

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**106408**

**BOŞLUKLU SİMETRİK PERDELERDE ÜST KAT BAĞ  
KİRİŞİ RİJİTLİĞİ İLE İLGİLİ BİR İRDELEME**

**İnş. Müh. Resul BARIŞ**

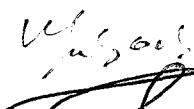

**F.B.E. İnş. Müh. Anabilim Dalı Yapı Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

106408

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Sema NOYAN ALACALI**



jurü üyesi: Doç. Dr. Mustafa Zeki ÖZKAN -   
jurü üyesi: Doç. Dr. Tarık ÖZCAN - 

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**İSTANBUL, 2001**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Önceki Çalışmalar.....	1
1.2 Çalışmanın Konusu, Amacı ve Kapsamı.....	3
2. PERDELİ SİSTEMLER VE TASARIM İLKELERİ.....	5
2.1 Giriş.....	5
2.2 Taşıyıcı Sistem Seçiminde Göz Önüne Alınacak Kıstaslar ve Depreme Dayanıklı Çok Katlı Yapılarda Tasarım İlkeleri.....	6
2.3 Perdeli Sistemler ve Tasarım Esasları.....	8
2.3.1 Boşluklu perdeler.....	9
2.3.1.1 Küçük boşluklu perdeler.....	10
2.3.1.2 Büyük boşluklu perdeler.....	11
2.3.2 Boşluklu perdelerin yatay yük analizinde kullanılan yöntemler.....	12
2.3.2.1 Sürekli ortam idealizasyonu.....	12
2.3.2.2 Çerçeve idealizasyonu.....	13
2.3.2.3 Sonlu eleman idealizasyonu.....	14
3. BOŞLUKLU PERDELERDE ÜST KAT BAĞ KİRİŞİ RÜJİTLİĞİ HESABI.....	16
3.1 Giriş.....	16
3.2 Önerilen Yöntem.....	17
3.3 Çözümde Kullanılan Program ve Yapılan Kabuller.....	20
3.3.1 Nümerik çözüm sonuçları.....	20
3.3.2 SPSS paket programı analiz sonuçları.....	23
4. SAYISAL UYGULAMA VE İRDELEMELER.....	27
4.1 Örnek 1 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	30
4.2 Örnek 2 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	32
4.3 Örnek 3 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması.....	34
4.4 Örneklerle İlgili İrdelemeler.....	37
5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	39

## SİMGE LİSTESİ

$b$	Perde genişliği.
$h$	Kat yüksekliği.
$l$	Bağ elemanı ve/veya bağ kirişi serbest açıklığı.
$L$	Bağ elemanı ve/veya bağ kirişi açıklığı (aks açıklığı).
$t$	Elaman kalınlığı (Perde ve/veya bağ elemanı).
$x$	Yumuşama derinliği (bağıntı (1.1) ve bağıntı (1.2)).
$\alpha$	Perde genişliğinin kat yüksekliğine oranı (bağıntı (1.1)).
$\gamma$	Kat yüksekliğinin bağ elemanı yüksekliğine oranı (bağıntı (1.1)).
$\eta$	Eşdeğerlik çarpanı.
$E$	Elastisite modülü.
$G$	Kayma modülü.
$\mu$	Poisson oranı.
$D_f$	Boşluksuz perde rijitliği (bağıntı (2.1)).
$D_s$	Boşluklu perde rijitliği (bağıntı (2.1)).
$\beta$	Rijitlik azaltma faktörü (bağıntı (2.1)).
$p$	Boşluk oranı (bağıntı (2.1)).
$F_{boş}$	Boşluk alanı (bağıntı (2.1)).
$F$	Boşluk etrafındaki kolon ve kiriş eksenlerinin çevrelediği alan (bağıntı (2.1)).
$\delta$	Sonlu eleman çözümünde referans noktası yatay deplasmanı.
$\bar{\delta}$	Eşdeğer çerçeve çözümünde referans noktası yatay deplasmanı.
$a_0$	Sabit katsayı.
$a_1$	Sabit katsayı.
$a_2$	Sabit katsayı.
$a_3$	Sabit katsayı.

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Boşluklu perde geometrik parametreleri.....	2
Şekil 1.2	Arakat Boşluklu Perde ve eşdeğer çerçeve .....	3
Şekil 1.3	Üst kat boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve.....	4
Şekil 2.1	Betonarme yüksek yapı sistemlerinde kullanılması tavsiye edilen maksimum kat sayıları (Özmen, 1991).....	7
Şekil 2.2	Küçük boşluklu perdeler .....	11
Şekil 2.3	Bağ kirişlerindeki deformasyon durumu.....	11
Şekil 2.4	a) Tipik boşluklu perde b) Sürekli ortam idealizasyonu .....	13
Şekil 2.5	a) Tipik boşluklu perde b) Eşdeğer çerçeve idealizasyonu .....	14
Şekil 2.6	a) Tipik boşluklu perde b) Sonlu eleman idealizasyonu .....	15
Şekil 2.7	Levha tipi sonlu eleman ve düğüm noktası parametreleri .....	15
Şekil 3.1	Üst kat boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve.....	16
Şekil 4.1	Örnek 1,2,3 için sonlu eleman ve eşdeğer çerçeve modeli .....	28
Şekil 4.2	Örnek 1 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması.....	31
Şekil 4.3	Örnek 2 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması .....	33
Şekil 4.4	Örnek 3 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması.....	35



## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	$k_2 = \frac{m_i \theta_i}{6EI}$ değerleri .....	12
Çizelge 3.1	Geometrik büyüklükler .....	18
Çizelge 3.2	Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri .....	21
Çizelge 3.3	Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri .....	25
Çizelge 4.1	Örnek 1,2,3 için parametreler .....	29
Çizelge 4.2	Örnek 1 kat yatay deplasmanları .....	30
Çizelge 4.3	Örnek 2 kat yatay deplasmanları .....	32
Çizelge 4.4	Örnek 3 kat yatay deplasmanları .....	34

## **ÖNSÖZ**

Çalışmalarım süresince benden hiç bir fedakarlığı esirgemeyen değerli hocalarım Sn. Sema ALACALI'ya ve Sn. Bilge DORAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yoğun çalışma temposuna maddi ve manevi fedakarlıklarıyla katılan ve desteğini hiç eksiltmeyen sevgili eşime de candan teşekkür ederim.



## ÖZET

Yüksek yapılarda çerçeve sistemler yatay yükler altında mukavemet ve rijitlik bakımından gerekli ve yeterli performansı gösterememektedirler. Bu bağlamda perdeler yatay yükler altında mukavemet ve rijitliği arttıran elemanlar olarak yapısal analizde sıklıkla kullanılmaktadır.

Perde sistemlerin özel bir hali olan boşluklu perdeleri, sistem serbestlik derecelerine herhangi bir kısıtlama getirmeden sonlu eleman yöntemleri ile yeterli doğrulukla hesaba katmak mümkündür. Ne var ki bu tür modellerle çalışmak hem hesap süresini uzatır hem de hesap sonuçlarının değerlendirilmesini zahmetli kılar. Bu nedenle eşdeğer çerçeve sistemlerinin kullanımı bu gün için oldukça pratik olmasının yanısıra daha bir süre yapı tasarımında değerini koruyacaktır (Doran, 2001).

Bu çalışmada, üst kat bağ kirişlerinin rijitliği ile ilgili nümerik bir çalışma yapılmıştır. Çözüm sonuçları değerlendirilerek, çok değişkenli regresyon yaklaşımıyla bağ kirişleri için eşdeğer rijitlik çarpanları formüle edilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Eşdeğer çerçeve, eşdeğer rijitlik geçiş katsayısı



## **ABSTRACT**

Frame systems in tall structures fail to attain necessary and sufficient strength and rigidity performances under horizontal loading. In this connection, walls are frequently employed in structural analysis to improve strength and rigidity under horizontal loading.

Coupled wall systems, a special case of wall systems, can be taken into account with sufficient accuracy with the aid of finite element methods without imposing so many constraints on the degrees of freedom of systems. However, working with this kind of a model shall, inevitably, cause the calculation time to prolong and make it quite tedious to evaluate the results. Therefore, equivalent frame systems has become even more commonplace today and it seems that this practice shall maintain its position in structural design (Doran, 2001).

This paper consists of a numerical study of the rigidity of upper tie beams. Results from the solution are evaluated, an attempt to formulate equivalent rigidity multipliers for tie beams with an approach of multivariable regression.

**Keywords:** Equivalent frame, equivalent rigidity multipliers



## 1. GİRİŞ

Günümüzde, perdeli sistemlerin özel bir hali olan boşluklu perdelerin hesapları eşdeğer çerçeve\* ve/veya sonlu eleman yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Boşluklu perdelerin yapısal davranışları bağ elemanlarından oldukça etkilendiğinden söz konusu elemanların modellenmesi oldukça önemli hale gelmektedir.

Sonlu eleman yöntemi ile çözüm zaman alacağından eşdeğer çerçeve yöntemi oldukça sık başvurulan bir yöntem durumundadır. Ancak bu durumda davranışa hakim olan bağ elemanlarının eşdeğer rijitliklerini doğruya en yakın şekilde tespit etmek gerekmektedir. Bölüm 3' de bu konu detaylı bir şekilde incelenecek ve Bölüm 4' de konu ile ilgili örneklemeler verilecektir.

### 1.1 Önceki Çalışmalar

Boşluklu perdelerin yatay yük analizinde çerçeve idealizasyonu kullanmak hem kolay hem de pratik açıdan yeterli bir yaklaşıklıkla sonuç vermektedir. Söz konusu yöntemde, kirişler, perde içinde kalan bölgelerinin bir kısmı sonsuz rijit olan doğru eksenli çubuklar olarak düşünülmektedirler. Ancak bu rijit bölgelerin gerçek uzunluğunu belirlemek oldukça zordur. Bu uzunluğun, kiriş yüksekliği ( $d$ ), serbest kiriş açıklığı ( $l$ ), perde genişliği ( $b$ ) gibi çeşitli büyüklüklere bağlı olduğu söylenebilir. Özmen ve Pala (1995) tarafından yapılan bir çalışmada rijit bölgenin perde yüzüne olan uzaklığı yumuşama derinliği olarak tanımlanarak, ( $x$ ) ile gösterilmiştir (Şekil 1.1). Ayrıca anılan bu uzaklığı içeren bir exponansiyel fonksiyon tarif edilmiştir.

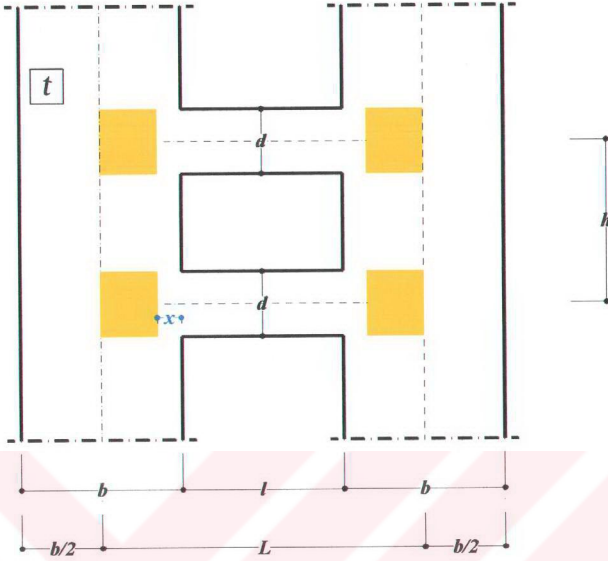
Perde genişliği ( $b$ ) kiriş yüksekliği ( $d$ ) ve kat yüksekliği ( $h$ ) olmak üzere;

$$\frac{x}{d} = (2.3 - 0.22\gamma) e^{-0.78\alpha} \quad (1.1)$$

Burada  $\alpha = \frac{b}{h}$  ,  $\gamma = \frac{h}{d}$  ,  $x$ : yumuşama derinliğini ifade etmektedir (Şekil 1.1).

