

DEPREM PERDELERİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPILAR VE TEMELLERİ

STRUCTURES STRENGTHENED BY SHEAR WALLS AND THEIR FOUNDATIONS

Faruk Karadoğan¹, Remzi Ülker¹, Hasan Boduroğlu¹,
Ercan Yüksel²

SUMMARY

One of the most popular way of strengthening the damaged building is stiffening the structure by means of shear walls when theoretically this is proper. This cost effective procedure can be modified reconsidering the following aspects: i- The extensive amount of seismic shear forces attracted by the newly added shear walls cause difficulties not only in the design of foundations but in the construction also, ii- The transfer of inertia forces from slabs to the shear walls may not be so easy especially if the shear walls are not placed in the plane of adjacent columns and/or without having appropriate connections to these columns, iii- The effective usage of existing reinforcements in the integrated elements, internal force distributions, inelastic strain accumulations etc. should be investigated in detail, iv - Combined mat foundations designed in connection with the existing foundation system should be used to utilize effectively the dead weight of the structure and the torsional rigidity of the integrated footings.

ÖZET

Depremde hasar görmüş yapıların yeni deprem perdeleri eklenerek daha büyük deprem yükleri taşıyabilir duruma getirilmesi, yapının güçlendirilmesi için seçilen yollardan biridir. Temelin deprem sırasındaki hareketiyle ortaya çıkan eylemsizlik kuvvetlerinin bu elemanlara aktarılışı, bu elemanların yapı davranışında oluşturacağı değişiklikler dikkatle izlenmek zorundadır. Eklenen perdelerle toplanacak olası deprem kuvvetlerinin zemine aktarılması sırasında mevcut temellerin taşıma kapasitelerinden yararlanmak ve birleşik temellere yönelmek uygun olmaktadır. Bu tür temellerin gerçek davranışını tanımlayabilmek için de zeminin çekme alamama özelliğinin hesaplara yansıtılması, özellikle normal kuvvetin az olduğu durumlarda önem kazanmaktadır. Böyle bir hesabın basitleştirilmesine gerek duyulmaktadır.

1 Prof.Dr. İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul
2 Araş.Gör.İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

GİRİŞ

Mevcut yapıların depreme karşı güvenlikleri değişik düzeylerde ve bu düzey çeşitli nedenlerle zaman içinde azalabilmektedir. Deprem güvenliğini azaltıcı nedenlerden biri, bitiminden sonra yapıya etkiyen tüm depremlerin ortaya çıkardığı kalıcı şekil değiştirmelerin birikmesidir. Kalıcı şekil değiştirmeler yardımıyla yapı, elastik olarak boyutlandırılması sırasında gözönüne alınan deprem yüklerinin çok üstünde deprem yüklerine dayanabilecektir. Yeter güvenlikte ekonomik olacak bir yapı boyutlandırılması için esas olan bu durumu yakalamak üzere, kalıcı şekil değiştirmelerin önlenmesi değil yapı bütününde tasarlanan biçimde yayılması amaçlanır. Yapıdaki kalıcı şekil değiştirmelerin artmış olması ya da depremde artma olasılığının bulunması yapının mevcut deprem güvenliğinin saptanması ve gerekiyorsa güçlendirilmesini gerektirir. Güçlendirme yapının daha büyük ölçüde yatay yük taşıyabilir hale getirilmesi ile sağlanabileceği gibi taşıyıcılığını yitirmeden daha çok sünebilmesiyle de sağlanabilir. Veya karma bir yol olmak üzere yapının taşıyabileceği yatay yük düzeyi bir ölçüde artırılırken, sünekliliğin artmasına yönelik bir dizi önlem de birlikte alınabilir [1]. Yapısal olan bu önlemlerin yapıya bağımlı olarak saptanması önemli bir deneyimi de gerektirmektedir. Çünkü yapının yatay yükler altındaki davranışı alınacak önlemlerle değişecektir. Bu değişimin öngörülen doğrultuda gerçekleşmesi zorunludur. Aksi halde yapının daha önce hasar görmemiş başka bölgelerinin aşırı zorlanması ya da alınan önlemlerin zararlı olması veya etkisiz kalması olasılığı vardır.

