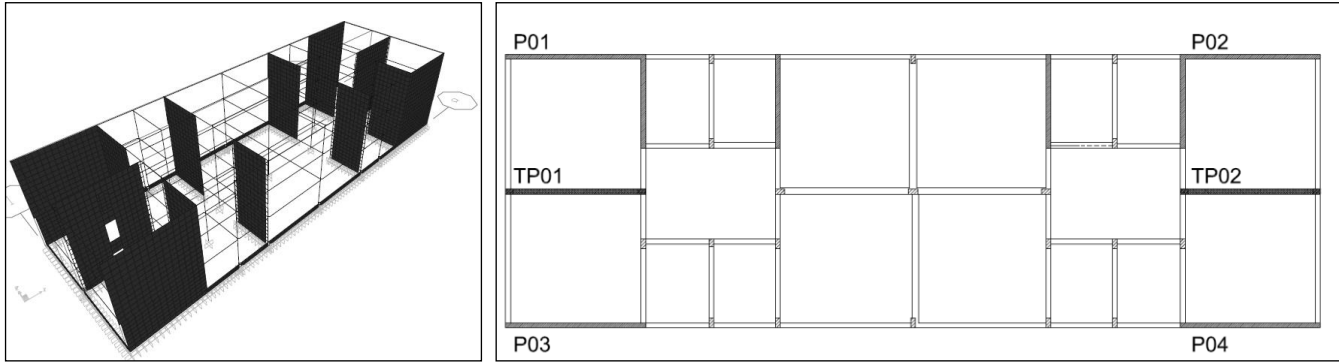
1. GİRİŞ

Mevcut yapıların güçlendirilmesi çalışmalarında mevcut sisteme yeni betonarme perdelerin eklenmesi en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Türkiye’de yoğunluklu olarak 1970’lerden itibaren artan ve 1999 Marmara Depremi ardından gittikçe sıklaşan mevcut yapıların perde duvarlar eklenerek güçlendirilmesi yöntemi, ülkenin her bölgesinde uygulanmıştır. Mevcut yapıların performanslarının belirlenmesinde ve güçlendirme çalışmalarının TDY-2007 şartnamesine göre yapılması amacıyla yapılan hesaplarda, binanın matematik modeli çeşitli bilgisayar yazılımları ile yapılmaktadır. Bu çalışmalarda zaman zaman mimari gereksinimlerin sonradan belirlenmesi sebebiyle perde boşluklarının göz ardı edildiği ve analiz çalışmalarına gerek duyulmadan yerinde uygulandığı görülebilmektedir. Bu uygulamaya gerekçe olarak da açılan boşlukların perde rijitliğini azaltması sonucu alınan etkinin de azalacağı anafikri görülmektedir. Bu çalışmada boşlukların göz ardı edilerek modellenmemesinin yeni ve mevcut perdelerde depremden kaynaklanan kesme kuvvetinin dağılımına ve eklenen güçlendirme perdelerindeki boşluk konfigürasyonu ve miktarının perdenin kesme kapasitesine olan etkisi incelenmiştir. İlave olarak, boşluk açılan perdenin etki ve kapasitesindeki değişimlerin yapıdaki diğer perdelerde oluşturduğu etki farklılaşması araştırılmıştır.

1. METODOLOJİ

1.1. Bina Bilgileri

Çalışmada güçlendirme çalışmalarının sıklıkla uygulandığı bir okul tipi bina ele alınmıştır. İncelenen bina 3 katlı olup mevcut taşıyıcı sistemi betonarme perdeler ve moment taşıyan betonarme karkas çerçeve sistemidir. Bina x ve y doğrultusunda simetriktr. Binanın matematik modeli SAP2000 yazılımı ile oluşturulmuştur. (Şekil 1.) Perde elemanları, kabuk elemanlar ile kolon ve kirişler çubuk elemanlarla modellenmiş, temelde ankastre kabulü yapılmıştır. 3 normal kata sahip yapının her katında rijit diyaframlar tanımlanmıştır. Yapı X doğrultusunda incelendiğinden bu yöndeki perdelerdeki etkiler dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Matematik Model 3 Boyutlu görünümü ve tipik kalıp planı

Yapıya X doğrultusunda iki adet güçlendirme perdesi eklenmiştir.(TP01-TP02). Eklenen yeni perdeler C25 sınıf beton kalitesinde modellenmiştir. (Elastisite modülü, $E = 30000 \text{ Mpa}$). Mevcut betonarme elemanlar C10 beton kalitesine sahiptir. (Elastisite modülü, $E = 25000 \text{ Mpa}$). Yapı deprem bölgesi 1 ve Z1 zemin sınıfı için modellenmiştir.

