

57046

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BOŞLUKLU PERDE DUVARLARDA
ÜST KAT BAĞ KİRİŞİ YÜKSEKLİĞİNİN
SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

57046

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Yavuz Selim TAMA

EYLÜL - 1996

DENİZLİ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BOŞLUKLU PERDE DUVARLARDA ÜST KAT BAĞ KIRIŞI YÜKSEKLİĞİNİN
SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne
"İnşaat Yüksek Mühendisi"

Unvanı verilmesi için kabul edilen tezdır.

Tezin enstitüye verildiği tarih : 26 - 08 - 1996
Tezin sözlü savunma tarihi : 09/09/1996

Tezin danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hasan KAPLAN

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Muhammed Duran TEKİN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ŞİMŞEK

Enstitü Müdürü : Prof.Dr.Hikmet RENDE

EYLÜL - 1996

DENİZLİ

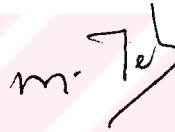
Yavuz Selim TAMA'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Boşluklu Perde Duvarlarda Üst Kat Bağ Kirişi Yüksekliğinin Sistem Davranışına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

09. / 09. / 1996

Üye : Yrd.Doç.Dr. Hasan KAPLAN (Danışman)



Üye : Prof. Dr. Muhammed Duran TEKİN



Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ŞİMŞEK



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 13.09.1996. gün ve ...18/13.....

sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof.Dr. Hikmet RENDE
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programında yapılmıştır.

Bu çalışma da boşluklu perde duvarlar da üst kat bağ kirişi yüksekliğinin artırılmasının sistem davranışına etkisi incelenmiştir.

Çalışmada perdeli yapılar hakkında bilgi verilerek, boşluklu perdelerin davranışı incelenmiştir. Boşluklu perelerin sonlu elemanlar yöntemi ile çözümü yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda ise 9 tane perde duvar numunesi hazırlanmış ve bu numuneler laboratuvar ortamında test çerçevesinde yatay yük etki ettirilerek kırılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından önemli bir katkı sağlayacağı umulan bu çalışmanın daha kapsamlı yapılması iyi olacaktır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ	1
1.1- Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Önceki Çalışmalar	5
2.PERDE DUVARLAR	12
2.1. Perde Duvarların Tanımı ve İşlevi	13
2.2. Perde Duvar Tipleri	13
2.2.1.Dolu gövdeli perde duvarlar (Konsol Perde Duvarlar)	13
2.2.2. Boşluklu Perde Duvarlar	22
2.2.3. Birleşik Sistemler (Perde duvarlı çerçeve sistemler)	27
2.3.Perde Duvarların Düzenlenmesi	31
2.4. Perde Duvarlar İle İlgili Konstrüktif Kurallar	32
2.5. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte Perde Duvarlar İçin Verilen Esaslar	34
2.6.Boşluklu Perde Duvarlı Sistemlerin Çözüm Yöntemleri	36
3. BOŞLUKLU PERDE MODELİNİN SONLU ELEMANLAR ÇÖZÜMÜ	42
3.1.Perde Duvarları Modellemek İçin Hazırlanan Data Dosyaları	42
3.2.Elde Edilen Düğüm Deplasmanları	54
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	57
4.1. Malzeme Deneyleri	57
4.1. 1. Kullanılan Agreganın Elek Analizi	57
4.1.2. Beton Karışım Oranlarının Ayarlanması	58
4.1.3. Beton Basınç Dayanımlarının Tayini	58
4.1.4. Slamp Deneyi	62
4.2. Perde Duvar Numune Kalıplarının Hazırlanması	63
4.3. Perde Numuneleri İçin Donatı detayları	65
4.4. Perde Duvar Deneyleri	67
4.4.1. Deney Düzenegi	67
4.4.2 Perde Duvarların Göçme Şekilleri	72
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR	75
5.1. Sonlu Eleman Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçlar	75
5.2. Perde Duvar Deney Sonuçları	75
6. SONUÇLAR	78
KAYNAKLAR	80
TEŞEKKÜR	87
ÖZGEÇMİŞ	88

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1.Perde duvar elemanı	12
Şekil.2.2.Konsol perde duvar	13
Şekil.2.3.Dolu gövdeli perde duvar elastik eğrisi	14
Şekil.2.4.Perde duvar donatı detayı	15
Şekil 2.5.Perde başlık bölgesi ve dik kesişen perdelerde etkili perde genişliği	16
Şekil.2.6 Perdelerin göçme biçimleri	16
Şekil.2.7.Perdelerin karşılıklı etkileşerek yük taşımaları	17
Şekil.2.8. Kısa ve yüksek perde duvarlar	18
Şekil.2.9.Kısa perdelerin kayma dayanımı	20
Şekil.2.10.Kısa perde duvarlarda kırılma türleri	20
Şekil.2.11.Perde duvar çeşitleri	22
Şekil.2.12. Boşluklu perde duvar teşkili	23
Şekil.2.13.Büyük boşluklu perde duvar ve bağ kirişi	24
Şekil.2.14. Bağ kirişlerinde diyagonal donatı yerleşimi	26
Şekil 2.15.Perdeler arası bağ kirişlerinde göçme biçimleri	27
Şekil.2.16.Birleşik çerçeve sistemlerinin düzenlenişi	28
Şekil.2.17.Perde - Çerçeve karşılıklı etkileşimi	29
Şekil.2.18. Perde ve çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler	29
Şekil.2.19.Döşeme plağının esnekliğinin yatay yükün paylaştırılmasındaki etkisi	30
Şekil.2.20.Burulma etkisi oluşturacak perde duvar konumları ve ek perde duvarlarla burulmanın önlenmesi	31
Şekil.2.21.Perde duvarların düzenleniş biçimleri	32
Şekil.2.22.Perde duvar donatı düzeni	34
Şekil 2.23 .Boşluklu perde duvarlarda köşegen donatıların yerleştirilmesi.	36
Şekil.2.24. Sürekli bağlantı metodu	38
Şekil.2.25. Eşdeğer çerçeve yöntemi	40
Şekil.2.26. Bağ kirişlerine ait modellemeler	40
Şekil 3.1 Perde duvar ağının düğümlerinin numaralandırılması (D=50 cm)	42
Şekil.3.2.Perde duvar ağının elemanlarının numaralandırılması (D=50 cm)	43
Şekil 3.3 Perde duvar ağının düğümlerinin numaralandırılması (D=100 cm)	46
Şekil 3.4. Perde duvar ağının elemanlarının numaralandırılması (D=100 cm)	46
Şekil.3.5. Perde duvar ağının düğümlerinin numaralandırılması (D=150 cm)	49
Şekil.3.6. Perde duvar ağının elemanlarının numaralandırılması (D=150 cm)	50
Şekil.3.7 Üst kat bağ kirişi yüksekliği d=50 cm için deforme olmuş şekil	53
Şekil.3.8. Üst kat bağ kirişi yüksekliği d=100 cm için deforme olmuş şekil	53
Şekil.3.9 Üst kat Bağ kirişi yüksekliği d=150 cm için deforme olmuş şekil	54
Şekil 4.1 Kullanılan agreganın granülometri eğrisi	57
Şekil 4.2 D=50 'lik numune için kullanılan kalıp boyutları	63
Şekil.4.3. D=100 cm'lik numune için kullanılan kalıp boyutları	63
Şekil 4.4 D=150 'lik numune için kullanılan kalıp boyutları	64
Şekil.4.5. Ölçüm düzeneğinin yerleştirme seviyeleri	71
Şekil 5.1 Üst kat bağ kiriş yüksekliği d=50, d=100 ve d=150 cm için elde edilen yatay deplasmanlar	75
Şekil 5.2. Üst kat bağ kirişi yüksekliği d=50 cm için yükleme ve ölçülen deplasman	76

değerleri	
Şekil 5.3. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $d=100$ cm için yükleme ve ölçülen deplasman değerleri	76
Şekil 5.4. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $d=150$ cm için yükleme ve ölçülen deplasman değerleri	77
Şekil 5.5. 6 numaralı ölçüm noktasındaki yatay deplasman değerleri	77



TABLULAR		Sayfa
Tablo 2.1 Perde duvarlar ile ilgili konstrüktif esaslar		36
Tablo 3.1 D= 50 cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri		54
Tablo 3.2 d=100 cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri		55
Tablo 3.3 D= 150 cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri		55
Tablo 3.4.D=50, 100 ve 150 için elde edilen yatay deplasman değerleri		56
Tablo 4.1.Agrega elek analizi		57
Tablo 4.2 Birinci dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)		61
Tablo 4.3.Birinci dökümün ortalama silindirik basınç dayanım değerleri		61
Tablo 4.4 İkinci dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)		61
Tablo 4.5.İkinci dökümün ortalama silindirik basınç dayanım değerleri		61
Tablo 4.6.Üçüncü dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)		62
Tablo 4.7.Üçüncü dökümün ortalama basınç dayanım değerleri		62
Tablo 4.8. Slamp değerleri		63
Tablo 5.1 D=50 İçin ortalama yatay deplasman değerleri (cm)		76
Tablo 5.2 D=100 İçin ortalama yatay deplasman değerleri (cm)		76
Tablo 5.3 D=150 İçin ortalama yatay deplasman değerleri (cm)		77



RESİM LİSTESİ

	Sayfa
Resim.4.1. Beton karıma işleminde kullanılan betoniyer	58
Resim 4.2. Numunelerin hazırlanması	59
Resim 4.3. Kalıplarda bekletilmeye bırakılmış numuneleri	59
Resim 4.4. Numunelerin havuzda bekletilmesi	60
Resim.4.5. Slamp deneyinin yapılışı	62
Resim.4.6. D = 50 cm'lik numune kalıbı	64
Resim.4.7. D = 100 cm'lik numune kalıbı	65
Resim.4.8. D = 150 cm'lik numune kalıbı	65
Resim.4.9. D = 50 cm' lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü	66
Resim.4.10.D = 100 cm' lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü	66
Resim.4.11.D = 150 cm 'lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü	67
Resim 4.12 Perde duvar donatısının kalıp içersine yerleştirilmiş hali	67
Resim.4.13.Hidrolik güç kaynağı	68
Resim.4.14.Elektronik indikatör	69
Resim.4.15 Mekanik ekstansometreler	69
Resim.4.16.Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi (D=50 cm)	70
Resim.4.17.Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi (D=100 cm)	70
Resim.4.18 Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi (D=150 cm)	71
Resim 4.19 Bağ kirişi kırılma davranışı (D=50 cm)	73
Resim 4.20 Bağ kirişi kırılma davranışı (D=100 cm)	73
Resim 4.21 Bağ kirişi kırılma davranışı (D=150 cm)	74

ÖZET

Bu çalışmada depreme karşı güvenliğin artırılmasında rolü büyük olan Boşluklu Betonarme Perde Duvarlı sistemlerde üst kat bağ kirişi yüksekliğinin değiştirilmesinin sistemin yatay yükler etkisi altındaki davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma, sayısal ve deneysel olmak üzere iki ayrı aşamada yapılmıştır. Sayısal bölümde model sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmüştür. Seçilmiş olan Boşluklu Perde Duvar şekilleri bilgisayarda modellenmiştir. Her modele aynı noktadan ve sabit değerde yatay yük uygulanmış ve elde edilen deplasman değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucu üst kat bağ kirişinin yüksekliğinin artırılması ile, özellikle yatay deplasman değerlerinde önemli ölçüde azalma olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın deneysel aşamasında ise, daha önceden seçilmiş olan üç farklı model için, her birinde üç adet olmak üzere toplam dokuz adet deney numunesi hazırlanmış ve bu numuneler test çerçevesinde kırılmıştır. Deneysel çalışmada da, sayısal incelemede olduğu gibi yatay yükün uygulanma noktası sabit tutulmuştur. Deneysel sonuçlarda üst kat bağ kirişi yüksekliğinin artırılması ile sistemin yatay yük taşıma kapasitesinin arttığı ve yatay deplasmanların azaldığı gözlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda; boşluklu perde duvarlarda üst kat bağ kirişi yüksekliğinin diğer katlardakilere nazaran daha büyük tutmanın yapının yatay ötelenmesini azaltması bakımından faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

In this work, the effect of changing the height of top lintel beam on the resistance of structure against lateral loads have been investigated . For this purpose, some experimental and numerical studies have been carried out. In the numerical analyses , model is solved by finite element method. Chosen specimens were modeled in computer. From the some point, constant lateral loads were applied to the structure and obtained results are compared. In these comparisons it's seen that. Increasing the height of top lintel beam causes smaller lateral displacements.

In the experimental study, from three types of specimens, nine model have been tested by using a test frame. Parallel results have been obtained by these experimental works. These results have shown that more rigid top lintel beam gave extra rigidity to overall structure.



1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinin görevi, insanların içinde yaşadıkları mekanları, güvenli, ekonomik ve fonksiyonel olacak şekilde planlamak ve inşa etmektir. Bu amaca yönelik olarak, inşaat mühendisi, projelerinde ve uygulamalarında gelişen teknolojiye yararlanmak zorundadır. 1980'li yıllarda defter büyüklüğündeki bir bilgisayar ile boyutu onbinlere varan bir denklem sisteminin çözülebileceği hayal edilemezken, artık bu gerçekleşmiş ve basit kabuller içeren klasik yöntemler yerini daha gerçekçi çözümler sunan modern yöntemlere bırakmıştır. Her gün gelişen teknik imkanların uygulamaya aktarılmasında mühendislere önemli görev düşmektedir.

Ülkemiz topraklarının %80'inden fazlası deprem kuşağında yer almaktadır. Orta şiddette bile olsa her deprem afeti sonrasında büyük can ve mal kayıpları ortaya çıkmakta, ülke maddi ve manevi olarak zarar görmektedir. Son yıllarda olan ve kent merkezlerinde betonarme yapıların depreme dayanıksız olduğunu ortaya koyan depremlerden alınması gereken önemli dersler vardır.

Günümüzde depremlerde oluşan hasarların nedenleri bilinmektedir. Bu hasarların nasıl önleneceği de her mühendis tarafından bilinmesi gereken esaslardandır.

Gelişmekte olan ülkelerde sınırlı ekonomik kaynaklar nedeni ile, bu kaynakların depreme dayanıklı yapı üretiminde en etkin şekilde kullanımı gerekmektedir. Depreme dayanıklı yapı yapımında, maliyeti aşırı derecede artırıcı çözümler yerine, araştırmalara dayalı daha uygun çözümler kullanılmalıdır.

Depreme dayanıklı yapı yapabilmek yalnızca teknik bir sorun değildir. Aynı zamanda bunu etkileyen sosyal ve ekonomik faktörlerde vardır. Bu nedenle daha az riskli ve ilave maliyetlerin azaltılması, hem ülke ekonomisi açısından kaynakların akılcı kullanılması hem de deprem hasarının en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Çok katlı yapılarda, artan kat sayısına paralel olarak yapıya gelen deprem kuvvetleri de artmakta ve yapı daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay tesirlerin yalnız çerçeve taşıyıcı elemanları ile karşılanması, kolon kesitlerinin aşırı derecede büyümesine neden olacağından gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle gerekse maliyet bakımından uygun bir çözüm şekli değildir. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar,

taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentlerine maruz kalmaktadırlar. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitliği kolonlara nazaran daha fazla olan Perde elemanlar tercih edilmektedir. Ancak bazı durumlarda, kapı pencere ve koridor gibi mimari nedenlerle açılan boşluklar, boşluklu perdeleri ortaya çıkarmaktadır. Çoğu zaman bu boşluklar kat yüksekliği boyunca devam eder yada perde duvarlar birbirleri ile veya diğer çerçeveler ile, bağ kirişleri vasıtası ile bağlanırlar. Böylece çok katlı yapı dizaynında Bağ kiriş-Perde sistemi olarak bilinen sistem karşımıza çıkar.

Perdelerin gerekli olup olmadığı konusunda artık günümüzde bir tereddüt söz konusu değildir. İyi projelendirilmiş ve iyi bir şekilde inşa edilmiş yapılardan, perdeli olan yapıların deprem sonrası durumları ile çerçeveli olanların deprem sonrası durumları incelendiğinde ortaya perde duvarlı sistemlerin lehine bir sonuç çıkmaktadır. Bunun yanında yüksek yapılarda Yaygın olarak kullanılan boşluklu perdelerin davranışının bilinmesi önem arz etmektedir.

Perde duvarların davranışı, bir ucu zemine yada temel yapısına ankastre olan konsol kirişlere benzetilebilir. Ancak boşluklu perde duvarlarda durum farklı olarak ele alınmalıdır. Boşluklu perdelerden en yaygın olan türü, bağ kiriş-perde duvar taşıyıcı sistemler olmaktadır. Bu tür sistemlerin davranışı perde davranışı ile çerçeve davranışı arası bir durum arz etmektedir. Boşluklar büyüdükçe, sistemin davranışı çerçeve davranışına yaklaşmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir husus da yatay ötelenmelerin belirli limitler altında kalmasının sağlanmasıdır. Yatay ötelenmelerin kontrol edilmesi amacıyla kullanılan perde duvarlar, boşluklu olarak inşa edildiklerinde, boşluksuz perdeye nazaran daha fazla yatay ötelenme yapmaktadır. Aradaki farkın aza indirilmesi tasarım açısından önemlidir.

1.1- Çalışmanın Amacı ve Önemi

Depremlerin yol açtığı, can ve mal kaybının tümünün yapılarda meydana gelen hasarın sonucu olması ve bina yapmanın da inşaat mühendisinin görevi oluşu ister istemez inşaat mühendisinin depreme dayanıklı yapı tasarımını bilmesini gerektirmektedir.

Bir insanın hayatını emniyetli ve huzur içinde devam ettirebilmesi için, barındığı ve günlük hayatını içinde geçirdiği mekanların önemi büyüktür. Bir afet sonrası, içinde barınılan yapıların telafisi mümkün olmayan can ve mal kaybına yol açması bunu açık bir şekilde göstermektedir. İnsanların, hem kendi hem de başkalarının canı ve malı ile ödeyeceği hataları bilerek yapması düşünülemez. Ancak hala, ülkemizde olan her depremde bir çok can ve mal kaybı gözlenmektedir.

Ülkemizde gözlenen deprem hasarlarının büyük bir kısmı seçilen mimari ve taşıyıcı sistemin depreme uygun olmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Bu nedenle, yatay yük taşıyıcı sistemler üzerindeki araştırmaların yapılarak bu tür sistemlerin kullanılması yaygınlaştırılmalıdır.

Yapının depreme dayanıklı olarak nitelenmesi için gerekli olan şartlardan biri de, yapının yeterli miktarda yatay rijitliğe sahip olmasıdır. Deprem ve rüzgar gibi dinamik etkiler bina yüksekliği arttıkça fazlalaşmaktadır.

Yani çok katlı binalarda, artan kat sayısı ile birlikte bina daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay tesirlere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutları büyüyeceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Yapılarda büyük deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay ötelemeleri kısıtlayarak yapı içindeki eşyaların ve taşıyıcı olmayan bölümlerin küçük ve orta şiddetli depremlerdeki hasarını önlemek için perde duvarlar en uygun çözümdür. Salt perde duvarlı taşıyıcı sistemi olan yapılar olduğu gibi içinde hem çerçeve hem de perde duvarı olan taşıyıcı sistemli yapılar da olmaktadır.

Perde duvarların davranışı, bir ucu zemine ya da temel yapısına ankastre olan konsol kirişlere benzetilebilir. Ancak bazı durumlarda, kapı, pencere ve koridor gibi mimari nedenlerle açılan boşluklar, perde duvarın davranışını değiştirir. Çoğu zaman boşluklar kat yüksekliği boyunca devam eder ya da perde duvarlar birbirleriyle veya diğer çerçevelerle, bağ kirişleri vasıtasıyla bağlanır. Böylece çok katlı yapı dizaynında boşluklu perdeler olarak bilinen bir sistem ile karşılaşırız. Boşluklar genelde, kat yüksekliği boyunca, her kat

seviyesinde bağ kirişleri ile bölünmüş, dikdörtgen bir veya birkaç düşey bant şeklinde karşımıza çıkar. Boşluklu perde duvarların yatay yükler altındaki davranışı, perde ile çerçeve arası bir durum arz eder.

Yatay etkiler altında, boşluklu perdenin davranışının perde davranışına yakın olması istenir. İki perde, normal kirişlerden daha rijit bir eleman ile birbirlerine bağlanacak olursa, sonuçların ne şekilde değişeceği hususunda literatürde bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan nümerik çözümlerde, bu tür bir sistemin, önemli ölçüde boşluklu perdenin yatay ötelenmelerini azaltacağı gözlenmiştir. Bu gözlemlerin deneysel olarak da tespit edilerek uygulamaya aktarılması, yapısal dizayn açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada üst kat bağ kirişi boyutunun, boşluklu perdelerin davranışına etkisi araştırılacaktır. Bu çalışmanın depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda yeni ve önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sağlayacağı katkıları birkaç madde halinde özet olarak aşağıda verilmiştir.

- Deprem bölgelerinde yapılacak olan çok katlı yapılarda perde duvarlarının kullanılması kaçınılmaz olmaktadır. Perde duvarlarda açılan boşlukların kat yüksekliği boyunca devam etmesi durumunda ortaya boşluklu perde denilen bağ kirişi-perde sistemi çıkmaktadır. Bu tür taşıyıcı sistemlerin davranışlarının incelenmesi, depreme dayanıklı yapı açısından önem arz etmektedir.
- Binalarda, taşıyıcı sistem özelliklerinin değiştirilmesi ile yanal ötelenmelerin sınırlandırılması mümkündür. Bağ kirişi - Perde taşıyıcı sistemler de üstkat bağ kirişi boyutunun değiştirilmesi yanal ötelenmeleri kısıtlamaktadır.
- Çerçeveler ve perdeler ile ilgili çeşitli deneyler yapılmış olmasına karşın, perde-bağ kirişi sistemler hakkında yeterli deneysel çalışmaya rastlanmamıştır. Oysa gerçekte bu tür sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Ülkemizin %80'i deprem kuşağında bulunmaktadır. Şimdiye kadar olan büyük depremlerin hemen hemen hepsinde de bir çok can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Taşıyıcı sistemlerin analizi yapılırken depreme dayanıklılık dikkate alınmalıdır. Bu çalışma ile teklif edilecek olan model tasarımcılara yeni imkanlar sağlayacaktır.

1.2. Önceki Çalışmalar

CHITY ve WAN (1948), perde duvarların simetrik deformasyon yaptığı ve bağ kirişlerinin moment sıfır noktalarının açıklık ortasında oluşacağı kabulü ile, sistemin bilinmeyenlerini ikinci mertebeden bir diferansiyel denklemin çözümü ile elde etmişlerdir.

MUTO (1956), boşluklu perdelerde bağ kirişi uçlarındaki sonsuz rijit kısımların, perde yüzeyinden itibaren bağ kirişi yüksekliğinin dörtte biri kadar mesafeden sonra başladığını kabul etmektedir.

ERIKSON (1961), çeşitli temel yapılarına oturan ve eksenel yük taşıyan boşluklu perde duvarlarını incelemiştir.

BEC (1962), sistemin bilinmeyenlerinin çözümü için basit formüller geliştirmiştir. Burada temel görüş, sistemde aranan statik değerlerden oluşan bilinmeyen tek bir fonksiyonun olduğudur. Bu fonksiyonun çözümü ile bütün bilinmeyenlerin bulunması mümkündür. Burada, tüm bağ kirişlerinin aynı rijitlikte ve kat yüksekliklerinin sabit olduğu kabul edilmektedir.

ROSMAN (1962), sürekli sistem metodunu kullanarak, perde duvarı yüksekliği boyunca yazılan denklemler sonucu elde edilen değerleri kullanarak, elde edilen diyagramlar yardımıyla kesme kuvveti ve momentleri hesaplamıştır.

SENSMEIER (1967), sürekli sistem idealleştirilmesi yapılarak elde edilen ve sistem davranışını idare eden diferansiyel denklemi sonlu farklar yöntemi ile çözmüş ve bulunan sonuçlarla foto-elastik metotla bulunanlar arasında korelasyon yapmıştır.

GURFINKEL (1967) , bağ kirişleri ve perde duvarlarındaki momentlerin hesabı için, konsol moment dağılımı olarak bilinen yaklaşık bir metot önermektedir.

MICHEL (1967) , düğüm noktalarında bağ kirişlerinin oluşturduğu rijitliğin hesabı için, kiriş serbest açıklığına kirişin yüksekliğini ilave etmektedir.

Burada, rijit kısmın efektif bir uzunluktan sonra başladığı, bunun da yaklaşık olarak kirişin yüksekliğine eşit olacağını kabul etmektedir.

COUL ve PURI (1968) , perde duvarlarında kesme kuvvetinin, perdenin deformasyonuna etkilerini de dikkate alarak analizi genişletmişlerdir. Burada oluşan deformasyonları, deneysel modeller üzerinde gözlemlemişlerdir.

GRIJAVALLABHAN (1969) , boşluklu perde duvarların analizinde daha fazla bilinmeyen değerlerle karşılaşılacağı ve dolayısı ile perde duvarı ile bağ kirişlerindeki gerilme dağılımının matematiksel olarak ifadesinin daha kompleks olacağına işaret etmektedir. Problemin çözümü, düzlem gerilme elemanı kullanılarak yapılmıştır. Hem bağ kirişi ve hem de perdeler için aynı elemanlar kullanılmıştır. Bağ kirişi ve uç momentlerini, uç deplasmanlarını kullanarak eğilme teorisi ile hesaplamıştır.

MACLEOD (1969) , boşluklu perde duvarlarının, lineer elastik ve düzlem gerilme halindeki analizinde sonlu elemanlar yaklaşımının kullanılabileceğini, fakat boşlukların büyümesi ile oluşan bağ kirişi - perde sisteminde, her düğümde sadece düşey ve yatay deplasman içeren iki serbestlik derecesine sahip olan düzlem gerilme elemanının kullanılamayacağı görüşünü öne sürmüştür. Analizde, düğümlerde uygunluk şartı için düşey ve yatay deplasmanlara ek olarak dönme serbestlik derecesi olan yeni bir dikdörtgen eleman kullanmıştır.

YANG ve SUN (1973) , çerçeve perdelerin deprem analizinde düzlemsel sonlu eleman modeli olarak, çerçeveler için kiriş eleman, perdeler için de dikdörtgen eleman önermektedirler. Önerile bu elemanların diğerlerinden önemli bir farkı; çerçeveler için önerilen için her düğümde aksenal deplasman u , aksenal şekil değiştirme du/dx , düşey yer değiştirme v ve dönme dv/dx olmak üzere dört serbestlik derecesi, perdeler için önerilen

dikdörtgen eleman her düğümde, yatay deplasman u , düşey deplasman v , türevleri du/dx , du/dy , dv/dx , dv/dy ve ikinci türevleri $d^2 u/dx^2$ ve $d^2 v/dx^2$ olmak üzere sekiz serbestlik derecesi olmalıdır.

ÇAKIROĞLU ve ÖZMEN (1973) , çerçevelerin yatay yüklere göre analizi için kullanılan ve kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılması esasına dayanan yaklaşık metotlar ile ardışık metotları inceleyerek, boşluklu perde ve çekirdekten oluşan sistemlerin hesabı için yaklaşık bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntemde, boşluklar arasında kalan kirişler yerine fiktif çerçeveler alınarak sistem, boşluksuz perdeler ile çerçevelerden oluşan bir sisteme dönüştürülmektedir.

AL-MAHAIDI ve NILSON (1975) , boşluklu perdelerin çözümünü, perdeler için her düğümde u ve v ötelenmelerini bilinmeyen olarak ele alan düzlem gerilme elemanı, bağ kirişleri için eğilmeli çubuk elemanı kullanarak yapmaktadır. Bağ kirişlerinin perdeye saplandığı düğümlerde, bağ kirişi ile düzlem gerilme elemanı arasında uygunluk şartını Lagrange çarpanları ile sağlamaktadırlar. Ortak düğümlerde uygunluk şartı için, her düğümde iki ilave denklem yazılmıştır. Bağ kiriş ucundaki dönme, bağ kirişinin perdeye saplandığı yerde üst ve alt yüzeydeki düğümlerin deplasmanlarına bağlı olarak ifade edilmektedir.

ANTONY ve GAESAN (1975) , Al-Mahaidi ve Nilson tarafından önerilen Lagrange çarpanlarını bağ kirişi yüksekliğine bağlı olmaksızın kullanmışlardır. Böylece sonlu eleman ağı teşkilinde karşılaşılan güçlükler ortadan kaldırılmaktadır.

