

50308

ÇOK SIRA BOŞLUKLU PERDELERİN
SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ KULLANILARAK
STATİK ANALİZİ

Murat BİKÇE

M.K.Ü.

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA

EYLÜL 1996

M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

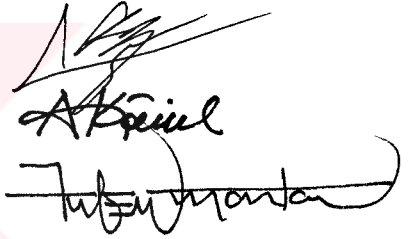
Bu Çalışma Jürimiz tarafından İnşaat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN

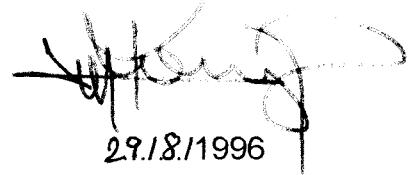
Üye : Doç. Dr. A. Kamil TANRIKULU

Üye : Doç. Dr. Zafer S. DOĞANTAN

Kod No : 005



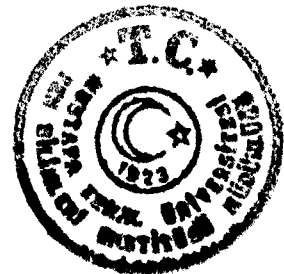
Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.



29.18/1996

Prof. Dr. Mustafa KAPLANKIRAN

Enstitü Müdürü



İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİL LİSTESİ	IV
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	VII
ÖZ	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. MATERYAL VE METOD	5
3.1. Yatay Yükler Altında Çok Sıra Boşluklu Perdeler	6
3.2. Yüksek Yapılarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar	7
3.2.1. İki Boyutlu Elemanlar	8
3.2.2. Üç Boyutlu Elemanlar	10
3.3. Yüksek Yapılarda Yatay Yük Taşıyıcı Sistemler	11
3.4. Yüksek Yapılarda Boşluklu Perdeler	12
3.5. Bağlantı Kirişleri	14
3.6. Çok Sıra Boşluklu Perde Analiz Yöntemleri	16
3.6.1. Giriş	16
3.6.2. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi	17
3.6.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi	18
3.6.4. Sürekli Bağlantı Yöntemi	19
3.6.5. Sonlu Şerit Yöntemi	21

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Sürekli Bağlantı Yöntemi İle Çok Sıra Boşluklu Perde Analizi	25
4.1.1. Kayma Rijitliği	27
4.1.2. Kabuller	30
4.1.3. Formülasyon	32
4.1.3.1. Eksenel Kuvvet ve Gerilmeler	32
4.1.3.2. Denge Şartları	35
4.1.3.3. Genelleştirilmiş Kuvvetler	37
4.1.3.4. Sınır Şartları	39
4.1.3.5. Temel Denklemlerin Yaklaşık Çözümü	39
4.1.3.5.1. Üç Terimli Çözüm	40
4.1.3.5.2. İki Terimli Çözüm	45
4.1.3.6. $v(x)$ Yatay Deplasman Fonksiyonunun Belirlenmesi ...	46
4.2. Sayısal Uygulamalar ve Bulgular	48
4.2.1. Giriş	48
4.2.2. Örnekler	50
Örnek 1	50
Örnek 2	56
Örnek 3	59
Örnek 4	62
Örnek 5	65
Örnek 6	68
5. SONUÇLAR	71
ÖZET	73
SUMMARY	74

III

EKLER	75
EK 1 MATHEMATICA DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAM	76
EK 2 FORTRAN DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAM.....	83
EK 3 MATHEMATICA DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAMIN DATA DOSYASI.....	108
EK 4 FORTRAN DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAMIN DATA DOSYASI.....	109
KAYNAKLAR	112
TEŞEKKÜR	115
ÖZGEÇMİŞ	116

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Çerçeve ve elastik eğrisi.....	8
Şekil 3.2	Perde ve elastik eğrisi	9
Şekil 3.3	Boşluklu Perde	10
Şekil 3.4	Tüp çerçeveler	10
Şekil 3.5	Çekirdekler	11
Şekil 3.6	Boşluklu perde ve perde-çerçeve sisteminde bağlantı kirişi.....	15
Şekil 3.7	Şekil 3.6'deki perde-çerçeve sisteminde oluşan eğilme momenti ve dönmeler.....	15
Şekil 3.8	Boşluklu perdenin eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenmesi	16
Şekil 3.9	Ucunda rijit bölge bulunan çubuk elemanın serbestlik derecesi....	17
Şekil 3.10	Boşluklu perdenin sonlu elemanlar ile modellenmesi.....	19
Şekil 3.11	Boşluklu perdenin sürekli bağlantı yöntemi ile modellenmesi	21
Şekil 3.12	Dikdörtgen şeklindeki eğilme şeridi	22
Şekil 4.1	Çok sıra boşluklu perde.....	25
Şekil 4.2	Çok sıra boşluklu perdelerdeki aksenal kuvvetlerin dağılımı.....	26
Şekil 4.3	Bağlantı kirişinde oluşan kayma gerilmesi.....	27
Şekil 4.4	Bağlantı kirişi kesme kuvveti ve eğilme momenti.....	28
Şekil 4.5	Çok sıra boşluklu perdenin sürekli bağlantı yöntemi ile modellenmesi.....	30
Şekil 4.6	Çok sıra boşluklu perdedeki eğilme momentleri	31
Şekil 4.7	Kesme kuvveti q_i 'yi gösteren cisim düşey kuvvet diyagramı.....	36
Şekil 4.8a	Örnek 1'e ait çok sıra boşluklu perde	50
Şekil 4.8b	Örnek 1'e ait çok sıra boşluklu perdenin en kesiti	50
Şekil 4.8c	Farklı ϕ_3 fonksiyonları ve bağlantı kirişi 0.80m için örnek 1'in perde eksenlerindeki eğilme momenti.....	54
Şekil 4.8d	Farklı ϕ_3 fonksiyonları ve bağlantı kirişi 0.31m için	

örnek 1'in perde eksenlerindeki eğilme momenti.....	55
Şekil 4.9a Örnek 2'ye ait çok sıra boşluklu perde	56
Şekil 4.9b Örnek 2'ye ait çok sıra boşluklu perdenin enkesiti	56
Şekil 4.10a Örnek 3'e ait çok sıra boşluklu perde	59
Şekil 4.10b Örnek 3'e ait çok sıra boşluklu perdenin enkesiti	59
Şekil 4.10c Örnek 3'ün eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenmesi	60
Şekil 4.11a Örnek 4'e ait çok sıra boşluklu perde	62
Şekil 4.11b Örnek 4'e ait çok sıra boşluklu perde	62
Şekil 4.11c Örnek 4'de sonlu elemanlar ağının oluşturulması	63
Şekil 4.12a Örnek 5'e ait çok sıra boşluklu perde	65
Şekil 4.12b Örnek 5'e ait çok sıra boşluklu perde	65
Şekil 4.13a Örnek 6'ya ait boşluklu perde	68
Şekil 4.13b Örnek 6'ya ait boşluklu perde	68

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Yeryüzündeki en yüksek yapılardan örnekler.....	6
Çizelge 4.1a	Bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m için örnek 1'e ait sonuçların karşılaştırılması.....	52
Çizelge 4.1b	Bağlantı kirişi yüksekliği 0.31m için örnek 1'e ait sonuçların karşılaştırılması.....	53
Çizelge 4.2	Örnek 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması.....	58
Çizelge 4.3	Örnek 3'e ait sonuçların karşılaştırılması	61
Çizelge 4.4	Örnek 4'e ait sonuçların karşılaştırılması	64
Çizelge 4.5	Örnek 5'e ait sonuçların karşılaştırılması	67
Çizelge 4.6	Örnek 6'e ait sonuçların karşılaştırılması	70

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

S_z	: x uzaklığındaki diferansiyel parçanın statik momenti
b	: Bağlantı kirişi genişliği
I_z	: Bağlantı kirişinin z eksenine göre atalet momenti
τ	: Kayma gerilmesi
U_e	: Eğilme momentinin yaptığı iş
U_k	: Kesme kuvvetinin yaptığı iş
δ	: Bağlantı kirişinin düşey yerdeğiştirmesi
i	: Çok sıra boşluklu perdelerin sıra numarası
K_i	: Kayma rijitliği
$2a_i$: i nolu eşdeğer sürekli ortama dönüştürülmüş bağlantı kirişinin genişliği
E	: Elastisite modülü
G	: Kayma modülü
μ	: Bağlantı kirişi kesiti şekline bağlı şekil faktörü
I_{bi}	: i nolu bağlantı kirişinin atalet momenti
A_{bi}	: i nolu bağlantı kirişinin alanı
h	: Kat yüksekliği
H	: Çok sıra boşluklu perde yüksekliği
M_i	: i nolu perdenin eğilme momenti
J_i	: i nolu perdenin atalet momenti
N_i	: i nolu perdenin aksenal kuvveti
M	: Perdelerdeki eğilme momentlerinin toplamı
M_d	: Dış kuvvetlerin oluşturduğu moment
I_k	: Genelleştirilmiş atalet momenti

VIII

- F_h : Genelleştirilmiş kuvvet
- $\phi_k(y_i)$: Eksenel kuvvetleri ifade etmek için seçilen koordinat fonksiyonlarının lineer bileşimi
- w_j : j duvarının birim uzunluktaki düşey yükü
- W_d : Düşey yönde etki eden yüklerin toplamı
- q_i : Sürekli ortama dönüştürülmüş bağlantı kirişinin birim uzunluktaki kesme kuvveti
- $v(x)$: Çok sıra boşluklu perdenin yatay yerdeğiştirmesi



ÖZ

Bu çalışmada, çok sıra boşluklu perdelerin sürekli bağlantı yöntemi ile analizi yapılmış ve MATHEMATICA ve FORTRAN programlama dillerinde bilgisayar programları hazırlanmıştır. İlk olarak yatay yükler altındaki çok sıra boşluklu perdeler tanıtılmış ve taşıyıcı sistemler hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Çok sıra boşluklu perde analiz yöntemleri anlatıldıktan sonra bunlardan sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve eksenel kuvvetler temel bilinmeyen alınarak çok sıra boşluklu perde analizi yapılmıştır. Bu analizde, değişik perdelerdeki eksenel kuvvetlerin değişimi koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilmiştir. Son olarak, yalnız iki ve yalnız üç koordinat fonksiyonu alınarak hazırlanan bilgisayar programı ile çeşitli örnekler çözülmüş ve bulunan sonuçlar SAP90 paket programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok sıra boşluklu perde, sürekli bağlantı yöntemi, koordinat fonksiyonları

ABSTRACT

In this study, the analysis of multi-bay pierced shear walls has been carried out by the continuous connection technique and the pertinent computer programs have been prepared with MATHEMATICA and FORTRAN programming languages. First, the use of multi-bay pierced shear walls in high rise buildings has been introduced and some information about structural behaviour of pierced shear walls has been given. After the presentation of the analysis methods of multi-bay pierced shear walls, one of these, namely the continuous connection technique, has been used to analyze multi-bay pierced shear walls taking the axial forces as the fundamental unknowns. In this analysis, changes of axial forces in different shear walls are defined by coordinate functions. Finally, various examples are solved, using the implemented computer program, employing only two and three coordinate functions. The results found are compared with those of the SAP90 coding.

Keyword: Multi-bay pierced shear wall, continuous connection technique, coordinate functions

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Çok katlı binalarda, artan kat sayısı ile birlikte bina daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt kolonlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

Perdelerin gerekli olup olmadığı konusunda artık günümüzde bir tereddüt söz konusu değildir. Yüksek yapılarda boşluklu perdelerin kullanımının yaygınlaşması ile boşluk sıra sayısı da artmaktadır. Sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak yapılan boşluklu perdelerin analizinde bilinmeyen sayısını düşük tutmak amacıyla genellikle tek sıra boşluklu perde veya simetrik perdeler üzerinde araştırma yapılmaktaydı. Bu tezde yapılan çalışma ile sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak istenilen sayıda ve genişlikte perdeleri dikkate alıp yaklaşık çözüm yapabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. MATHEMATICA ortamında çalışan programın aynısı FORTRAN dilinde de hazırlandığından gerektiğinde doğrudan doğruya sayısal olarak tasarlanan durumlar için sayısal çözüm daha hızlı elde edilebilmektedir. Bu ikinci programın bir amacı da, alet kapasitesi veya başka bir nedenle, sembolik işlem yapabilen MATHEMATICA ile çalışma olanağı olmadığı zaman çok basit bir bilgisayarda bile önerilen pratik yöntemin sayısal olarak uygulanabilmesidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

ROSMAN (1964), sürekli bağlantı yöntemini kullanarak bir veya iki sıra boşluklu ve tepesinde tekil yük ile yüklenmiş boşluklu perdeler üzerinde çalışmıştır. Yazar, bu çalışmada, perdelerin simetrik olmama durumunu, temel çeşitlerinin bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerine ve perde ayaklarında oluşan eğilme momentlerine etkisini ve en alttaki bağlantı kirişinin atalet momentinin değişmesi ile oluşacak etkileri incelemiştir.

EISERT (1967), sürekli bağlantı yöntemini kullanarak simetrik çok sıra boşluklu perdeler üzerinde çalışmıştır. Yazar, bu çalışmada rijit temele oturmuş çok sıra boşluklu perde kesitini yükseklik boyunca sabit tutarak analizi yapmıştır (KONIG ve LIPHARDTS, 1985).

TRAUM (1967), simetrik, bir sıra boşluklu ve kesit değişikliği olan boşluklu perdeler üzerinde sürekli bağlantı yöntemi ile çalışmıştır. Yatay yük ile beraber tepesinde moment ve tekil düşey yük bulunan perdelerin analizinde alt bölgenin tepesinde oluşan deplasmanlardan dolayı üst bölgeyi elastik temele oturan tek bölgeyi bir problem olarak incelemiştir.

COULL ve PURI (1968), tek kesit değişikliği olan tepesinde tekil veya üniform yüklerle yüklenmiş simetrik perdeler için yatay yerdeğiştirmeyi veren formülleri sunmuşlardır. Yaptıkları çalışmada perdelerdeki kayma deformasyonlarının etkilerini de hesaba katarak bulunan sonuçları çeşitli deney sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

BECK ve EISERT (1971), EISERT'in önceki makalesinde simetrik çok sıra boşluklu perdeler üzerinde yaptığı çalışmayı basitleştirmişler ve ön tasarımda kullanılabilecek bir program hazırlamışlardır.

COULL ve SUBEDI (1972), iki asimetric veya üç simetrik açıklığı olan çok sıra boşluklu perdelerin sürekli bağlantı yöntemini kullanarak analizini sunmuşlardır. Üç örneğin teorik çözümü ile elde edilen sonuçlarla bu örneklerin model yapıları üzerindeki test sonuçları grafikler üzerinde kıyaslayarak ve uyumluluk gözlenmiştir.

COULL ve Ark. (1972), bağlantı kirişlerini eşdeğer sürekli ortama dönüştürerek ve matris ilerleme yöntemini kullanarak yüksekliği boyunca ilk ve son duvarlarda kesit değişikliği gösteren çok sıra boşluklu perdelerin analizini sunmuşlardır. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlarla deneysel yöntem ile elde edilen sonuçlar mukayese edilmiş ve uyumluluk grafiklerle gösterilmiştir.

HUSSEIN (1972), sürekli bağlantı yöntemi kullanarak rijit temele oturmuş çok sıralı boşluklu perdelerin çözümünü araştırmıştır. Sürekli ortamdaki kesme kuvvetini temel bilinmeyen olarak diferansiyel denklem sistemlerinin çözümünü sunmuştur (ELKHOLY ve ROBINSON, 1973 / KOO ve CHEUNG, 1984).

ELKHOLY ve ROBINSON (1973), rijit ve elastik temeller üzerinde oturan çok sıra boşluklu perdelerin analizi üzerinde çalışmışlardır. Sonlu farklar yöntemini kullanarak sonlu fark denklem kümesini oluşturmuşlar ve problem için kapalı bir çözüm elde etmişlerdir.

CHEUNG ve SWADDIWUDHIPONG (1978), sonlu şerit yöntemi kullanılarak statik yük sistemleri altındaki çok sıra boşluklu perdelerin yapısal davranışı üzerinde çalışmalar yapmışlardır.Yapıdaki dolu duvarlar şerit elemanlar olarak modellenerek bağlantı iskeleti ve bağlantı kirişleri sürekli ortam olarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemin doğruluğu ve geçerliliği sayısal örneklerle gösterilmiştir.

SOANE (1979), karmaşık yapıdaki yüksek yapıların analog bilgisayar kullanılarak analizini yapmıştır. Yapılan çalışmada boyutlar makinede kolaylıkla değiştirilmekte ve osiloskop vasıtası ile yapının davranışı hakkında görsel olarak bilgi alınabilmektedir. İki özel örnek referans alınarak diğer metodlarla mukayese edilmiştir.

KOO ve CHEUNG (1984), sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak tekil, üniform ve üçgen yayılı yatay yükler altındaki çok sıra boşluklu perdelerin analizini sunmuşlardır. Çok sıra boşluklu perdelerdeki aksenal kuvvetlerin değişimi koordinat fonksiyonları cinsinden ifade ederek çözüm yapmışlardır.

AKSOĞAN ve Ark. (1993) sürekli bağlantı yöntemi ile elastik zemine oturan boşluklu perdeleri incelemişler ve çok sayıda güçlendirici kiriş için çözüm yapabilen bir bilgisayar programı hazırlamışlardır.

AKSOĞAN ve ARSLAN (1996) problem daha geniş boyutları ile ele alınmış, tüm bina yüksekliğince perdenin geometrik ve fiziksel özellikleri değiştirilmesi ile daha ekonomik bir tasarım yapılabileceği gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada önerilen yöntemin dayandığı temel ilke sürekli bağlantı yöntemi olup, bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri eşdeğer sürekli yayılı kirişlerle gösterilir ve bunların aksenel şekil değiştirmeleri gözardı edilerek tüm perdelerin aynı yatay yerdeğiştirmeyi yaptıkları düşünülür. Yatay yüklerden dolayı çok sıra boşluklu perdenin herhangi bir kesitinde oluşan aksenel kuvvetlerin dağılımı sonlu bir seri açılımla gösterilebilir. Aksenel kuvvetlerin çok sıra boşluklu perde üzerindeki değişimi koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilerek bunlardan sadece birkaç terim alınmasının pratik uygulamalar için uygun basit bir çözüm olduğu anlaşılmıştır. Ortogonallik şartının da dikkate alındığı bu yöntemde uygun fonksiyonlar seçilerek perde üzerindeki sonsuz küçüklükteki diferansiyel parçanın denge şartı yazılır. Genelleştirilmiş kuvvetleri bulmak için tüm sistemin şekil değiştirme enerjisi yazılır ve euler denklemleri yardımı ile temel diferansiyel denklem elde edilir. Çok sıralı boşluklu perdenin tepesinde ve tabanında yazılan sınır koşulları yardımıyla ve yaklaşık çözüm için serinin ilk üç terimini alarak temel diferansiyel denklem çözülür. Sayısal uygulamalar göstermiştir ki, seriden ilk iki veya ilk üç terim alınarak yapılan çözümler tatminkar sonuçlar vermektedir.

Tabanda yazılan sınır koşulları yardımıyla sisteme etki eden yatay yükün şekline bağlı olarak, moment-eğrilik ilişkisinden yatay yerdeğiştirme bulunur. Literatürde varolan bazı örnekler üzerinde karşılaştırmalar yapılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, SAP90 adlı sonlu elemanlar paket programı ile örnekler çözülmüş önemli gerilmelerde ve yatay yerdeğiştirmelerde tatmin edici sonuçlar alınmıştır.

3.1. Yatay Yükle Altındaki Çok Sıra Boşluklu Perdeler

Yüksek bina yapımı bütün ülkelerde, son yıllarda giderek artmakta, erişilen toplam kat sayısı da yıldan yıla büyümektedir (Çizelge 1).

Çizelge 3.1 Yeryüzündeki en yüksek yapılardan örnekler

	Yüksek Yapı	Yüksekliği (m)	Şehir	Yapım Yılı
1	Chrysler	319	New York	1930
2	Empire State	381	New York	1931
3	John Hancock	343	Chicago	1968
4	World Trade Center North	417	New York	1972
5	Amoco Corp.	346	Chicago	1973
6	World Trade Center South	415	New York	1973
7	Sears Tower	443	Chicago	1974
8	Bank of China	367	Chicago	1988
9	First Interstate World Center	310	Los Angeles	1990
10	Central Plaza	372	Hong Kong	1992

Betonarme yüksek yapılar, inşaat mühendisliği yönünden, en üst kat döşemesinin, binanın oturduğu yer yüzünden yüksekliği 22m ve daha fazla olan binalardır. Böyle bir sınır konmasının sebebi, yüksekliği bu sınırı aşan binaların taşıyıcı sistemlerinin boyutlandırılmasında yatay yüklerin etkisinin düşey yüklere nazaran daha önemli olmaya başlamasıdır. Yatay yükler;

- a) Deprem,
- b) Rüzgar,
- c) Çarpma,

olarak sayılabilir. Deprem yükleri, zeminin deprem esnasında titreşmesi sonucu yapıda meydana gelen atalet kuvvetleridir. Bu kuvvetler zeminin titreşimine ve yapının titreşim karakteristikleri ile göçmeden büyük şekil değiştirme yapabilme kabiliyetine bağlıdır. Yapılan ölçümler, rüzgar yükünün yüksek binalarda normal binalardaki gibi statik olmayıp dinamik karakterli olduğunu göstermektedir.

3.2. Yüksek Yapılarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar

Yüksek binalara özgü yatay yükleri taşıyıcı sistemler geliştirilmiştir. Betonarme yatay yük taşıyabilen elemanlar;

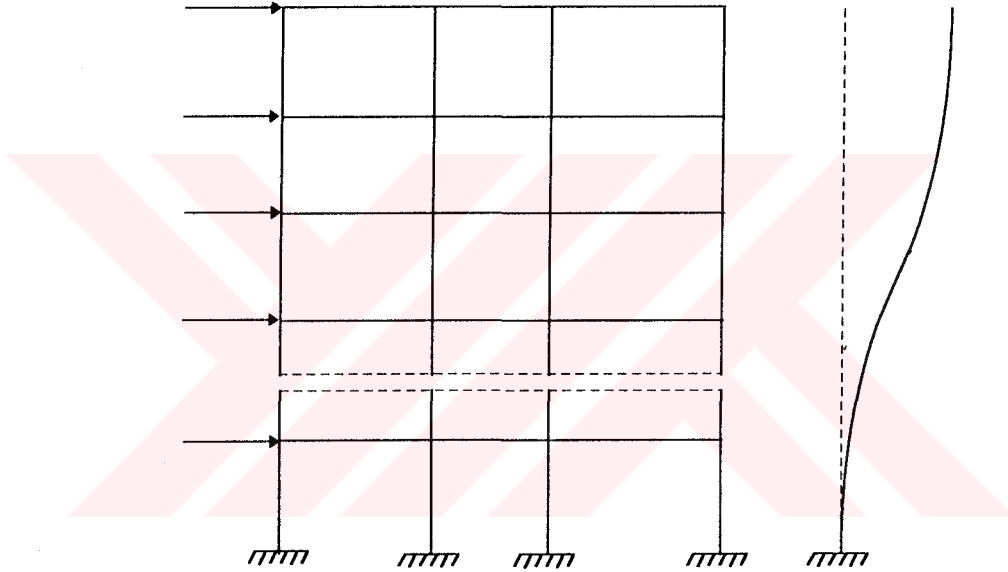
- a) İki boyutlu elemanlar,
- b) Üç boyutlu elemanlar,

olarak iki grupta toplanabilirler.

3.2.1. İki Boyutlu Elemanlar

a) Çerçeveseler:

Bunlar kolon ve kirişlerden oluşan düzlemsel taşıyıcı sistemlerdir. Gerek kolon ve gerekse kirişler "çubuk" teorisi ile hesaplanabilirler.

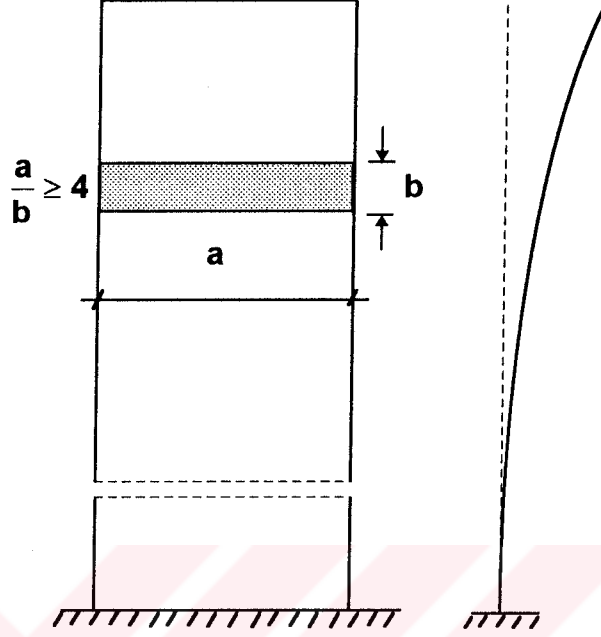


Şekil 3.1 Çerçeve ve elastik eğrisi

Çerçeveselerin elastik eğrisinin bir konsol kiriş elastik eğrisinden farklı olduğuna dikkat edilmelidir.

b) Perdeler:

Perdeler düşey eksenli konsollardır. Betonarme perdelerin enkesiti genellikle dikdörtgendir. Kesitin uzun kenarı kısa kenarının en az 4 katıdır.



