

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İskender BOZKURT

**İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZİ**

İskender BOZKURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 23/06/2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN
DANIŞMAN

Yard. Doç. Dr. H. Murat ARSLAN
ÜYE

Yard. Doç. Dr. Seren AKAVCI
ÜYE (GÜVEN)

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FBE.2004.YL.14**

• **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZİ**

İskender BOZKURT

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN

Yıl : 2005, Sayfa: 184

**Jüri : : Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN
: Yard. Doç. Dr. H. Murat ARSLAN
: Yard. Doç. Dr. Seren AKAVCI (GÜVEN)**

Sürekli bağlantı yöntemi, yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, elastik temele oturan ve bağlantı kirişleri ve perde duvarları birleşiminde bağlantı elastikliği bulunan, belirli yüksekliklerine güçlendirici kirişler yerleştirilmiş iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin serbest ve zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Toplanmış kütle modeline dönüştürülen sistem için sürekli bağlantı yöntemi kullanılıp, bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin orta noktalarında düşey yerdeğiştirme için uygunluk denklemi yazılarak çözüme gidilmiştir. Bu analiz sırasında temelin düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de göz önüne alınarak tabanda sınır şartları yazılmıştır. Birim yükleme durumları için duvarlardaki yerdeğiştirme şekilleri bulunduğundan sonra esneklik matrisi yazılıp tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunmuştur. Rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrisinin serbest titreşim denkleminde yerine konulması ile sistemin doğal frekansları ve bunlara ait mod şekil vektörleri elde edilmiştir. Mod birleştirme tekniği kullanılarak girişimsiz denklem takımları elde edilip, Newmark yöntemi kullanılarak zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Daha sonra da, Wilson spektral ivme değerleri kullanılarak spektrum analizi yapılmıştır. Yapılan analiz için Fortran yazılım dilinde genel amaçlı bir bilgisayar programı hazırlanmış ve çeşitli örnekler için bu program ile çözümler yapılmıştır. Bu örnekler SAP2000 yapı analizi programı ile de çözümlenerek hazırlanan programın doğruluğu kontrol edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sürekli Bağlantı Yöntemi, Deprem Perdeleri,
İki Sıra Boşluklu, Güçlendirici Kiriş, Dinamik Analiz

ABSTRACT

MSc THESIS

THE FORCED VIBRATION ANALYSIS OF TWO-BAY COUPLED SHEAR WALLS USING CONTINUOUS CONNECTION METHOD

İskender BOZKURT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN

Year : 2005, **Pages:** 184

Jury : Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN
: Assist. Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
: Assist. Prof. Dr. Seren AKAVCI (GÜVEN)

The continuous connection method is a method widely used for the analysis of coupled shear walls subject to horizontal loads. In this study, the free and forced vibration analyses of a nonsymmetric two-bay coupled shear wall with stiffening beams at certain heights and elastic connecting beam-wall connections, resting on an elastic foundation are carried out. The solution of the problem is realized by writing the compatibility equation for the vertical displacements at the midpoints of the connecting and stiffening beams using continuous connection method for the system which is modeled as a system of lumped masses. During this analysis, the boundary conditions at the bottom are written considering vertical, horizontal and rotational rigidities of the foundation. Having found the displacements of the piers for unit loadings, the flexibility matrix is written. The stiffness matrix is found by inverting the flexibility matrix. Substituting the mass matrix obtained by the lumped mass assumption and the stiffness matrix into the vibration equation, the natural frequencies and the corresponding mode shape vectors are obtained. Uncoupled systems of equations being obtained, the analysis has been carried out in the time domain using Newmark method. Using Wilson spectral acceleration values, spectrum analysis has been carried out. Following the analysis, a general purpose computer program in Fortran language has been prepared and, then, using this program various examples have been solved. These examples have been solved by SAP2000 structural analysis program, as well, so as to check the validity of the prepared program.

Key Words: Continuous Connection Method, Shear Walls,
Two-Bay Coupled, Stiffening Beam, Dynamic Analysis.

TEŞEKKÜRLER

Bu tezin hazırlanmasında değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam saygıdeğer Prof. Dr. Orhan AKSOĞAN ve sayın hocam Arş. Gör. Engin EMSEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE METOD	7
4. YÜKSEK BİNALARDA İKİ SIRA BOŞLUKLU PERDELER.....	10
4.1. Giriş	10
4.2. Yüksek Binalarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar	10
4.2.1. Çerçeveler.....	10
4.2.2. Perdeler	11
4.2.3. Boşluklu Perdeler	11
4.2.4. Perde-Çerçeve Taşıyıcı Elemanlar	13
4.2.5. Tüp Çerçeveler	13
4.2.6. Çekirdekler	13
4.3. Yatay Yükler Etkisi Altındaki İki Sıra Boşluklu Perdelerin Davranışı... 14	
4.4. Güçlendirilmiş Boşluklu Perde	16
5. SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ	19
5.1. Giriş	19
5.2. Sürekli Bağlantı Yönteminde Yapılan Kabuller	22
5.2.1. Bağlantı Kirişi-Duvar Bağlantı Esnekliğinin Eşdeğer Çerçeve Yöntemiyle Modellenmesi.....	24
6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ	25
6.1. Giriş	25
6.2. Kütle Matrisinin Oluşturulması.....	27
6.3. Rijitlik Matrisinin Oluşturulması	28

6.3.1. Giriş	28
6.3.2. Birinci ve İkinci Boşluktaki Perde Eksenel Kuvvet Bileşeni (T_{1i} , T_{1i}) ve Bağlantı Kirişlerinde Oluşan Birim Boydaki Kesme Kuvvetleri (q_{1i} , q_{2i}) Arasındaki İlişki	28
6.3.3. Moment-Eğrilik İlişkisi	30
6.3.4. İki Sıra Boşluklu Perdelerin Düşey Doğrultudaki Bağlı Hareketleri	32
6.3.4.1. Perdelerin Dönmesinden Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{r1i} , δ_{r2i})	33
6.3.4.2. Bağlantı Kirişindeki Kesme Kuvvetinden Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{s1i} , δ_{s2i})	34
6.3.4.3. Bağlantı Kirişi-Duvar Elastik Bağlantısından Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{e1i} , δ_{e2i})	36
6.3.4.4. Temel Hareketinden Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{f1} , δ_{f2})	38
6.3.4.5. Perde Eksenel Kuvvetlerinden Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{a1i} , δ_{a2i})	40
6.3.5. Perde Eksenel Kuvvet Fonksiyonunun Bulunması	44
6.3.6. Güçlendirici Kirişteki Kesme Kuvveti Değerinin Belirlenmesi	51
6.3.7. Sınır Koşulları	53
6.3.8. Perdelerde Yanal Yerdeğiştirme Fonksiyonunun Bulunması	59
6.4. Özdeğer ve Özvektörlerin Belirlenmesi	61
7. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZİ.	63
7.1. Giriş	63
7.2. Mod-Süperpozisyon (Birleştirme) Yöntemi	63
7.2.1. Giriş	63
7.2.2. Girişimsiz Denklem Takımının Oluşturulması	65
7.3. Zaman Tanım Alanında Analiz	67
7.3.1. Newmark Yöntemi	69

7.4. Spektrum (Deprem) Analizi	72
8. SAYISAL UYGULAMALAR VE SONUÇLAR	76
8.1. Giriş	76
8.2. Sayısal Uygulamalar	77
Örnek 1	77
Örnek 2	80
Örnek 3	83
Örnek 4	84
Örnek 5	87
Örnek 6	90
Örnek 7	93
Örnek 8	96
Örnek 9	97
Örnek 10	100
Örnek 11	103
Örnek 12	104
Örnek 13	109
Örnek 14	112
Örnek 15	113
Örnek 16	116
Örnek 17	11
8.3. Sonuçlar ve Öneriler	120
KAYNAKLAR	123
ÖZGEÇMİŞ	128
EKLER	129
EK 1. Fortran Dilinde Hazırlanmış Serbest Titreşim Analizi ve Zorlanmış Titreşim Analizi Programının Veri Dosyası	130
EK 2. Fortran Dilinde Hazırlanmış Serbest Titreşim Analizi ve Zorlanmış Titreşim Analizi Programının Listesi	133

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 8.1. Örnek 1'e ait doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması.....	78
Çizelge 8.2. Sönümsüz durum için Örnek 2'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	80
Çizelge 8.3. Sönümlü durum için Örnek 2'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	81
Çizelge 8.4. Örnek 3 için spektral ivme değerleri	83
Çizelge 8.5. Örnek 3'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	83
Çizelge 8.6. Sönümsüz durum için Örnek 4'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	84
Çizelge 8.7. Sönümlü durum için Örnek 4'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	85
Çizelge 8.8. Sönümsüz durum için Örnek 5'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	87
Çizelge 8.9. Sönümlü durum için Örnek 5'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	87
Çizelge 8.10. Örnek 6'da değişik zemin tipleri için SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 programından elde edilenlerle karşılaştırılması	91
Çizelge 8.11. Sönümsüz durum için Örnek 7'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması.....	93

Çizelge 8.12. Sönümlü durum için Örnek 7'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	94
Çizelge 8.13. Örnek 8 için spektral ivme değerleri.....	96
Çizelge 8.14. Örnek 8'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	96
Çizelge 8.15. Örnek 9'a ait SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	98
Çizelge 8.16. Sönümsüz durum için Örnek 10'a ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	100
Çizelge 8.17. Sönümlü durum için Örnek 10'a ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	101
Çizelge 8.18. Örnek 11 için spektral ivme değerleri.....	103
Çizelge 8.19. Örnek 11'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	103
Çizelge 8.20. Örnek 12'de güçlendiricisiz durum için SBY ile bulunan ilk on doğal frekansının (Hz) SAP2000 programı ile elde edilenlerle karşılaştırılması	105
Çizelge 8.21. Örnek 12'de güçlendiricili durum için SBY ile bulunan ilk on doğal frekansın (Hz) SAP2000 programı ile elde edilenlerle karşılaştırılması	106
Çizelge 8.22. Güçlendiricisiz durum için Örnek 13'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	109

Çizelge 8.23. Güçlendiricili durum için Örnek 13'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	110
Çizelge 8.24. Örnek 14 için spektral ivme değerleri.....	112
Çizelge 8.25. Örnek 14'e ait maksimum tepe noktası yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	112
Çizelge 8.26. Örnek 15'e ait SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması	114
Çizelge 8.27. Sönümsüz durum için Örnek 16'ya ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	116
Çizelge 8.28. Sönümlü durum için Örnek 16'ya ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması.....	117
Çizelge 8.29. Örnek 17 için spektral ivme değerleri.....	119
Çizelge 8.30. Örnek 17'ye ait maksimum tepe noktası yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması	119

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 4.1.Çerçeve ve elastik eğrisi	10
Şekil 4.2. Perde, en kesiti ve elastik eğrisi.....	11
Şekil 4.3. İki sıra boşluklu perde	12
Şekil 4.4. Yüksek yapılarda tüp çerçeveler.....	13
Şekil 4.5. Yüksek yapılarda çekirdekler	13
Şekil 4.6. İki sıra boşluklu perdenin yatay yükler etkisi altındaki davranışı	15
Şekil 4.7. Güçlendirilmiş iki sıra boşluklu perde	17
Şekil 5.1. İki sıra boşluklu perdenin SBY ile modellenmesi	19
Şekil 5.2. Güçlendirici kirişleri olan iki sıra boşluklu perde	21
Şekil 5.3. Eğilmiş bir bağlantı kirişi	23
Şekil 5.4. Elastik bağlantılı kiriş modeli.....	24
Şekil 6.1. İki sıra boşluklu perdeler için toplanmış kütle modeli	27
Şekil 6.2. Perdenin (i) bölgesindeki düşey kuvvetlerin dengesi	29
Şekil 6.3. İki sıra boşluklu perdenin yatay bir kesitindeki iç kuvvetler	31
Şekil 6.4. Duvarların dönmesinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme.....	33
Şekil 6.5. Bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme.....	35
Şekil 6.6. Bağlantı kirişlerinin elastik bağlantılı olması durumu	36
Şekil 6.7. Birinci boşlukta temel hareketinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme	39
Şekil 6.8. İkinci boşlukta temel hareketinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme.....	40
Şekil 6.9. Duvarlar üzerindeki düşey kuvvetler.....	41
Şekil 6.10. Birinci boşlukta perde eksenel kuvvet bileşenlerinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme.....	42
Şekil 6.11. İkinci boşlukta perde eksenel kuvvet bileşenlerinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme.....	43
Şekil 6.12. İki sıra boşluklu perde tepesinde düşey kuvvetlerin dengesi.....	54
Şekil 6.13. x_i yükseklikteki güçlendirici kirişe etki eden düşey kuvvetler	58
Şekil 7.1. a) Statik analizde ve b) dinamik analizde elastik eğrinin durumu	63
Şekil 7.2. Toplanmış bir kütle için a) deprem etkisi ile hareketi b) serbest cisim diyagramı.....	72
Şekil 8.1. Örnek 1'e ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti.....	77