Depremde hasar görmüş az katlı betonarme yapıların daha büyük yatay yükleri de taşıyabilecek biçimde güçlendirilmesi amacıyla yapının uygun yerlerinde ve uygun biçimde perdeler oluşturmak yoluna gidilebilmektedir [2]. Yatay rijitliklerindeki büyük farklar nedeniyle deprem yüklerini bu yeni elemanlara çekmek, böylelikle yapının hasar görmüş ya da görme olasılığı yüksek olan bölümlerini gelecekteki deprem etkilerinden belli ölçülerde soyutlamak olanağı doğmaktadır. Eklenen perdeler nedeniyle yatay rijitliği artan yapının küçülen periyodları, özellikle yumuşak zeminlerde alınmış kayıtlara dayanan bazı ivme spektrumlarının incelenmesinden de görüleceği gibi yapıya aktarılabilecek olası deprem yüklerinin de küçülmesinde etkili olabilecektir. Ancak bu önemli, elverişli yönleri yanında yapıya perdeler ilave etmenin getirdiği yeni bazı güçlükler de bulunmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde bu güçlükler çeşitli yönleriyle gözden geçirilmekte, bazı araştırma gereksinimlerine dikkat çekilmekte ve temeller için çeşitli uyarılarda bulunmaktadır.

BAĞIMSIZ DEPREM PERDELERİ KULLANARAK HASAR GÖRMÜŞ YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Güçlendirmenin maliyetini düşürmek amacı ile yapıya eklenecek yeni perdelerin sayısı azaldıkça cektikleri toplam deprem yükleri artmaktadır.

Ancak mevcut yapının kütlesinden kaynaklanan deprem yükleri, yapıya sonradan eklenen bu yeni elemanlara nasıl aktarılmalıdır? Bu elemanlar aldıkları yükleri zemine nasıl taşımalıdır? Yapıya eklenecek ve çerçevelerle birlikte çalışmaya zorlanacak bu yapı elemanlarının üst katlarda etkili olmadıkları bilindiğine göre tüm yapı yüksekliğince sürdürülüp sürdürülmeyeceği, kesidinin azaltılıp azaltılmayacağı düşünülmelidir. Üst katlardaki yatay yük dağılımında alt katlardaki kadar etkili olmayan perdelerin alabildiğinden geriye kalan ve güçlendirme gerekçesiyle artırılmış bulunan yatay yükler etkisindeki mevcut eski elemanların durumu ne olacaktır?

Bu ve benzeri problemlere cevap aranarak boyutlandırma çabaları sürdürülürken ortaya çıkabilen bazı güçlükler ve inceleme konuları aşağıda sıralanmaktadır.

Kısa Kiriş

Yatay yük taşıyıcı elemanları daha çok çerçeve olan yapılara eklenen perdeler mevcut çerçevelerin kolon ve kirişlerinin düzleminde uygun bir yolla oluşturulabileceği gibi imalat kolaylığı yönünden hemen bunların yanında mevcut kirişlere yanlarından deyecek biçimde de oluşturulabilirler [2]. Döşemeleri delerek çıkacak olan bu elemanların kolondan kolona devam etmemeleri durumunda bağlandıkları kirişlerin boyunu kısaltmış olmaları özel haliyle karşı karşıya kalınmaktadır (Şekil 1). Kirişin mevcut davranışını değiştiren bu özel durumda açıklığı kısalan kiriş rijitleşmekte ve perdeye saplanan bir kirişe dönüşmektedir.