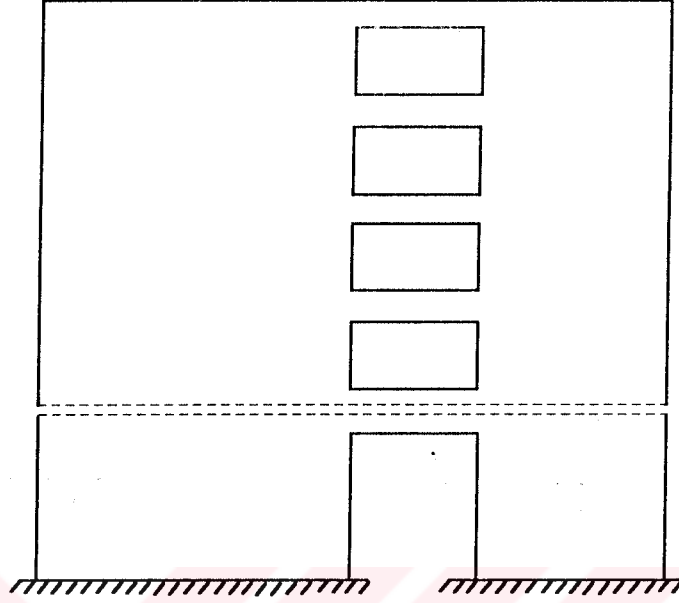
Şekil 3.2 Perde ve elastik eğrisi

c) Boşluklu perdeler:

Mimari nedenlerle katlarda konulan kapı ve pencere boşlukları bir perdeyi bazen bu şekle sokar. Aynı düşey düzlemde bulunan iki dolu perde kat hizalarında bağlantı kirişleriyle birleştirilerek boşluklu tek bir perde elde edilir. Boşluklu perde sayısının aynı sistemde artması ile çok sıra boşluklu perde elemanlar oluşur (Şekil 3.3). Boşluklu perdelerin elastik eğrisi perde ile çerçevenin elastik eğrileri arası bir şekil gösterir.

d) Perde - çerçeve taşıyıcı elemanlar:

Perde ile çerçeve elemanların bağ kirişleri ile birleşmesi sonucunda bu tür taşıyıcı elemanlar elde edilir.

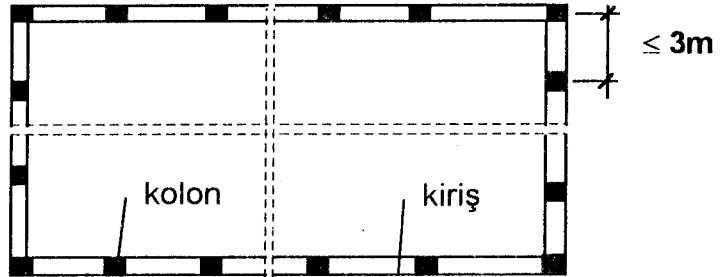


Şekil 3.3 Boşluklu Perde

3.2.2. Üç Boyutlu Elemanlar

a) Tüp çerçeveler:

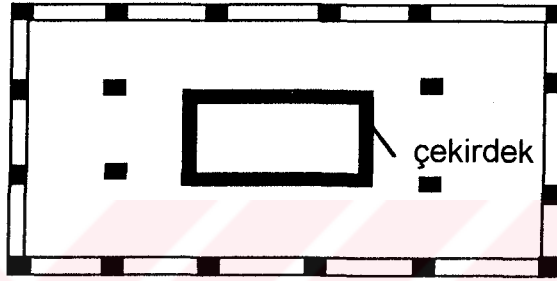
Bunlar yapının dört cephesinde sık kolonlar ve kirişlerle meydana gelmiş dikdörtgen kesitli kutular gibidir. Kolon aralıkları 3m ve daha az, kat hizalarındaki kiriş yükseklikleri betonarme tüplerde 60cm civarındadır.



Şekil 3.4 Tüp çerçeveler

b) Çekirdekler:

Bunlar genel olarak binadaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek elde edilen kesitleri ince cidarlı profil çelik çubuklara benzer düşey eksenli elemanlardır.



Şekil 3.5 Çekirdekler

3.3. Yüksek Yapılarda Yatay Yük Taşıyıcı Sistemler

Yatay yük taşıma elemanlarının birden fazla adedi kat döşemeleri ve bazen kat kirişleri ile bağlanarak bütün yapının taşıyıcı sistemini meydana getirir. En çok uygulanan taşıyıcı sistemler:

- 1- Çerçevelerden oluşan sistemler
- 2- Perde ve çerçevelerden oluşan sistemler
- 3- Boşluklu perde-perde-çerçevelerden oluşan sistemler
- 4- Perde-çerçeve-çekirdekten oluşan sistemler
- 5- Boşluklu perdelerden oluşan sistemler
- 6- Perde-kolon veya çekirdek-kolonlardan oluşan sistemler
- 7- Tüplerden oluşan sistemler

- 8- Mimari isteklerin ağır bastığı özel durumlar
- 9- Asma çubuklu sistemler
- 10- Karışık sistemler

3.4. Yüksek Yapılarda Boşluklu Perdeler

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 boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt kolonlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara nazaran daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

Yanal kuvvetleri, perdeli elemanlar yardımı ile temele aktarmak, diğer düşey taşıyıcıların daha az kesme kuvveti almasına yardımcı olmakta, dolayısı ile yapının alt katlarında kolon ve kiriş kesitlerinin aşırı büyümesini önlemektedir. Perdeli sistemlerde kiriş ve bilhassa kolonlara gelen momentler azaldığından bu elemanlarda önemli ölçüde donatı tasarrufu sağlanmaktadır.

Perdelerin gerekli olup olmadığı konusunda artık günümüzde bir tereddüt söz konusu değildir. İyi projelendirilmiş ve iyi bir şekilde inşa edilmiş yapılardan, perdeli yapıların deprem sonrası durumları ile çerçeveli yapıların deprem sonrası durumları incelendiğinde ortaya perdeli sistemin lehine şaşırtıcı denilebilecek sonuçlar çıkmaktadır. Örneğin; 1972 Managua depreminde, yanyana olan ve aynı yapısal özellikleri taşıyan 15 katlı çerçeveli bir yapı ile 18 katlı perdeli bir yapının deprem sonrası hasar durumları, perdeli yapı lehine son derece farklı olarak gözlenmiştir. Daha ilginç bir örnek ise; 1967 Caracas depreminde bütün çerçeveli yapılar depremde ağır hasar görmesine rağmen,

şehrin tek perdeli yapısı olan 17 katlı bir apartmanın depremden en ufak bir hasar görmemesidir.

Perdelerin çerçevelere göre daha fazla rijitliğe sahip olması nedeniyle, kullanılmaya başlandıkları ilk yıllarda, bütün yatay kuvvetlerin perdeler tarafından taşınacakları bile kabul edilmiştir. Tabii ki bu rijit döşemelerle bağlanmış olan perde-çerçeve ve perde-bağ kirişi sisteminin gerçek davranışına uygun olmamaktaydı. Bu durumda perdelerle birlikte diğer yapı elemanlarında da önemli kesit tesirleri oluşacaktır.

Yüksek yapılarda deprem perdelerinin kullanımı yukarıda anlatılan nedenlerle gün geçtikçe artmakta ve mimari nedenlerle bırakılan kapı, pencere gibi boşlukların sistemde arka arkaya sıralanması ile çok sıra boşluklu perde uygulamada yaygınlaşmaktadır.

Eğer perdedeki boşluklar çok küçük ise, bunların perdedeki gerilme dağılımına etkileri az olacaktır. Boşluklar büyüdükçe perdenin davranışı çerçeveye yaklaşır. Böylece boşluklu perde duvarların yatay yükler altındaki davranışı, perde ile çerçeve arası bir durum arz eder.

Taşıyıcı sistemi birbirine dik iki doğrultuda tanzim edilmiş sistemlere "örtogonal taşıyıcı sistemler" denir. Uygulamada, yüksek yapılara ait taşıyıcı sistemler çoğu zaman ortogonal, yani birbirine dik düşey ve yatay düzleme paralel olarak düzenlenmektedir.

Genel olarak düşey taşıyıcı elemanların kendi eksenlerine göre burulma rijitliklerinin yapının burulma rijitliğine etkisi çok küçük olduğundan bu etki hesaplarda ihmal edilebilir.

Yüksek binalarda deprem perdelerinin boşluklar nedeni ile zayıflatılmasından doğan tepe noktası yerdeğiştirmesinin ve taban eğilme momentinin aşırı büyümeleri yapı mühendisliğinde sık karşılaşılan problemlerden birisidir. Bu sorunu çözmek üzere kullanılan bir yöntem güçlendirici kiriş konulmasıdır. Çalışmalar neticesinde gereken değişiklikler

yapılarak bina yüksekliği boyunca istenilen sayıda güçlendirici kiriş ve istenilen yerlerde perde özellikleri değişimi ile öntasarım yapmakta kullanılabilcek bir proğram hazırlanmıştır.

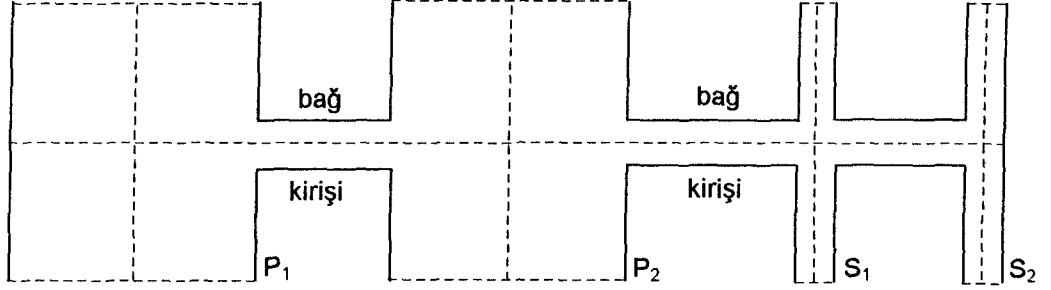
3.5. Bağlantı Kirişleri

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 vasıtası ile bağlanır. Bu tür yapılarda birbirinden bağımsız çalışan perdelerin, eğilme rijitliğine sahip elemanlar ile birbirlerine bağlanmasıyla yapının yatay yönde rijitliği daha da artırılır. Böylece çok katlı yapı tasarımında boşluklu perdeler olarak bilinen bir sistem ile karşılaşırız. Bu durumda iki ayrı perde olarak düşünölen deprem perdeleri pencere veya kapı üstü lento kirişleri ile birbirlerine bağlanmış gibi düşünölebilir (Şekil 3.3). Lento veya döşeme elemanları, perdeler rijit bağlandıklarında bağlantı kirişi görevini üstlenir ve perdeler arasında kesme kuvveti ilişkisini sağlarlar. Bu tür yapılara boşluklu perdeler denir.

Bağ kirişleri, boşluklu perdelerde, perdeleri kat seviyelerinde birbirlerine bağlar ve moment aktarırken perde-çerçeve sistemlerinde çerçeveyi perdeye bağlarlar (Şekil 3.6).

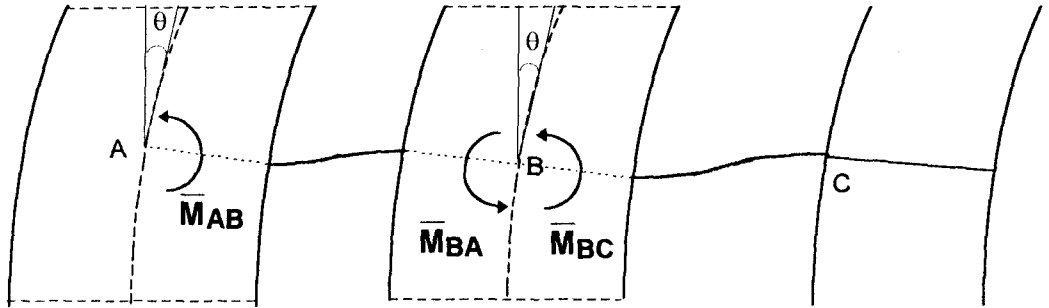
Dış yüklerin etkisi ile perdede iki farklı tipte deformasyon meydana gelir;
a) Öteleme deformasyonu: Sistem yataylığını koruduğu için bağ kirişlerinde moment oluşmaz. Kesme deformasyonu bu tiptendir.

b) Dönme: Perde yanal deplasman yaparken, perde eksenini de düşeyliğini kaybeder. Perde temelini elastik ankastre mesnetli olması halinde temel dönmesi de bu deformasyonu artırır.



Şekil 3.6 Boşluklu perde ve perde-çerçeve sisteminde bağlantı kirişi

Dönme hareketi, bağ kirişlerini eğilmeye zorlar ve bundan dolayı kat seviyelerinde ve perde eksenlerinde eğilme momentleri oluşur (Şekil 3.7). Bağ kirişi momentleri sistemin deformasyonunu engelleyecek yönde etki eder ve perde deformasyonunu azaltır.

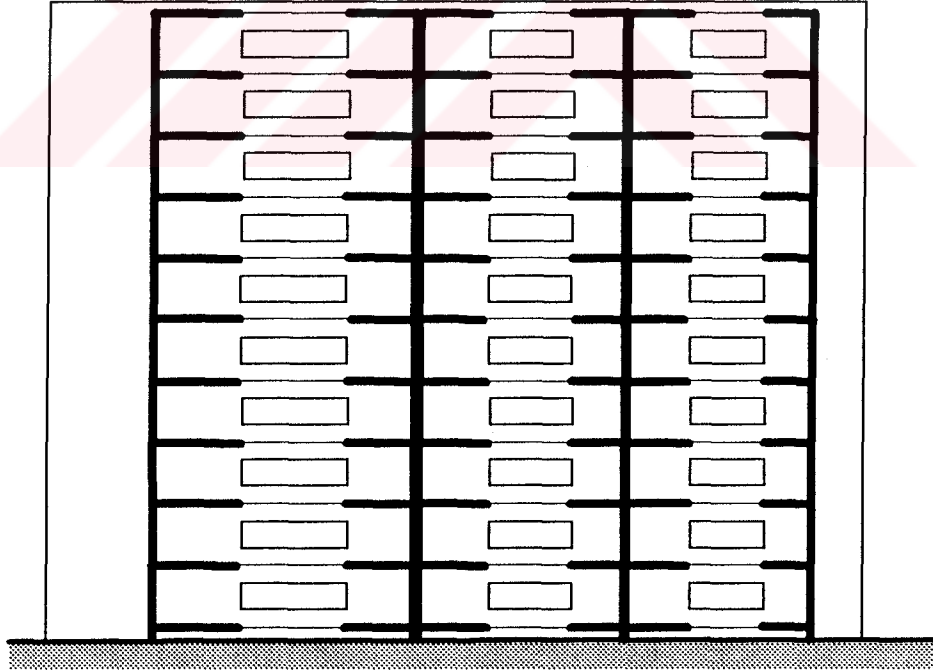


Şekil 3.7 Şekil 3.6'deki perde-çerçeve sisteminde oluşan eğilme momenti ve dönmeler

3.6. Çok Sıra Boşluklu Perde Analiz Yöntemleri

3.6.1. Giriş

1960'lı yıllardan itibaren boşluklu perde duvarların analizi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çok sıra boşluklu perde analiz yöntemlerinden en basiti kiriş teorisi olarak adlandırılan yöntemdir ki, bu yöntemde perde zemine ankastre bağlı konsol kiriş gibi düşünülerek modellenir. Yıllar önce yaygın olarak kullanılan bu yöntemde perdelerin atalet momenti, bina yüksekliği boyunca boşluk bulunan ve bulunmayan yerler için ayrı ayrı hesap yapılır. Ancak daha sonraki çalışmalarda çok katlı çerçeve çözümlerinin kiriş teorisine göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği anlaşılmış ve araştırmacılar tarafından eşdeğer çerçeve yöntemi geliştirilmiştir (Şekil 3.8).

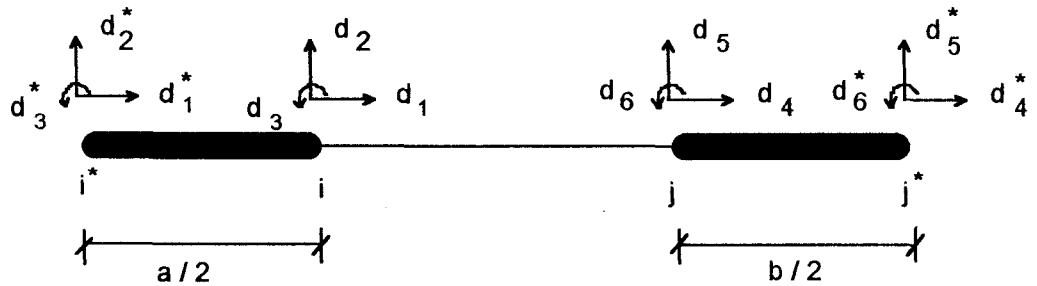


Şekil 3.8 Boşluklu perdenin eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenmesi

3.6.2. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi

Çok sıra boşluklu perdelerin kişisel bilgisayarlarda analizi için iyi bir yöntem de, çerçeve benzetimidir. Perdeler üzerinde yapılan ilk araştırmalarda kullanılan bu yöntem günümüzde de güncelliğini yitirmemiş olup basit problemlerin çözümünde tercih edilen yöntem olmaya devam etmektedir. Bu yöntemde hem çözüm zamanı kısa olmakta, hem de yapı içindeki diğer taşıyıcı sistem olan çerçeveler ile etkileşim dikkate alınabilmektedir. Perde ve bağ kirişleri eksenlerinin kesişme noktaları düğüm olarak düşünülerek, perde-bağ kirişi yerine kolon-kiriş sistemi çözülmektedir. Bağ kirişleri ile perde birleşim yerlerindeki gerilme yığılmalarının dikkate alınamaması bu yöntemin belli başlı eksikliğidir.

Yöntemin anafikri duvarların katlar arasında kalan parçalarını ve duvarları bağlayan kirişleri çubuk eleman olarak modellemektir. Duvar eksenlerinin dönmesinden dolayı bağ kirişlerinin uçlarında dönmeye ek olarak düşey yerdeğiştirme de oluşur. Bu yerdeğiştirme eşdeğer çerçeve yönteminde bağlantı kirişinin duvarlara saplandığı yerler ile perde duvar eksenleri arasında kalan uzunlukların sonsuz rijit olarak hesaba alınması ile göz önüne alınır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Ucunda rijit bölge bulunan çubuk elemanın serbestlik derecesi

Şekil 3.9'da görülen modeli kullanarak yapılan analizlerde perde eksenleri arasında oluşan bileşik elemanlar için hesaplar kısalmaktadır.

Burada;

i, j : Duvar-Kiriş bağlantı noktaları,

i^*, j^* : Perde eksen noktaları,

$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$: Duvar-Kiriş bağlantısındaki düğüm deplasmanları,

$d_1^*, d_2^*, d_3^*, d_4^*, d_5^*, d_6^*$: Perde eksenindeki düğüm deplasmanlarıdır.

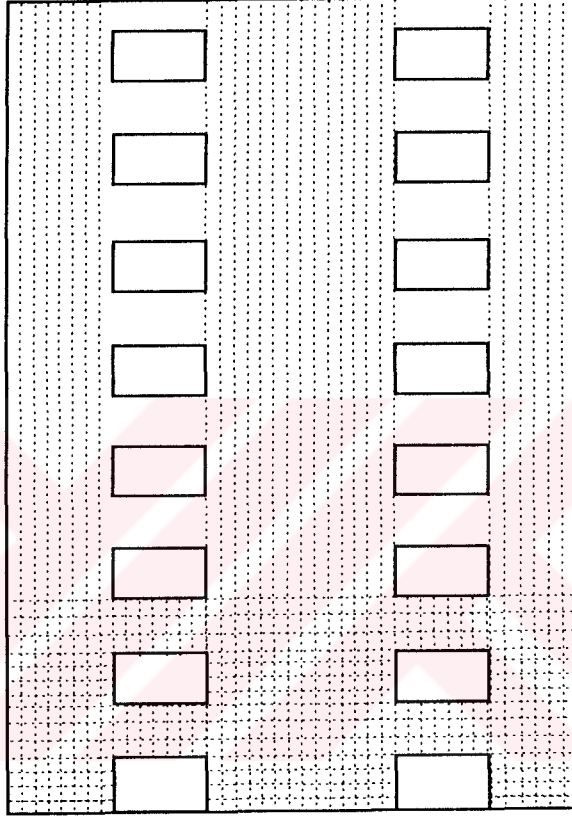
3.6.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi genel olarak tüm yapısal analiz problemleri için kullanılabilir. Bu yöntemin gerçekçi sonuçlar vermesi kullanılacak modelin yapısal davranışa uygun hazırlanması ve yöntemin genel kurallarına uyulması ile mümkündür.

Taşıyıcı sistem, birçok elemanın düğümlerde birleşmesi ile oluşmuş ağ halinde ele alınmaktadır (Şekil 3.10). sisteme etki eden 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 oluşturulmaktadır. Böylece düğüm deplasmanları ve bunlara bağlı olarak düğümlerdeki gerilmeler hesaplanabilmektedir.

Çok sıra boşluklu betonarme perde duvarların sonlu elemanlar yöntemi ile elastik analizi yapılırken, perdeler ve bağlantı kirişleri için birbirleriyle

uyumlu sonlu eleman tiplerinin seçilmesi ve seçilen sonlu elemanların yapının şekil değiştirmiş halini temsil edebilmesine dikkat edilmelidir.



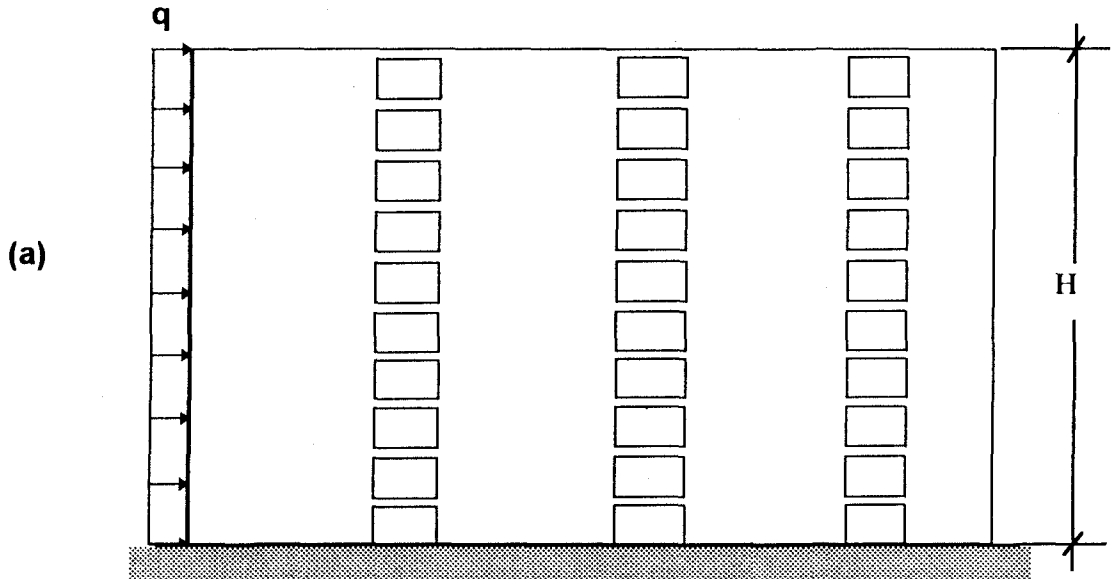
Şekil 3.10 Boşluklu perdenin sonlu elemanlar ile modellenmesi

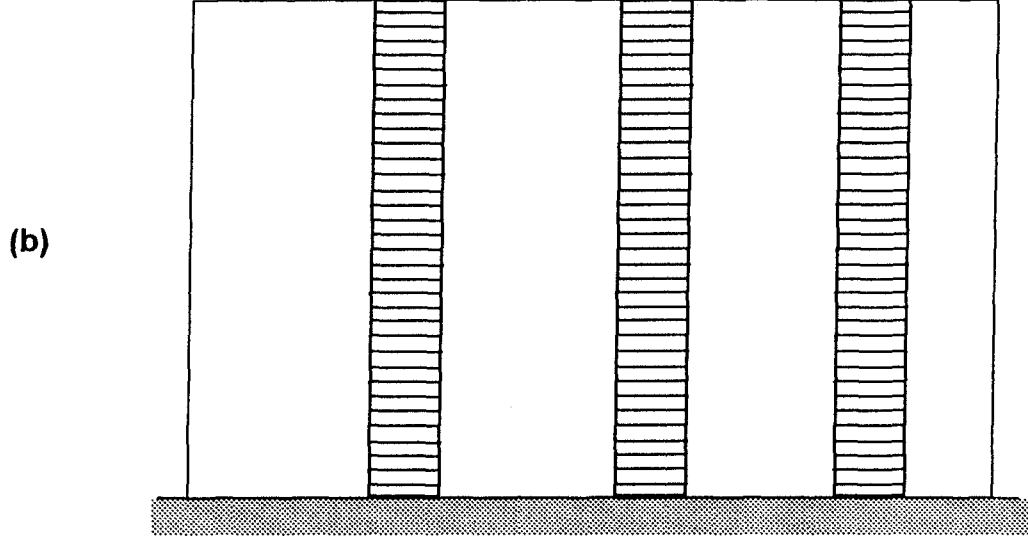
3.6.4. Sürekli Bağlantı Yöntemi

ROSMAN ile başlayan bu yöntemin gelişimi son otuz yıldan günümüze kadar çeşitli kurumlarda araştırmacılar tarafından sürdürülmüş ve bu konuda birçok makale yayınlanmıştır. Yöntemin anafikri, her kat seviyesinde duvarları birbirlerine bağlayan bağ kirişlerinde ve/veya döşemelerde bulunan kesme kuvvetlerini sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellemektir.

Bağ kirişlerinin saplandığı perde duvarlarının simetrik deformasyon yaptığı, dolayısıyla bağ kirişlerinin moment sıfır noktalarının açıklık ortasında oluşacağı kabul edilmektedir. Bu yöntemde, bağ kirişleri eşdeğer sürekli ortama dönüştürerek temsil edilmektedir (Şekil 3.11). İki boyutlu bir sistem olan boşluklu perdelerin çözümü sürekli bağlantı yöntemiyle tek boyuta indirilerek problem lineer diferansiyel denklem takımı ile formüle edilip kapalı çözüm elde edilir.

