

PERDELİ ÇERÇEVELİ YAPILARDA ZEMİN SINIFI VE KAT ADEDİ DİKKATE ALINARAK GEREKLİ PERDE ORANININ TESPİTİ

Hümeyra ŞAHİN* , Kürşat Esat ALYAMAÇ , Ali Sayıl ERDOĞAN

Özet

Bu çalışmada, perdeli- çerçevesel yapılar için gerekli olan perde oranı, Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları dikkate alınarak, virtüel iş teoremi metoduna göre tespit edilmiştir. Bu amaçla 1. ve 2. Deprem bölgesinde I=1.0 olan 7 ve 9 katlı perdeli-çerçevesel yapılar tasarlanmış ve SAP2000 yapı analiz programında analiz edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen görelî kat ötelenmeleri, DBYBHY-2007 'de ki sınır değerler ile karşılaştırılarak perde boylarının yeterliliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma ile projeciler için ön hesaplarda bir perde oranı geliştirmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Perde Oranı, Zemin Sınıfı, Virtüel İş Teoremi

DETERMINATION OF EARTHQUAKE SHEAR WALL RATIO IN SHEAR WALL- FRAME BUILDINGS ACCORDING TO LOCAL SITE CLASSES AND NUMBER OF STORY

Abstract

In this study, it has been determined that ratio of shear wall required for shear wall- frame systems as regards to Z1,Z2 and Z3 local site class by the method of virtuel work theory. Thus 7 and 9 storey reinforced concrete structures have been designed in 1st and 2st earthquake area with I=1.0 building seismic importance factor. These designed structures have been analyzed by SAP 2000 structural analysis program. Story drifts have been determined according to storey displacements calculated from the analysis and compared with interstorey drift capacity specified in DBYBHY-2007 (Specifications for the Buildings to Be Constructed in Earthquake Ares, 2007). The aim of this study is developing an approach a shear wall ratio for designers.

Keywords: Story drift, Local site class, Shear wall ratio.

1. Giriş

Ülkemizde, göç sonucu şehirlerde meydana gelen hızlı nüfus artışı sonucunda mevcut yerleşim sahalarını daha ekonomik şekilde değerlendirmek için çok katlı binalar yapılmaya başlanmıştır. Bunun neticesinde, betonarme binalarda yükseklik arttıkça, taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında rüzgâr ve deprem gibi yatay yüklerin etkisi, düşey yüklere göre daha etkin hale gelmiştir. Özellikle deprem bölgelerinde, kolonlar taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmakta ve yüksekliğe bağlı olarak ikinci mertebeden momentler büyümektedir. Neticede bina yüksekliği boyunca yatay yer değiştirmeler yüksek mertebelerde olabilmektedir. Bu nedenle ikinci mertebe momentlerinin oluşmasına yol açan yatay yer değiştirmeleri sınırlandırmak için, yatay kuvvetlere karşı eğilme rijitlikleri kolonlara

* Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ELAZIĞ
E-posta: humeyrasahin@firat.edu.tr

göre daha fazla olan perdeler tercih edilmeye başlanmıştır ve hatta DBYBHY–2007 ile bazı binalarda kullanılması zorunlu kılınmıştır.

Perdeler yatay yüklerin taşınmasında etkili olarak kullanılırlar. Bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile beraber kullanılabildiği gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemler de vardır. Çerçeve ile beraber olduğu durumlarda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgârdan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin, hem yapının güvenliğini sağlayarak ve hem de yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önleme bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir (Celep, Kumbasar, 2005). Ayrıca perdeler depremden hasar gören yapıların onarımı için en uygun ve ucuz bir yapı elemanıdır.

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda meydana gelen şiddetli depremlerin ardından binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda, perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçevesel sistemlere oranla çok daha iyi olduğu ve daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir (Öztürk, 2005).

Yapıda kullanılacak perde boylarının belirlenmesi ve bunların planda uygun yerleşimi perdeden beklenen performansın gerçekleştirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak ön projelendirme safhasında, projeci için büyük bir önem arz eden gerekli perde oranları ile ilgili olarak, yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY)-2007 'de yeterli bilgi mevcut değildir. Bu konuda, Erzincan Depremi sonrası yayımlanan mühendislik raporu (Ersoy, 1992) , 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yapılacak 2–12 kat arasındaki konut ve işyerleri için, planda her bir deprem doğrultusundaki toplam perde alanlarının, kat alanının % 1.5'i oranında teşkil edilmesini uygun gören bir yaklaşım getirmektedir. E. Atımtay ise bu oranı kat sayısına bağlı olarak vermiştir (Atımtay,2001). Ancak bu yaklaşımlarda; deprem kuvvetinin büyüklüğü üzerinde etkili olan zemin sınıfı, deprem bölgesi ve bina önem katsayısı değişkenlerine bağlı olarak perde oranları değişmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada, deprem bölgesi ve zemin sınıfları dikkate alınarak perde oranı belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada konut binaları esas alındığı için; bina önem kat sayısı $I=1.0$ için hesap yapılmıştır.