Şekil 8.2. Örnek 1'in birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması.....	79
Şekil 8.3. Örnek 2'ye ait yükleme.....	80
Şekil 8.4. Örnek 2'de sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	81
Şekil 8.5. Örnek 2'de sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	82
Şekil 8.6. Örnek 4'e ait yükleme.....	84
Şekil 8.7. Örnek 4'te sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	85
Şekil 8.8. Örnek 4'te sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	86
Şekil 8.9. Örnek 5'e ait yükleme	87
Şekil 8.10. Örnek 5'e ait sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	88
Şekil 8.11. Örnek 5'e ait sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	89
Şekil 8.12. Örnek 6'ya ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti.....	90
Şekil 8.13. Örnek 6'daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan birinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 8.14. . Örnek 6'daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan üçüncü mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması	92
Şekil 8.15. Örnek 6'daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması.....	92
Şekil 8.16. Örnek 7'ye ait yükleme.....	93
Şekil 8.17. Örnek 7'de sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	94
Şekil 8.18. Örnek 7'de ait sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	95
Şekil 8.19. Örnek 9'a ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti.....	97
Şekil 8.20. Örnek 9'un birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması... ..	99

Şekil 8.21. Örnek 10'a ait yükleme.....	100
Şekil 8.22. Örnek 10'da sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	101
Şekil 8.23. Örnek 10'da sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi.....	102
Şekil 8.24. Örnek 12'ye ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti.....	104
Şekil 8.25. Örnek 12'de güçlendiricili durum için birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması.....	107
Şekil 8.26. Örnek 12'de güçlendiricili ve güçlendiricisiz durumlar için SBY ile bulunan birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması	108
Şekil 8.27. Örnek 13'e ait yükleme.....	109
Şekil 8.28. Örnek 13'te sönümsüz durumun güçlendiricili ve güçlendiricisiz perde için tepe yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi.....	110
Şekil 8.29. Örnek 13'te sönümlü durumun güçlendiricili ve güçlendiricisiz perde için tepe yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi.....	111
Şekil 8.30. Örnek 15'e ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti.....	113
Şekil 8.31. Örnek 15'in birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması.....	115
Şekil 8.32. Örnek 16'ya ait yükleme.....	116
Şekil 8.33. Örnek 16'ya ait sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi	117
Şekil 8.34. Örnek 16'ya ait sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi	118

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a_1	: 1'inci boşluk genişliği,
a_2	: 2'inci boşluk genişliği,
A_1	: 1'inci perde kesit alanı,
A_2	: 2'inci perde kesit alanı,
A_3	: 3'üncü perde kesit alanı,
b_1	: 1'inci perde genişliği,
b_2	: 2'inci perde genişliği,
b_3	: 3'üncü perde genişliği,
$C_{cb_{1i}}, C_{cb_{2i}}$	: 1 ve 2'inci boşluklar için kiriş duvar bağlantı rijitlikleri,
C_{sb_i}	: güçlendirici-duvar bağlantı rijitliği,
D_{1i}, D_{2i}	: perde eksenel kuvvet fonksiyonlarına ait
D_{3i}, D_{4i}	integrasyon sabitleri,
E	: elastisite modülü,
$\underline{F}$	: esneklik matrisi,
G_i, H_i	: yanal deplasman fonksiyonuna ait integrasyon sabitleri,
h_i	: kat yüksekliği,
H	: perde toplam yüksekliği,
H_p	: birim yükün uygulandığı yükseklik,
I	: perdelerin atalet momentleri toplamı,
I_1	: 1'inci perde atalet momenti,
I_2	: 2'inci perde atalet momenti,
I_3	: 3'üncü perde atalet momenti,
$I_{c_{1i}}$	: 1'inci boşlukta bağlantı kirişi atalet momenti,
$I_{c_{2i}}$	: 2'inci boşlukta bağlantı kirişi atalet momenti,
I_{s_i}	: x_i yükseklikteki güçlendirici kirişin atalet momenti,
i	: bölge ve bölgeler arası sınır numaraları,

$\underline{K}$	: rijitlik matrisi,
$K_{v_1}, K_{v_2}, K_{v_3}$	: 1, 2 ve 3'üncü perde temelinde eşdeğer düşey rijitlik sabitleri,
$K_{h_1}, K_{h_2}, K_{h_3}$	: 1, 2 ve 3'üncü perde temelinde eşdeğer yatay rijitlik sabitleri,
$K_{r_1}, K_{r_2}, K_{r_3}$	: 1, 2 ve 3'üncü perde temelinde eşdeğer dönel rijitlik sabitleri,
K_R	: dönel rijitlik sabitleri toplamı
L_1	: 1 ve 2'inci perde eksenleri arasındaki mesafe,
L_2	: 2 ve 3'üncü perde eksenleri arasındaki mesafe,
$\underline{M}$	: kütle matrisi,
M_{ei}	: i bölgesinde dış yükten dolayı oluşan moment,
n	: düşey doğrultuda bölge sayısı,
N	: boşluklu perdenin serbestlik derecesi,
N_i	: i numaralı bölgedeki toplanmış kütle sayısı,
N_{1i}, N_{2i}, N_{3i}	: i bölgesinde perdelerdeki eksenel kuvvet fonksiyonları
S_a	: ivme spektrumu
S_d	: deplasman spektrumu
S_v	: hız spektrumu
P_{1i}, P_{2i}	: bağlantı kirişi orta noktasında kesme kuvveti
q_{1i}, q_{2i}	: i bölgesinde 1 ve 2'inci boşluktaki kesme kuvveti akış fonksiyonları
T_{1i}, T_{2i}	: i bölgesinde 1 ve 2'inci boşluklardaki kesme kuvvetlerinin perde tepesinden itibaren toplamı,
V_{1i}, V_{2i}	: x_i yükseklikteki güçlendirici kirişin 1 ve 2'inci boşluğundaki kesme kuvveti,
x_i	: i bölgesinin üst noktasının yüksekliği,
$\underline{X}$	: yerdeğiştirme vektörü,

$\underline{\ddot{x}}$	: ivme vektörü,
y_i	: i bölgesinde yatay yerdeğiştirme fonksiyonu,
$\delta_{r1i}, \delta_{r2i}$	: i bölgesinde perdelerin dönmesinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirmeler,
$\delta_{s1i}, \delta_{s2i}$	: i bölgesinde bağlantı kirişi kesme kuvvetinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirmeler,
$\delta_{e1i}, \delta_{e2i}$	: i bölgesinde 1 ve 2'inci boşluktaki bağlantı kirişlerinin duvarlara elastik bağlanmasından doğan bağıl düşey yerdeğiştirmeler,
$\delta_{a1i}, \delta_{a2i}$	: i bölgesinde duvarlardaki perde eksenel kuvvetinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirmeler,
δ_{f1}, δ_{f2}	: 1'inci ve 2'inci boşluklarda sağ ve sol duvar tabanlarının bağıl düşey yerdeğiştirmeleri,
θ	: faz açısı, eğim,
$\underline{\Phi}$	: modal matris,
ω	: frekans,
$\lambda_i = \omega_i^2$	: sisteme ait özdeğerler.

1. GİRİŞ

Bina yüksekliğinin artmasına bağlı olarak, rüzgar ve depremden dolayı yapılara daha fazla yatay kuvvet etki etmekte ve düşey yükleri ileten kolonlar, bu yatay kuvvetlerin oluşturduğu eğilme momentlerine karşı yeterli dayanımı gösterememektedir. Yapı yüksekliği boyunca yatay yerdeğiştirmeler yüksek değerlere ulaşmakta, yapının yatay yöndeki rijitliği yetersiz kalmaktadır. Yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Yapının yatay yöndeki rijitliğini artırmak için betonarme binalarda deprem perdeleri adı verilen eğilme rijitliği yüksek betonarme duvarlar kullanılmaktadır. Bu duvarlar içleri dolu olduğunda birer konsol gibi çalışırlar ve hesapları kolaydır. Ancak perde duvarlarda, katlarda bulunan kapı, pencere ve koridorlar için bırakılan boşluklar nedeniyle boşluklu perdeye dönüştükleri zaman yüksek dereceden hiperstatik oldukları için hesapları güçleşmektedir. Hesaplama işlemini basitleştirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için çok yaygın olarak kullanılan bir yöntem Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY)'dir. Bu yöntemde, boşluklu perdeler birleşik perdeler gibi düşünülerek bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri ve döşemeler bina yüksekliği boyunca eşdeğer rijitlikteki sürekli yayılı kirişler olarak gösterilir ve bunların eksenel şekil değiştirmeleri gözardı edilmektedir. Bu elemanlarda oluşan kesme kuvvetleri sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellenir.

Perdeler arasındaki boşluklardan dolayı bağlantı rijitliğinin yeterli düzeyde olmadığı durumlarda bina tepe yerdeğiştirmesi ve tabandaki eğilme momenti yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Bu durumun giderilmesi için bina boyunca belirli yüksekliklere güçlendirici kiriş adı verilen eğilme rijitliği yüksek bağlantı elemanları konulmaktadır. Güçlendirici kirişler binada depo, makine ve servis amacı ile boş bırakılan katlara yapılmaktadır. Güçlendirici kiriş sayısı ve geometrisi, binanın yüksekliğine, izin verilen deplasman miktarına, temelin durumuna bağlıdır.

Sürekli bağlantı yönteminde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin eksenleri doğrultusunda rijit olarak kabul edilmesidir. Bu kabule dayanarak her iki perdenin belirli bir seviyesindeki yerdeğiştirmeler aynı değere sahip olacaktır. Buna bağlı olarak perdelerin aynı eğime ve eğriliğe sahip olacakları kabul edilir. Bu kabul yaygın olarak kullanılan rijit diyafram modeli ile de desteklenmektedir.

Sürekli bağlantı yönteminde temel diferansiyel denklemler, her iki açıklıkta bağlantı kirişlerinin orta noktalarındaki düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemleridir. Elde edilen ikinci mertebeden lineer diferansiyel denklem takımı için, perde tabanında ve tepesinde sınır şartları ve güçlendirici kirişlerde süreklilik şartları yazılarak çözüm yapılır. Analiz sonucunda perde duvarlardaki eksenel kuvvet fonksiyonları bulunur. Problemin ikinci aşamasında ise her bölge için perdelerde moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak yatay yerdeğiştirme fonksiyonları bulunur. Boşluklu perde problemi, sürekli bağlantı yöntemi sayesinde iki boyutlu probleminden tek boyutlu probleme indirgenmiş olur.

Bu çalışmada, elastik ve rijit temele oturan, bağlantı kirişlerin ve perde duvar birleşiminde bağlantı esnekliği bulunan, binanın değişik yüksekliklerine yerleştirilmiş güçlendirici kirişler ile desteklenmiş, iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin serbest titreşim analizleri yapılmış ve daha sonra da, zamanla değişen yükler etkisinde mod-süperpozisyon tekniği ve Newmark yöntemi kullanılarak zorlanmış titreşim analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmanın dinamik analizinde kullanılacak yöntem iki adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda elastik temele oturan iki sıra boşluklu perde, ayrıık kütlelerden oluşan toplanmış kütleler sistemine dönüştürülür. Kütle sayısı sistemin serbestlik derecesini oluşturur ve bölgedeki kat sayılarından bağımsız olarak serbestçe seçilebilir. Ancak, her bir kütlenin büyüklüğü yapının yüksekliği boyunca ortalama kütle dağılımından elde edilir ve böylece yapının kütle matrisi köşegen bir matris olarak bulunur.

İkinci adımda sistem rijitlik matrisi bulunacaktır. Bunun için ayrıık kütlelerin her birinin yatay yerdeğiştirmeleri doğrultusunda birim yük ile yüklemeleri sonucu yerdeğiştirmeleri bulunması gerekir. Bu yüklemelerin her biri için SBY

kullanılarak boşluk sıralarındaki bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin düğüm noktaları olan orta noktalarında uygunluk denklemleri yazılır. Boşluk sayısı kadar denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı, güçlendirici kirişlerle iki veya daha fazla bölgeye ayrılmış olan perdenin her bölgesi için tekrarlanır. Boşluk sayısı m , bölge sayısı n olmak üzere $m \times n$ sayıda denklem içeren diferansiyel denklem takımı ortak olarak çözülür. Bu analiz sırasında temelin düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de gözönüne alınarak tabanda sınır koşulları yazılır. Yatay yerdeğiştirmenin bulunması sırasında, bölgeler arasında komşu iki bölgenin aynı yatay yerdeğiştirme ve eğime sahip olmaları koşulları uygulanır.

Birinci adımda bulunan ayrıık kütleler sisteminin yerdeğiştirme şekilleri, tüm birim yükleme durumları için bulunduktan sonra, esneklik matrisi doğrudan doğruya yazılabilir ve tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunur. Rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrislerinin serbest titreşim denkleminde yerlerine konulması ile sistemin doğal frekansları ve bunlara ait mod şekil vektörleri elde edilir. Tasarım sırasında, bir yapının serbest titreşim özelliklerini bilmek, dinamik yatay yüklerin ele alınışı ve ona göre hesap yapılması için büyük önem taşır.

Sistemin zorlanmış titreşim analizi sistem rijitlik ve kütle matrisleri mod-süperpozisyon yöntemi yardımı ile girişimli durumdan girişimsiz duruma çevrilerek yapılır. Matrisler girişimsiz duruma dönüştürüldükten sonra sayısal çözüm yöntemlerinden Newmark yöntemi kullanılarak zamanla değişen yükler etkisindeki güçlendirilmiş çok sıra boşluklu perdelerin “Time-History” analizi yapılmıştır.

İki sıra boşluklu perdelerin deprem analizi spektral ivme eğrileri ile yapılır. Her mod için elde edilen düğümlerin maksimum yerdeğiştirmeleri SRSS (Square Root of Sum of Squares) yöntemi ile birleştirilerek verilen deprem spektrumundan dolayı düğümlerde oluşan maksimum yerdeğiştirme belirlenir.