Tek sıra boşluklu perde için yüksekliğe bağlı olarak elde edilen ikinci mertebeden bir diferansiyel denklemin çözümü ile sistemin bilinmeyenleri hesaplanabilmektedir. Ancak sıra sayısının artması ile birlikte çözümü güç diferansiyel denklem sistemleri ortaya çıkmaktadır. Bu tezde yapılan çalışmada her farklı sıra sayısı için yazılan diferansiyel denklem sistemlerinin çözümü yerine, perdelerde oluşan aksenal kuvvetlerin değişimini koordinat fonksiyonları cinsinden ifade ederek çözüm yapılmıştır. Bir çok örnek üzerinde yapılan çalışmalar göstermiştir ki, seçilen ilk iki ve ilk üç koordinat fonksiyonunun önemli gerilmelerin toplandığı perdelerde oldukça iyi sonuçlar vermektedir.



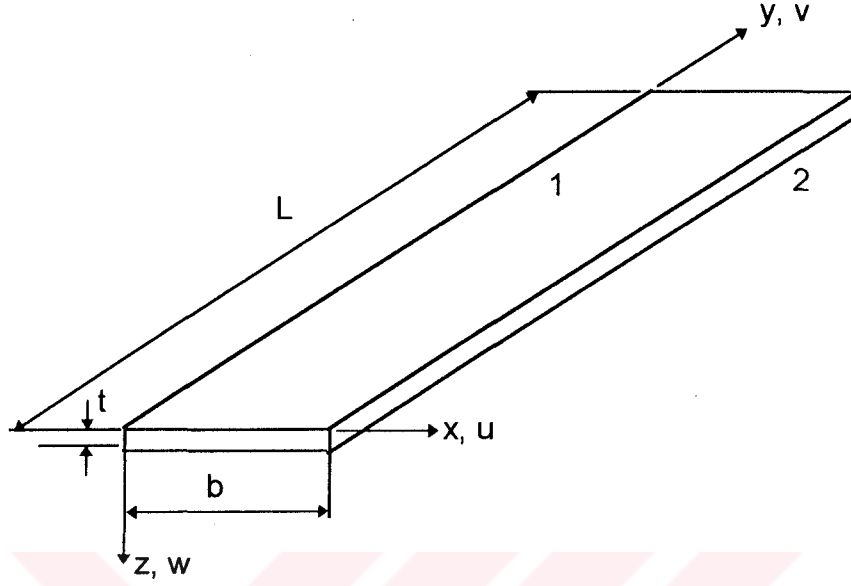


Şekil 3.11 Boşluklu perdenin sürekli bağlantı yöntemi ile modellenmesi

Bazı durumlarda duvar düzensiz boşluklara veya karmaşık temel sistemine sahip olabilir. Bu nedenle yapıyı sürekli reaksiyonlarla modellemek olanaksızlaşır. Bu gibi durumlarda eşdeğer çerçeve yöntemini veya sonlu elemanlar yöntemini kullanmak sağlıklı olacaktır. Unutmamak gerekir ki, sonlu elemanlar yönteminde karmaşık problemler kolayca modellenebilmekte ise de bu tür problemlerin çözümünde diğer yöntemler sonlu elemanlar yönteminden daha ekonomiktir.

3.6.5. Sonlu Şerit Yöntemi

Sonlu şerit yöntemi ilk olarak Y. K. CHEUNG (1968) tarafından önerilmiş ve bu yaklaşım yapısal analiz yöntemi olarak da WISEMAN (1987) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem ve yöntemin uygulaması hakkında iki açıklayıcı kitap mevcuttur.



Şekil 3.12 Dikdörtgen şeklindeki eğilme şeridi

Sonlu şerit yöntemini anlamak için, x 'in ve y 'nin levha düzleminde ve z 'nin de levhanın kalınlığı yönünde olduğu, dikdörtgen şeklinde bir levha düşünelim (Şekil 3.12). Eksenlere karşılık gelen kaymalar (u , v , w) olsun. Levy'nin çözümüne benzer bir şekilde [18], tipik bir şerit için w deplasmanı,

$$w(x,y) = \sum_{m=1}^r f_m(x) Y_m(y) \quad (4.1)$$

olarak verilebilir. Burada $f_m(x)$ fonksiyonu polinom şeklinde olup y 'nin sabit olduğu sınırlardaki şartları sağlayan $Y_m(y)$ fonksiyonu da trigonometrik terimleri ifade eder. $Y_m(y)$ fonksiyonu kiriş titreşim denkleminin temel fonksiyonu olarak,

terimleri ifade eder. $Y_m(y)$ fonksiyonu kiriş titreşim denkleminin temel fonksiyonu olarak,

$$\frac{d^4 Y}{dx^4} - \frac{\mu^4}{a^4} Y = 0 \quad (4.2)$$

şeklinde alınabilir. Burada a kirişin boyu, μ 'de frekansa, malzemeye ve geometrik özelliklere bağlı parametredir. (4.2) dekleminin genel çözümü,

$$Y(y) = C_1 \sin\left(\frac{\mu y}{a}\right) + C_2 \cos\left(\frac{\mu y}{a}\right) + C_3 \sinh\left(\frac{\mu y}{a}\right) + C_4 \cosh\left(\frac{\mu y}{a}\right) \quad (4.3)$$

şeklinde olacaktır. Sınır şartları olan,

$$Y(0) = Y''(0) = Y(a) = Y''(a) = 0 \quad (4.4)$$

yardımı ile C_1, C_2, C_3, C_4 'ler bulunur.

(4.3) ve (4.4) denklemleri kullanılarak ve ortogonallik şartı da dikkate alınarak $Y_m(y)$ mod şekil fonksiyonu bulunur.

Sonlu elemanlar yöntemine benzer şekilde denklem (4.1)'deki $f_m(x)$ fonksiyonu,

$$f_m(x) = \left[[C_1] [C_2] \right] \left\{ \begin{array}{c} \{\delta_1\} \\ \{\delta_2\} \end{array} \right\}_m \quad (4.5)$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, r$$

şeklinde ifade edilir. Burada, alt indis 1 ve 2 levhanın sırasıyla 1 ve 2 nolu yanlarını gösterir. C_1 ve C_2 interpolasyon fonksiyonları olup sonlu

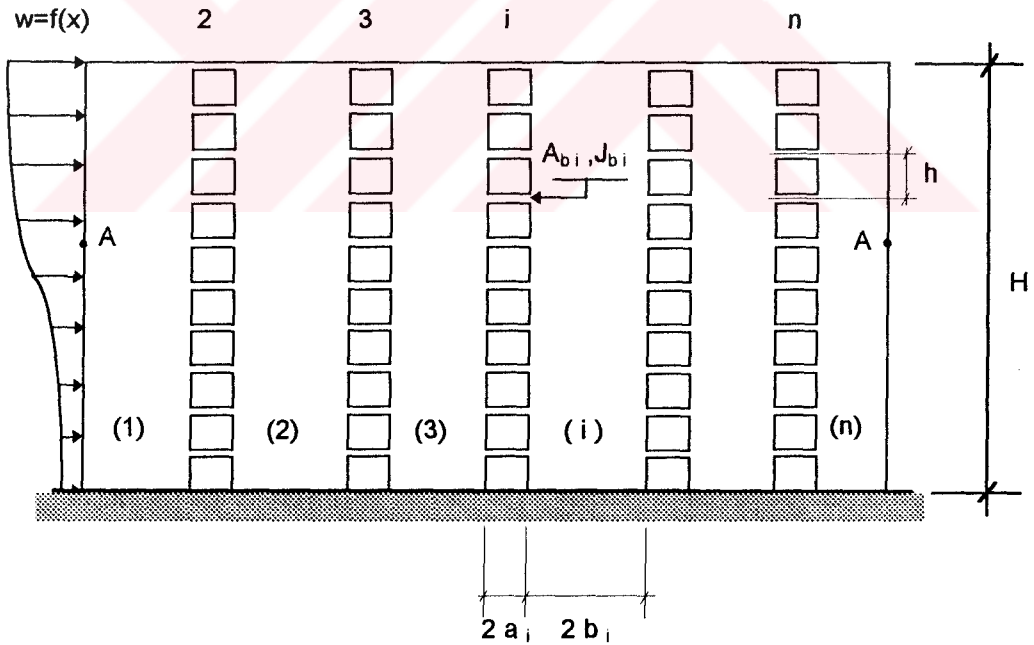
elemanlardaki tek boyutlu Őekil fonksiyonunun eŐdeęeridir. δ_1 ve δ_2 dűęüm parametreleridir. Bu ifadeler bulunduktan sonra (4.1) eŐitlięi çözülműŐ olur.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

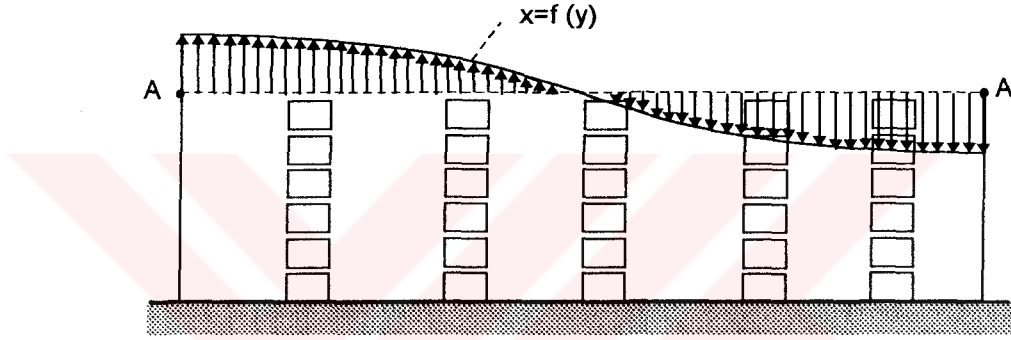
4.1. Sürekli Bağlantı Yöntemi İle Boşluklu Perde Analizi

Boşluklu perdeler yüksek binalarda yatay kuvvetlere dirençleri nedeniyle oldukça sık kullanılırlar (Şekil 4.1). Sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak yapılan yüksek binaların analizi, boşluklu perdelerin sayısının artmasına bağlı olarak bilinmeyen sayısının artmasından dolayı güçleşmektedir. Boşluklu perdelerin temel bilinmeyenleri olan sürekli ortamdaki kesme kuvveti sayısı, perde sayısına bağlı olarak artmakta olduğundan çözümü güç diferansiyel denklem sistemleri ortaya çıkar.



Şekil 4.1 Çok sıra boşluklu perde

Bu çalışmada sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve aksenal kuvvetler temel bilinmeyen alınarak çok sıra boşluklu perdelerin statik analizi yapılmıştır. Perdedeki aksenal kuvvetlerin sayısı sonludur ve herhangi bir kesit boyunca aksenal kuvvetlerin dağılımı sonlu bir seri açılımla gösterilebilir. Şekilde çok sıra boşluklu perdelerdeki herhangi bir A-A kesitinde görülen aksenal kuvvetlerin değişimi $x=f(y)$ şeklinde gösterilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Çok sıra boşluklu perdelerdeki aksenal kuvvetlerin dağılımı

Bu tezdeki yöntemde bu değişim bazı koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilecektir. Eğer koordinat fonksiyonları birbirinden bağımsız ve tam olarak seçilirse kesin çözüm elde edilecektir. Bunun yanında koordinat fonksiyonlarının sadece birkaçı kullanıldığında çözüm yaklaşık olacaktır. Sayısal örneklerin serinin ilk birkaç teriminin alınmasının pratik uygulamalarda uygun basit bir çözüm olduğunu göstermiştir.

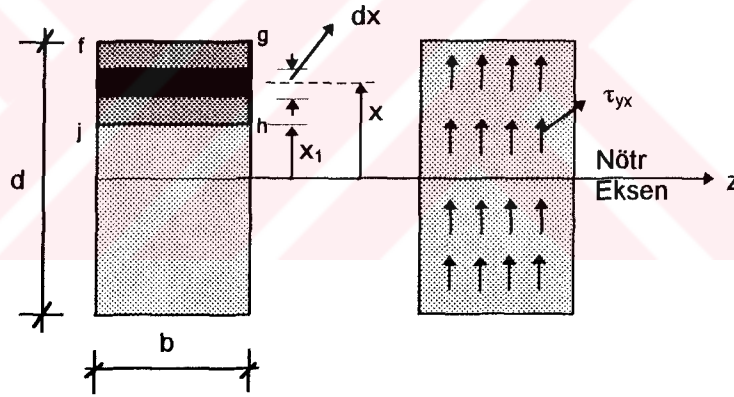
Bu yöntemle hazırlanan ve MATHEMATICA ortamında cebrik olarak çalışan programın aynısı FORTRAN dilinde de hazırlandığından gerektiğinde doğrudan doğruya sayısal olarak tasarlanan durumlar için sayısal çözüm elde edilebilmektedir.

4.1.1. Kayma Rijitliği

Çok sıra boşluklu perdedeki herhangi bir bağlantı kirişini enkesiti dikdörtgen olarak Şekil 4.3'de verilmiştir. Bilindiği gibi kesme kuvvetinden doğan kayma gerilmesi,

$$\tau = \frac{TS_z}{bl_z} \quad (4.1)$$

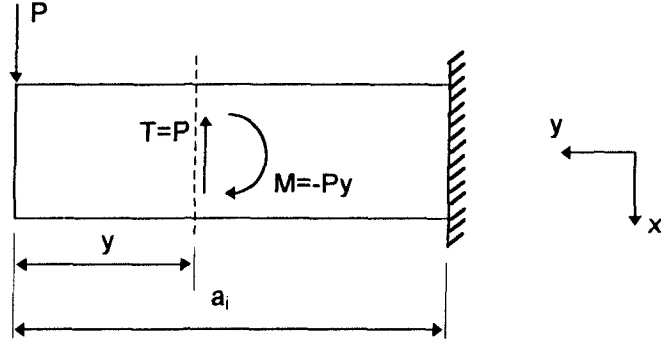
ifadesinden bulunur.



Şekil 4.3 Bağlantı kirişinde oluşan kayma gerilmesi

Şekil 4.3 yardımıyla gerekli değerler 4.1 ifadesinde yerine konulursa bağlantı kirişinde oluşan kayma gerilmesi bulunur,

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \frac{TS_z}{bl_z} = \frac{T}{bl_z} \int_{fg}^{\text{alan}} x dA = \frac{T}{bl_z} \int_{x_1}^{d/2} b x dx = \frac{T}{2I_z} \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 - x_1^2 \right] \quad (4.2)$$



Şekil 4.4 Bağlantı kirişi kesme kuvveti ve eğilme momenti

Şekil 4.4 yardımı ile bağlantı kirişindeki kesme kuvveti ve eğilme momentinin yaptığı işler;

$$U_e = \int_0^{a_i} \frac{M^2 dy}{2EI_z} = \int_0^{a_i} \frac{(-Py)^2 dy}{2EI_z} = \frac{P^2 a_i^3}{6EI_z} \quad (4.3)$$

$$U_k = \int \frac{1}{2G} \tau^2 dV = \frac{1}{2G} \int_{-d/2}^{d/2} \int_0^{a_i} \left\{ \frac{P}{2I_z} \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 - x^2 \right] \right\}^2 b dy dx$$

$$= \frac{P^2 a_i b d^5}{8GI_z^2 \cdot 30} = \frac{3P^2 a_i}{5GA_{bi}} \quad (4.4)$$

ifadeleriyle hesaplanır. U_e ve U_k nin toplamları tekil kuvvetin işine eşit olacağından,

$$U = U_e + U_k = \frac{P^2 a_i^3}{6EI_z} + \frac{3P^2 a_i}{5GA_{bi}} = \frac{1}{2} P \delta_{sağ} \quad (4.5)$$

olur ve buradan bir tarafın deplasmanı,

$$\delta_{sağ} = \frac{Pa_i^3}{3EI_{bi}} + \frac{6Pa_i}{5GA_{bi}} \quad (4.6)$$

şeklinde bulunur. Diğer tarafın deplasmanı da dikkate alınırsa,

$$\delta = \delta_{sol} + \delta_{sağ} = 2 \left(\frac{Pa_i^3}{3EI_{bi}} + \frac{6Pa_i}{5GA_{bi}} \right) \quad (4.7)$$

ifadesi elde edilir. Bağlantı kirişleri eşdeğer sürekli bağlantı ortamına dönüştürüldüğünde $P = q_i h$ olacağından deplasman,

$$\delta = q_i 2h \left(\frac{a_i^3}{3EI_{bi}} + \frac{6 a_i}{5 GA_{bi}} \right) \quad (4.8)$$

şeklinde elde edilir. Buradaki 6/5 oranı bağlantı kirişinin kesitine bağlı olarak değişen bir değer olduğundan en kesiti farklı bağlantı kirişi için bu oran değişecektir. Bu orana μ denir ve q_i çekilirse eşitlik,

$$q_i = K_i \delta \quad (4.9)$$

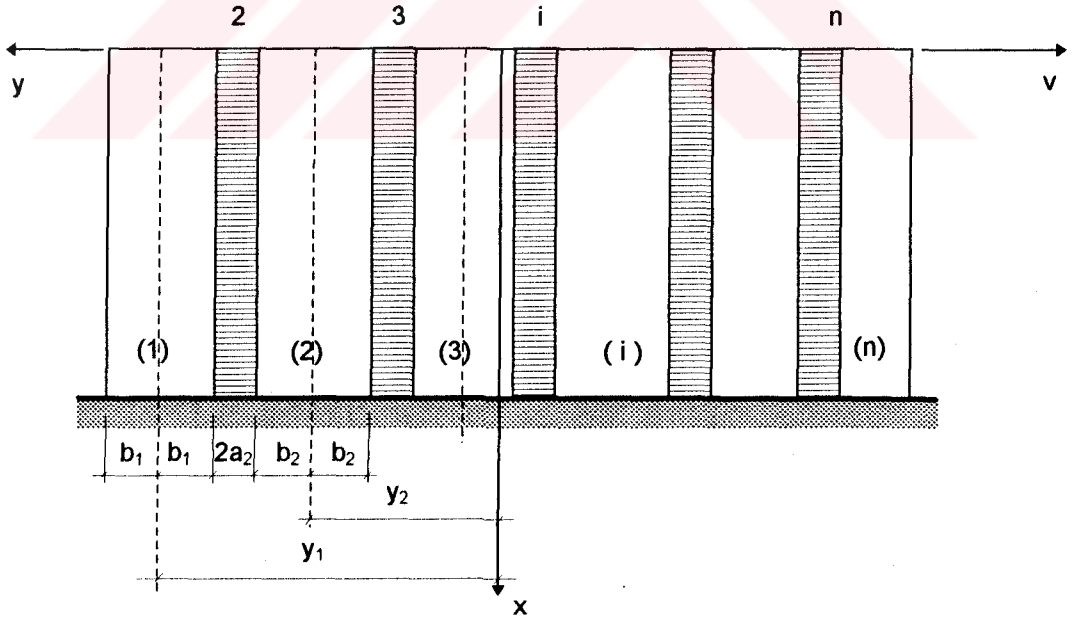
şeklini alacaktır. Buradaki K_i kayma rijitliğini gösterir ve açık ifadesi şöyledir,

$$K_i = \frac{1}{2h \left(\frac{a_i^3}{3EI_{bi}} + \frac{\mu a_i}{GA_{bi}} \right)} \quad (4.10)$$

4.1.2. Kabuller

Bu çalışmada yapılan kabuller şunlardır :

- 1) Perde duvarlarının ve bağlantı kirişlerinin özellikleri bölge yüksekliği boyunca sabittir.
- 2) Eğilme rijitliği EI_b olan ayrıık bağlantı kirişlerinin yerine Şekil 4.5'de görülen eğilme rijitliği birim yükseklik için EI_b / h olan eşdeğer sürekli bağlantı ortamı oluşturulur.



Şekil 4.5 Çok sıra boşluklu perdenin sürekli bağlantı yöntemi ile modellenmesi

- 3) Perde duvarlarda, eğilmeden önce eksene dik olan düzlem kesitler eğilmeden sonra da eksene dik ve düzlem kalırlar.
- 4) Bağlantı kirişleri üzerinde arayük yoktur.
- 5) Bağlantı kirişlerinin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijit oldukları kabul edilir. Bundan dolayı bütün perdeler aynı yükseklikte eşit yanal deplasman,

$$y_1 = y_2 = y_3 = \dots = y_i = \dots = y_n = y \quad (4.11)$$

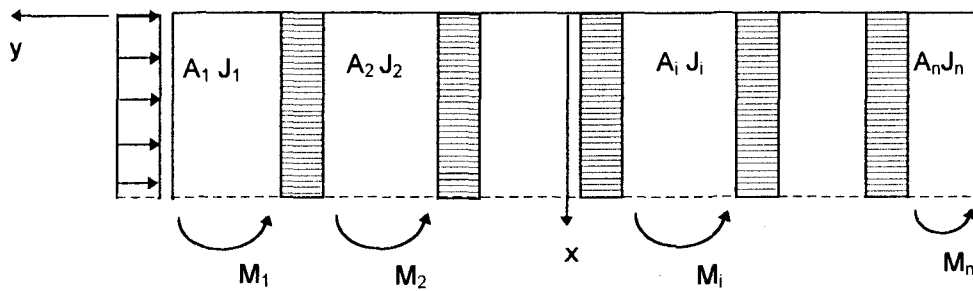
yaparlar. Bu durumda herhangi bir perde için,

$$EJ_i y'' = M_i \quad (4.12)$$

ve tüm sistem için,

$$E(J_1 + J_2 + \dots + J_i + \dots + J_n) y'' = M_1 + M_2 + \dots + M_i + \dots + M_n \quad (4.13)$$

eşitlikleri yazılabilir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Çok sıra boşluklu perdedeki eğilme momentleri

Bu kabule göre aynı yükseklikte tüm duvarların eğimleri birbirlerine eşittir ve duvarlardaki eğilme momentleri de,

$$M_i = \frac{J_i}{\sum_j J_j} \sum_j M_j = \frac{J_i}{\sum_j J_j} M \quad (4.14)$$

ilişkisinde görüldüğü gibi her bir perdenin eğilme rijitlikleri ile orantılıdır.

6) Bağlantı kirişlerindeki ayırık kesme kuvvetlerinin yerini onlara eşdeğer ve birim yükseklikteki değeri q olan sürekli kesme kuvvetleri alır.

4.1.3. Formülasyon

4.1.3.1. Eksenel Kuvvet ve Gerilmeler

Boşluklu perdelerdeki eksenel kuvvetler, N_i ($i = 1,2,3,\dots,n$), bilinmeyenler olarak ele alınmıştır. Sunulan bu yaklaşımda koordinat fonksiyonlarının lineer bileşimi N_i ($i = 1,2,3,\dots,n$) bu tür eksenel kuvvetleri ifade etmek için seçilecektir. Gerek ve yeterli şart, $\phi_k(y_i)$ ($k = 1,2,3,\dots,n$) birbirinden lineer bağımsız ve tam olmalıdır.

Bu çalışmada, basitliği sağlamak amacı ile taşıyıcı sistemlerin ortogonal, yani birbirine dik iki düşey düzlemde birine paralel oldukları kabul edilmiştir. Uygulamada, yüksek yapılara ait taşıyıcı sistemler çoğu zaman bu şekilde veya buna yakın olarak düzenlenmektedir. Aşağıda ortogonalite şartları ek olarak verilmiştir,

$$\sum_i \phi_k(y_i) \phi_h(y_i) A_i = \begin{cases} 0 & \leftarrow k \neq h \\ I_k & \leftarrow k = h \end{cases} \quad (4.15)$$

($k = 1,2,3,\dots,n$; $h = 1,2,3,\dots,n$; $i = 1,2,3,\dots,n$)

A_i i nolu perdenin kesit alanını tanımlamaktadır. Buna göre, N_i eksenel kuvvetleri şu şekilde yazılabilir;

$$N_i = \sum_{k=1}^n \frac{F_k A_i}{I_k} \phi_k(y_i) \quad (4.16)$$

Buradaki F_k yeni bilinmeyenler olup aslında bir tür genelleştirilmiş kuvvetleri gösterirler. Eğer eşdeğer sürekli ortama dönüştürülmüş bağlantı kirişlerinin kayma rijitliği ve bunun yanısıra boşluklu perdelerin yükseklik/genişlik oranı çok büyükse, bütün boşluklu perde sistemi kolon-kiriş gibi davranacaktır ve herhangi bir yatay düzlem boyunca gerilme dağılımı lineer olacaktır. Bu durumda merkezci gerilmeler,

$$\frac{N_i}{A_i} = a + by_i \quad (i = 1,2,3,\dots,n) \quad (4.17)$$

şeklinde ifade edilebilir ki, burada a ve b , y_i ($i = 1,2,3,\dots,n$)'den bağımsızdır. Eğer bağlantı kirişlerinin kayma rijitliği ve bunun yanısıra boşluklu perdelerin yükseklik/genişlik oranı çok büyük değilse, $\sigma_i = N_i / A_i$ gerilmeleri (4.17) nolu denklemden farklı olacaktır. Böylece genel halde ϕ_1 ve ϕ_2 fonksiyonları normal gerilme olan σ_i 'nin lineer kısmını ifade etmek üzere,

$$\left. \begin{array}{l} \phi_1(y_i) \equiv 1 \\ \phi_2(y_i) \equiv y_i \end{array} \right\} \quad (4.18)$$

şeklinde seçilirse (4.16) denklemindeki diğer ϕ_k ($i = 3, 4, \dots, n$) terimleri σ_i lineer dağılımını modifiye eden terimleri gösterirler. (4.15) denklemine ϕ_1 ve ϕ_2 fonksiyonları uygulanırsa,

$$\sum_i \phi_1(y_i) \phi_1(y_i) A_i = \sum_i A_i = I_1 \quad (4.19a)$$

$$\sum_i \phi_2(y_i) \phi_2(y_i) A_i = \sum_i (y_i)^2 A_i = I_2 \quad (4.19b)$$

$$\sum_i \phi_1(y_i) \phi_2(y_i) A_i = \sum_i y_i A_i = 0 \quad (4.19c)$$

denklemleri elde edilir. (4.19a) ve (4.19b) denklemlerinde I_1 perdelerin kesit alanlarının toplamını ve I_2 ikinci derece alan momentlerinin toplamını tanımlarken (4.19c) denklemi, y aksı orjininin boşluklu perdenin yatay kesit merkezinde olması gerektiğini gösterir. $\phi_h(y_i)$ ve N_i çarpımlarını toplayarak ve (4.15) ile (4.16) denklemleri kullanılarak,

$$\sum_i N_i \phi_h(y_i) = \sum_k F_k \frac{\sum_i \phi_h(y_i) \phi_k(y_i) A_i}{I_k} = F_h \quad (4.20a)$$

denklemi elde edilir. Genelleştirilmiş F_h kuvvetinin fiziksel anlamı (4.20a) denkleminde daha iyi anlaşılacaktır. Örneğin:

$$F_1 = \sum_i N_i \quad (4.20b)$$

$$F_2 = \sum_i N_i y_i \quad (4.20c)$$

Diğer bir deyişle F_1 boşluklu perdenin bütün kesitinin toplam aksenal kuvveti iken F_2 perdenin aksenal kuvvetlerinin oluşturduğu eğilme momentidir.