Çalışmada; ülkemizde yaygın kullanımları göz önüne alınan perdeli-çerçevesel 7 ve 9 katlı betonarme binalar için gerekli olan perde oranı, deprem bölgesinin 1 ve 2, zemin sınıfının Z1, Z2, Z3 olması durumu için, virtüel iş teoremi kullanılarak belirlenmiştir (Şahin, 2008). Belirlenen perde oranlarının yeterliliğinin tespiti için; sistemler SAP2000 yapı analiz programında çözülerek, maksimum deplasmanlar elde edilmiş ve elde edilen deplasmanlar DBYBHY(2007) 'de belirtilen etkin görelî kat ötelenmesi sınır şartı dikkate alınarak incelenmiştir. Bu şekilde, projeci için ön hesaplarda bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

2. Taşıyıcı Perdeler

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Düşey yüklerin yanı sıra, perde düzlemi içinde etkiyen, yatay yükleri taşımak için tasarlanır. Bir yapıda çerçeve sistemle birlikte kullanılabildiği gibi tek başına da kullanılabilirler. Perdelerin ana görevi, yapının yatay ötelenme rijitliğini artırmak, katlar arasında yatay ötelenmeleri sınırlamak ve tersinir deprem yükleri altında yapıya süneklik sağlamaktır [Atımtay,2001].

Bir binanın deprem güvenliğine en büyük katkıyı yapan taşıyıcı elemanlar perde duvarlardır[Atımtay,2000]. Perde duvarlar binaya rijitlik, dayanım ve süneklik olmak üzere üç önemli özellik kazandırır ki, binanın deprem güvenliği bakımından bu özellikler mutlaka sağlanmalıdır.

Küçük şiddette depremler altında, perde duvarlar yapıya yeterli rijitliği sağlarlar. Yeterli boylama ve enleme donatısının kullanılması ve özel donatı detaylarına dikkat edildiği takdirde, perde duvarlar, orta şiddette deprem altında yapıya gerekli direnci sağlarlar ve taşıyıcı sistemde sakıncalı hasarın oluşmasına izin vermezler. Yüksek şiddette deprem etkisinde, yapı ve taşıyıcı sistem hasar görür. Ancak perde duvarlar yapının gereksinim duyduğu rijitlik ve süneklik özelliklerini sağlarlar.

2.1.Perde kesitlerini düzenleme şekilleri

Bir yapı içinde, mimari zorunluluklar ve deprem karşısında etkili çalışmayı sağlamak amacıyla, çeşitli geometrilere sahip birden fazla perde kullanılabilir. Perdenin minimum kalınlığı, beton ve donatı yerleşimini sağlamak, yangın riskini en aza indirmek için yönetmelikler tarafından belirlenmiştir. Depremden dolayı yapıya etki eden yatay yükün büyüklüğüne göre, dayanım ve sünekliği sağlamak için perde kalınlığı artırılabilir. Ancak eğilme etkisindeki perdelerde kesit uçlarında büyük gerilmeler meydana gelir. Bu nedenle perde uç bölgeleri oluşturulur ve bu bölgeler, boyuna donatı ve etriye bakımından, kolon kesitine benzer şekilde düzenlenir[Celep, Kumbasar, 2009].

Başlıklı perdeler, kiriş mesnetlenmesinde ve eğilme donatılarının yerleştirilmesinde kolaylık sağlar. Bunun yanında perde başlık bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli derecede artırır. Hatta kesme kuvvetini eğilme momentinden daha kritik duruma getirir. Ayrıca perde de düzenlenen başlık bölgesi perdenin yanal burkulma stabilitesini artırarak ve potansiyel plastik mafsallık bölgelerindeki basınca maruz betonun, daha iyi sarılmasını sağlayarak sistemin sünek davranışına katkı sağlar.

2.4. Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

Deprem etkilerine maruz perde duvarların etkili bir biçimde çalışabilmeleri, kat planı içinde nasıl yerleştirildiklerine bağlıdır. Perde duvarların yerleşiminde esas unsur, elastik ötesi deformasyonların yapı planı içinde olabildiğince düzgün dağıtılması, bir bölgede toplanmamasıdır (Atımtay, 2000).

Yatay yükleri taşımada ve yapının yatay ötelenmesini sınırlamada etkili olan taşıyıcı perdeler, yapı planında burulma oluşturmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Perdeler, burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken, beklenen plastik şekil değiştirmelerin bina planında düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak uygundur. Aksi durumda, bazı perdeler aşırı, bazıları da kapasitelerinin altında zorlanacaktır. Perdeli bir yüksek yapıda yeterli rijitlik sağlanabilmesi için sistem çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir. Yapının rijitlik merkezini belirlemede etkili olan perdelerin yerleşim düzeni son derece önemlidir. Rijitlik ve kütle merkezlerinin birbirine yakın olması, sistemin stabilitesini geliştirmektedir. Perdelerin burulma rijitliğine dikkat edilmesi gerekir. Kattaki burulma etkisi,

düşey elemanların üzerine etkiyen kesme kuvvetinin moment koluyla çarpılması olduğuna göre, moment kolu en büyük olan perde veya çerçevede burulma etkisi daha büyük olacaktır (Öztürk,2005). Yapıda en büyük burulma rijitliğinin sağlanması için, perde duvarlar yapı planının çevresine dağıtılmalıdır. Aynı düzlemdeki perdeler, tek başlarına konsol giriş gibi çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ girişleri ile bağlanarak perde çifti olarak düzenlenebilirler.

Perde duvarlar kat planı içinde, döşeme yüklerinin olabildiğince yüksek kısmını, eksenel kuvvet olarak, temele aktaracak gibi düzenlenmelidir. Bu yapıldığı takdirde, duvarlarda kullanılacak eğilme momentine karşı donatı miktarı da azalır. Eksenel yük düzeyi küçük olduğu için, perde duvarlar çekme kırılması gösterirler. Aynı zamanda, bu tür perde düzenlemesi sonucu, perdelerin temele aktardığı devrilme momentine karşı koyabilecek uygun temel sistemini oluşturmakta kolaylaşır.

Çok katlı yapılarda deprem direncinin bir kaç perdede yoğunlaştırılması, temel sistemini bu noktalarda çok büyük deprem etkisine maruz bırakır. Bu durum, ekonomik olmayan ağır bir temel sistemini gerektirdiğinden kaçınılmalıdır (Atımtay,2000).