Yukarıda anlatılan serbest titreşim ve zorlanmış titreşim analizleri yapıldıktan sonra FORTRAN bilgisayar dilinde bir program yapılmıştır. Analizlerin doğruluğunu kontrol etmek için bu çalışmada hazırlanan programla çözülen problemlerin sonuçları SAP2000 yapı analizi programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

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.

Coull ve Puri (1968), tek kesit değişikliği olan tepesinde tekil veya üniform yüklerle yüklenmiş simetrik perdeler için yatay yeredeğiştirme fonksiyonunu veren formülleri sunmuşlardır. Yazarlar, yaptıkları çalışmada perdelerdeki kayma deformasyonlarının etkilerini de hesaba katarak bulunan sonuçları çeşitli deney sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

Coull ve Subedi (1972), simetrik olmayan iki sıra boşluklu ve simetrik üç sıra boşluklu perdelerin sürekli bağlantı yöntemi ile analizini sunmuşlar ve kesme kuvveti fonksiyonunun kapalı ifadelerini vermişlerdir. Ayrıca beş örneğin teorik çözümünden elde edilen sonuçlar ile bu örneklerin model yapılar üzerindeki deney sonuçlarının uyumlarını grafikler üzerinde göstermişlerdir.

Hussein (1972), çok sıra boşluklu perdelerin analizinde, sistemi idare eden diferansiyel denklem takımının başka araştırmacılar tarafından değişik yöntemlerle çözülmeye çalışıldığını fakat bu çözüm yöntemlerinden bir kısmının formülasyonunun çok karışık olduğunu bir kısmının ise boşluk sırası adedinin artması ile birlikte yanlış sonuç vermeye başladığını belirttikten sonra matris ortogonalizasyon yöntemini kullanarak diferansiyel denklem takımının çözümünü vermiştir.

Mukherjee ve Coull (1973), tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizi için SBY'ni kullanmışlardır. Bu çalışmada kesit değişikliği ve güçlendirici kirişi olmayan boşluklu perdelerin doğal titreşim şekilleri ve frekansları Galerkin yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve ele alınan örnek yapının deneysel ve teorik sonuçları karşılaştırılmıştır.

Elkholy ve Robinson (1973), sonlu farklar yöntemini kullanarak rijit ve elastik temeller üzerine oturan çok sıra boşluklu perdelerin analizini yapmışlar ve problem için kapalı bir çözüm elde ederek farklı temeller üzerine oturmuş altı sıra boşluklu perde duvarın çözümünü yaparak grafikler sunmuşlardır.

Coull (1974), tek sıra boşluklu, tepesinde güçlendirici kiriş bulunan, elastik temel üzerine oturmuş ve simetrik olmayan boşluklu perdeler üzerinde sürekli bağlantı yöntemi ile çalışmış ve kapalı çözümler sunmuştur. Bu makalenin sonunda sayısal bir örnek çözülmüş ve bunun sonucunda güçlendirici kirişin perdenin yapısal davranışında sağladığı iyileştirmeye dikkat çekilmiştir.

Koo ve Cheung (1984), sürekli bağlantı yöntemini kullanarak tekil, üniform ve üçgen yayılı yatay yükler etkisindeki çok sıra boşluklu perde duvarların analizini sunmuşlardır. Bu çalışmaların perde duvarlardaki eksenel kuvvetlerin değişimini koordinat fonksiyonları cinsinden ifade ederek çözüm yapmışlardır.

Choo ve Coull (1984), elastik temel üzerine oturan ve yatay yükler etkisinde olan tek sıra boşluklu perdeler için perdenin tepesinde ve tabanında bulunan güçlendirici kirişlerin etkilerini incelemişlerdir. SBY ile yapılan bu analizin sonucunda kapalı çözüm verilmiş ve farklı zemin türleri için perdenin tepesinde ve tabanında bulunan güçlendirici kirişlerin perdede oluşan kuvvetlere ve yerdeğiştirmelere etkileri incelenmiştir.

Coull ve Bensmail (1991), sürekli bağlantı yöntemi ile kesit değişikliği olmayan, elastik veya rijit temel üzerine oturmuş ve iki güçlendirici kirişi olan perdeleri incelemişlerdir. Yazarlar, kapalı çözümler vererek çeşitli grafikler sunmuşlardır.

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.

Arslan ve Aksoğan (1996) sürekli bağlantı yöntemi ile elastik zemine oturan ve kesit değişiklikleri ve güçlendirici kirişleri olan boşluklu perdeleri incelemişler ve çok bölgeli problemler için çözüm yapabilen bir bilgisayar programı hazırlamışlardır.

Li ve Choo (1997), elastik temele oturan ve iki veya üç güçlendirici kirişi olan tek sıra boşluklu perdelerin statik analizini yaparak çalışmanın sonunda bir örnek vermişlerdir.

Aksoğan, Arslan ve Salari (1999), kesit değişikliği olan ve elastik temele oturan güçlendirilmiş tek sıra boşluklu perdelerin dinamik analizini yaparak çeşitli örnekler sunmuşlardır.

Bikçe ve Aksoğan (2002), sürekli bağlantı yöntemi ile elastik zemine oturan, kiriş-duvar birleşim noktalarında bağlantı elastikliği bulunan, değişik yüksekliklerde güçlendirici kirişler ile desteklenmiş çok sıra boşluklu deprem perdelerinin statik ve dinamik analizlerini yapmışlar ve birçok geometrik ve malzeme şartlarını dikkate alabilecek özellikte, biri statik ve diğeri dinamik olmak üzere, iki adet bilgisayar programı hazırlamışlardır.

Emsen ve Arslan (2002), elastik temele oturan ve bağlantı kirişleri ile perde duvarları birleşiminde bağlantı esnekliği bulunan, değişik yüksekliklerde güçlendirici kirişler ile desteklenmiş iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yapmışlar, biri statik ve diğeri de dinamik olmak üzere iki adet bilgisayar programı hazırlamışlardır.

3. MATERYAL VE METOD

Yatay yüklerin etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için çok yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi SBY'dir. Bu yöntemde göre boşluklu perdeler, birleşik perdeler gibi gözönüne alınarak bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri perde yüksekliğince eşdeğer rijitlikte sürekli yayılı kirişlerle gösterilir. Bu değişiklik yapının özelliklerinin yüksekliğin fonksiyonları olarak verilmesini sağlar. Bu yöntemde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişleri ile güçlendirici kirişlerin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijitmiş gibi ele alınmalarıdır. Bu kabul kat döşemeleri için çok yaygın şekilde kullanılan rijit diyafram modeliyle eşdeğer olup, çok doğru sonuçlar verdiği bilinen bir gerçektir. Bu kabule dayanarak herhangi bir yükseklikte tüm perdelerin aynı yanal yerdeğiştirmeyi yaptıkları ve buna bağlı olarak aynı eğime sahip oldukları kabul edilebilir. Bu yöntemde ayrıca, perdeler arası bağlantı kirişi özelliklerinin bir bölgede, boşluk genişliklerinin ise bina yüksekliğince sabit olduğu kabul edilir. Bağlantı kirişlerinin tepedeki yanal yerdeğiştirmeyi ve tabandaki eğilme momentini azaltma görevlerini eğilme rijitliklerinin kısıtlı olması nedeniyle yeterince sağlayamadıkları durumlarda belirli yüksekliklere güçlendirici kirişler diye adlandırılan eğilme rijitliği yüksek bağlantı kirişleri yerleştirilir. Bu tekniğin temel diferansiyel denklemleri, her iki açıklıkta yer alan tüm bölgelerdeki bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemleridir. Boşluk sayısı kadar denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı, perdelerin tabanında ve tepesinde sınır şartları ve bölgeler arasında süreklilik şartları yazılarak çözülür.

Bu çalışmada, elastik temele oturan ve bağlantı kirişleri ve perde duvarları birleşiminde bağlantı elastikliği bulunan, değişik yüksekliklerde güçlendirici kirişler ile desteklenmiş iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin serbest titreşim ve zorlanmış titreşim analizleri yapılmıştır.

Eğer sürekli bağlantı yöntemi boşluklu perdeler doğrudan doğruya uygulanacak olursa yapılacak dinamik analiz sonucunda altıncı dereceden bir diferansiyel denklem çıkmaktadır ki, bu denklemin kapalı çözümü çok zordur. Ayrıca güçlendirici kirişlerle iki veya daha çok bölgeye ayrılan boşluklu perdelerde

her bölge için yazılacak aynı türden denklemlerin hepsinin ortak çözümü gerekmektedir. Denklem sayısı sistemdeki açıklık sayısının artması ve sistemin simetrik olmaması nedeni ile daha da artmaktadır. Bu nedenle problem özel bir uygulama ile çözülmüştür.

Bu çalışmada kullanılan özel yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada elastik temele oturan iki sıra boşluklu perde, istenilen sayıda ayırık kütlelerden oluşan bir toplanmış kütle sistemine dönüştürülür. Kütle sayısı sistemin serbestlik derecesini oluşturur. Her bir kütlenin büyüklüğü ise yapının yüksekliği boyunca ortalama kütle dağılımı ile elde edilir. Böylece yapının kütle matrisi bir köşegen matris olarak bulunur. Bundan sonra sıra sistemin rijitlik matrisinin bulunmasına gelir. Ayırık kütlelerin her birisinin yüksekliğinde birim yatay kuvvet için sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin orta noktalarında uygunluk denklemi yazılarak çözüme gidilir. Bu analiz sırasında temelin düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de göz önüne alınarak tabanda sınır şartları yazılır.

Esneklik matrisi her toplanmış kütlenin bulunduğu yükseklikteki yatay yerdeğiştirme doğrultusunda birim kuvvet uygulanarak bulunur. Her birim yük uygulamasından elde edilen yatay yerdeğiştirmeler esneklik matrisinin bir kolonunu oluşturmaktadır. Bu şekilde birim yükleme durumları için duvarlardaki yerdeğiştirme şekilleri bulunduktan sonra esneklik matrisi yazılır ve tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunur. Serbest titreşim analizinde, elde edilen rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrisinin serbest titreşim denkleminde yerine konulması ile sistemin doğal frekansları ve bu frekanslara ait mod şekil vektörleri elde edilir.

Çok serbestlik dereceli yapıların zorlanmış titreşim analizinde serbestlik derecesi arttıkça denklem takımının çözümü de zorlaşmakta ve özellikle zaman artım değeri azaldıkça veya adım sayısı arttıkça hesap miktarı artmaktadır. Kütle ve rijitlik matrisleri belirlenen boşluklu perdeye ait hareket denkleminde, her bir denklem bütün düğümlere ait büyüklükleri içermektedir. Zorlanmış titreşim analizinde, Mod-süperpozisyon yöntemi bu denklem takımına uygulanarak girişimsiz bir denklem takımı elde edilir ve daha sonra zamanla değişen yükler etkisindeki iki sıra boşluklu perdelerin her zaman artımına karşı gelen yerdeğiştirme değerleri Newmark yöntemi

kullanılarak bulunur. Newmark yöntemi lineer ivme ve ortalama sabit ivme kabullerine dayanmaktadır. Yöntemin ilk adımında yapı sisteminin yerdeğiştirme, hız ve ivme vektörleri için başlangıç değerleri belirlenir. İkinci adımda, zaman artım değeri ve ilgili parametreler, α ve δ belirlenir. Daha sonra da, bu parametreler yardımı ile integrasyon sabitleri bulunur ve sistemin efektif rijitlik matrisi oluşturulur. Bundan sonraki kısımda seçilen zaman artımının her tekrarı için aşağıdaki hesaplamalar yapılır. İlk olarak, efektif yük vektörü hesaplanır. Efektif rijitlik matrisi ve efektif yük vektörü belirlenen yapının yerdeğiştirmeleri ise sistem denklemleri ile bulunur. Son olarak, bir sonraki zaman adımındaki efektif yük vektörünün hesabı için kullanılacak olan hız ve ivme vektörleri belirlenir. Her zaman adımına karşı gelen girişimsiz yerdeğiştirme vektörleri kullanılarak sistemin gerçek yerdeğiştirme vektörleri bulunur.

Bu çalışmanın deprem analizinde ise spektral ivme eğrileri ve her mod için maksimum yerdeğiştirme vektörleri bulunduğundan sonra ilgili düğüm noktasının verilen deprem spektrumu etkisinde yaptığı maksimum yerdeğiştirmeyi hesaplamak için SRSS (Square Root of Sum of Squares) Yöntemi kullanılır. Böylece iki sıra boşluklu perdenin istenilen düğüm noktasındaki maksimum yerdeğiştirmeleri hesaplanmaktadır.