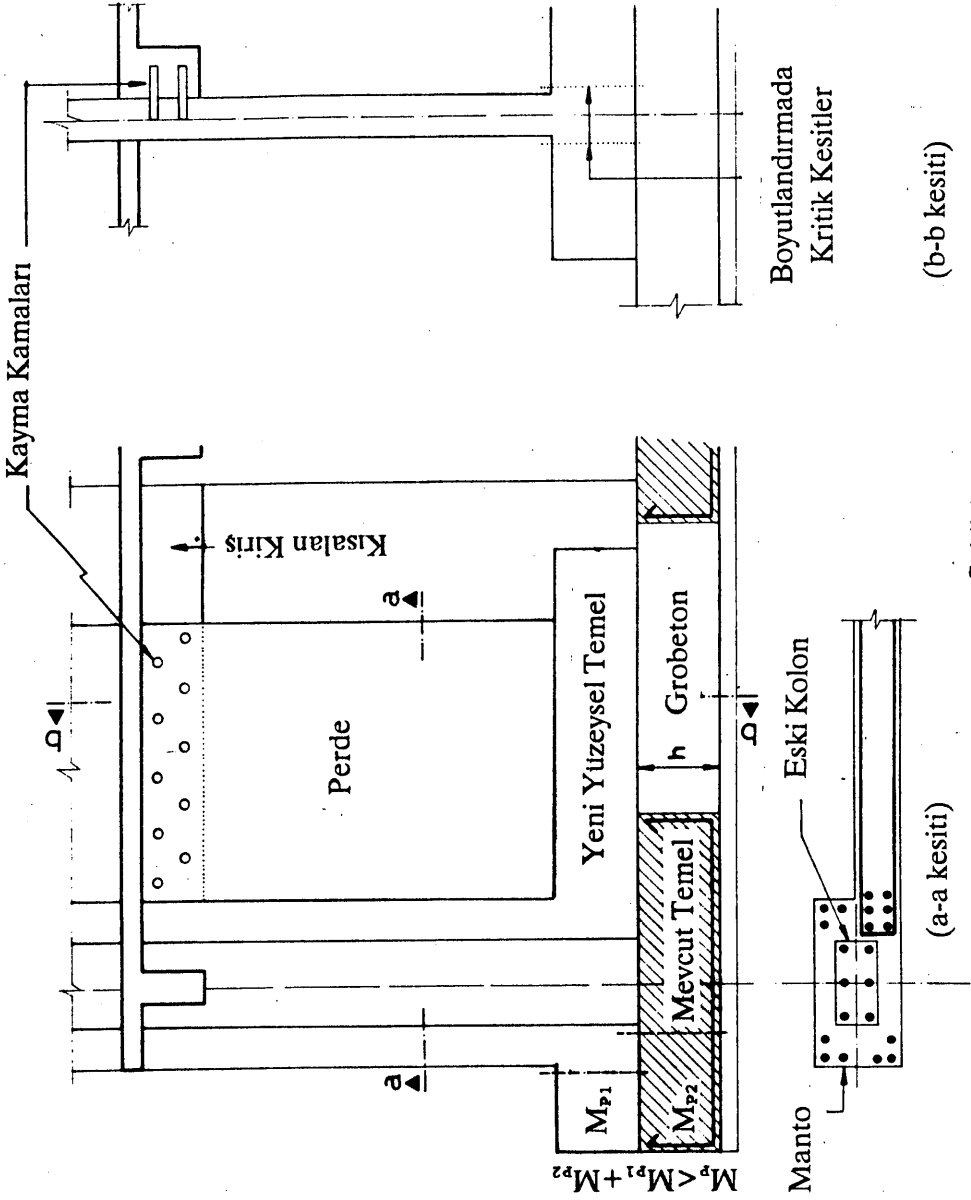
Mevcut Kiriş Yeni Perde Bağlantısı

Çerçeve dışı ek perdelerin mevcut kirişlere bağlanarak ve içinden geçtikleri döşemelere dayanarak mevcut sistemle birlikte çalışır duruma getirilmesi zorunludur. Aksi halde yeni perdenin deprem sırasında eski yapıya katkıda bulunması imkanı kalmayacaktır. Alt katlara indikçe kirişten perdeye aktarılması gereken deprem yükleri artmakta, kullanılan kayma kamalarının sayıları ve çapları büyümekte, etkin olarak kullanımları için gerekli kiriş yüzey alanı artmaktadır (Şekil 1). Bu tür birleşimlerin deprem etkisindeki davranışı deneysel ve teorik çalışmalarla araştırılmalıdır.

Perde Donatıları

Komşu kolonlarla bağlantısı olmayan çerçeve dışı perdelerin uçlarına yerleştirilen esas donatıları özellikle alt katlarda artmakta, kesit içinde önemli bir yer kaplamakta, etkin perde genişliğini azaltmakta ya da kalın perdeler gereksinim doğmaktadır. Kalın perde donatılarının yerleştirilmesinde kat yükseklikleri problemler çıkarmaktadır. Bunların başında döşemelerde açılan deliklerin büyültülme zorunluğu gelmektedir. Esas perde donatıları seçilirken bu nedenle çap önem kazanmaktadır.

Komşu kolonlardan birine yada ikisine bağlanmış bulunan perde durumunda ise mekanik modelin tanımı nasıl yapılmalıdır, buna bağımlı



Şekil 1

olarak mevcut kolon yeni perde bağlantısı nasıl gerçekleştirilmeli ve donatılar hesaplanırken manto ve mevcut kolon donatılarından nasıl yararlanılmalıdır (Şekil 1)?