Perde duvarlar, çok katlı bir yapıda, her iki doğrultuda yerleştirilmelidir. Örneğin Amerikan Deprem Yönetmeliklerinde (ATC-3) yapı içinde her iki asal yönde en az dört adet perde duvar bulunması önerilmektedir. Bu şekilde depremin güçlü yönde etkimesi durumunda bile, rijitlik merkezinin herhangi bir tarafında oluşabilecek olan mafsallaşmadan dolayı, rijitlik merkezinin kütle merkezi ile olan mesafesi artacak ve oluşacak burulmaya yardım edebilecek olan depreme dik yöndeki perdelerin etkisi önlenecektir. Perde duvarların plan konumunda iki ana ilkeye uyulmalıdır; çok sayıda küçük rijitliği az olan perde duvar olmalı, perdeler yapı içinde dağılmış olmalıdır (Bayülke, 2001).

Yapılarda çoğunlukla mimari zorunluluklar nedeniyle, perdeler asansör veya merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirmektedir. Eğer bu boşluklar yapının içinde simetrik bir yerde değilse, yapıda kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli uzaklıklar olacak ve depremde burulma etkileri oluşacaktır. Bu durumda yapıya kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yakınlaştırarak burulmayı önleyecek ek perde duvarlar konulmalıdır.

2.2. Gerekli perde boyu

Son yıllarda yapı malzemelerindeki gelişmeler betonarme yüksek yapılara olanak yaratmış, ticaret merkezlerinde arsalarla olan taleplerde yüksek yapılara ihtiyaç doğurmuştur. Yüksek yapılardaki gelişmeye paralel olarak, mevcut yapıların güçlendirilmesi ihtiyacının artması, son yıllarda deprem perdelerini inşaat mühendisliğinin önemli gündem maddeleri haline getirmiştir.

Ülkemiz, deprem aktivitesinin yoğun olduğu bir kuşakta yer almaktadır. Son yıllarda depremlerin ülkemizde oldukça yıkıcı olması, can ve mal kaybına ilave olarak iş kaybındaki büyük zararın da etkisi ile ekonomik açıdan da yıpratıcı olmuştur. 1992 Erzincan Depremi'nden sonra yapılan incelemelerde, yürürlükteki yönetmeliğin yeterli olmasına karşın, pratikte üretilen yapıların deprem davranışlarının yeterli olmadığı gözlenmiştir. Özellikle birçok yapının yeterli sünekliğe sahip olmadıkları için göçtükleri anlaşılmıştır. Süneklik konusunda yapılan en önemli hatalar arasında, betonların istenen mukavemette olmaması, donatı işçiliğinin kötü, etriye donatısının olmaması, etriye sıklaştırmasının yapılmaması ve kolon-giriş birleşimine gerekli özenin gösterilmemesi sayılabilir. Kısaca sorun bilgisizlik, uygulamadaki hata ve ihmallerden kaynaklanmaktadır. Yaşanan yıkıcı depremlerde sonra

deprem yönetmeliği 1997 ve 2007 yıllarında revize edilmiştir. Yeni yönetmelikte yapılara yeterli süneklik kazandırmak, yanal deplasmanları sınırlandırmak ve ekonomik tasarımlar yapmak için perdeler önemli görevler düşmektedir.

Perdeli sistemlerin bu gerekliliğine ve bazı yapılar için kullanımının oldukça ekonomik sonuçlar doğurmasına rağmen, deprem yönetmeliğinde ön tasarım aşaması için belli bir perde oranı önerilmemektedir. Projeciler tasarım aşamasında genelde, plan alanının %1.5'i (Ersoy, 1992) ve tablo 2.1'de verilen ve kat sayısına göre değişen oranları esas alarak perde oranlarını belirler (Atımtay,2000). Ancak bu yaklaşımlar; perde oranlarının belirlenmesinde etkili olan kriterlerin çeşitliliği “*deprem bölgesi, zemin sınıfı, perde geometrisi, malzeme dayanımı, kat sayısı, bina alanı, bina önem kat sayısı*” göz önüne alındığında ülkemizdeki yoğun deprem aktivitesi nedeniyle yetersiz kalabilmektedir.

Tablo 2.1. Binalardaki gerekli perde alanları önerisi

n	1	2	3	4	5	6
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0013	0.0025	0.0038	0.0050	0.0063	0.0079
n	7	8	9	10	15	20
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0088	0.0101	0.0114	0.0126	0.019	0.025