Perdelerin kesme kuvveti kapasitesi V_r Türk Deprem Yönetmeliği'nde;

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \quad (1)$$

ile ifade edilmektedir. Boşluklu perdenin kesme kapasitesi ise her bir perde parçasının kesme kapasitesinin toplamı olarak verilmektedir. Dolayısı ile kapasite doğrudan doğruya perde kesit alanı ile orantılı olmaktadır. Bu sebeple perde kalınlığı sabit kalmak şartıyla yönetmeliğimizde boşluklu perdenin kesme kapasitesi boşluğunun plan uzunluğu ile doğru orantılı olarak azalmaktadır.

Boşluklu perdelerin kesme kapasitelerinin hesabı için Japon AIJ (2010) yönetmeliği bir azaltma katsayısı öngörmektedir. Buna göre kesme kapasitesi, boşluksuz perdenin kesme kapasitesinin, azaltma katsayısı r_u ile çarpılması ile elde edilmektedir.

$$V_r = r_u * Q_s \quad (2)$$

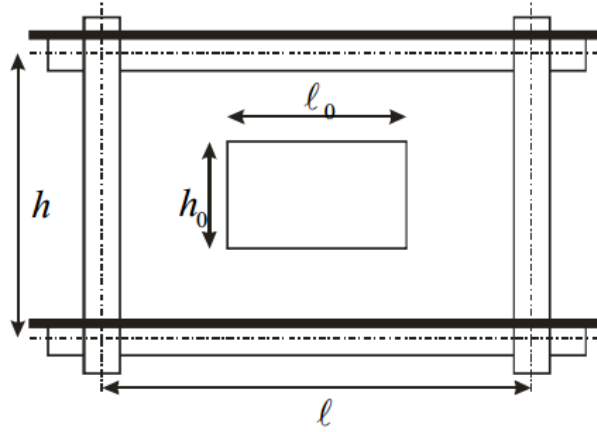
$$r_u = 1 - \eta \quad (3)$$

olarak verilmektedir.

Burada:

$$\eta = \max \left\{ \sqrt{\frac{h_0 \cdot l_0}{h \cdot l}}, \frac{l_0}{l} \right\} \quad (4)$$

Denklem 4’te h_0 ve l_0 sırasıyla perdedeki boşluğun uzunluk ve yüksekliği, h ve l ise perdenin toplam uzunluğu ve yüksekliğini ifade etmektedir. Bu notasyonların grafiksel olarak gösterimi Şekil 2’de görülebilir.



Şekil 2. Perde boşluk parametreleri

2. ANALİZ SONUÇLARI

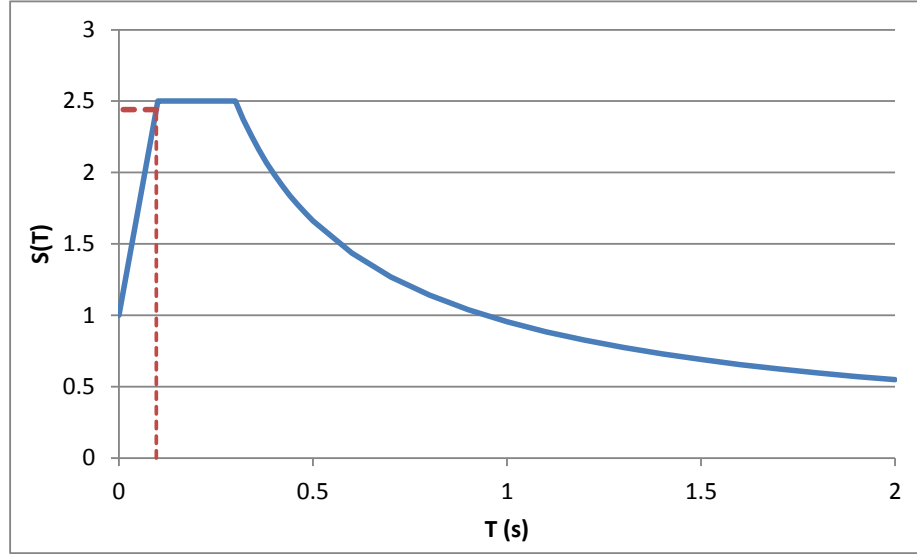
Oluşturulan bilgisayar modelleri (altı adet) çözülmüş ve sonuçlar tablolandırılmıştır. Bina’nın taşıyıcı sistemi rijit betonarme perdelerle sahip olduğundan örnekteki perde oranlarına sahip ve tek bir perdesi boşluklu modelde periyot değişimi az da olsa hesaplanan deprem yükünü değiştirmektedir. Bu durum yapıdaki perde oranları ve perdelerdeki boşluk oranlarına bağlı olarak farklı oranlarda olacaktır. Yeni eklenen perdelerden biri olan TP101’e farklı tipte boşluklar açılmış ve perdelerdeki kesme kuvvetinin analiz sonucunda dağılımı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1:Perdelere etkiyen kesme kuvvetlerinin değişimi