4.1.3.2. Denge Şartları

M_d , x kesiti üzerine etki eden dış kuvvetlerin oluşturduğu eğilme momenti ve W_d ise x üzerine etki eden düşey dış yüklerin toplamıdır. Denge şartları düşünüldüğünde düşey dengeden,

$$\sum_i N_i + W_d = 0$$

veya

$$F_1 = \sum_i N_i = -W_d \quad (4.21)$$

ve tüm sistem için momentlerin dengesinden,

$$\sum_i N_i y_i + \sum_i M_i = M_d$$

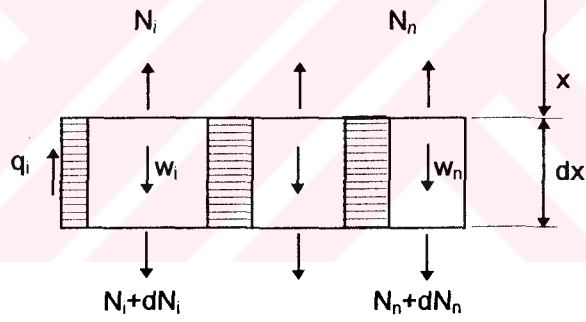
veya

$$M = M_d - F_2 \quad (4.22)$$

denklemleri elde edilir. (4.14) denklemi şimdi şu şekilde yazılabilir,

$$M_i = \frac{J_i}{\left(\sum_j J_j \right)} (M_d - F_2) \quad (4.14a)$$

Şekil 4.7'de, boşluklu perdede i nolu tabakanın düşey olarak kesilmesiyle x ile $x+dx$ düzlemleri arasında kalan sonsuz küçükteki differansiyel parçanın sağda kalan kısmı üzerindeki düşey kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Kesme kuvveti q_i 'yi gösteren cisim düşey kuvvet diyagramı

Bu cisim diyagramında, düşey denge durumu dikkate alınırsa aşağıdaki eşitliği yazmak mümkündür,

$$q_i = \sum_{j=i}^n \frac{dN_j}{dx} + \sum_{j=i}^n w_j \quad (4.23)$$

Burada q_i , i numaralı tabakanın birim uzunluğundaki kesme kuvveti ve w_j , j duvarının birim uzunluktaki düşey yüküdür. (4.16) denklemini (4.23) denkleminde yerine konulursa,

$$q_i = \sum_{j=i}^n \left(\sum_{k=1}^n \frac{F_k' \phi_k(y_i) A_j}{I_k} + w_j \right) = \sum_{k=1}^n \frac{F_k' S_{ki}}{I_k} + \sum_{j=i}^n w_j \quad (4.24)$$

eşitliği elde edilir. Burada,

$$F_k' = \frac{dF_k}{dx} \quad (4.25)$$

$$S_{ki} = \sum_{j=i}^n \phi_k(y_j) A_j \quad (4.26)$$

4.1.3.3. Genelleştirilmiş Kuvvetler

Genelleştirilmiş kuvvetlerden F_1 , (4.21) eşitliğinden M_i 'de F_2 'ye bağlı olarak (4.14a) denkleminde elde edilir. Geriye kalan bağımsız bilinmeyenler olan F_2, F_3, \dots, F_n ise minimum şekil değiştirme enerjisi prensibiyle bulunabilir.

Bütün sistemin şekil değiştirme enerjisi,

$$U = \int_0^H \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{2EJ_i} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2}{2EA_i} + \sum_{i=2}^n \frac{q_i^2}{2K_i} \right\} dx \quad (4.27)$$

olup, (4.14a), (4.16), ve (4.23) denklemleri burada yerlerine konulursa şekil değiştirme enerjisi ifadesi,

$$U = \int_0^H \bar{F}(F_k, F_k') dx \quad (4.28)$$

haline dönüşür. Minimum U için Euler denklemleri şu şekilde yazılır:

$$\frac{\partial \bar{F}}{\partial F_h} - \frac{d}{dx} \frac{\partial \bar{F}}{\partial F_h'} = 0 \quad (h = 2, 3, \dots, n) \quad (4.29)$$

Denklem içindeki uzun işlemler yapıldıktan sonra aşağıdaki temel denklemler elde edilir,

$$-\frac{1}{E \sum_i J_i} \{M_d - F_2\} \delta_{2h} + \frac{F_h}{El_h} - \sum_{k=1}^n d_{hk} F_k'' - \sum_{i=2}^n \frac{S_{hi}}{l_h} \left\{ \sum_{j=i}^n w_j \right\} = 0 \quad (4.30)$$

$$(h = 2, 3, \dots, n)$$

Burada;

$$\delta_{2h} = \begin{cases} 0 & \leftarrow h \neq 2 \\ 1 & \leftarrow h = 2 \end{cases} \quad (4.31)$$

$$d_{hk} = \sum_{i=2}^n \frac{S_{hi} S_{ki}}{l_h l_k K_i}, \quad F_k'' = \frac{d^2 F_k}{dx^2} \quad (4.32)$$

4.1.3.4. Sınır Şartları

Sistemdeki sınır şartları aşağıdaki gibidir:

a) Boşluklu perdenin tepesinde yani $x=0$ 'da,

$$F_h(0) = \sum_{i=1}^n N_i(0)\phi_h(y_i) \quad (4.33a)$$

Burada $F_h(0)$ ve $N_i(0)$, sırasıyla, F_h ve N_i 'nin tepe noktasındaki değerleridir.

b) Boşluklu perdenin tabanında yani $x=H$ 'da, temel rijit olması durumunda,

$$q_i(H) = \sum_{k=1}^n \frac{F_k'(H)S_{ki}}{I_k} + \sum_{j=i}^n w_j = 0 \quad (4.33b)$$

(4.30) nolu temel denklem takımı (4.33a), (4.33b) sınır şartları kullanılarak bir sonraki adımda çözülecektir.

4.1.3.5. Temel Denklemlerin Yaklaşık Çözümü

(4.30) denklemini çok sıra boşluklu perdenin duvar sayısı kadar seriden terim alarak kesin olarak çözülebilir. Fakat nümerik örneklerden de görüleceği gibi ilk birkaç terim yeterli ve tatminkar sonuç vermektedir. Bundan dolayıdır ki pratik uygulamalarda serinin ilk 2 veya 3 terimini ele alarak yaklaşık çözümler sunulmuştur. Buna ek olarak basitlik amacıyla düşey kuvvetlerin olmadığı kabul edildiğinden,

$$W_j = 0 \quad F_1 = 0 \quad (4.34)$$

alınarak hesap yapılacaktır.

4.1.3.5.1. Üç Terimli Çözüm

Eksenel kuvvetlerin dağılımını veren eğriyi yakalayabilmek için sabiti hesaba katan ϕ_1 ve lineer artışı dikkate alan ϕ_2 fonksiyonlarına ek olarak üçüncü koordinat fonksiyonu ϕ_3 kübik seçilecektir. Çok sıra boşluklu perdelerin diğer yöntemlerle çözümünün sonuçları ile seçilen birçok değişik ϕ_3 fonksiyonlarıyla bu yöntemle göre çözümün sonuçları göstermiştir ki, seçilebilecek en uygun fonksiyon,

$$\phi_3(y_i) = c + y_i + dy_i^3 \quad (4.35)$$

şeklindedir. Burada c ve d sabitlerdir. Denklem (4.15)'de verilen şartlardan,

$$\left. \begin{aligned} \sum_i \phi_3(y_i)\phi_1(y_i)A_i = \sum_i \phi_3(y_i)A_i = 0 \\ \sum_i \phi_3(y_i)\phi_2(y_i)A_i = \sum_i \phi_3(y_i)y_iA_i = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.36)$$

denklemleri elde edilir ve ileride kullanılmak üzere I_3 'de şu şekilde tarif edilebilir:

$$I_3 = \sum_i \phi_3^2(y_i)A_i \quad (4.37)$$

(4.35) denklemini (4.36) denkleminde yerine koyarsak (4.19c) eşitliği yardımı ile c ve d sabitleri bulunur ve (4.35) denklemi,

$$\phi_3(y_i) = \frac{\left(\sum_i y_i^3 A_i\right)\left(\sum_i y_i^2 A_i\right)}{\left(\sum_i y_i^4 A_i\right)\left(\sum_i A_i\right)} + y_i - \frac{\sum_i y_i^2 A_i}{\sum_i y_i^4 A_i} y_i^3 \quad (4.38)$$

haline dönüşür. (4.30) denkleminin temsil ettiği ifadeler ($h = 2,3$) için şu şekilde yazılabilir;

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{E \sum_i J_i} M_d + \left(\frac{1}{E \sum_i J_i} + \frac{1}{EI_2} \right) F_2 - d_{22} \frac{d^2 F_2}{dx^2} - d_{23} \frac{d^2 F_3}{dx^2} &= 0 \\ \frac{1}{EI_2} F_3 - d_{32} \frac{d^2 F_2}{dx^2} - d_{33} \frac{d^2 F_3}{dx^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.39)$$

Boyutsuz değişken olan,

$$\xi = \frac{x}{H} \quad (4.40)$$

(4.39) denkleminde yerine konulduktan sonra bir aşama daha basitleştirilerek,

$$\left. \begin{aligned} -M_d + b_{20}F_2 - b_{22} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} - b_{23} \frac{d^2 F_3}{d\xi^2} &= 0 \\ b_{30}F_3 - b_{32} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} - b_{33} \frac{d^2 F_3}{d\xi^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.41)$$

diferansiyel denklem sistemiyle temel denklemler ξ 'ye bağılı olarak ifade edilir.

Burada,

$$\left. \begin{aligned} b_{20} &= 1 + \frac{\sum J_i}{l_2}, & b_{30} &= 1 + \frac{\sum J_i}{l_3} \\ b_{hk} &= \left(\frac{E \sum J_i}{H^2} \right) \left(\sum_i \frac{S_{hi} S_{ki}}{l_h l_k K_i} \right) \end{aligned} \right\} \quad (4.42)$$

göstermektedir. Tepede düşey yük olmadığı için aksenal kuvvet,

$$N_i(0) = 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4.43)$$

olur ve (4.33a) ile (4.33b) ifadelerindeki sınır şartları,

$$\xi = 0 \text{ için } F_h(0) = 0 \quad (h = 2, 3) \quad (4.44a)$$

$$\xi = 1 \text{ için } F_k'(1) = 0 \quad (h = 2, 3) \quad (4.44b)$$

şeklini alır. (4.41) diferansiyel denklem sisteminin özel çözümleri,

$$[F_2]_{\bar{o}} = \frac{1}{b_{20}} \left[\sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{b_{20}}{b_{22}}\right)^j} \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} (M_d) \right] \quad (4.45)$$

$$[F_3]_{\bar{o}} = \frac{b_{32}}{b_{30}b_{20}} \left[\sum_{j=0}^{\infty} j \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} (M_d) \right] \quad (4.46)$$

şeklinde verilebilir. Bu şekilde verilen özel çözüm M_d dış kuvvet momentinin yüksekliğe bağlı olarak polinom şeklinde ifade edildiği her durum için geçerlidir. Bu nedenle, özel durumlar olarak literatürde ele alınan üniform yayılı, üçgen şeklinde yayılı ve tepede tekil yatay kuvvetler için de uygulanabilir. Başka fonksiyonlar ile verilen M_d durumları için özel çözümlerin ele alınan probleme göre bulunması gerekir.

(4.41) sabit katsayılı lineer diferansiyel denklem sistemi,

$$\begin{Bmatrix} -M_d \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{20} & 0 \\ 0 & b_{30} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} -b_{22} & -b_{23} \\ -b_{32} & -b_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_2'' \\ F_3'' \end{Bmatrix} = 0 \quad (4.47)$$

şeklinde yazılabilir. Bu karakteristik denklemin çözümü de,

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{array} \right\} = \left\{ \frac{(b_{20}b_{33} + b_{30}b_{22}) \pm \sqrt{(b_{20}b_{33} + b_{30}b_{22})^2 - 4b_{20}b_{30}(b_{22}b_{33} - b_{23}^2)}}{2b_{20}b_{30}} \right\}^{1/2}$$

(4.48)

şeklinde bulunur. Bu problemin homojen çözümü aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \underline{F}_h = \begin{Bmatrix} F_{2h} \\ F_{3h} \end{Bmatrix} &= C_1 \begin{bmatrix} A_1 \\ 1 \end{bmatrix} e^{-\lambda_1 \xi} + C_2 \begin{bmatrix} A_2 \\ 1 \end{bmatrix} e^{-\lambda_2 \xi} \\ &+ C_3 \begin{bmatrix} A_1 \\ 1 \end{bmatrix} e^{-\lambda_1(1-\xi)} + C_4 \begin{bmatrix} A_2 \\ 1 \end{bmatrix} e^{-\lambda_2(1-\xi)} \end{aligned} \quad (4.49)$$

Bu ifadenin iki defa türevi alınarak (4.41)'in ilk denkleminde yerlerine yazılırsa ve homojen çözüm arandığından denklem sifıra eşitlenirse,

$$A_1 = \frac{b_{23}}{\left(\frac{b_{20}}{\lambda_1^2}\right) - b_{22}}, \quad A_2 = \frac{b_{23}}{\left(\frac{b_{20}}{\lambda_2^2}\right) - b_{22}} \quad (4.50)$$

şeklinde elde edilir. (4.44a) ve (4.44b) ifadelerindeki dört adet sınır şartı ve (4.49) ifadesi kullanılarak aşağıdaki eşitlikleri yazmak mümkündür,

$$\left. \begin{aligned}
 C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_1 e^{-\lambda_1} + C_4 A_2 e^{-\lambda_2} + F_{2\ddot{o}}(0) &= 0 \\
 C_1 + C_2 + C_3 e^{-\lambda_1} + C_4 e^{-\lambda_2} + F_{3\ddot{o}}(0) &= 0 \\
 -C_1 A_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1} - C_2 A_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2} + C_3 A_1 \lambda_1 + C_4 A_2 \lambda_2 + F'_{2\ddot{o}}(1) &= 0 \\
 -C_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1} - C_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2} + C_3 \lambda_1 + C_4 \lambda_2 + F'_{3\ddot{o}}(1) &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (4.51)$$

Bu denklemler yardımıyla C_i sabitleri elde edilir ve homojen çözümler de tespit edilmiş olur. (4.40) diferansiyel denklem sisteminin genel çözümü,

$$F_2 = [F_2]_{\ddot{o}} + [F_2]_h \quad F_3 = [F_3]_{\ddot{o}} + [F_3]_h \quad (4.52)$$

şeklinde özel ve homojen çözümler toplanarak bulunur.

4.1.3.5.2. İki Terimli Çözüm

Bu durumda (4.41) denklemini daha basit bir hale gelir,

$$-M_d + b_{20} F_2 - b_{22} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} = 0 \quad (4.53)$$

Burada, b_{20} ve b_{22} (4.42)'de tanımlandığı gibi olup sınır şartları ise şöyledir,

$$\xi = 0 \text{ için } F_2(0) = 0 \quad (4.54)$$

$$\xi = 1 \text{ için } F_2'(1) = 0 \quad (4.55)$$

Bu durumda çözüm,

$$F_2 = C_1 e^{-\lambda \xi} + C_2 e^{\lambda \xi} + F_{2\ddot{o}} \quad (4.56)$$

şeklindedir. Burada,

$$\lambda = \sqrt{\frac{b_{20}}{b_{22}}} \quad (4.57)$$

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{-\lambda F_{2\ddot{o}}(0) + e^{-\lambda} F'_{2\ddot{o}}(1)}{\lambda(1 + e^{-2\lambda})} \\ C_2 &= \frac{-F'_{2\ddot{o}}(1) - \lambda e^{-\lambda} F_{2\ddot{o}}(0)}{\lambda(1 + e^{-2\lambda})} e^{-\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (4.58)$$

şeklinde tanımlanır ve $F_{2\ddot{o}}$, (4.45) eşitliğinden alınır.

4.1.3.6. $v(x)$ Yatay Deplasman Fonksiyonunun Belirlenmesi

Yatay deplasman fonksiyonunun x 'e göre ikinci türevinin perde eğilme rijitliği ile çarpımı toplam momente eşit olduğundan (4.22) ifadesi yardımı ile herhangi bir x derinliğinde perdenin moment eğrilik ilişkisi,

$$\left(E \sum_{i=1}^n J_i \right) \frac{d^2 v}{dx^2} = M = (M_d - F_2) \quad (4.59)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu ifadenin iki defa integrali alınır ve çıkan sonuç

$\left(E \sum_{i=1}^n J_i \right)$ terimine bölünür ise $v(x)$ yanal deplasman fonksiyonu elde edilir,

$$v = \frac{1}{\left(E \sum_{i=1}^n J_i \right)} \int \left\{ \int (M_d - F_2) dx \right\} dx + Bx + D \quad (4.60)$$

Sınır şartları,

$$x = H \Rightarrow \begin{cases} v = 0 \\ \frac{dv}{dx} = 0 \end{cases} \quad (4.61)$$

şeklinde yazıldığına göre (4.60) ifadesindeki B ve D bilinmeyen iki adet integrasyon sabiti elde edilir. Dış yükleme şekli ve ona bağlı olarak hesaplanan M_d , (4.60)'da yerine yazıldığında x 'e bağlı olarak yatay deplasman fonksiyonu bulunur.

Bu tezde hazırlanan MATHEMATICA ve FORTRAN programları için M_d dış kuvvet momentinin x 'e bağlı bir polinom olması durumuna göre analiz yapılmıştır. Bu nedenle program, literatürde dikkate alınan tekil, üniform yayılı ve üçgen şeklinde yayılı yatay kuvvetler için de uygulanabilir. Bu duruma uymayan M_d dış kuvvet momentleri için özel çözüm ayrıca bulunup programa eklenmelidir.

4.2. Sayısal Uygulamalar ve Bulgular

4.2.1. Giriş

Boşluklu perdelerden oluşmuş yapıların analizi için çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve halen geliştirilme aşamasındadır. AKSOĞAN ve Ark. (1993) tarafından bu yöntemlerden biri olan sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak hazırlanan bilgisayar programı ile yüksekliği boyunca kesit değişikliği olmayan tek sıra boşluklu güçlendirilmiş perdelerin çözümü mümkün hale gelmiştir. AKSOĞAN ve ARSLAN (1996) tarafından sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak perde boyunca geometrik ve fiziksel özelliklerdeki değişiklikleri de hesaba katarak tek sıra boşluklu perdelerin çözümünü yapabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Ancak mevcut programlar sadece bir sıra boşluğu olan perdeli yapıların çözümünü hedeflediğinden boşluk sayısı artması ile yeni bir bilgisayar programına ihtiyaç duyulmuştur. Bu tezde sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak perde sayısının artışı da dikkate alan ve yaklaşık çözüm yapabilen bir bilgisayar programının hazırlanması hedeflenmiştir. Literatürde varolan bazı örnekler ile seçilen diğer çok sıra boşluklu perde problemleri, elde edilen bilgisayar programıyla ve diğer yöntemlerle çözümlenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Programın doğruluğunu araştırmada başlıca üç yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi eşdeğer çerçeve yöntemidir. Bu yöntemde, perde duvarları kolon elemanlar, bağlantı kirişleri ise kiriş elemanlar olarak modellenip SAP90 paket programı ile çözülmüştür. İkinci yöntem sonlu farklar yöntemini esas alarak çözüm yapan "Sonlu Şerit Yöntemi" dir. Üçüncü yöntem ise "Sonlu Elemanlar Yöntemi" olup bunun için, örnek problem üzerinde sonlu elemanlar ağı oluşturularak malzeme özellikleri girilip problem PAFEC sonlu elemanlar

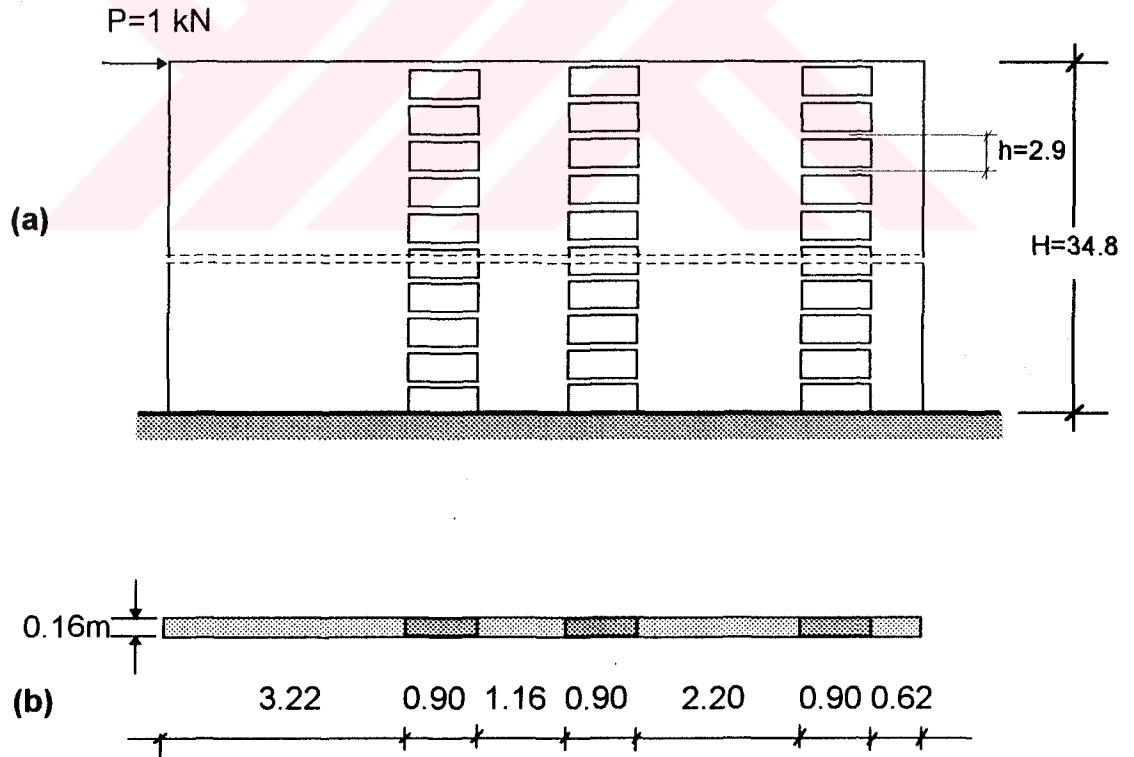
paket programı ile çözülmüştür. Her üç yöntemden elde edilen sonuçlarla bu çalışmada elde edilen programın sonuçları karşılaştırılırken önemli gerilmelerde uyumluluğun sağlandığı ve bağlantı kirişinin yüksekliğinin azalması ile sonuçların birbirine daha da yaklaştığı görülmüştür.



4.2.2. Örnekler

Örnek 1:

KOO ve CHEUNG (1984) tarafından çözümü verilen örnekte önemli gerilmelerin ve perde tabanındaki toplam momentin Sonlu Şerit Yöntemi ve SAP90 ile uyumluluğunu göstermek amacıyla rijit temele oturan kat yüksekliği 2.9m ve sistem yüksekliği 34.80m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Değişik genişlikte 4 duvardan oluşan sisteme tepede 1 kN'luk tekil yük etki etmektedir (Şekil 4.8a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir. Bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m ve perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.16m'dir. Tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır.



Şekil 4.8a,b Örnek 1'e ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin, bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m ve 0.31m'ye göre çözümleri yapılıp, sırası ile Çizelge 4.1a ve Çizelge 4.1b'de sonuçlar mukayese edilmiştir.