ÇAKIROĞLU (1978) , uçlarında sonsuz kısımları bulunan çubukların ikinci mertebe teorisi için birim deplasman sabitlerini vermektedir. Bu tür çubukların deplasman sabitlerinin hesabı için tablolar düzenlenmiştir. bağ kirişi uçlarındaki sonsuz rijit kısımların kat yüksekliği, kiriş açıklığı ve perde boyutlarına göre değiştiği belirtilmektedir.

POPOV ve arkadaşları (1979) , sonlu elemanlar yöntemini kullanarak perde duvarların analizini yapan bir bilgisayar programı olan 'SUBWALL' ı hazırlamışlardır. Yapmış oldukları çözümde, boşluklu perde ve bağ kirişleri için düzlem gerilme elemanı

kullanmışlardır. Bağ kirişi uç kuvvetlerini ise o bölgedeki düğümlerin iç kuvvetlerinden elde etmişlerdir.

AYDIN (1984) , çerçeve, perde ve boşluklu perdelerden meydana gelen sistemlerin çözümü için yaklaşık bir metot önermiştir.

DÜNDAR ve KIRAL (1985) , boşluklu perde ve perde-çerçeve sistemlerin düşey ve yatay yükler altında çözümünü yapan bir bilgisayar programı hazırlamışlardır. Programda metot olarak sonlu elemanlar yönteminin çerçeveler için özel bir uygulaması olan rijitlik matrisi yöntemini kullanmışlardır.

CHOI ve BANG (1987) , boşluklu perdelerin çözümü için yeni bir sonlu eleman modeli önermişlerdir. Bu modelde, önce sistem boşluklar dikkate alınmadan modellenmekte, sonra boşluklardan dolayı oluşan negatif rijitlik sistemi ilave edilmektedir. Boşlukların küçük olması halinde, bu metot rahatlıkla kullanılabilir.

OCHOA (1987) , bağ kirişi ve perdelerden oluşan betonarme boşluklu perdelerin, sismik davranışını incelemiştir. Kabul edilebilir deplasman sınırlarını belirleyerek çeşitli dizayn parametreleri vermiştir. Bağ kirişi ve perde elemanlar için rijitlik, mukavemet ve deplasmanlara bağlı çeşitli limitler tanımlamıştır.

RUTENBERG, LEVIATHAN, DECALO (1988) , boşluklu perde duvarlarının burkulma analizi için, sürekli sistem yaklaşımını kullanarak yaklaşık çözümler teklif etmektedirler.

CHAN ve KUANS (1989) , boşluklu perde duvarlı yapılarda, yapının yüksekliği boyunca herhangi bir katta diğerlerine nazaran daha rijit bağ kirişi eleman kullanarak yapının yatay yükler altındaki dayanımını incelemiştir. Kullanmış olduğu bu rijit elemanın yapının tepe noktasında oluşan yatay ötelenmeye katkısını araştırmıştır.

SÖZEN (1990) , Japon Yapı Araştırma Enstitüsü'nde denenen yedi katlı, gerçek büyüklükteki betonarme yapıdan ve bu yapının California Üniversitesi'nde (Berkeley) dinamik olarak denenen 1/5 ölçekli modelinden elde etmiş oldukları deney sonuçlarını

karşılaştırıp yorumlamıştır. Bu çalışma sonunda, yapıda oluşan taban kesme kuvvetinin, sıradan varsayımlara dayanan yöntemlerle elde edilen kesme dayanımından daha büyük olabileceğini ve bu toplam taban kesme kuvvetinin yaklaşık beşte üçünün perde tarafından taşındığını göstermiştir.

SUBEDI (1991) , betonarme bağ kirişleri ile bağlı perde duvarların yapısal davranışında bağ kirişlerinin davranışının etkisini teorik olarak incelemiştir.

SUBEDI (1991) , boşluklu perde duvarlı yapılarda, yapıya etkiyen yatay yükler altında yapıda oluşan kırılma türlerini deneysel olarak araştırmıştır. Bunun için 15 katlı boşluklu perdeli yapı modelleri hazırlayıp, bunlara tepe noktasından P tekil yükü ve tabandan başlayıp yapı yüksekliği boyunca üçgen yayılı olarak artan yanal yükler etki ettirerek, bu yükler altında yapının davranışlarını gözlemlemiştir.

CALL ve BENSMAIL (1991) , süreklilik yaklaşımını esas alarak yapı yüksekliği boyunca rasgele bir veya iki yerde diğerlerine nazaran daha rijit bağ kirişleri kullanarak, rijit ve fleksibil temele oturan boşluklu perde duvarların yanal yük analizlerini yapmışlardır. Yapıyı, yüksekliği boyunca düzgün yayılı olarak etki eden yükle, tabandan başlayıp yükseklik boyunca artan üçgen yayılı yük ve tepe noktadan etki eden tekil yük olmak üzere üç farklı yükleme için çözmüşlerdir.

Yapmış oldukları sayısal çözümler sonucunda, yapı yüksekliğinin 1/3 ile 2/3 'ü arasında rijitleştirme yapmanın optimum sonuç verdiği sonucuna varmışlardır.

KAPLAN (1991), Boşluklu perdelerin davranışını sonlu elemanlar yöntemi ile inceleyerek, bağ kirişi ve perde birleşim yerindeki uygunluk için değişik alternatifleri karşılaştırarak, yeni bir sonlu eleman modeli kullanmıştır.

SAATÇIOĞLU (1991), betonarme kısa perdelerin deprem yükü altındaki davranışını deneysel olarak araştırmıştır. Büyük ölçekli perde elemanları tersinir tekrarlanır yük altında denemiştir.

FARRAİ, REED ve SALMAN (1993), düşük seviyeli perde duvarların yapısal davranışları ile ilgili mevcut olan datalar (veriler) ı özetlemişlerdir. Bu dataları perde duvarların farklı kırılma modlarının belirlenmesinde kullanmışlardır.

SHEU ve CHANG (1993), Betonarme perde duvarlı yapılarda depremden önce veya sonra meydana gelen hasarların tespiti için analitik bir metot geliştirmişlerdir.

JIANG HUTCHINSON ve CHALLER (1993), asimetrik çok katlı yapıların tasarımında ortaya çıkan eksantiristenin üç ayrı tanımlamasını yapmışlardır. Bu üç yaklaşımı kullanarak, sismik yapı yüklerinden dolayı ortaya çıkan yatay ve rotasyonel rijit kat yer değiştirmelerinin oluşturduğu deformasyonlarının bulunduğu kesme-tipi yapıların asimetrisinin belirlenmesinde yeni formüller geliştirmişlerdir.

MO ve JOST (1993), lineer olmayan bir model kullanarak, çerçevesiz perde duvarların sismik çözümlerini yapmışlardır. Çelik ve beton malzeme mukavemetlerinin değişiminin çözümler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

COULL ve WHAB (1993), rijit birleştirilmiş çerçeve ve perde duvarlardan oluşan bir taşıyıcı sistemin bulunduğu üç boyutlu yüksek bina yapılarının, elemanları arasında yatay yüklerin dağıtımının analizinde yaklaşık bir metot geliştirmişlerdir.

KWAN (1993), birleşik perde duvar-çerçeve yapıların analizinde birkaç değişik kiriş-duvar düğüm rotasyonlarının tanımlamasını yapmıştır. Kiriş-duvar düğümündeki uç rotasyonu için en uygun tanımlamanın kiriş-duvar birleşim yüzeyindeki düşey liflerin rotasyonu olduğunu göstermiştir.

MO (1993), depreme dayanıklı yapı tasarımı için pratik bir sistem tanımlaması yapmıştır. Zemin katı perde duvarlı olarak teşkil edilmiş çok katlı bir çerçevenin sismik analizini yapmış ve çıkan sonuçları yorumlamıştır.

CHEUNG, KWAV ve LU (1993), boşluklu perde duvarlı yapıların davranışında direk bir etkisi olan bağ kirişlerinin kesme karakteristiklerini belirlemek için deneysel bir çalışma

yapmışlardır. (Boy/Derinlik) oranı 0.05'den 0.20'ye kadar olan çeşitli bağ kiriş numuneleri hazırlanmış ve bunları kesme kuvvetine tabi tutmuşlardır. Bu elemanların yük-uzanım, çatlama ve kırılma modlarını incelemişlerdir.

DOĞAN, YILMAZ ve ÇITIPITIOĞLU (1994), Boşluklu perde duvarların davranış biçimleri açıklamışlar, yapısal çözüm yöntemlerini özetlemişler ve sonlu elemanlarla modellemede karşılaşılan güçlükleri izah etmişlerdir. Değişik sonlu eleman modelleri kullanarak çözümlenmeler yapmışlar ve bunların sonuçları sürekli bağlantı ve eşdeğer çerçeve metotları ile yapılan çözümlenmelerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

JAMES ve KUNNATH (1994), betonarme perde duvarların elastik olmayan bölgede statik ve dinamik analizleri için etkili bir model vermişlerdir.

ZORAPAPEL, HART ve FRANGOPOL (1994), yatay yükler altındaki betonarme duvar yapıları için olası bir sistemin performansını incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada sistem düktilitesini göz önünde bulundurmanın gereksiz olduğu sonucuna varmışlardır.

WRIGHT, HOSSAIN ve GALLOCHER (1994), yüksek yapılardaki yatay yükleri karşılamak için kullanılabilen kompozit duvar sistemini anlatmışlardır. Kompozit duvarın kesme rijitliğini analitik modellerle incelemişler ve sonlu eleman çözümleri ile karşılaştırmışlardır.

WALLACE ve WOOD (1994), simetrik olmayan kesitli duvarlar için sismik düzenlemeler ve deneysel araştırmalar yapmışlardır.

GHOSH (1994), yüksek dereceli deprem bölgelerinde yapılan çok katlı betonarme binaların yapısal sistemlerini incelemişlerdir. Kullanılan sistemin uygunluğunu ve pratik olarak kesin kabul edilebilirliğini karşılaştırmışlardır. Kesme duvar dizaynını kolaylaştıran ve iyileştiren üniform yapı tipi değişimini karşılaştırmışlardır.

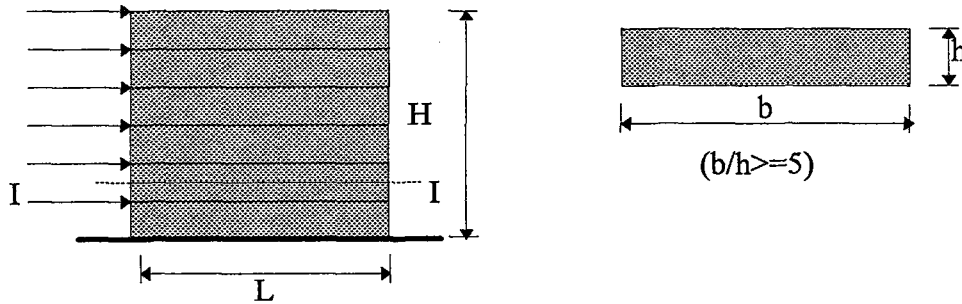
2.PERDE DUVARLAR

2.1. Perde Duvarların Tanımı ve İşlevi

Yapı yüksekliği arttıkça alt katlardaki kolon kesitlerinin büyümesinden dolayı faydalı hacim azalması ve özellikle yatay yer değiştirmelerin büyümesi sonucu bazı binalarda taşıyıcı sistem dışında kalan yapı elemanlarının büyük zarar görmesi gibi sebeplerle çerçeveler ile birlikte veya diğer yatay yük taşıyıcı elemanlarında kullanılması gerekmektedir.

Bu yapı elemanlarından birisi de tabanlarından zemine tam veya yarı ankastre olan dolu gövdeli veya kafes sistem türünde teşkil edilmiş olan düşey perde elemanlardır.

Perdeler, planda uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranı 5 ve 5'den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, depremden veya rüzgardan dolayı oluşan yatay yüklerin tamamına yakın kısmını taşırlar ve yapının yanal rijitliğini artırarak yatay ötelenmelerini kısıtlarlar. Bu bakımdan perdelerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin, hem yapının güvenliğini sağlayıp hem de yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önlemeleri bakımından etkili davrandıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle deprem bölgelerinde yapılacak olan çok katlı yapılar da perde duvar kullanılmalıdır(Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Perde duvar elemanı

Perde duvarlar katlar arasındaki ardışık ötelenmeleri azaltıp taşıyıcı olmayan bölmelerin ve yapı içindeki eşyaların küçük ve orta şiddetli depremlerde hasara uğramalarını önler. İçinde değerli eşyalar saklanan (müzeler), önemli hizmetler vermesi beklenen(Hastahane,telefon santrali,itfaiye) ve insanların çok sayıda bulunduğu (okullar, yatakhaneler) yapıların perde duvarlı olarak tasarlanmaları gerekir.

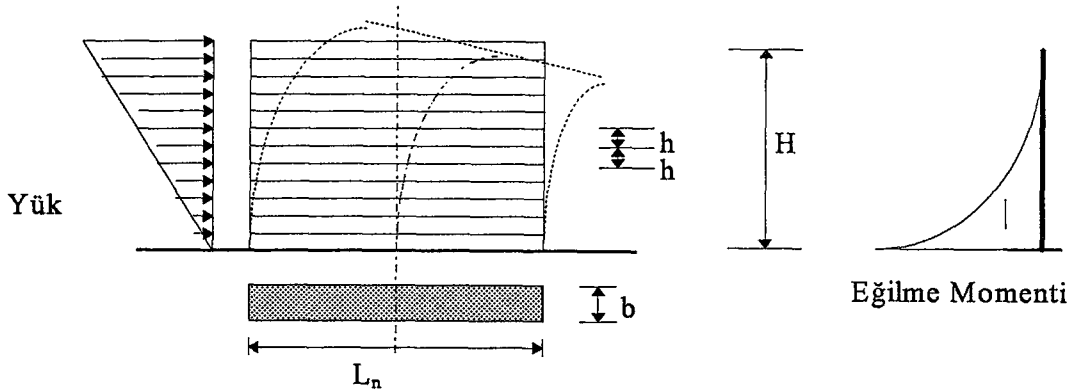
Perde duvarlı betonarme yapıların elastik enerji tüketme güçleri salt çerçeve yapılar göre önemli miktarda yüksektir. Plastik enerji tüketme güçleri ise aynı düzeyde yüksek değildir. Çerçeve yapılar göre süneklikleri daha azdır. Büyük yatay kuvvetlere elastik olarak karşı koyabilirler, ancak elastik limitleri aşıldıca süratle yıkılmaya doğru giderler. Özenli bir şekilde düzenlenen perde duvarların ilk yapım bedelleri çerçeve yapılar nazaran çok yüksek olduğundan öncelikle yüksek yapılar yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Yüksek yapılar da görülen perde elemanlar yanında bodrum katlarında binanın dış çevresinde zemin itkisini karşılamak ve izolasyon için de perde duvar elemanlar kullanılmaktadır. Bu tür perdelerde düşey düzlemde bulunurlar, ancak dış yükler düzlemine dik, yatay olarak ortaya çıkar. Bu bakımdan bu tür perde duvarlar normal bina kat döşemelerine benzerler (1).

2.2. Perde Duvar Tipleri

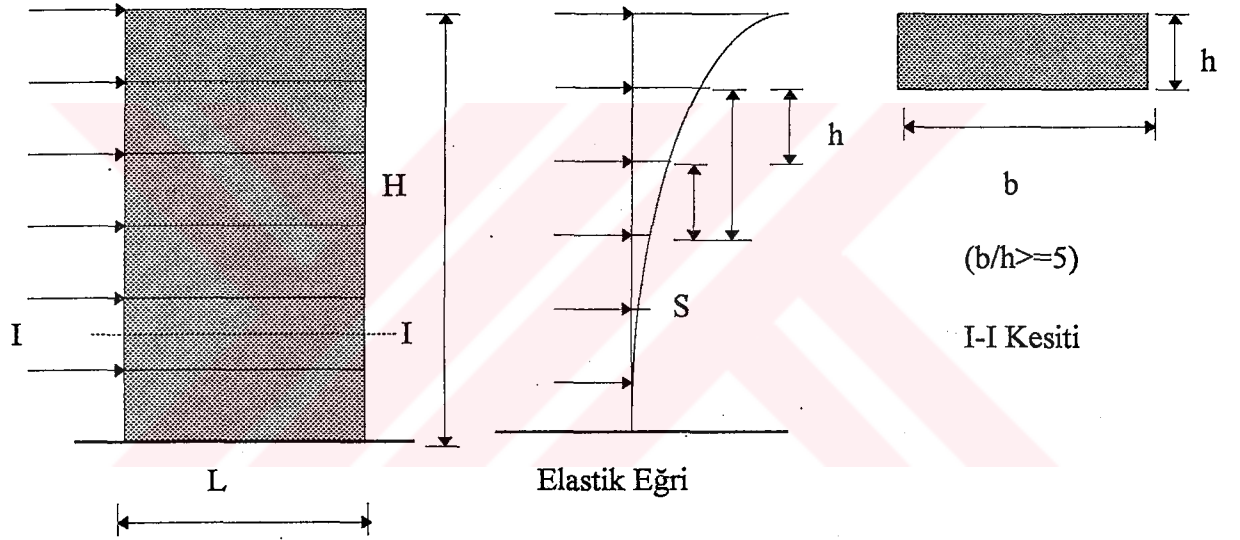
2.2.1. Dolu gövdeli perde duvarlar (Konsol Perde Duvarlar)

Yüksek bir yapıda perde, yatay yükler altında bir konsol kiriş gibi davranır ve bunların elastik eğrisi de bir konsol kiriş elastik eğrisi gibidir (Şekil 2.2). Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığı için, ince kesitlerine rağmen yanıl burkulma tehlikesi azalır. Kat döşemelerinin yanıl diyafram gibi etkimleri nedeni ile perdelerde burulmaya neden olan kritik boyun perde yüksekliği yerine kat yüksekliği olarak kabul edilmesi uygun olur (1).



Şekil.2.2.Konsol perde duvar

Konsol perdeler, yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen aksenal normal kuvvet etkisinde altındadırlar. Kolonlarla kıyaslanırsa perdeler, rijitlikleri nedeni ile önemli bir eğilme momenti taşırlar. Bu nedenle kesitlerinde eğilme momenti hakimdir. Özellikle bu durum perdenin temellerinde bir problem olarak ortaya çıkar. Normal kuvvet küçük olduğu için, çekme gerilmelerinin olduğu alanı azaltmak büyük perde temeli yapılması veya komşu kolonları da içine alan ve bu suretle normal kuvveti artıran bir temel yapısı yapılması gerekebilir. Bu nedenle, perdelerin temellerinde yeterli normal kuvvetin sağlanması ve her kat döşemesinde yatay kuvvetlerin alınabilmesi için döşeme ile perde arasında gerekli bağlantının oluşturulması önemlidir (1). Konsol bir perde duvarın elastik eğrisi Şekil 2.3' de verilmiştir.



Şekil.2.3.Dolu gövdeli perde duvar elastik eğrisi

Konsol Perdelerde Donatı Yerleşim Esasları

Yüksekliği az olan yapılarda deprem kuvvetleri küçük olduğu için ve perdeler genellikle yapının mimari düzenine uygun olarak yerleştirildiği ve kesitlerinin de çoğu zaman gereğinden fazla yapıldığı için aşırı zorlanmazlar. Böyle durumlarda her iki doğrultuda 0.0025 oranında bir konstrüktif donatı yerleştirilmesi tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi sünekliği de önemli ölçüde artırılmış olur (1).

Gövde de bulunan donatının kuvvet kolu küçük olduğu için etkili bir şekilde kullanılamaz. Gövde donatısının artırılması ile taşınacak moment büyütülürse de, kesitin göçme durumunda ulaşabileceği eğrilik yani kesitin sünekliği azalır. Eğilme momentinin büyük olduğu perdelerin iki ucunda donatı yoğunlaştırılarak ekonomik sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu durumda hem taşınacak moment hem de göçme eğriliği artar

Perdelerde normal kuvvet küçük olduğu için, boyutlamada karşılıklı etki diyagramlarındaki basit eğilme ile dengeli durum arasındaki bölge kullanılır. Bu bölgenin özelliğinden dolayı normal kuvvet kesitin moment kapasitesini artıracak yöndedir. Ancak normal kuvvetin artması göçme eğriliğini, yani kesitin sünekliğini azaltır (1).

Perdenin en çok zorlandığı kesit mesnet bölgesidir. Kesitin sünekliğini artırmak için, kolonlardaki gibi mesnetten yukarı bölgede perdenin plandaki boyutuna yakın yükseklik boyunca yatay donatıların sıklaştırılması uygundur.

Bunun yanında perdelerde boyuna donatının burkulmasını önlemek için, kolonlardaki gibi, bütün yükseklik boyunca yatay donatıya ihtiyaç vardır. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, uç bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve zorlanmayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında, perde başlık bölgesi düzenlenmelidir. Bir perdenin dik doğrultuda başka bir perde ile birleşmesi durumunda başlık bölgesi kendiliğinden oluşmuş olur (1).

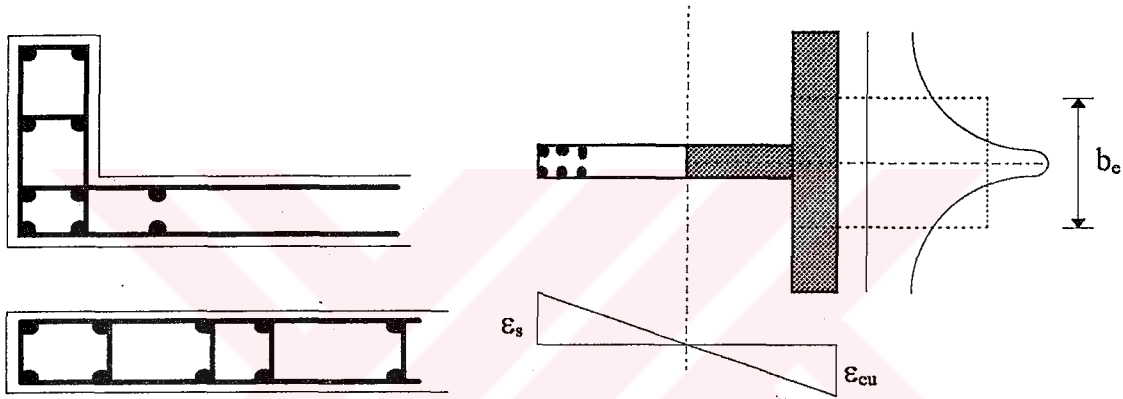
Başlık bölgesi, yatay yükün belirli bir yönü için tamamen basınç etkisi altında olacağından, bu bölgenin kolonlardaki konstrüktif kurallara uygun olarak donatılması yerinde olur. Başlık bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli ölçüde artırır (1).



Şekil.2 4. Perde duvar donatı detayı

Orta yükseklikteki perdelerde genellikle çok büyük kesit tesirleri meydana gelmez. Bu nedenle donatısı Çevreye düzgün bir şekilde dağıtılır (Şekil.2.4.b). Ancak büyük mesnet momentlerinin oluşması durumunda, donatı uçlarda toplanarak göçme momenti ve eğriliği artırılabilir (Şekil 2.4. a). Bu sayede eğilmeden oluşan basınç kuvvetinin önemli bir kısmı da donatı tarafından karşılanır.

Birbirine dik olarak bulunan perdelerde, başlık bölgesine birleşen perdede, basınç gerilmelerinin şekil.2.5’de gösterildiği gibi azalacağı için tablalı kesitlerde olduğu gibi, etkili başlık genişliği tarif etmek ve bunu hesaplarda göz önüne almak uygun olacaktır (1).

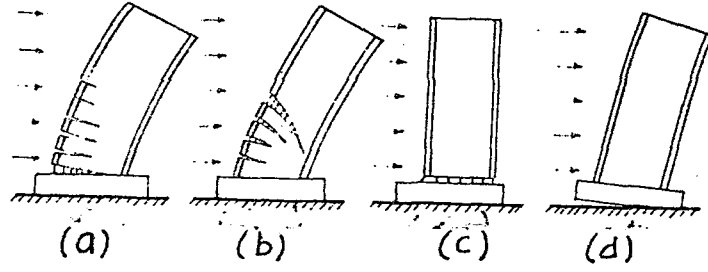


Şekil 2.5.Perde başlık bölgesi ve dik kesişen perdelerde etkili perde genişliği

Konsol Perde Duvarlarda Göçme Biçimleri

Konsol perde duvarların göçme biçimleri şekil.2.6’ da gösterilmiştir. Bunlardan ilki perdenin en büyük momentin olduğu kısımda elastik ötesi şekil değiştirmeler artarak kesit göçmesinin oluşmasını göstermektedir. Sünek türden olan bu göçmenin dışındaki eğik çekme gerilmelerinin etkisiyle göçme, iş derzinde oluşan toptan kayma göçmesi veya donatı bindirme eklerinin veya kenetlenme boylarının çözülmesinden oluşan göçme, bu göçme şekli gevrek olduğundan önemlidir. Bunlar temelde de eğilme momentinin karşılanamaması nedeniyle oluşan devrilme göçmesi olarak ortaya çıkar.

Perde kesitinin boyutlandırılmasında, kesit kesme kuvveti ve iş derzinde kesme kapasiteleri ile, donatı kenetlenme -çözülme kapasitesi yüksek tutularak aşırı zorlanmada kaçınılmaz olacak olan göçmenin sünek olması sağlanmalıdır.



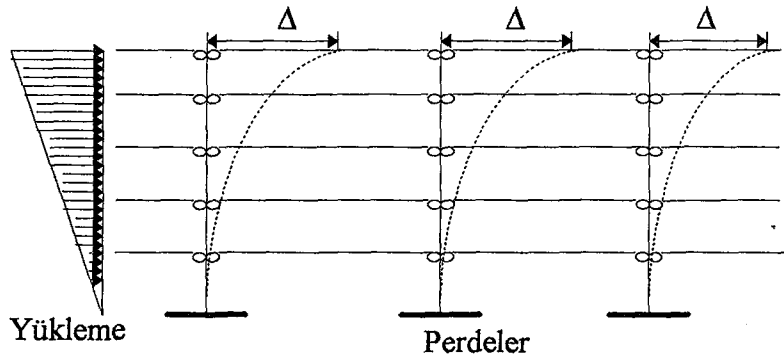
a) Eğilme Göçmesi b) Kesme kuvveti Göçmesi c)Toptan Göçme d)Devrilme Göçmesi

Şekil.2.6 Perdelerin göçme biçimleri

Perdeler Arası Karşılıklı Etkileşim

Perdelerin sayısının fazla olduğu sistemlerde yatay yükün önemli bir kısmı, tamamen perdelerden oluşan sistemlerde ise tamamı perde duvarlar tarafından taşınır. Böyle durumda kolonların taşıdığı kısım ihmal edilebilir ve perde kesitleri sadece büyük atalet momenti doğrultusunda hesaba katılabilir.

Döşemeler düzlemlerine dik doğrultuda, perdelerle göre daha az rijit olduklarından yatay yükün taşınmasına olan katkıları göz önüne alınmaya bilir. Buna karşılık döşemeler düzlemleri içinde aşırı rijit olduklarından perdelerin birbirlerine göre rölatif hareket etmelerini engeller ve şekil.2.7'de görüldüğü gibi perdeleri aynı yatay hareketi yapmaya zorlarlar.



Şekil.2.7. Perdelerin karşılıklı etkileşerek yük taşımaları

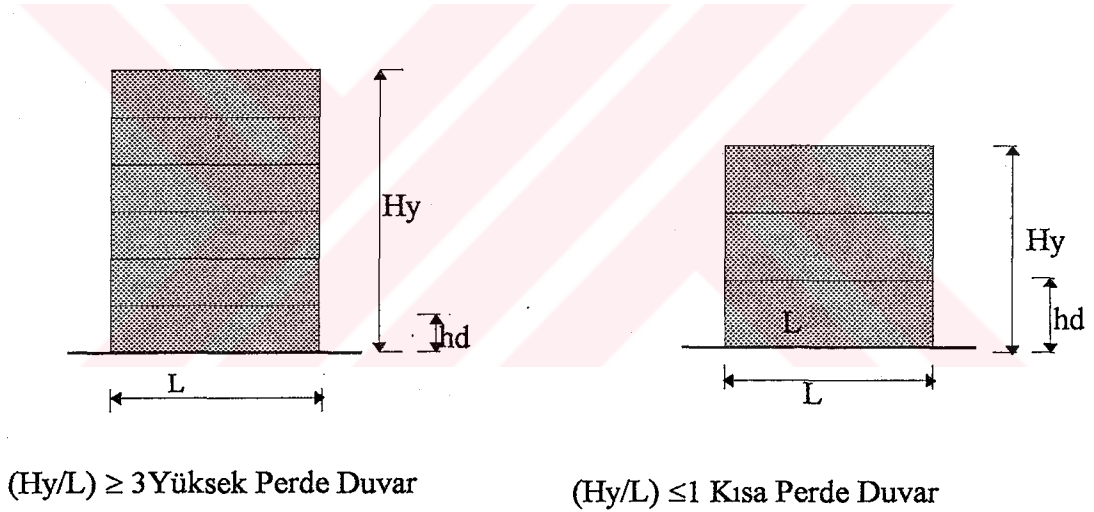
Dolu Gövdeli Perde Duvar Çeşitleri

Dolu gövdeli perde duvarlar, yüksekliklerine göre kısa ve yüksek dolu gövdeli perde duvarlar olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 2.8). Bu ayırmada duvarın yatay yükler altındaki davranış biçimi belirleyicidir (2).