Çalışma sonunda bu yöntemin doğruluğunu kontrol etmek amacı ile FORTRAN bilgisayar programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılarak çeşitli örnekler çözülmüş ve elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak, sonuçların oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

4. İKİ SIRA BOŞLUKLU PERDELER

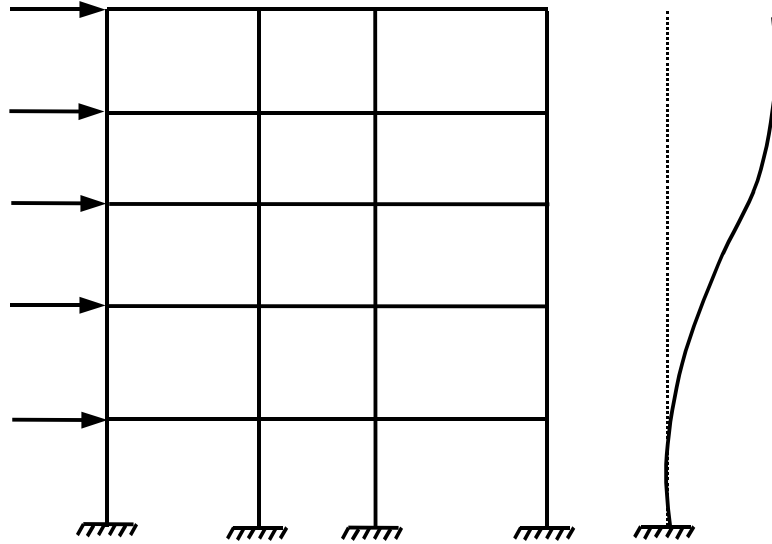
4.1. Giriş

Şehirlerin artan nüfusu karşısında insanlar, varolan yerleşim sahalarını ekonomik şekilde değerlendirmek için çok katlı binalar yapmak istemişlerdir. Ortaya çıkan bu ihtiyacı karşılamak için yapı mühendisleri sorunu çözmek amacı ile yüksek binalar yapmışlardır. Betonarme binalarda yükseklik arttıkça taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında rüzgar ve deprem gibi yatay yüklerin etkisinin düşey yüklere nazaran daha önemli olmaya başlaması, yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perdelerin kullanım alanlarını artırmıştır.

4.2. Yüksek Binalarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar

4.2.1. Çerçeveler

Çerçeveler kolon ve kirişlerden oluşan düzlemsel taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 4.1). Bu sistemlerde kolon ve kirişlerdeki kuvvetler “çubuk” teorisi ile hesaplanabilir.

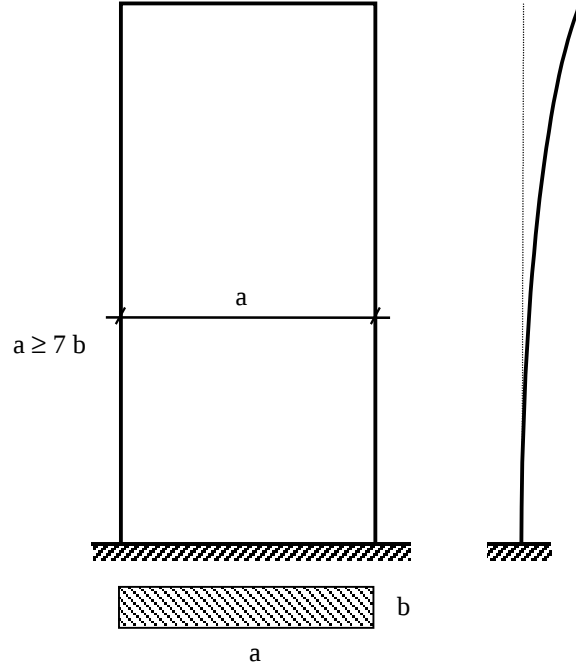


Şekil 4.1. Çerçeve ve elastik eğrisi

Yüksek yapılarda yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır.

4.2.2. Perdeler

Perdeler yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren düşey eksenli konsollardır (Şekil 4.2). Betonarme perdelerin en kesiti genellikle dikdörtgendir. Kesitin uzun kenarı kısa kenarının en az 7 katıdır. Yüksek binalardaki perdeler, genellikle, yatay yüklere karşı tek başlarına karşı koyarlar.

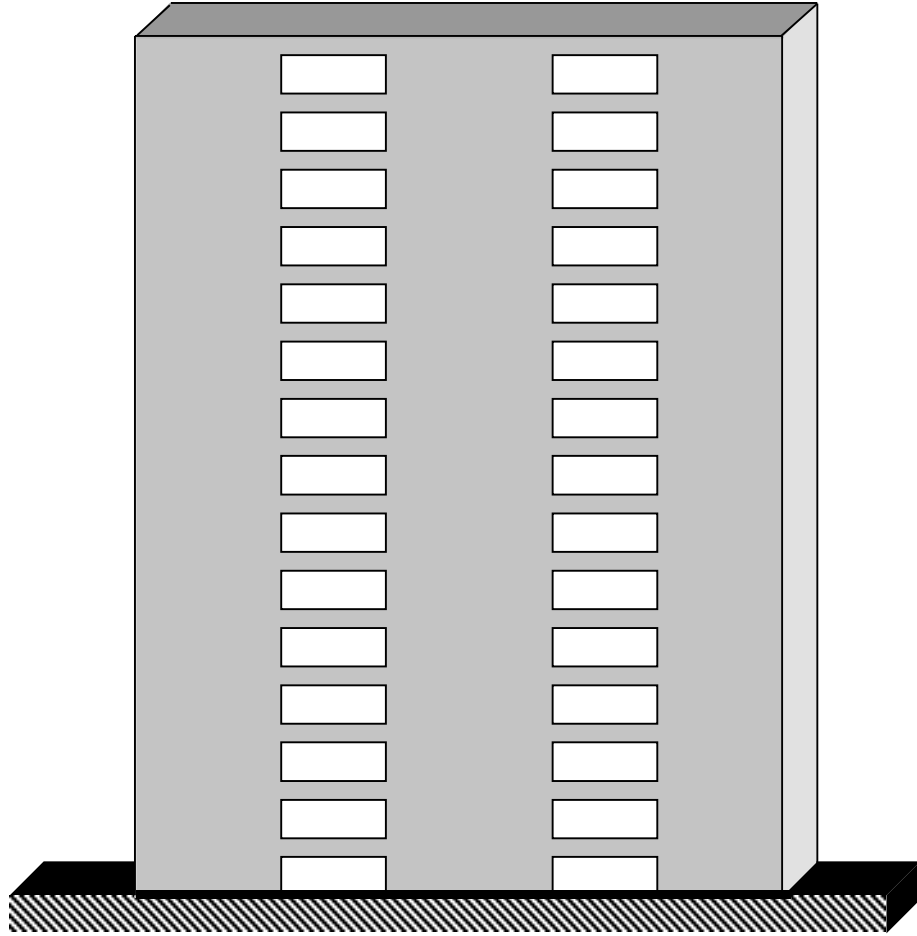


Şekil 4.2. Perde, en kesiti ve elastik eğrisi

4.2.3. Boşluklu Perdeler

Yüksek binalarda birbirinden bağımsız çalışan perdeler ve eğilme rijitliğine sahip elemanlar birbirlerine bağlanarak yapının yatay yönde rijitliği daha da arttırılır. Bu şekilde oluşan boşluklu perdeler, pencere veya kapı üstü lento kirişleri ile

birbirlerine bağlanmış olarak düşünölebilecekleri gibi dolu perdelerde konströktif nedenlerle yapılan boşluklar sonucu oluşmuş gibi de düşünölebilirler. Bu tür yapı elemanları “boşluklu perde” diye adlandırılır. İnşaat mühendislerinin yüksek binalarda pek sık tercih ettikleri perdelerden üç veya daha fazlasının bağlantı kirişleriyle birleştirilmesi durumunda birden fazla sayıda sıra boşluklu perdeler ortaya çıkabilmektedir. Bu tür taşıyıcı elemanlar “çok sıra boşluklu perdeler” olarak adlandırılırlar (Şekil 4.3).



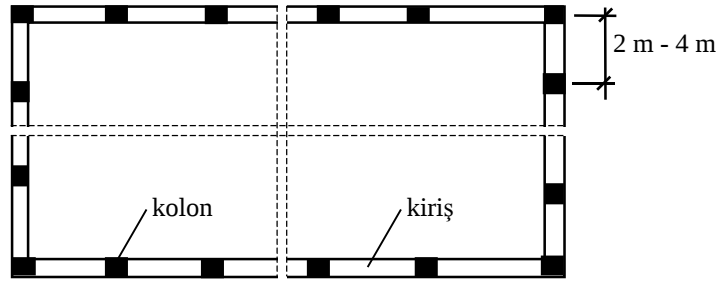
Şekil 4.3. İki sıra boşluklu perde

4.2.4. Perde-Çerçeve Taşıyıcı Elemanlar

Perde-Çerçeve sistemleri perde ile çerçeve elemanların bağ kirişleri ile birleşmesi sonucunda elde edilen taşıyıcı elemanlardır.

4.2.5. Tüp Çerçeveler

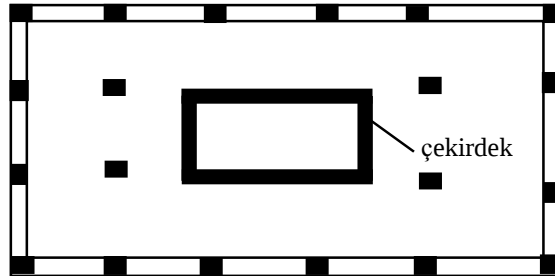
Bunlar yapının dört cephesinde sık kolonlar ve kirişlerden meydana gelmiş dikdörtgen kesitli kutular şeklindedir. Kolon aralıkları 2 m ile 4 m arasında değişmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yüksek yapılarda tüp çerçeveler

4.2.6. Çekirdekler

Bunlar genel olarak binadaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek elde edilen ince kesitli düşey eksenli elemanlardır. (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yüksek yapılarda çekirdekler

4.3. Yatay Yükler Etkisi Altındaki İki Sıra Boşluklu Perdelerin Davranışı

Yüksek binalarda, kat sayısının artması ile birlikte binaya daha fazla yatay etkiler gelmektedir. Artan bu yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları düşey yüklere ek olarak yatay yönde de deprem etkisinde kalmaktadır. Bu yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

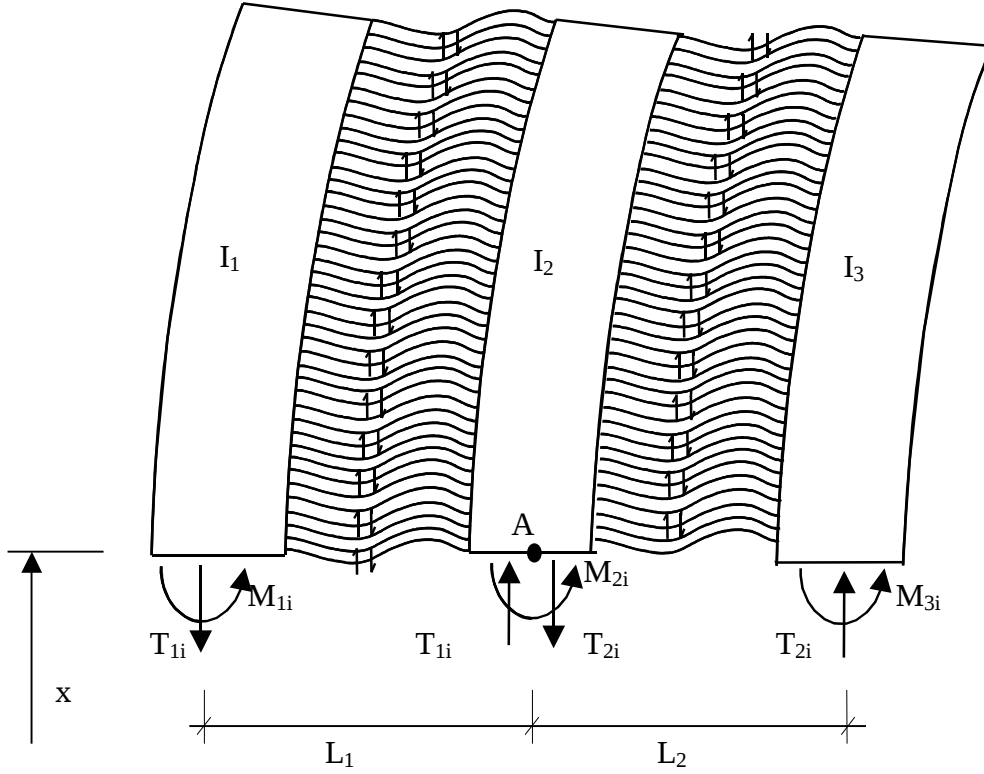
Yapıya etki eden yatay kuvvetleri, perdeli elemanlar yardımı ile temele aktarmak, diğer düşey taşıyıcı elemanların daha az kesme kuvveti almasına yardımcı olmakta, dolayısı ile yapının alt katlarındaki kolon ve kiriş kesitlerinin aşırı büyümesini önlemektedir. Perdeli sistemlerde kiriş ve kolonlara gelen momentler azaldığından bu elemanlarda önemli ölçüde donatı tasarrufu sağlanmaktadır.

Yüksek binalardaki perdeler, genellikle, yatay yüklerin büyük kısmına karşı koyarlar. Bu tür yapılarındaki birbirinden bağımsız çalışan perdelerin eğilme rijitliğine sahip elemanlar ile birbirlerine bağlanması ile yapının yatay yönde rijitliği daha da artırılır. Örneğin kapı, pencere veya koridor geçişleri için bırakılan boşluklardan dolayı çok sayıda perde olarak düşünülen deprem perdeleri pencere veya kapı üstü lento kirişleri ile birbirlerine bağlanmış gibi düşünülebilirler. Lento veya döşeme elemanları perdelerle rijit bağlandıklarında bu elemanlar bağlantı kirişi görevini üstlenirler. Bu tür yapılara boşluklu perde denir.