Bu örnek problem üzerinde çok sayıda farklı ϕ_3 fonksiyonu ile çözümler yapılmıştır. Seçilen bu farklı ϕ_3 fonksiyonlarından birkaçı ile bu tezde kullanılan ϕ_3 fonksiyonundan ve SAP90 paket programından elde edilen perde eksenlerindeki gerilme değerlerinin tümü, bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m ve 0.31m için sırası ile Şekil 4.8c ve Şekil 4.8d'de gösterilmiştir. Değerler birbirine yakın olmasına rağmen, elde edilen sonuçlardan SAP90 ile oldukça uyumlu değerler veren ϕ_3 fonksiyonunun, bu tezde kullanılan ϕ_3 fonksiyonu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1a Bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.80m değeri için elde edilen sonuçlar

Bilinmeyenler	KAYNAK*	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE***		
			F ₂	F ₂ ve F ₃	KAYNAK* F ₂	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ ₁ (kN/m ²)	9.4890	9.3556	9.5230	9.4494	1.43%	1.79%	1.00%**
σ ₂ (kN/m ²)	-0.5892	-0.9140	-0.5641	-0.4458	35.54%	38.3%	51.23%
σ ₃ (kN/m ²)	-8.6330	-8.5511	-8.9864	-8.7093	0.96%	5.09%	1.85%
σ ₄ (kN/m ²)	-17.5500	-16.5657	-16.5273	-17.3377	5.94%	0.23%	4.66%**
ξ = 0.2 için Σ M _i (kNm)	0.3625	0.3984	0.4205	0.4174	9.01%	5.55%	4.77%
ξ = 0.4 için Σ M _i (kNm)	0.8602	0.9597	0.8412	0.8347	10.37%	12.35%	13.02%
ξ = 0.6 için Σ M _i (kNm)	1.1852	1.3015	1.2619	1.2526	8.94%	3.04%	3.76%
ξ = 0.8 için Σ M _i (kNm)	1.7395	1.8593	1.6944	1.6852	6.44%	8.87%	9.36%
ξ = 1.0 için Σ M _i (kNm)	3.3635	4.1040	3.4835	3.4420	18.04%	15.1%	16.13%
Tepe noktası							
yanal deplasmanı v(ξ) (m)		0.0000766	0.00007427	0.00007426		3.02%	3.03%

* KOO ve CHEUNG (1984)'de sonlu şerit yönteminin verdiği sonuçlar

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

*** Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

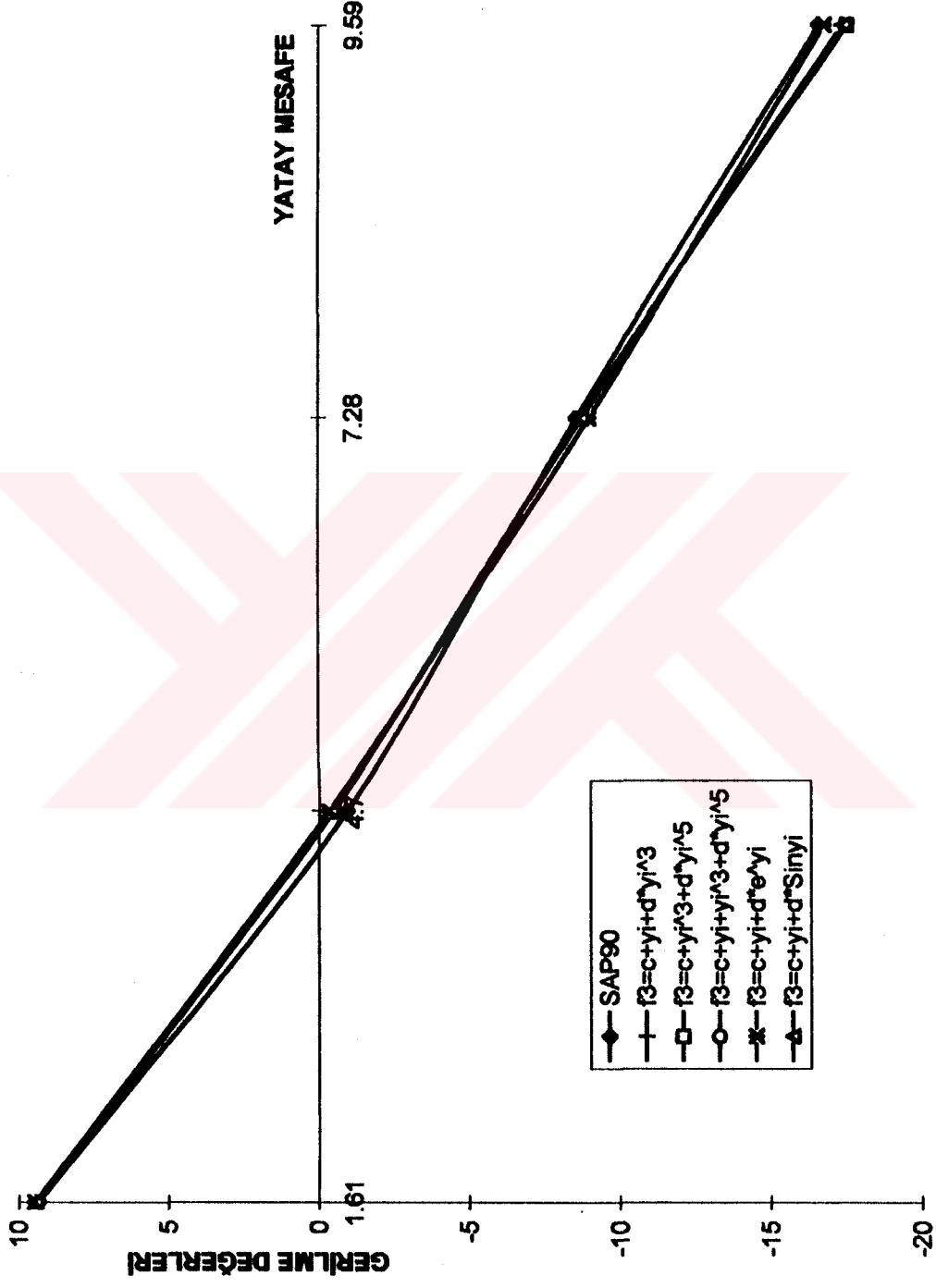
Çizelge 4.1b Bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.31m değeri için elde edilen sonuçlar

Bilinmeyenler	KAYNAK*	SAP90	SUNULAN YÖNTEM			MUKAYESE***		
			F ₂	F ₂ ve F ₃	F ₂	KAYNAK* F ₂	F ₂ ve F ₃	
σ ₁ (kN/m ²)	8.6689	8.6956	8.7763	8.5773	0.31%	0.93%	1.36%**	
σ ₂ (kN/m ²)	-0.7480	-0.8602	-0.5199	-0.2069	13.04%	39.56%	75.95%	
σ ₃ (kN/m ²)	-7.2658	-7.4716	-8.2818	-7.5194	2.75%	10.84%	0.64%	
σ ₄ (kN/m ²)	-17.8428	-16.9697	-15.2315	-17.4945	5.15%	10.24%	3.09%**	
ξ = 0.2 için Σ M _i (kNm)	0.3520	0.3925	0.4246	0.4254	10.32%	8.18%	8.38%	
ξ = 0.4 için Σ M _i (kNm)	0.8775	0.8726	0.8643	0.8667	0.56%	0.95%	0.68%	
ξ = 0.6 için Σ M _i (kNm)	1.3146	1.3643	1.3885	1.3899	3.64%	1.77%	1.88%	
ξ = 0.8 için Σ M _i (kNm)	2.4419	2.3967	2.3797	2.3547	1.89%	0.71%	1.75%	
ξ = 1.0 için Σ M _i (kNm)	5.7686	5.9230	5.9387	5.8522	2.61%	0.27%	1.20%	
Tepe noktası								
yanal deplasmanı v(ξ) (m)		0.0001044	0.00010816	0.00010748		3.60%	2.95%	

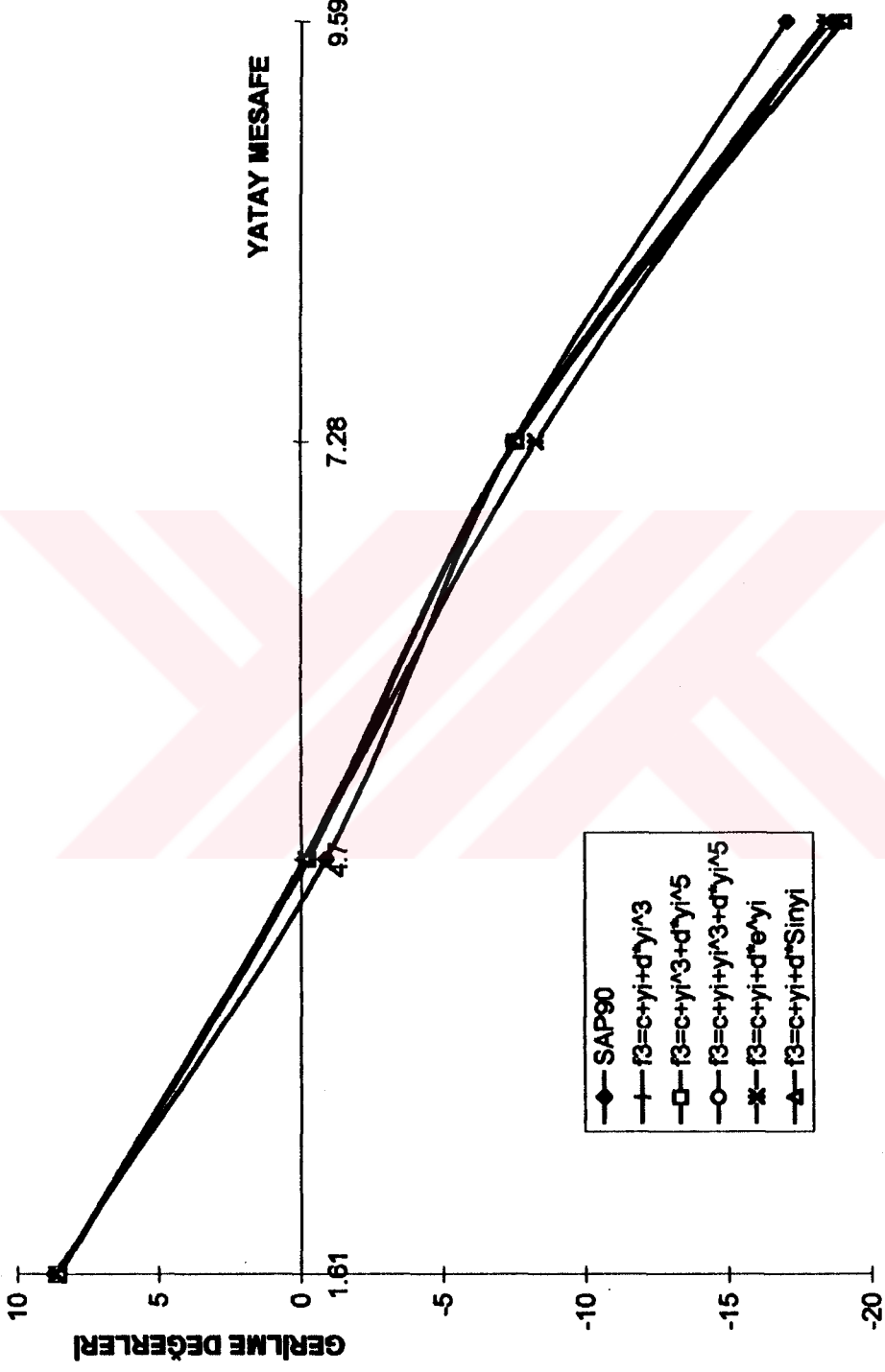
* KOO ve CHEUNG (1984)'da sonlu şerit yönteminin verdiği sonuçlar

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

*** Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.



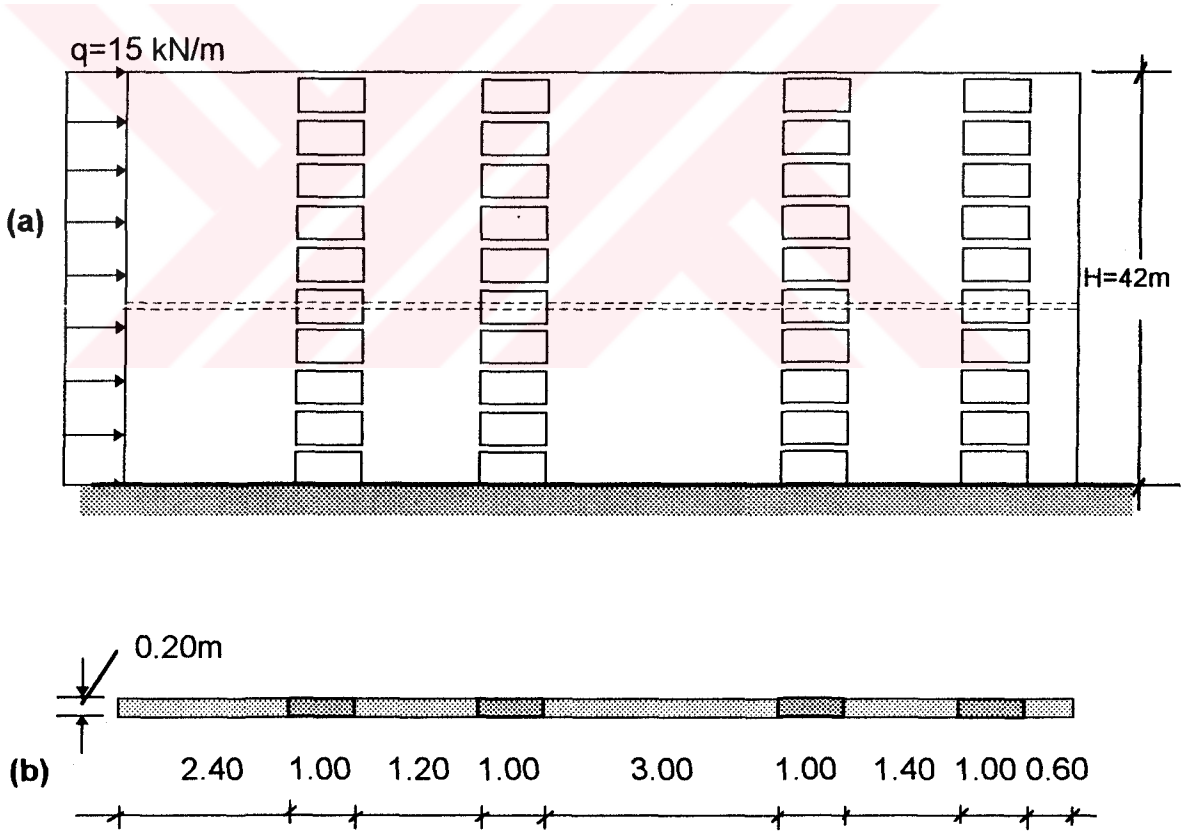
Şekil 4.8c Farklı ϕ_3 fonksiyonları ve bağlantı kırış yüksekliği 0.80m için örnek 1'in perde eksenlerindeki gerilme değerleri



Şekil 4.8d Farklı ϕ 3fonksiyonları ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.31m için örnek 1'in perde eksenlerindeki gerilme değerleri

Örnek 2:

Kat yüksekliği 3.00m olan ve sistem yüksekliği 42.00m olan 15 kN/m düzgün yayılı yük etkisindeki 5 farklı genişlikteki duvarlardan teşkil edilmiş rijit temele oturan boşluklu perde sistemi seçilmiştir (Şekil 4.9a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.60m'dir. Tüm elemanlar için $E=24.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır. Kalınlıkları 0.20m olan 5 perdeden meydana gelmiş çok sıralı deprem perdelerine ait özellikler şöyledir:



Şekil 4.9a,b Örnek 2'ye ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin bağlantı kirişi yüksekliği 0.60m'ye göre çözümleri yapılip Çizelge 4.2 'de sonuçlar mukayese edilmiştir.



Çizelge 4.2 Örnek 2'nin çözümü ile elde edilen sonuçlar

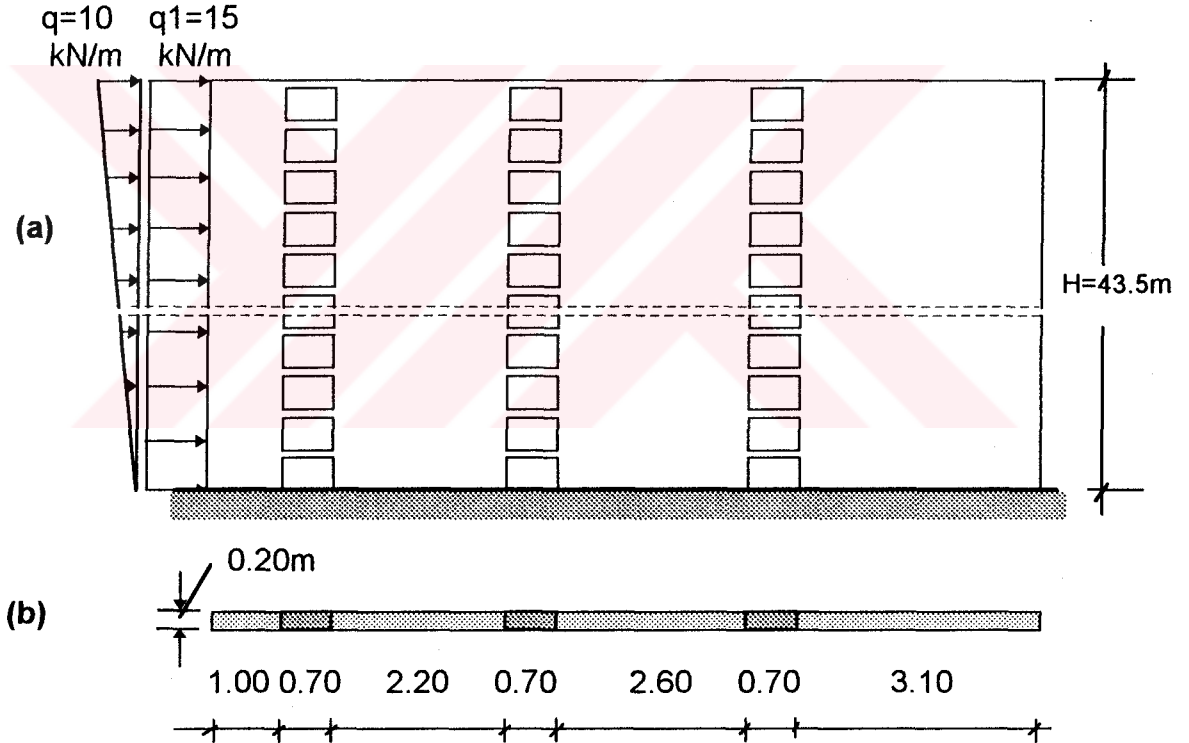
Bilinmeyenler	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE *	
		F ₂	F ₂ ve F ₃	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ ₁ (kN/m ²)	2317.04	2423.88	2442.93	4.61%	5.43%**
σ ₂ (kN/m ²)	967.54	864.47	989.01	10.65%	2.22%
σ ₃ (kN/m ²)	-453.30	-518.48	-620.70	14.38%	36.93%
σ ₄ (kN/m ²)	--2417.61	-2203.86	-2282.33	8.84%	5.80%
σ ₅ (kN/m ²)	-3295.75	-3689.69	-3320.84	11.95%	0.76%**
ξ = 1.0 için sistemin toplam eğilme momenti Σ M _i (kNm)	1726.00	1445.40	1458.62	16.26%	15.49%
Tepe noktası					
yanal deplasmanı v(ξ) (m)	0.012584	0.012382	0.012378	1.61%	1.64%

* Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

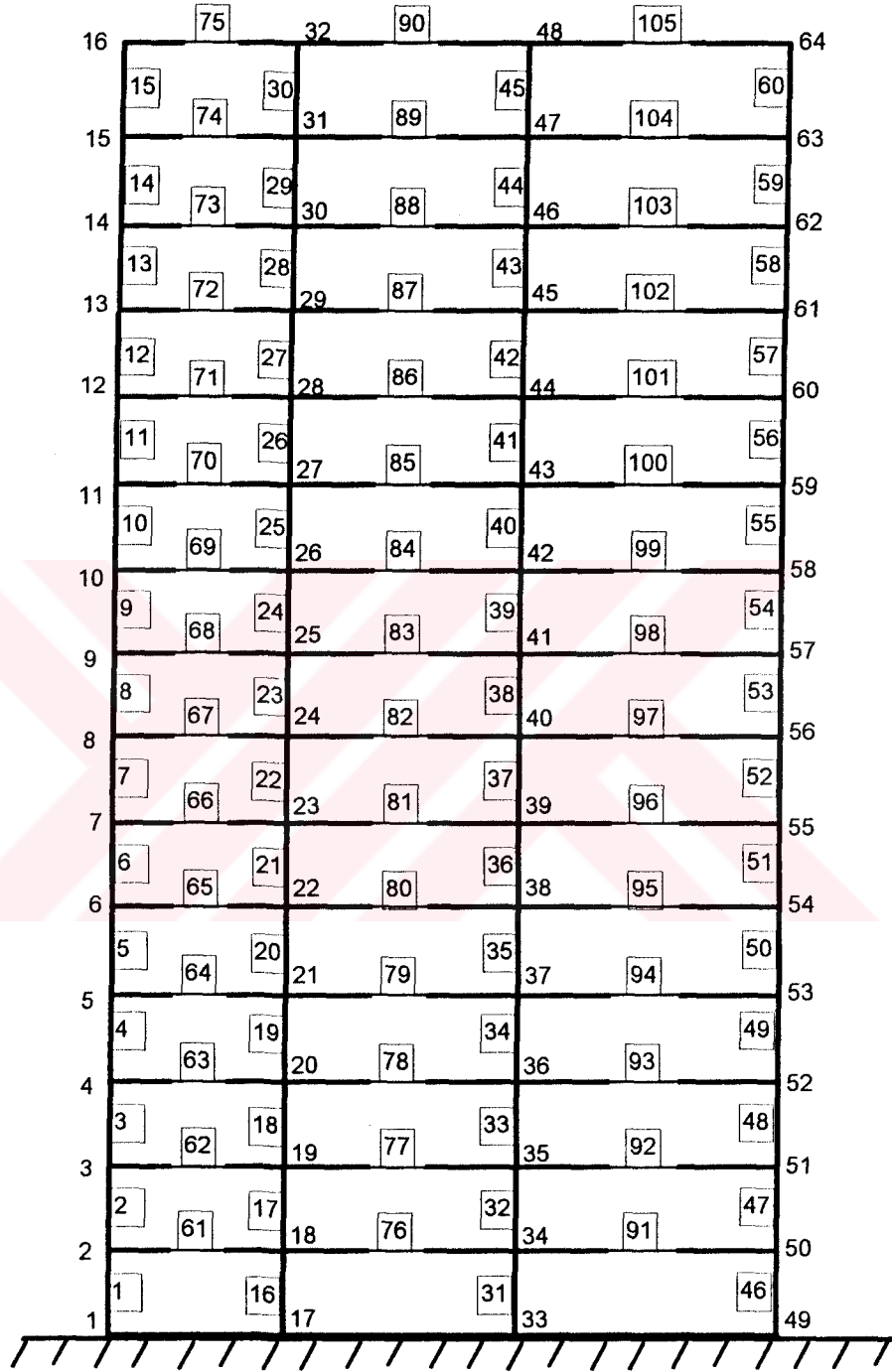
Örnek 3:

Kat yüksekliği 2.90m olan ve sistem yüksekliği 43.50m olan 15 kN/m düzgün yayılı yük ve 10 kN/m üçgen şeklinde yayılı yük etkisindeki 4 farklı genişlikteki duvarlardan teşkil edilmiş rijit temele oturan boşluklu perde sistemi seçilmiştir (Şekil 4.10a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.40m'dir. Tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır. Kalınlıkları 0.20m olan 4 perdeden meydana gelmiş çok sıralı deprem perdelerine ait özellikler şöyledir:



Şekil 4.10a,b Örnek 3'e ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin bağlantı kirişi yüksekliği 0.40m'ye göre çözümleri hem hazırlanan bilgisayar programı ile hem de SAP90 ile çözülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.3 'de mukayese edilmiştir.



Şekil 4.10c Örnek 3'ün eşdeğer çerçeve yöntemi ile modellenmesi

Çizelge 4.3 Örnek 3'ün çözümünü ile elde edilen sonuçlar

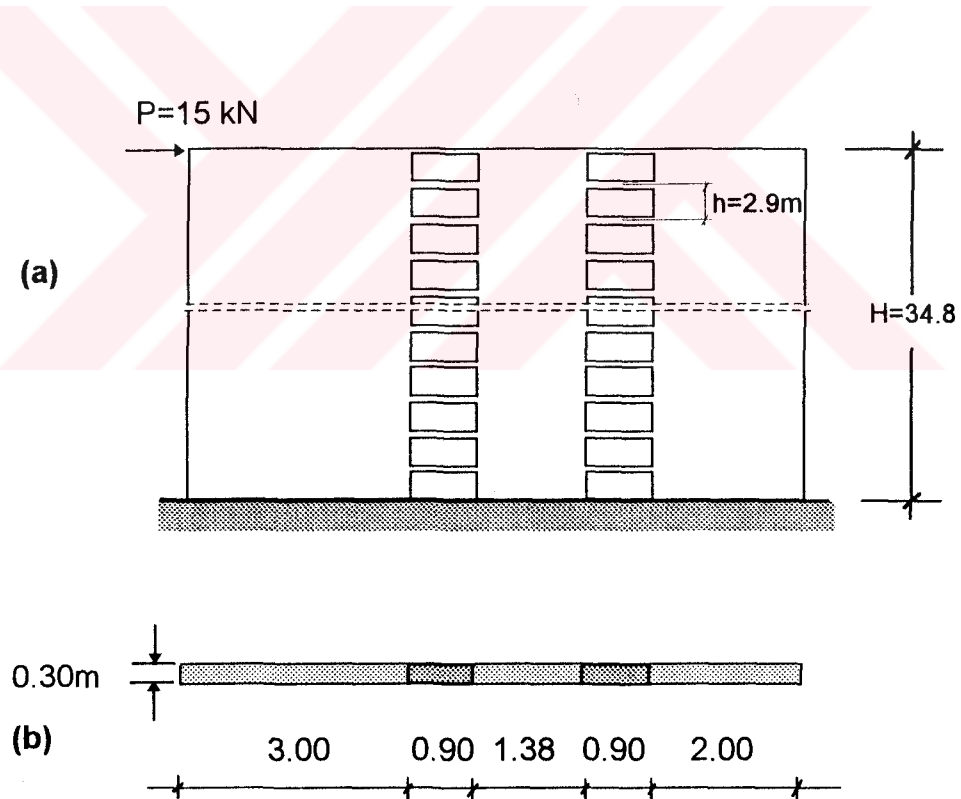
Bilinmeyenler	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE *	
		F ₂	F ₂ ve F ₃	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ ₁ (kN/m ²)	5231.30	5221.41	5472.28	0.19%	4.61%**
σ ₂ (kN/m ²)	2843.64	2939.8	2798.26	3.38%	1.60%
σ ₃ (kN/m ²)	-20.02	-135.42	-150.29	576%	650%
σ ₄ (kN/m ²)	-3688.81	-3657.05	-3625.07	0.86%	1.73%**
ξ = 1.0 için sistem toplam eğilme momenti Σ M _i (kNm)	2856.00	2801.20	2793.71	1.92%	2.18%
Tepe noktası yanal deplasmanı v(ξ) (m)	0.02986	0.0308385	0.0308308	3.28%	3.25%

* Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

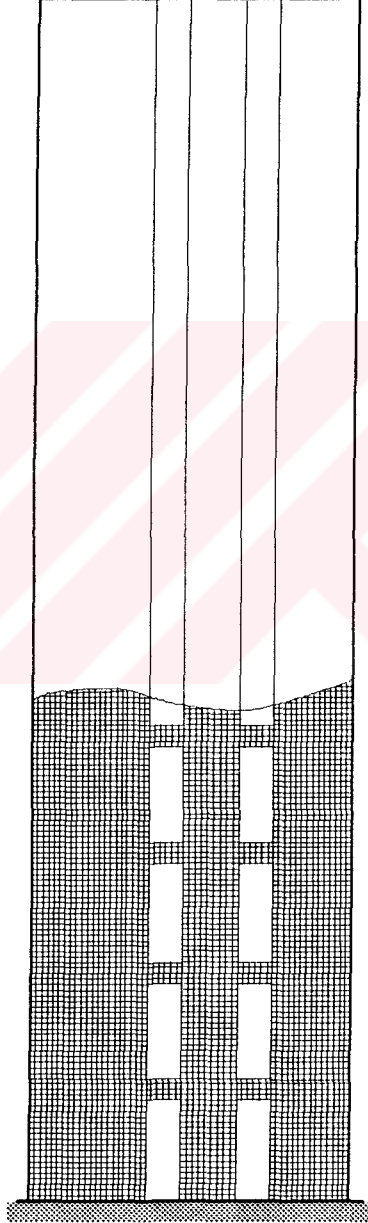
Örnek 4:

Önemli gerilmelerin ve perde tabanındaki toplam momentin diğer metodlarla uyumluluğunu göstermek amacıyla örnek olarak rijit temele oturan kat yüksekliği 2.9m ve sistem yüksekliği 34.80m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Değişik genişlikte 3 duvardan oluşan sisteme tepede 15 kN'luk tekil yük etki etmektedir (Şekil 4.11a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m'dir. Perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.30m'dir. Tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır.