Zemine ankastre dolu gövdeli perde duvarların, $H_y/L) \leq 1$ ise alçak (kısa) perde duvarlar olarak adlandırılırlar ve kesme davranışı gösterirler. $(H_y/L) \geq 3$ ise yüksek perde duvar olarak adlandırılırlar ve eğilme davranışı gösterirler. Arada kalan H_y/L oranları ise bir geçiş bölgesi oluştururlar. Yine Amerikan (ACI-318-83) şartnamesine göre $(h_d/l) \leq 0.5$ olması halinde kısa perde duvarlar olarak isimlendirilirler (2).

Burada;

H_y = Yapı yüksekliği, L = Perde duvarın genişliğidir, h_d = Duvarın kat yüksekliğidir



Şekil.2.8. Kısa ve yüksek perde duvarlar

Kısa Perde Duvarlar

Düşük yükseklikteki yapılardaki perdelerin yükseklikleri genişliklerinden daha küçük olabilir veya yapı yüksek olduğu halde perde, temelden itibaren ancak bazı katlarında bulunabilir. Bu tür perdeler kısa perdeler olarak isimlendirilir. Bu tür perdelerin davranışları farklı olduğu için, boyutlandırılmaları da uzun perdeler gibi yapılması uygun olmaz (1).

Bu tür kısa perdelerde oluşan eğilme momenti küçük olduğu için ve kayma dayanımı yüksek olduğu için davranışları elastik bölgede kalır. Genellikle 0.0025'lik bir donatı yüzdesi yeterli olabilir.

Kısa perdeler yük, kat seviyelerinde birleştikleri kat döşemelerinden iletilir. Yükseklik kısa olduğu için, oluşan yük temele eğik beton basınç çubukları ile iletilir. Eğik basınç çubuğunun dengesinin sağlanması için düşey ve yatay donatılara ihtiyaç vardır. Düşey kuvvetin etkisi ihmal edilirse, düşey ve yatay donatının eşit olması gerektiği ortaya çıkar (1).

Kısa perdelerde kayma gerilmelerinden doğan şekil değiştirmelerin hesaba katılması gerekebilir.

Bu durumda perde eş değer atalet momenti için ;

$$I_e = \left[100 * f_{yk} + \frac{N_d}{(f_{ck} * A_y)} \right] * I_g \quad (2.1)$$

ifadesinde bulunan değerinin

$$F = \frac{30 * I_e}{[h_w^2 * b_w * l_w]} \quad (2.2)$$

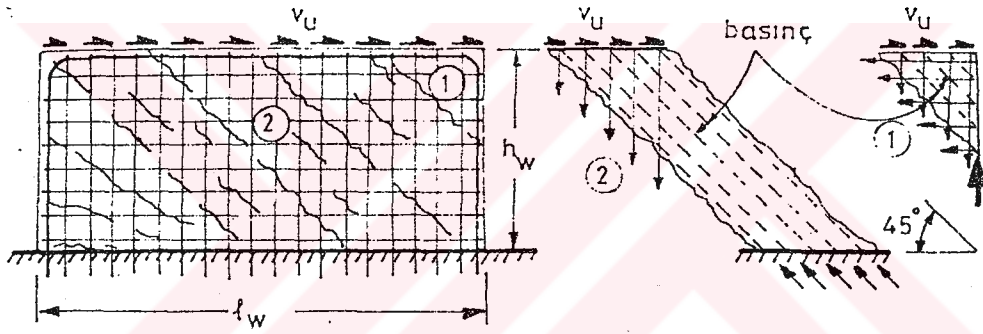
ve b_w , perde kalınlığı olmak üzere

$$I_w = \frac{I_e}{[1,2 + F]} \quad (2.3)$$

şeklinde azaltılması önerilir.

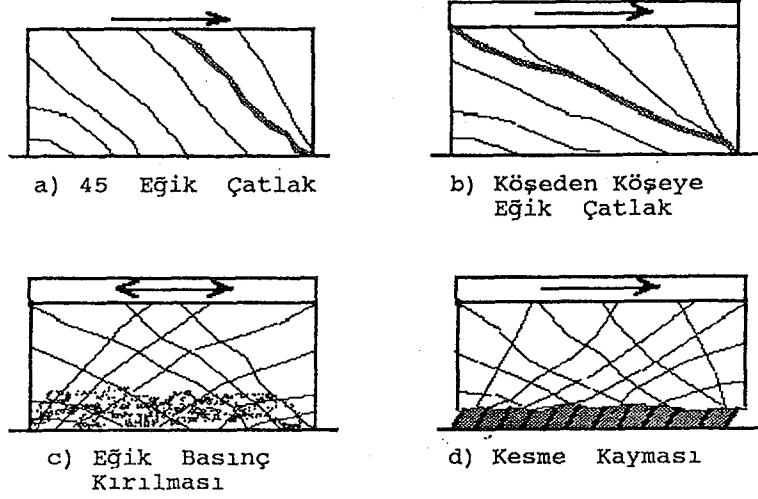
Kısa Perde Duvarların Kesme Kuvveti Altındaki Davranışları

Kısa perdelerde, depremden kaynaklanan yatay yükler yüksek mertebe de kesme kuvvetine neden olurlar. Öte yandan, perde kesiti geometrik özelliği nedeni ile büyük bir moment koluna sahiptir. Böyle bir kesitteki çekme donatısının deprem yükü altında akma mertebesine gelmesi oldukça büyük yatay yükler gerektirir. Bu yatay yükler altında kesme kuvveti, akma momentinden daha önce kritik bir değere ulaşır. Bu nedenle kısa perdeler üzerinde özellikle kesme davranışını incelemek gereklidir (3). Kısa Perde duvarların kayma dayanımları Şekil 2.9' da verilmiştir.



Şekil.2.9.Kısa perdelerin kayma dayanımı

Kısa betonarme perde duvarlar kesme kuvveti altında başlıca dört değişik kırılma davranışı gösterirler. Kesme kuvvetine maruz kalan duvarlarda, asal çekme ve basınç gerilmeleri kesme kuvvetine yaklaşık 45° derecelik bir açı altında oluşurlar. Betonun basınç dayanımı ve kesme kuvveti yönündeki kayma dayanımı, çekme dayanımından daha fazladır. Bu nedenle betondaki çatlamlar, kesme kuvvetinden kaynaklanan ve eğik bir yüzeyde oluşan asal çekme gerilmeleri neticesinde ortaya çıkar. Eğik çekme olarak bilinen bu tür gerilmeler donatı eksikliğinde eğik çekme kırılmalarına neden olur. Şekil.2.10.a' da gösterilen kırılma bu tür kırılma olup, yeterli miktardaki çelik donatı ile önlenbilir (3).



Şekil.2.10.Kısa perde duvarlarda kırılma türleri

Eğer asal çekmeden dolayı oluşan ve yaklaşık 45° derecelik açı ile görülen eğik çatlaklar, perdeyle diğer bir monolitik taşıyıcı eleman karşılaşırsa, çatlağın açılması ve kırılmaya neden olması güçleşir. Bu monolitik eleman bir kiriş, bir döşeme veya başka bir betonarme eleman olabilir Şekil.2.10.b, perde üzerindeki kirişin eğik çatlağın oluşmasındaki rolünü göstermektedir. Bu tür eğik çatlakların oluşması için bir önceki eğik çatlağa kıyasla daha fazla kesme yükü gereklidir, zira perde üzerindeki kiriş büyük bir etriye görevi görmekte ve 45° derecelik kırılma yüzeyinin oluşmasını önlemektedir(3).

Kesme yükünün artırılması kesitteki asal basınç ve çekme gerilmelerinin artmasına neden olur. Giderek artan eğik basınç gerilmesi betonun ezilmesine neden olur.

Bu tür kırılma şekil.2.10.c'de gösterilmiştir. Bu kırılma şekli gevrek bir kırılmadır. ve mutlaka önlenmelidir (3).

Kısa betonarme perde duvarlarda rastlanan diğer bir kırılma türü de perdenin taban boyunca kaymasıdır. (3).

Deprem süresince, perde duvarlar tersinir yüklere maruz kalırlar. Bu tür yükleme neticesinde kesitin her iki ucundaki boyuna donatı, deprem yükünün yönüne bağlı olarak çekme altında akma sınırına yaklaşabilir ve hatta akma sınırını bile geçebilir. Daha önce basınç gerilmesi etkisinde kalan beton, yükün yön değiştirmesi nedeni ile çekme gerilmesine tabi olur ve bu da çatlamların her iki yönünde de oluşmasına neden olur. Tersinir yükün tekrarlanması, çatlakların kesit boyunca yatay yüzey üzerinde açılıp kapanmasına neden olur. Pürüzlü çatlak yüzeylerinin üst üste gelmesi, betonun çatlak boyunca ufalanmasına neden olur. Bu davranış perde tabanında bir kayma yüzeyi oluşturur. Eğer sürtünme kayması için gerekli seviyede kesme kuvveti oluşmuş ise, perde taban üzerinde kaymaya başlar. Bu tür davranış da şekil.2.10.d’de gösterilmiş olup “kesme kayması” olarak isimlendirilir (3).

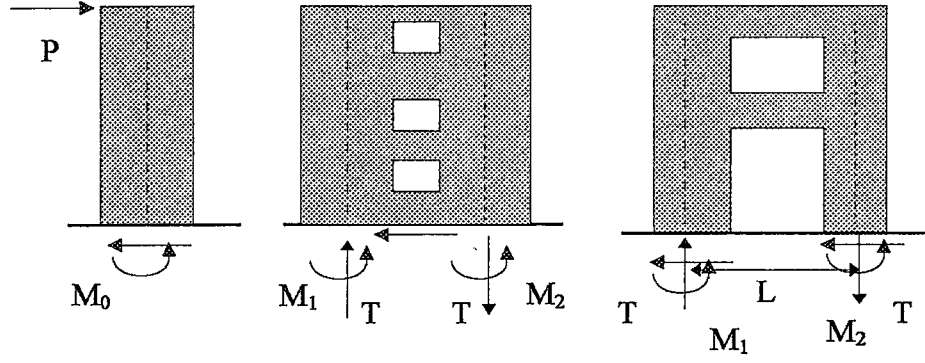
2.2.2. Boşluklu Perde Duvarlar

Katlardaki pencere ve kapı boşlukları bir perdeyi bazen bu hale sokar. Aynı düşey düzlemde bulunan iki dolu gövdeli perde kat hizalarından kirişlerle birleştirilerek benzer şekilde tek bir “boşluklu perde” elde edilir. Boşluklu perdelerin elastik eğrisi perde ile çerçeve arası bir şekil gösterir.

Boşluklu perde duvarlarda, boşluk oranına göre perde davranışları değişir. Zemine ankastre bir perde duvarda tabanda oluşacak M_0 momenti, boşluklu perde duvarda ($M_0 = M_1 + M_2 + T \cdot L$) ifadesine eşit olmaktadır (2).

Eğer $T \cdot L / M_0 \leq 0.33$ ise perde duvardaki boşlukların önemi yoktur ve sistemin dolu gövdeli perde duvar gibi davrandığı kabul edilir. Sistemde yatay yükler altında eğilme davranışı önemli olacaktır (Şekil.2.11.b) (2).

Eğer $T \cdot L / M_0 \geq 0.67$ ise sistem normal bir betonarme çerçeve gibi davranacaktır. Perdedeki boşlukların üzerindeki elemanlar normal bir çerçeve yapının kirişleri gibi tasarlanacaktır (şekil.2.11.c), (2).



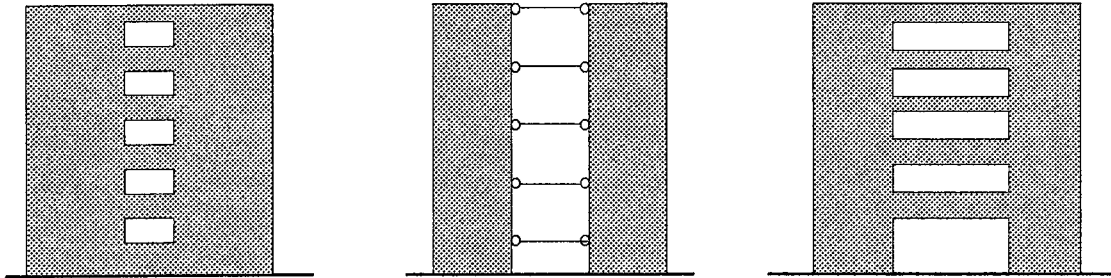
a) Konsol perde duvar b) Küçük boşluklu perde duvar, c) Büyük boşluklu perde duvar

Şekil.2.11. Perde duvar çeşitleri

Eğer $0.33 \leq T \cdot L / M_0 \leq 0.67$ olması durumunda ise bağ kirişleri ile bağlanmış zemine ankastre giriş davranışı söz konusudur..

Boşluklu Perde Duvarların Davranışı

Yatay kuvvetlere maruz temelde ankastre kabul edilen boşluklu perde duvarlar herhangi bir yatay kesitte toplam kesme kuvveti ve devrilme momenti denge denklemleri ile hesap edilebileceğinden dıştan izostatik bir sistemdir. Ancak her bir duvar kısmına ve bağ kirişlerine gelen etkilerin hesabında sistemin içten hiperstatik olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.



a) İhmal edilebilen boşluklar

b) Uçtan mafsallı veya eğilme rijitliği çok az bağ kirişleri

c) a ve b halleri dışındaki durum

Şekil.2.12. Boşluklu perde duvar teşkili

Boşluklu perde duvar davranışında üç değişik hal gözlenir (Şekil 2.12). Perdedeki boşlukların çok küçük olduğu ve bunların perdenin monolitik durumunu etkilemeyeceği varsayılan hallerde, perde duvar boşluksuz konsol bir kiriş olarak kabul edilip çözümlenebilir. Burada sistem tamamen izostatik olup devrilme momenti perde kesitinde aksenal gerilmelere dönüşür, ayrıca bir aksenal kuvvet oluşmaz. Kesme kuvveti de perde kesitinde kayma gerilmeleri oluşturur.

Diğer bir hal ise bağ kirişlerinin uçlarından mafsalı olması veya bağ kirişlerinin eğilme rijitliğinin ihmal edilebilmesidir. Bu durumda bağ kirişleri kesme kuvveti ve moment almayacağından sistem uygun yatay deplasman yapan iki ayrı konsol olarak çözümlenebilir. Yatay kuvvetler bağ kirişleri tarafından bir konsoldan diğerine aktarılır. Her perde de eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşur. Büyük boşlukların olması durumunda bağ kirişlerinde moment ve kesme kuvveti oluşur. Bağ kirişlerinin simetrik deformasyon yaptığı ve moment sıfır noktasının açıklık ortasında olduğu kabul edilirse, içten hiperstatiklik derecesi bağ kirişleri sayısına eşit olur.

Bu halin en önemli özelliği, sistemdeki devrilme momentinin bir kısmının bağ kirişlerinde oluşan kesme kuvvetleri yolu ile perdelere gelen aksenal kuvvetlere dönüşmesidir.

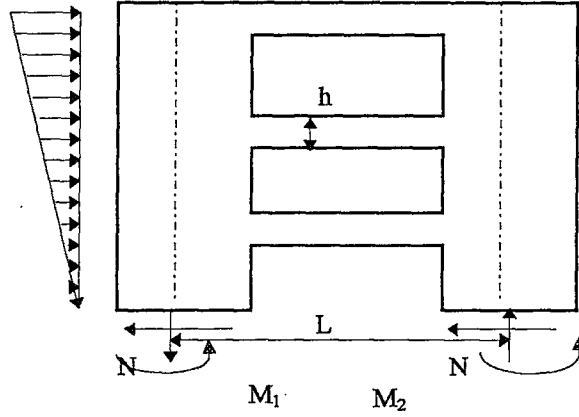
Devrilme momentinin aksenal kuvvetler nedeni ile azalarak perdelere aktarılması tasarım açısından çok yararlı görülmektedir. Fakat bağ kirişi kesme kuvvetlerinin kiriş kesitinin taşıma gücünü geçmesi halinde tasarım zorlukları ortaya çıkar.

Boşlukların ihmal edilebildiği perde duvar tipi en rijit, eğilme rijitliği çok az bağ kirişleri ile bağlanmış boşluklu perde duvar tipi ise en esnektir. Dolayısı ile boşluklar duvarın sistem içinde kendi üzerine çekeceği yanal yükü de etkilemektedir.

Boşluklu Perdelerde, Perde Duvar - Bağ Kirişi Etkileşimi

Perdeler birbirine normal kirişlerle bağlı olabileceği gibi, bazı durumlarda da kirişler büyük bir perde duvarda açılmış olan boşluklar nedeni ile ortaya çıkabilir (Şekil 2.13). Böyle durumlarda perdelerin birbirleri ile etkileşimi bu kirişlerdeki uç kuvvetleri ile sağlanır.

Sisteme etki eden kuvvetlerin perde kesitlerinde meydana getirdiği M_0 momenti, perde duvar kesitlerindeki M_1 ve M_2 momentleri yanında aradaki bağ kirişlerinin ucundaki kesme kuvvetlerinin toplamından oluşan perde normal kuvvetlerinin momenti ile karşılanır.



Şekil.2.13. Büyük boşluklu perde duvar ve bağ kirişi

$$M_0 = M_1 + M_2 + N \cdot L \quad (2.4)$$

L: İki perdenin eksenleri arasındaki mesafe

Bağ kirişlerinin rijitlikleri büyüdükçe perdelerin beraber çalışması daha etkili olarak ortaya çıkar. Buna karşılık bağ kirişlerindeki kesme kuvvetleri dolayısı ile perdelerdeki N normal kuvvetleri artacaktır. Bu normal kuvvetler arasındaki mesafe büyük olduğu için, dış momentin bu yolla karşılanması daha uygun olur. Ancak bu durumda bağ kirişleri de önemli ölçüde zorlanacaktır.

Artan bağ kirişi rijitliği ile perdelere düşen eğilme momentleri de azalır. Yükün artmasıyla bağ kirişlerinde eğilme momenti etkisiyle çatlamlar oluşacağından bağ kirişi rijitliği önemli ölçüde azalır.

Pauley (1986)'e göre bağ kirişlerine, eğer derin kiriş yaklaşımı ile donatı yerleştirilmiş ise yatay yükler altında eğik çekme çatlakları ile belirlenen kesme kırılması olacaktır. Eğer çok sık etriye konulursa eğik çekme çatlakları önlenmekte, bu seferde kayma kırılması olmaktadır.

Paulay (1986)' e göre bağ kirişi itibari kesme gerilmesi ;

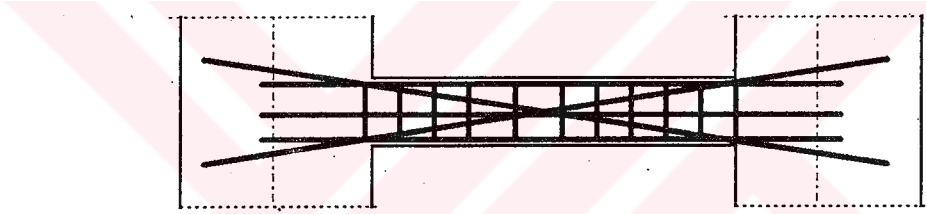
$$V=0.31*\left(\frac{L_k}{h}\right)*\sqrt{f_c}$$

$$L_k = \text{Bağkirişi serbest açıklığı} \quad (2.5)$$

$$h = \text{Bağkirişi derinliği}$$

miktarını aşarsa moment ve kesme etkilerini taşımak için eğik donatı konulması gerekir.

Bertero (1980)'e göre bağ kirişinin kesme gerilmesi $0.8\sqrt{f_c}$ ' den büyük ise tersinir yüklemeler altında diyagonal donatı yerleştirilmesi gerekir (Şekil 2.14).



Şekil.2.14. Bağ kirişlerinde diyagonal donatı yerleşimi

Bağ kirişlerinin esas amacı kesme kuvvetinin perdeler arası geçişini sağlamaktır. Özellikle deprem etkisinde yön değiştiren kesit zorlarına maruz kalırlar. Alışıla gelen kiriş gibi donatılan kısa açıklıklı bağ kirişleri şekil.2.15.a'da da gösterildiği gibi, kesitin eğilme kapasitesine erişilmeden, eğik çekme gerilmeleri nedeni ile göçme durumuna gelir. Etriyelerin uygun düzenlenmesi ile kesme kuvveti kapasitesi yüksek tutulabilirse de yön değiştiren yüklerde aderansın zayıflaması, eğilme çatlaklarının iki tarafta birleşmesine neden olabilir, şekil.2.15.b.

Özellikle kısa açıklıklı bağ kirişlerinde, şekil.2.15.c'de de görüldüğü gibi köşegen doğrultusunda donatıların yerleştirilmesi uygun sonuç verir. Bu yöndeki yüklenme de çekme kuvveti taşıyan ve büyük uzamalar yapan çubuk, yüklemenin yönünün değişmesi ile beton basınç bölgesi içinde kalır.

Donatıda elastik sınır ötesi uzama meydana gelmişse basınç durumunda betondaki çatlaklar kapanmadan donatı basınç kuvvetinin büyük bir kısmını taşır.

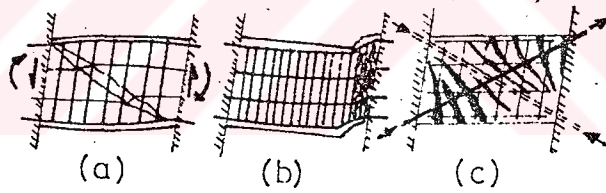
Bu tür köşegen donatılar bütün boylarında sabit çekme kuvveti taşıdıklarından aderans sorunu olmaz. Ancak donatı uçlarının perde içindeki beton bölgesine kenetlenmesi önemlidir.

Taşıyıcı sistemin statik çözümünde bağ kirişlerinin narinliği arttıkça daha az eğilme momenti karşılayacaklarından çatlama ve kesitin eğilme rijitliğinin küçülmesi daha az olacaktır.

Köşegen donatıya sahip bağ kirişinin eş değer atalet momenti, h yüksekliği ve N serbest açıklık olmak üzere;

$$I_e = \frac{0.4 \cdot I_g}{\left[1 + 3 \cdot \left(\frac{h}{L_n}\right)^2\right]} \quad (2.6)$$

olarak alınabilir.



Şekil 2.15. Perdeler arası bağ kirişlerinde göçme biçimleri

Alışla gelen donatılı bağ kirişlerinde ise çatlama daha etkili olacağından etkili atalet momentinin daha da azaltılması uygundur.

$$I_e = \frac{0.2 \cdot I_g}{\left[1 + 3 \cdot \left(\frac{h}{L_n}\right)^2\right]} \quad (2.7)$$

Perdeleri birleştiren bağ kirişleri döşeme ile beraber bulunuyorsa, etkili tabla kalınlığı, kiriş genişliğine döşeme kalınlığının sekiz katı eklenerek bulunabilir (1).

2.2.3. Birleşik Sistemler (Perde duvarlı çerçeve sistemler)

Bu tür yapılar hem perde duvarı hem de çerçeve taşıyıcı sistemi bir arada bulunduran yapılardır (Şekil 2.16). Yapıda kat alanının bir yüzdesi olarak her iki asal yönde perde duvar bulunmaktadır. Genellikle bu oran (% 0.5 ile % 2.5) civarındadır. Bu miktar yapının yüksekliği ile doğru orantılı olarak değişmektedir.



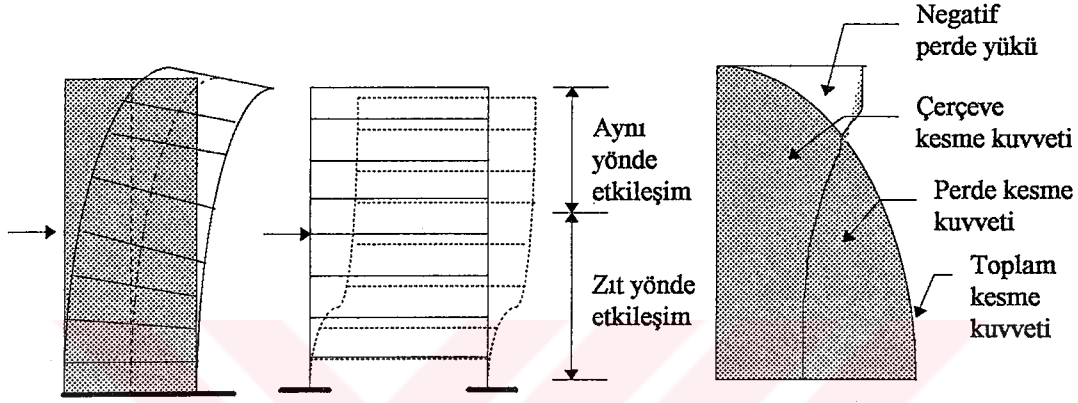
Şekil.2.16. Birleşik çerçeve sistemlerinin düzenlenişi

Perde duvarlı çerçeve yapıda yanal ötelenmeler kısıtlanmaktadır. Perde eleman depreme karşı birinci savunma çizgisidir. Perde duvarın hasarı sonucu taşıma gücünün azalmasından sonra çerçeve sistemi ikinci savunma unsuru olarak devreye girmektedir.

Perdeler, yapının elastik enerji tüketme gücünü artırırken, çerçeveler de kalıcı deformasyonlar yaparak plastik enerji tüketme gücünü artırır. Bu yapıım şeklinin bütün deprem bölgelerinde kullanılması uygundur. Değişik şekillerde düzenlenebilir.

Perde Çerçeve Etkileşimi

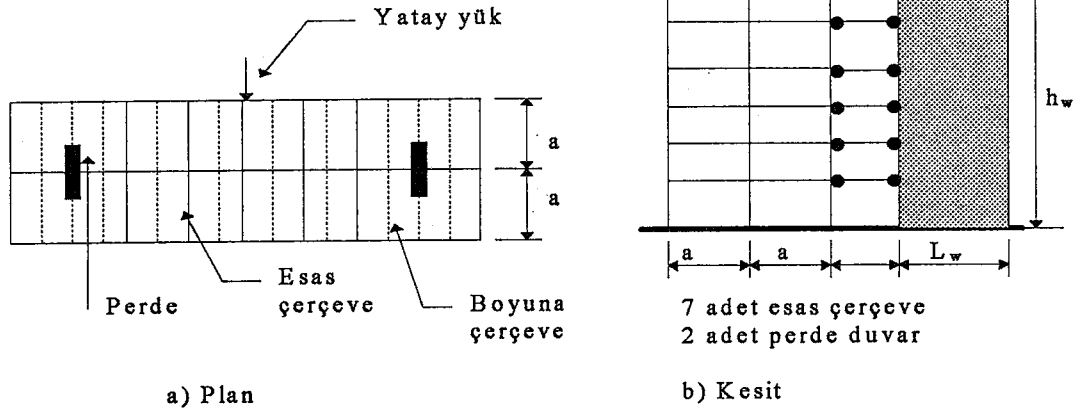
Perdeler ve çerçeveler yük taşıma durumunda birbirinden farklı davranırlar. Bu nedenle yatay yük paylaşılırak, perde ve çerçevenin birbirinden bağımsız şekilde çözümleri uygun değildir. Şekil.2.17' de aynı yükü taşıyan konsol bir perde ve çerçeve gösterilmiştir.



Şekil.2.17. Perde - Çerçeve karşılıklı etkileşimi

Perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olmakta ve yükün etkidiği seviyenin üstünde sabit bir eğim ortaya çıkmaktadır. Bu şekil değiştirmenin özelliğinden dolayı başlangıçta yatay olan her katta bir dönme oluşmaktadır. Çerçevelerde ise yatay ötelenmeler alt katlarda meydana gelmekte ve yükün üzerindeki katlar ise yukarı doğru düşey doğrultuya gelmektedir. Yer değiştirmenin bu şekilde farklı olması nedeniyle, üst katlarda perdenin yatay yer değiştirmesi çerçeve tarafından önlenir. Bu nedenle alt katlarda iki sistem yatay yükün taşınmasında birbirine yardım ederken, üst katlar da perdeye etkileyen yük işareti değişir.