Boşluklu perdede yatay kuvvetlerin perde üzerindeki etkisi bağlantı kirişlerinin aksel rijitliğine bağlıdır. Bağlantı kirişlerinin aksel rijitlikleri çok küçük olduğu zaman, yüklemeye sonra kirişler perdeler arasında kuvvet aktarılmasını sağlayamadığından bütün yük yanal kuvvetin etki ettiği ilk perde tarafından taşınacaktır. Bağlantı kirişleri sonsuz rijit olduğu zaman ise, perdeler yüklemeye eğilme rijitlikleri oranında karşı koyacaklardır ve herhangi bir yükseklikte perdelerin yatay yerdeğiştirmeleri, dönmeleri ve eğrilikleri eşit olacağı gibi perdelerin momentleri de atalet momentleriyle orantılı olacaktır. Gerçekte sonsuz rijit kiriş olamayacağı halde çeşitli analiz yöntemlerinde işlem kolaylığı da

sağladığı için kirişler aksenal yönde sonsuz rijit kabul edilirler. Rijit diyafram kabulü diye de adlandırılan bu kabul, döşemelerin sağladığı rijitlikten dolayı gerçeğe çok yakın sonuçlar vermektedir. Bu tezde, ayrıca, katlardaki boşluklar arasındaki bağlantı kirişlerinin özelliklerinin ve aralarındaki uzaklıkların tüm bina boyunca (veya bölge bölge) sabit olduğu kabul edilecektir.

Bu çalışmada, iki sıra boşluklu perdeyi oluşturan komşu iki boşluk sırası arasındaki her bir düşey eksenli betonarme taşıyıcı, “duvar” olarak adlandırılmıştır. Perdeler yatay yükler etkisi ile yatay yerdeğiştirme yaptıklarından duvarlar arasında bulunan bağlantı kirişleri dönmeye ve düşey yerdeğiştirmeye zorlanırlar. Buna bağlı olarak kirişler çift eğrilikli olur ve duvarların serbestçe eğilmesine karşı koyarlar (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. İki sıra boşluklu perdenin yatay yükler etkisi altındaki davranışı

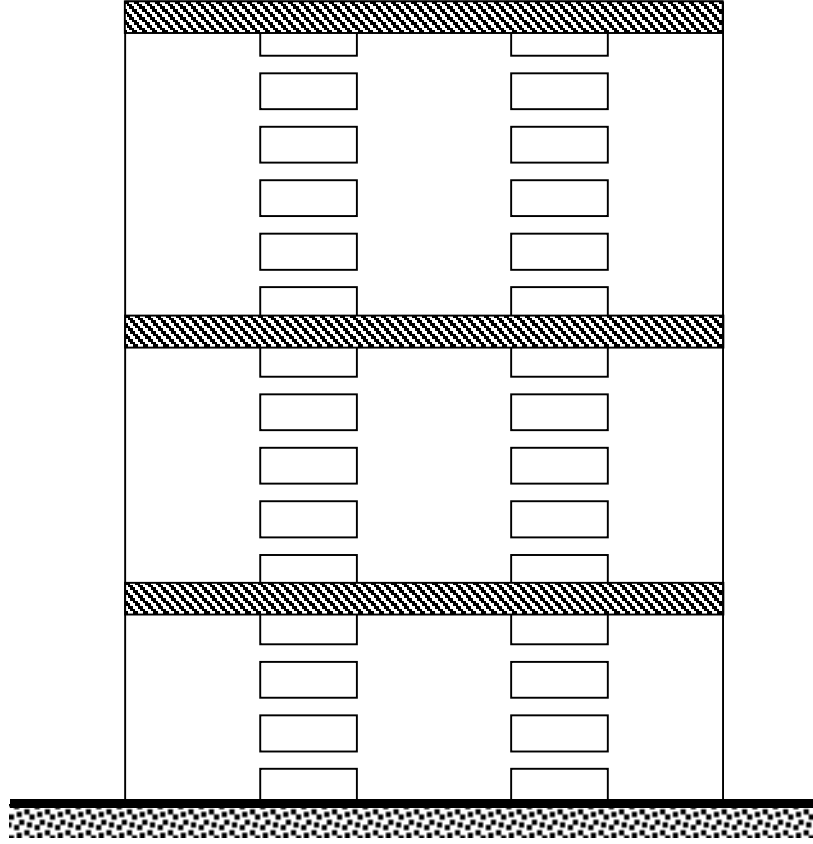
Duvarlardaki eğilme etkisi ile bağlantı kirişlerinde kesme kuvvetleri oluşur. Bu kesme kuvvetleri ise perdelerde eksenel kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin Şekil 4.6’da görülen iki sıra boşluklu perde için dış kuvvetlerden dolayı perde sistemine etki eden M_{ei} momenti duvarlardaki M_{1i} , M_{2i} ve M_{3i} reaksiyon momentleri ve T_{1i} , T_{2i} reaksiyon kuvvetleri ile karşılandığından aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$M_{ei} = M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} + T_{1i} L_1 + T_{2i} L_2 \quad (4.1)$$

4.4. Güçlendirilmiş Boşluklu Perde

Perdelerde bırakılan boşluklar gözönüne alınarak yapılan çalışmalar sonunda perdelerin, dolayısı ile binaların, projelendirilmesinin ekonomik şekilde yapılabilmesi için, bina yüksekliklerinin 30-40 kat ile sınırlı kalması gerektiği ortaya çıkmıştır. Daha yüksek binalarda genel tasarım kurallarına (tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranı $\approx 1/500$ v.b.) uymak amacıyla perdelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür yapı elemanlarına ise “güçlendirilmiş boşluklu perde” denilmektedir.

Boşluklu perdelerin güçlendirilmesi ile yatay yerdeğiştirmelerde azalmalar görüleceğinden bina yüksekliğinde artış sağlanabilir. Bu nedenle binada depo, servis veya başka bir amaç ile boş bırakılan kata yüksek bir kiriş yapmak en uygun çözüm olarak görünmektedir. Yapılacak olan bu kiriş, çelik kafes sistem veya rijitliği yüksek bir betonarme kiriş olabilir. Yapısal davranışta iyileşmeyi sağlayacak olan bu yüksek kirişlerin sayısı ve yerleri proje mühendisine bağlıdır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Güçlendirilmiş iki sıra boşluklu perde

Güçlendirilmiş boşluklu perde problemi çeşitli modelleme yöntemlerinin yanı sıra 1960'lı yıllardan itibaren sürekli bağlantı yöntemi ile de ele alınmış, perdenin tepesinde (Coull, 1974), tepesinde ve tabanında (Choo ve Coull, 1984) güçlendirici kirişler olmak üzere tek bölge problemler için analitik çözümler verilmiştir. Güçlendirici kirişin bina yüksekliği içinde herhangi bir yükseklikte alınması ile bölge sayısı ikiye çıkmış ve güçlendirici kiriş yüksekliğinin değiştirilebildiği çözümler yapılmıştır (Chan ve Kuang, 1988). Coull ve Bensmail (1988), ilk olarak, güçlendirici kiriş sayısını ikiye çıkarmışlar ve üç bölge problem için analitik çözüm vermişlerdir. Gerek formülasyondaki uzunluk gerekse bölge sayısındaki kısıtlamadan dolayı sorun, daha sonra, tekrar ele alınmış (Aksoğan ve Ark., 1993), cebrik işlem yapabilen **Mathematica** programı ile çok bölge boşluklu perdeler için çözüm yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Anlatılan bu çalışmalarda perdeler statik yük

etkisinde çözülmüştür. Literatürde güçlendirilmiş perdeler üzerine yapılan tüm bu statik analiz çalışmaları tek sıra boşluklu perdeler içindir. Sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak yapılan boşluklu perde analizinde boşluk sıra sayısının artmasıyla birlikte bilinmeyen sayısı da artmakta ve formülasyondaki uzunluk dolayısı ile kapalı çözümler vermek zorlaşmaktadır. Bu yüzden bilinmeyen sayısını düşük tutmak amacı ile sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak bugüne kadar yapılmış olan statik analizlerde rijit temele oturan, güçlendiricisiz, iki sıra ve simetrik üç sıra boşluklu perdeler üzerine çıkılmamıştır (Coull ve Subedi, 1972). Literatürde güçlendirilmiş çok sıra boşluklu perdelerin statik analizi üzerine yapılan çalışmaya rastlanmamıştır. Boşluklu perdelerin dinamik analizi üzerine fazla çalışma yapılmamış, yalnız Coull ve Mukherjee (1973), güçlendiricisiz tek sıra boşluklu perdelerin, Li ve Choo (1996) ise tepesinde, tabanında ve ortasında birer adet güçlendirici kiriş bulunan tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yapmışlardır. Aksoğan ve ark. (1999), sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan ve bölgeler arasında kesit değişikliği olan tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yapmışlardır.

Bu tezde, elastik temele oturan, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan ve bağlantı kirişi-duvar bağlantı esnekliğini dikkate alan iki sıra boşluklu perdelerin önce serbest titreşim analizi yapılmış, daha sonra da zamanla değişen yükler etkisinde zorlanmış titreşim ve deprem analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada, her katta ardarda sıralanan bağlantı kirişi yükseklikleri de değiştirilebilmektedir.

4. İKİ SIRA BOŞLUKLU PERDELER

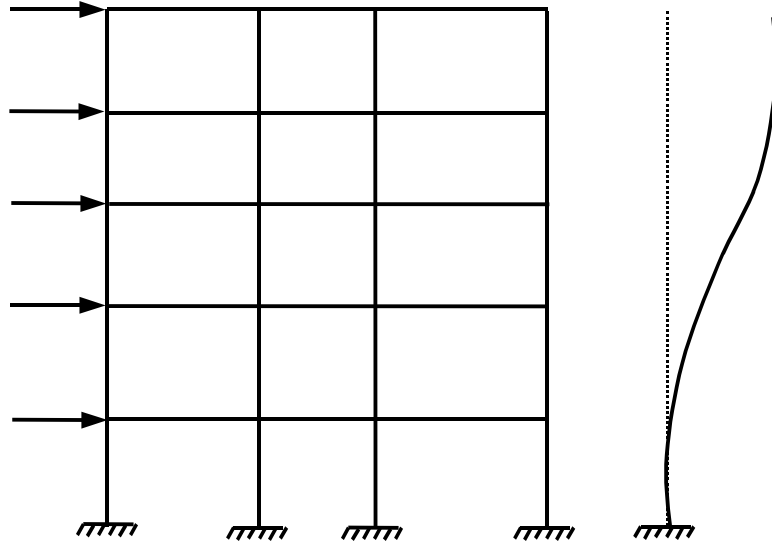
4.1. Giriş

Şehirlerin artan nüfusu karşısında insanlar, varolan yerleşim sahalarını ekonomik şekilde değerlendirmek için çok katlı binalar yapmak istemişlerdir. Ortaya çıkan bu ihtiyacı karşılamak için yapı mühendisleri sorunu çözmek amacı ile yüksek binalar yapmışlardır. Betonarme binalarda yükseklik arttıkça taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında rüzgar ve deprem gibi yatay yüklerin etkisinin düşey yüklere nazaran daha önemli olmaya başlaması, yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perdelerin kullanım alanlarını artırmıştır.

4.2. Yüksek Binalarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar

4.2.1. Çerçeveler

Çerçeveler kolon ve kirişlerden oluşan düzlemsel taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 4.1). Bu sistemlerde kolon ve kirişlerdeki kuvvetler “çubuk” teorisi ile hesaplanabilir.

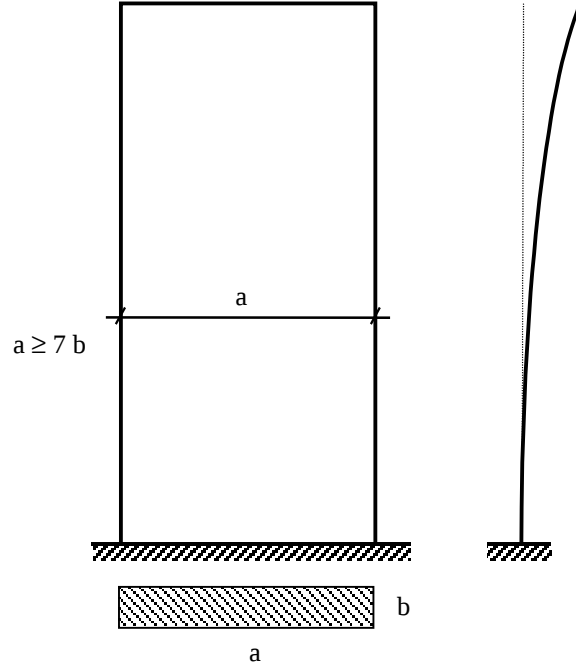


Şekil 4.1. Çerçeve ve elastik eğrisi

Yüksek yapılarda yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır.

4.2.2. Perdeler

Perdeler yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren düşey eksenli konsollardır (Şekil 4.2). Betonarme perdelerin en kesiti genellikle dikdörtgendir. Kesitin uzun kenarı kısa kenarının en az 7 katıdır. Yüksek binalardaki perdeler, genellikle, yatay yüklere karşı tek başlarına karşı koyarlar.