---

(\*) Eşdeğer çerçeve terimi, eşdeğer çubuklardan oluşan boşluklu perdeli sistem yerine kullanılmıştır.



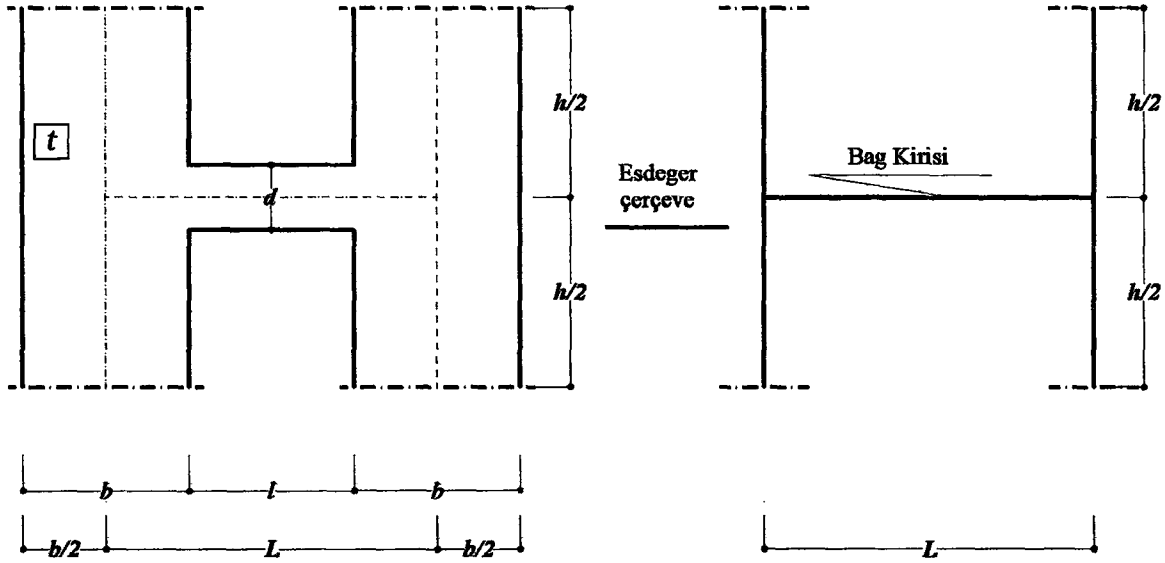
Şekil 1.1 Boşluklu perde geometrik parametreleri

Muto'ya göre ise yumuşama derinliğinin,  $x \approx \frac{d}{4}$  olarak kabul edilmesi öteden beri bilinen bir yaklaşımdır (Çakıroğlu, 1989). (1.2)

Doran ve Polat (1999); Doran (2001) tarafından yapılan çalışmada ise, giriş yüksekliği ( $d$ ), serbest giriş açıklığı ( $l$ ), perde genişliği ( $b$ ) ve kat yüksekliği ( $h$ ) değerlerine bağlı olmak üzere eşdeğerlik çarpanı olarak tarif edilen ( $\eta$ ) değeri için aşağıdaki bağıntılar önerilmiştir (Şekil 1.2).

$$\frac{d}{l} < \frac{1}{4} \quad \text{için} \quad \eta = 1.9 \left( \frac{h}{l} \right)^{0.03} \left( \frac{b}{l} \right)^{1.70} \left( \frac{d}{l} \right)^{-0.60} \quad (1.3)$$

$$\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4} \quad \text{için} \quad \eta = 2.7 \left( \frac{h}{l} \right)^{0.112} \left( \frac{b}{l} \right)^{1.85} \left( \frac{d}{l} \right)^{-0.36} \quad (1.4)$$



Şekil 1.2 Arakat Boşluklu Perde ve eşdeğer çerçeve

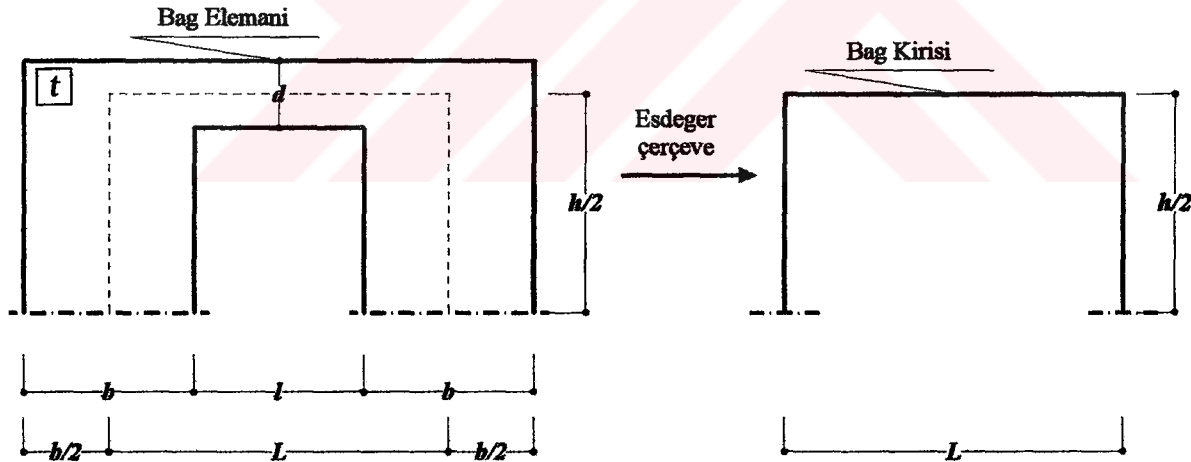
## 1.2 Çalışmanın Konusu, Amacı ve Kapsamı

Bilindiği üzere, yüksek binalarda, rüzgar ve / veya deprem gibi dış etkenlerden kaynaklanan yatay kuvvetler genellikle taşıyıcı duvarlar tarafından karşılanmaktadır. Bu duvarlar içlerinin dolu olmaları durumunda bir konsol kiriş gibi çalışmakta ve kolayca hesaplanabilmektedirler. Ancak çoğu kez içlerinde kapı, pencere gibi mimari zorunluluklardan doğan boşlukların bulunması halinde yüksek dereceden hiperstatik bir sistem haline gelmekte ve hesaplar çok güçleşmektedir. Boşluklu perdeler, kat hizalarında döşeme bağlantıları ile bağlanmış dolu perdeler olarak alınabilir; bu bağlantı elemanları kimi kez döşeme plağının bir kısmı, kimi kez çubuk davranışında kirişler, kimi kez de çubuk davranışına uymayan perde parçalarıdır (Doran, 2001). Bu tür sistemlerin tasarımında, çoğu kez bağlantı elemanlarının plastik şekil değiştirmelerine izin verilir; bu yaklaşım, boşluklu perdelerin sünekliğini ve enerji yutma kapasitelerini artırarak yapının cevabını küçültür. Bu bağlamda, boşluklu perdeler, yatay yüklere karşı yeterli dayanım ve rijitlik sağlamakta üstün performanslı yapı elemanlarıdır.

Boşluklu perdeleri, sistem serbestlik derecelerine herhangi bir kısıtlama getirmeden sonlu eleman yöntemleri ile hesaplamak mümkündür. Ancak, bu tür modellerle çalışmak hem hesap süresini uzatır hem de hesap sonuçlarının değerlendirilmesini zahmetli kılar. Bu nedenle eşdeğer çerçeve sistemlerinin kullanımı daha uzun bir süre yapı tasarımında değerini koruyacak gibi gözükmemektedir (Doran, 2001). Perdeli-çerçeve sistemlerin eşdeğer çerçeve olarak modellenmesinde en önemli konu bağlantı elemanlarının çubuk eşdeğerlerinin yeterli doğrulukla ve duyarlılıkla tahmin edilebilmesidir. Bağlantı elemanının çubuk eşdeğerinin

tahminindeki parametre sayısı oldukça yüksek görünmektedir; genel bir yaklaşımda  $d, b, h, l, L, t$  geometrik büyüklüklerinin (Şekil 1.3) yanı sıra malzeme davranış parametrelerinin de dikkate alınması gerekir. Malzemenin doğrusal-elastik davranış sınırları içinde kaldığı düşünüldüğünde  $E, G, \mu$  (elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı) malzeme parametrelerinin gözönüne alınması yeterli bir yaklaşımdır (Doran, 2001).

Bu çalışmada üst kat bağ kirişlerinin rijitliğe olan etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada  $d, b, h, l, L, t$  geometrik parametreleri için çok sayıda değişken değerler alınmak suretiyle sonlu eleman modelleri oluşturulmuş ve çözüm sonuçları SPSS paket programının verileri olarak kullanılmak suretiyle, bağ kirişi eşdeğer rijitlik çarpanını verecek ifadeler çok değişkenli doğrusal olmayan regresyon analizi yaklaşımıyla formüle edilmeye çalışılmıştır. Bahsedilen program, deneysel verilerle (sonlu eleman çözümleri) uyumlu ve değişkenler arasındaki ilişkiyi en yetkin şekilde ifade eden matematik modellerin doğrusal ve/veya doğrusal olmayan regresyon analizlerini gerçekleştiren bir paket programıdır. Ayrıca sözkonusu bağıntılardaki rasgele değişkenlerin istatistiksel bağımlılığın ölçütü olan korelasyon katsayılarını da vermektedir.



Şekil 1.3 Üst kat boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve

Elde edilen regresyon bağıntıları kullanılarak bağ elemanları eşdeğer rijitlikleri belirlenmiş ve anılan yaklaşımın sistem genelinde sınanması için çeşitli örnekler verilmiştir (Bölüm 4). Örnek çözümleri sonuçları, önceki çalışmalarla karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

## 2. PERDELİ SİSTEMLER VE TASARIM İLKELERİ

### 2.1 Giriş

Çok katlı yapısal tasarımın temel elemanlarından olan perdeler gerek mimari gerekse statik açıdan tercih edilmektedirler. Kat sayısı arttıkça yatay yerdeğiştirmelerin de buna bağlı olarak büyümesi, yatay rijitliği artıracak eleman kullanımına itmektedir. Bu da perdelerin yatay rijitlikleri artırmaları açısından tasarımda sık kullanılan eleman olmalarını açıklamaktadır.

Perde ve çerçevelerden oluşan sistemleri perdeli çerçevesi sistemler ve boşluklu perdeli çerçevesi sistemler olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Bu çalışmada boşluklu perdelerin elastik davranışı incelenecek ve bağ elemanı rijitliği ile ilgili bir matematiksel model önerilecektir.

Çok katlı yapılarda çerçeveler, tek başına gerek mukavemet, gerekse rijitlik bakımından yetersiz kalır ve perdeli sistemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulur. Perdeli ve/veya perdeli çerçevesi sistemler, bu gereksinimi karşılamak için sıklıkla kullanılmaktadır.

Çok katlı yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımı sırasında, en çok tercih edilen yatay yük taşıyıcı elemanlar perdelerdir. Ancak kapı ve pencere gibi boşlukları bulunan perdeler de depreme karşı dayanımda efektif rol oynarlar. Bu tür boşluklu perdelerin depreme karşı projelendirmede kullanılabilmesi için rijitlik ve dayanım açısından davranışlarına açıklık getirmek gerekir.