Temeller

Zeminin mekanik karakteristikleri olan güvenlik gerilmeleri ve yatak katsayıları küçülüp, ekonomik endişelerle yapıya eklenmekte olan perde sayısının az tutulması nedeniyle de bu elemanlara gelen deprem etkileri arttıkça, perde temellerini yeter güvenlikle ve bina içinde kalacak biçimde oluşturmak güçleşmektedir. Mevcut temellerin eklenen yeni perdelerce çekilen iç kuvvetleri karşılayarak zemine aktarması beklenemez. Mevsim koşulları, hızlı ve kolay inşaat yapma ve benzeri yönlerden önemli olan yukarıdaki hususlar perde temellerini ayrı ayrı yapmak yerine bunları uygun biçimlerde bir araya getirmeyi zorunlu kılmaktadır.

Ek perde temellerinin mevcut temeller arasına sığdırılması mümkün olmadığı gibi, oluşturulan kollarla mevcut temelin altına inilmesi [2] ve bu kolların donatılması, eski temelle üzerine yapılacak yenisinin birlikte çalıştırılmasının epoxy türü yapıştırıcılar ya da kesme kuvveti alacak kimyasal yapıştırıcı ankraj elemanları ile sağlanmasının pek çok uygulama gücüğü bulunmakta ve ortak temel davranışını çoğunlukla mevcut temel donatıları kontrol etmektedir. Başka türlü söylemek gerekirse birleşik temelin kapasitesini arttırmak her zaman mümkün olamamaktadır. Böyle inşa edilen birleşik temelin çalışmasını tanımlamak ta çoğu kez zor olmaktadır.

Kolondan kolona devam etmeyen yeni perdelerin oturduğu temellerde, perdelerin temele kazandırdığı sonsuz eğilme rijitliğinin bittiği kesitlerde temeli ekonomik donatmak mümkün olmamakta oysa perdenin kolondan kolona devam etmesi durumunda temel hesabı basit bir ampatman konsolu hesabına dönüşmekte ve sistem davranışı belirginlik kazanmaktadır.

Yan yana gelen bu tür temellerin birleştirilerek boyutlandırılması ortak temele gelen toplam eksenel yükü arttırması ve birbirine dik temel parçalarındaki burulma rijitliğinden yararlanarak daha elverişli sonuçlara ulaşılması yönlerinden önem kazanmaktadır. Aşağıda böyle bir karşılaştırmalı örneğe yer verilmekte, mekanik modelini elastik zemine oturan ızgara çubuk elemanların oluşturduğu temelin hesabında zeminin çekme almaması gözönünde tutulmakta, bu amaçla daha önce geliştirilmiş bulunan bir algoritmadan yararlanılmaktadır [3].

GÜÇLENDİRME PERDELERİ İÇİN BİRLEŞİK TEMELLER VE BAZI ÖZELLİKLERİ

Güçlendirme perdelerinin ve çok yakınındaki mevcut kolonların ortak temellerinin zemin zayıfladıkça birbirine yaklaşma olasılığı artar. Bunları ortak bir radyede ele almak düşünülebilirse de yine ekonomik olma endişesi ile radyenin etkili olmayan bölümlerini temelden uzaklaştırmak suretiyle U,L,T tipi birleşik temellere yönelmek yerinde olmaktadır. Bu tür temellerin de bazı bölümleri,

bölümlerin tanımlanması ve temelden uzaklaştırılması ya da oradaki malzemenin daha etkili bölgelere kaydırılması, bazı kısıtlamaları bulunan bu problemde optimum çözüme ulaşılmasının ön koşulu olmaktadır.

Aynı yükseklikte ve mevcut temellerin üstünde inşa edilmesi öngörülen birleşik temelin altındaki gerilmeleri bölgedeki zemin gerilmelerinin üstünde tutmak olanağı vardır. Özellikle mevcut temel araları grobetonla doldurulup düzeltilir ve birleşik temel bu yüzey üzerinde oluşturulursa zemin emniyet gerilmesinde artışa gitmek yada eşdeğer olarak etkili taban alanını arttırmak mümkün olacaktır.

Mevcut temelin üstünde eşit kalınlıklı olarak inşa edilecek böyle bir temelin kalınlığını azaltmak amacıyla gerilmelerin ya da iç kuvvetlerin en büyük olacağı uç kesitlerde moment ve kesme kuvveti için gerekli toplam taşıma kapasitesini, mevcut temelin kapasitesi kadar azalttıktan sonra geriye kalanla çalışmak ekonomik çözümler açısından çok önemlidir (Şekil 1).