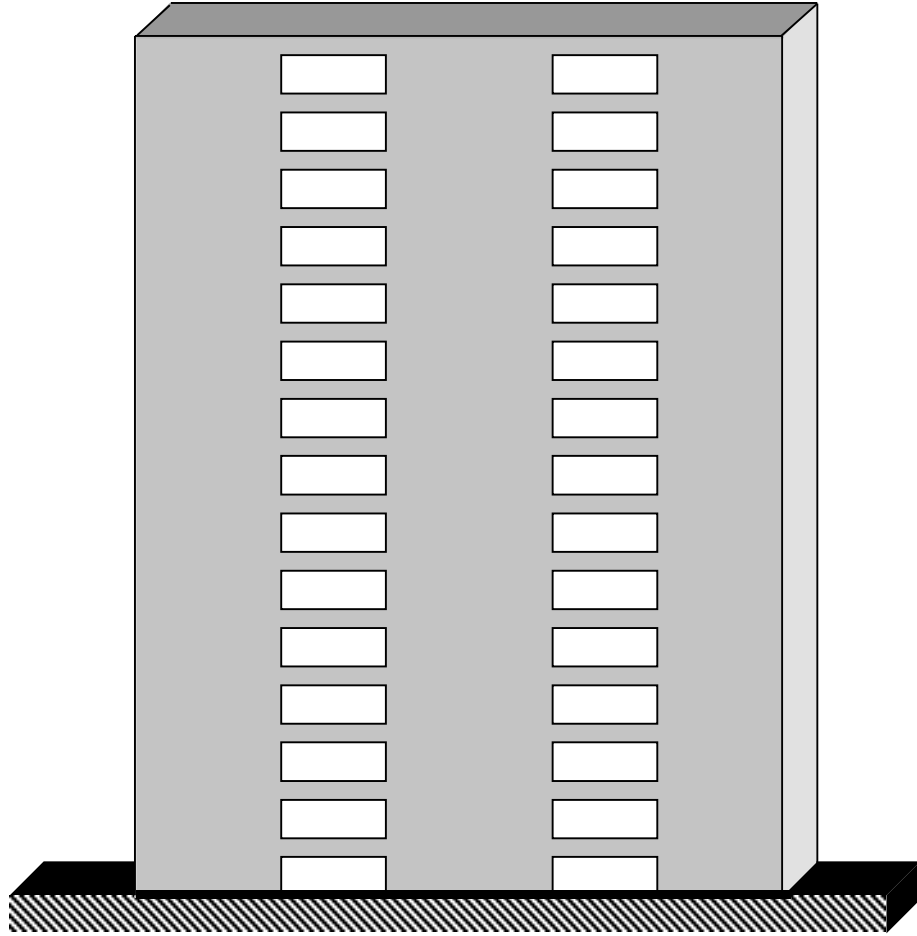


Şekil 4.2. Perde, en kesiti ve elastik eğrisi

4.2.3. Boşluklu Perdeler

Yüksek binalarda birbirinden bağımsız çalışan perdeler ve eğilme rijitliğine sahip elemanlar birbirlerine bağlanarak yapının yatay yönde rijitliği daha da arttırılır. Bu şekilde oluşan boşluklu perdeler, pencere veya kapı üstü lento kirişleri ile

birbirlerine bağlanmış olarak düşünülebilecekleri gibi dolu perdelerde konstrüktif nedenlerle yapılan boşluklar sonucu oluşmuş gibi de düşünülebilirler. Bu tür yapı elemanları “boşluklu perde” diye adlandırılır. İnşaat mühendislerinin yüksek binalarda pek sık tercih ettikleri perdelerden üç veya daha fazlasının bağlantı kirişleriyle birleştirilmesi durumunda birden fazla sayıda sıra boşluklu perdeler ortaya çıkabilmektedir. Bu tür taşıyıcı elemanlar “çok sıra boşluklu perdeler” olarak adlandırılırlar (Şekil 4.3).



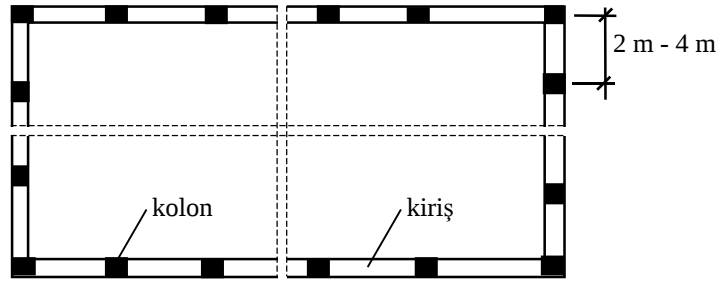
Şekil 4.3. İki sıra boşluklu perde

4.2.4. Perde-Çerçeve Taşıyıcı Elemanlar

Perde-Çerçeve sistemleri perde ile çerçeve elemanların bağ kirişleri ile birleşmesi sonucunda elde edilen taşıyıcı elemanlardır.

4.2.5. Tüp Çerçeveler

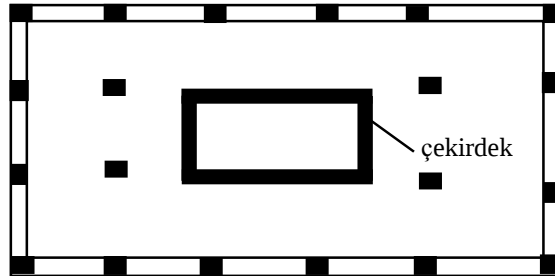
Bunlar yapının dört cephesinde sık kolonlar ve kirişlerden meydana gelmiş dikdörtgen kesitli kutular şeklindedir. Kolon aralıkları 2 m ile 4 m arasında değişmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yüksek yapılarda tüp çerçeveler

4.2.6. Çekirdekler

Bunlar genel olarak binadaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek elde edilen ince kesitli düşey eksenli elemanlardır. (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yüksek yapılarda çekirdekler

4.3. Yatay Yükler Etkisi Altındaki İki Sıra Boşluklu Perdelerin Davranışı

Yüksek binalarda, kat sayısının artması ile birlikte binaya daha fazla yatay etkiler gelmektedir. Artan bu yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları düşey yüklere ek olarak yatay yönde de deprem etkisinde kalmaktadır. Bu yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

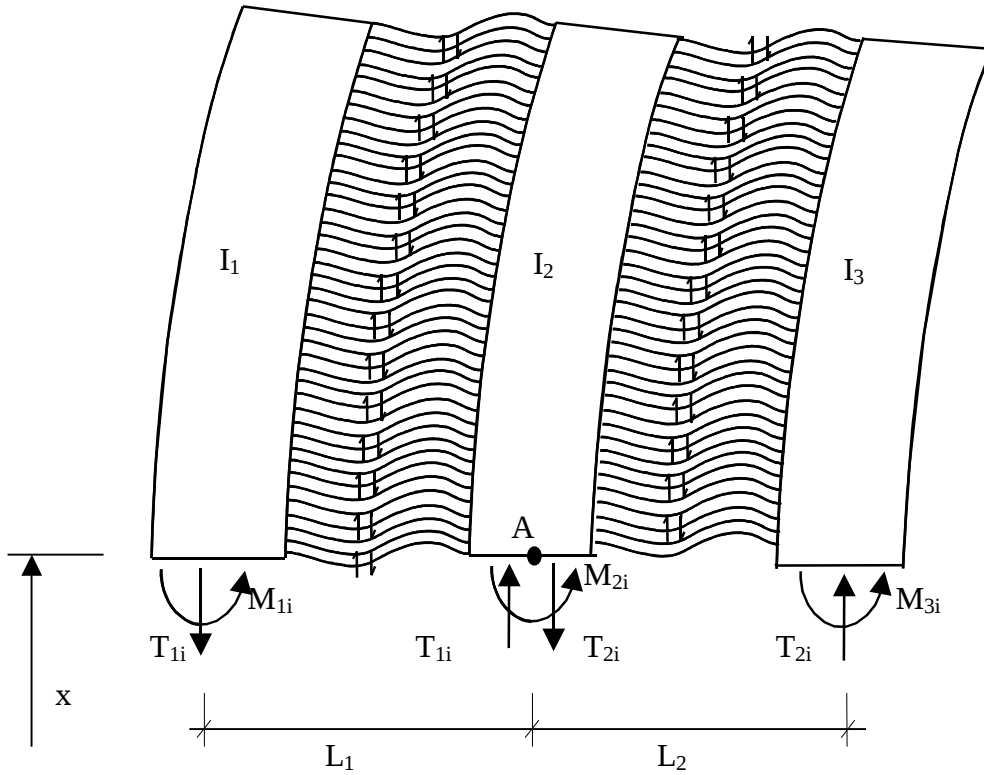
Yapıya etki eden yatay kuvvetleri, perdeli elemanlar yardımı ile temele aktarmak, diğer düşey taşıyıcı elemanların daha az kesme kuvveti almasına yardımcı olmakta, dolayısı ile yapının alt katlarındaki kolon ve kiriş kesitlerinin aşırı büyümesini önlemektedir. Perdeli sistemlerde kiriş ve kolonlara gelen momentler azaldığından bu elemanlarda önemli ölçüde donatı tasarrufu sağlanmaktadır.

Yüksek binalardaki perdeler, genellikle, yatay yüklerin büyük kısmına karşı koyarlar. Bu tür yapılarındaki birbirinden bağımsız çalışan perdelerin eğilme rijitliğine sahip elemanlar ile birbirlerine bağlanması ile yapının yatay yönde rijitliği daha da artırılır. Örneğin kapı, pencere veya koridor geçişleri için bırakılan boşluklardan dolayı çok sayıda perde olarak düşünülen deprem perdeleri pencere veya kapı üstü lento kirişleri ile birbirlerine bağlanmış gibi düşünülebilirler. Lento veya döşeme elemanları perdelerle rijit bağlandıklarında bu elemanlar bağlantı kirişi görevini üstlenirler. Bu tür yapılara boşluklu perde denir.

Boşluklu perdede yatay kuvvetlerin perde üzerindeki etkisi bağlantı kirişlerinin aksel rijitliğine bağlıdır. Bağlantı kirişlerinin aksel rijitlikleri çok küçük olduğu zaman, yüklemekten sonra kirişler perdeler arasında kuvvet aktarılmasını sağlayamadığından bütün yük yanal kuvvetin etki ettiği ilk perde tarafından taşınacaktır. Bağlantı kirişleri sonsuz rijit olduğu zaman ise, perdeler yüklemeye eğilme rijitlikleri oranında karşı koyacaklardır ve herhangi bir yükseklikte perdelerin yatay yerdeğiştirmeleri, dönmeleri ve eğrilikleri eşit olacağı gibi perdelerin momentleri de atalet momentleriyle orantılı olacaktır. Gerçekte sonsuz rijit kiriş olamayacağı halde çeşitli analiz yöntemlerinde işlem kolaylığı da

sağladığı için kirişler aksenal yönde sonsuz rijit kabul edilirler. Rijit diyafram kabulü diye de adlandırılan bu kabul, döşemelerin sağladığı rijitlikten dolayı gerçeğe çok yakın sonuçlar vermektedir. Bu tezde, ayrıca, katlardaki boşluklar arasındaki bağlantı kirişlerinin özelliklerinin ve aralarındaki uzaklıkların tüm bina boyunca (veya bölge bölge) sabit olduğu kabul edilecektir.

Bu çalışmada, iki sıra boşluklu perdeyi oluşturan komşu iki boşluk sırası arasındaki her bir düşey eksenli betonarme taşıyıcı, “duvar” olarak adlandırılmıştır. Perdeler yatay yükler etkisi ile yatay yerdeğiştirme yaptıklarından duvarlar arasında bulunan bağlantı kirişleri dönmeye ve düşey yerdeğiştirmeye zorlanırlar. Buna bağlı olarak kirişler çift eğrilikli olur ve duvarların serbestçe eğilmesine karşı koyarlar (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. İki sıra boşluklu perdenin yatay yükler etkisi altındaki davranışı

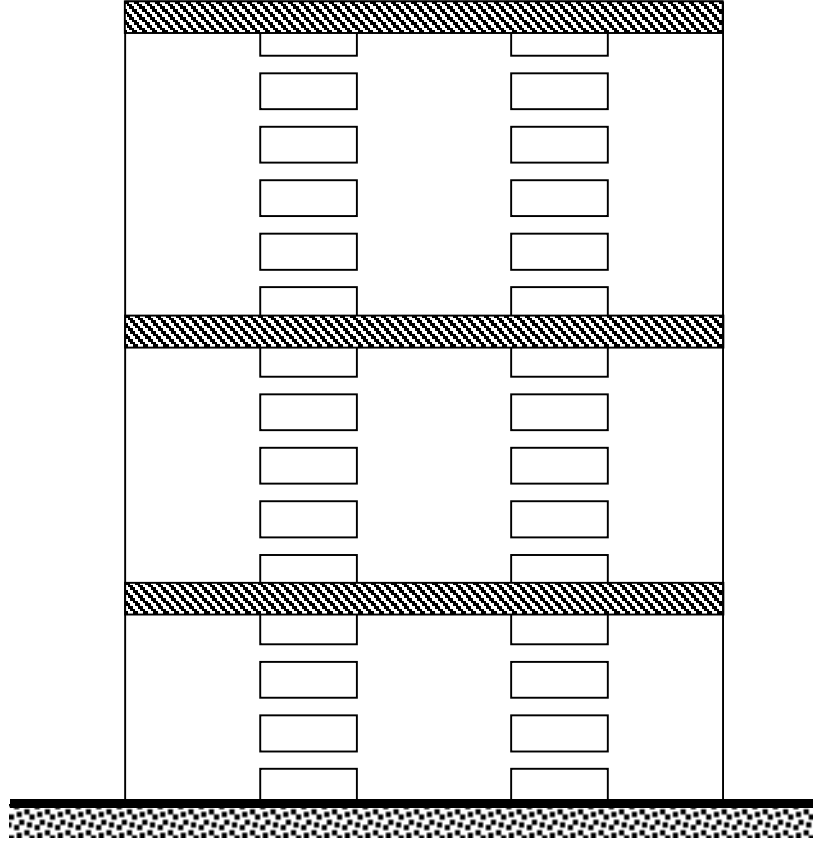
Duvarlardaki eğilme etkisi ile bağlantı kirişlerinde kesme kuvvetleri oluşur. Bu kesme kuvvetleri ise perdelerde eksenel kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin Şekil 4.6’da görülen iki sıra boşluklu perde için dış kuvvetlerden dolayı perde sistemine etki eden M_{ei} momenti duvarlardaki M_{1i} , M_{2i} ve M_{3i} reaksiyon momentleri ve T_{1i} , T_{2i} reaksiyon kuvvetleri ile karşılandığından aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$M_{ei} = M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} + T_{1i} L_1 + T_{2i} L_2 \quad (4.1)$$

4.4. Güçlendirilmiş Boşluklu Perde

Perdelerde bırakılan boşluklar gözönüne alınarak yapılan çalışmalar sonunda perdelerin, dolayısı ile binaların, projelendirilmesinin ekonomik şekilde yapılabilmesi için, bina yüksekliklerinin 30-40 kat ile sınırlı kalması gerektiği ortaya çıkmıştır. Daha yüksek binalarda genel tasarım kurallarına (tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranı $\approx 1/500$ v.b.) uymak amacıyla perdelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür yapı elemanlarına ise “güçlendirilmiş boşluklu perde” denilmektedir.