Şekil 4.11a,b Örnek 4'e ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin bağlantı kirişi yüksekliği 0.80m'ye göre çözümleri hem hazırlanan bilgisayar programı ile hem de sonlu elemanlar paket programı PAFEC ile çözülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.4'de mukayese edilmiştir.



Şekil 4.11c Örnek 4'de sonlu elemanlar ağının oluşturulması

Çizelge 4.4 Örnek 4'ün çözümü ile elde edilen sonuçlar

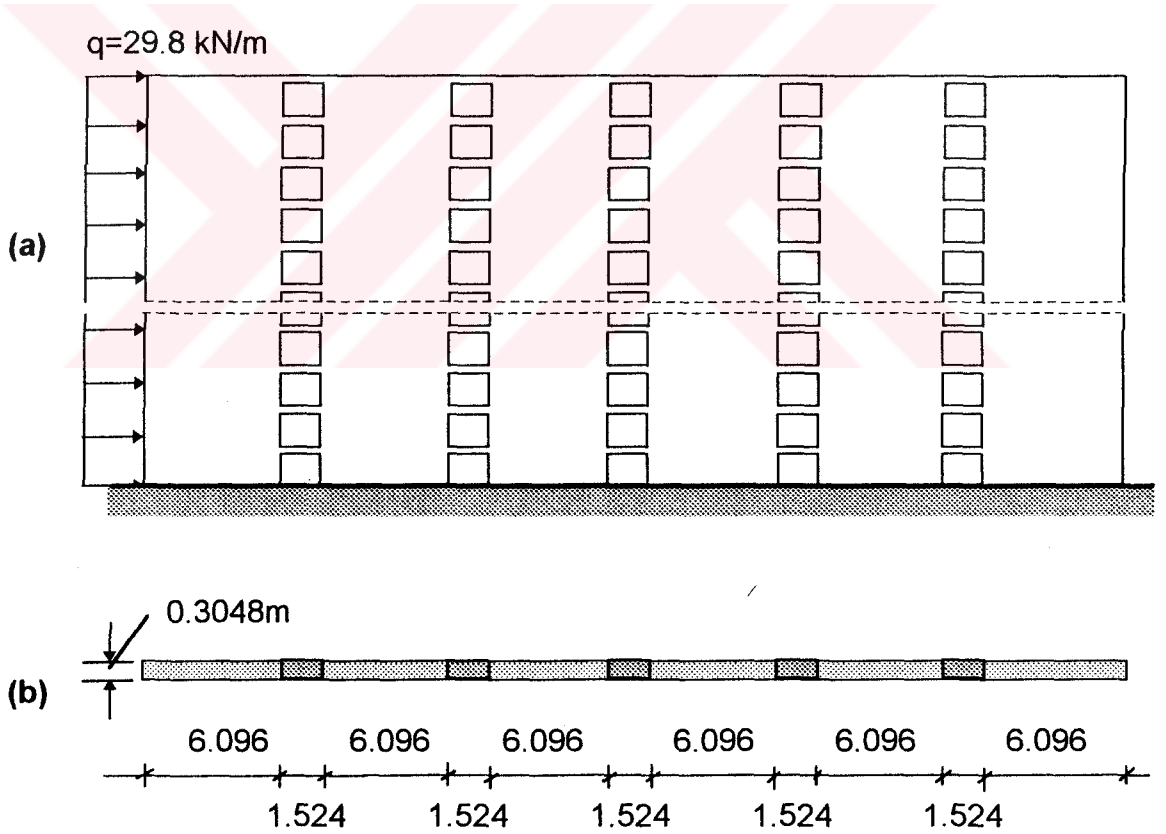
Bilinmeyenler	PAFEC	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE *		
			F ₂	F ₂ ve F ₃	SAP90	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ_1 (kN/m ²)	94.1605	94.49	95.9204	96.0140	0.35%	1.87%	1.97%**
σ_2 (kN/m ²)	-26.9375	-23.62	-25.1094	-25.5534	12.32%	6.79%	5.14%
σ_3 (kN/m ²)	-123.7800	-125.43	-126.5551	-126.3891	1.33%	2.24%	2.11%**
$\xi = 1.0$ için sistemin toplam eğilme momenti $\sum M_i$ (kNm)	63.1521	64.29	58.5787	58.5764	1.80%	7.24%	7.25%
Tepe noktası yanal deplasmanı $v(\xi)$ (m)	0.0008896	0.0008729	0.00087662	0.00087662	1.88%	1.46%	1.46%

* Mukayeseler Pafec'e göre yapılmıştır.

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

Örnek 5:

ELKHOLY (1988) tarafından çözümü verilen örnekte rijit temele oturan kat yüksekliği 3.048m ve sistem yüksekliği 60.96m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Simetrik 6 perdeden teşkil edilmiş sisteme 29.8kN/m düzgün yayılı yük etki etmektedir (Şekil 4.12a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.6096m'dir. Perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.3048m'dir. Tüm elemanlar için $E=24.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır.



Şekil 4.12a,b Örnek 5'e ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin bağlantı kirişi yüksekliği 0.6096m'ye göre çözümleri yapılıp Çizelge 4.5 'de sonuçlar mukayese edilmiştir.



Çizelge 4.5 Örnek 5'in çözümünü ile elde edilen sonuçlar

Bilinmeyenler	KAYNAK *	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE ***		
			F ₂	F ₂ ve F ₃	KAYNAK*	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ_1 (kN/m ²)	507.5308	519.0572	463.8235	516.0782	2.22%	10.64%	0.57%**
σ_2 (kN/m ²)	198.9425	215.4881	278.2941	207.8356	7.68%	29.15%	3.55%
σ_3 (kN/m ²)	56.2593	62.3876	92.7647	52.3100	9.82%	48.69%	16.15%
σ_4 (kN/m ²)	-56.2593	-62.3876	-92.7647	-52.3100	9.82%	48.69%	16.15%
σ_5 (kN/m ²)	-198.9425	-215.4881	-278.2941	-207.8356	7.68%	29.15%	3.55%
σ_6 (kN/m ²)	-507.5308	-519.0572	-463.8235	-516.0782	2.22%	10.64%	0.57%**
$\xi = 1.0$ için toplam eğilme momenti $\sum M_i$ (kNm)	8842.65	8588.00	9401.14	9267.46	2.97%	9.47%	7.91%
Tepe noktası yanal deplasmanı $v(\xi)$ (m)	0.00288	0.002243	0.00258457	0.00256643	28.40%	15.23%	14.42%

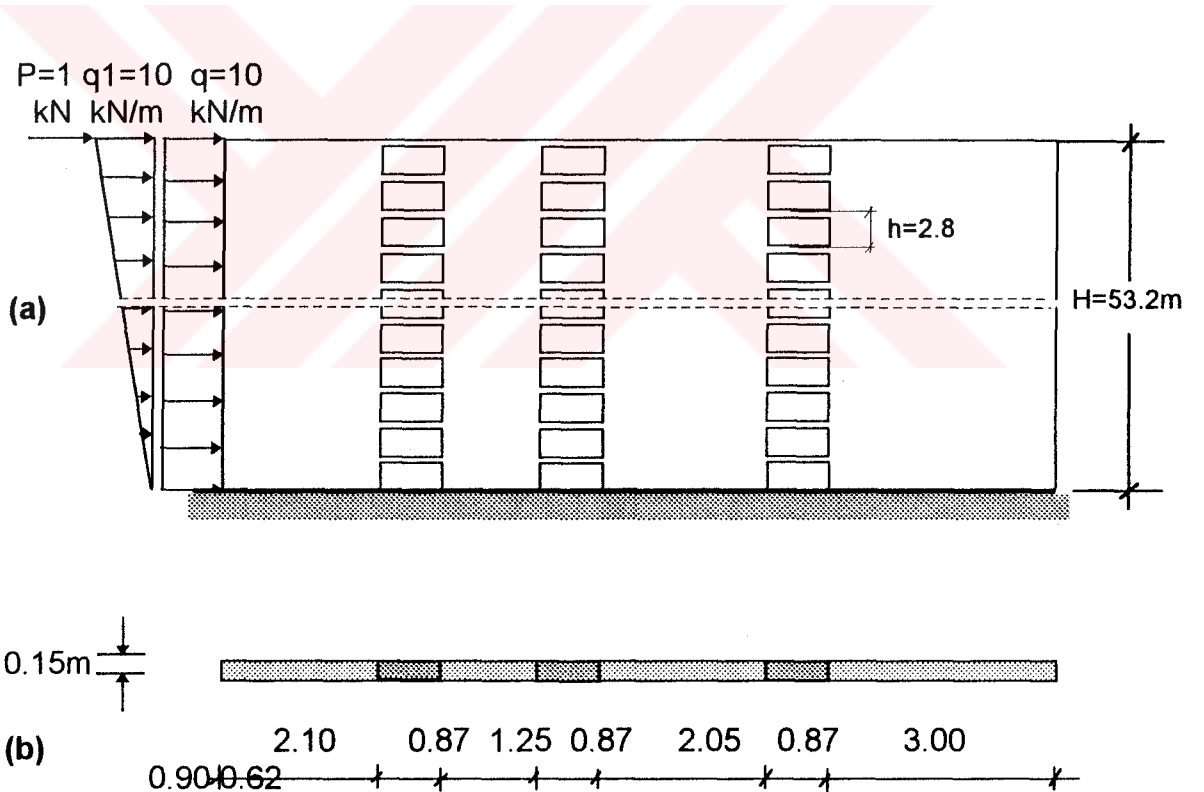
* Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls - ELKHOLY (1988)

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

**** Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

Örnek 6:

Önemli gerilmelerin ve perde tabanındaki toplam momentin diğer metodlarla uyumluluğunu göstermek amacıyla örnek olarak rijit temele oturan kat yüksekliği 2.8m ve sistem yüksekliği 53.20m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Değişik genişlikte 4 duvardan oluşan sisteme tepede 1 kN'luk tekil yük, 10 kN/m'lik üniform yük ve 10 kN/m'lik üçgen yayılı yük etki etmektedir (Şekil 4.13a,b). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.65m'dir. Perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.15m'dir. Tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² alınmıştır.



Şekil 4.13a,b Örnek 6'ya ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti

Yukarıda değerleri verilen örneğin bağlantı kirişi yüksekliği 0.65m'ye göre çözümleri yapılıp Çizelge 4.6'da sonuçlar mukayese edilmiştir.



Çizelge 4.6 Örnek 6'nın çözümünü ile elde edilen sonuçlar

Bilinmeyenler	SAP90	SUNULAN YÖNTEM		MUKAYESE *	
		F ₂	F ₂ ve F ₃	F ₂	F ₂ ve F ₃
σ ₁ (kN/m ²)	6756.60	7016.06	7040.17	3.84%	4.20%**
σ ₂ (kN/m ²)	2975.41	3164.70	3105.26	6.36%	4.36%
σ ₃ (kN/m ²)	-72.19	-648.83	-647.00	798%	796%
σ ₄ (kN/m ²)	-5920.02	-5786.50	-5779.86	2.26%	2.37%**
ξ = 1.0 için sistemin toplam eğilme momenti Σ M _i (kNm)	2398	2108.94	2108.71	12.05%	12.06%
Tepe noktası yanal deplasmanı v(ξ) (m)	0.063418	0.0632428	0.0632426	0.28%	0.28%

* Mukayeseler SAP90'nin doğru olduğu kabul edilerek yapılmıştır.

** Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler

5. SONUÇLAR

Birinci örnek olarak, KOO ve CHEUNG (1984) tarafından çözümü verilen dört farklı genişlikte perdeden meydana gelen çok sıra boşluklu perde seçilmiş ve bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.80m ve 0.31m için çözümler yapılmıştır. Karşılaştırma yapmak üzere bu örneğin sonlu şerit yöntemi ve SAP90 ile elde edilen sonuçları, çizelgeler (Çizelge 4.1a,b) üzerinde gösterilmiştir. SAP90'ın doğru olarak kabul edilmesiyle elde edilen hata oranları incelendiğinde önemli gerilmelerde ("**") ile işaretli bu tezdeki yöntemle sonlu şerit yönteminden daha iyi sonuçlar elde edildiği görülür. Hata oranının yüksek olduğu yerler sadece gerilme yoğunluğunun düşük olduğu perdelerde ortaya çıkmakta, diğer yerlerde hata oranı %5'i geçmemektedir. Birkaç örnek problem üzerinde çok sayıda farklı ϕ_3 fonksiyonu ile çözümler yapılmıştır. Bu örnek üzerinde, seçilen bu farklı ϕ_3 fonksiyonlarından birkaçı ile bu tezde kullanılan ϕ_3 fonksiyonundan ve SAP90 paket programından elde edilen perde eksenlerindeki gerilme değerlerinin tümü grafikler üzerinde gösterilmiştir. Değerler birbirine yakın olmasına karşın, elde edilen sonuçlardan SAP90 ile oldukça uyumlu değerler veren ϕ_3 fonksiyonunun, bu tezde kullanılan ϕ_3 fonksiyonu olduğu görülmüştür. Ayrıca bağlantı kirişi yüksekliği azaltıldığında sonuçların daha da iyileştiği tespit edilmiştir. İkinci örnekte perde ve kat sayıları artırılmış ve sonuçlar SAP90'ın doğru olduğu varsayımına göre Çizelge 4.2 üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu örnekte de sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir. Üçüncü örnekte bileşik yatay yük şekli seçilmiş ve sonuçların uyumluluğu çizelge Çizelge 4.3 üzerinde gösterilmiştir. Dördüncü örnek problem ise sonlu elemanlar yöntemi ile bu tezde kullanılan yöntemi karşılaştırmak amacı ile hazırlanmıştır. Bu problemde, çok sıra boşluklu perde dikdörtgen elemanlara bölünerek sonlu elemanlar ağı oluşturulmuştur. Aynı örnek problem SAP90 ile

de çözümlenerek sonuçlar Çizelge 4.4 üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, PAFEC paket programının sonuçlarının bu çalışmada kullanılan sürekli bağlantı yönteminin verdiği sonuçlardan önemli gerilmelerde en fazla %2.24 farklı olduğunu göstermiştir. Beşinci örnek problem olarak ELKHOLY (1988) tarafından sonlu farklar yöntemini kullanarak çözülmüş olan altı perdeli çok sıra boşluklu perde seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5 üzerinde gösterilmiş ve SAP90'ın doğru olduğu kabul edilerek yapılan karşılaştırma göstermiştir ki, bu tezde kullanılan yöntemin sonuçlarının ELKHOLY (1988)'in sonuçlarından daha iyi olduğu görülmektedir. Bu örnek için önemli gerilmelerdeki hata oranı en fazla %2.22'dir. Altıncı örnek problem olarak tekil, üniform ve üçgen şeklinde yayılı yatay yükler altında dört farklı genişlikte perdeden oluşmuş çok sıra boşluklu perde seçilmiştir. Bu örneğin bu tezdeki yöntem ile çözümü, Çizelge 4.6 üzerinde SAP90 ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda önemli gerilmelerde hata oranı en fazla %4.20 olmuştur.

Çözülen örnek problemler göstermiştir ki, bu tezde uygulanan yöntemin verdiği sonuçlar önemli gerilmelerin bulunduğu perdelerdeki büyüklüklerde daha doğru olmaktadır. Büyük farklar sadece gerilme değerlerinin düşük olduğu yerlerde ortaya çıkmaktadır. Bağlantı kirişi yüksekliği azaldığı zaman sonuçların daha da iyileştiği görülmüştür. Bu yüzden, bu tezde sunulan yöntemin sonuçlarının önemli büyüklüklerde SAP90 ile uyumlu olduğu söylenebilir. Genelleştirilmiş kuvvetlerden ikisini (F_1, F_2) olarak elde edilen sonuçlar ile üçünü (F_1, F_2, F_3) olarak elde edilen sonuçlar arasında büyük farklar bulunmamaktadır. Bu yüzden basitlik amacı ile iki terimli çözüm pratik çalışmalar için önerilebilir.

ÖZET

Bu çalışmada, çok sıra boşluklu perdelerin sürekli bağlantı yöntemi ile analizi yapılmış ve MATHEMATICA ve FORTRAN programlama dillerinde pratikte kullanılabilecek birer bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Ekonomik ve mimari ihtiyaçlardan dolayı boşluklu perdelerde sıra sayısı güngeçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyaçları dikkate alarak, bu tezde, değişik geometrilere sahip çok sıra boşluklu perdelerin statik analizini yapabilen bilgisayar programları hazırlanmıştır.

İlk olarak yatay yükler altındaki çok sıra boşluklu perdeler tanıtılmış ve taşıyıcı sistemler hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Çok sıra boşluklu perde analiz yöntemleri anlatıldıktan sonra bunlardan sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve eksenel kuvvetler temel bilinmeyen alınarak çok sıra boşluklu perde analizi yapılmıştır. Bu analizde, değişik perdelerdeki eksenel kuvvetlerin değişimi koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilmiştir. Son olarak, yalnız iki ve yalnız üç koordinat fonksiyonu alınarak hazırlanan bilgisayar programı ile çeşitli örnekler çözülmüş ve bulunan sonuçlar SAP90 paket programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Tablolarda, gerilme, toplam taban momenti ve deplasmanlar karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

In this study, the analysis of multi-bay pierced shear walls has been carried out by the continuous connection technique and the pertinent computer programs have been prepared with MATHEMATICA and FORTRAN programming languages for practical use.

Due to economic and architectural needs the number of rows of openings in pierced shear walls has increased day by day. Considering these needs, in this study, a computer program has been prepared for the static analysis of pierced shear walls with different geometries.

First, the use of multi-bay pierced shear walls in high rise buildings has been introduced and some information about structural behaviour of pierced shear walls has been given. After the presentation of the analysis methods of multi-bay pierced shear walls, one of these, namely the continuous connection technique, has been used to analyze multi-bay pierced shear walls taking the axial forces as the fundamental unknowns. In this analysis, changes of axial forces in different shear walls are defined by coordinate functions. Finally, various examples are solved, using the implemented computer program, employing only two and three coordinate functions. The results found are compared with those of the SAP90 coding. The stresses, total bottom moments and displacements have been compared in pertinent tables.



EK 1 MATHEMATICA DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAM

```
<<data
```

```
!cls
```

```
j=0
```

```
(Label [dongu1];
```

```
j=j+1;
```

```
AP[j]=bp*h[j];
```

```
JP[j]=(bp*h[j]^3)/12;
```

```
If[j==psay,Continue,Goto[dongu1]])
```

```
TopAP=Sum[AP[i],{i,1,psay}]
```

```
TopJP=Sum[JP[i],{i,1,psay}]
```

```
jo=0
```

```
h[0]=0
```

```
b[0]=0
```

```
on[0]=0
```

```
(Label [dongu2];
```

```
jo=jo+1;
```

```
on[jo]=on[jo-1]+h[jo-1]+b[jo-1];
```

```
ybas[jo]=on[jo]+h[jo]/2;
```

```
alybas[jo]=AP[jo] ybas[jo];
```

```
If[jo==psay,Continue,Goto[dongu2]])
```

```
ym=Sum[alybas[i],{i,1,psay}]/TopAP
```

```
jod=0
```

```
(Label [dongu3];
```

```
jod=jod+1;
```

```
y[jod]=ym-ybas[jod];
```

```
If[jod==psay,Continue,Goto[dongu3]])
```

```
jodi=0
```

```
(Label [dongu4];
```

```
jodi=jodi+1;
```



```
fay[3,jodi]=((Sum[y[i]^3 AP[i],{i,1,psay}] Sum[y[i]^2 AP[i],
{i,1,psay}])/(Sum[y[i]^4 AP[i],{i,1,psay}] Sum[AP[i],{i,1,psay}]))
+y[jodi]-((Sum[y[i]^2 AP[i],{i,1,psay}])/(Sum[y[i]^4 AP[i],
{i,1,psay}])))*y[jodi]^3;
If[jodi==psay,Continue,Goto[dongu4]]
```

```
Do[fay[2,ii]=y[ii],{ii,1,psay}]
jodika=1
s[2,1]=0
s[3,1]=0
(Label [dongu6];
jodika=jodika+1;
```

```
s[2,jodika]=-fay[2,jodika-1] AP[jodika-1]+s[2,jodika-1];
s[3,jodika]=-fay[3,jodika-1] AP[jodika-1]+s[3,jodika-1];
If[jodika==psay,Continue,Goto[dongu6]]
```

```
I2=Sum[AP[jodikal] fay[2,jodikal]^2,{jodikal,1,psay}]
I3=Sum[AP[jodikal] fay[3,jodikal]^2,{jodikal,1,psay}]
```

```
S2ikare=Sum[s[2,i]^2,{i,1,psay}]
S3ikare=Sum[s[3,i]^2,{i,1,psay}]
S2iS3i=Sum[s[2,i] s[3,i],{i,1,psay}]
```

```
b20=1+TopJP/I2
b30=TopJP/I3
```

```
ai=b[1]/2
Ali=bb*d
Ili=(bb*d^3)/12
v=1/6
```

```
b22=(TopJP/H^2)*
(S2ikare/(I2^2(1/(2 hy□k((ai^3/(3 Ili))+(\mu ai 2 (1+v)/Ali))))))
b23=b32=(TopJP/H^2)*
(S2iS3i/(I2 I3(1/(2 hy□k((ai^3/(3 Ili))+(\mu ai 2 (1+v)/Ali))))))
b33=(TopJP/H^2)*
(S3ikare/(I3^2(1/(2 hy□k((ai^3/(3 Ili))+(\mu ai 2 (1+v)/Ali))))))
```

```
k=0
(Label[ksiart];
k=k+1;
```

```
ksi=degis[k];
```

```
P1=Q H;
P2=Q1 H/2;
F3d1=0;
F2d1=0;
F3d0=0;
F2d0=0;
F3d=0;
F2d=0;
Md=0;
Mo=0;
i=0;
AA=AA H;
BB=BB H^2;
DD=DD H^3;
EE=EE H^4;
YY=YY H^5;
HH=HH H^6;
GG=GG H^7;
II=II H^8;
```

```
(Label[dongu];
Clear[AAA, BBB, DDD, EEE, YYY, GGG, HHH, III, sil];
FFF=EEE ks^7 + YYY ks^6 + GGG ks^5 + HHH ks^4 + III ks^3+
DDD ks^2 + BBB ks + sil + AAA;
AAA=0; BBB=0; DDD=0; EEE=0; YYY=0; GGG=0; HHH=0; III=0;
If[i==0, {If[P==0, {If[AA==0, FFF=0, {j=0; AAA=AA}}],
{j=0; AAA=P H}}], Continue];
If[i==1, {If[P1==0, {If[BB==0, FFF=0, {j=1; BBB=BB}}],
{j=1; BBB=P1 H}}], Continue];
If[i==2, {If[P2==0, {If[DD==0, FFF=0, {j=2; BBB=BB; DDD=DD}}],
{j=2; BBB=2 P2 H; DDD=-P2 H}}], Continue];
If[i==3, {If[EE==0, FFF=0, {j=3; EEE=EE}}], Continue];
If[i==4, {If[YY==0, FFF=0, {j=4; YYY=YY}}], Continue];
If[i==5, {If[GG==0, FFF=0, {j=5; GGG=GG}}], Continue];
If[i==6, {If[HH==0, FFF=0, {j=6; HHH=HH}}], Continue];
If[i==7, {If[II==0, FFF=0, {j=7; III=II}}], Continue];
```

```
Mo=Integrate[FFF, ks]/.sil->0;
Md=Md+Mo;
F2do=(1/b20)*Sum[(1/(b20/b22)^j) D[Mo, {ks, 2 j}], {j, 0, i}];
```

```

F2d=F2do+F2d;
F2d0o=F2do/.ks->0;
F2d1to=D[F2do,ks]/.ks->1;
F2d0=F2d0+F2d0o;
F2d1=F2d1+F2d1to;

```

```

F3do=(b32/(b30 b20)) Sum[j D[Mo,{ks,2 j}],{j,0,i}];
F3d=F3do+F3d;
F3d0o=F3do/.ks->0;
F3d1to=D[F3do,ks]/.ks->1;
F3d0=F3d0+F3d0o;
F3d1=F3d1+F3d1to;

```

```

i=i+1;
If[i==enusder+1,Continue,Goto[dongu]];