Boşluklu perdeler, mimari nedenlerle, tesisat delikleri açmak amacı ile ortaya çıkmıştır ve yapısal tasarımda yaygın olarak kullanılırlar.

Perdeli ve perdeli çerçevesi yapıların tasarımında karşılaşılan hesap problemlerinin çözümü için çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Örneęin; perdeleri birbirine bağlayan döşeme plaklarının yada kirişlerinin modellenmesinde, bağ elemanlarının uçlarındaki aşırı şekil değiştirmeler ve buna bağlı oluşan yumuşama nedeni ile rijitlik ve mukavemet kaybı sürekli araştırma konusu olmuştur.

Bu çalışmada, bu tür rijit bağ kirişlerinin perdeli çerçeve sisteminin davranışını nasıl etkilediği, nümerik analize dayanan çok sayıda çözüm örnekleri değerlendirilmek suretiyle incelenmiştir.

## **2.2 Taşıyıcı Sistem Seçiminde Göz Önüne Alınacak Kıstaslar ve Depreme Dayanıklı Çok Katlı Yapılarda Tasarım İlkeleri**

Yatay yükler altında gereksenen yapısal performans, malzemenin, yüklemenin ve taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı oluşan süneklik (ductility) oranının büyük değerlere ulaşmasıyla sağlanabilir (Çakıroğlu, 1989).

Yapı maliyeti katların sayısı arttıkça hızla artmakta, hatta çok yüksek yapılarda geleneksel taşıyıcı sistemlerin kullanılması halinde m<sup>2</sup> maliyetleri, yalnız yatay yükler etkisiyle az katlı yapıların 3-4 katına kadar çıkabilmektedir. Bunun için binanın kat sayısına göre taşıyıcı sistem o şekilde seçilmelidir ki düşey ve yatay yükler altında optimum bir çözüm elde edilmiş olsun (Özmen, 1991).

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana amacı, deprem etkilerine karşı koyabilecek ölçüde mukavemet, rijitlik ve süneklik özellikleri olan bir yapı üretmektir. Genel olarak kabul edilmiş olan tasarım ölçütleri;

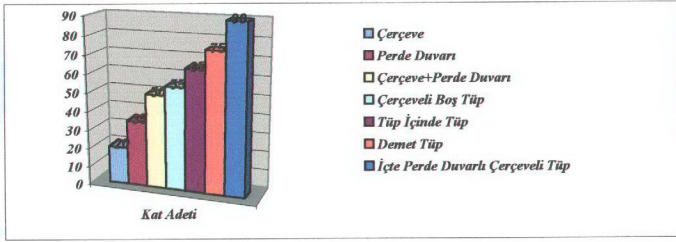
- Sık oluşan küçük depremlerde hiç hasar oluşmaması
- Orta şiddetteki depremlerde yapısal hasar olmaması
- Şiddetli depremlerde genel göçmenin önlenmesi

olarak özetlenebilir.

Çok katlı yapıların hem ekonomik hem de depreme dayanıklı olarak üretilebilmesi için geçerli olan taşıyıcı sistemlerin ana ilkeleri saptanmış olup uzun süredir uygulanmaktadır. Yatay Yükleri Taşıyan Çeşitli Yapı Elemanları aşağıdaki gibidir.

1. Çerçeveler
2. Perdeler
3. Çekirdekler
4. Tüpler
5. Çelik Sistemler
6. Karma Sistemler

Bu sistemler için tavsiye edilen kat sayıları Şekil 2.1' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Betonarme yüksek yapı sistemlerinde kullanılması tavsiye edilen maksimum kat sayıları (Özmen, 1991).

Yurdumuzda ve dünyada çok katlı yapı tasarımında en çok kullanılan sistemler, perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerdir. Bu tür sistemler, bir yandan mimari işlevlerle uyum içinde olup önemli sakinler doğuramazlar, diğer yandan gerekli rijitlik ve mukavemeti sağlayarak deprem etkilerine başarı ile karşı koyabilirler.

Bu tip yapılarda gerekli rijitlik öncelikle perde ve çekirdekler tarafından karşılanmakta, bunların zorlanmasına neden olabilecek kadar şiddetli depremlerde ise sünek çerçeveler devreye girerek göçmeyi önlemektedir.

Son yıllarda, sadece perdelerden oluşan çekirdek sistemlerin de çok katlı yapı sistemlerinde sıkça kullanıldıkları gözlenmektedir. Yapılan son araştırmalar bu tür sistemlerin de belli ölçüde sünekliklerinin bulunduğunu kanıtlamış bulunmaktadır. Bu süneklik geniş ölçüde perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerin yarattığı hiperstatiklikten kaynaklanmaktadır. Gerçekten de kirişlerle birleştirilmiş perdelerde yerdeğiştirme ve eğilme momenti değerlerinde önemli ölçüde azalmalar olmakta ve bunların davranışlarının perde-çerçeve sistemlere yakın olduğu gözlenmektedir. Bu tür sistemlerde bağ kirişlerinin fiktif çerçeveler gibi davrandıkları bilinmektedir (Özmen, 1991).

### 2.3 Perdeli Sistemler ve Tasarım Esasları

Yapı yüksekliği arttıkça bir yandan kat kaybetmemek için kirişlerin yüksekliklerinin sınırlı tutulması istekleri, diğer yandan alt katlardaki kolon kesitlerinin büyümesinden dolayı kıymetli yerlerin kaybedilmesi gibi sebeplerle, çerçeveler ile birlikte veya yalnız olarak diğer tür yatay yük taşıyan elemanların da kullanılması gerekli olmaktadır.

Bu yapı elemanlarından biri de tabanlarından tam yada yarı ankastre olan dolu gövdeli türünden düşey perdelerdir.

Perdelerin süneklik oranları nispeten küçük olduğundan bazı hallerde her katta etrafları çerçeveler ile çevrilerek büyük depremler için süneklik oranları artırılmaya çalışılmaktadır. Bu elemanların, çerçevelerin rijitliklerini arttırmak için boşluklarının betonarme perdeler ile doldurularak meydana getirildikleri de düşünülebilir. Bu elemanların süneklik oranları daha da arttırılmak istenirse bazen çerçeve içindeki perdelerde düşey yarıklar oluşturularak boşluklu perde sistemlere yönelinmektedir.

Bu açıdan bakıldığında perdeler boşluklu ve boşluksuz olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Çerçeveler daha çok kayma tipi deformasyon, perdeler de daha çok eğilme deformasyon yaptıkları halde, boşluklu perdelerde her iki tip deformasyonun da görülmesi boşluklu perdeleri özel bir konuma taşımaktadır.

Bu tip büyük boşluklu perdeler yüksek mukavemet ve rijitlikleri ile dolu perdelerin olumlu özelliklerini taşıırken aynı zamanda dolu perdelerle göre daha sünek olmaları nedeniyle yatay yük taşıyıcı eleman olarak iyi davranış göstermektedirler. Bağlantı kirişlerindeki şekil değiştirmeler bu yapı elemanlarının sünekliklerini arttırmaktadır (Çakıroğlu, 1989).

Perde duvar sistemleri yapının içinde ya da çevresinde simetrik ya da farklı şekillerde düzenlenebilirler. Çoğunlukla simetrik ya da simetriğe yakın şekilde düzenlenmesi tercih edilir. Perde duvar sistemlerinde herhangi bir geometrik şekil sınırlaması yoktur. Kullanılan en yaygın biçimler olarak  $\square$ , U, I, L mimari açıdan kullanılan en uygun şekillerdir.

Perde duvar sistemleri esas olarak açık ve kapalı sistemler şeklinde sınıflandırılır. Açık sistemler doğrusal elemanların birleşimi ile geometrik bir alanı tam olarak kapamayan sistemlerdir. L, X, V, Y, T ve H gibi şekiller bu gruba örnek teşkil ederler. Buna karşın kapalı

sistemler, geometrik bir alanı çevreleyen genellikle kare, üçgen, dikdörtgen ve daire biçimli çekirdeklerdir.

Perde duvarlarının yatay yükler altındaki davranışları açısından yerlerinin ve şekillerinin önemli etkileri vardır. Yapı içine eksantrik olarak yerleştirilen çekirdeğin eğilme ve kesme kuvvetleri yanında burulmayı da karşılaması gerekir. Perde duvarlarının burulma dayanımını değerlendirirken kapı, pencere ve diğer boşluklar için burulma rijitliği azaltılmalıdır. Çünkü boşluklu perdelerde, perdenin burulma rijitliği, duvarlar ne kadar boşluklu ise o kadar azalır. Mekanik ve elektrik sistemlerini yerleştirmek için büyük boşluklar bırakıldığında duvarlar burulma yükünü kaldıramayabilir.

Uygulamada yapı elemanları, geometrik ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi yaklaşık olarak çakışacak şekilde boyutlandırılmaya çalışıldığından, pek çok halde burulmalar önemsiz değerler almaktadırlar.

Bina sistemlerinde kat döşemeleri kendi düzlemleri içerisinde sonsuz rijit olarak kabul edilmeleri oldukça gerçekçi bir yaklaşım olmaktadır ve böylece bir kattaki serbestlik derecesi üçe indirilmiştir (Özmen, 1991).

Perde ve çekirdeklerden oluşan çok katlı yapılarda yatay yüklerin tamamının, bahsi geçen elemanlarla taşındığını varsaymak ilk yaklaşım olarak kabul edilebilir.

Eğer perde duvarı düzenlemesi simetrik değil ise yatay kuvvetlerden dolayı yapıda ötelenmeye ek olarak burulma meydana gelmektedir. Bu burulma nedeniyle aynı kat seviyesindeki elemanlar farklı yerdeğiştirmelere maruz kalırlar. Burulma merkezinden en uzak noktadaki elemanlar aşırı yerdeğiştirme nedeniyle daha fazla zorlanırlar.

### **2.3.1 Boşluklu perdeler**

Çok katlı yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımı sırasında boşluklu perdeler çok kullanılan yatay yük taşıyıcı elemanlardır. Bu sistemler dolu perdelerde kapı, pencere gibi konstrüktif nedenlerle yapılan boşluklar neticesinde meydana geldiği gibi aynı düzlem içerisinde bulunan perdelerin kat hizalarında kirişlerle birleşmesinden meydana gelmiş gibi de düşünülebilir.

Perdeler küçük ve orta şiddetteki depremlerde iyi dayanım ve yeterli rijitlik gösterdikleri halde, büyük şiddetteki depremlerde enerji yutma kapasiteleri açısından gerekenen yapısal performansı gösterememektedirler. Ancak büyük boşluklu perdeler yüksek mukavemet ve rijitlikleri ile dolu perdelerin pozitif özelliklerini taşıırken, aynı zamanda dolu perdelerle göre daha sünek olmaları nedeniyle yatay yük taşıyıcı elemanlar olarak daha iyi davranış göstermektedirler. Bağ kirişlerindeki doğrusal olmayan şekil değiştirmeler boşluklu perdelerin sünekliğini arttırmaktadır (Çakıroğlu, 1989).

Boşluklu perdeler, Muto'ya göre içerdikleri boşluk alanına göre küçük ve büyük boşluklu perdeler olmak üzere iki ayrı gruba ayrılmıştır.