Boşluklu perdelerin güçlendirilmesi ile yatay yerdeğiştirmelerde azalmalar görüleceğinden bina yüksekliğinde artış sağlanabilir. Bu nedenle binada depo, servis veya başka bir amaç ile boş bırakılan kata yüksek bir kiriş yapmak en uygun çözüm olarak görünmektedir. Yapılacak olan bu kiriş, çelik kafes sistem veya rijitliği yüksek bir betonarme kiriş olabilir. Yapısal davranışta iyileşmeyi sağlayacak olan bu yüksek kirişlerin sayısı ve yerleri proje mühendisine bağlıdır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Güçlendirilmiş iki sıra boşluklu perde

Güçlendirilmiş boşluklu perde problemi çeşitli modelleme yöntemlerinin yanı sıra 1960'lı yıllardan itibaren sürekli bağlantı yöntemi ile de ele alınmış, perdenin tepesinde (Coull, 1974), tepesinde ve tabanında (Choo ve Coull, 1984) güçlendirici kirişler olmak üzere tek bölge problemler için analitik çözümler verilmiştir. Güçlendirici kirişin bina yüksekliği içinde herhangi bir yükseklikte alınması ile bölge sayısı ikiye çıkmış ve güçlendirici kiriş yüksekliğinin değiştirilebildiği çözümler yapılmıştır (Chan ve Kuang, 1988). Coull ve Bensmail (1988), ilk olarak, güçlendirici kiriş sayısını ikiye çıkarmışlar ve üç bölge problem için analitik çözüm vermişlerdir. Gerek formülasyondaki uzunluk gerekse bölge sayısındaki kısıtlamadan dolayı sorun, daha sonra, tekrar ele alınmış (Aksoğan ve Ark., 1993), cebrik işlem yapabilen **Mathematica** programı ile çok bölge boşluklu perdeler için çözüm yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Anlatılan bu çalışmalarda perdeler statik yük

etkisinde çözülmüştür. Literatürde güçlendirilmiş perdeler üzerine yapılan tüm bu statik analiz çalışmaları tek sıra boşluklu perdeler içindir. Sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak yapılan boşluklu perde analizinde boşluk sıra sayısının artmasıyla birlikte bilinmeyen sayısı da artmakta ve formülasyondaki uzunluk dolayısı ile kapalı çözümler vermek zorlaşmaktadır. Bu yüzden bilinmeyen sayısını düşük tutmak amacı ile sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak bugüne kadar yapılmış olan statik analizlerde rijit temele oturan, güçlendiricisiz, iki sıra ve simetrik üç sıra boşluklu perdeler üzerine çıkılmamıştır (Coull ve Subedi, 1972). Literatürde güçlendirilmiş çok sıra boşluklu perdelerin statik analizi üzerine yapılan çalışmaya rastlanmamıştır. Boşluklu perdelerin dinamik analizi üzerine fazla çalışma yapılmamış, yalnız Coull ve Mukherjee (1973), güçlendiricisiz tek sıra boşluklu perdelerin, Li ve Choo (1996) ise tepesinde, tabanında ve ortasında birer adet güçlendirici kiriş bulunan tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yapmışlardır. Aksoğan ve ark. (1999), sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan ve bölgeler arasında kesit değişikliği olan tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yapmışlardır.

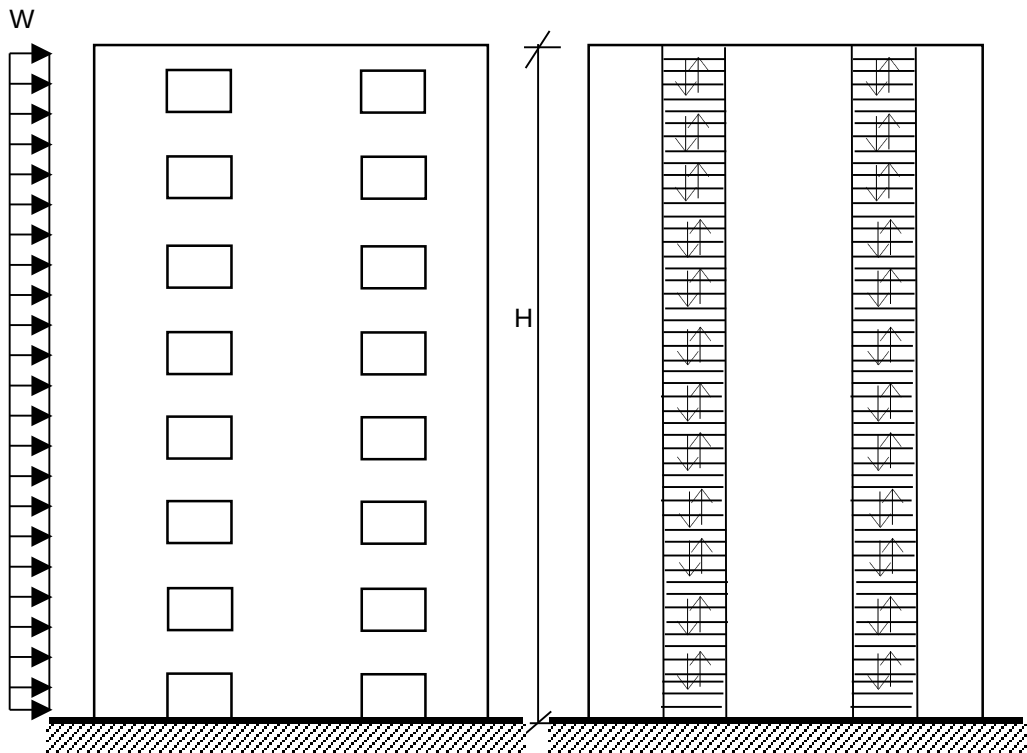
Bu tezde, elastik temele oturan, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan ve bağlantı kirişi-duvar bağlantı esnekliğini dikkate alan iki sıra boşluklu perdelerin önce serbest titreşim analizi yapılmış, daha sonra da zamanla değişen yükler etkisinde zorlanmış titreşim ve deprem analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada, her katta ardarda sıralanan bağlantı kirişi yükseklikleri de değiştirilebilmektedir.

5. SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ

5.1 Giriş

Rosman (1964) ile başlayan bu yöntemin gelişimi son otuz beş yıldan günümüze kadar çeşitli kurumlarda araştırmacılar tarafından sürdürülmüş ve bu konuda birçok makale yayınlanmıştır. Yöntemin anafikri, her kat yüksekliğinde duvarları birbirlerine bağlayan bağ kirişlerinde ve/veya döşemelerde bulunan kesme kuvvetlerini sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellemektir.

Bu yöntemde, bağ kirişlerine komşu perde duvarlarının aynı dönmeyi yaptığı, dolayısıyla bağ kirişlerinin moment sıfır noktalarının açıklık ortasında oluşacağı kabul edilmektedir. Ayrıca, bağ kirişleri eşdeğer sürekli ortama dönüştürülerek temsil edilmektedir (Şekil 5.1). Böylece, bütün önemli büyüklükler yüksekliğe bağlı olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak, iki boyutlu bir sistem olan boşluklu perdelerin çözümü SBY ile tek boyutlu şekle gelmektedir.



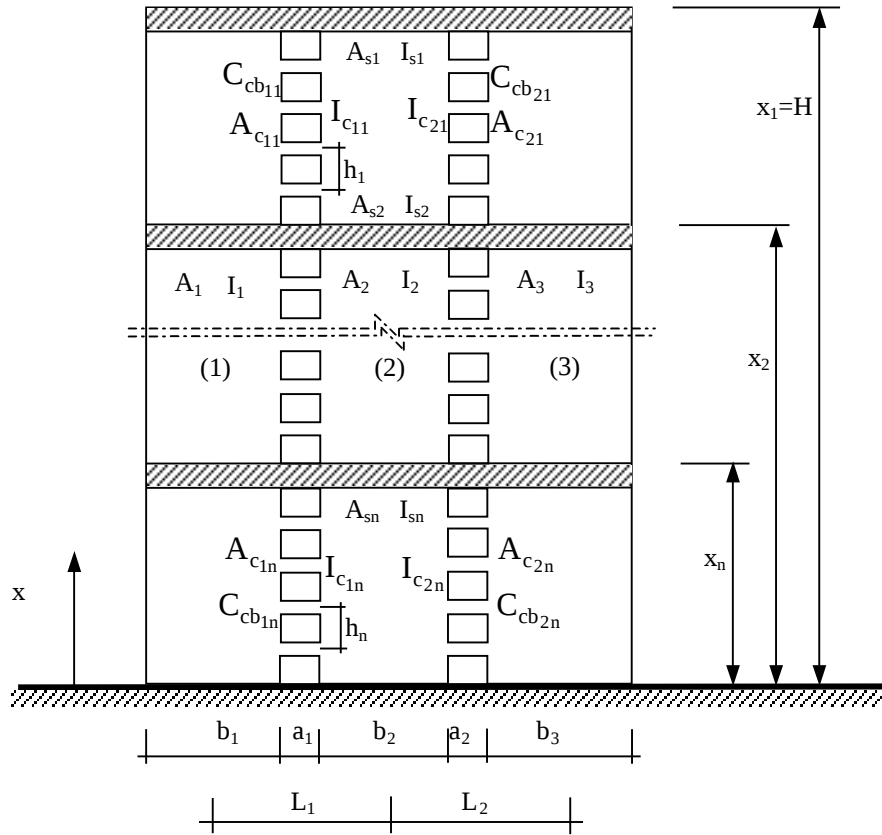
Şekil 5.1. İki sıra boşluklu perdenin SBY ile modellenmesi

Bağlantı kirişleri herhangi bir yatay yük altında eksenleri doğrultusunda sonsuz rijitmiş gibi ele alınır ve tüm duvarlar aynı yanal yerdeğiştirmeyi yaparlar ve buna bağlı olarak aynı eğime sahip oldukları kabul edilebilir. SBY'nin temel diferansiyel denklemleri, her sıra boşluk için bağlantı kirişlerinin moment sıfır noktaları olan orta noktalarında düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemlerinden oluşur. Her bölgede boşluk sayısı olan iki adet denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı, yerine koyma yöntemi kullanılarak tek bilinmeyenli hale dönüştürülerek çözülür. Bu analizde tabandaki sınır koşulları yazılırken elastik mesnet durumu için temelin düşey ve dönel rijitlikleri de gözönüne alınır.

Tek sıra veya simetrik iki sıra boşluklu perdeler için SBY yöntemi kullanılarak problem lineer diferansiyel denklem takımı ile formüle edilip kapalı çözüm elde edilir. Ancak, SBY kullanılarak yapılan boşluklu perde analizinde boşluk sıra sayısının artmasıyla birlikte bilinmeyen sayısı da artmakta ve formülasyondaki uzunluk dolayısı ile kapalı çözümler vermek zorlaşmaktadır.

Yüksek binalarda, rüzgar ve depremden meydana gelen yatay kuvvetler genellikle perdeler tarafından karşılanır. İçi dolu bir perde konsol kiriş gibi çalıştığından hesabı kolaydır. Ancak, içlerinde kapı, pencere ve koridor geçişleri için bırakılan boşluklarla zayıflayan deprem perdeleri yüksek dereceden hiperstatik olduklarından hesapları da güçleşmektedir. Yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren deprem perdelerinin çok katlı yapılarda yaygın bir şekilde tercih edilmesi ile birlikte, mimari nedenlerle bırakılan boşluk sıra sayısında da artış olmuştur.