Şekil.2.18.a' da simetrik bir yapının planı gösterilmiştir. Her kat, döşemesi içinde rijit davrandığı kabul edilerek ve simetriden faydalanılarak çerçeveler ile perdelerin ayrı ayrı birleştirilerek şekil.2.18.b' de ki sistem elde edilir.



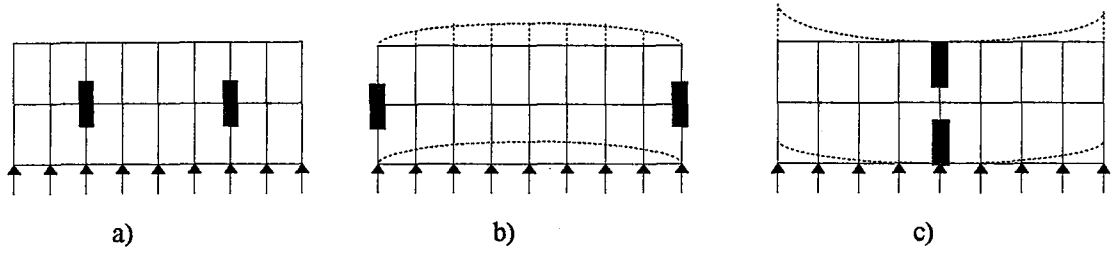
Şekil.2.18. Perde ve çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler

Perde duvarlarda, yükseklik ile birlikte yatay ötelenmeler ve katlar arasındaki rölatif ötelemeler giderek artmakta buna karşılık çerçevelerde ise yükseklik ile birlikte katlar arasındaki rölatif ötelenme giderek azalmaktadır. Bu bakımdan perde duvarlı çerçeveli bir yapıda, alt katlarda perde duvarlar çerçevenin yatay ötelenmelerini kısıtlarken, üst katlarda ise çerçeve perdenin ötelenmesini kısıtlamaktadır.

Az katlı yapılarda perdenin payına düşen yatay kuvvetin oranı daha çok iken yüksek yapılarda oran özellikle yapı yüksekliği boyunca giderek azalmaktadır. Diğer yandan perde duvarların yapı içinde dağılımı da her bir katta perde duvarların payına düşen yatay kuvvetlerin oranı üzerine etkili olmaktadır.

Perde ve çerçevenin karşılıklı etkileşmesi, perdeye ve çerçeveye gelen yatay yüklerin oranı, perdenin rijitliği kadar bu iki sistemi birbirine bağlayan bağ kirişlerinin rijitliğine de bağlıdır.

Eğer uzun ve ince döşemeli sistemler de yatay kuvvetin önemli bir kısmı perdeler tarafından taşınıyorsa döşemelerin, düzlemleri içindeki yer değiştirmelerinin de hesaba katılması gerekebilir.



Şekil.2.19.Döşeme plağının esnekliğinin yatay yükün paylaşılmasındaki etkisi

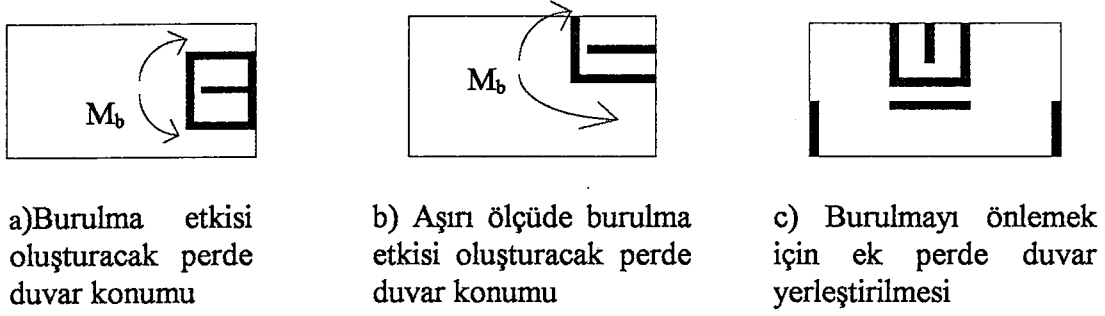
Şekil.2.19.a' daki sistemde döşeme yatay yer değiştirmesinin yük dağılımına olan etkisi ihmal edilebilecek düzeyde kabul edilebilir. Şekil.2.19.b ve şekil.2.19.c' de yapılacak rijit döşeme kabulü çerçevenin taşıdığı yatay yükü düşük verirken, perdenin kını olduğundan daha fazla çıkartacaktır.

2.3.Perde Duvarların Düzenlenmesi

Perde duvarlı yapıların taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasında perde duvarların yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeleri önemlidir (Şekil 2.20). Yapılarda perde duvarlar çoğunlukla asansör boşluklarına ya da merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirilmektedir. Eğer bu boşluklar yapının içinde simetrik değilse yapıda kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli mesafeler olacak ve deprem sırasında yapıda burulma etkileri oluşacaktır.

Yapı yüksekliği boyunca perde duvarların sürekliliği önemlidir. Perde duvarlar yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak devam etmelidir. Çeşitli nedenlerle zemin katında hiç yapılmaması yada en üst kata kadar uzatılmayıp ara bir yerde kesilmesi deprem açısından çok sakıncalıdır.

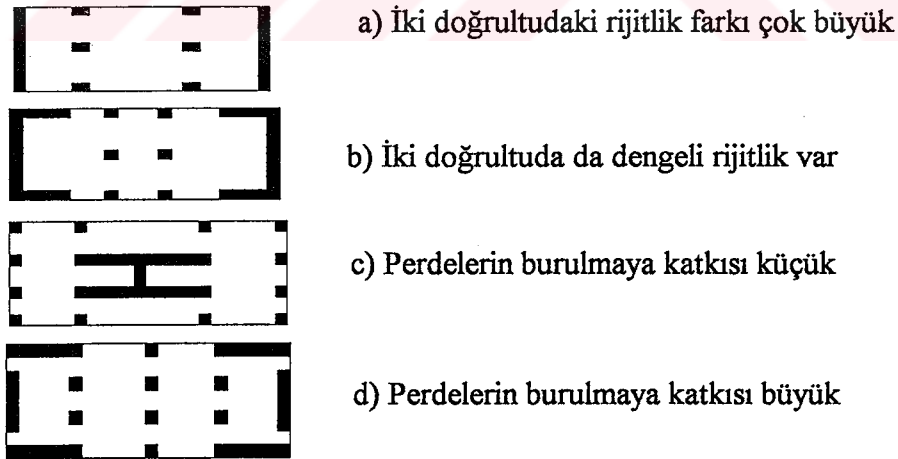
Eğer çevresine perde duvar konulacak asansör ya da merdiven boşlukları yapıda simetrik ve kütle merkezine yakın bir yere yerleştirme olanağı yoksa ve yapıda burulma oluşması istenmiyorsa yapıya, kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştıracak ek perde duvarların konulması gereklidir.



Şekil.2.20. Burulma etkisi oluşturacak perde duvar konumları ve ek perde duvarlarla burulmanın önlenmesi

Pencere delikleri şaşırtmalı ve ayaklar üzerine duran perde duvarlarda aradaki bağ kirişlerinin boyutları çok kısalmakta, bunlara çok büyük kesme gerilmeleri gelmektedir. Bu nedenle bunların analizleri ve deprem kuvvetlerini taşıyabilecek şekilde boyutlandırılmaları çok zordur.

Perde duvarların, yapıların üst katlarında pek etkili olmadıkları yada gereksiz oldukları düşüncesi ile bazı yapılarda belli bir kattan sonra perde duvar yapılmamaktadır. Perde duvarın, yapının en üst katına kadar yapılmaması, perdenin kesildiği yerde gerilme yığılmalarına neden olur ve bu düzeyde büyük hasarlar oluşabilir. Perde duvarların düzenleniş biçimleri Şekil 2.21' de verilmiştir.



Şekil.2.21. Perde duvarların düzenleniş biçimleri

Perde duvarların yatay yük taşımada en etkili oldukları ve yapıya depremde gelen yatay yüklerin en büyük düzeyde olduğu zemin katta mutlaka perde duvar yapılmalı ve duvarların mümkün olduğu kadar basit biçimlerde olmasına dikkat edilmelidir.

2.4. Perde Duvarlar İle İlgili Konstrüktif Kurallar

Perdeler, planda uzun kenarın kısa kenarına oranı en az 5' olan düşey taşıyıcı elemanlar olarak kolon ve benzeri elemanlardan ayrılır.

Eğilme etkisinde olan uzun perdelerde kesit uçlarında büyük gerilmeler meydana gelir. Elastik davranış ve homojen kesit davranışı ile bulunan gerilmelerin $0.2 f_{ck}$ ' değerini aştığı bölgeler perdelerin yüksek zorlanma bölgeleri olarak bilinir. En az 300 mm boyunda tanımlanan bu bölgelerde, kolona benzeyen perde özel uç elemanları oluşturulur.

Beton ve donatı yerleşimi için perdeler de bir minimum kalınlık öngörülmüştür. Ayrıca perdeler de sünek davranışın sağlanması için aralıkları yeteri kadar sık olan yatay ve düşey minimum donatıya ihtiyaç vardır. Yatay ve düşey yükün tamamının perdeler tarafından taşındığı taşıyıcı sistemler de perdeler statik açıdan gerekenden fazla olabilir. Bu durumda minimum donatı düşürülebilir. Bu tür sistemlerde en büyük kayma gerilmesi $0.23f_{ck}$ değerinden küçük ise ve her bir doğrultudaki perdelerin A_d ' alanı, binanın plandaki A_p ' alanı ve N binanın katsayısı olmak üzere ;

$$\frac{A_d}{A_p} \geq 0.0015N \quad (2.8)$$

bağıntısını sağlıyorsa perdelerin yüksek zorlanma bölgeleri dışında donatı oranı her bir doğrultu için 0.0015' oranına indirilebilir. Bu durumda da donatı aralığı 30 cm' yi aşmamalıdır.

Perdelerin kesitlerinin uçlarında perde boyunun % 10'u boyunda ve 30 cm' den daha kısa olmayan bölge de düşey donatı gövdedekinin iki katına çıkarılmalı ve $6\phi 12$ ' den az olmamalıdır. Perde kesitinde homojen kesit ve doğrusal elastik davranış kabulü ile çekme gerilmeleri elde ediliyorsa, çekme gerilmelerinin bulunduğu bölgeler de düşey donatı oranı

$$\delta \geq \delta_{\min} = \frac{1.2}{f_{yk} [M p_a]} \quad (2.9)$$

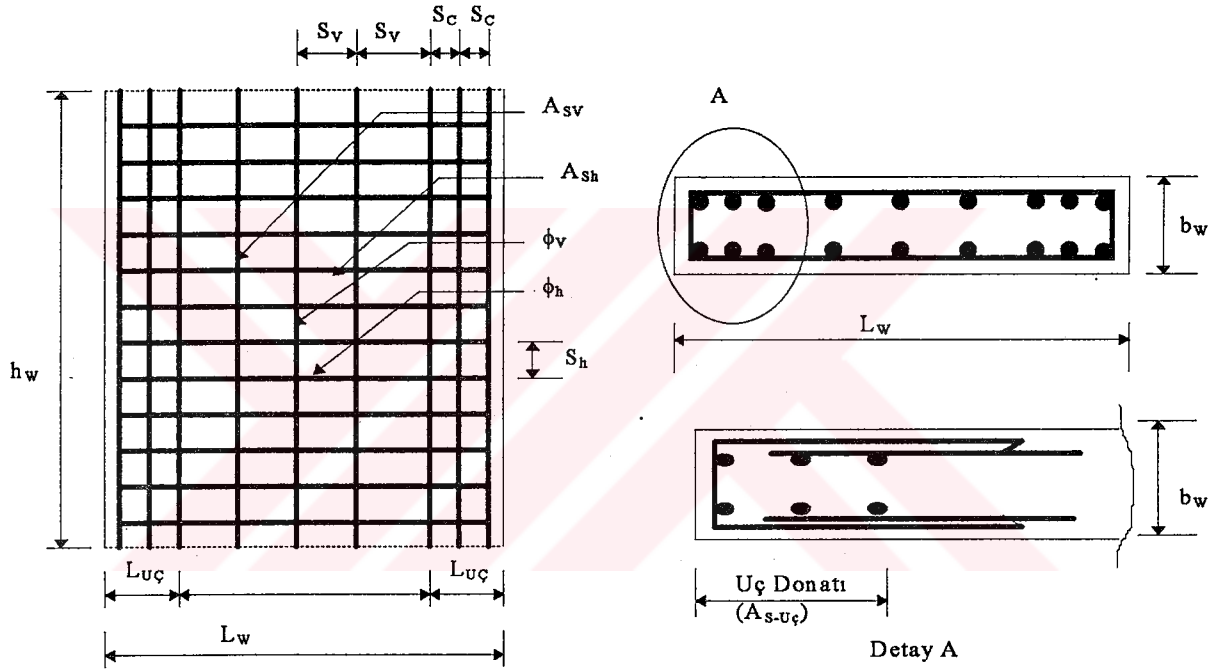
koşulunu sağlamalıdır.

Eğilme momenti etkisi ile, perdelerin uç bölgelerinde büyük basınç gerilmeleri meydana gelir. Bu bölgelerde kolonların, sarılma bölgelerinde olduğu gibi, sünekliğin artırılması amacı ile etriye oluşturulması tavsiye edilir. Perdeye etkiyen hesap kesme kuvvetinin üst sınırı, A_C perde kesit alanı ve A_{SV} düşey donatı toplam alanı olmak üzere;

$$V_d \leq V_{d-\max} = 0.45f_{CTK} * A_C + f_{YK} * A_{SV} \quad (2.10)$$

olarak verilmiştir.

Perde duvarlarda donatı yerleşim biçimi Şekil 2.22'de verilmiştir.



Şekil.2.22.Perde duvar donatı düzeni

Perde de boşluklar varsa bu koşul, A_{CV} boşluklardan sonra kalan perde kesit alanı olmak üzere,

$$V_d \leq V_{d-\max} = 1.9f_{CTK} * A_{CV} \quad (2.11)$$

Perdenin ucunda sona eren yatay donatılar 135° derece açılı kancalarla düşey donatılara sarılarak beton içine kenetlenmelidir. Perde uç kısmında U biçimli yatay firketelerle düşey donatılar sarılmalıdır.

2.5. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte Perde Duvarlar İçin Verilen Esaslar

1. Perde duvarları yatay yükler altında meydana gelecek momentleri aksel kuvvetleri ve kesme kuvvetlerini taşıyabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.
2. Perde, planda uzun kenarın kalınlığa oranı en az beş olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Düşey perde kalınlığı kat yüksekliğinin ve perde genişliğinin 1/20' sinden yada 15 cm' den az olmamalıdır. Güvenirliği hesapla gösterilemiyorsa bu minimum kalınlık 10m perde yüksekliği için alınmalı, daha yüksek perdeler de aşağı doğru her 6m ek yükseklik için minimum kalınlık ortalama 2cm artırılmalıdır.

Perde duvarların minimum donatı alanları perde bütün en kesit alanının, yatay donatı için 0.0025, düşey donatı için 0.0020 den az olamaz. Donatı aralığı perde kalınlığının 1.5 katı ve 30cm' den fazla olamaz.

Kolon tanımı ile perde tanımı arasında kalan düşey taşıyıcı elemanların minimum boyutu 25cm den az olamaz. Bu elemanlar donatı ve yatay yük katsayısı bakımından hem kolon hem de perdelerin sağlaması gerekli minimum koşulları yerine getirmelidir.

3. Betonarme perde duvarların en kesitlerinin her iki ucunda perdenin plandaki büyük boyutunun %10'u boyutundaki bölgeler de düşey donatı aralığı yarıya indirilmelidir. Ancak perde kesitinde, homojen kesit varsayımı ile çekme gerilmesi çıkması halinde, bu uç bölgedeki donatılar statikçe gerekli kesitin

BÇ:I için 0.005

BÇ:II için 0.004

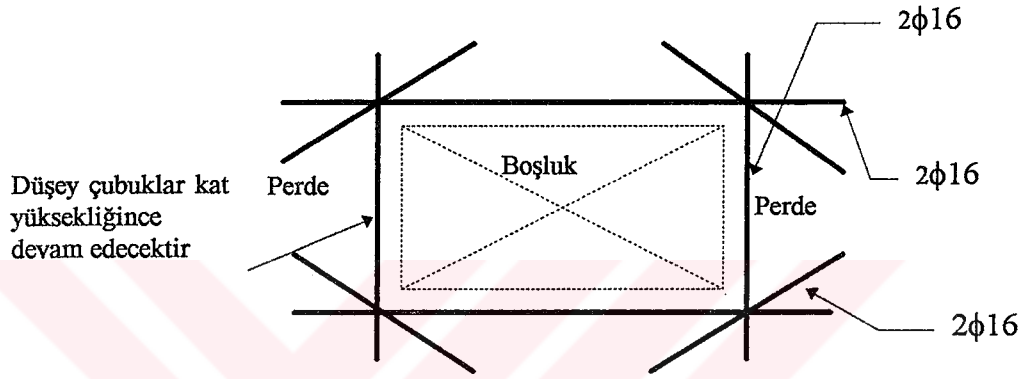
BÇ:III için 0.003

den az olmamalıdır.

4. Perde duvarlarındaki donatı bindirme boyları kolonlarda öngörülen koşullara uygun olmalıdır.

5. Perdelerde bulunan boşlukların her kenarının iki yüzüne en az ikişer adet $\phi 16$ 'lık donatı yerleştirilmelidir. Büyük boşlukların bulunması halinde, boşluklar göz önüne alınarak hesap yapılacak ve her iki kenardaki demirlerin toplam alanı, boşluk nedeni ile kesilen demirlerin alanından az olmamalıdır.

Ayrıca bu boşluk köşesine her yüzeyde yatay düzlemde 45° 'lik açı meydana getiren en az ikişer adet $\phi 16$ 'lık donatı kullanılmalıdır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 .Boşuklu perde duvarlarda köşegen donatılarının yerleştirilmesi.....

Tablo 2.1 Perde duvarlar ile ilgili konstrüktif esaslar

Tanım	TS500	Deprem Yön.	Ek Öneri
min L_w	-	$5 b_w$	-
min b_w	150 mm	150 mm, $h_{kat}/20$	200 mm
max S_w, S_h	300 mm, $b_w, L_w/3$	300 mm, $1.5b_w$	250 mm
min ϕ_w, ϕ_h	-	-	8 mm
min ρ_w	0.0025	0.0025	-
min ρ_h	0.0025	0.0020	-
max S_c	-	$S_v/2$	-
min $\rho_{UÇ}$	-	-	0.005
min $A_{s-UÇ}$	-	-	$6\phi 12$
min $L_{UÇ}$	-	$0.1L_w$	$0.1L_w, 300$ mm

6. Perdelerin diğer perdelerle ya da yapı elemanlarıyla birleştikleri noktalarda birlikte çalışmayı sağlayacak biçimde donatı bağlantısı ve detaylandırma yapılmalıdır .

2.6.Boşluklu Perde Duvarlı Sistemlerin Çözüm Yöntemleri

Boşluklu Perde duvarların analizinde kullanılan çözüm yöntemlerini genel olarak üç gruba ayırmak mümkündür.

Sürekli Sistem İdealleştirmesi İle Çözüm

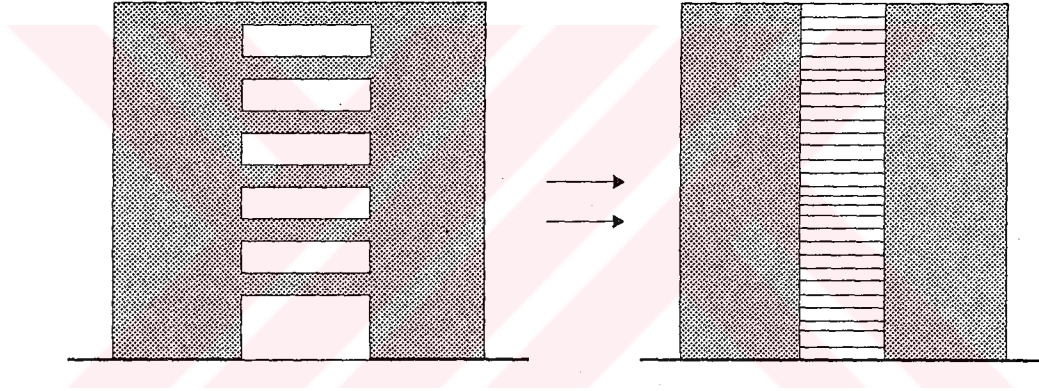
Perdenin yapısal ve geometrik özelliklerinin değişmediği, kat yüksekliklerinin aynı olduğu, bağ kirişlerinin saplandığı perde duvarlarının simetrik deformasyon yaptığı, dolayısı ile bağ kirişlerinin moment sıfır noktalarının açıklık ortasında olacağı kabul edilmektedir (Şekil 2.24). Bu metotta, bağ kirişleri sürekli bir kayma tabakası ile temsil edilmektedir. Yatay parametrelere bağlı olarak elde edilen ikinci mertebeden bir diferansiyel denklemin çözümü ile sistemin bilinmeyenleri hesaplanmaktadır (10).

Söz konusu sınırlamalar, çeşitli problemler ortaya çıkarır. Perde duvarı boyutlarındaki simetri ve düzenlilik bozukluğu, boşlukların yeri ve sayısında değişiklik olduğunda, problem çok karmaşık olmakta, çözüm zorlaşmaktadır. Yöntem, her türlü probleme uygulanamadığından pratik ve genel değildir (10).

Sürekli Bağlantı Metodunun Temel Varsayımları ve Bunların Analize Etkileri ;

1. Bağ kirişlerinin oluşturduğu kesikli sistemin sürekli bir sistem gibi modellendiği varsayımı, birinci kat kirişinin olduğundan daha rijit ve sonuncu kat kirişinin de olduğundan daha esnek kabul edilmesi sonucunu ortaya çıkarır. Bu nedenle, diğer kabullerin geçerli olduğu hallerde bile bu iki kiriş için elde edilen sonuçlar yaklaşıktır (5).
2. Perdelerdeki kesme kuvvetlerinden ortaya çıkan kayma deformasyonlarının hesaba katılmamış olması perde duvarın olduğundan daha rijit kabul edilmesi sonucunu vermektedir. Dolayısı ile hesaplanan kat deplasmanları da gerçek değerlerden daha küçük bulunacaktır (5).

3. Genel olarak perde duvarlarda, düzlem kesit deformasyondan sonra düzlem kalmaz. Özellikle enli perdelerde düzlem kesitin düzlem kalması kabulü perde duvar gerilmeleri açısından çözümün yaklaşık olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır (5).
4. Kayma deformasyonlarının önem kazandığı derin bağ kirişlerinde bu deformasyonların etkisi kirişlerin atalet momentleri azaltılarak hesaba katılabilir (5).
5. Moment sıfır noktalarının bağ kirişlerinin ortasında olduğu kabulü, atalet momentleri birbirinden çok farklı olmayan duvar elemanlar için geçerli bir varsayımdır. Ancak perde atalet momentleri oranı 8'den büyük olduğu hallerde bu kabulün geçerliliğini yitirdiği ve sonuçların çok yaklaşık olduğu yapılan model çalışmaları ile gösterilmiştir (5).



Şekil.2.24. Sürekli bağlantı metodu

Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Çözüm

Taşıyıcı sistem bir çok elemanın düğümlerde birleşmesi ile oluşmuş ağ şeklinde ele alınmaktadır. Sisteme etkiyen dış yükler, eşdeğer düğüm yükleri olarak ele alınmakta, sistemin bilinmeyenleri ise bu yükler altında düğümlerin yapmış olduğu deplasmanlar olmaktadır. Sonlu eleman tipi olarak genelde iki boyutlu, her düğümde iki serbestlik derecesi olan düzlem gerilme elemanı kullanılmaktadır. Düğümlerdeki uygunluk ve sınır şartları tanımlanmakta, matris cebri kullanılarak tüm sistem için bir denklem takımı oluşturulmakta, böylece düğüm deplasmanları ve bunlara bağlı olarak düğümlerde oluşan gerilmeler hesap edilmektedir (10).

Sonlu elemanlar metodu genel olarak tüm yapısal analiz problemleri için kullanılabilir. Bu metodun gerçekçi sonuçlar verebilmesi, kullanılacak modelin yapısal davranışa uygun hazırlanması ile mümkündür.

Boşluklu betonarme perde duvarların, Sonlu Elemanlar metodu kullanılarak yapılan elastik analizinde dikkat edilmesi gerekli hususlar maddeler halinde aşağıda verilmiştir (5).

1) Perde duvar ve bağ kirişleri için birbiriyle uyumlu sonlu eleman tiplerinin seçimi gereklidir. Genel olarak iki boyutlu dört veya daha fazla düğüm noktalı sonlu elemanlar, hem perde duvar hem de bağ kirişleri için kullanılabilir.

Bağ kirişlerinin tek boyutlu, iki düğüm noktalı elemanlarla tanımlanması halinde iki farklı eleman arasında uygunluk şartının sağlanması problemi ortaya çıkmaktadır.

- 2) Modelleme de kullanılacak sonlu eleman, eğilme durumunu temsil edebilmesi, yani eğilme durumunda yapının deforme olmuş şeklini alabilmesi gereklidir.
- 3) Gerilme yığılmalarının olduğu bağ kirişleri ve onların perde duvara bağlandıkları bölgelerde, model daha fazla sayıda eleman kullanılarak hassaslaştırılmalıdır.

Düşük mertebeden sonlu elemanlar ani gerilme değişimlerinin olduğu bölgelerde yeterli sayıda kullanılamazlar ise bu bölgelerde hesaplanan gerilme değerleri oldukça yaklaşık olabilir.

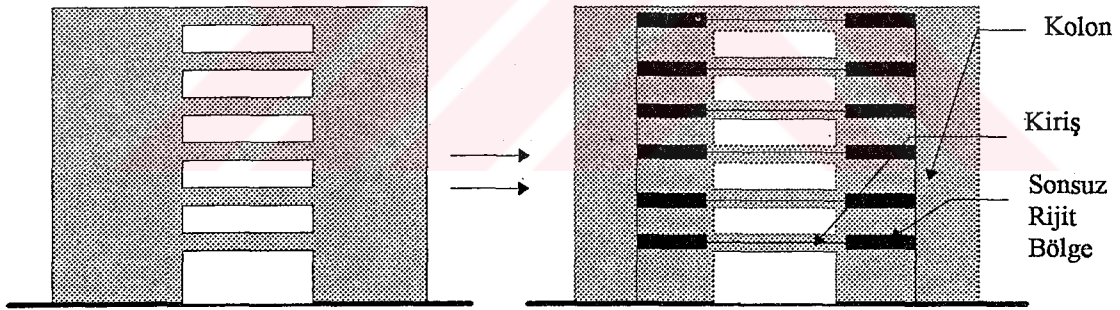
4) Gerilme yoğunlaşmalarının olduğu yerlerde çok sayıda ve küçük elemanlar kullanılarak yapılan model, komşu duvar elemanları için kenar oranı problemi oluşturabilir. Bu durumda geçiş elemanları kullanılması mümkün olmakla birlikte davranışa getireceği etki göz ardı edilmemelidir.

Eşdeğer Çerçeve Analjisi İle Çözüm

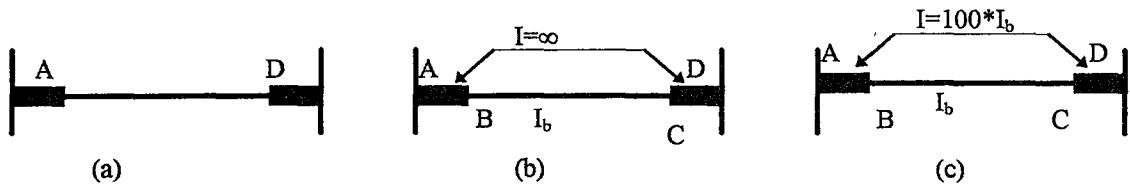
Çok katlı boşluklu perdelerin kişisel bilgisayarlar ile analizi için ideal bir yöntemdir. Bu metotta, hem çözüm zamanı kısa olmakta, hem yapı içindeki diğer taşıyıcı sistem olan çerçeveler ile etkileşim dikkate alınabilmektedir. Perde ve bağ kirişleri eksenlerinin kesişme noktaları düğüm olarak ele alınmak sureti ile perde - bağ kirişi yerine kolon - kiriş sistemi çözülmektedir (Şekil 2.25). Bağ kirişleri ile perde birleşim yerlerindeki gerilme yığılmalarının dikkate alınmaması bu yöntemin belli başlı bir eksiğidir (10).