							Boşluksuz duruma oranla % Değişim				
	Boşluksuz durumda	100x100	100x190	200x190	250x190	300x190	100x100	100x190	200x190	250x190	300x190
P101	277	284	290	300	305	310	2.41	4.45	7.61	9.22	10.80
P102	277	284	290	299	305	310	2.39	4.41	7.55	9.14	10.71
P103	296	302	309	319	324	330	2.30	4.27	7.32	8.88	10.40
P104	296	302	309	319	324	330	2.29	4.24	7.27	8.81	10.32
TP101(Boşluklu)	471	430	394	335	304	271	-9.53	-19.54	-40.60	-55.18	-73.57
TP102	471	483	493	509	518	527	2.34	4.33	7.41	8.97	10.51
Toplam	2087	2085	2083	2081	2081	2081					

Şekil 3’de görülen TDY 2007 yönetmeliğimizden alınan 1. Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfı için standart spectrum eğrimizdir. Takviye perdesi ile yapılan güçlendirmelerde genelde yapı periyodu T_a ’nın altına

düşmektedir. Standart spectrum kullandığımızda bu durum rijit yapılar için linear bölüme denk gelmekte ve daha düşük deprem yükleri ile tasarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Tablo 2 de görülen boşluk oranları büyümesi ile orantılı olarak periyot büyümekte ve spectrumda platoya yaklaşılmaktadır. Modelde tanımlamadığımız boşluklar gerçekten daha düşük deprem kuvveti ile tasarım yapmamıza zemin hazırlamak gibi bir sonuca götürebilmektedir.



Şekil 3. Analiz deprem spektrumu

Tablo 2. Kesme etkisinin farklı boşluk oranları ile karşılaştırılması

Boşluk Boyutları	Bina periyot T (sn)	Etki kN	Durum 1 $\frac{h_0 l_0}{hl}$	Durum 2 $\sqrt{\frac{h_0 l_0}{hl}}$	Durum 3 $\frac{l_0}{l}$	Etki %	$\frac{h_0 l_0}{hl}$	$\sqrt{\frac{h_0 l_0}{hl}}$	$\frac{l_0}{l}$
Boşluksuz durum	0.094	471	0%	0	0	100	100	100	100
100x100	0.095	430	5%	0.21	0.14	91	95	79	86
100x190	0.096	394	8%	0.29	0.14	84	92	71	86
200x190	0.097	335	16%	0.41	0.27	71	84	59	73
250x190	0.0987	304	21%	0.46	0.34	64	79	54	66
300x190	0.099	271	26%	0.51	0.41	58	74	49	59

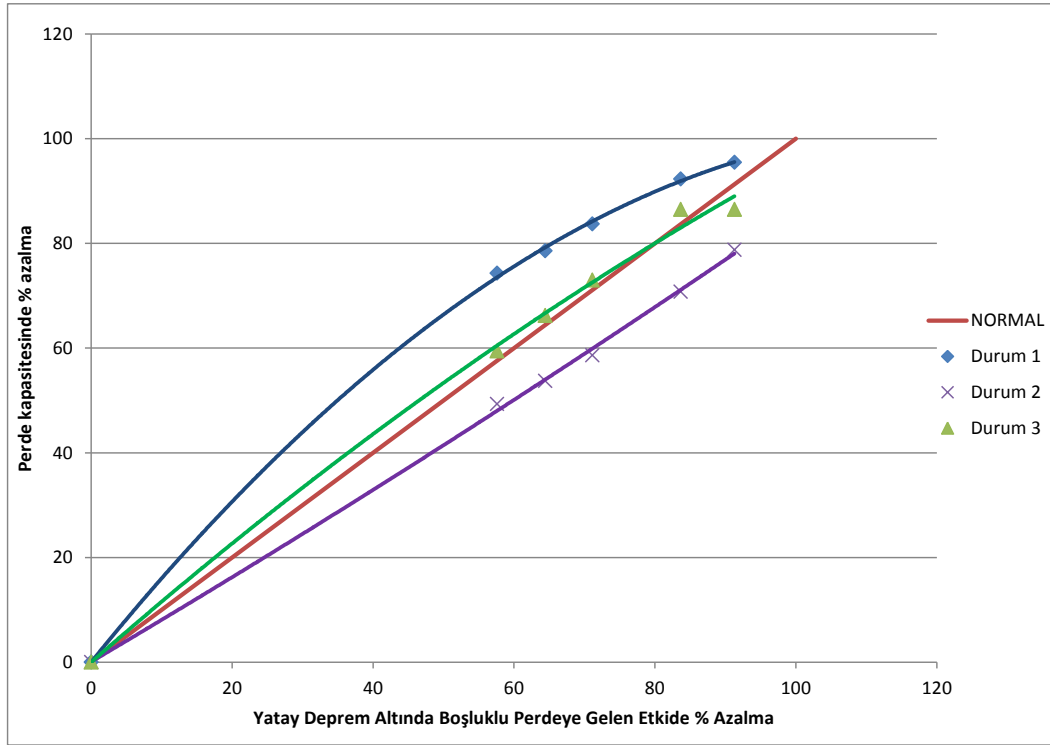
Aşağıda sunulan grafiklerde, $\frac{h_0 l_0}{hl}$ Durum 2 ve oranı $\sqrt{\frac{h_0 l_0}{hl}}$ 1(başluk oranı), $\frac{l_0}{l}$ oranı Durum 3 (boy oranı)