### 2.3.1.1 Küçük boşluklu perdeler

Küçük boşluklu bir perdenin deformasyonu, bu perdenin boşluksuz durumdaki deformasyonunun bir düzeltme faktörü ile çarpılmasıyla elde edilebilir. Konu rijitlik cinsinden ifade edilmek istenirse; boşluksuz perde rijitliği  $D_s$ , (2.1) bağıntısındaki rijitlik azaltma faktörü ile çarpılarak boşluklu perde rijitliği  $D_f$  elde edilir (Çakıroğlu, 1989).

$$D_f = D_s \beta \quad (2.1)$$

$$\beta = 1 - 1.25 p \text{ (boşluk oranına bağlı rijitlik azaltma faktörünü)} \quad (2.2)$$

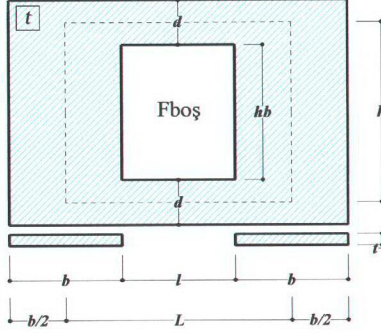
$$p = \sqrt{\frac{F_{bos}}{F}} = \text{boşluk oranını} \quad (2.3)$$

$F_{bos}$  = boşluk alanını

$F$  = boşluğun etrafındaki kolon ve kiriş eksenlerinin çevrelediği alanı göstermektedir (Şekil 2.2).

Boşlukların küçük olması halinde, perdeler yine konsol kirişler gibi çalışırlar. Böyle kabul

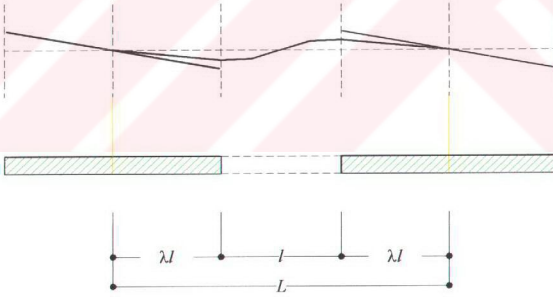
edilebilmesi için  $p = \sqrt{\frac{F_{bos}}{F}} \leq 0.40$  (boşluk oranı) olmalıdır (Çakıroğlu, 1989).



Şekil 2.2 Küçük boşluklu perdeler

### 2.3.1.2 Büyük boşluklu perdeler

$p \geq 0.40$  halinde, boşluklu perdeler çerçeve gibi hesaplanmalıdır. Bu halde kiriş olarak modellenen kısımların perde içinde kalan bölgelerinin önemli bir bölümünde atalet momentleri sonsuz büyük alınmalıdır.



Şekil 2.3 Bağ kirişlerindeki deformasyon durumu

Bu elemanların süneklik oranları çerçeveler ile perdelerin süneklik oranları arasında yer almaktadır. Bunun sebebi bağlantı kirişlerindeki şekil değiştirmelerdir. Bu tür sistemlerde  $\frac{d}{l}$  değerleri büyük olduğundan bu kirişlerde kayma şekil değiştirmelerini de hesaba katmak gerekmektedir. Aşağıda verilen örnekte  $\theta_i = \theta_j$  haline ait bağlantı kirişi eğilme rijitliğine kayma şekil değiştirmeleri katkısının ne denli önemli olduğu gösterilmiştir (Çakıroğlu, 1989).

Çizelge 2.1  $k_2 = \frac{m_i \theta_i}{6EI}$  değerleri

$(d/l)$	$(l/L)$	$k_2$
0.00	0.40	15.62
	0.45	10.97
	0.50	8.00
	0.55	6.01
0.20	0.40	13.71
	0.45	9.63
	0.50	7.02
	0.55	5.27
0.40	0.40	10.02
	0.45	7.03
	0.50	5.13
	0.55	3.85
0.50	0.40	8.33
	0.45	5.85
	0.50	4.27
	0.55	3.21
1.00	0.40	3.47
	0.45	2.44
	0.50	1.78
	0.55	1.33

Burada  $\frac{d}{l}$  oranı kayma şekil değiştirmelerinin katkısını göstermektedir;  $\frac{d}{l}$  oranının sıfır değerine ait rijitlikler kayma şekil değiştirmesinin terkedilmesi haline aittir.

### 2.3.2 Boşluklu perdelerin yatay yük analizinde kullanılan yöntemler

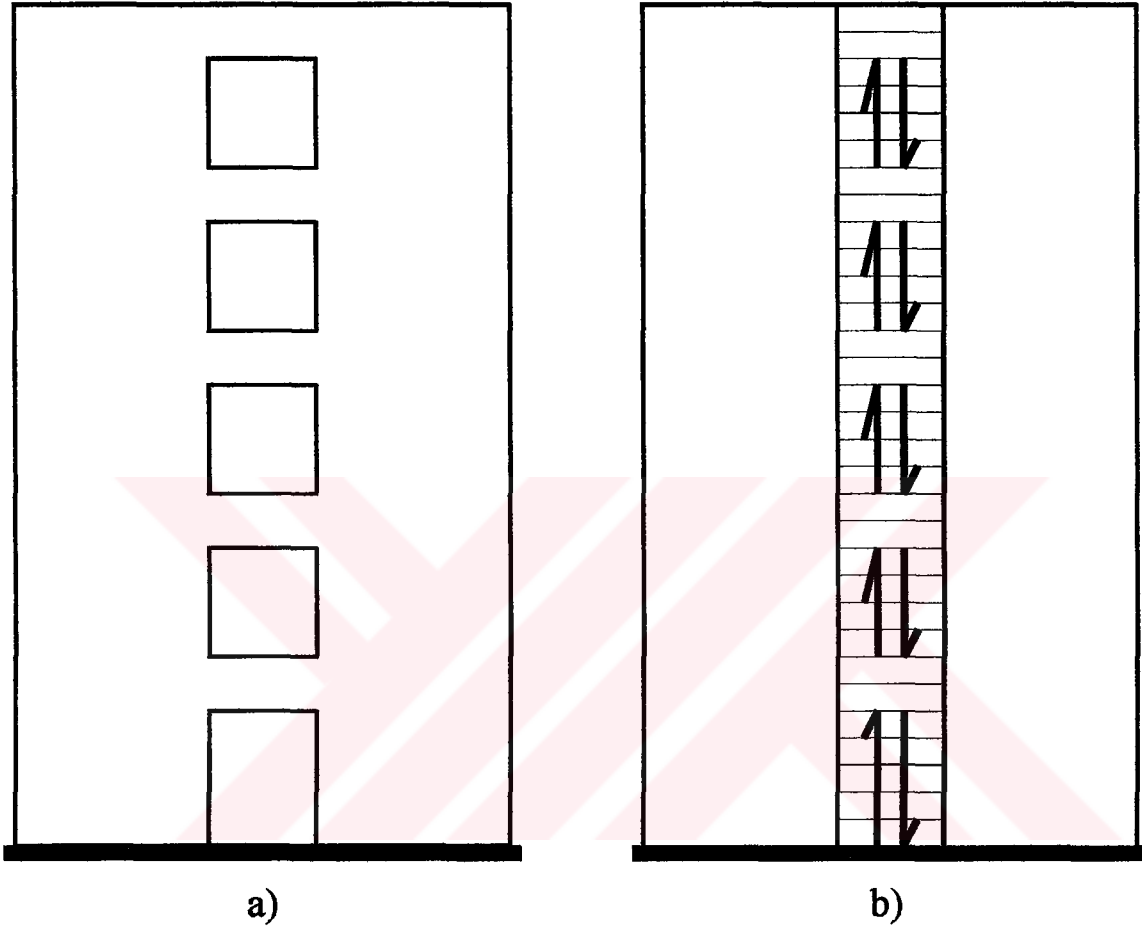
Boşluklu perdelerin yatay yük analizinde genelde üç tip idealizasyon kullanılmaktadır.

- Sürekli ortam idealizasyonu
- Çerçeve idealizasyonu
- Sonlu eleman idealizasyonu

#### 2.3.2.1 Sürekli ortam idealizasyonu

Bu idealizasyonda ayrıntılı bağlantı kirişleri yerine fiktif bir sürekli ortam alınır ve problemin denge diferansiyel denklemi yazılır. Bu işlem yapılırken :

- Perdenin antimetrik deformasyon yaptığı ve büküm noktasının sürekli ortamın orta ekseninde olduğu,
- Duvarların eşit yerdeğiştirme yaptıkları, dolayısı ile yatay yükleri rijitlikleri ile orantılı paylaşacakları, kabul edilir (Çakıroğlu, 1989).



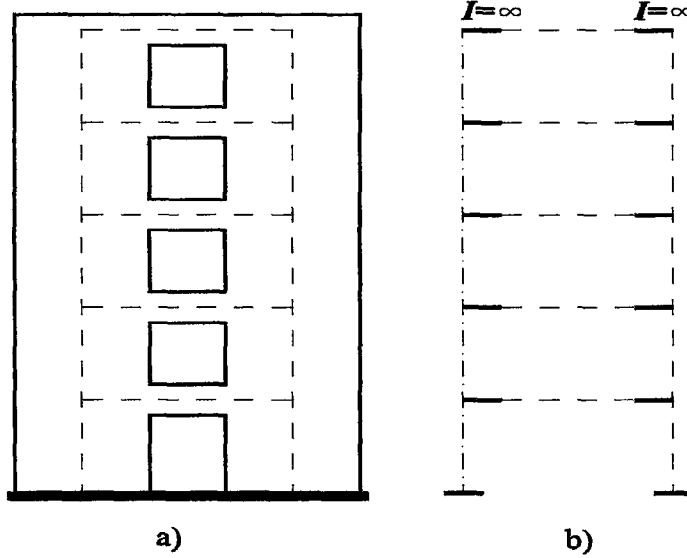
Şekil 2.4

- a) Tipik boşluklu perde  
b) Sürekli ortam idealizasyonu

### 2.3.2.2 Çerçeve idealizasyonu

Boşluklu perdelerin yatay yük analizinde çerçeve idealizasyonunu kullanmak hem çok kolay olmakta hem de pratik olarak yeterli yaklaşıklıkla sonuç vermektedir. Ayrıca sistemin üç boyutlu analizinde yapıda bulunan diğer taşıyıcılarla birlikte ele alınabilme kolaylığı açısından tercih edilen bir çözüm yöntemidir. Bu yöntemde perdeler kolon olarak gözönüne

alınmakta, bağ elemanları ise perde içinde kalan bölgelerinin bir kısmı sonsuz atalet momentine sahip doğru eksenli çubuklar olarak düşünülmektedir(Çakıroğlu, 1989).