```

```

Mp=Md/.ks->ksi;
F2p=F2d/.ks->ksi;
F2p0=F2d0/.ks->ksi;
F2p1=F2d1/.ks->ksi;
F3p=F3d/.ks->ksi;
F3p0=F3d0/.ks->ksi;
F3p1=F3d1/.ks->ksi;
(***** F2 YE GÖRE ÇÖZÜM*****

```

```

lamda=(b20/b22)^0.5;
C1o=(-lamda*F2d0+Exp[-lamda]*F2d1)/(lamda*(1+Exp[-2*lamda]));
C2o=(-F2d1-lamda*Exp[-lamda]*F2d0) Exp[-lamda]/(lamda*
(1+Exp[-2*lamda]));
C1=(-lamda*F2p0+Exp[-lamda]*F2p1)/(lamda*(1+Exp[-2*lamda]));
C2=(-F2p1-lamda*Exp[-lamda]*F2p0) Exp[-lamda]/(lamda*
(1+Exp[-2*lamda]));
FF2=C1o*Exp[-lamda*ks]+C2o*Exp[lamda*ks]+F2d;
F2=C1*Exp[-lamda*ksi]+C2*Exp[lamda*ksi]+F2p;

```

```

son=Integrate[(Md-FF2)/.ks->x/H,x];
S1=-son/.x->H;
son1=son+S1;
son2=Integrate[son1,x];
S2=-son2/.x->H;
son3=(son2+S2)/.x->ksi H;

```

```

t=0;

```

```
(Label[depicin];
t=t+1;
```

```
enson3[t]=son3 AP[t] fay[2,t] y[t]/l2;
If[t==psay,Continue,Goto[depicin]];
```

```
Topen1=Sum[enson3[i],{i,1,psay}];
dep=(1/(elas*TopJP))*Topen1;
```

```
F2esas=0;
ses=0;
(Label[dongu7];
ses=s+1;
```

```
ekkuv[ses]=F2*AP[ses]*fay[2,ses]/l2;
Sigma[ses]=ekkuv[ses]/AP[ses];
F2esas=F2esas+ekkuv[ses]*y[ses];
If[ses==psay,Continue,Goto[dongu7]]);
TopMi=Mp-F2esas;
```

```
s=0;
(Label[dong1];
s=s+1;
```

```
Mom[s]=JP[s]*TopMi/TopJP;
If[s==psay,Continue,Goto[dong1]]);
```

```
C1=.;
C2=.;
F2=.;
TopMi=.;
Do[ekkuv[i]=0.,{i,1,psay}];
Do[Sigma[i]=0.,{i,1,psay}];
Do[Mom[i]=0.,{i,1,psay}];
TTopara=.;
F2esas=.;
```

(*****F2 VE F3 E GÖRE ÇÖZÜM*****)

```
lamda1=(((b20*b33+b30*b22)-Sqrt[(b20*b33+b30*b22)^2 -
4 b20*b30(b22*b33-b23^2)])/(2 (b22 b33 -b32^2)))^0.5;
lamda2=(((b20*b33+b30*b22)+Sqrt[(b20*b33+b30*b22)^2 -
4 b20*b30(b22*b33-b23^2)])/(2 (b22 b33 -b32^2)))^0.5;
```

$$A1=b23/((b20/lamda1^2)-b22);$$

$$A2=b23/((b20/lamda2^2)-b22);$$

$$m=\{A1, A2, A1*Exp[-lamda1], A2*Exp[-lamda2]\}$$

$$, \{1, 1, Exp[-lamda1], Exp[-lamda2]\},$$

$$\{-A1*lamda1*Exp[-lamda1], -A2*lamda2*Exp[-lamda2], A1*lamda1, A2*lamda2\},$$

$$\{-lamda1*Exp[-lamda1], -lamda2*Exp[-lamda2], lamda1, lamda2\};$$

$$Fmat=\{-F2p0\}, \{-F3p0\}, \{-F2p1\}, \{-F3p1\};$$

$$Inverse[m];$$

$$KC=Inverse[m].Fmat;$$

$$C1=KC[[1, 1]];$$

$$C2=KC[[2, 1]];$$

$$C3=KC[[3, 1]];$$

$$C4=KC[[4, 1]];$$

$$ita=1-ksi;$$

$$F2ho=C1 A1 Exp[-lamda1 ks]+C2 A2 Exp[-lamda2 ks] +$$

$$C3 A1 Exp[-lamda1 (1-ks)]+C4 A2 Exp[-lamda2 (1-ks)];$$

$$F3ho=C1 Exp[-lamda1 ks]+C2 Exp[-lamda2 ks] +$$

$$C3 Exp[-lamda1 (1-ks)]+C4 Exp[-lamda2 (1-ks)];$$

$$F2h=F2ho/.ks->ksi;$$

$$F3h=F3ho/.ks->ksi;$$

$$F2o=F2d+F2ho;$$

$$F3o=F3d+F3ho;$$

$$F2=F2p+F2h;$$

$$F3=F3p+F3h;$$

$$ason=Integrate[(Md-F2o)/.ks->x/H,x];$$

$$aS1=-ason/.x->H;$$

$$ason1=ason+aS1;$$

$$ason2=Integrate[ason1,x];$$

$$aS2=-ason2/.x->H;$$

$$ason3=(ason2+aS2)/.x->ksi H;$$

$$bson=Integrate[(Md-F3o)/.ks->x/H,x];$$

$$bS1=-bson/.x->H;$$

$$bson1=bson+bS1;$$

$$bson2=Integrate[bson1,x];$$

$$bS2=-bson2/.x->H;$$

$$bson3=(bson2+bS2)/.x->ksi H;$$

$$t=0;$$

```

(Label[deplas];
t=t+1;
abson3[t]=(ason3 AP[t] fay[2,t] y[t]/I2+
bson3 AP[t] fay[3,t] y[t]/I3);
If[t==psay, Continue, Goto[deplas]];

Topenab=Sum[abson3[i],{i, 1, psay}];
dep=(1/(elas*TopJP))*Topenab;

F2esas=0;
sesi=0;
(Label[dongu8];
sesi=sesi+1;
ekkuv[sesi]=(F2*AP[sesi]*fay[2, sesi]/I2)+(F3*AP[sesi]*fay[3, sesi]/I3);
Sigma[sesi]=ekkuv[sesi]/AP[sesi];
F2esas=F2esas+ekkuv[sesi]*y[sesi];
If[sesi==psay, Continue, Goto[dongu8]]);

TopMi=Mp-F2esas;

s=0;
(Label[dong2];
s=s+1;

Mom[s]=JP[s]*TopMi/TopJP;
If[s==psay, Continue, Goto[dong2]]);

If[k==noksay, Continue, Goto[ksiart]]
END

```

EK 2 FORTRAN DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAM

```

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
CHARACTER*12 VERIDOS,CIKTIDOS
CHARACTER*25 F1,F2
DIMENSION FAY(3,100),H(100)
DIMENSION PA(100),PJ(100)
DIMENSION ALYBAS(100),Y(100),S(3,100)
DIMENSION B(100),ON(100),YBAS(100)
DIMENSION EKKUV(100),DSIGMA(100),DMOM(100)
DIMENSION EM(4,4),FMAT(4,1),C(4,1)
DIMENSION X1(100,100),YO(100,100),YARA(100)
DIMENSION DMOT(50),F3DT(50),F2DT(50),F3D1T(50),F2D1T(50)
DIMENSION F3D0T(50),F2D0T(50),ZSI(20)

```

C

```

WRITE(*,*)'NAME of INPUT FILE = ?'
READ(*,'(A)') VERIDOS

```

20 F1='G:\MURAT\FORTV\VERIDOS

```

OPEN(5,FILE=F1,STATUS='OLD',ERR=80)

```

```

WRITE(*,*)' NAME of OUTPUT FILE = ?'

```

```

READ(*,'(A)') CIKTIDOS

```

```

F2='G:\MURAT\FORTV\CIKTIDOS

```

```

OPEN(6,FILE=F2)

```

```

WRITE(6,*) '***BU DOSYA '//F1//'DATA DOSYASININ '

```

```

WRITE(6,*) F2//' ADLI CIKTISIDIR***'

```

C

```

READ(5,*)HYUK,HH

```

```

READ(5,*)BP,BAB

```

```

READ(5,*)D,IPSAY
READ(5,*) (B(I),I=1,(IPSAY-1))
READ(5,*) (H(I),I=1,IPSAY)
READ(5,*)DMU
READ(5,*)DEGIS
READ(5,*)(ZSI(I),I=1,DEGIS)
READ(5,*)P,Q,Q1
READ(5,*)IENUSDER
READ(5,*)AA,BB,CC,DD,EE,FF,GG,OO
READ(5,*)ELAS
GO TO 90

```

C

```

80 WRITE(*,*)'DATA DOSYASININ ADINI YANLIS GIRDINIZ !'
   WRITE(*,*)'DOSYASININ ADINI HATIRLAMİYORSANIZ Q HARFINE
% BASIN'
   WRITE(*,*)'HATIRLIYORSANIZ DOGRU OLARAK TEKRAR GIRINIZ = ?'
   READ(*,'(A)') VERIDOS
   IF(VERIDOS.EQ.'Q') THEN
     GOTO 999
   ELSE
     GOTO 20
   ENDIF
90 TOPPA=0
   TOPPJ=0
   DO 110 I=1,IPSAY
   PA(I)=H(I)*BP
   PJ(I)=(BP*H(I)**3)/12
   TOPPA=TOPPA+PA(I)

```



```
      TOPPJ=TOPPJ+PJ(I)
110 CONTINUE
C
      DO 120 J=1,IPSAY
        IF (J.EQ.1) THEN
          ON(J)=0
          TOPALYBA=0
        ELSE
          ON(J)=ON(J-1)+H(J-1)+B(J-1)
        ENDIF
      YBAS(J)=ON(J)+H(J)/2
      ALYBAS(J)=PA(J)*YBAS(J)
      TOPALYBA=TOPALYBA+ALYBAS(J)
120 CONTINUE
C
      YM=TOPALYBA/TOPPA
      DO 130 J=1,IPSAY
        Y(J)=YM-YBAS(J)
130 CONTINUE
C
      TOPYPA3=0.
      TOPYPA4=0.
      TOPYPA2=0.
      DO 140 I=1,IPSAY
        TOPYPA3=TOPYPA3+(Y(I)**3)*PA(I)
        TOPYPA4=TOPYPA4+(Y(I)**4)*PA(I)
        TOPYPA2=TOPYPA2+(Y(I)**2)*PA(I)
140 CONTINUE
```

C

DO 150 J=1,IPSAY

FAY(2,J)=Y(J)

150 CONTINUE

DO 160 J=1,IPSAY

FAY(3,J)=((TOPYPA3*TOPYPA2)/(TOPYPA4*TOPPA))+Y(J)-

% (TOPYPA2/TOPYPA4)*Y(J)**3

160 CONTINUE

C

DO 180 J=1,IPSAY

IF(J.EQ.1)THEN

S(2,J)=0

S(3,J)=0

ELSE

S(2,J)=-FAY(2,J-1)*PA(J-1)+S(2,J-1)

S(3,J)=-FAY(3,J-1)*PA(J-1)+S(3,J-1)

ENDIF

180 CONTINUE

C

DI2=0.

DI3=0.

DO 190 J=1,IPSAY

DI2=DI2+PA(J)*FAY(2,J)**2

DI3=DI3+PA(J)*FAY(3,J)**2

190 CONTINUE

C

DO 200 J=1,IPSAY

IF(J.EQ.1)THEN

```

DS2IKARE=0.
DS3IKARE=0.
DS2IDS3I=0.
ELSE
  DS2IKARE=DS2IKARE+S(2,J)**2
  DS3IKARE=DS3IKARE+S(3,J)**2
  DS2IDS3I=DS2IDS3I+S(2,J)*S(3,J)
ENDIF
200 CONTINUE
B20=1+TOPPJ/DI2
B30=TOPPJ/DI3
AI=B(1)/2
V=0.16667
ALI=BAB*D
DILI=(BAB*D**3)/12
B22=(TOPPJ/HH**2)*(DS2IKARE/(DI2**2*
%(1/(2*HYUK*((AI**3/(3*DILI))+(DMU*AI**2*(1+V)/ALI))))))
B23=(TOPPJ/HH**2)*(DS2IDS3I/(DI2*DI3*
%(1/(2*HYUK*((AI**3/(3*DILI))+(DMU*AI**2*(1+V)/ALI))))))
B32=B23
B33=(TOPPJ/HH**2)*(DS3IKARE/(DI3**2*
%(1/(2*HYUK*((AI**3/(3*DILI))+(DMU*AI**2*(1+V)/ALI))))))
DO 722 K=1,DEGIS
ZKSI=ZSI(K)
C
P1=Q*HH
P2=Q1*HH/2
F2P0=0.

```

F3P0=0.

F2P1=0.

F3P1=0.

F2P=0.

F3P=0.

DMP=0.

AA=AA*HH

BB=BB*HH**2

CC=CC*HH**3

DD=DD*HH**4

EE=EE*HH**5

FF=FF*HH**6

GG=GG*HH**7

OO=OO*HH**8

C

DO 723 I=0,IENUSDER

IF(I.EQ.0)THEN

IF(P.GT.0) THEN

DMOT(I+1)=P*HH*ZKSI

F2DT(I+1)=P*HH*ZKSI/B20

F3DT(I+1)=0.

F2DOT(I+1)=0.

F3DOT(I+1)=0.

F2D1T(I+1)=P*HH/B20

F3D1T(I+1)=0.

ELSE

DMOT(I+1)=AA*ZKSI

F2DT(I+1)=AA*ZKSI/B20

```

F3DT(I+1)=0.
F2D0T(I+1)=0.
F3D0T(I+1)=0.
F2D1T(I+1)=AA/B20
F3D1T(I+1)=0.
ENDIF
ENDIF
IF(I.EQ.1)THEN
IF(P1.GT.0) THEN
DMOT(I+1)=(P1*HH/2)*ZKSI**2
F2DT(I+1)=(P1*HH*B22)/B20**2+(P1*HH/(2*B20))*ZKSI**2
F3DT(I+1)=P1*HH*B32/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=P1*HH*B22/B20**2
F3D0T(I+1)=P1*HH*B32/(B30*B20)
F2D1T(I+1)=P1*HH/B20
F3D1T(I+1)=0.
ELSE
DMOT(I+1)=(BB*ZKSI**2)/2
F2DT(I+1)=((BB*ZKSI**2)/2+BB*B22/B20)/B20
F3DT(I+1)=BB*B32/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=BB*B22/B20**2
F3D0T(I+1)=BB*B32/(B30*B20)
F2D1T(I+1)=BB/B20
F3D1T(I+1)=0.
ENDIF
ENDIF
IF(I.EQ.2)THEN
IF(P2.GT.0) THEN

```

```

DMOT(I+1)=(P2*HH*ZKSI**2)-(P2*HH/3)*ZKSI**3
F2DT(I+1)=2*P2*HH*(1-ZKSI)*B22/(B20**2)+(P2*HH/B20)*ZKSI**2
%-(P2*HH/(3*B20))*ZKSI**3
F3DT(I+1)=2*P2*HH*B32*(1-ZKSI)/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=2*P2*HH*B22/B20**2
F3D0T(I+1)=2*P2*HH*B32/(B30*B20)
F2D1T(I+1)=-(2*P2*HH*B22/B20**2)+P2*HH/B20
F3D1T(I+1)=-2*P2*HH*B32/(B30*B20)
ELSE
DMOT(I+1)=(CC*ZKSI**3)/3
F2DT(I+1)=(CC*ZKSI**3)/(3*B20)+2*CC*ZKSI*B22/B20**2
F3DT(I+1)=2*CC*ZKSI*B32/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=0.
F3D0T(I+1)=0.
F2D1T(I+1)=CC/B20+2*CC*B22/B20**2
F3D1T(I+1)=2*CC*B32/(B30*B20)
ENDIF
ENDIF
IF(I.EQ.3)THEN
DMOT(I+1)=(DD*ZKSI**4)/4
F2DT(I+1)=(DD*ZKSI**4)/(4*B20)+(3*DD*ZKSI**2)*B22/B20**2
%+6*DD*B22/B20**2
F3DT(I+1)=(3*DD*ZKSI**2)*B32/(B30*B20)+2*6*DD*B32/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=6*DD*B22/B20**2
F3D0T(I+1)=2*6*DD*B32/(B30*B20)
F2D1T(I+1)=DD/B20+6*DD*B22/B20**2
F3D1T(I+1)=2*6*DD*B32/(B30*B20)
ENDIF

```

```

IF(I.EQ.4)THEN
  DMOT(I+1)=(EE*ZKSI**5)/5
  F2DT(I+1)=(EE*ZKSI**5)/(5*B20)+(4*EE*ZKSI**3)*B22/B20**2
  %+(24*EE*ZKSI)*B22/B20**2
  F3DT(I+1)=(4*EE*ZKSI**3)*B32/(B30*B20)+2*(24*EE*ZKSI)*
  %B32/(B30*B20)
  F2D0T(I+1)=0.
  F3D0T(I+1)=0.
  F2D1T(I+1)=EE/B20+12*EE*B22/B20**2+24*EE*B22/B20**2
  F3D1T(I+1)=12*EE*B32/(B30*B20)+2*24*EE*B32/(B30*B20)
ENDIF
IF(I.EQ.5)THEN
  DMOT(I+1)=(FF*ZKSI**6)/6
  F2DT(I+1)=(FF*ZKSI**6)/(6*B20)+(5*FF*ZKSI**4)*B22/B20**2
  %+(60*FF*ZKSI**2)*B22/B20**2+(120*FF)*B22/B20**2
  F3DT(I+1)=(5*FF*ZKSI**4)*B32/(B30*B20)+2*(60*FF*ZKSI**2)*B32/
  %(B30*B20)+3*(120*FF)*B32/(B20*B30)
  F2D0T(I+1)=120*FF*B22/B20**2
  F3D0T(I+1)=3*(120*FF)*B32/(B30*B20)
  F2D1T(I+1)=FF/B20+20*FF*B22/B20**2+120*FF*B22/B20**2
  F3D1T(I+1)=20*FF*B32/(B30*B20)+2*(120*FF)*B32/(B30*B20)
ENDIF
IF(I.EQ.6)THEN
  DMOT(I+1)=(GG*ZKSI**7)/7
  F2DT(I+1)=(GG*ZKSI**7)/(7*B20)+(6*GG*ZKSI**5)*B22/B20**2
  %+(120*GG*ZKSI**3)*B22/B20**2+(720*GG*ZKSI)*B22/B20**2
  F3DT(I+1)=(6*GG*ZKSI**5)*B32/(B30*B20)+2*(120*GG*ZKSI**3)*B32/
  %(B30*B20)+3*(720*GG*ZKSI)*B32/(B30*B20)

```

```

F2D0T(I+1)=0.
F3D0T(I+1)=0.
F2D1T(I+1)=GG/B20+30*GG*B22/B20**2+360*GG*B22/B20**2+720*GG*
% B22/B20**2
F3D1T(I+1)=30*GG*B32/(B30*B20)+2*(360*GG)*B32/(B30*B20)+
% 3*(720*GG)*B32/(B30*B20)
ENDIF
IF(I.EQ.7)THEN
DMOT(I+1)=(OO*ZKSI**8)/8
F2DT(I+1)=(OO*ZKSI**8)/(8*B20)+(7*OO*ZKSI**6)*B22/B20**2
% +(210*OO*ZKSI**4)*B22/B20**2+(2520*OO*ZKSI**2)*B22/B20**2+
% (5040*OO)*B22/B20**2
F3DT(I+1)=(7*OO*ZKSI**6)*B32/(B30*B20)+2*(210*OO*ZKSI**4)*
% B32/(B30*B20)+3*(2520*OO*ZKSI**2)*B32/(B30*B20)+4*(5040*OO)*
% B32/(B30*B20)
F2D0T(I+1)=5040*OO*B22/B20**2
F3D0T(I+1)=4*(5040*OO)*B32/(B30*B20)
F2D1T(I+1)=OO/B20+42*OO*B22/B20**2+840*OO*B22/B20**2+
% 5040*OO*B22/B20**2
F3D1T(I+1)=42*OO*B32/(B30*B20)+2*(840*OO)*B32/(B30*B20)+
% 3*(5040*OO)*B32/(B30*B20)
ENDIF
F2P0=F2P0+F2D0T(I+1)
F3P0=F3P0+F3D0T(I+1)
F2P1=F2P1+F2D1T(I+1)
F3P1=F3P1+F3D1T(I+1)
F2P=F2P+F2DT(I+1)
F3P=F3P+F3DT(I+1)

```


DMP=DMP+DMOT(I+1)

723 CONTINUE

C*****F2 YE GORE COZUM*****

CALL F2COZUM(Y,IPSAY,DLAMDA,B20,B22,C1,C2,ZKSI,PA,PJ,DMP
%,TOPPJ,EKKUV,DSIGMA,DMOM,TOPMI,F2P0,F3P0,F2P1,F3P1,F2P
%,DI2,HH,P,FAY,ARA,YARA,DEP,ELAS,IYUKSIS,ITEKYUK,IUNIFYUK
%,IUCYUK,F2ESAS,P1,P2)

C*****F2 VE F3 E GORE COZUM*****

CALL F2F3CZUM(IPSAY,B20,B22,B30,B33,B32,B23,DLAMDA1,
%DLAMDA2,A1,A2,EM,FMAT,C,ZKSI,PA,PJ,DMP,DMOM,TOPPJ,EKKUV
%,DSIGMA,TOPMI,Y,F2P0,F3P0,F2P1,F3P1,F2P,F3P,F2H,F3H,X1,YO,DI2
%,DI3,IYUKSIS,ITEKYUK,IUNIFYUK,IUCYUK,FAY,F2ESAS,P,P1,P2,HH
%,YARA,ELAS)

722 CONTINUE

999 STOP

END

C

SUBROUTINE F2COZUM(Y,IPSAY,DLAMDA,B20,B22,C1,C2,ZKSI,PA,PJ
%,DMP,TOPPJ,EKKUV,DSIGMA,DMOM,TOPMI,F2P0,F3P0,F2P1,F3P1
%,F2P,DI2,HH,P,FAY,ARA,YARA,DEP,ELAS,IYUKSIS,ITEKYUK,IUNIFYUK
%,IUCYUK,F2ESAS,P1,P2)

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)

DIMENSION EKKUV(100),DSIGMA(100),DMOM(100),PA(100),PJ(100)
%,Y(100),FAY(3,100),YARA(100)

DLAMDA=(B20/B22)**0.5

T1=EXP(-DLAMDA)

T2=EXP(-2*DLAMDA)

T3=EXP(-DLAMDA*ZKSI)

```

T4=EXP(DLAMDA*ZKSI)
C1=(-DLAMDA*F2P0+T1*F2P1)/(DLAMDA*(1+T2))
C2=(-F2P1-DLAMDA*T1*F2P0)*T1/(DLAMDA*(1+T2))
F2=C1*T3+C2*T4+F2P

```

C

```

F2ESAS=0.
DO 266 I=1,IPSAY
EKKUV(I)=F2*PA(I)*FAY(2,I)/DI2
DSIGMA(I)=EKKUV(I)/PA(I)
F2ESAS=F2ESAS+EKKUV(I)*Y(I)

```

266 CONTINUE

```

TOPMI=DMP-F2ESAS
DO 267 I=1,IPSAY
DMOM(I)=PJ(I)*TOPMI/TOPPJ

```

267 CONTINUE

C

```

CALL YAZIS(IPSAY,EKKUV,DSIGMA,ZKSI,TOPMI)

```

```

IF(P.GT.0) THEN

```

```

CALL DEPLHES(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P,B20,PA,FAY,DI2,TOPPJ

```

```

%,ARA,YARA,TOPARA,DEPT,ELAS,Y)

```

```

ELSE

```

```

DEPT=0.

```

```

ENDIF

```

```

IF(P1.GT.0) THEN

```

```

CALL DEPLHESU(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P1,B20,PA,FAY,DI2,TOPPJ

```

```

%,ARA,YARA,TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22)

```

```

ELSE

```

```

DEPU=0.