Boşluklu perde duvarların çözümü için önerilen Eşdeğer Çerçeve metodunun, çerçeve sistemler için kullanılan metottan temel farkı, perde genişliklerinin ihmal edilmeyecek boyutlarda olması ve bu nedenle hesaba katılmasıdır (5).

Bağ kirişlerinin perde kenarı ile perde eksenini arasında kalan kısımlarının sonsuz rijit kabul edilmesi eşdeğer çerçeve yönteminin temel varsayımdır.



Şekil.2.25. Eşdeğer çerçeve yöntemi



Şekil.2.26. Bağ kirişlerine ait modellemeler

Perde eninin büyük olduğu durumlarda, sonsuz rijit kabul edilen kısımlar düşey yönde birbirlerinden bağımsız deplasman yapabilmekte, yani gerçek duvar davranışına aykırı

deforme olabilmektedir. Bu kısımları düşey veya çapraz çubuk elemanlarla birbirine bağlayarak yapılan çözümler daha gerçekçi olmaktadır (5).

Bağ kirişleri ile bunların sonsuz rijit kısımları eşdeğer çerçeve metodunda üç değişik yöntemle hesaba katılabilir (5).

- 1) Bağ kirişlerinin uçlarında sonsuz rijit kısımlar bulunan özel kiriş sonlu elemanlarıyla tanımlanabilme olanağı varsa, fazladan düğüm noktası kullanılmadan ve nümerik problemlerle karşılaşmadan analiz modeli hazırlanabilir (şekil.2.26.a).
- 2) Sonsuz rijitlikteki sonlu elemanların modellemede kullanılmasıdır. Bu yöntemde her bir bağ kirişi için fazladan iki düğüm noktası gereklidir (şekil.2.26.b).

En yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Modellemede klasik çubuk elemanlar kullanılmaktadır. Sonsuz rijit kısımların kesit özelliklerini, normal bir bağ kirişinin kesit özelliklerinin yaklaşık yüz katı kadar almak yeterli olmaktadır (şekil.2.26.c). Ancak bu modellemede, her kiriş için fazladan iki düğüm noktasının tanımlanması hem de rijitlik farkının nümerik problemlere yol açmayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir.

3. BOŞLUKLU PERDE MODELİNİN SONLU ELEMANLAR ÇÖZÜMÜ

Ele alınan modelin sayısal olarak çözümü, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmıştır. Çözümde SAP90 bilgisayar programı kullanılmıştır. Analizleri yapılacak olan deney numuneleri 1/5 ölçeğinde SHELL eleman olarak modellenmiştir. Bu modellerin çözümünün yapılabilmesi için gerekli olan data dosyaları hazırlanmış ve bu bilgiler programa girilerek sayısal çözümler yapılmıştır. Sayısal analizler, her modele sabit yükseklikten ve aynı değerdeki yatay bir yük etki ettirilmek sureti ile yapılmıştır.

3.1.Perde Duvarları Modellemek İçin Hazırlanan Data Dosyaları

Üç farklı model için ayrı hazırlanan data dosyaları verilmiştir. Sistemin düğüm ve eleman numaralı şekil 3.1 ve 3.2’de görülmektedir.

123	124	125	126	127	128	208	209	210	211	212	271	272	273	274	275	276
127	128	129	130	131	132	205	206	207	208	266	268	267	269	268	269	270
121	122	123	124	125	126	201	202	203	204	269	269	261	262	263	264	264
116	118	117	118	119	120					263	264	265	266	267	268	269
109	110	111	112	113	114					247	248	249	250	251	252	252
103	104	105	106	107	108					241	242	243	244	245	246	246
97	98	99	100	101	102					235	236	237	238	239	240	240
91	92	93	94	95	96	287	288	289	290	229	230	231	232	233	234	234
85	86	87	88	89	90	283	284	285	286	223	224	225	226	227	228	228
79	80	81	82	83	84	289	290	291	292	217	218	219	220	221	222	222
73	74	75	76	77	78					211	212	213	214	215	216	216
67	68	69	70	71	72					205	206	207	208	209	210	210
61	62	63	64	65	66					199	200	201	202	203	204	204
55	56	57	58	59	60					193	194	195	196	197	198	198
49	50	51	52	53	54	289	290	291	292	187	188	189	190	191	192	192
43	44	45	46	47	48	281	282	283	284	181	182	183	184	185	186	186
37	38	39	40	41	42	277	278	279	280	175	176	177	178	179	180	180
31	32	33	34	35	36					169	170	171	172	173	174	174
25	26	27	28	29	30					163	164	165	166	167	168	168
19	20	21	22	23	24					157	158	159	160	161	162	162
13	14	15	16	17	18					151	152	153	154	155	156	156
7	8	9	10	11	12					145	146	147	148	149	150	150
1	2	3	4	5	6					139	140	141	142	143	144	144

Şekil 3.1 Perde duvar ağının düğümlerinin numaralandırılması ($D_1=50$ cm)

100	107	100	108	110	240	247	248	248	250	210	217	218	218	220
101	102	103	104	105	241	242	243	244	245	211	212	213	214	215
98	97	98	98	100						208	207	208	208	210
81	82	83	84	86						201	202	203	204	206
98	87	88	89	90						198	187	188	188	200
81	82	83	84	85						181	182	183	184	185
78	77	78	78	80						188	187	188	188	180
71	72	73	74	75	230	237	238	238	240	181	182	183	184	185
68	67	68	68	70	231	232	233	234	235	178	177	179	178	180
81	82	83	84	85						171	172	173	174	175
68	67	68	68	80						188	187	188	188	170
61	62	63	64	65						181	182	183	184	185
48	47	48	48	50						168	167	168	168	180
41	42	43	44	46						161	162	163	164	165
38	37	38	38	40	228	227	228	228	230	148	147	148	148	150
31	32	33	34	35	221	222	223	224	225	141	142	143	144	145
28	27	28	28	30						138	137	138	138	140
21	22	23	24	26						131	132	133	134	135
18	17	18	18	20						128	127	128	128	130
11	12	13	14	16						121	122	123	124	125
8	7	8	8	10						118	117	118	118	120
1	2	3	4	5						111	112	113	114	115

Şekil.3.2.Perde duvar ağıının elemanlarının numaralandırılması ($D_1=50$ cm).

Birinci Numunenin çözümü için hazırlanmış olan data dosyası

C ÜC KATLI BOŞLUKLU PERDE SİSTEM ($D_1=50$ CM)
C ÖLÇÜLER METRE OLARAK ALINMIŞTIR
SYSTEM

N=312 L=1

:

RESTRAINTS

1,312,1 R=0,0,1,1,1,0

1,6,1 R=1,1,1,1,1,1

139,144,1 R=1,1,1,1,1,1

:

JOINTS

1 X=0 Y=0

6 X=0.50 Y=0 G=1,6,1

7 X=0 Y=0.05

12 X=0.50 Y=0.05

37 X=0 Y=0.55

42 X=0.50 Y=0.55 Q=7,12,37,42,1,6

43 X=0 Y=0.60

48 X=0.50 Y=0.60

54 X=0.50 Y=0.65 Q=43,48,49,54,1,6

55 X=0 Y=0.75

60	X=0.50	Y=0.75	
79	X=0	Y=1.15	
84	X=0.50	Y=1.15	Q=55,60,79,84,1,6
85	X=0	Y=1.20	
90	X=0.50	Y=1.20	
91	X=0	Y=1.25	
96	X=0.50	Y=1.25	Q=85,90,91,96,1,6
97	X=0	Y=1.35	
102	X=0.50	Y=1.35	
121	X=0	Y=1.75	
126	X=0.50	Y=1.75	Q=97,102,121,126,1,6
127	X=0	Y=1.80	
132	X=0.50	Y=1.80	
133	X=0	Y=1.85	
138	X=0.50	Y=1.85	Q=127,132,133,138,1,6
139	X=1.00	Y=0	
144	X=1.50	Y=0	G=139,144,1
145	X=1.00	Y=0.05	
150	X=1.50	Y=0.05	
175	X=1.00	Y=0.55	
180	X=1.50	Y=0.55	Q=145,150,175,180,1,6
181	X=1.00	Y=0.60	
186	X=1.50	Y=0.60	
187	X=1.0	Y=0.65	
192	X=1.5	Y=0.65	Q=181,186,187,192,1,6
193	X=1.00	Y=0.75	
198	X=1.50	Y=0.75	
217	X=1.0	Y=1.15	
222	X=1.5	Y=1.15	Q=193,198,217,222,1,6
223	X=1.00	Y=1.20	
228	X=1.50	Y=1.20	
229	X=1.0	Y=1.25	
234	X=1.5	Y=1.25	Q=223,228,229,234,1,6
235	X=1.00	Y=1.35	
240	X=1.50	Y=1.35	
259	X=1.0	Y=1.75	
264	X=1.5	Y=1.75	Q=235,240,259,264,1,6
265	X=1.00	Y=1.80	
270	X=1.50	Y=1.80	
271	X=1.0	Y=1.85	
276	X=1.5	Y=1.85	Q=265,270,271,276,1,6
277	X=0.60	Y=0.55	
280	X=0.90	Y=0.55	
285	X=0.60	Y=0.65	
288	X=0.90	Y=0.65	Q=277,280,285,288,1,4
289	X=0.60	Y=1.15	
292	X=0.90	Y=1.15	
297	X=0.60	Y=1.25	

300 X=0.90 Y=1.25 Q=289,292,297,300,1,4
 301 X=0.60 Y=1.75
 304 X=0.90 Y=1.75
 309 X=0.60 Y=1.85
 312 X=0.90 Y=1.85 Q=301,304,309,312,1,4

:

SHELL

NM=1

1	E=2700000	U=0.30		
1	JQ=1,2,7,8	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
6	JQ=7,8,13,14	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
31	JQ=37,38,43,44	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
41	JQ=49,50,55,56	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
66	JQ=79,80,85,86	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
76	JQ=91,92,97,98	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
101	JQ=121,122,127,128	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
111	JQ=139,140,145,146	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
116	JQ=145,146,151,152	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
141	JQ=175,176,181,182	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
151	JQ=187,188,193,194	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
176	JQ=217,218,223,224	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
186	JQ=229,230,235,236	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
211	JQ=259,260,265,266	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
221	JQ=42,277,48,281	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
222	JQ=277,278,281,282	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
225	JQ=280,175,284,181	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
226	JQ=48,281,54,285	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
227	JQ=281,282,285,286	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
230	JQ=284,181,288,187	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
231	JQ=84,289,90,293	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
232	JQ=289,290,293,294	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
235	JQ=292,217,296,223	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
236	JQ=90,293,96,297	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
237	JQ=293,294,297,298	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=3,1
240	JQ=296,223,300,229	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=1,1
241	JQ=126,301,132,305	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=1,1
242	JQ=301,302,305,306	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=3,1
245	JQ=304,259,308,265	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=1,1
246	JQ=132,305,138,309	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=1,1
247	JQ=305,306,309,310	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=3,1
250	JQ=308,265,312,271	ETYPE=0 M=1	TH=.30	G=1,1

:

LOADS

127 F=25,0

:

Üst kat bağ kirişi yüksekliği 100 cm için sonlu eleman ağı şekil 3.3 ve 3.4'de verilmiştir.

139	140	141	142	143	144	329	330	331	332	283	284	285	286	287	288
133	134	135	136	137	138	325	326	327	328	277	278	279	280	281	282
127	128	129	130	131	132	321	322	323	324	271	272	273	274	275	276
121	122	123	124	125	126	317	318	319	320	265	266	267	268	269	270
115	116	117	118	119	120	313	314	315	316	259	260	261	262	263	264
109	110	111	112	113	114					253	254	255	256	257	258
103	104	105	106	107	108					247	248	249	250	251	252
97	98	99	100	101	102					241	242	243	244	245	246
91	92	93	94	95	96	309	310	311	312	235	236	237	238	239	240
85	86	87	88	89	90	305	306	307	308	229	230	231	232	233	234
79	80	81	82	83	84	301	302	303	304	223	224	225	226	227	228
73	74	75	76	77	78					217	218	219	220	221	222
67	68	69	70	71	72					211	212	213	214	215	216
61	62	63	64	65	66					205	206	207	208	209	210
55	56	57	58	59	60					199	200	201	202	203	204
49	50	51	52	53	54	297	298	299	300	193	194	195	196	197	198
43	44	45	46	47	48	293	294	295	296	187	188	189	190	191	192
37	38	39	40	41	42	289	290	291	292	181	182	183	184	185	186
31	32	33	34	35	36					175	176	177	178	179	180
25	26	27	28	29	30					169	170	171	172	173	174
19	20	21	22	23	24					163	164	165	166	167	168
13	14	15	16	17	18					157	158	159	160	161	162
7	8	9	10	11	12					151	152	153	154	155	156
1	2	3	4	5	6					145	146	147	148	149	150

Şekil 3.3 Perde duvar ağıının düğümlerinin numaralandırılması ($D_2=100$ cm)

111	112	113	114	115	254	254	255	256	257	270	228	227	228	229	230
106	107	108	109	110	253	253	254	255	256	269	221	222	223	224	225
101	102	103	104	105	252	252	253	254	255	268	216	217	218	219	220
96	97	98	99	100	251	251	252	253	254	267	211	212	213	214	215
91	92	93	94	95							208	207	208	209	210
86	87	88	89	90							201	202	203	204	205
81	82	83	84	85							196	197	198	199	200
76	77	78	79	80							191	192	193	194	195
71	72	73	74	75	246	247	248	249	250	186	187	188	189	190	
66	67	68	69	70	241	242	243	244	245	181	182	183	184	185	
61	62	63	64	65							176	177	178	179	180
56	57	58	59	60							171	172	173	174	175
51	52	53	54	55							166	167	168	169	170
46	47	48	49	50							161	162	163	164	165
41	42	43	44	45							156	157	158	159	160
36	37	38	39	40	236	237	238	239	240	151	152	153	154	155	
31	32	33	34	35	231	232	233	234	235	146	147	148	149	150	
26	27	28	29	30							141	142	143	144	145
21	22	23	24	25							136	137	138	139	140
16	17	18	19	20							131	132	133	134	135
11	12	13	14	15							126	127	128	129	130
6	7	8	9	10							121	122	123	124	125
1	2	3	4	5							116	117	118	119	120

Şekil 3.4. Perde duvar ağıının elemanlarının numaralandırılması ($D_2=100$ cm)

İkinci Numune İçin Hazırlanmış Olan Data Dosyası

C ÜÇ KATLI BOŞLUKLU PERDE SİSTEM (D1=100 CM)
C ÖLÇÜLER METRE OLARAK ALINMIŞTIR
SYSTEM

N=332 L=1

RESTRAINTS

1,332,1 R=0,0,1,1,1,0

1,6,1 R=1,1,1,1,1,1

145,150,1 R=1,1,1,1,1,1

:

JOINTS

1	X=0	Y=0	
6	X=0.50	Y=0	G=1,6,1
7	X=0	Y=0.05	
12	X=0.50	Y=0.05	
37	X=0	Y=0.55	
42	X=0.50	Y=0.55	Q=7,12,37,42,1,6
43	X=0	Y=0.60	
48	X=0.50	Y=0.60	
49	X=0	Y=0.65	
54	X=0.50	Y=0.65	Q=43,48,49,54,1,6
55	X=0	Y=0.75	
60	X=0.50	Y=0.75	
79	X=0	Y=1.15	
84	X=0.50	Y=1.15	Q=55,60,79,84,1,6
85	X=0	Y=1.20	
90	X=0.50	Y=1.20	
91	X=0	Y=1.25	
96	X=0.50	Y=1.25	Q=85,90,91,96,1,6
97	X=0	Y=1.35	
102	X=0.50	Y=1.35	
115	X=0	Y=1.65	
120	X=0.50	Y=1.65	Q=97,102,115,120,1,6
121	X=0	Y=1.70	
126	X=0.50	Y=1.70	
139	X=0	Y=1.85	
144	X=0.50	Y=1.85	Q=121,126,139,144,1,6
145	X=1.00	Y=0	
150	X=1.50	Y=0	G=145,150,1
151	X=1.00	Y=0.05	
156	X=1.50	Y=0.05	
181	X=1.00	Y=0.55	
186	X=1.50	Y=0.55	Q=151,156,181,186,1,6
187	X=1.00	Y=0.60	
192	X=1.50	Y=0.60	
193	X=1.0	Y=0.65	
198	X=1.5	Y=0.65	Q=187,192,193,198,1,6

199	X=1.00	Y=0.75	
204	X=1.50	Y=0.75	
223	X=1.0	Y=1.15	
228	X=1.5	Y=1.15	Q=199,204,223,228,1,6
229	X=1.00	Y=1.20	
234	X=1.50	Y=1.20	
235	X=1.0	Y=1.25	
240	X=1.5	Y=1.25	Q=229,234,235,240,1,6
241	X=1.00	Y=1.35	
246	X=1.50	Y=1.35	
259	X=1.0	Y=1.65	
264	X=1.5	Y=1.65	Q=241,246,259,264,1,6
265	X=1.00	Y=1.70	
270	X=1.50	Y=1.70	
283	X=1.0	Y=1.85	
288	X=1.5	Y=1.85	Q=265,270,283,288,1,6
289	X=0.60	Y=0.55	
292	X=0.90	Y=0.55	
297	X=0.60	Y=0.65	
300	X=0.90	Y=0.65	Q=289,292,297,300,1,4
301	X=0.60	Y=1.15	
304	X=0.90	Y=1.15	
309	X=0.60	Y=1.25	
312	X=0.90	Y=1.25	Q=301,304,309,312,1,4
313	X=0.60	Y=1.65	
316	X=0.90	Y=1.65	
329	X=0.60	Y=1.85	
332	X=0.90	Y=1.85	Q=313,316,329,332,1,4

SHELL

NM=1

1	E=2700000	U=0.30		
1	JQ=1,2,7,8	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
6	JQ=7,8,13,14	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
31	JQ=37,38,43,44	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
41	JQ=49,50,55,56	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
66	JQ=79,80,85,86	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
76	JQ=91,92,97,98	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,4
96	JQ=115,116,121,122	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,4
116	JQ=145,146,151,152	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
121	JQ=151,152,157,158	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
146	JQ=181,182,187,188	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
156	JQ=193,194,199,200	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
181	JQ=223,224,229,230	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
191	JQ=235,236,241,242	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,4
211	JQ=259,260,265,266	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,4
231	JQ=42,289,48,293	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
232	JQ=289,290,293,294	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1

235	JQ=292,181,296,187	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
236	JQ=48,293,54,297	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
237	JQ=293,294,297,298	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
240	JQ=296,187,300,193	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
241	JQ=84,301,90,305	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
242	JQ=301,302,305,306	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
245	JQ=304,223,308,229	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
246	JQ=90,305,96,309	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
247	JQ=305,306,309,310	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,1
250	JQ=308,229,312,235	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
251	JQ=120,313,126,317	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
252	JQ=126,317,132,321	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
253	JQ=132,321,138,325	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
254	JQ=138,325,144,329	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
255	JQ=313,314,317,318	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,4
267	JQ=316,259,320,265	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
268	JQ=320,265,324,271	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
269	JQ=324,271,328,277	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
270	JQ=328,277,332,283	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1

LOADS

133 F=25,0

Üst kat bağ kirişi yüksekliği $d=150$ cm olan modelin sonlu eleman ağı şekil 3.5 ve 3.6'da görülmektedir.

146	146	147	148	149	150	349	350	351	352	295	296	297	298	299	300
139	140	141	142	143	144	345	346	347	348	289	290	291	292	293	294
133	134	135	136	137	138	341	342	343	344	283	284	285	286	287	288
127	128	129	130	131	132	337	338	339	340	277	278	279	280	281	282
121	122	123	124	125	126	333	334	335	336	271	272	273	274	275	276
116	116	117	118	119	120	329	330	331	332	265	266	267	268	269	270
109	110	111	112	113	114	325	326	327	328	259	260	261	262	263	264
103	104	105	106	107	108					253	254	255	256	257	258
97	98	99	100	101	102					247	248	249	250	251	252
91	92	93	94	95	96	321	322	323	324	241	242	243	244	245	246
85	86	87	88	89	90	317	318	319	320	235	236	237	238	239	240
79	80	81	82	83	84	313	314	315	316	229	230	231	232	233	234
73	74	75	76	77	78					223	224	225	226	227	228
67	68	69	70	71	72					217	218	219	220	221	222
61	62	63	64	65	66					211	212	213	214	215	216
55	56	57	58	59	60					205	206	207	208	209	210
49	50	51	52	53	54	309	310	311	312	199	200	201	202	203	204
43	44	45	46	47	48	305	306	307	308	193	194	195	196	197	198
37	38	39	40	41	42	301	302	303	304	187	188	189	190	191	192
31	32	33	34	35	36					181	182	183	184	185	186
25	26	27	28	29	30					175	176	177	178	179	180
19	20	21	22	23	24					169	170	171	172	173	174
13	14	15	16	17	18					163	164	165	166	167	168
7	8	9	10	11	12					157	158	159	160	161	162
1	2	3	4	5	6					151	152	153	154	155	156

Şekil.3.5. Perde duvar ağının düğüm numaralandırılması ($D_3=150$ cm)

116	117	118	119	120	200	202	203	204	205	206	207	208	209	210
111	112	113	114	115	200	210	200	201	200	201	202	203	204	205
106	107	108	109	110	204	210	217	220	209	209	207	209	209	210
101	102	103	104	105	203	213	214	215	207	221	222	223	224	225
96	97	98	99	100	202	210	211	212	200	210	211	210	210	210
91	92	93	94	95	201	207	200	200	205	211	212	213	214	215
86	87	88	89	90						209	207	208	209	210
81	82	83	84	85						201	202	203	204	205
76	77	78	79	80						199	197	199	199	200
71	72	73	74	75	202	200	207	208	200	191	192	193	194	195
66	67	68	69	70	201	203	204	205	209	190	197	199	199	199
61	62	63	64	65						181	182	183	184	185
56	57	58	59	60						178	177	178	179	180
51	52	53	54	55						171	172	173	174	175
46	47	48	49	50						168	167	168	169	170
41	42	43	44	45						161	162	163	164	165
36	37	38	39	40	242	240	247	240	259	150	157	159	158	160
31	32	33	34	35	241	243	244	245	248	151	152	153	154	155
26	27	28	29	30						146	147	148	149	150
21	22	23	24	25						141	142	143	144	145
16	17	18	19	20						136	137	138	139	140
11	12	13	14	15						131	132	133	134	135
6	7	8	9	10						126	127	128	129	130
1	2	3	4	5						121	122	123	124	125

Şekil 3.6. Perde duvar ağıının elemanlarının numaralandırılması ($D_3=150$ cm)

Üçüncü Numune İçin Hazırlanmış Olan Data Dosyası

C ÜÇ KATLI BOŞLUKLU PERDE SİSTEM ($D_1=150$ CM)

C ÖLÇÜLER METRE OLARAK ALINMIŞTIR

SYSTEM

N=352 L=1

RESTRAINTS

1,352,1 R=0,0,1,1,1,0

1,6,1 R=1,1,1,1,1,1

151,156,1 R=1,1,1,1,1,1

:

JOINTS

1 X=0 Y=0

6 X=0.50 Y=0 G=1,6,1

7 X=0 Y=.05

12 X=0.50 Y=.05

37 X=0 Y=0.55

42 X=0.50 Y=0.55 Q=7,12,37,42,1,6

43 X=0 Y=0.60

48 X=0.50 Y=0.60

49 X=0 Y=0.65

54 X=0.50 Y=0.65 Q=43,48,49,54,1,6

55 X=0 Y=0.75

60	X=0.50	Y=0.75	
79	X=0	Y=1.15	
84	X=0.50	Y=1.15	Q=55,60,79,84,1,6
85	X=0	Y=1.20	
90	X=0.50	Y=1.20	
91	X=0	Y=1.25	
96	X=0.50	Y=1.25	Q=85,90,91,96,1,6
97	X=0	Y=1.35	
102	X=0.50	Y=1.35	
109	X=0	Y=1.55	
114	X=0.50	Y=1.55	Q=97,102,109,114,1,6
115	X=0	Y=1.60	
120	X=0.50	Y=1.60	
145	X=0	Y=1.85	
150	X=0.50	Y=1.85	Q=115,120,145,150,1,6
151	X=1.00	Y=0	
156	X=1.50	Y=0	G=151,156,1
157	X=1.00	Y=0.05	
162	X=1.50	Y=0.05	
187	X=1.00	Y=0.55	
192	X=1.50	Y=0.55	Q=157,162,187,192,1,6
193	X=1.00	Y=0.60	
198	X=1.50	Y=0.60	
199	X=1.0	Y=0.65	
204	X=1.5	Y=0.65	Q=193,198,199,204,1,6
205	X=1.00	Y=0.75	
210	X=1.50	Y=0.75	
229	X=1.0	Y=1.15	
234	X=1.5	Y=1.15	Q=205,210,229,234,1,6
235	X=1.00	Y=1.20	
240	X=1.50	Y=1.20	
241	X=1.0	Y=1.25	
246	X=1.5	Y=1.25	Q=235,240,241,246,1,6
247	X=1.00	Y=1.35	
252	X=1.50	Y=1.35	
259	X=1.0	Y=1.55	
264	X=1.5	Y=1.55	Q=247,252,259,264,1,6
265	X=1.00	Y=1.60	
270	X=1.50	Y=1.60	
295	X=1.0	Y=1.85	
300	X=1.5	Y=1.85	Q=265,270,295,300,1,6
301	X=0.60	Y=0.55	
304	X=0.90	Y=0.55	
309	X=0.60	Y=0.65	
312	X=0.90	Y=0.65	Q=301,304,309,312,1,4
313	X=0.60	Y=1.15	
316	X=0.90	Y=1.15	
321	X=0.60	Y=1.25	

324 X=0.90 Y=1.25 Q=313,316,321,324,1,4
 325 X=0.60 Y=1.55
 328 X=0.90 Y=1.55
 349 X=0.60 Y=1.85
 352 X=0.90 Y=1.85 Q=325,328,349,352,1,4

SHELL

NM=1

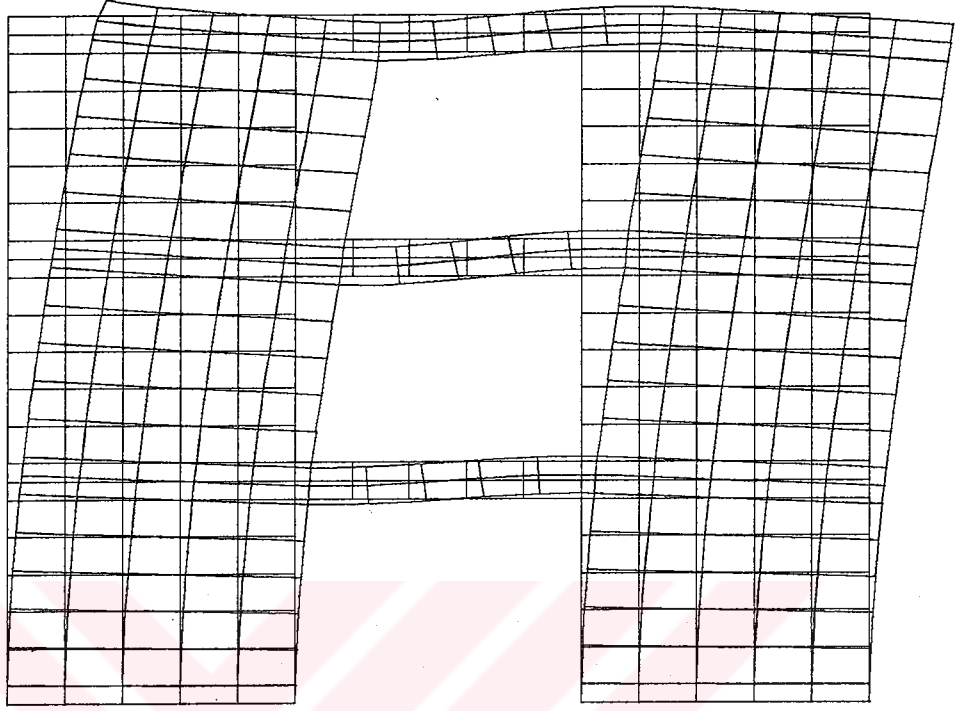
1	E=2700000	U=0.30		
1	JQ=1,2,7,8	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
6	JQ=7,8,13,14	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
31	JQ=37,38,43,44	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
41	JQ=49,50,55,56	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
66	JQ=79,80,85,86	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
76	JQ=91,92,97,98	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,3
91	JQ=109,110,115,116	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,6
121	JQ=151,152,157,158	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,1
126	JQ=157,158,163,164	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
151	JQ=187,188,193,194	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
161	JQ=199,200,205,206	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,5
186	JQ=229,230,235,236	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,2
196	JQ=241,242,247,248	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,3
211	JQ=259,260,265,266	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=5,6
241	JQ=42,301,48,305	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
242	JQ=48,305,54,309	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
243	JQ=301,302,305,306	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,2
249	JQ=304,187,308,193	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
250	JQ=308,193,312,199	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
251	JQ=84,313,90,317	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
252	JQ=90,317,96,321	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
253	JQ=313,314,317,318	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,2
259	JQ=316,229,320,235	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
260	JQ=320,235,324,241	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
261	JQ=114,325,120,329	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
262	JQ=120,329,126,333	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
263	JQ=126,333,132,337	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
264	JQ=132,337,138,341	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
265	JQ=138,341,144,345	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
266	JQ=144,345,150,349	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
267	JQ=325,326,329,330	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=3,6
285	JQ=328,259,332,265	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
286	JQ=332,265,336,271	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
287	JQ=336,271,340,277	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
288	JQ=340,277,344,283	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
289	JQ=344,283,348,289	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1
290	JQ=348,289,352,295	ETYPE=0 M=1	TH=.06	G=1,1