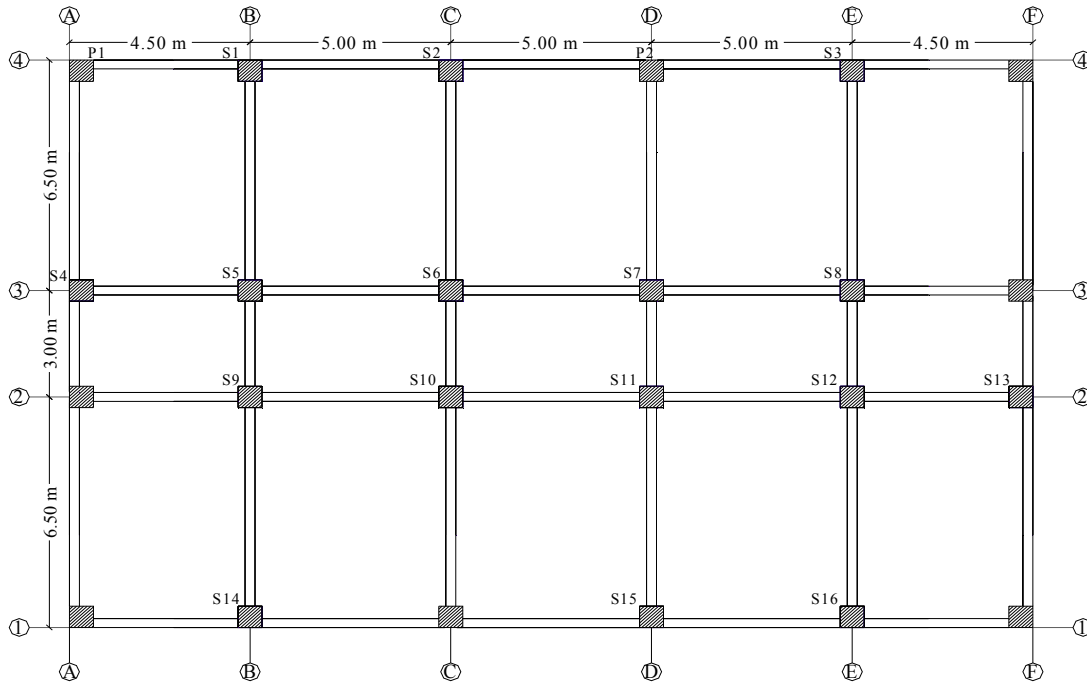
(n: kat adedi, : kattaki perde alanının plan alanına oranı)

Bu nedenle bu çalışmada konut olarak kullanılacak, 3.00 m sabit kat yüksekliğine ve 384 m² plan alanına sahip, perdeli- çerçevesiz sistem; 7 ve 9 katlı olarak, deprem bölgeleri, zemin grupları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede bölgesel şartlar düşünülerek, 3. ve 4. derece deprem bölgeleri, Z4 zemin sınıfı dikkate alınmamıştır. Ayrıca bütün örneklerde perde kalınlığı ve malzeme sabit alınarak gereksiz tablo oluşumunun önlenmesi amaçlanmıştır.

İç kuvvetlerin en büyük ve konstrüktif kuralların en ağır olduğu, temel üstü ve kritik perde yüksekliği bölgeleri esas alınarak deprem perde boyları belirlenmiştir. Belirlenen perde boylarının yeterliliği deplasman kriteri esas alınarak irdelenmiştir.

3. Sayısal Uygulama

Sayısal uygulama için; kat kalıp planı Şekil 3.1 'de gösterilen 7 ve 9 katlı iki tip sistem seçilmiştir. Deprem kuvveti bileşenleri deprem bölgesi ve zemin sınıfı da dikkate alınarak, yapılar için gerekli olan perde oranı virtüel iş teoremi ile hesaplanmıştır. Virtüel iş teoremi ile hesapta deplasman kriteri olarak Deprem Yönetmeliği (2007) deki, etkin görel kat ötelenmesi sınırı esas alınmıştır.



Şekil 2.1. Kat kalıp planı

Sayısal uygulama için seçilen yapılar, yatay 24m düşeyde 16 m uzunluğunda olup, 3 m kat yüksekliğine sahiptir. Yapılar yönetmeliklerdeki min kurallar dikkate alınarak boyutlandırılmıştır (TS500, DBYBHY 2007). Taşıyıcı elemanlardan kirişler 25/60, döşemeler ise 13 cm olarak belirlenmiş ve bütün katlar boyunca sabit alınmıştır. Kolon boyutları ise, 9 katlı yapıda zemin katta 70/70 olarak belirlenmiş ve her üç katta bir değiştirilmek suretiyle 60/60 ve 40/40 olarak hesaba katılmıştır. 7 katlı yapılarda ise, ilk dört katta 60/60, son üç katta ise 40/40 olarak belirlenmiştir. Malzeme olarak C20 beton ve S420 çelik sınıfı esas alınmıştır. Bütün katlarda hareketli yük $q=2 \text{ kN/m}^2$, kaplama yükü ise $g = 1,5 \text{ kN/m}^2$ alınarak hesap yapılmıştır (TS 498).

Hesaplarda öncelikle, yapılara gelen deprem yükü eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenmiştir. Deprem yükü; 1. ve 2. derece deprem bölgesi, Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları ve bina önem kat sayısı $I=1.0$ için hesaplanmıştır. Kat sayısı, deprem bölgesi ve zemin sınıfı parametrelerine bağlı olarak 12 tane farklı deprem kuvveti hesap edilmiştir. Bu kuvvetler altında yapılar için gerekli olan perde oranı, virtüel iş teoremi ile max etkin görelî kat ötelenmesi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

3.1. Deprem yükü hesabı

Ön tasarım safhasında perde boylarının yaklaşık olarak belirlenmesinde, projecilere pratik bir yol göstermeyi amaçlayan bu çalışmada; ön hesaplarda, yapıya gelen yatay yük DBYBHY–2007 ‘de ki Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Binaya etkiyecek yatay kuvvetin denk.3.1 ile hesabında; W bina ağırlığı, $A(T_1)$ spektral ivme katsayısı denk.3.2. ve perde-çerçeve taşıyıcılı sistem için bina periyodu T_1 denk.3.3 ile hesaplanacaktır.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_o I W \quad (3.1)$$

$$A(T_1) = A_o I S(T) \quad (3.2)$$

A_o : Etkin Yer İvme Katsayısı

I : Bina önem katsayısı

$S(T)$: Spektrum katsayısı

Birinci doğal titreşim periyodunun belirlenmesinde, elle hesap yapılabilmesi için Deprem Yönetmeliği 98 'deki formül esas alınmıştır.