olarak adlandırılmıştır.

Şekil 4'te boşluklu perdenin boşluksuz duruma kıyasla diğer farklı katsayı durumlarına göre hesaplanan kapasitesindeki azalma görülmektedir. Aynı grafikte kırmızı çizgi analiz sonuçlarından elde edilen kapasite azalması ifade edilmiştir. Burada Durum 2 ile ifade edilen AIJ 2010'un öngördüğü kapasite azaltma katsayısının tam ifade etmemekle birlikte diğer azaltma katsayılarına göre analiz verilerine daha yakın olduğu dikkat çekmektedir.



5



Şekil 6. Perde kapasitesi ve etkisinin farklı boşluk oranı değerlerine göre kıyaslanması

3. SONUÇLAR

Tipik bir okul tipi betonarme binada yapılan güçlendirme projesi kapsamında eklenen yeni güçlendirme perdelerinde açılacak boşlukların diğer perdelerdeki kesme kuvvetinin dağılımına etkisi incelenmiştir. Bununla birlikte;

Açılan boşluklar nedeniyle deprem etkisinden kaynaklanan kesme kuvveti, geri kalan perdelerde rijit diyafram etkisi ile aynı oranda etki artışına sebep olmaktadır. (Tablo 1). Açılan boşluklar nedeniyle, kesme kapasitesinde görülen düşüş hem yeni eklenen hem de mevcut bulunan perde elemanları tarafından karşılanacaktır. Bu durum yetersiz etki ile yeni perde tasarlanması ve diğer mevcut perdelerin yetersiz etki ile değerlendirilmesine sebep olabilir.

Diğer bir etki, açılan boşlukların yapının periyodunu büyütmesi ve spectrumun lineer yükselen bölümünde olan güçlendirilmiş yapının deprem etkisinin artmasıdır. Bu nedenle güçlendirme çalışmalarında, gerek ilk tasarım gerek final tasarım aşamasında perdelerde boşluklar açılacağı öngörülerek tasarım buna göre şekillendirilmeli ve yapı boşluklu perdeli haliyle analiz edilmelidir.

Deprem yönetmeliğimizde boşluklardan dolayı kesme kapasitesindeki azalma, boşluğun plandaki alanı ile doğru orantılıdır. Japon Deprem yönetmeliği (JICA)'da bu kapasitenin hesaplanmasında farklı bir katsayı uygulamaktadır. Bu katsayı boşluğun hacimsel oranını bir kriter olarak almakta ve yapılan deneysel çalışmalarla uyum sağlamaktadır. Hesaplarda dikkate almak üzere Türk Deprem Yönetmeliğinde de benzer bir katsayısının kullanılması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Balkaya, C., Kalkan, E.. (2004). Three-Dimensional Effects on Openings of Laterally Loaded Pierced Shear Walls, Journal of Structural Engineering ASCE 1608-1614



“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara Mart 2007

Gaynor P., (1988). The Effect of Openings on the Cyclic Behavior of Reinforced Concrete Infilled Shear Walls, Yüksek Lisans Tezi, The University of Texas at Austin

Taleb R., (2011), Shear Behavior Of Multi-Story Reinforced Concrete Walls With Openings, Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, vol. 45, pp. 55-60

Warashina M. et al., (2008), A Macro Model For Reinforced Concrete Structural Walls Having Various Opening Ratios, The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China

Warashina M. et al., (2008), Shear Behavior Of multi-Story Rc Structural walls with Eccentric Openings, The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China