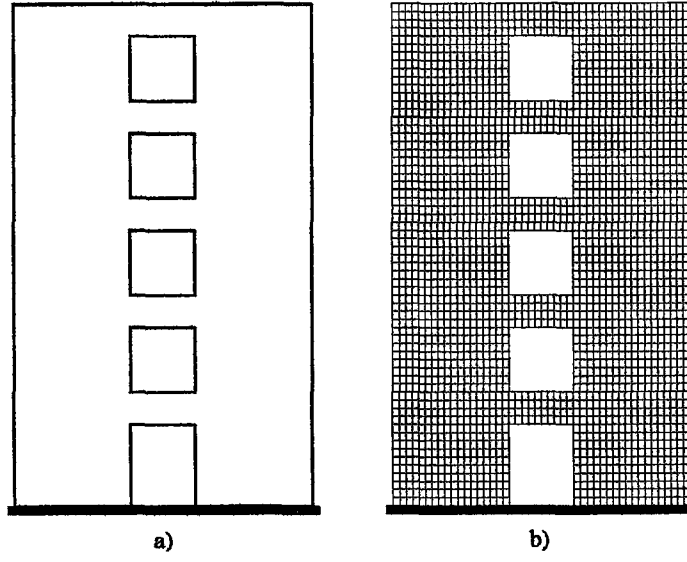
Şekil 2.5

a) Tipik boşluklu perde  
b) Çerçeve idealizasyonu

### 2.3.2.3 Sonlu eleman idealizasyonu

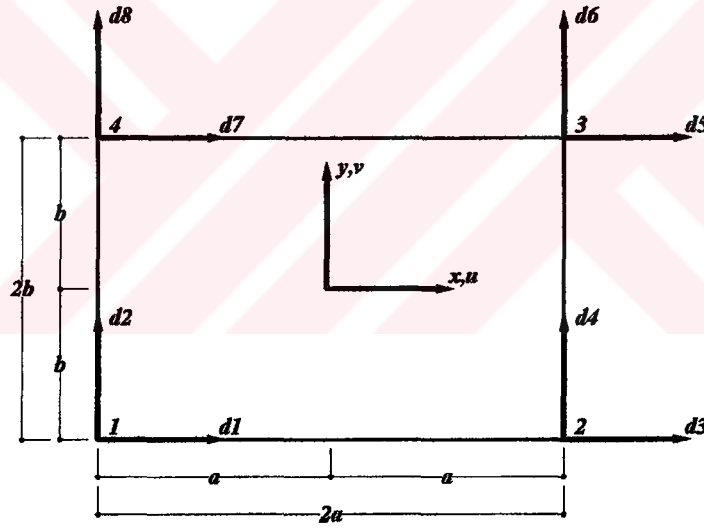
Büyük boşluklu perdelerin çözümünde sonlu elemanlar yöntemi kesin çözüme en yakın sonuç veren bir yöntem olarak kullanılabilir. Bağlantı kirişleri ince olduğu zaman standart sonlu elemanlar uç deplasmanlarının uyumsuz olması nedeniyle perde kiriş bağlantılarında sorun çıkmaktadır. Bu yüzden boşluklu perdelerin çözümünde çeşitli sonlu elemanlar ve teknikler denenmektedir.

Boşluklu perdeler, birbirleri ile kirişlerle bağlanmış iki dolu perde gibi düşünülmektedir. Dolu perde kısımları levha tipi sonlu elemanla, bağlantı kirişleri ise yükseklik/açıklık oranına bağlı olarak levha tipi sonlu eleman veya kiriş olarak idealleştirilmektedir. Büyük boşluklu perdelerin bağ kirişleri ince olduğu için genellikle tek boyutlu çubuk eleman olarak idealleştirilmeleri daha uygun olmaktadır. Küçük boşluklu perdelerde ise bağ kirişlerinin de levha tipi sonlu eleman olarak idealleştirilmeleri daha uygun olmaktadır (Çakıroğlu, 1989).



Şekil 2.6

a) Tipik boşluklu perde  
b) Sonlu eleman idealizasyonu

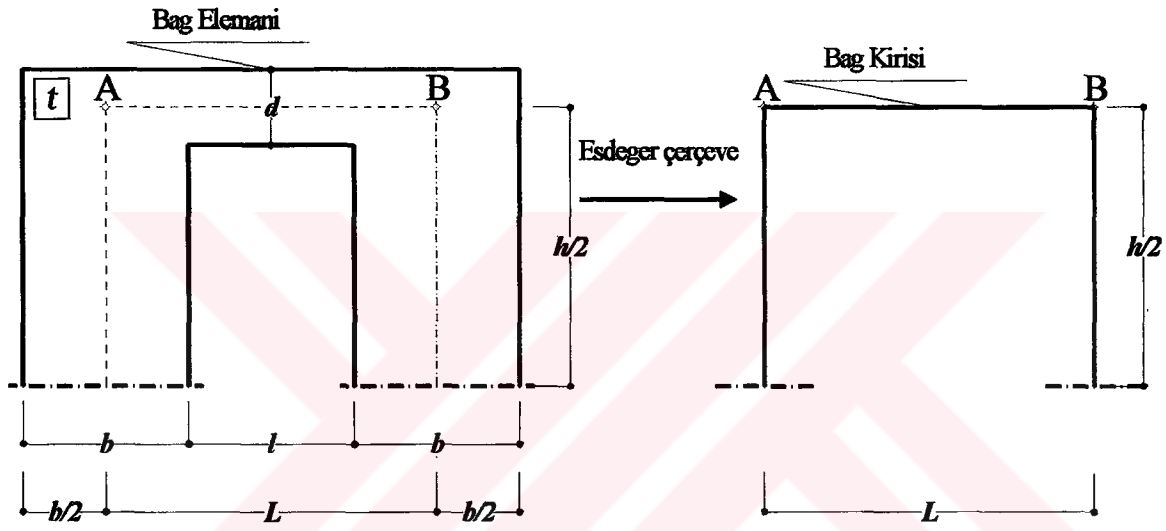


Şekil 2.7 Levha tipi sonlu eleman ve düğüm noktası parametreleri

### 3. BOŞLUKLU PERDELERDE ÜST KAT BAĞ KİRİŞİ RİJİTLİĞİ HESABI

#### 3.1 Giriş

Birinci bölümde bahsedildiği üzere, boşluklu perdelerin eşdeğer çerçeve olarak modellenmesinde en önemli husus, bağ elemanlarının çubuk eşdeğerlerinin yeterli doğrulukla tahmin edilebilmesidir. Bağ elemanının çubuk eşdeğerinin tahminindeki parametre sayısı oldukça yüksektir; genel bir yaklaşımla  $d, b, h, l, L, t$  geometrik büyüklüklerinin (Şekil 3.1) yanı sıra malzeme davranış parametrelerinin de dikkate alınması gerekir (Doran, 2001).



Şekil 3.1 Üst kat boşluklu perde ve eşdeğer çerçeve

Malzemenin doğrusal-elastik davranış sınırları içinde yapılacak yapısal çözümlelerde  $E, G, \mu$  (elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı) malzeme parametreleri olarak yeterlidir.

Gerçekleştirilen çalışmada üst kat bağ kirişlerinin yatay yükler altında davranışları araştırılmış ve eşdeğerlik çarpanı ( $\eta$ ) yı verecek regresyon bağıntıları çubuk teorisinin geçerli olduğu

$$\left(\frac{d}{l} < \frac{1}{4}\right) \text{ ve çubuk teorisinin geçerli olmadığı } \left(\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4}\right) \text{ durumlar için ayrı ayrı elde}$$

edilmiştir. Söz konusu bağıntıların hassasiyeti oldukça tatminkar görünmektedir.

### 3.2 Önerilen Yöntem

( $\eta$ ) eşdeğerlik çarpanı kat yüksekliği ( $h$ ), kiriş yüksekliği ( $d$ ), kiriş serbest açıklığı ( $l$ ), perde genişliği ( $b$ ), ve  $a_0, a_1, a_2, a_3$  gibi sabit katsayılara bağlı bir kuvvet fonksiyonu şeklinde düşünülebilir (Doran, Polat, 1999; Doran, 2001).

$$\eta = a_0 \left( \frac{h}{l} \right)^{a_1} \left( \frac{b}{l} \right)^{a_2} \left( \frac{d}{l} \right)^{a_3} \quad (3.1)$$

( $\eta$ ) eşdeğerlik çarpanını verecek (3.1) ifadesi farklı formlarda da düşünülebilir. Ancak daha önce gerçekleştirilen çalışmalar (Doran, Polat, 1999; Doran, 2001) sözkonusu formun uygun olduğunu göstermektedir.

Şekil 3.1' de geometrik özellikleri ile verilen sistem sonlu eleman yöntemi ile Çizelge 3.1' de verilen  $b, h, l, L, d, t$  değerleri için modellenerek çözümü yapılmış ve deformasyon durumu; referans noktalarındaki deplasmanlar ( $\delta$ ) belirlenmiştir. Referans noktalar olarak perde kiriş birleşim noktaları alınmıştır (A ve B noktaları, Şekil 3.1).

Aynı geometrik büyüklükler dikkate alınarak, sistem bu kez çerçeve olarak idealize edilmiş ve deformasyon durumu; referans noktaların yatay deplasmanları ( $\bar{\delta}$ ) belirlenmiştir. Eşdeğer çerçeve kirişinin rijitliği,  $\delta = \bar{\delta}$  eşitliği sağlanana kadar değiştirilmek suretiyle ( $\eta$ ) değerleri tesbit edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1 Geometrik büyüklükler

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>d (m)</i>	<i>b (m)</i>	<i>h (m)</i>	<i>L (m)</i>	<i>l (m)</i>	<i>t (m)</i>
0.20	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30
0.40	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30
0.6	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30

Çizelge 3.1 Geometrik büyüklükler (Devamı)

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>d (m)</i>	<i>b (m)</i>	<i>h (m)</i>	<i>L (m)</i>	<i>l (m)</i>	<i>t (m)</i>
0.80	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30
1.00	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30
1.20	3.00	3.00	6.00	3.00	0.30
	3.20	3.00	6.00	2.80	0.30
	3.40	3.00	6.00	2.60	0.30
	3.60	3.00	6.00	2.40	0.30
	3.80	3.00	6.00	2.20	0.30
	4.00	3.00	6.00	2.00	0.30
	4.20	3.00	6.00	1.80	0.30
	4.40	3.00	6.00	1.60	0.30
	4.60	3.00	6.00	1.40	0.30

(3.1) bağıntısındaki sabitler,  $\left(\frac{d}{l}\right)$  değerinin muhtemel tüm değişim aralığı için sonlu eleman çözümleri ile üretilen sonuçların SPSS programının verileri olarak alınmasıyla, hassasiyeti oldukça yüksek görünen bağıntılar elde edilmiştir.

### 3.3 Çözümde Kullanılan Program ve Yapılan Kabuller

Bölüm 3.2' de bahsedilen çok sayıda sonlu eleman ve çerçeve modeli, SAP90 yapısal analiz programı kullanılarak çözülmüştür. Çözümlemede yapılan kabuller, geometrik parametreler ve malzeme değişim parametreleri şöyledir;

- Malzeme doğrusal - elastik
- Çerçeve modelinde, perde ve bağ kirişi çubuk eleman olarak modellenmiştir.
- Düzlem çerçeveler sözkonusudur (burulma etkileri inceleme dışıdır)
- $E = 3.10^7 \text{ kN/m}^2$  *Elastisite modülü*
- $\mu = 0.30$  *Poisson oranı*
- $G = E / 2(1+\nu) = E / 2.6$  *Kayma Modülü*

#### 3.3.1 Nümerik çözüm sonuçları

Boşluklu perde sistemlerin eşdeğer çerçeve olarak modellenebilmesi için, davranışa hakim olan bağ elemanı rijitliğinin çubuk eşdeğerlerinin yeterli doğrulukla tesbit edilmesi gerektiği daha önce belirtilmişti. Bu bölümde Bölüm 3.2' de verilen çözüm sistematığı çerçevesinde eşdeğerlik çarpanları belirlenmiş ve Çizelge 3.1' de belirtilen geometrik büyüklükler dikkate alınarak Çizelgeleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ (m)	$b$ (m)	$h$ (m)	$L$ (m)	$l$ (m)	$(h/l)$	$(b/l)$	$(d/l)$	$\eta_{FE}$
0.2	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.0667	6.1317
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.0714	7.4200
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.0769	9.0900
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.0833	11.3067
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.0909	14.3000
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.1000	18.4327
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.1111	24.3033
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.1250	32.9000
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.1429	45.9667
0.40	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.1333	4.5860
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.1429	5.4417
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.1538	6.5233
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.1667	7.9033
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.1818	9.6900
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.2000	12.0333
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.2222	15.1667
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.2500	19.4000
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.2857	25.2367
0.60	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.2000	3.6100
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.2143	4.2067
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.2308	4.9383
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.2500	5.8400
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.2727	6.9650
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.3000	8.3750
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.3333	10.1567
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.3750	12.4133
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.4286	15.2800