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.3)$$

Ele alınan perdeli- çerçeve örneklerde, denklem (3.3) 'ya göre birinci doğal titreşim periyodu hesaplanırken Deprem Yönetmeliği 98'e göre $C_t=0.05$ alınmıştır. Bina temel üstü yüksekliğinin 25 m den büyük olması durumunda, binanın birinci doğal titreşim periyodunun hesaplanmasında;

$$T_{1A} = \frac{0.09 \times H_N}{\sqrt{L}} \quad (3.4)$$

H_N : Bina toplam yüksekliği

L : Binanın deprem doğrultusundaki uzunluğu
denklemleri kullanılmıştır (Celep, Kumbasar 2009).

Spektrum katsayısı $S(T)$; denklem (3.3) ve (3.4) 'e göre hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan Z1, Z2,ve Z3 zemin sınıfları esas alınarak aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$S(T)=1+1.5 T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.5)$$

$$S(T)=2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.6)$$

$$S(T)=2.5 (T_B/T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (3.7)$$

Denklemlerdeki; T_A , T_B ; Spektrum karakteristik periyotlarıdır. Spektrum karakteristik periyotları yerel zemin sınıflarına bağlı olarak tanımlanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Spektrum Karakteristik Periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Spektral ivme katsayısının ($A(T_1)$) denklem (3.2) ile hesabında; etkin yer ivme kat sayısı A_o , çalışmada dikkate alınan 1. ve 2. derece deprem bölgesi için tablo 3.2 'den alınmıştır. Bu çalışmada konut binası incelendiği için; bina önem katsayısı $I=1.0$ alınarak hesap yapılmıştır.

Tablo 3.2 Etkin Yer İvme Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$, DBYBHY 2007 'ye göre ($T > T_A$) olması durumunda; R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı) 'na eşittir. Çalışmada esas alınan perdeli – çerçevesel sistem için, DBYBHY 'e göre 7 'dir.

3.2. Gerekli perde oranının hesabı

Perde oranının ön tespiti, DBYBHY 2007'de belirtilen etkin görelî kat ötelenmesi sınır şartı esas alınarak, virtüel işteoremi yöntemine göre belirlenmiştir.

Yapılarda, herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değıştirme farkını ifade eden *azaltılmış görelî kat ötelenmesi*, Δ_i , denklem (3.8) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.8)$$

Denklem 3.8 'de ki d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i ' nci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değıştirmeleri göstermektedir. Hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri olan $(\Delta_i)_{\max}$, aşağıda verilen ifadeyi sağlamalıdır.

$$\delta_i = R \cdot \Delta_i \quad (3.9)$$

Denklem (3.9) ile hesaplanan δ_i etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{\max}$ denklem (3.10) daki koşulu sağlamak zorundadır.

$$(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 \quad (3.10)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02/ R \quad (3.11)$$

Deprem yüklerinin perde-çerçevesel sistemler tarafından taşındığı binalarda $R=7$ için;

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0028 \quad (3.12)$$

koşulu aranacaktır.

Perdeli – çerçevesel sistemlerde, perde duvarların eğilme rijitlikleri kolonların eğilme rijitliklerinden çok büyüktür. Yatay yükün düşey taşıyıcıların göreceli rijitliklerine göre dağılacığı göz önünde bulundurularak, yatay yükün tamamına yakınının perdeler tarafından taşındığı kabul edilmiştir. Ayrıca yatay yük (deprem yükü) altında perdelerin bir konsol giriş gibi davrandığı kabul edilmiş ve hesaplar bu kabuller doğrultusunda yapılmıştır.

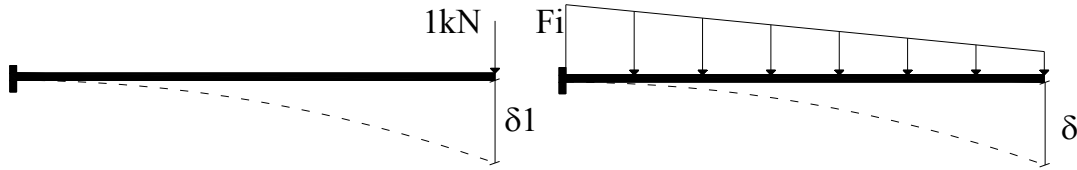
Virtüel İş Teoremi; virtüel yükün gerçek deplasmanlar üzerinde yaptığı iş, gerçek yükün virtüel deplasmanlar üzerinde yaptığı işe eşittir. Bu yöntem yapıda herhangi bir noktadaki deplasman ve dönmenin hesabında kullanılır. Virtüel iş teoremi (3.13) denklemi ile ifade edilir.

$$1x\delta = \int_0^l \frac{MM1}{EI} dx + \int_0^l \frac{NN1}{EA} dx + \int_0^l \frac{VV1}{GI} dx \quad (3.13)$$

Eğilmeye çalışan elamanlarda, deplasman hesabında sadece momentler esas alınır. Perdeler, eğilmenin esas olduğu taşıyıcı elamanlar olduğu için, denklem (3.13)' ün moment ile ilgili kısmı esas alınarak hesaplar yapılmıştır.

$$\Delta_i = \int \frac{M\bar{M}}{EI_b} dx \quad (3.14)$$

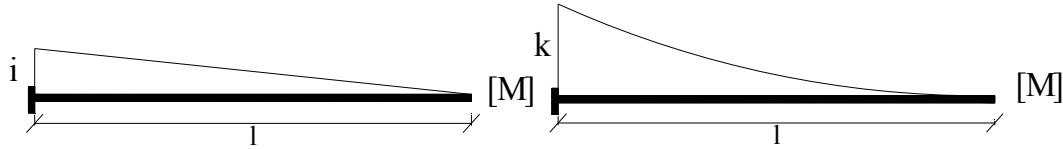
Hesaplanan deprem kuvvetleri ve virtüel yük altında, konsol kiriş kabulü yapılan perde sistemlerin momentleri hesaplanmıştır. Hesaplanan momentler ve Deprem Yönetmeliğinde ki max kat ötelenmesi dikkate alınarak, denklemler 3.12 ve 3.14 dikkate alınarak sistem eğilme rijitliği (EI_b) bulunmuştur. Çözümlerde dikkate alınan hesap modeli şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Virtüel ve deprem yüklemesi altında sistem hesap modeli