Yukarıda söylenenleri örneklemek üzere (Şekil 2) ve (Tablo 1) de yükleri tanımlanan ayrıık temeller bir araya getirilerek (Şekil 3) deki örnek oluşturulmuş ve çalışmalar bunun üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Elastik zemine oturan ızgaraya dönüştürülmesinden sonra [4] bu sistem iki yön ve üç doğrultudaki deprem yüklemesi için, zeminin çekme almaması özelliği göz önünde tutularak ardışık yaklaşımlarla çözülmüştür [3]. Zeminden ayrılma çizgileri aynı şekil üzerinde yükleme numaraları ile gösterilmiştir. Bu üç yükleme sırasında elde edilen en büyük zemin gerilmeleri, (Şekil 3)de işaretlenen dış köşe noktalarının olması ve olmaması durumlarına göre (Tablo 2)de gösterilmiştir. (Şekil 3) deki sistemin (Şekil 2)deki gibi üç parçalı olması durumunda, 2 nolu deprem yüklemesi için, benzer işlemler yapılmış ve zeminden ayrılma çizgisi elde edilerek (Şekil 3) üzerinde Romen rakamıyla gösterilmiştir. Bu yükleme sırasında elde edilen en büyük zemin gerilmesi 57.0 t/m^2 olmuştur.

Birleşik U temelin bazı dış köşe bölümlerinin mühendisce bir yaklaşımla çıkarılıp iç köşelere ve kolların genişletilmesine ayrılması böylelikle aynı malzeme ile daha da düşük zemin gerilmelerine ulaşılması mümkün görülmektedir.

Bu örnek, bir araya getirilen yakın temellerin ortak davranışında, eksenel yükün ve elastik zemine oturan çubuklardaki burulma rijitliklerinin olumlu etkilerini göstermektedir.

SONUC

Depremde hasar görmüş ya da görme olasılığı yüksek yapıların deprem perdeleri ile güçlendirilmesi, yeni ve eski elemanların birlikte çalıştırılabilmesi ile yakından ilgilidir. Yapının ve elemanlarının değişen davranışlarının yakından izlenmesi zorunludur.

Perde temellerinin mevcut temellerle birlikte çalıştırılması ve birleşik temellere yönelmesi ekonomi ve güvenlik yönlerinden önemlidir. Temel hesaplarında zeminin çekme alamaması özelliğinin gözönünde tutulması ve kullanılan çözüm yöntemlerinin basitleştirilmesi gereklidir.

TABLO 1

N [ton], M [tonm]

Nokta	Düsey Yükler N	Deprem Yük.#1		Deprem Yük.#3	
		N	My	N	Mx
1	38.40	-2.71	5.12	-8.60	63.31
2	-	0.84	6.36	-1.99	62.88
3	50.96	1.68	6.32	7.81	86.66
4	34.73	-2.00	-	-	-
5	29.28	-	-	-5.22	-
6	34.73	2.00	-	-	-
7	40.76	-5.56	247.42	-1.61	1.06
8	48.44	-	57.65	6.75	0.90
9	40.76	5.56	247.42	-1.94	1.33
10	50.96	-1.68	6.22	9.89	110.74
11	-	-0.84	6.36	-2.56	79.53
12	38.40	2.71	5.12	-10.93	80.12
Top.	407.42	-	587.99	-	486.53

TABLO 2

ZEMİN GERİLMESİ [Ton/m²]

Deprem Yük. No	Köşeler Var	Köşeler Yok
1	14.12	16.11
2	23.18	27.55
3	11.20	24.71

KAYNAKLAR

1. Ohkubo M., Current Japanese System On Seismic Capacity and Retrofit Techniques For Existing Reinforced Concrete Buildings and Post-Earthquake Damage Inspection and Restoration Techniques , University of California San Diego ,Structural System Research Project, Report No SSRP-91/02 May 1991.
2. Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick Masonary Buildings ,Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, UNDP/UNIDO Project Rer/79/105, Volume 5, 1983, Vienna.
3. Yüksel E., Karadoğan F., "Sınır Koşulları Yönünden Lineer Olmayan Sistemlerin Çözümü İçin Bir Algoritma" İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı 3.Sempozyumu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 15-18 Haziran 1992,İstanbul.
4. Çakıroğlu A., Özmen G., Yazar E., Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinesi Programları, İ.T.Ü.Kütüphanesi 1970, İstanbul.