```

```

ENDIF
IF(P2.GT.0) THEN
  CALL DEPLHESC(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P2,B20,PA,FAY,DI2,
% TOPPJ,ARA,YARA,TOPARA,DEPC,ELAS,Y,B22,C1,C2)
  ELSE
    DEPC=0.
  ENDIF
DEP=DEPT+DEPU+DEPC

```

C

```

RETURN
END
SUBROUTINE F2F3CZUM(IPSAY,B20,B22,B30,B33,B32,B23,DLAMDA1,
% DLAMDA2,A1,A2,EM,FMAT,C,ZKSI,PA,PJ,DMP,DMOM,TOPPJ,EKKUV,
% DSIGMA,TOPMI,Y,F2P0,F3P0,F2P1,F3P1,F2P,F3P,F2H,F3H,X1,YO
% ,DI2,DI3,IYUKSIS,ITEKYUK,IUNIFYUK,IUCYUK,FAY,F2ESAS,P,P1,P2
% ,HH,YARA,ELAS)
  IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
  DIMENSION EM(4,4),FMAT(4,1),EKKUV(100),DSIGMA(100),DMOM(100)
% ,C(4,1),Y(100),PA(100),PJ(100),X1(100,100),YO(100,100)
% ,FAY(3,100),YARA(100)
  DLAMDA1=(((B20*B33+B30*B22)-SQRT((B20*B33+B30*B22)**2-
% 4*B20*B30*(B22*B33-B23**2)))/(2*(B22*B33-B23**2)))**0.5
  DLAMDA2=(((B20*B33+B30*B22)+SQRT((B20*B33+B30*B22)**2-
% 4*B20*B30*(B22*B33-B23**2)))/(2*(B22*B33-B23**2)))**0.5
  A1=B23/((B20/DLAMDA1**2)-B22)
  A2=B23/((B20/DLAMDA2**2)-B22)
  EM(1,1)=A1
  EM(1,2)=A2

```

```
EM(1,3)=A1*EXP(-DLAMDA1)
EM(1,4)=A2*EXP(-DLAMDA2)
EM(2,1)=1
EM(2,2)=1
EM(2,3)=EXP(-DLAMDA1)
EM(2,4)=EXP(-DLAMDA2)
EM(3,1)=-A1*DLAMDA1*EXP(-DLAMDA1)
EM(3,2)=-A2*DLAMDA2*EXP(-DLAMDA2)
EM(3,3)=A1*DLAMDA1
EM(3,4)=A2*DLAMDA2
EM(4,1)=-DLAMDA1*EXP(-DLAMDA1)
EM(4,2)=-DLAMDA2*EXP(-DLAMDA2)
EM(4,3)=DLAMDA1
EM(4,4)=DLAMDA2
FMAT(1,1)=-F2P0
FMAT(2,1)=-F3P0
FMAT(3,1)=-F2P1
FMAT(4,1)=-F3P1
N=4
M=N*2
CALL MATTERS(EM,X1,YO,N,M,ZKSI)
ME=4
L=1
CALL MATCARP(YO,FMAT,C,N,ME,L,ZKSI)
DITA=1-ZKSI
T1=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)
T2=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)
T3=EXP(-DLAMDA1*DITA)
```

```

T4=EXP(-DLAMDA2*DITA)
F2H=C(1,1)*A1*T1+C(2,1)*A2*T2+C(3,1)*A1*T3+C(4,1)*A2*T4
F3H=C(1,1)*T1+C(2,1)*T2+C(3,1)*T3+C(4,1)*T4
F2=F2P+F2H
F3=F3P+F3H
DO 260 I=1,IPSAY
EKKUV(I)=(F2*PA(I)*FAY(2,I)/DI2)+(F3*PA(I)*FAY(3,I)/DI3)
DSIGMA(I)=EKKUV(I)/PA(I)
IF(I.EQ.1) THEN
    F2ESAS=EKKUV(I)*Y(I)
ELSE
    F2ESAS=F2ESAS+EKKUV(I)*Y(I)
ENDIF
260 CONTINUE
C
TOPMI=DMP-F2ESAS
DO 265 I=1,IPSAY
DMOM(I)=PJ(I)*TOPMI/TOPPJ
265 CONTINUE
IF(P.GT.0) THEN
    CALL F23DEPL(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P,B20,PA,FAY,
% DI2,DI3,TOPPJ,ARA,YARA,TOPARA,DEPT,ELAS,Y,C,A1,A2)
ELSE
    DEPT=0.
ENDIF
IF(P1.GT.0) THEN
    CALL F23DEPLU(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P1,B20,PA,FAY,
% DI2,DI3,TOPPJ,C,ARA,YARA,TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22,B32,B30,

```

```

% A1,A2)
  ELSE
    DEPU=0.
  ENDIF
  IF(P2.GT.0) THEN
    CALL F23DEPLC(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P2,B20,PA,FAY,
% DI2,DI3,TOPPJ,C,ARA,YARA,TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22,B32,B30,
% A1,A2)
  ELSE
    DEPC=0.
  ENDIF
  DEP=DEPT+DEPU+DEPC
  RETURN
END

```

C

```

SUBROUTINE MATTERS(EM,X1,YO,N,M,ZKSI)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION EM(4,4),X1(100,100),YO(100,100)
DO 102 I=1,N
DO 102 K=1,N
X1(I,K)=EM(I,K)

```

102 CONTINUE

```

M=N*2
CALL TERS(X1,YO,N,M)
RETURN
END

```

C

```

SUBROUTINE TERS(A,ATERS,N,M)

```

```
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION A(100,100),ATERS(100,100)
N1=N+1
DO 102 I=1,N
DO 102 J=N1,M
JI=J-I
IF(JI-N)100,101,100
100 A(I,J)=0.
GO TO 102
101 A(I,J)=1.
102 CONTINUE
DO 108 K=1,N
K1=K+1
K3=K+N-1
IF((A(K,K).LT.0.).OR.(A(K,K).GT.0)) GO TO 106
I1=K+1
103 IF((A(I1,K).LT.0.).OR.(A(I1,K).GT.0)) GO TO 104
I1=I1+1
GO TO 103
104 DO 105 J=1,M
105 A(K,J)=A(K,J)+A(I1,J)
106 DO 107 J=1,M
107 A(K+N,J)=A(K,J)/A(K,K)
DO 108 I=K1,K3
T=A(I,K)
DO 108 J=1,M
108 A(I,J)=A(I,J)-A(K+N,J)*T
DO 109 I=1,N
```

```

      DO 109 J=1,N
109  ATERS(I,J)=A(I+N,J+N)
      RETURN
      END

```

C

```

      SUBROUTINE MATCARP(YO,FMAT,C,N,ME,L,ZKSI)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DIMENSION YO(100,100),FMAT(4,1),C(4,1)
      CALL CARP(YO,FMAT,C,N,ME,L)
      RETURN
      END

```

C

```

      SUBROUTINE CARP(YO,FMAT,C,N,ME,L)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DIMENSION YO(100,100),FMAT(4,1),C(4,1)
      DO 100 I=1,N
      DO 100 J=1,L
      C(I,J)=0.
      DO 100 K=1,ME
      CC=YO(I,K)*FMAT(K,J)
100  C(I,J)=C(I,J)+CC
      RETURN
      END

      SUBROUTINE DEPLHES(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P,B20,PA,FAY,DI2,
% TOPPJ,ARA,YARA,TOPARA,DEPT,ELAS,Y)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100)
      Z1=EXP(-DLAMDA-ZKSI*DLAMDA)

```



```

Z2=EXP(-2*DLAMDA)
Z3=EXP(-DLAMDA+DLAMDA*ZKSI)
Z4=(ZKSI**3-3*ZKSI+2)
ARA=(P*HH**3/6)*(ZKSI**3-3*ZKSI+2)-(P*HH**2/B20)*
%((1/(DLAMDA**2/HH))*(1/(DLAMDA*(1+Z2)))*(Z1-Z2)-
%(Z3/(DLAMDA**2/HH))*(1/(DLAMDA*(1+Z2)))+(1/(DLAMDA**2/HH))*
%(1/(DLAMDA*(1+Z2)))+(HH/6)*Z4+(Z2*ZKSI*HH/DLAMDA)
%*(1/(DLAMDA*(1+Z2)))-(Z2*HH/DLAMDA)*(1/(DLAMDA*(1+Z2)))
%+(ZKSI*HH/DLAMDA)*(1/(DLAMDA*(1+Z2)))-
%(HH/DLAMDA)*(1/(DLAMDA*(1+Z2))))
DO 308 I=1,IPSAY
YARA(I)=ARA*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2
IF(I.EQ.1) THEN
  TOPARA=YARA(I)
ELSE
  TOPARA=TOPARA+YARA(I)
ENDIF
308 CONTINUE
DEPT=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
RETURN
END
C
SUBROUTINE DEPLHESU(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P1,B20,PA,FAY
% ,DI2,TOPPJ,ARA,YARA, TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100)
Z1=EXP(-DLAMDA)
Z2=EXP(-2*DLAMDA)

```

```

Z3=EXP(-DLAMDA*ZKSI)
Z4=EXP(DLAMDA*ZKSI)
Z5=EXP(DLAMDA)
Z6=ZKSI**2
ALFA=(-(B22/B20)+Z1)/(DLAMDA*(1+Z2))
BETA=Z1*(1+DLAMDA*Z1*(B22/B20))/(DLAMDA*(1+Z2))
ARA=(P1*HH**3/24)*(ZKSI**4-4*ZKSI+3)-(P1*HH/B20)*((ALFA*HH**2
%/DLAMDA**2)*(Z3-Z1)-(BETA*HH**2/DLAMDA**2)*(Z4-Z5)+(ALFA*HH**2
%/DLAMDA)*Z1*(ZKSI-1)+(BETA*HH**2/DLAMDA)*Z5*(ZKSI-
% 1)+((B22*HH**2)
%/B20)*(Z6/2 - ZKSI + 0.5)+(HH**2/24)*(ZKSI**4-4*ZKSI+3.0))
% DO 501 I=1,IPSAY
  YARA(I)=ARA*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2
  IF(I.EQ.1) THEN
    TOPARA=YARA(I)
  ELSE
    TOPARA=TOPARA+YARA(I)
  ENDIF
501 CONTINUE
  DEPU=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
  RETURN
END
SUBROUTINE DEPLHESC(DLAMDA,ZKSI,HH,IPSAY,P2,B20,PA,FAY,
% DI2,TOPPJ,ARA,YARA, TOPARA,DEPC,ELAS,Y,B22,C1,C2)
  IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
  DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100)
  Z1=EXP(-DLAMDA)
  Z2=EXP(-2*DLAMDA)

```

```

Z3=EXP(-DLAMDA*ZKSI)
Z4=EXP(DLAMDA*ZKSI)
Z5=EXP(DLAMDA)
ARA=(P2*HH**3/60)*(5*ZKSI**4-ZKSI**5-15*ZKSI+11)-
%(C1*HH**2/DLAMDA**2)*(Z3-Z1)+(C2*HH**2/DLAMDA**2)*(Z4-
%Z5)+(C1*HH**2/DLAMDA)*Z1*(ZKSI-1)-(C2*HH**2/DLAMDA)*Z5*(ZKSI-
%1)+(P2*B22*HH**3/(B20*3.0))*((3*ZKSI**2)-
%(ZKSI**3)-2.0)+(P2*HH**3/(B20*60))*(5*ZKSI**4 - ZKSI**5 - 4)
%-(P2*B22*HH**3/B20)*(ZKSI-1)-(P2*HH**3/(4*B20))*(ZKSI-1))
DO 308 I=1,IPSAY
YARA(I)=ARA*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2
IF(I.EQ.1) THEN
TOPARA=YARA(I)
ELSE
TOPARA=TOPARA+YARA(I)
ENDIF
308 CONTINUE
DEPC=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
RETURN
END
SUBROUTINE F23DEPL(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P,B20,
%PA,FAY,DI2,DI3,TOPPJ,ARA,YARA,TOPARA,DEPT,ELAS,Y,C,A1,A2)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100),C(4,1)
Z1=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)
Z2=EXP(-DLAMDA1)
Z3=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)
Z4=EXP(-DLAMDA2)

```

Z5=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)

Z6=EXP(-DLAMDA1)

Z7=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)

Z8=EXP(-DLAMDA2)

C1=C(1,1)

C2=C(2,1)

C3=C(3,1)

C4=C(4,1)

ARA1=(P*HH**3/6)*(ZKSI**3-3*ZKSI+2)-(P*HH**3/(6*B20))*(ZKSI**3-
 %3*ZKSI+2)+(C1*A1/(DLAMDA1/HH))*(-(1/(DLAMDA1/HH))*
 % (Z1-Z2)-Z2*HH*(ZKSI-1))+
 % (C2*A2/(DLAMDA2/HH))*(-(1/(DLAMDA2/HH))*(Z3-Z4)-
 % Z4*(ZKSI*HH-HH))-(C3*A1*Z2*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-
 % (C3*A1/(DLAMDA1/HH))*((1/(
 % DLAMDA1/HH))*(Z5-Z6)-Z6*HH*(ZKSI-1))-
 % (C4*A2*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-
 % ZKSI+0.5)-(C4*A2/(DLAMDA2/HH))*((1/(DLAMDA2/HH))*(Z7-Z8)-
 % Z8*HH*(ZKSI-1))

ARA2=(P*HH**3/6)*(ZKSI**3-3*ZKSI+2)-((C1/(DLAMDA1/HH))*(-
 % (1/(DLAMDA1/HH))*(Z1-Z2)-Z2*(ZKSI*HH-HH))-(C2/(DLAMDA2/HH))*(-
 % (1/(DLAMDA2/HH))
 % *(Z3-Z4)-Z4*(ZKSI*HH-HH))+C3*Z2*HH**2)*((ZKSI**2/2)-
 % ZKSI+0.5)+(C3/
 % (DLAMDA1/HH))*((1/(DLAMDA1/HH))*(Z5-Z6)-Z6*(ZKSI*HH-HH))+
 % (C4*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-
 % ZKSI+0.5)+(C4/(DLAMDA2/HH))*((1/(DLAMDA2
 % /HH))*(Z7-Z8)-Z8*(ZKSI*HH-HH)))

DO 366 I=1,IPSAI

```

YARA(I)=ARA1*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2+ARA2*PA(I)*FAY(3,I)*Y(I)/DI3
IF(I.EQ.1) THEN
  TOPARA=YARA(I)
ELSE
  TOPARA=TOPARA+YARA(I)
ENDIF
366 CONTINUE
DEPT=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
RETURN
END

```

C

```

SUBROUTINE F23DEPLU(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P1,B20,
% PA,FAY,DI2,DI3,TOPPJ,C,ARA,YARA,TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22,B32,
% B30,A1,A2)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100),C(4,1)
Z1=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)
Z2=EXP(-DLAMDA1)
Z3=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)
Z4=EXP(-DLAMDA2)
Z5=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)
Z6=EXP(-DLAMDA1)
Z7=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)
Z8=EXP(-DLAMDA2)
C1=C(1,1)
C2=C(2,1)
C3=C(3,1)
C4=C(4,1)

```

```

ARA1=(P1*HH**3/24)*(ZKSI**4-4*ZKSI+3)-(P1*HH**3/24)*(ZKSI**4-
% 4*ZKSI+3)-((P1*B22*HH**3)/(2*B20**2))*(ZKSI**2-2*ZKSI+1)+
%(C1*A1/(DLAMDA1/HH))*(-(1/(DLAMDA1/HH))*(Z1-Z2)-
% Z2*HH*(ZKSI-1))+(C2*A2/(DLAMDA2/HH))*(-
% (1/(DLAMDA2/HH))*(Z3-Z4)-Z4*(ZKSI*HH-HH))-(C3*A1*Z2*HH**2)*
% ((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-
% (C3*A1/(DLAMDA1/HH))*((1/(DLAMDA1/HH))*(Z5-
% Z6)-Z6*HH*(ZKSI-1))-(C4*A2*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)
% -(C4*A2/(DLAMDA2/HH))*((1/(DLAMDA2/HH))*(Z7-Z8)-Z8*HH*(ZKSI-1))
ARA2=(P1*HH**3/24)*(ZKSI**4-4*ZKSI+3)-
% ((P1*B32*HH**3)/(2*B20*B30))*
% (ZKSI**2-2*ZKSI+1)+(C1/(DLAMDA1/HH))*(-(1/(DLAMDA1/HH))*(Z1-Z2)
% -Z2*(ZKSI*HH-HH))+(C2/(DLAMDA2/HH))*(-(1/(DLAMDA2/HH))*(Z3-Z4)-
% Z4*(ZKSI*HH-HH))-(C3*Z2*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-
% (C3/(DLAMDA1/HH))*((1/(DLAMDA1/HH))*(Z5-Z6)-
% Z6*(ZKSI*HH-HH))-(C4*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-
% (C4/(DLAMDA2/HH))*((1/(DLAMDA2/HH))*(Z7-Z8)-Z8*(ZKSI*HH-HH))
DO 366 I=1,IPSAY
YARA(I)=ARA1*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2+ARA2*PA(I)*FAY(3,I)*Y(I)/DI3
IF(I.EQ.1) THEN
TOPARA=YARA(I)
ELSE
TOPARA=TOPARA+YARA(I)
ENDIF
366 CONTINUE
DEPU=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE F23DEPLC(DLAMDA1,DLAMDA2,ZKSI,HH,IPSAY,P2,B20
%,PA,FAY,DI2,DI3,TOPPJ,C,ARA,YARA,TOPARA,DEPU,ELAS,Y,B22,B32
%,B30,A1,A2)

```

```

IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)

```

```

DIMENSION PA(100),FAY(3,100),YARA(100),Y(100),C(4,1)

```

```

Z1=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)

```

```

Z2=EXP(-DLAMDA1)

```

```

Z3=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)

```

```

Z4=EXP(-DLAMDA2)

```

```

Z5=EXP(-DLAMDA1*ZKSI)

```

```

Z6=EXP(-DLAMDA1)

```

```

Z7=EXP(-DLAMDA2*ZKSI)

```

```

Z8=EXP(-DLAMDA2)

```

```

C1=C(1,1)

```

```

C2=C(2,1)

```

```

C3=C(3,1)

```

```

C4=C(4,1)

```

```

ARA1=(P2*HH**3/60)*(5*ZKSI**4-ZKSI**5-15*ZKSI+11)
%-(P2*B22*HH**3/(3*B20**2))*(3*ZKSI**2-ZKSI**3-3*ZKSI+1)
% -((P2*HH**3)/(60*B20))*(5*ZKSI**4-ZKSI**5-4)+(3*P2*HH**4/12)*
%(ZKSI-1)
%+(C1*A1/(DLAMDA1/HH))*(-(1/(DLAMDA1/HH))*(Z1-Z2)-
%Z2*HH*(ZKSI-1))+
%(C2*A2/(DLAMDA2/HH))*(-(1/(DLAMDA2/HH))*(Z3-Z4)-
%Z4*(ZKSI*HH-HH))
%-(C3*A1*Z2*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-(C3*A1/(DLAMDA1/HH))*
%((1/(DLAMDA1/HH))*(Z5-Z6)-Z6*HH*(ZKSI-1))-
%(C4*A2*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)-(C4*A2/(DLAMDA2/HH))

```

```

%*((1/(DLAMDA2/HH))*(Z7-Z8)-Z8*HH*(ZKSI-1))
  ARA2=(P2*HH**3/60)*(5*ZKSI**4-ZKSI**5-15*ZKSI+11)
%-(P2*B32*HH**3/(B30*B20))*(3*ZKSI**2-ZKSI**3-3*ZKSI+1)
%+(C1/(DLAMDA1/HH))*(-(1/(DLAMDA1/HH))*(Z1-Z2)
% -Z2*(ZKSI*HH-HH))+(C2/(DLAMDA2/HH))*(-(1/(DLAMDA2/HH))
% *(Z3-Z4)-Z4*(ZKSI*HH-HH))-(C3*Z2*HH**2)*((ZKSI**2/2)-
% ZKSI+0.5)-(C3/(DLAMDA1/HH))*((1/(DLAMDA1/HH))*(Z5-Z6)
% -Z6*(ZKSI*HH-HH))-(C4*Z4*HH**2)*((ZKSI**2/2)-ZKSI+0.5)
%-(C4/(DLAMDA2/HH))*((1/(DLAMDA2/HH))*(Z7-Z8)-Z8*(ZKSI*HH-HH))
DO 366 I=1,IPSAY
  YARA(I)=ARA1*PA(I)*FAY(2,I)*Y(I)/DI2+ARA2*PA(I)*FAY(3,I)*Y(I)/DI3
  IF(I.EQ.1) THEN
    TOPARA=YARA(I)
  ELSE
    TOPARA=TOPARA+YARA(I)
  ENDIF
366 CONTINUE
  DEPC=(1/(ELAS*TOPPJ))*TOPARA
  RETURN
  END

```


EK 3 MATHEMATICA DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAMIN DATA DOSYASI

hyuk	: kat yüksekliği
H	: sistem yüksekliği
bp	: perde kalınlığı
bb	: bağlantı kirişi kalınlığı
d	: bağlantı kirişi yüksekliği
psay	: perde sayısı
b[j]	: sırasıyla bağlantı kirişi net açıklıkları
h[j]	: sırasıyla perde uzunlukları
mu	: bağlantı kirişi kesitine bağlı katsayı
enusder	: polinomun en üst derecesi
AA	: polinomun AA değeri
BB	: polinomun BB değeri
DD	: polinomun DD değeri
EE	: polinomun EE değeri
YY	: polinomun YY değeri
HH	: polinomun HH değeri
GG	: polinomun GG değeri
II	: polinomun II değeri
P	: tekil yükün şiddeti
Q	: üniform yükün şiddeti
Q1	: üçgen yayılı yük şiddeti
noksay	: büyüklüklerin bulunacağı nokta sayısı
degis[s]	: sırası ile büyüklüklerin bulunacağı noktaların uzaklıkları
elas	: elastisite modülü

EK 4 FORTRAN DİLİNDE HAZIRLANAN PROGRAMIN DATA DOSYASI

Birinci satırda örnek ile ilgili açıklayıcı bilgiler yazılır. İkinci satırda ;
HYUK : kat yüksekliği
HH : sistem yüksekliği
yazılır.

Üçüncü satırda kalınlık ile ilgili bilgiler ;
BP : perde kalınlığı
BAB : bağlantı kirişi kalınlığı
girilir.

Dördüncü satırda ;
D : bağlantı kirişi yüksekliği
IPSAY: perde sayısı
yazılır.

Sırası ile beşinci altıncı ve yedinci satırlarda ;
B(l) : bağlantı kirişi uzunlukları
H(l) : perde uzunlukları
DMU : bağlantı kirişi kesitine bağlı katsayı
değerleri verilir.

Sırası ile sekizinci ve dokuzuncu satırlarda ;
DEGIS : büyüklüklerin bulunacağı nokta sayısı
ZS(l) : sırası ile büyüklüklerin bulunacağı noktaların uzaklıkları
bilgileri girilir.

Onuncu satırda yatay yüklerle ilgili bilgiler ;

- P : tekil yükün şiddeti
Q : üniform yükün şiddeti
Q1 : Üçgen yükün şiddeti
yazılır.

Bundan sonraki toplam N adet satırda satırda polinom ile ilgili bilgiler ;

IENUSDER : polinomun en üst derecesi

- AA : polinomun AA değeri
BB : polinomun BB değeri
CC : polinomun CC değeri
DD : polinomun DD değeri
EE : polinomun EE değeri
FF : polinomun FF değeri
GG : polinomun GG değeri
OO : polinomun OO değeri
girilir.

Onüçüncü satırda ;

- ELAS : elastisite modülü
verilir.

KAYNAKLAR

AKSOĞAN, O., ARSLAN, H.M., 1996. "Güçlendirici Kirişlerin ve Kesit Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri". Dokuzuncu Ulusal Mekanik Kongresi. Kongre Bildiri Kitabı (yayınlanacak). Ürgüp.

AKSOĞAN, O., TÜRKER, H.T. and OSKOU EI, A.V., 1993. "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights". Advances in Civil Engineering. First Technical Congress. Vol:2. North Cyprus. s:780-787.

BORESI, A.P. and CHONG, K.P., 1991. "Approximate Solution Methods in Engineering Mechanics". Elsevier Applied Science. London and New York. 147s.

CHEUNG, Y.K., 1976. "Finite Strip Method in Structural Analysis". Pergamon Press. New York. 283s.

CHEUNG, Y.K. and SWADDIWUDHIPONG, S., September, 1967. "Analysis of Frame Shear Wall Structures Using Finite Strip Elements". Proc. Inst. Civ. Engineer. Vol:65(2) :517-535.

COULL, A. and PURI, R.D., 1968. "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-section". Build. Science. Vol:2. s:313-320.

COULL, A. and SUBEDI, N.K., 1972. "Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings". Build. Science. Pergamon Press. Vol:7. Great Britain. s:81-86.

COULL, A., January, 1974. "Stiffening of Coupled Shear Walls against Foundation Movement". The Structural Engineer. Vol:52(1) :23-26.

EISERT, H.D., 1967. "Ein Beitrag zur Berechnung Mehrfeldriger Windrahmen als gegliederte Scheiben". Dissertation. Darmstadt. s:147-152.

ELKHOLY, N.S. and ROBINSON, N., 1973. "Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls". Build. Science. Pergamon Press. Vol:8. Great Britain. s:153-157.

HUSSEIN, W., 1972. "Analysis of Multi-bay Shear Wall Structures by the Shear Connection Method". Build. Science. Vol:69(7).

KOO, K.K. and CHEUNG, Y.K., 1984. "The Static Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls". Building and Environment. Vol:19(2) :93-99.

KÖNIG, G. and LIPHARDTS, S., 1985. "Hochhauser aus Stahlbeton". Beton-Kalender. Teil:2. Berlin. s:726-749.

LOO, Y.C. and CUSENS, A.R., 1978. "The Finite-Strip Method in Bridge Engineering". Viewpoint Press. Tehachapi. CA. USA. 173s.

POPOV, E.P., 1973. "Introduction to Mechanics of Solids". Prentice-Hall of India Private Limited. New Delhi. 532s.

ROSMAN, R., June, 1964. "Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads". Journal of the American Concrete Institute. Vol:61(6) :717-732.

SOANE, A.J.M., (1967). "The Analysis of Interconnected Shear Walls by Analogue Computation". In Tall Buildings. Pergamon Press. London. s:207-221.

TIMESHENKO, S.P. and WOINOWSKY-KRIEGER, S., 1971. "Theory of Plates and Shells". 2nd edn. Mc Graw-Hill. New York. 412s.

TRAUM, E.E., 1967. "Multistorey Pierced Shear Walls of Variable Cross-section". A. COULL and B.S. SMITH editors. "Symposium on Tall Buildings, Southamton". Pergamon Press. Oxford. s:181-204.

YILMAZ, Ç., ÇITIPITIOĞLU, E. ve DOĞAN, E., Haziran, 1994. "Delikli Betonarme Perde Duvarların Elastik Analizi". S.T. WASTI, M.R. AYDIN ve İ. ÖZDEMİR editörler. Yapı Mekaniği Semineri. Dumlupınar Üniversitesi. Yayın no:2. Kütahya. s:175-190.

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın gerçekleőmesinde değerli zamanını, dűőünce ve yardımlarını esirgemeyen danıőman hocam sayın Prof. Dr. Orhan AKSOĐAN'a teőekkür ederim.



ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Antakya'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Kırıkhan'da tamamladım. 1985-86 eğitim yılında Fırat Üniversitesinde yüksek öğrenimime başladım. 10.07.1989. tarihinde Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. Nisan 1990-Ağustos 1991 tarihleri arasında askerlik görevimi yaptım. Ağustos 1991-Eylül 1992 tarihleri arasında özel sektörde şantiye şefi olarak çalıştım. Ekim 1992-Aralık 1993 tarihleri arasında Almanya'da yabancı dil eğitimi gördüm. 05.04.1994. tarihinde Araştırma Görevlisi olarak Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde göreve başladım. 1994-95 .eğitim yılı güz döneminde Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladım. Halen aynı Üniversitede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.