Virtüel ve deprem yüklemesi altında, hesap modellerinde oluşan moment diyagramı Şekil 3.2 'de gösterilmiştir. Şekil 3.2 'ye göre virtüel yüklemeye tablosundan; denklem 3.15 dikkate alınarak sistem momentleri hesaplanmıştır.

$$\int_0^l M_i M_k d_x = \frac{1}{4} l i k \quad (3.15)$$



Şekil

3.2. Virtüel ve deprem yüklemesi altında oluşan moment grafiği.

Eğilme rijitliğinin bilinmeyen olan ve denklem (3.15) ile gösterilen I_b 'nin hesabında;

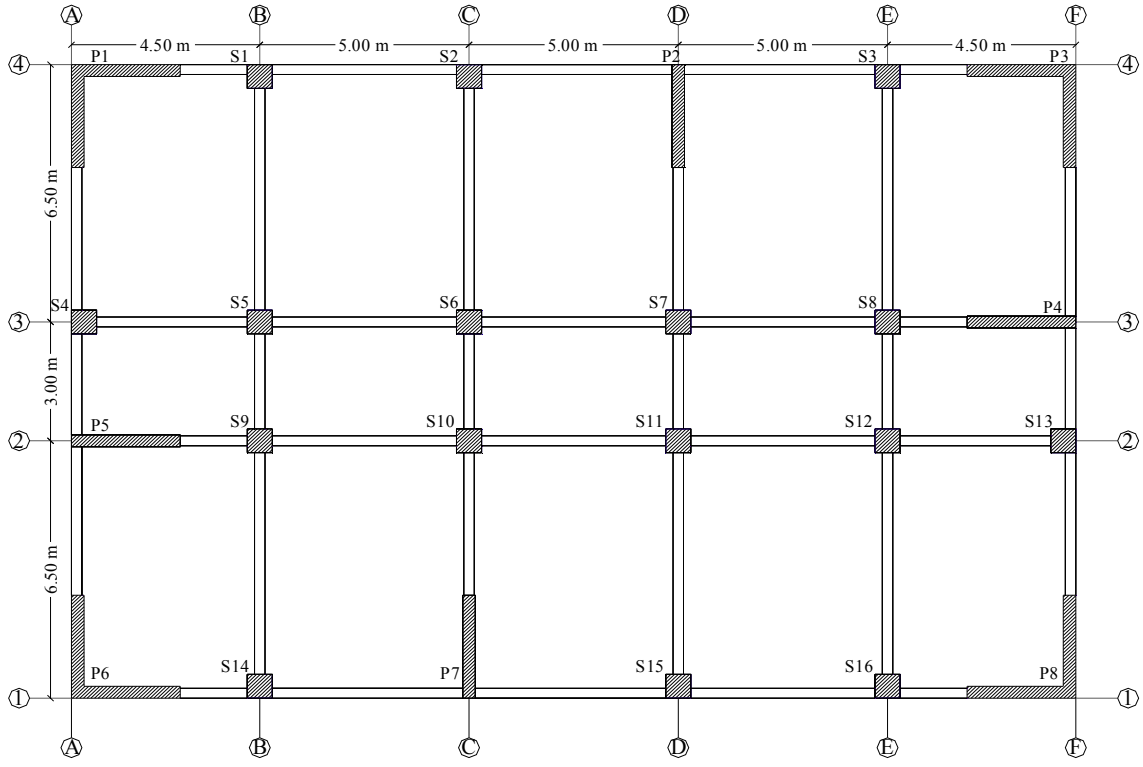
$$I_b = \frac{b_w l_1^3}{12} \quad (3.16)$$

b_w perde genişliği bütün örneklerde 30 cm olarak kabul edilmiş ve böyle toplam perde boyu l_1 elde edilmiştir. Hesaplar neticesinde elde edilen perde boyu, alanı ve oranları, kat sayısı, deprem bölgesi ve zemin sınıfı değişkenlerine bağlı olarak tablo 3.3 'de verilmiştir. Ayrıca tabloda, perde oranı için önerilen, bina alanının %01,5 ve kat sayısına göre değişen ve tablo 2.1 'de verilen oranlar dikkate alınarak bulunan perde alanları da gösterilmiştir.