Çizelge 3.2 Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri (Devamı)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ (m)	$b$ (m)	$h$ (m)	$L$ (m)	$l$ (m)	$(h/l)$	$(b/l)$	$(d/l)$	$\eta_{FE}$
0.80	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.2667	2.9773
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.2857	3.4080
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.3077	3.9223
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.3333	4.5403
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.3636	5.2833
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.4000	6.1773
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.4444	7.2533
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.5000	8.5467
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.5714	10.0833
1.00	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.3333	2.5533
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.3571	2.8727
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.3846	3.2467
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.4167	3.6833
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.4545	4.1917
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.5000	4.7817
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.5556	5.4633
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.6250	6.2433
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.7143	7.1233
1.20	3.00	3.00	6.00	3.000	1.0000	1.0000	0.4000	2.2627
	3.20	3.00	6.00	2.800	1.0714	1.1429	0.4286	2.5037
	3.40	3.00	6.00	2.600	1.1538	1.3077	0.4615	2.7800
	3.60	3.00	6.00	2.400	1.2500	1.5000	0.5000	3.0933
	3.80	3.00	6.00	2.200	1.3636	1.7273	0.5455	3.4500
	4.00	3.00	6.00	2.000	1.5000	2.0000	0.6000	3.8467
	4.20	3.00	6.00	1.800	1.6667	2.3333	0.6667	4.2900
	4.40	3.00	6.00	1.600	1.8750	2.7500	0.7500	4.7767
	4.60	3.00	6.00	1.400	2.1429	3.2857	0.8571	5.3033

### 3.3.2 SPSS paket programı analiz sonuçları

Yapılan geniş bantlı çözümler  $\frac{d}{l}$  nin sınırlandırılması ile daha hassas eşdeğerlik çarpanları elde edilebileceğini göstermiştir (Doran, Polat, 1999). Dolayısıyla bu bölümde Çizelge 3.2' deki ( $\eta_{FE}$ )' ler için genel bir bağıntı kullanmak yerine  $\frac{d}{l} < \frac{1}{4}$  ve  $\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4}$  olası durumları için iki ayrı bağıntı önerilmiştir.

$$\frac{d}{l} < \frac{1}{4} \text{ durumu için}$$

Non-linear Regression

$$R \text{ squared} = 1 - \text{Residual SS} / \text{Corrected SS} = .99927$$

$$a_0 \quad 1.278993524$$

$$a_1 \quad 3.206191239$$

$$a_2 \quad -.022207657$$

$$a_3 \quad -.599342205$$

$$\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4} \text{ durumu için}$$

Non-linear Regression

$$R \text{ squared} = 1 - \text{Residual SS} / \text{Corrected SS} = .99471$$

$$a_0 \quad .624764089$$

$$a_1 \quad 3.288130336$$

$$a_2 \quad -.339797902$$

$$a_3 \quad -1.25984404$$

Bu durumda  $\eta$ - eşdeğerlik çarpanı,

$$\frac{d}{l} < \frac{1}{4} \text{ durumu için } \eta = 1.2790 \left(\frac{h}{l}\right)^{3.2062} \left(\frac{b}{l}\right)^{-0.0222} \left(\frac{d}{l}\right)^{-0.5393} \quad (3.2)$$

$$\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4} \text{ durumu için } \eta = 0.6248 \left(\frac{h}{l}\right)^{3.2881} \left(\frac{b}{l}\right)^{-0.3398} \left(\frac{d}{l}\right)^{-1.2598} \quad (3.3)$$

olur.

(3.2) ve (3.3) bağıntılarının korelasyon katsayıları anılan değerler (Çizelge 3.2) için  $r = 0.99$  bulunmuştur. Çizelge 3.3' te bağıntıların uygunluğu görülmektedir.

(3.2) ve (3.3) bağıntıları, pratik amaçlar için üsleri yuvarlatılarak,

$$\frac{d}{l} < \frac{1}{4} \quad \text{durumu için } \eta = 1.3 \left(\frac{h}{l}\right)^{3.21} \left(\frac{b}{l}\right)^{-0.02} \left(\frac{d}{l}\right)^{-0.54} \quad (3.4)$$

$$\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4} \quad \text{durumu için } \eta = 0.6 \left(\frac{h}{l}\right)^{3.29} \left(\frac{b}{l}\right)^{-0.34} \left(\frac{d}{l}\right)^{-1.26} \quad (3.5)$$

şeklinde alınabilir.

Çizelge 3.3 Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri

1	2	3	4	5	6	7	8
$d$ (m)	$a$ (m)	$\eta_{FE}$	(h/l)	(b/l)	(d/l)	$\eta$ Denk. 3.2	$\eta$ Denk. 3.3
0.20	3.00	6.1317	1.0000	1.0000	0.0667	6.4819	-----
	3.20	7.4200	1.0714	1.1429	0.0714	7.7362	-----
	3.40	9.0900	1.1538	1.3077	0.0769	9.3568	-----
	3.60	11.3067	1.2500	1.5000	0.0833	11.4928	-----
	3.80	14.3000	1.3636	1.7273	0.0909	14.3740	-----
	4.00	18.4327	1.5000	2.0000	0.1000	18.3684	-----
	4.20	24.3033	1.6667	2.3333	0.1111	24.0919	-----
	4.40	32.9000	1.8750	2.7500	0.1250	32.6314	-----
	4.60	45.9667	2.1429	3.2857	0.1429	46.0362	-----
0.40	3.00	4.5860	1.0000	1.0000	0.1333	4.2785	-----
	3.20	5.4417	1.0714	1.1429	0.1429	5.1064	-----
	3.40	6.5233	1.1538	1.3077	0.1538	6.1762	-----
	3.60	7.9033	1.2500	1.5000	0.1667	7.5861	-----
	3.80	9.6900	1.3636	1.7273	0.1818	9.4879	-----
	4.00	12.0333	1.5000	2.0000	0.2000	12.1245	-----
	4.20	15.1667	1.6667	2.3333	0.2222	15.9024	-----
	4.40	19.4000	1.8750	2.7500	0.2500	-----	20.0718
	4.60	25.2367	2.1429	3.2857	0.2857	-----	24.7711
0.60	3.00	3.6100	1.0000	1.0000	0.2000	3.3555	-----
	3.20	4.2067	1.0714	1.1429	0.2143	4.0049	-----
	3.40	4.9383	1.1538	1.3077	0.2308	4.8438	-----
	3.60	5.8400	1.2500	1.5000	0.2500	-----	6.5017
	3.80	6.9650	1.3636	1.7273	0.2727	-----	7.3936
	4.00	8.3750	1.5000	2.0000	0.3000	-----	8.5345
	4.20	10.1567	1.6667	2.3333	0.3333	-----	10.0286
	4.40	12.4133	1.8750	2.7500	0.3750	-----	12.0433
	4.60	15.2800	2.1429	3.2857	0.4286	-----	14.8630

Çizelge 3.3 Üst kat bağlantılarının çubuk eşdeğerleri (Devamı)

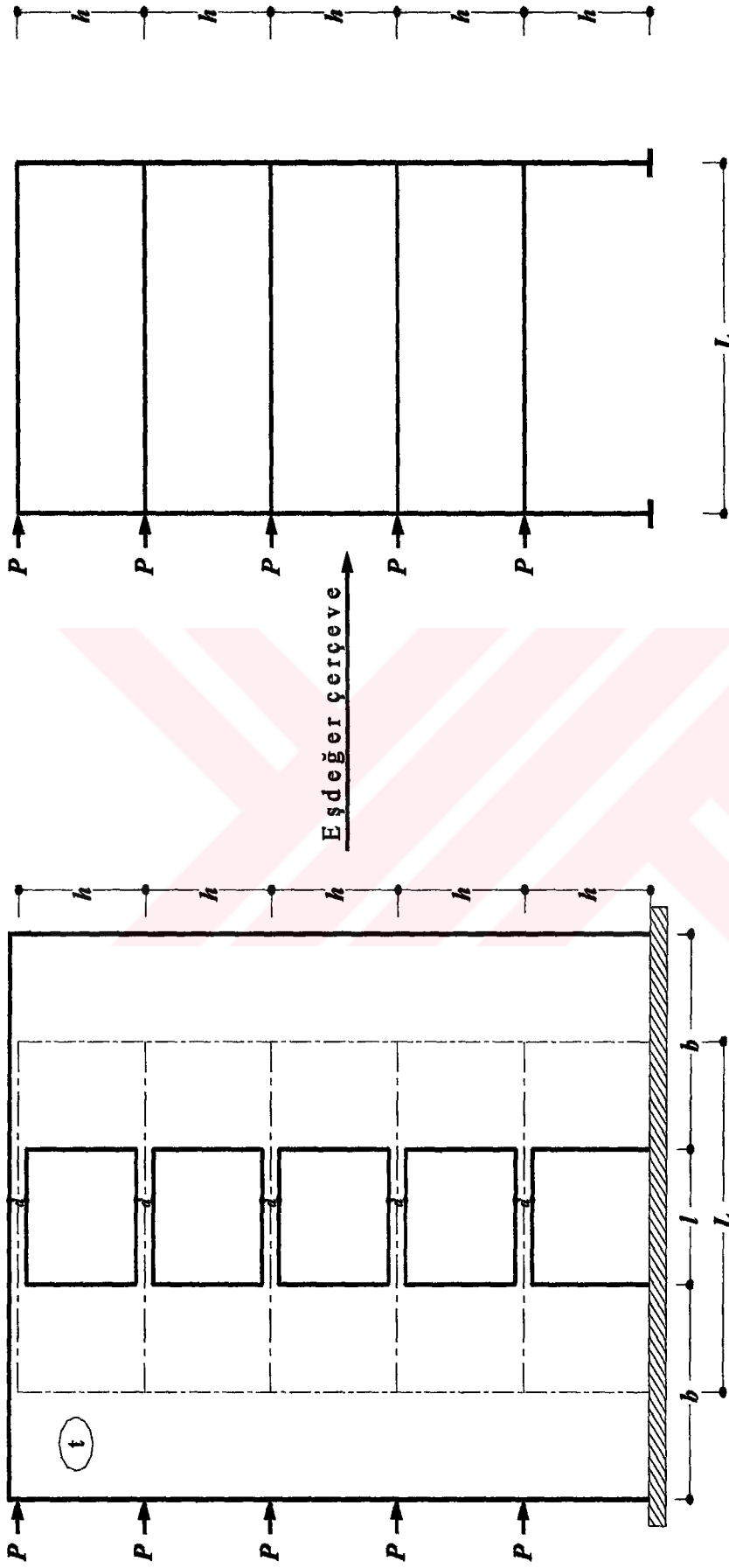
1	2	3	4	5	6	7	8
$d$ (m)	$b$ (m)	$\eta_{FE}$	( $h/l$ )	( $b/l$ )	( $d/l$ )	$\eta$ Denk. 3.2	$\eta$ Denk. 3.3
0.80	3.00	2.9773	1.0000	1.0000	0.2667	-----	3.3030
	3.20	3.4080	1.0714	1.1429	0.2857	-----	3.6306
	3.40	3.9223	1.1538	1.3077	0.3077	-----	4.0306
	3.60	4.5403	1.2500	1.5000	0.3333	-----	4.5251
	3.80	5.2833	1.3636	1.7273	0.3636	-----	5.1459
	4.00	6.1773	1.5000	2.0000	0.4000	-----	5.9399
	4.20	7.2533	1.6667	2.3333	0.4444	-----	6.9798
	4.40	8.5467	1.8750	2.7500	0.5000	-----	8.3820
	4.60	10.0833	2.1429	3.2857	0.5714	-----	10.3445
1.00	3.00	2.5533	1.0000	1.0000	0.3333	-----	2.4936
	3.20	2.8727	1.0714	1.1429	0.3571	-----	2.7409
	3.40	3.2467	1.1538	1.3077	0.3846	-----	3.0429
	3.60	3.6833	1.2500	1.5000	0.4167	-----	3.4162
	3.80	4.1917	1.3636	1.7273	0.4545	-----	3.8848
	4.00	4.7817	1.5000	2.0000	0.5000	-----	4.4843
	4.20	5.4633	1.6667	2.3333	0.5556	-----	5.2693
	4.40	6.2433	1.8750	2.7500	0.6250	-----	6.3279
	4.60	7.1233	2.1429	3.2857	0.7143	-----	7.8095
1.20	3.00	2.2627	1.0000	1.0000	0.4000	-----	1.9818
	3.20	2.5037	1.0714	1.1429	0.4286	-----	2.1784
	3.40	2.7800	1.1538	1.3077	0.4615	-----	2.4184
	3.60	3.0933	1.2500	1.5000	0.5000	-----	2.7151
	3.80	3.4500	1.3636	1.7273	0.5455	-----	3.0876
	4.00	3.8467	1.5000	2.0000	0.6000	-----	3.5640
	4.20	4.2900	1.6667	2.3333	0.6667	-----	4.1880
	4.40	4.7767	1.8750	2.7500	0.7500	-----	5.0293
	4.60	5.3033	2.1429	3.2857	0.8571	-----	6.2068