:

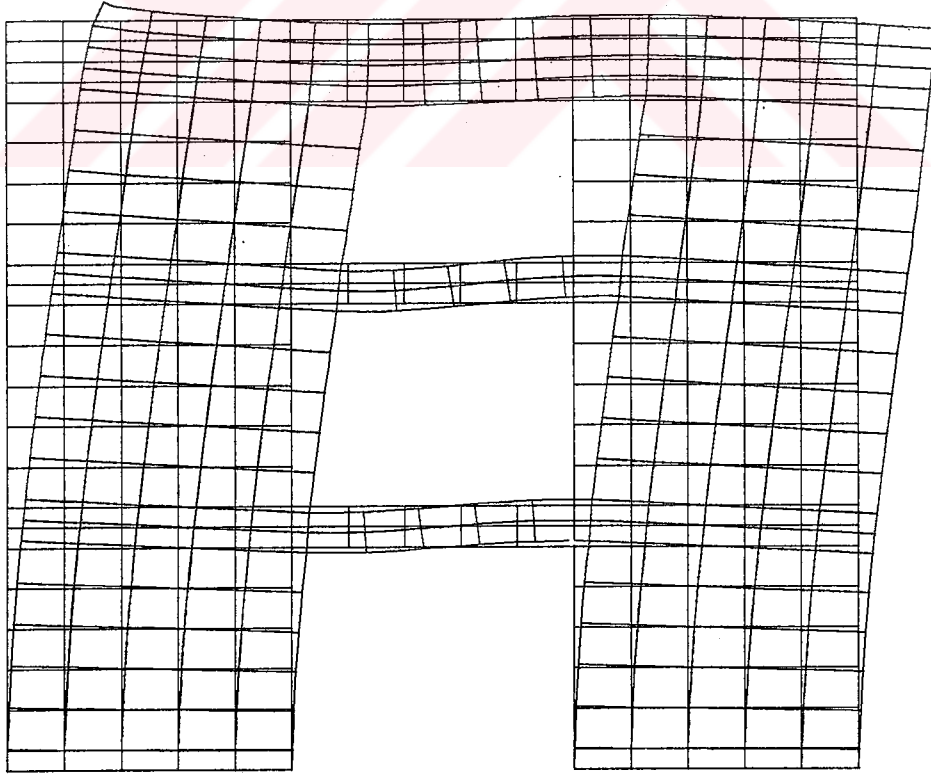
LOADS

139 F=25,0

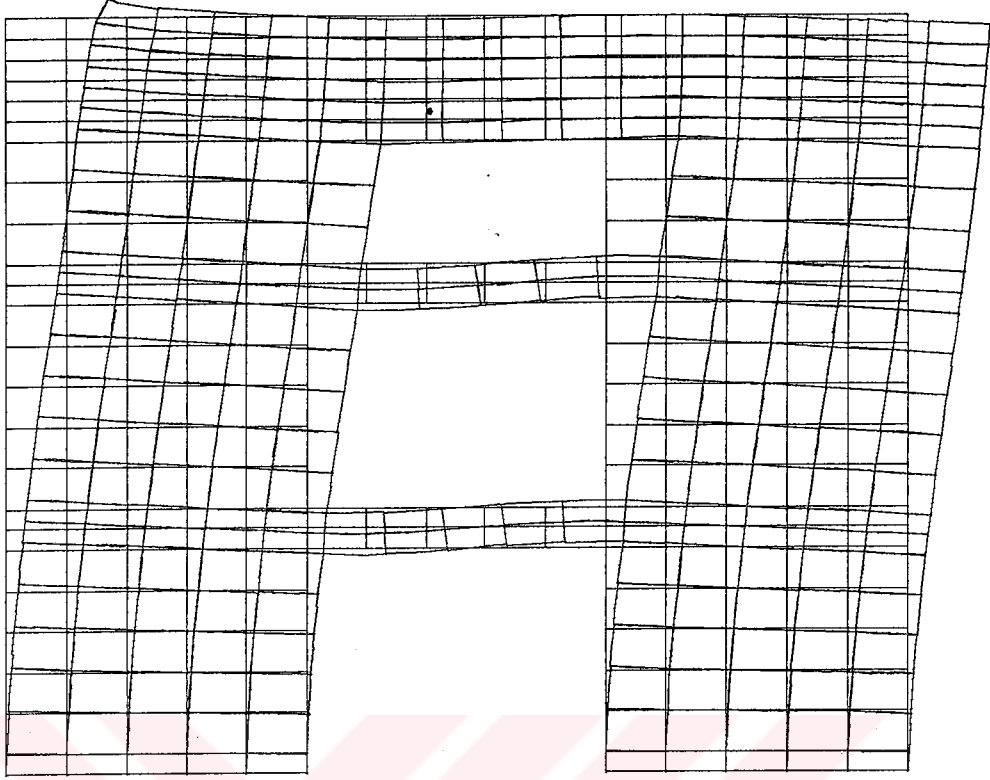
Her üç modelin de sonlu eleman çözümleri sonucu elde edilen deforme olmuş şekilleri şekil 3.7-9'da verilmektedir.



Şekil.3.7 Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_1=50$ cm için deforme olmuş şekil



Şekil.3.8. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_2=100$ cm için deforme olmuş şekil



Şekil.3.9 Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_3=150$ cm için deforme olmuş şekil

3.2.Elde Edilen Düğüm Deplasmanları

Her üç modelin de sonlu elemanlar çözümünden elde edilen yük uygulanan yüzeye rastlayan düğümlerindeki deplasmanları Tablo 3.1-3'de verilmiştir.

Tablo 3.1 : $D= 50$ cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri

Düğüm	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
7	.1520E-04	.2732E-04	-.1207E-03
13	.4382E-04	.7169E-04	-.1760E-03
19	.8517E-04	.1126E-03	-.2847E-03
25	.1399E-03	.1505E-03	-.3816E-03
31	.2075E-03	.1854E-03	-.4539E-03
37	.2866E-03	.2174E-03	-.5125E-03
43	.3304E-03	.2326E-03	-.4735E-03
49	.3767E-03	.2473E-03	-.4741E-03
55	.4770E-03	.2750E-03	-.5599E-03
61	.5869E-03	.3002E-03	-.6354E-03
67	.7052E-03	.3225E-03	-.6877E-03
73	.8308E-03	.3421E-03	-.7160E-03
79	.9625E-03	.3593E-03	-.7351E-03
85	.001030	.000367	-.000712
91	.001100	.000375	-.000738

97	.001242	.000388	-.000791
103	.001389	.000400	-.000818
109	.001540	.000410	-.000807
115	.001699	.000422	-.000841
121	.001876	.000436	-.001195
127	.001998	.000435	-.001194
133	.002051	.000432	-.001495

Tablo 3.2 D=100 cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri

DÜĞÜM	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
7	.1404E-04	.2449E-04	-.1214E-03
13	.3998E-04	.6326E-04	-.1617E-03
19	.7610E-04	.9826E-04	-.2490E-03
25	.1228E-03	.1302E-03	-.3270E-03
31	.1795E-03	.1590E-03	-.3831E-03
37	.2449E-03	.1848E-03	-.4247E-03
43	.2807E-03	.1967E-03	-.3928E-03
49	.3184E-03	.2081E-03	-.3984E-03
55	.3987E-03	.2289E-03	-.4593E-03
61	.4853E-03	.2469E-03	-.5089E-03
67	.5770E-03	.2618E-03	-.5385E-03
73	.6724E-03	.2738E-03	-.5479E-03
79	.7702E-03	.2830E-03	-.5462E-03
85	.8198E-03	.2866E-03	-.5372E-03
91	.8696E-03	.2898E-03	-.5797E-03
97	.9693E-03	.2943E-03	-.5917E-03
103	.001069	.000297	-.000572
109			
115	.001270	.000306	-.000568
127	.001389	.000320	-.000882
133	.001483	.000318	-.000981
139	.001508	.000314	-.001335

Tablo 3.3 D= 150 cm için perde duvar uç düğümlerinde oluşan deplasman değerleri

DÜĞÜM	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
7	.1333E-04	.2280E-04	-.1223E-03
13	.3764E-04	.5825E-04	-.1540E-03
19	.7063E-04	.8981E-04	-.2289E-03
25	.1126E-03	.1183E-03	-.2961E-03
31	.1629E-03	.1435E-03	-.3430E-03
37	.2202E-03	.1657E-03	-.3749E-03
43	.2513E-03	.1757E-03	-.3480E-03
49	.2838E-03	.1852E-03	-.3570E-03

55	.3525E-03	.2021E-03	-.4040E-03
61	.4256E-03	.2160E-03	-.4393E-03
67	.5018E-03	.2269E-03	-.4570E-03
73	.5796E-03	.2346E-03	-.4566E-03
79	.6578E-03	.2393E-03	-.4432E-03
85	.6968E-03	.2406E-03	-.4467E-03
91	.7352E-03	.2412E-03	-.4912E-03
97	.8100E-03	.2412E-03	-.4715E-03
103	.8821E-03	.2400E-03	-.4197E-03
109	.9519E-03	.2404E-03	-.3821E-03
121	.001024	.000246	-.000423
133	.001113	.000258	-.000784
139	.001192	.000257	-.000869
145	.001202	.000253	-.001230

Modellerin yatay deplasmanlarının karşılaştırılması için, boşluklu perdenin sol yüzündeki yatay deplasman değerleri tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4. : D=50, 100 ve 150 İçin elde edilen yatay deplasman değerleri

Yükseklik (cm)	Yatay Deplasmanlar (m)		
	Model 1 D=50	Model 2 D=100	Model 3 D=150
0	.000000	.000000	.000000
5	.1520E-04	.1404E-04	.1333E-04
15	.4382E-04	.3998E-04	.3764E-04
25	.8517E-04	.7610E-04	.7063E-04
35	.1399E-03	.1228E-03	.1126E-03
45	.2075E-03	.1795E-03	.1629E-03
55	.2866E-03	.2449E-03	.2202E-03
60	.3304E-03	.2807E-03	.2513E-03
65	.3767E-03	.3184E-03	.2838E-03
75	.4770E-03	.3987E-03	.3525E-03
85	.5869E-03	.4853E-03	.4256E-03
95	.7052E-03	.5770E-03	.5018E-03
105	.8308E-03	.6724E-03	.5796E-03
115	.9625E-03	.7702E-03	.6578E-03
120	.001030	.8198E-03	.6968E-03
125	.001100	.8696E-03	.7352E-03
135	.001242	.9693E-03	.8100E-03
145	.001389	.001069	.8821E-03
155	.001540		.9519E-03
165	.001699	.001270	.001024
175	.001876	.001389	.001113
180	.001998	.001483	.001192
185	.002051	.001508	.001202

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

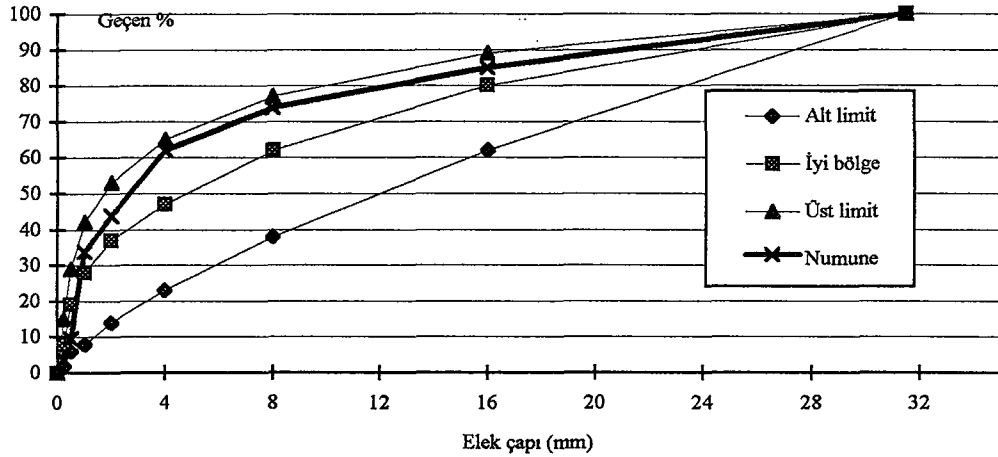
4.1. Malzeme Deneyleri

4.1. 1. Kullanılan Agreganın Elek Analizi

Beton yapımında kullanılacak olan agrega karışım halinde Denizli'deki Akca Beton santralinden temin edilmiştir. Firma tarafından B160 (BS14)' için yapılmış olan agrega elek analizleri ve karışım değerleri temin edilmiştir. Ayrıca Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü Malzeme laboratuvarında gerekli malzeme elek analizlerini yapıldı. Elde edilen deney sonuçları tablo 4.1 ve şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Agrega elek analizi

Elek Çapı (mm)	Her Elekte Kalan Mal. (gr)	Kümülatif Toplam (gr)	Her Elekte Kalan (%)	Kümülatif Kalan (%)	Geçen (%)
31.5	-	-	-	-	100
16	145.83	145.83	14.58	14.58	85.41
8	116.67	262.50	11.67	26.25	73.75
4	116.67	379.17	11.67	37.92	62.08
2	183.33	562.50	18.33	56.25	43.75
1	100.00	662.50	10.00	66.25	33.75
0.5	241.67	904.17	24.16	90.41	9.58
0.25	58.50	962.67	5.85	96.26	3.75
	37.50	1000.00	3.75	100.00	0.00



Şekil 4.1 Kullanılan agreganın granulometri eğrisi

4.1.2. Beton Karışım Oranlarının Ayarlanması

Perde duvar deney numuneleri 300 Dozlu B160 betonundan imal edilmişlerdir. Beton karışımları betoniyerle yapılmıştır. Betoniyerle yapılan ve elle sıkıştırılan betonarme betonlarında, yerine konmuş ve tokmaklanmış 1 m³ beton için kullanılan karışım oranları aşağıda verilmiştir.

Çimento: 300 kg (6 torba), Karışım Agregası: 1.300 m³, Karışım Suyu : 0.140 m³

Beton dökümü dokuz ayrı seferde yapıldığı için ve her dökümde 0.17 m³ beton karışımı hazırlanmıştır. Buna göre kullanılan karışım oranları aşağıda verilmiştir.

Çimento : 50 kg (1 torba), Karışım Agregası : 0.220 m³, Karışım Suyu : 23 lt
Karışımlarda Su / Çimento oranı % 45 olarak alınmıştır.

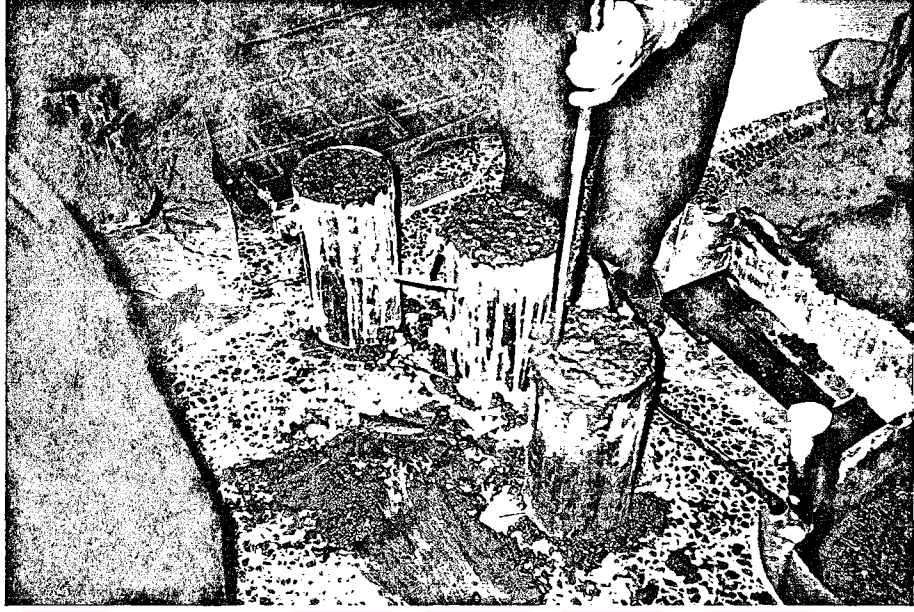


Resim.4.1. Beton karıma işleminde kullanılan betoniyer

4.1.3. Beton Basınç Dayanımlarının Tayini

Beton Silindirik Numunelerinin Hazırlanışı

Deney numunelerinin basınç dayanımlarının tayinin de her perde duvar numunesi için 15 cm çapında 30 cm yüksekliğindeki silindirik numunelerden 4 adet dökülmüştür. Resim 4.2'de numune hazırlanışı, 4.3'de de hazırlanmış olan numuneler gözükmektedir.



Resim 4.2. Numunelerin hazırlanması

Beton dökme işlemi üç ayrı zamanda ve her defasında da üç farklı aşamada laboratuvar ortamında ve betoniyerle yapılmıştır (Resim 4.1). Dökülen silindirik numuneler 28' günlük dayanımlarını kazanmaları için laboratuvar ortamında havuzda bekletilmişlerdir(Resim 4.4).



Resim 4.3. Kalıplarda bekletilmeye bırakılmış numuneleri



Resim 4.4. Numunelerin havuzda bekletilmesi

Deneyde Kullanılan Betonların Basınç Dayanımları

Taşıyıcı elemanın davranışında malzeme dayanımları önemli rol oynamaktadır. Perde duvar modellerinin imal edildiği betonunun mukavemet özelliklerinin de belirlenebilmesi için beton döküm esnasında usulüne uygun olarak numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin basınç dayanımları tayin edilmiştir. Numune kırılma yükleri ve basınç dayanımları tablo 4.2-7'de verilmiştir.

Birinci Deney Numunelerinin Dökümü

Döküm Tarihi : 20.10.1995, Havuza Yerleştirme Tarihi : 22.10.1995
Havuzdan Çıkarılma Tarihi : 19.11.1995, Numunelerin Kırılma Tarihi : 25.11.1995

Tablo 4.2 Birinci dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)

Numune No	D ₁ =50 (cm)	D ₂ =100 (cm)	D ₃ =150 (cm)
1	36.40	33.60	32.20
2	39.40	35.50	35.30
3	25.50	41.00	44.50
4	38.60	35.80	32.80

Tablo 4.3. Birinci dökümün ortalama silindirik basınç dayanım değerleri

D ₁ =50 cm			D ₂ =100 cm			D ₃ =150 cm		
P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=p/A$ (t/cm ²)
35	176.70	0.198	36.50	176.70	0.207	36.20	176.70	0.205

İkinci Deney Numunelerinin Dökümü

Döküm Tarihi : 28.11.1995, Havuza Yerleştirme Tarihi : 30.11.1995
Havuzdan Çıkarılma Tarihi : 28.12.1995, Numunelerin Kırılma Tarihi : 08.01.1996

Tablo 4.4 İkinci dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)

Numune No	D ₁ =50(cm)	D ₂ =100 (cm)	D ₃ =150 (cm)
1	31.20	19.80	18.20
2	26.70	20.10	37.30
3	22.40	19.70	20.60
4	28.10	19.60	39.40

Tablo 4.5. İkinci dökümün ortalama silindirik basınç dayanım değerleri

D ₁ =50 cm			D ₂ =100 cm			D ₃ =150 cm		
P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=p/A$ (t/cm ²)
28.10	176.70	0.154	19.80	176.70	0.112	28.90	176.70	0.163

Üçüncü Deney Numunelerinin Dökümü

Döküm Tarihi : 12.12.1995, Havuza Yerleştirme Tarihi : 15.12.1995
 Havuzdan Çıkarılma Tarihi : 13.01.1996, Numunelerin Kırılma Tarihi : 17.01.1996

Tablo 4.6. Üçüncü dökümün silindirik numune kırılma yükleri (ton)

Numune No	D ₁ =50(cm)	D ₂ =100 (cm)	D ₃ =150 (cm)
1	20.40	18.50	25.30
2	21.80	19.80	20.80
3	25.00	19.30	21.80
4	27.20	20.60	19.50

Tablo 4.7. Üçüncü dökümün ortalama basınç dayanım değerleri

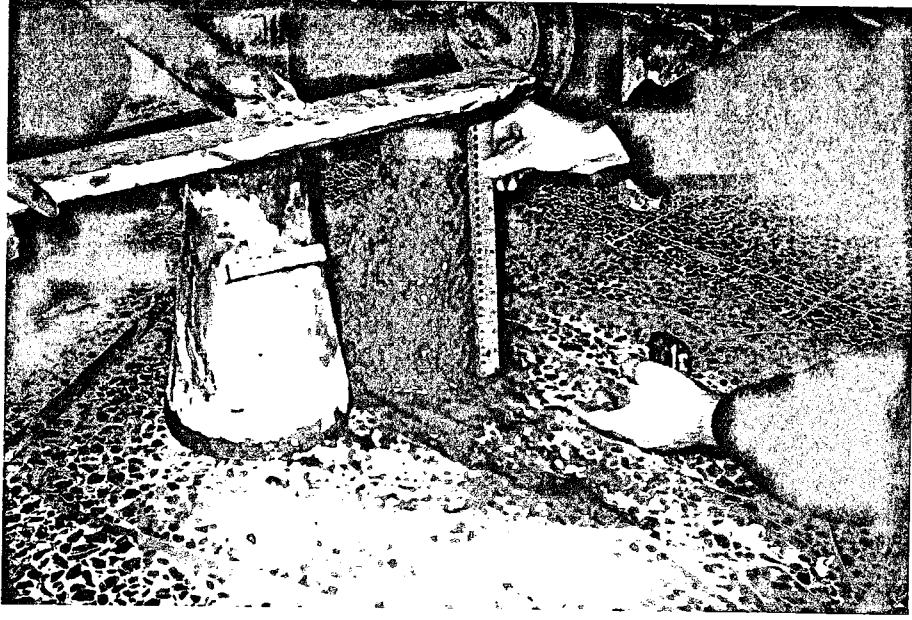
D ₁ =50 cm			D ₂ =100 cm			D ₃ =150 cm		
P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=P/A$ (t/cm ²)	P _{ortalama} (ton)	A (cm ²)	$\sigma=p/A$ (t/cm ²)
23.60	176.70	0.134	19.55	176.70	0.111	21.85	176.70	0.124

4.1.4. Slamp Deneyi

Bu deney taban çapı 20 cm, üst çapı 10 cm ve yüksekliği 30 cm olan metalden yapılmış kesik koni şeklindeki bir deney aparatı ile yapılmıştır (Resim 4.5) Elimizde üç tane farklı yükseklikteki perde duvar numunesi kalıbı olduğundan her kalıp için ayrı beton karılmış olup karılan bu betonların slamp deneyleri yapılmıştır. Her perde duvar çeşidi için üçer tane numune hazırlanmış olup toplam 3*3 = 9' tane deney numunesi hazırlanmıştır. Bu dokuz numune için de ayrı ayrı slamp deneyi yapılmış olup sonuçlar tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Slamp değerleri

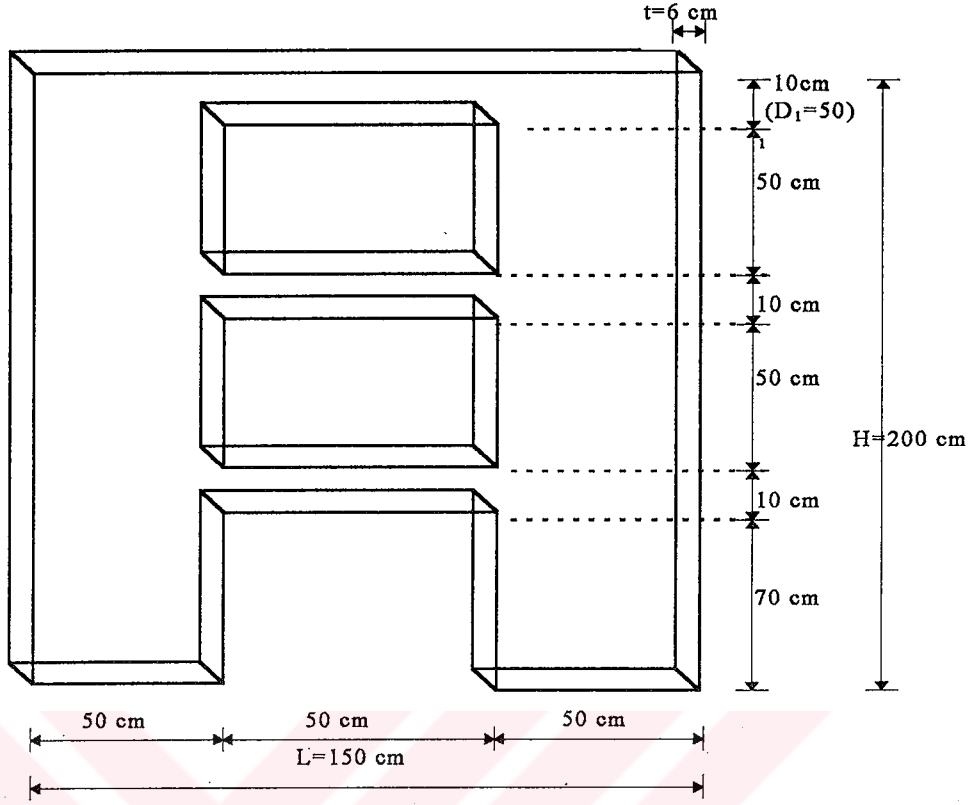
Döküm No	D=50 (cm)	D=100 (cm)	D=150 (cm)
I. Döküm	9.00	10.70	11.40
II. Döküm	8.50	13.00	10.50
III. Döküm	7.00	15.00	12.00



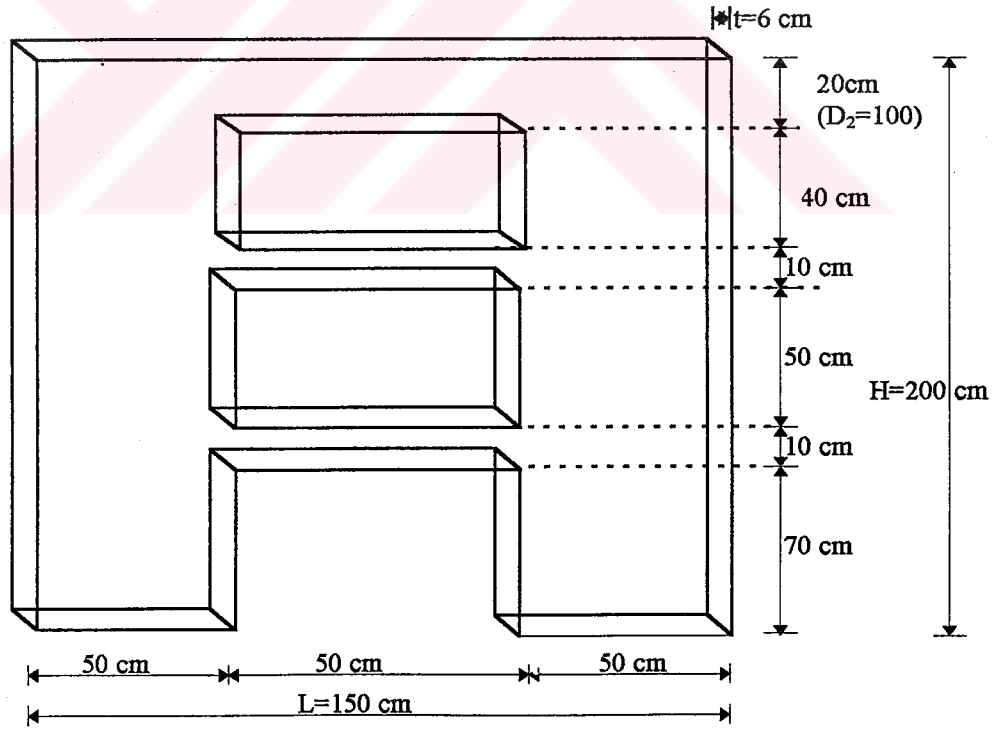
Resim.4.5. Slamp deneyinin yapılışı

4.2 Perde Duvar Numune Kalıplarının Hazırlanması

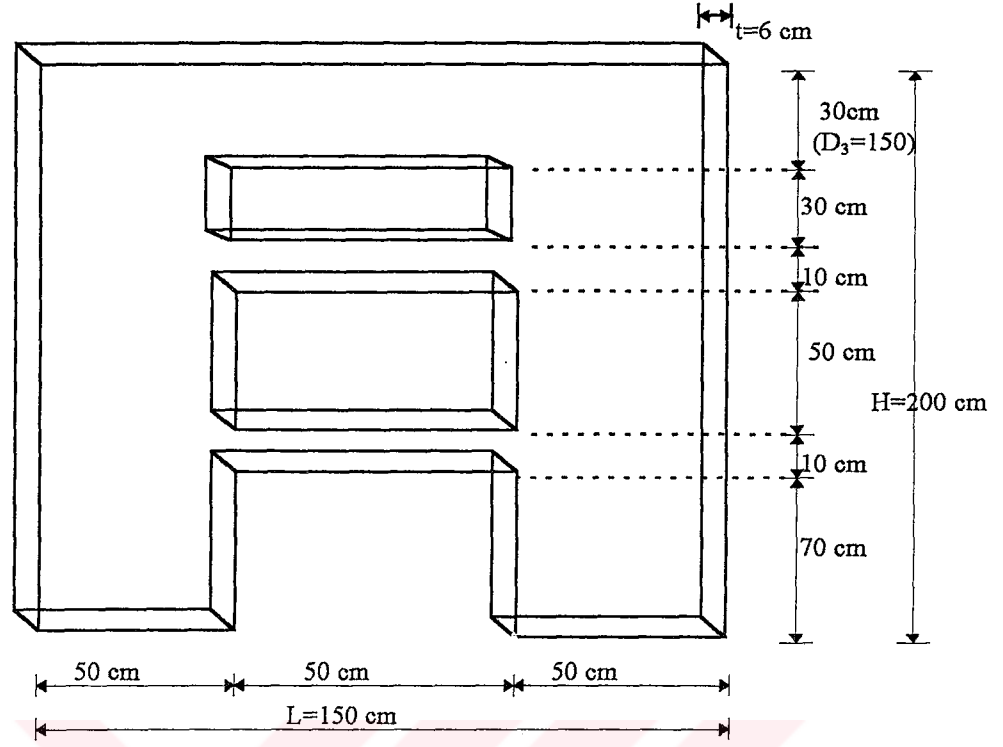
Perde Duvar numune kalıpları $t=3\text{mm}$ kalınlığındaki çelik sac levhalardan yapılmıştır. Numune kalıpları PAÜ. Müh. Fak. Makine atölyesinde hazırlanmıştır. $D_1=50\text{cm}$, $D_2=100\text{cm}$, $D_3=150\text{cm}$ olmak üzere üç farklı numune tipi için üç farklı kalıp yaptırılmıştır (Şekil 4.3-4). Kalıpların imalatında kaynaklı birleşim kullanılmıştır. Hazırlanmış olan çelik numune kalıpları Resim 4.6-8' de verilmiştir.