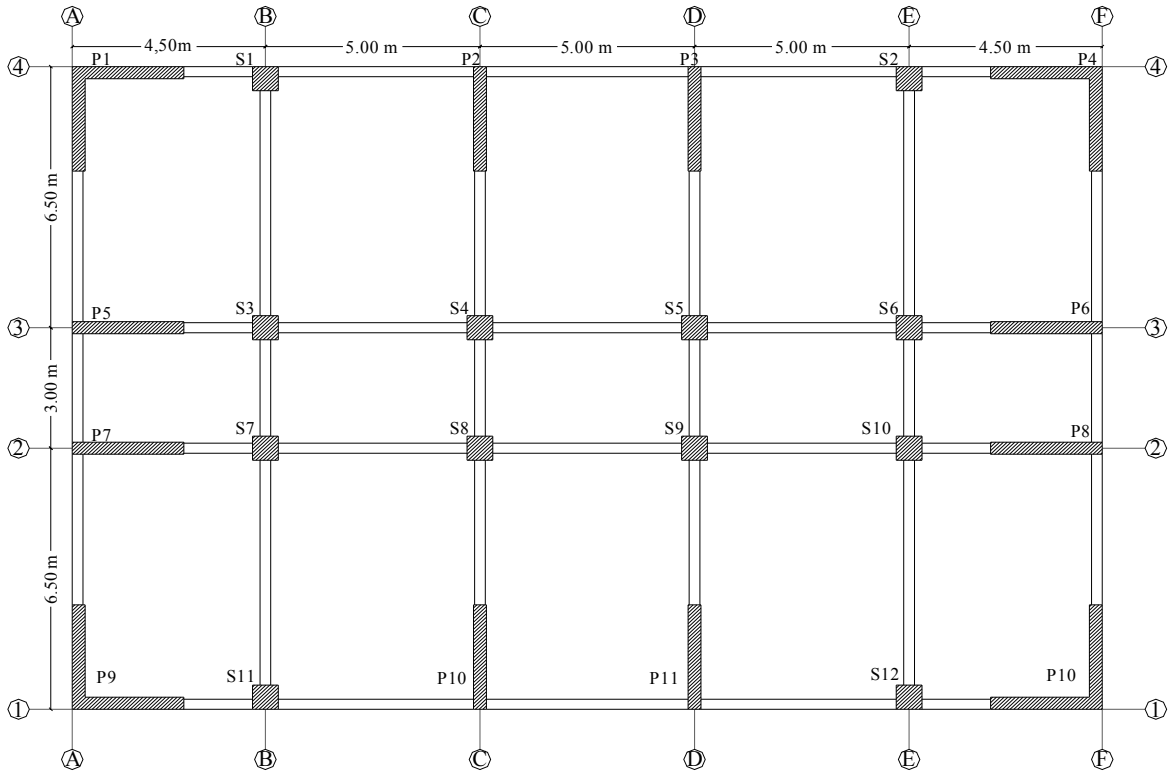
Tablo 3.3. Perde boy ve oranları

De pr em Böl	Z e m in	K a t S	P e r d	P e r d	P e r d	P e r d	Pe rd e Ala
1	Z	7	1	4	1	4	3,4
1	Z	7	1	5	1	4	3,4
1	Z	7	1	5	1	4	3,4
2	Z	7	1	4	1	4	3,4
2	Z	7	1	4	1	4	3,4
2	Z	7	1	4	1	4	3,4
1	Z	9	2	6	1	5	4,4
1	Z	9	2	7	1	5	4,4
1	Z	9	2	7	2	5	4,4
2	Z	9	2	6	1	5	4,4
2	Z	9	2	6	1	5	4,4
2	Z	9	2	7	1	5	4,4

Bulunan bu l_1 değeri tek bir ana perde için geçerlidir. Ancak tek bir perdenin betonarme sistemlerde kullanılması mimari ve sistem davranışı açısından uygun olmadığı göz önüne alınarak, bina planındaki perde sayısı n_b , 7 katlı sistemler için her bir doğrultuda 6, 9 katlı sistemler için de her bir doğrultu 8 olarak belirlenmiştir. Perdeler kat planına, şekil 3.3 ve 3.4 de gösterildiği gibi, burulma düzensizliği oluşturmayacak şekilde yerleştirilmiştir.



13.3. 7 katlı sistemlerin perde yerleşim planı



Şekil 3.4. 9 katlı sistemlerin perde yerleşim planı

4. Analiz ve Bulgular

Perde oranları esas alınarak oluşturulan 12 adet yapı sistemi SAP 2000- V14 yapı analiz programında analiz edilerek, etkin görelî kat ötelenmeleri hesaplanmıştır. Sistemlerin;

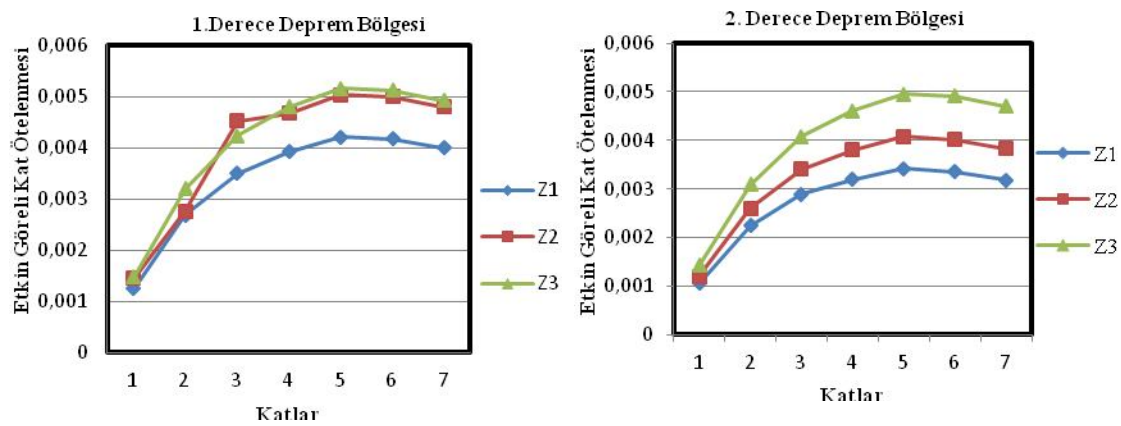
1.4 G+1.6 Q;