#### 4. SAYISAL UYGULAMA VE İRDELEMELER

Bu bölümde  $\frac{d}{l}$  nin farklı değişim aralıkları gözetilerek boşluklu perde sistemler modellenmiş ve sonlu eleman tekniği ile çalışan SAP 90 (Structural Analysis Program) programı ile çözümleri yapılmıştır.

Daha sonra uygun bağıntılar kullanılarak bağ kiriş i eşdeğer rijitlik çarpanları belirlenmiştir. Akabinde sistemler çubuk sistem olarak modellenmiş ve deformasyon durumları belirlenmiştir (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4). Sonuçlar, konu ile ilgili daha evvel yapılmış olan farklı çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Şekil 4.2, 4.3, 4.4).





Şekil 4.1 Örnek 1,2,3 için sonlu eleman ve eşdeğer çerçeve modeli

Çizelge 4.1 Örnek 1,2,3 için parametreler

1	2	3	4	5	6
<i>Parametreler</i>	<i>Birimi</i>	<i>Açıklama</i>	<i>ÖRNEK 1</i>	<i>ÖRNEK 2</i>	<i>ÖRNEK 3</i>
<i>b</i>	(m)	Perde genişliği	4.00	3.60	3.60
<i>d</i>	(m)	Bağ elemanı yüksekliği	0.40	0.60	1.00
<i>h</i>	(m)	Kat yüksekliği	3.00	3.00	3.00
<i>l</i>	(m)	Kiriş serbest açıklığı	2.00	2.40	2.40
<i>L</i>	(m)	Eksen açıklığı	4.00	4.00	4.00
<i>t</i>	(m)	Perde ve bağ elemanı kalınlığı	0.30	0.30	0.30
<i>μ</i>	----	Poisson oranı	0.30	0.30	0.30
<i>E</i>	kN/m <sup>2</sup>	Elastisite modülü	3x10 <sup>7</sup>	3x10 <sup>7</sup>	3x10 <sup>7</sup>
<i>P</i>	kN	Yatay yük	100.00	100.00	100.00

## 4.1 Örnek 1 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması

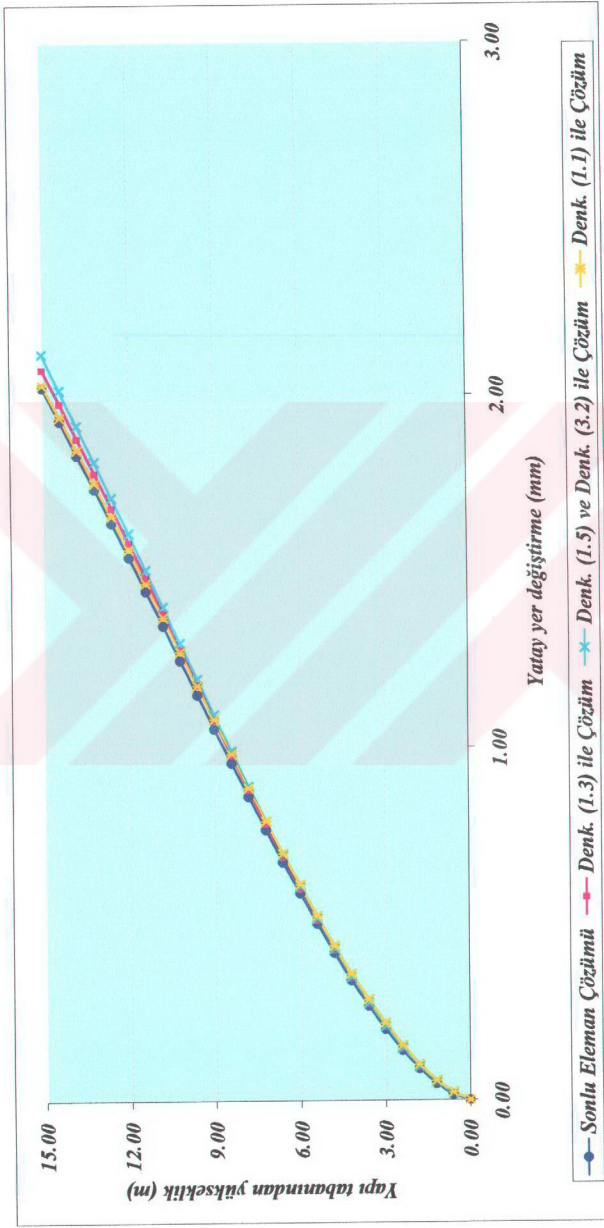
Çizelge 4.2 Örnek 1 kat yatay deplasmanları

Kat	Yapı tabanından yükseklik (m)	Sonlu eleman çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)	Eşdeğer çerçeve sistemi çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)		
			Sonlu eleman çözümü	1*	2*
1	0.00	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.60	0.01567	0.0197	0.0198	0.0217
	1.20	0.04678	0.0516	0.0518	0.0557
	1.80	0.09003	0.0943	0.0949	0.1009
	2.40	0.14270	0.1469	0.1479	0.1559
	3.00	0.20290	0.2081	0.2096	0.2193
2	3.60	0.26930	0.2742	0.2763	0.2863
	4.20	0.34190	0.3473	0.3502	0.3600
	4.80	0.42010	0.4266	0.4304	0.4395
	5.40	0.50270	0.5112	0.5160	0.5240
	6.00	0.58840	0.6001	0.6062	0.6124
3	6.60	0.67690	0.6904	0.6977	0.7011
	7.20	0.76840	0.7841	0.7929	0.7929
	7.80	0.86240	0.8808	0.8912	0.8872
	8.40	0.95800	0.9797	0.9917	0.9833
	9.00	1.05400	1.0800	1.0940	1.0810
4	9.60	1.15100	1.1790	1.1950	1.1760
	10.20	1.24800	1.2790	1.2980	1.2730
	10.80	1.34700	1.3810	1.4010	1.3700
	11.40	1.44500	1.4820	1.5050	1.4670
	12.00	1.54200	1.5830	1.6090	1.5630
5	12.60	1.63900	1.6820	1.7110	1.6570
	13.20	1.73600	1.7810	1.8130	1.7510
	13.80	1.83200	1.8790	1.9150	1.8450
	14.40	1.92900	1.9780	2.0160	1.9380
	15.00	2.02400	2.0750	2.1180	2.0300

1\*) Tüm katların (1.3) bağıntısı ile çözümü.

2\*) Ara katların (1.3) bağıntısı ve üst katın (3.2) bağıntısı ile çözümü.

3\*) Tüm katların (1.1) bağıntısı ile çözümü.



Şekil 4.2. Örnek 1 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması

## 4.2 Örnek 2 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması

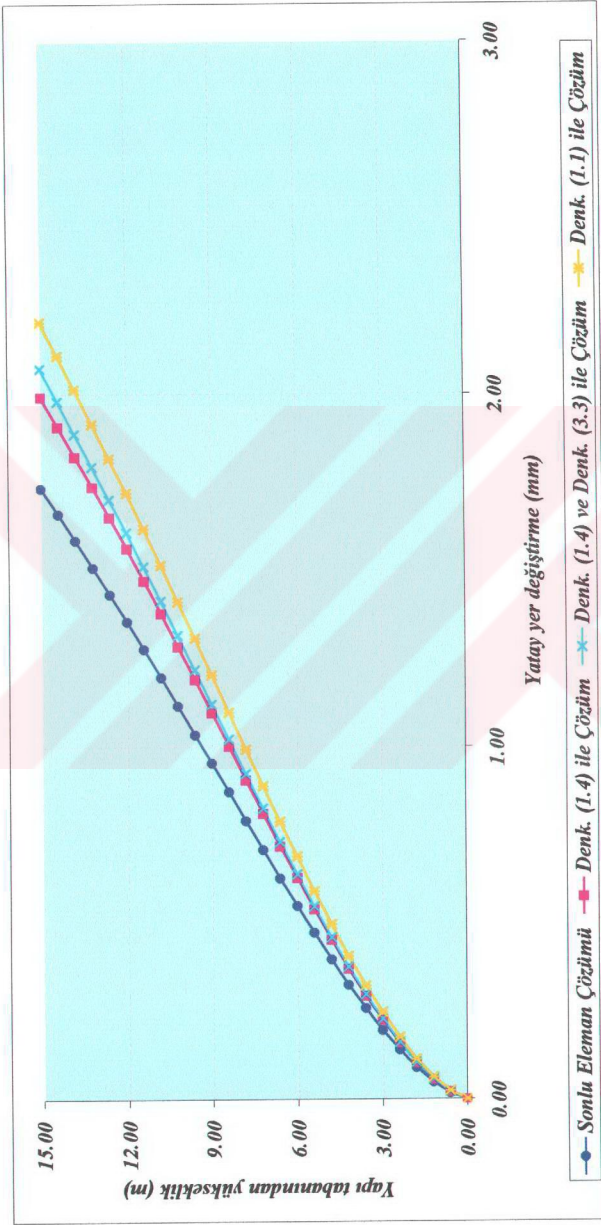
Çizelge 4.3 Örnek 2 kat yatay deplasmanları

Kat	Yapı tabanından yükseklik (m)	Sonlu eleman çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)	Eşdeğer çerçeve sistemi çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)		
			Sonlu eleman çözümü	1*	2*
1	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	0.60	0.01833	0.02189	0.02198	0.02391
	1.20	0.04916	0.05696	0.05733	0.06237
	1.80	0.09079	0.10360	0.10450	0.11370
	2.40	0.14080	0.16030	0.16180	0.17600
	3.00	0.19700	0.22550	0.22780	0.24780
2	3.60	0.25880	0.29490	0.29830	0.32370
	4.20	0.32620	0.37130	0.37600	0.40700
	4.80	0.39850	0.45340	0.45950	0.49660
	5.40	0.47380	0.53990	0.54770	0.59120
	6.00	0.55030	0.62960	0.63930	0.68960
3	6.60	0.62840	0.71940	0.73120	0.78790
	7.20	0.70890	0.81210	0.82640	0.88950
	7.80	0.79140	0.90680	0.92370	0.99330
	8.40	0.87380	1.00200	1.02200	1.09800
	9.00	0.95500	1.09800	1.12100	1.20400
4	9.60	1.03500	1.19200	1.21800	1.30700
	10.20	1.11700	1.28500	1.31600	1.41100
	10.80	1.19800	1.37900	1.41400	1.51500
	11.40	1.27800	1.47200	1.51100	1.61800
	12.00	1.35600	1.56300	1.60800	1.72000
5	12.60	1.43300	1.65100	1.70100	1.81800
	13.20	1.50900	1.73800	1.79500	1.91600
	13.80	1.58600	1.82400	1.88800	2.01400
	14.40	1.66100	1.91000	1.98100	2.11000
	15.00	1.73500	1.99400	2.07300	2.20500

1\*) Tüm katların (1.4) bağıntısı ile çözümü.