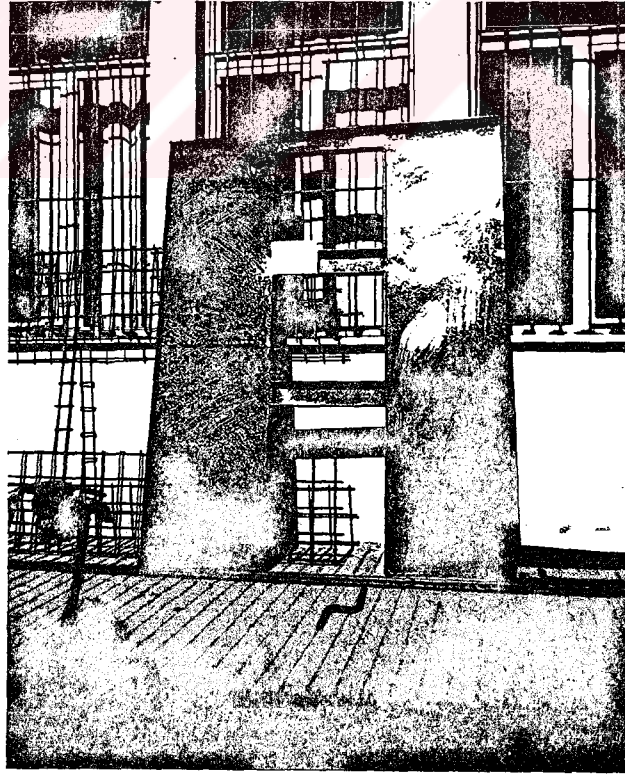
Şekil 4.2 $D_1=50$ 'lik numune için kullanılan kalıp boyutları



Şekil.4.3. $D_2=100$ cm'lik numune için kullanılan kalıp boyutları



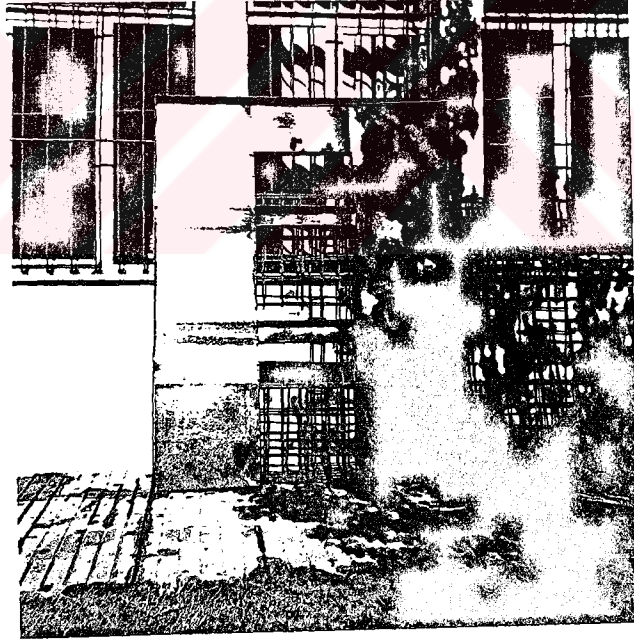
Şekil 4.4 $D_3=150$ 'lik numune için kullanılan kalıp boyutları



Resim.4.6. $D_1 = 50$ cm'lik numune kalıbı



Resim.4.7. $D_2 = 100$ cm'lik numune kalıbı



Resim.4.8. $D_3 = 150$ cm'lik numune kalıbı

4.3. Perde Numuneleri İçin Donatı detayları

Deneylerde donatı olarak 8 mm çapında S220 beton çeliği kullanılmıştır. Perde duvar elemanlarda düşey donatılar eşit aralıklarla çift taraflı yerleştirilmiştir.

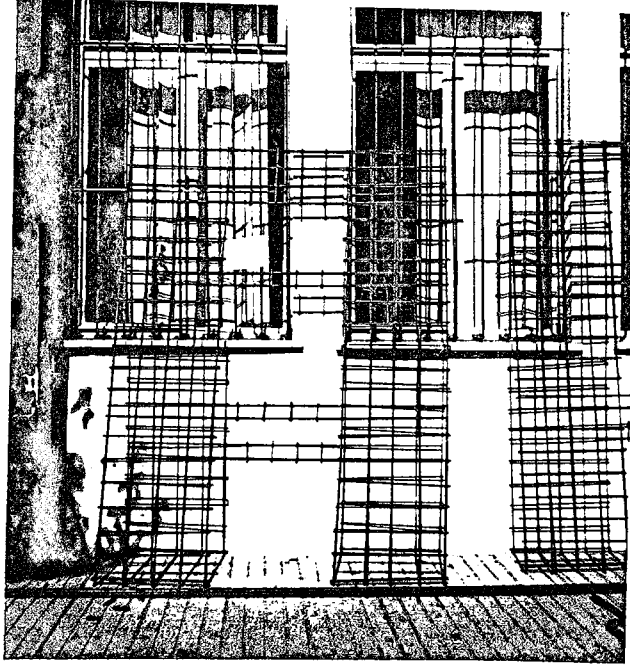
Her perde de $10\phi 8/t=12$ 'lik düşey donatı kullanılmıştır. Yatay donatılarda yine eşit aralıklı olarak etriye şeklinde yapılarak yerleştirilmiştir. Yatay donatılar yerleştirilirken, kolonlarda olduğu gibi perde duvar uçlarında etriye sıklaştırması yapılmamıştır. Donatı yerleşiminde pas payı 1.00 cm alınmıştır. Perde numunelerinin donatı örgüleri resim 4.9-11'de verilmiştir.



Resim.4.9. $D_1 = 50$ cm' lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü

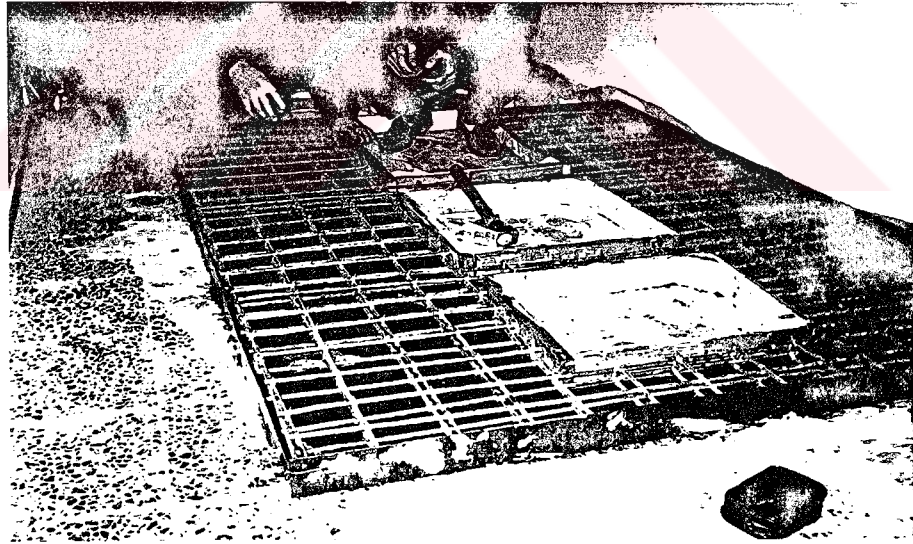


Resim.4.10. $D_2 = 100$ cm' lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü



Resim.4.11. $D_3 = 150$ cm 'lik deney numunesi için kullanılan donatı örgüsü

Perde duvar modelinin donatısının kalıp içine yerleştirilmiş hali de Resim 4.12'de görülmektedir.



Resim 4.12 Perde duvar donatısının kalıp içersine yerleştirilmiş hali

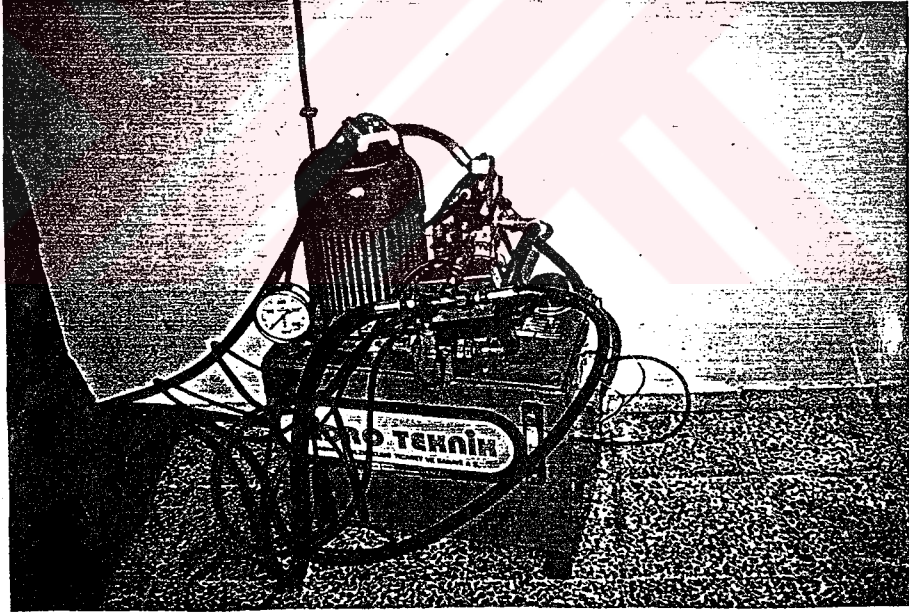
4.4. Perde Duvar Deneyleri

4.4.1. Deney Düzenegi

Deneylerde, Yapı Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr. Abdurrahman ŞİMŞEK tarafından doktora çalışmaları esnasında yaptırılarak laboratuara kazandırılmış olan kapalı test çerçevesi, gerekli ilaveler yapılarak kullanılmıştır.

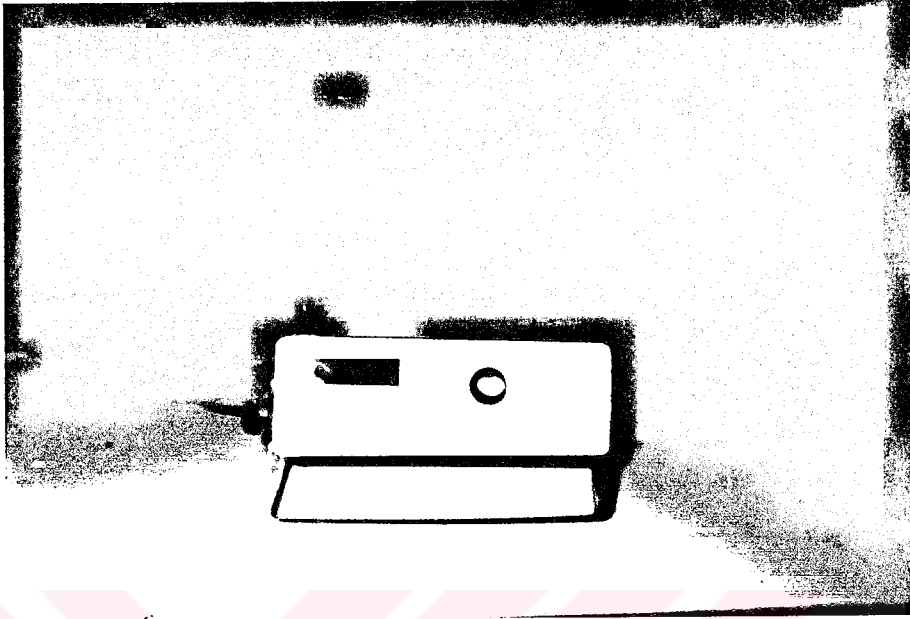
Bu test çerçevesi, yük uygulamakta kullanılan mevcut iki tane hidrolik yük vereni, uygulanan yük miktarını belirlemeye yarayan yük hücresi ve deney numunesinde oluşan yatay deplasmanları ölçmede kullanılan mekanik Ekstansometrelerden oluşmaktadır. Kapalı test çerçevesi 6 m. genişliğinde ve 2.30 m. yüksekliğindedir. Çerçeve üzerinde bulunan hidrolik verenler istendiği taktirde aynı anda yatay ve düşey yönlerde yük aktarma imkanı sağlamaktadır. Aynı zamanda bu verenler yatay ve düşey düzlemde hareketli olup istenilen mesafelerden yük uygulama imkanı sağlamaktadır. Bu deneyde hidrolik verenlerden ikisi de yatay konuma getirilmiş olup sadece bir tanesi kullanılmıştır.

Deney de kullanılan güç ünitesinin toplam yük kapasitesi 230 KN (23 Ton) dur. Bu yük ,çerçeve üzerinde bulunan hidrolik verenlerin ikisinin de aynı anda kullanılması durumunda eşit olarak ikiye bölünmekte, sadece verenlerden birinin kullanılması durumunda ise 230 KN yük uygulanabilmektedir (Resim 4.13).

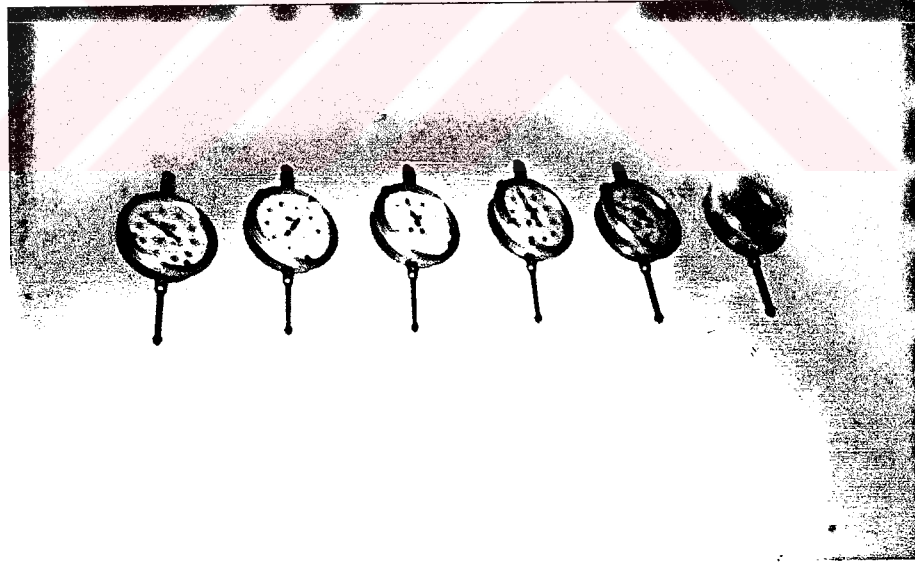


Resim.4.13. Hidrolik güç kaynağı

Deney sırasında eleman üzerine uygulanmış olan yük miktarının belirlenmesi için elektronik indikatör kullanılmıştır (Resim 4.14). Etki ettirilen yükten dolayı deney numunesinde oluşan yatay deplasman miktarlarının belirlenmesi için eleman üzerine 6 farklı noktada yerleştirilmiş olan 0.01 mm. hassasiyetinde olan mekanik ekstansometreler kullanılmıştır (Resim 4.15).



Resim.4.14. Elektronik İndikatör



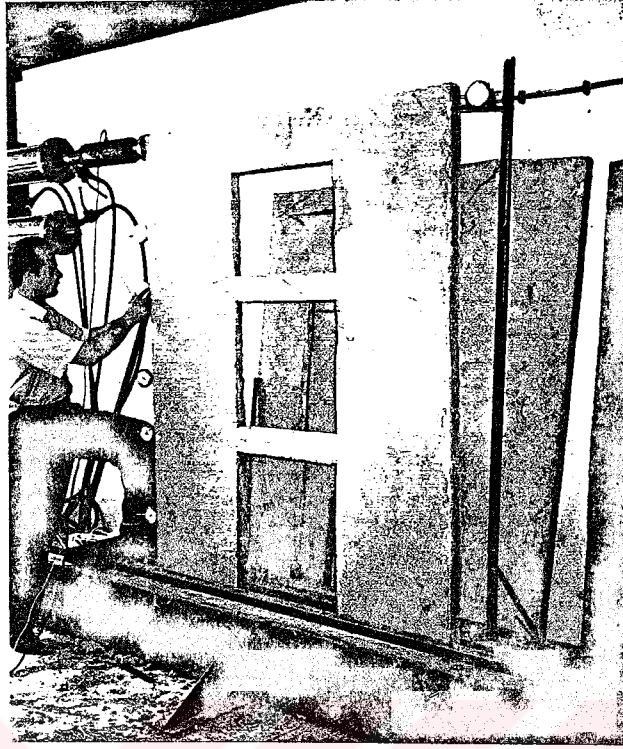
Resim.4.15 Mekanik Ekstansometreler

Deney Numunelerinin Test Çerçevesine Yerleştirilmesi

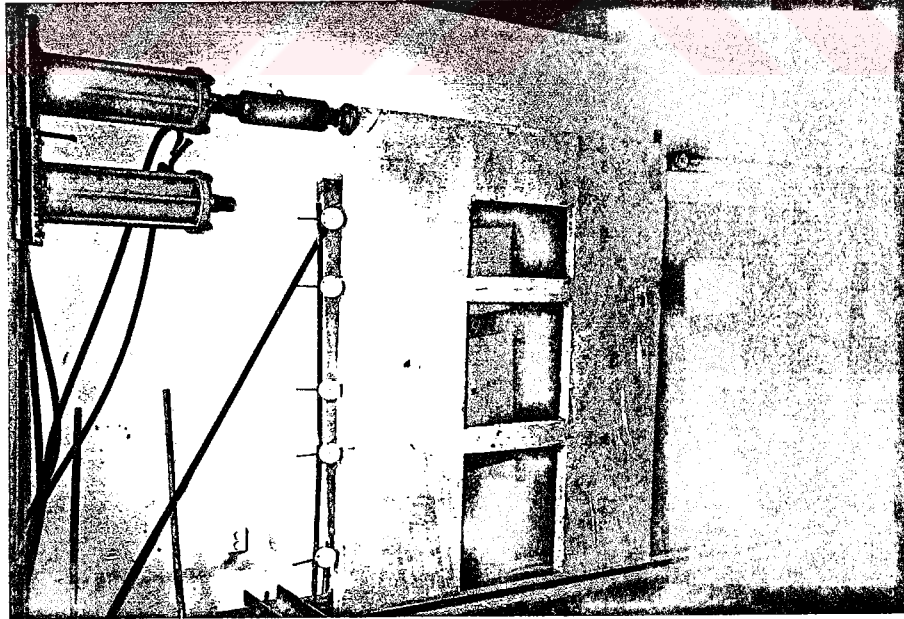
Hazırlanmış olan perde duvar numuneleri test çerçevesi içine oluşturulan yarık içerisine 15 cm kadar gömülerek temel şartı oluşturulmaya çalışılmıştır. Numunelerin yanlardan sıkıştırılmasını sağlamak için çerçeve üzerine sonradan delikler açılmış ve bu deliklerden her iki yönde de U profillerine kaynaklanmış hareketli sıkıştırma kolları yerleştirilmiştir. Çerçeveye yerleştirilen numunelerin mesnet hareketlerinin önlenip ankastrelik şartının temini için bütün numunelerde yükün uygulandığı perde de, perde alt ucundaki donatı uçlarına kalın çelik lama kaynaklanmıştır. Kaynaklanmış olan bu lama ve birleşimde kullanılan kaynak dikişleri numuneye gelen gerilme değerlerini karşılayabilecek kapasite de alınmıştır. Daha sonra da deney numunesi bu lama vasıtası ile test çerçevesi içine kaynaklanmıştır. Numunelerin test çerçevesine yerleştirilmiş şekilleri Resim 4.16-18'de görülmektedir.



Resim.4.16. Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi ($D_1=50$ cm)

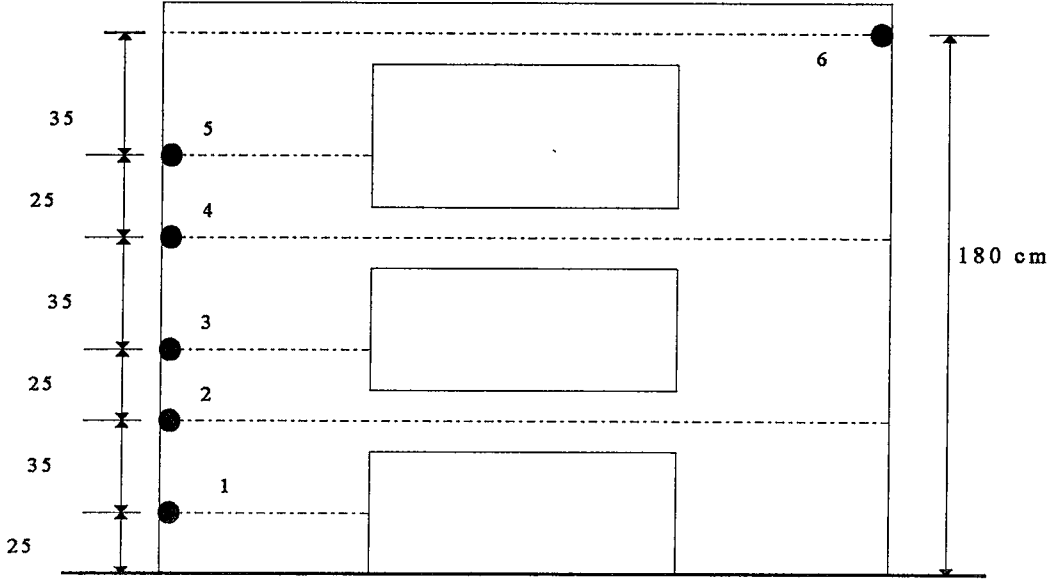


Resim.4.17. Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi ($D_2=100$ cm)



Resim.4.18 Test çerçevesine yerleştirilmiş deney numunesi ($D_3=150$ cm)

Ölçüm Düzeneği



Şekil.4.5. Ölçüm düzeneğinin yerleştirme seviyeleri

Ölçümlerin yapılmasında kullanılan mekanik ekstansometreler numune üzerinde 6 farklı noktada yerleştirilmiştir. Test çerçevelerine yerleştirilmiş ve ölçüm düzeneği hazırlanmış olan perde duvar numuneleri Resim 4.16-18'de gösterilmiştir. Bu noktalar deneye başlamadan önce belirlenmiş olup bütün deneylerde numuneler için sabit tutulmuştur (Şekil 4.5). Ekstansometrelerin 5 tanesi perde duvar numunesinin sol tarafına bir tanesi de sağ üst köşeye yerleştirilmiştir. Yükün uygulandığı noktaya ekstansometre yerleştirilemediği için bir tanesini numunenin sağ üst köşesine yerleştirilmiştir. Bu işlem, boşluklu perde duvarlarda her iki perdenin de aradaki bağ kirişlerinin mafsallaşma anına kadar aynı yatay deplasmanı yaptığı kabulünden hareket edilerek yapılmıştır.

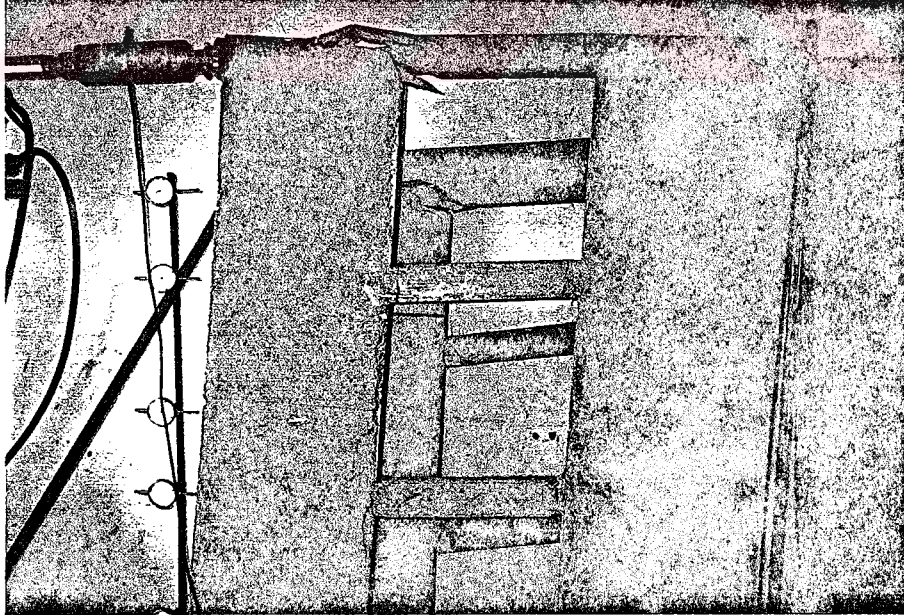
Yükleme Şekli

Deney numuneleri üzerine sadece perde duvar üst kat bağ kirişi eksen seviyesinden yük uygulanmıştır. Uygulanan yük statik olup yükün uygulanma noktası ve uygulanma hızı sabit tutulmuştur. Yükleme anında, yük miktarı 0'dan başlayarak belli miktarlarda kademeli olarak artırılmak sureti ile tatbik edilmiştir.