1.0 G+1.0Q ± 1.0Ex ± 0.3Ey; 1.0 G +1.0Q ± 1.0Ey ± 0.3Ex

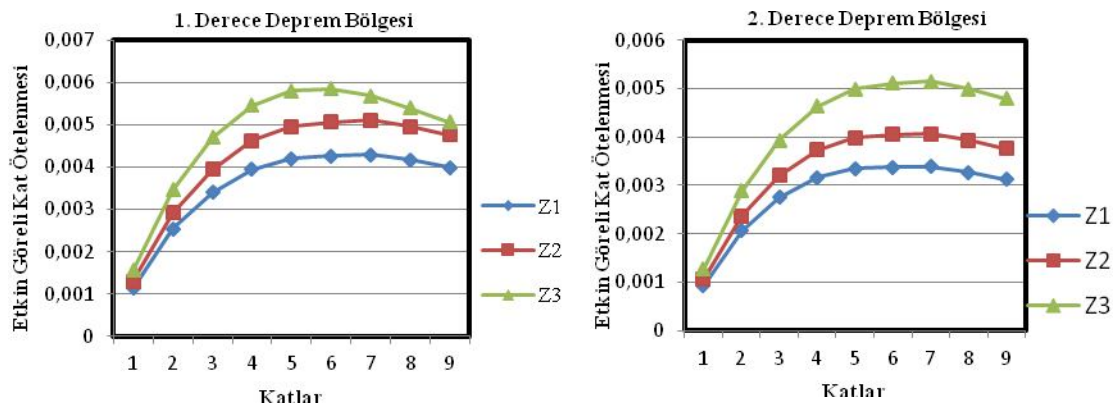
0.9 G ± 1.0Ex ± 0.3Ey; 0.9 G ± 1.0Ey ± 0.3Ex

yüklemeleri altında modal analizi yapılmıştır. Analizlerde döşemeler için kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit kabulü esas alınmıştır.

Analizler neticesinde, etkin kat görelî ötelenmeleri elde edilmiş ve grafiksel olarak Grafik 4.1. ve Grafik 4.2’de gösterilmiştir.



Grafik 4.1. 7 katlı sistemlerin görelî kat ötelenmesi



Grafik 4.2. 9 katlı sistemlerin görelî kat ötelenmesi

5. Sonuç

Bu çalışmada; zemin sınıfı ve deprem bölgesini dikkate alarak, ön tasarım aşaması için bir perde oranı geliştirmek hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, deprem bölgesi, zemin sınıfı ve kat sayısı çeşitliliğinde 12 farklı sistem oluşturulmuştur. Elde edilen sistemler için gerekli perde oranı, virtüel iş teoremi ile Deprem Yönetmeliği (2007) ‘de ki deplasman sınır şartı esas alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan perde oranları dikkate alınarak oluşturulan sistemler, SAP2000 yapı analiz programında analiz edilerek, etkin görelî kat ötelenmeleri hesaplanmış ve grafiksel olarak çalışmaya aktarılmıştır. Zemin sınıfı, deprem bölgesi ve kat sayısı dikkate alınarak oluşturulan 12 farklı sistemin etkin görelî kat ötelenmesi grafiği incelendiğinde;

- Etkin kat ötelenmesi değerinin, Deprem Yönetmeliğinde ki sınır değer 0,02 'nin altında kaldığı;
- Ötelenmelerin, zemin sınıfı ve deprem bölgesine göre değiştiği;
- Kat sayısının sistemin max deplasmanı üzerinde etkili olduğu;

tespit edilmiştir. Maksimum deplasman kriteri küçük alındığı için, virtüel iş teoremi yöntemi ile tespit edilen perde oranı, bahsedilen diğer iki yönteme oranla daha fazladır. Ancak bu yöntem, yapıya gelen deprem kuvveti üzerinde etkili olan zemin sınıfı, deprem bölgesi, kat sayısı vb. parametreleri dikkate alarak gerekli perde oranının elle tespitine olanak sağlar. Ayrıca deplasman kriteri yaklaşımı ile yapı davranışının dikkate alınması, daha gerçekçi tasarımlara olanak sağlamaktadır. Böylece bu yöntem ile projecilere deprem büyüklüğü üzerinde etkili olan değişkenleri dikkate alarak, perde oranını basit birkaç adımda hesaplama imkânı sunulmuştur.

6. Kaynak

- Atımtay E., 2000, "Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar)", Cilt 1., Bizim Büro, Ankara.
- Atımtay E., 2000, "Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar)", Cilt 2., Bizim Büro, Ankara.
- Atımtay E., 2001, "Çerçevesiz Ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı (Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri)", Cilt 1., METU Press, Ankara.
- Atımtay E., 2001, "Çerçevesiz Ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı (Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri)", Cilt 2., METU Press, Ankara.
- Bayülke N., 2001, "Depreme Dayanıklı Betonarme Ve Yığma Yapı Tasarımı", İMO İzmir Şubesi Yayınları, İzmir.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2009, "Betonarme Yapılar", Beta, İstanbul.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2004, "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Beta, İstanbul.
- Ersoy U., Özcebe G., 2001, "Betonarme", Evrim, Ankara.
- Ersoy, U., 1993, "1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler, 2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı", ss 395-403, İstanbul.
- Öztürk T., 2005, "Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi Ve Tasarımı", İlkbahar-Yaz Dönemi Mesleki Eğitim Kursları, İMO, İstanbul.
- Şahin, H.; (2008) "Betonarme Binalarda Gerekli Olan Deprem Perdesi Alanının Tespiti", Yüksek Lisans Tezi.
- Tekel H., 2006, "Betonarme Yapılarda % 1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi", TMH- Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 444-445, syf 57-63
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, İstanbul.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", 1998, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, İstanbul.
- TS 500, 2000, "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", TSE, Ankara.
- CSI SAP2000 V-14 Integrated Finite Element Analysis And Design Of Structures Basic Analysis Reference Manuel. Computer and structures inc. Calofornia (2009).