2\*) Ara katların (1.4) bağıntısı ve üst katın (3.3) bağıntısı ile çözümü.

3\*) Tüm katların (1.1) bağıntısı ile çözümü.



Şekil 4.3 Örnek 2 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması

### 4.3 Örnek 3 Çözüm Sonuçları ve Kat Yatay Deplasmanlarının Karşılaştırılması

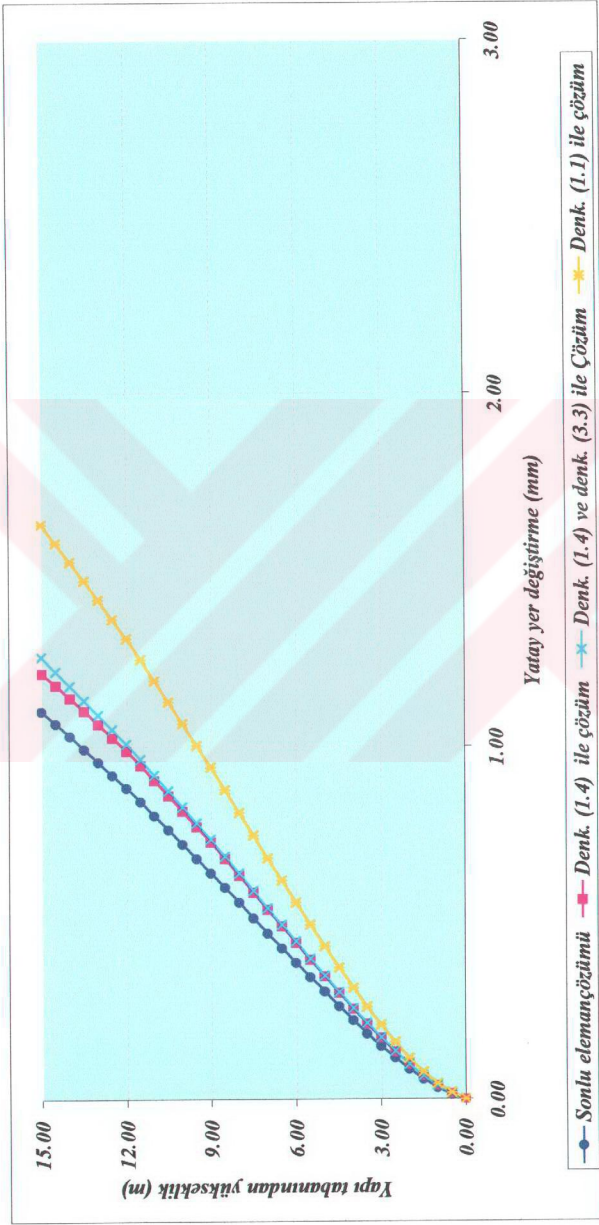
Çizelge 4.4 Örnek 3 kat yatay deplasmanları

Kat	Yapı tabanından yükseklik (m)	Sonlu eleman çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)	Eşdeğer çerçeve sistemi çözümünde kat yatay deplasmanları (mm)		
			Sonlu eleman çözümü	1*	2*
1	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	0.50	0.01301	0.01581	0.01583	0.01753
	1.00	0.03236	0.03817	0.03824	0.04341
	1.50	0.05718	0.06617	0.06633	0.07667
	2.00	0.08612	0.09889	0.09918	0.11630
	2.50	0.11770	0.13540	0.13590	0.16150
	3.00	0.15090	0.17490	0.17550	0.21100
2	3.50	0.18610	0.21460	0.21550	0.26150
	4.00	0.22380	0.25750	0.25870	0.31590
	4.50	0.26410	0.30270	0.30420	0.37360
	5.00	0.30580	0.34950	0.35150	0.43380
	5.50	0.34740	0.39740	0.39980	0.49590
	6.00	0.38850	0.44540	0.44830	0.55910
3	6.50	0.42970	0.49170	0.49520	0.62100
	7.00	0.47210	0.53920	0.54340	0.68430
	7.50	0.51560	0.58730	0.59240	0.74870
	8.00	0.55930	0.63560	0.64160	0.81350
	8.50	0.60200	0.68350	0.69050	0.87820
	9.00	0.64320	0.73040	0.73850	0.94230
4	9.50	0.68370	0.77440	0.78380	1.00400
	10.00	0.72440	0.81860	0.82950	1.06500
	10.50	0.76550	0.86250	0.87520	1.12700
	11.00	0.80620	0.90590	0.92050	1.18700
	11.50	0.84580	0.94840	0.96520	1.24700
	12.00	0.88370	0.98960	1.00900	1.30600
5	12.50	0.92050	1.02700	1.05000	1.36100
	13.00	0.95730	1.06500	1.09100	1.41600
	13.50	0.99410	1.10200	1.13200	1.47100
	14.00	1.03100	1.13900	1.17300	1.52400
	14.50	1.06600	1.17500	1.21400	1.57700
	15.00	1.10100	1.20900	1.25400	1.62900

1\*) Tüm katların (1.4) bağıntısı ile çözümü.

2\*) Ara katların (1.4) bağıntısı ve üst katın (3.3) bağıntısı ile çözümü.

3\*) Tüm katların (1.1) bağıntısı ile çözümü.



Şekil 4.4 Örnek 3 kat yatay deplasmanlarının karşılaştırılması

#### 4.4 Örneklerle İlgili İrdelemeler

Örnek 1;  $\frac{d}{l} < \frac{1}{4}$  durumu için, Örnek 2;  $\frac{d}{l} = \frac{1}{4}$  durumu için, Örnek 3;  $\frac{d}{l} > \frac{1}{4}$  durumu

için çözülmüştür.

Örnek 1' de sonlu eleman çözümünden elde edilen deplasmanlara Denklem (1.3) çözüm sonuçları oldukça yaklaşırken Denklem (1.1) çözüm sonuçları alt katlarda uzak kalıp üst katlarda yaklaşım göstermektedir. Arakat bağ kirişleri için Denklem (1.3), üstkatlar için Denklem (3.2) nin beraber kullanılması ile elde edilen çözüm sonuçları gerçek çözüme oldukça yakın gözükmektedir.

Örnek 2' de sonlu eleman çözümü deplasmanlarına sırası ile Denklem (1.4) çözüm sonuçları, Denklem (1.4) ve Denklem (3.3) ortak çözüm sonuçları, Denklem (1.1) çözüm sonuçları yaklaşım göstermektedir.

Örnek 3' de ise sonlu eleman çözümü deplasmanlarına sırası ile Denklem (1.4) çözüm sonuçları, Denklem (1.4) ve Denklem (3.3) ortak çözüm sonuçları ve Denklem (1.1) çözüm sonuçları yaklaşım göstermektedir.

Görüldüğü üzere daha evvel belirlediğimiz  $\frac{d}{l} < \frac{1}{4}$  ve  $\frac{d}{l} \geq \frac{1}{4}$  gibi her iki sınır durumu

için yaptığımız uygulamalarda sonlu eleman çözümlemesi deplasman sonuçlarına en yakınsak değer gösteren bağıntılar Doran ve Polat, 1999 tarafından ara kat için yapılan araştırma sonucu bulunan bağıntılardır (Denk. (1.3) ve Denk (1.4)).

## 5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Daha evvel yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere boşluklu perdelerin eşdeğer çerçeve olarak modellenmesinde kullanılmak üzere, yapı davranışının bu noktadaki tüm parametrelerini dikkate alarak yeterli hassasiyette yaklaşım ifadeleri bulmak mümkündür.

Bu çalışmada, boşluklu perdelerin çerçeve idealizasyonunda bağ kirişi rijitliğinin sistem davranışına olan etkisi incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada görülüyor ki daha evvel Doran ve Polat, 1999 tarafından ara kat bağ kirişleri eşdeğer rijitlikleri ile ilgili gerçekleştirilen araştırma sonucu bulunan bağıntılar (Denk. (1.3) ve Denk. (1.4)) bağ kirişi çubuk eşdeğerini belirlemekte oldukça yeterli ve uygun olduğu görülmüştür (Şekil 4.2, 4.3, 4.4). Bu durumda malzemenin doğrusal-elastik kalması koşulu ile üst katlar için farklı bir rijitlik bağıntısı önermeye gerek kalmayacağı, tüm katlarda arakat eşdeğerlik bağıntısının kullanılmasının yeterli olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak malzemenin plastikleşmesi kabulü durumunda sözkonusu sonuç tartışılabilir. Bu durum ileriki bir çalışmanın konusu olarak düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

Çakıroğlu, A., (1989), Yatay Y¼kleri Taşıyan Yapı Elemanları

Çakıroğlu, A. ve Özmen, G., “Çerçeveler ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Y¼klere Göre Hesabı”, İ.T.Ü. İnşaat Fak¼ltesi Teknik Rapor No:16.

Doran, B., (2001), Boşluklu perdelerin elastik – plastik analizi, Doktora tezi.

Doran, B. ve Polat, Z., (1997), “Boşluklu Perde Bağlantı Kirişleri Çubuk Eşdeğerlerinin Hesabı”, Prof. Dr. Rifat Yazar Sempozyumu.

Doran, B. ve Polat, Z., (1999), “Boşluklu Perde Analizinde Bağ Kirişi Rijitliği Hesabı İçin Yeni Bir Form¼l”, Teknik Dergi, Cilt 10, Sayı 3.

Özmen, G., (1991), “Depreme Dayanıklı Çok Katlı Yapılarda Tasarım ve Üretim İlkeleri”, İstanbul ve Deprem Sempozyumu.

Pala, S. ve Özmen, G., (1995), “Boşluklu Perde Bağlantı Kirişlerinde Efektif Rijitliklerin hesabı”, Ulusal Deprem M¼hendisliği Konferansı.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum Tarihi	26.09.1975
Doğum Yeri	Yunak / Konya
İlkokul	1981 / 1986 İshakuşağı Köyü İlkokulu
Ortaokul	1986 / 1989 Akşehir Atatürk Ortaokulu
Lise	1989 / 1992 Akşehir Selçuklu Lisesi
Üniversite	1993 / 1997 Yıldız Teknik Üniversitesi / İSTANBUL
Çalıştığı Kurumlar	1997-1999 İ.B.B. A.P.K. Daire Başkanlığı 1999-Devam ediyor İ.B.B. Ulaşım San. ve Tic. A.Ş.