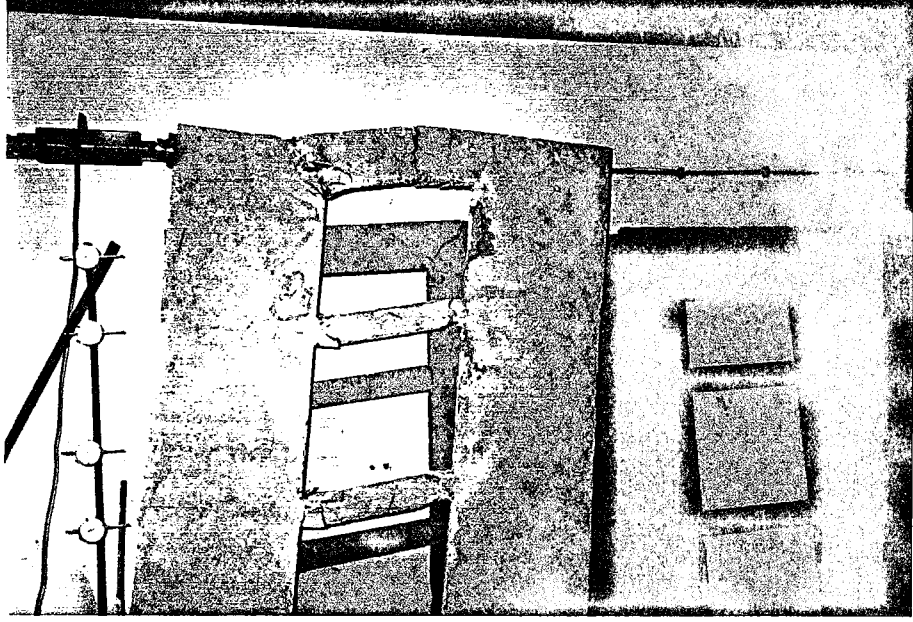
Her yük artırımının sonunda düzenek üzerine yerleştirilmiş olan ekstansometrelerden yatay deplasman değerleri okunmuştur.

4.4.2 Perde Duvarların Göçme Şekilleri

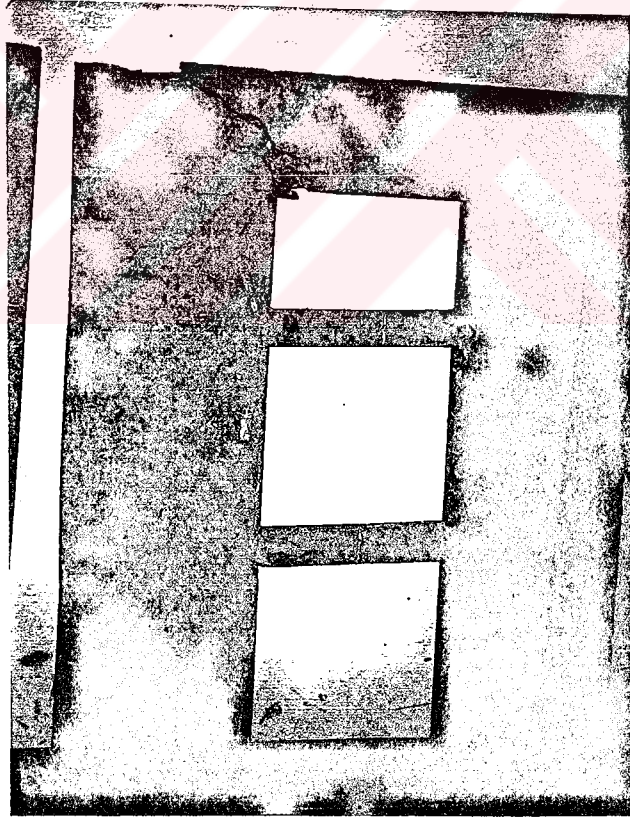
Deney numunesi üzerine uygulanan yük miktarı belirli bir düzeye ulaştığında, perde duvar bağ kirişli birleşim yerlerinde kesme çatlakları oluşmaya başladı. Bu çatlaklar bağ kirişinin sol tarafında kesme kuvvetinden dolayı kiriş altında oluşurken sağ tarafında ise kesme kuvvetinin yön değiştirmesinden dolayı kiriş üst kısmında oluşmuş ve yük artırılmaya devam ettikçe kiriş derinliği boyunca yayılarak yarıklar haline dönüşerek daha belirgin hale gelmiştir. Perde duvarların rijitliği bağ kirişlerine nazaran çok büyük olduğu için çatlamlar ilkönce bağ kirişlerinde oluşmuş ve perde duvarlar taşıma kapasitelerine ulaşmadan bağ kirişleri mafsallaşmıştır. Bu deneylerde öncelikle bağ kirişleri mafsallaşmış, deney düzeneğinin kısıtlı olması nedeni ile perde duvarların nihai göçme durumlarındaki davranışları izlenememiştir. Eğer deney düzeneği müsait olsa idi, bağ kirişlerinin mafsallaşmasından sonra yükün uygulamaya devam edilmesi durumunda perde duvarlar da oluşan eğilme çatlaklarını gözlemek mümkün olacaktı. Bu çalışmada amaç farklı modellerin göçme anına kadar olan davranışların incelenmesi olduğundan, perde duvarın nihai davranışı ele alınmamıştır. Perde duvarların mafsallaşma anındaki kırılma davranışları Resim.4.19-21’de verilmiştir.



Resim 4.19 Bağ kirişi kırılma davranışı ($D_1=50$ cm)



Resim 4.20 Bağ kirişi kırılma davranışı ($D_2=100$ cm)

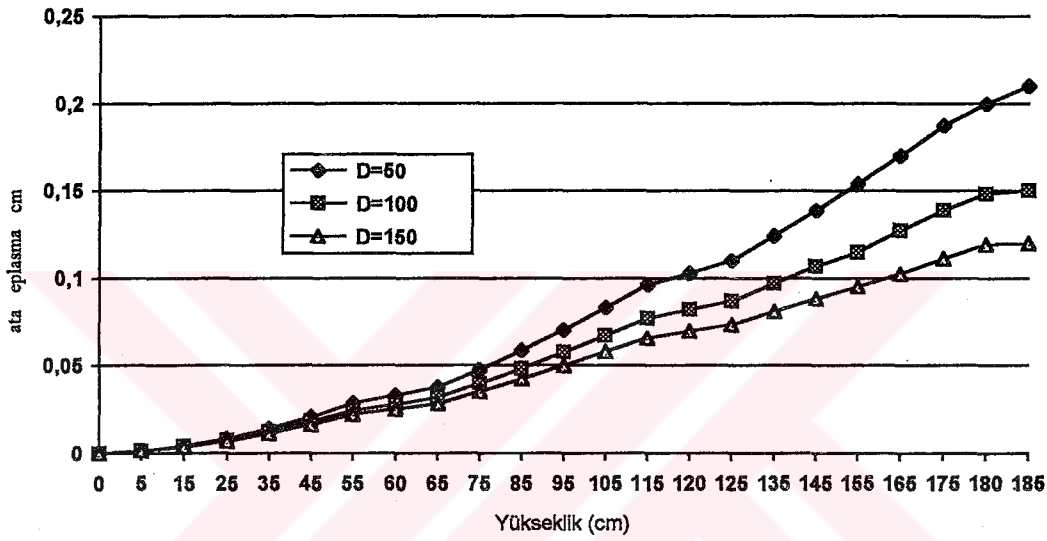


Resim 4.21 Bağ kirişi kırılma davranışı ($D_3=150$ cm)

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR

5.1. Sonlu Eleman Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Modellerin sonlu eleman çözümleri 3. Bölümde yapılmıştı. Yalnızca üst kat bağ kirişi yüksekliği değiştirilerek elde edilen düğüm deplasmanları Tablo 3.4’de verilmiştir. Bu değerlerin yorumlamasının yapılabilmesi için elde edilen değerler grafik olarak şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_1=50$, $D_2=100$ ve $D_3=150$ cm için elde edilen yatay deplasmanlar

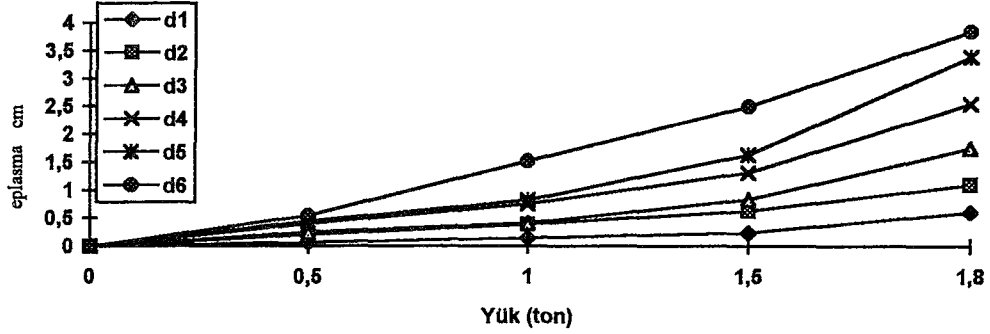
Bağ kirişi-perde sistemde üst kat bağ kirişi yüksekliği arttıkça yatay deplasmanların azaldığı görülmektedir. Bu azalma oranının ne olacağı ile ilgili ayrı bir araştırma yapılabilir. Bu çalışmada yüksekliğin artması ile yatay deplasmanın azalıp azalmayacağı araştırılmaktadır.

5.2. Perde Duvar Deney Sonuçları

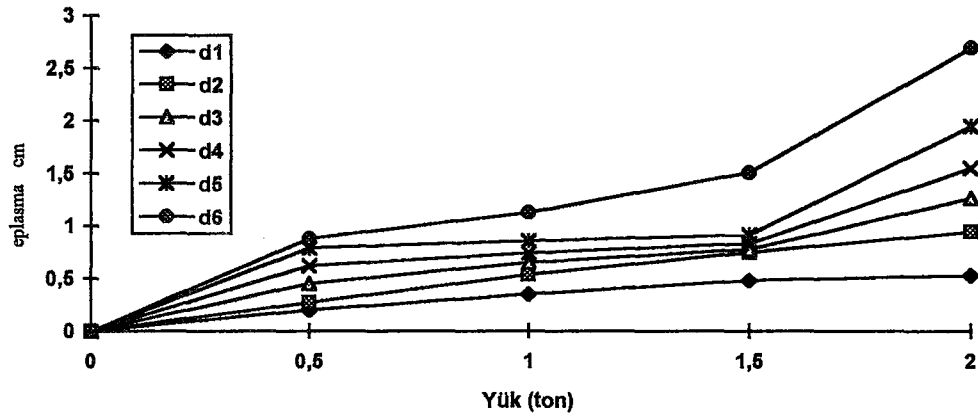
Perde modeli ölçüm düzeneğinde yer alan 6 noktadaki yük-deplasman değerlerinin değişimlerinin incelenmesi yapılmıştır. Modeller için elde edilen sonuçlar Tablo 5.1-3’ de verilmiştir. Boşluklu perde modelleri aynı mesnet şartları altında incelenmiştir. Mesnetler mafsallaşma anına kadar ankastrelik özelliğini korumuştur. Bir miktar mesnet hareketleri olabilmiş ise de, bunun her model için aynı düzeyde kalması söz konusudur.

Tablo 5.1 $D_1=50$ için ortalama yatay deplasman değerleri (cm)

Yük (ton)	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,07	0,21	0,25	0,40	0,45	0,55
1,00	0,15	0,39	0,41	0,76	0,82	1,52
1,50	0,24	0,63	0,83	1,32	1,64	2,50
1,80	0,61	1,10	1,75	2,55	3,40	3,85

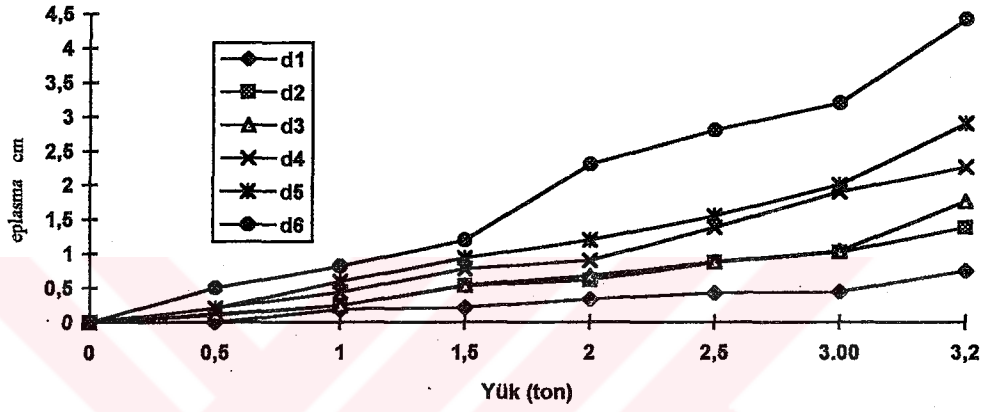
Şekil 5.2. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_1=50$ cm için yükleme ve ölçülen deplasman değerleriTablo 5.2 $D_2=100$ için ortalama yatay deplasman değerleri (cm)

Yük (ton)	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,2	0,27	0,45	0,62	0,79	0,88
1,00	0,35	0,54	0,65	0,74	0,86	1,13
1,50	0,48	0,75	0,78	0,83	0,92	1,51
2,00	0,53	0,95	1,27	1,55	1,95	2,70

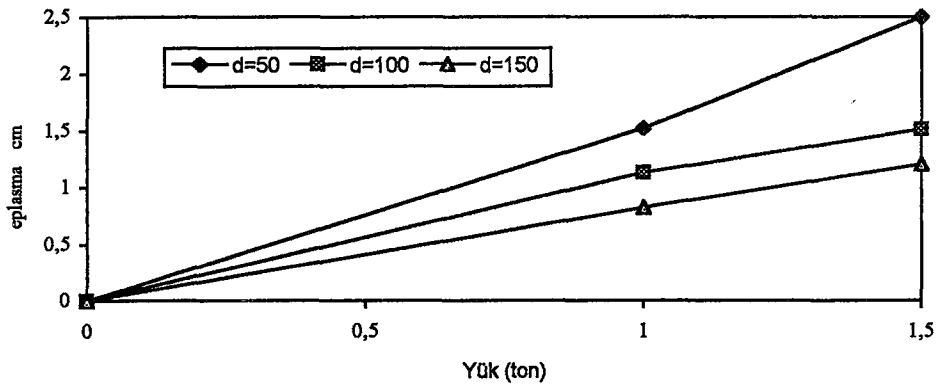
Şekil 5.3. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_1=100$ cm için yükleme ve ölçülen deplasman değerleri

Tablo 5.3 $D_3=150$ için ortalama yatay deplasman değerleri (cm)

Yük (ton)	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,0	0,10	0,12	0,20	0,20	0,50
1,20	0,19	0,24	0,24	0,44	0,59	0,82
1,50	0,21	0,53	0,44	0,78	0,94	1,20
2,00	0,33	0,61	0,68	0,90	1,20	2,30
2,50	0,43	0,87	0,88	1,38	1,55	2,80
3,00	0,45	1,02	1,04	1,90	2,00	3,2
3,20	0,75	1,38	1,76	2,26	2,90	4,43

Şekil 5.4. Üst kat bağ kirişi yüksekliği $D_3=150$ cm için yükleme ve ölçülen deplasman değerleri

Her üç modelin 6 numaralı ölçüm noktasındaki deplasman değişimleri şekil 5.5. görülmektedir.



Şekil 5.5. 6 numaralı ölçüm noktasındaki yatay deplasman değerleri

6. SONUÇLAR

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için yanal deplasmanların sınırlandırılması gerekmektedir. Bunun için binalarda mutlaka perde duvar kullanılmalıdır. Perde duvarlarda açılan büyük boşluklar veya iki perde duvarın bir birine bağlanması ile bağ kirişi perde sistemi ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerin sadece üst kat bağ kirişi yükseklikleri değiştirilerek yatay deplasmanları kontrol edilebilmesinin mümkün olduğu görülmüştür

Bu çalışmada elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Bağ kirişi-perde taşıyıcı sistemlerde, hem sonlu elemanlar çözümünde hem de deneysel çalışmada üst kat bağ kirişi yüksekliği yatay yük altındaki davranışı etkilemektedir. Bağ kirişi yüksekliği arttıkça yatay deplasmanlar azalmaktadır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.5)
- Üst kat bağ kirişi yüksekliği arttıkça, boşluklu perdenin yük taşıma kapasitesi de artmaktadır (Tablo 5.1-3)
- Boşluklu perdenin, sonlu eleman çözümünde elde edilen deforme olmuş şekli ile deneysel çalışmadaki deforme olmuş şekli aynı olmuştur (Şekil 3.7-9 ve 4.18-20)
- Boşluklu perdede göçme bağ kirişi hasarı ile olmuştur (Resim 4.18-20). Bunun sebebi, perdelerin daha güçlü donatılmış olmasıdır. Öncelikle bağ kirişleri uçlarında mafsallaşmalar oluşmaktadır. Deney düzeneğinin elverişsiz olması nedeni ile perdenin nihai deforme olmuş şekli gözlenememiştir.
- Bağ kirişi-Perde birleşim yerlerinde, kiriş uçlarında kesit büyütülmesi veya donatı ile ilgili detaylar yapılarak önlem alınması halinde, boşluklu perdenin yük taşıma kapasitesinin artırılacağı söylenebilir. Bu konu ile ilgili de bir çalışma yapılabilir.
- Modelin daha küçük tutulması kolaylıklar getirecektir. Ancak Gerçek sistemin temsil edilmesi için büyük modellerle çalışmak faydalıdır. Hatta üç boyutlu bir yapı içindeki boşluklu perdenin davranışı incelenebilir.
- Deprem bölgelerinde yapılan çok katlı yapıların en üst katlarında, yüksek kiriş teşkil edilerek yatay yük taşıma kapasiteleri artırılabilir.
- Yatay yükler altında herhangi bir taşıyıcı sistemin davranışının deneysel olarak incelenmesinde, numunenin hazırlanması önem arz etmektedir. Gerçek sistemin davranışını temsil edecek numunelerin, temel sistemi ile birlikte hazırlanması gerekir.

Zemine ankastre olarak bağlanmış büyük beton kütleleri içindeki, ankastre temele oturan perde veya çerçeve sistemin model olarak teşkil edilmesi gerekir.

- Yükleme ve yük deplasman ölçümlerinin bilgisayar kontrollü olarak yapılması daha kesin sonuçlar verecektir. Bilgisayara bağlı kontrol konsolu ve hidrolik güç ünitesi kullanılarak deneylerin tekrarlanması, depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından önem arz etmektedir
- Yapı laboratuvarının yeni kavuşmuş olduğu dinamik yükleme imkanı da kullanılarak bu tür taşıyıcı sistemlerin dinamik davranışı incelenmelidir. Gerçekte deprem yükü bir dinamik etkidir. Dinamik etkiyi idealleştirerek, statik yük olarak ele almak ve bunu bir noktadan etki ettirmek gerçek davranışı tam temsil etmeyebilir.
- Modellerin küçültülmesi halinde uygun donatı kesitlerinin seçilmesi ve teşkil edilmesi zorluk arz etmektedir.



KAYNAKLAR

1. CELEP, Z., KUMBASAR, N., Betonarme Yapılar, Birinci Baskı, İstanbul, 1996
2. BAYÜLKE, N., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İzmir, 1989
3. SAATCIOĞLU, M., Betonarme Kısa Perdelerin Kayma Davranışı, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, Cilt 1, Sayı 2 (1990) S 121-132
4. SÖZEN, M.A., Perde Çerçeve Sistemlerinde Perdenin Kesme Taşınımına Katkısı, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, Cilt 1, Sayı 1 (1990) S 49-60
5. YILMAZ, Ç., ÇITIPITIOĞLU, E., ve Doğan, E., Delikli Perde Duvarlarının Elastik Analizi, Yapı Mekaniği Semineri-94, Bildiriler Kitabı, S 174-189
6. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Haziran 1975
7. TS 500 " Betonarme Bina İnşaa Kuralları ",Türk Standartları Enstitüsü, 1984, Ankara
8. Deprem Yönetmeliği
9. ÇAKIROĞLU, A., Yatay Yükler Taşıyan Yapı Elemanları, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Aralık 1989
- 10.KAPLAN, H., Boşluklu Perdeli Sistemlerde Bağ Kirişlerinin Perdeye Bağlandıkları Bölgelerde Özel Eleman Kullanımı. Doktora Tezi, Çukur Ova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 1991
- 11.TS 802 " Beton Karışım Hesap Esasları ", Türk Standartları Enstitüsü, 1985, Ankara
12. TS 3114 " Beton Basınç Mukavemeti Tayini ",Türk Standartları Enstitüsü,1990, Ankara
- 13.TS 2940 " Taze Betondan Numune Alma Metotları ",Türk Standartları Enstitüsü, 1978, Ankara
- 14.TS 706 " Beton Agregaları ", Türk Standartları Enstitüsü, 1980, Ankara

15. TS 3068 " Laboratuvar da Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı ", Türk Standartları Enstitüsü, 1978, Ankara
16. AL-MAHAIDI, R. S., NILSON, A. H. (1975). Coupled Shear Walls Analysis by Langrange Multipliers. J. Struc. Div., ASCE, 101, 11, 2359-2366.
17. ANTONY, G.Y., GANESAN, T.P., (1983). Analysis of Wall-Frames by Langrangian Multipliers. J. Struc.Div., ASCE, 109, 2, 580-585.
18. AYDIN, R., (1984). Çerçeve, Perde ve Boşluklu Perdelerden Meydana Gelen Sistemlerin Yatay Yükler Altında İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir. 130 s.
19. BAHADIR, G. (1987). Perdeli Sistemlerin Statik ve Dinamik Analizi için Bir Paket Program. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Doç. Dr. C. DÜNDAR.
20. BECK, H., (1962). Contribution to The Analysis of Coupled Shear Walls. ACI J. August, 1055-1062.
21. BRAGA F., D'ASDIA P., DOLCE M., (1980). Optimum Design of Coupled Shear Walls. Proceedings, Seventh World Conference on Earthquake Engineering, V. 4, 493-494.
22. CHAN, H.C., KUANG, J. S., (1989). Elastic Design Charts of Stiffened Coupled Shear Walls. Journal of The Engineering Mechanics. 115, 2, 247-267.
23. -----, (1989). Stiffened Coupled Shear Walls. Journal of The Engineering Mechanics. 115, 4, 689-703.
24. CHAKRABARTI, S. C., NAYAK, G. C., PAUL, D. K., (1987). A new Partially Bonded Beam Element For Analysis of Shear Walls. International Journal for Numerical Methods in Engineering. 24, 2217-2236.
25. CHOI, C.K., BANG, M.S., (1984). Plate Element With Cutout For Perforated Shear Wall. Journal of The Structural Engineer. 113,2, 295-305.

- 26.COULL, A., and SMITH, B. S., (1967). Analysis of Shear Walls (A review of Previous research). Tall Buildings. Pergamon Pres Limited. London. 139-155.
- 27.COULL, A., Puri, R. D. (1968). Analysis of Priced Shear Walls. J. Struc. Div., ASCE, 94,1, 70-82.
- 28.ÇAKIROĞLU A., ÖZMEN G., (1973). Çerçevesiz ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Teknik rapor No.15.
- 29.ÇAKIROĞLU, A., (1978). Sonsuz Rijit Kısımları Bulunan Çubukların II. Mertebe Teorisine Ait Birim Deplasman Sabitleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 36, 5, 35-43.
- 30.DENAYER, A., (1978). Automatic Generations of Finite Element Meshes. Computer and Structures, 9, 359-364.
- 31.DİNÇER, R. (1989). Uçlarında Rijit Bölgeler Bulunan Çubuklardan Oluşan Düzlem Çerçevelerin Nonlineer Analizi için Bir Bilgisayar Programı. Ç. ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Prof.Dr. O. AKSOĞAN.
- 32.DÜNDAR, C., KIRAL, E., (1985). Perdeli Yapı Sistemlerinin Bilgisayar ile Hesabı. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, ANKARA. 95 s.
- 33.DÜNDAR, C., AKSOĞAN, O. (1990). P-erde Duvarlı Binaların Analizi için Pratik Bir Metot. İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı II Sempozyumu , İ.T.Ü. Türkiye.
- 34.FINTEL M., GHOSH S. K., (1980). "Seismic Resistance of a 31 Story Shear Wall-Frame Building Using Dynamic Inelastic Response History analysis", Proceedings, Seventh World Conference on Earthquake Engineering, V.25. 379-386.
- 35.FRISCHMANN, W.W., PRBBHU, S. S., and TOPLER, J. F., (1963). "Multistory Frames and Interconnected Shear Walls Subjected to Lateral Loads-I," Concrete and Constructural Engineering, V 43,6. 227-234.

36. GIRIJVALLABHAN, C. V. (1969). Analysis of Shear Walls With Openings. J. Struc. Div., ASCE, 95,10, 2093-2103.
37. HARNENDER O., ZERNENO de L. Z., (1980). Strength and Behaviour of Structural Walls with Shear Failures. Proceedings, Seventh World Conference on Earthquake Engineering, V. 4, 121-124.
38. MACLEOD, I. A., (1969). New Rectangular Finite Element For Shear Wall Analysis. J. Struc. Div., ASCE, 95,3, 399-409.
39. MUTO, K., (Türkçe ye Çeviren Yavuz TÜREL), 1964. Betonarme Yapıların Sismik Analizi Ve Hesap Metotları. Park matbaası. Ankara. 115 s.
40. ÖZDEN, K., PORTAKALCI, A., (1982). Perde-Çerçevesel Yüksek Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı ve Temel Teşkili. Deprem Araştırma Bülteni sayı39. 87 s.
41. ÖZMEN G., (1972). Burulma Yapan Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere göre Hesabı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Teknik rapor No. 13,
42. POPOV, P., Le, D. Q., PETERSSON, H. (1979). Program SUBWALL: Finite Element Analysis of Structural Walls. ACI J., June, 679-697.
43. RUTENBERG, A., LAVIATHAN, I., DECALO, M., (1988). Stability of Shear-Walls Structures. Journal of The Structural Engineer. 114,3, 707-717.
44. ROSMAN, R. (1964). Approximate Analysis of Shear Walls Subjected to Lateral Loads. ACI J., June, 718-733.
45. THAM, L. G., CHEUNH, V. K., (1983). Approximate Analysis of Shear Wall Assemblies With Openings. Journal of The Structural Engineer. 61B, 2, 41-45.
46. YANG, T. Y., SUN, C. T. (1973). Finite Elements For The Vibrations of Framed Shear Walls. Journal of Sound and Vibration. 27,3, 297-311
47. KAPLAN, H., ÖZPINAR, Y, KÜÇÜK, B., ŞİMŞEK, A., GÖKGÖZ, A., KÜLTÜR, Ö.F., " Denizli'nin Sismotektonik Özellikleri ve Denizli'de Üretilen Betonlarda Bir ön

İnceleme" , Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi, 7.Mühendislik Haftası, Isparta, 25-29 Mayıs 1992, Bildiriler, (Isparta, A.Ü Isparta Mühendislik Fakültesi, 1992)

48.KAPLAN, H., "Boşluklu Perdelerde Bağ kirişi Perde Birleşiminde Alınması Gereken Konstrüktif Önlemler" , Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi, 7.Mühendislik Haftası, Isparta, 25-29 Mayıs 1992, Bildiriler, (Isparta, A.Ü. Isparta Mühendislik Fakültesi, 1992)

49.KAPLAN, H., DÜNDAR C, " Dış Yük, Isı Değişimi ve Bilinen Deplasmanlar Olması Halinde Rijitlik Matrisi Yöntemi ile Düzlem Çerçeve Statik Analizi", ÇÜ-FBE, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1988, C.2, S.2

50.KAPLAN, H., DÜNDAR, C., "Boşluklu Perdelerde Bağ Kirişi Birleşim Yerlerinde Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı", ÇÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Haziran 1991

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamı yönlendiren tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Hasan KAPLAN'a çalışmamızı destekleyen olarak destekleyen PAÜ Mühendislik Fakültesi AR-GE kurulu ve PAÜ Araştırma Fon Saymanlığına teşekkür ederim. Deney numunelerinin hazırlanmasında ve kırılmasında azami gayret gösteren Bekçi Recep Çavuşoğu ve Teknisyen Mustafa Serte, Çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen PAÜ. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. İbrahim ALYANAK, Prof. Dr. Muhammed D. TEKİN, Yrd.Doç.Dr. Abdurrahman ŞİMŞEK ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim



ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Samsun'da doğdu. İlk, Ortaokul ve Lise öğrenimini Samsun'da tamamladı. 1994 yılında DEÜ Denizli Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1994 yılının Temmuz ayında PAÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1995 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasına başladı.

Halen PAÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evlidir.