Bağlantı kirişlerinin tepenin yanal yerdeğiştirmesini ve tabanın eğilme momentini azaltma görevlerini, yüksekliklerinin kısıtlanması nedeniyle, yeterince sağlayamadıkları binalarda belirli yüksekliklere güçlendirici kiriş diye adlandırılan eğilme rijitliği yüksek kirişler yerleştirilir. (Şekil 5.2)



Şekil 5.2 Güçlendirici kirişleri olan iki sıra boşluklu perde

Coull (1974) tek sıra boşluklu, tepesinde güçlendirici kiriş bulunan, elastik temel üzerine oturan ve simetrik olmayan tek sıra boşluklu perde problemi için kapalı çözümler elde etmiştir. Chan ve Kuang (1988-1989) elastik temele oturan ve üzerinde herhangi bir yükseklikte tek güçlendirici kiriş bulunan tek sıra boşluklu perdeleri SBY ile incelemişlerdir. Coull ve Bensmail (1991), SBY ile elastik temel üzerine oturan ve iki güçlendirici kiriş olan perdeleri incelemişlerdir.

Bu çalışmada, elastik temele oturan, sonlu sayıda güçlendirici kiriş olan ve bağlantı kiriş-duvar bağlantı esnekliğini dikkate alan iki sıra boşluklu perdelerin SBY kullanılarak serbest titreşim analizi, zorlanmış titreşim analizi ve deprem analizi yapılmıştır. Duvar ve boşluk genişlik ve kalınlıkları tüm bina boyunca sabit tutulmasına rağmen, kat yüksekliği değişimi bölgeden bölgeye yapılabilmekte, bir

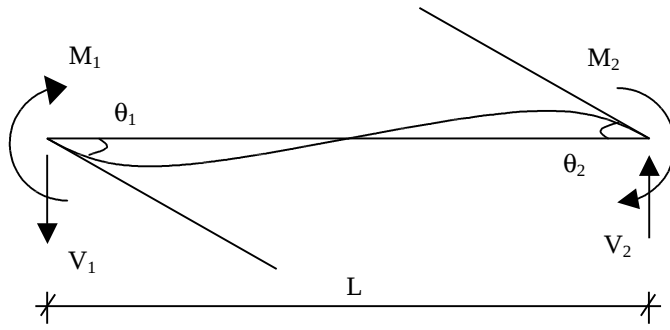
duvar ve bağlantı kirişinin geometrik ve fiziksel özellikleri diğer duvar ve bağlantı kirişlerinde değişebilmektedir.

5.2. Sürekli Bağlantı Yönteminde Yapılan Kabuller

İki sıra boşluklu perdelerin analizinde yapılan kabuller şunlardır:

1. Herhangi iki duvarı birbirine bağlayan bağlantı kirişlerinin ve her bir duvarın özelliği bölge yüksekliği boyunca sabittir.
2. Eğilme rijitliği, boşluklar için sırası ile EI_{c1i} ve EI_{c2i} olan ayrıık bağlantı kirişlerinin yerine eğilme rijitliği birim yükseklikte EI_{c1i}/h_i ve EI_{c2i}/h_i olan eşdeğer sürekli bağlantı ortamı oluşturulur. Burada önemli bir nokta en üstteki bağlantı kirişlerinin atalet momentlerinin birinci bölgedeki bağlantı kirişlerinin atalet momentlerinin yarısına eşit olduğu varsayımıdır.
3. Bağlantı kirişlerinin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijit oldukları kabul edilir. Bundan dolayı tüm duvarlar aynı yükseklikte eşit yatay yerdeğiştirme yaparlar. Bu kabule göre aynı yükseklikte bütün duvarların eğimleri ve eğrilikleri de birbirlerine eşit kabul edilebilir. Her bir duvardaki eğilme momenti perde eğilme rijitliği ile orantılıdır.
4. Eğilmeden önce eksene dik olan düzlem kesitler eğilmeden sonra da eksene dik ve düzlem kalırlar.
5. Her bölgede bağlantı kirişlerinin duvarlarla bağlantıları her iki uçlarında da aynı eşdeğer yay sabitine sahiptirler.
6. Bağlantı kirişlerindeki ayrıık kesme kuvvetlerinin yerini onlara eşdeğer ve birim yükseklikteki değeri q_{1i} ve q_{2i} olan sürekli kesme kuvvetleri alır.
7. Bağlantı kirişlerinin üzerinde yük olmadığı ve uçlarındaki dönmeler eşit olduğu için moment sıfır noktaları orta noktalarıdır.

Boy değişimleri gözardı edilen bağlantı kirişleri ve güçlendirici kirişler yalnız uçlarından yüklenirler. Son kabulü daha iyi anlayabilmek için Şekil 5.3'te uçlarından yüklenmiş bağlantı kirişinin serbest cisim diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.3. Eğilmiş bir bağlantı kirişi

Burada bağlantı kirişinin her iki ucunda bulunan θ_1 ve θ_2 açılarının 3. ve 5. kabule göre eşit olduğuna dikkat edilmelidir.

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta \quad (5.1)$$

Açı yöntemine göre eleman ucundaki moment

$$M_1 = \frac{EI}{L}(4\theta_1 + 2\theta_2 + 6\psi) + M_{12} \quad (5.2)$$

şeklindedir. Yukarıdaki denklemde $\theta = \theta_1 = \theta_2$ ve $\psi = 0$ ve $M_{12} = 0$ olarak yerlerine yazılırsa

$$M_1 = \frac{6EI}{L}\theta \quad (5.3)$$

şeklini alır. Aynı yöntemin elemanın diğer ucu için uygulanması ile

$$M_2 = \frac{6EI}{L}\theta \quad (5.4)$$

olup M_2 ve M_1 ifadelerinin eşit oldukları görülmektedir. Her iki moment değeri M olarak adlandırılıp Şekil 5.3'teki kirişin birinci ucuna göre moment alınır

$$V_2 = \frac{2M}{L} \quad (5.5)$$

olarak bulunur. Kiriş için yazılan düşey kuvvetlerin dengesinden

$$V_1 = V_2 = V \quad (5.6)$$

eşitliği bulunur. Kirişin orta noktası için moment alınır

$$M_{ort} = \frac{2M}{L} \times \frac{L}{2} - M = 0 \quad (5.7)$$

olduğu açıkça görülür.

5.2.1. Bağlantı Kirişi-Duvar Bağlantı Esnekliğinin Modellenmesi

Boşluklu perdelerde bağlantı kirişi-duvar bağlantısının gerçekte tam rijit davranmadığı bölüm 4.3'te belirtilmişti. Bu çalışmada, bağlantı kirişlerini uçlarında dönel yaylar bulunan kirişler olarak düşünüp, elastik bağlantı iki sıra boşluklu perdelerle modellenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Elastik bağlantılı kiriş modeli

Şekil 5.4'te görülen dönel yayın yay katsayısı bağlantı rijitliğini göstermektedir.

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

6.1. Giriş

Bir yapının serbest titreşim özelliklerini bilmek, dinamik yatay yüklerin ele alınışı ve ona göre hesap yapılması için büyük önem taşır. Bu konuda Li ve Choo (1984), güçlendirici kirişsiz tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yaparak serbest titreşim frekanslarını ve mod şekillerini vermişlerdir. Li ve Choo (1996), elastik temele oturan, güçlendirici kirişli tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yaptıkları çalışmalarında önemli analitik hatalar yapmışlardır. Aksoğan, Arslan ve Salari (1999), bölgeler arası kesit değişikliğini gözönüne alarak, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan elastik temele oturmuş tek sıra boşluklu perdelerin dinamik analizini yapmışlardır.

Bu çalışmada, elastik temele oturan, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan ve bağlantı kirişi-duvar bağlantı esnekliği bulunan iki sıra boşluklu perdelerin SBY kullanılarak serbest titreşim analizi yapılmış, daha sonra da, zamanla değişen yükler etkisindeki iki sıra boşluklu perdelerin zorlanmış titreşimleri mod süperpozisyon tekniği ve Newmark yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Duvar kalınlıkları ve boşluk genişliklikleri tüm bina boyunca sabit tutulmasına rağmen, kat yüksekliği değişimi bölgeden bölgeye yapılabilmekte, bir duvar ve bağlantı kirişinin geometrik ve fiziksel özellikleri diğer duvar ve bağlantı kirişlerinde değiştirilebilmektedir. SBY’de bağlantı kirişleri, her boşluk sırasında bina boyunca eşdeğer rijitlikteki tabakalar şeklinde düşünülmektedir. Bu değişiklik yapının özelliklerinin yüksekliğin fonksiyonları olarak verilmesini sağlar. Bağlantı kirişleri herhangi bir yatay yük altında eksenleri doğrultusunda sonsuz rijit kabul edildiğinden tüm duvarlar aynı yanal yerdeğiştirmeyi yaparlar ve buna bağlı olarak aynı eğime sahip oldukları kabul edilebilir. Bu yöntemin temel diferansiyel denklemleri, her boşluk için bağlantı kirişlerinin moment sıfır noktaları olan orta noktalarında düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemlerinden oluşur. Her bölgede boşluk sayısı olan iki adet denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı,

yerine koyma yöntemi kullanılarak tek bilinmeyenli hale dönüştürülerek çözülür. Bu analizde tabandaki sınır koşulları yazılırken elastik mesnet durumu için temelin düşey ve dönel rijitlikleri de gözönüne alınır. Bu yöntemin doğruluğunu kontrol etmek amacı ile **Fortran** bilgisayar programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılarak çeşitli örnekler çözülmüş ve elde edilen sonuçlar **Sap2000** yapı analizi programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak, sonuçların oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Eğer sürekli bağlantı yöntemi iki sıra boşluklu perdeye doğrudan doğruya uygulanacak olursa yapılacak analiz sonucunda altıncı dereceden bir diferansiyel denklem çıkmaktadır ki, bu denklemin kapalı çözümü çok zordur. Ayrıca güçlendirici kirişlerle iki veya daha fazla bölgeye ayrılan boşluklu perdelerde her bölge için yazılacak aynı türden denklemlerin ortak çözümü gerekmektedir. Denklem sayısı sistemdeki açıklık sayısının artması ve sistemin simetrik olmaması nedeni ile daha da artmaktadır. Bu nedenle analiz özel bir uygulama ile yapılacaktır.

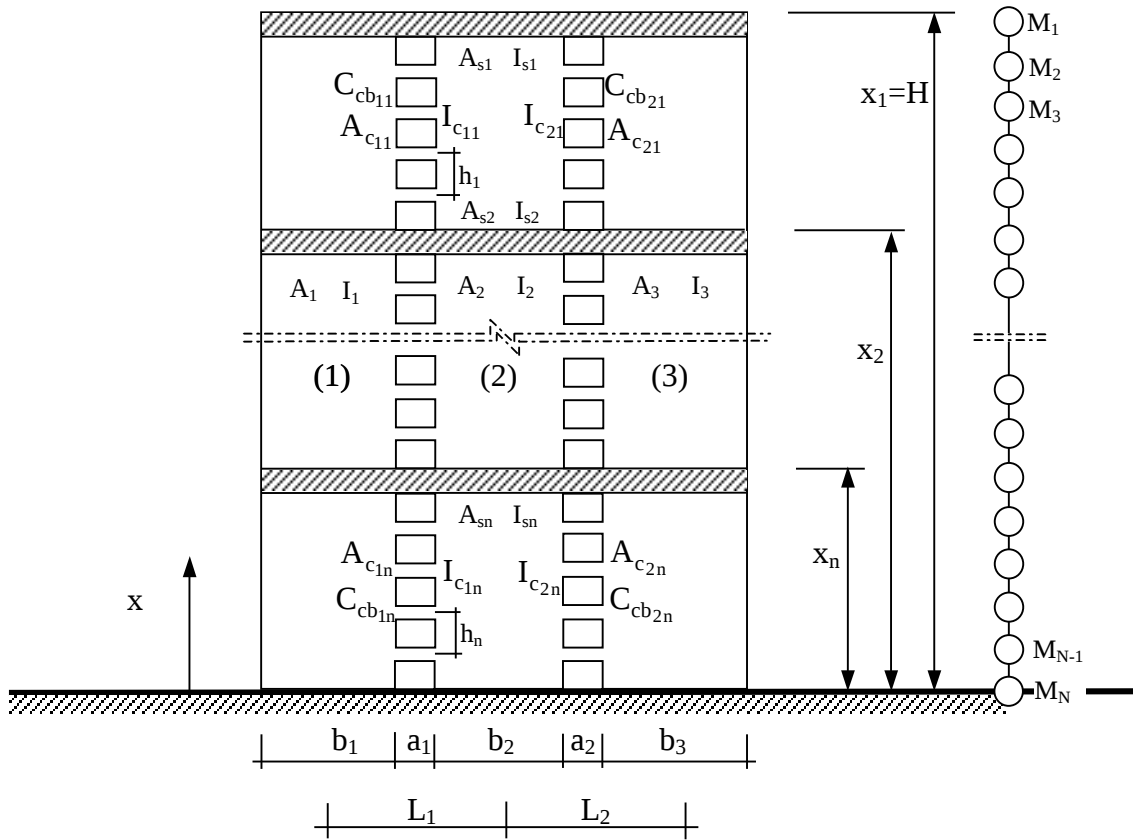
Bu çalışmada kullanılan özel yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada elastik temele oturan iki sıra boşluklu perde, istenilen sayıda ayrıık kütlelerden oluşan bir toplanmış kütle sistemine dönüştürülür. Kütle sayısı sistemin serbestlik derecesini oluşturur. Her bir kütlenin büyüklüğü ise yapının yüksekliği boyunca ortalama kütle dağılımı ile elde edilir. Böylece yapının kütle matrisi bir köşegen matris olarak bulunur. Bundan sonra sıra sistemin rijitlik matrisinin bulunmasına gelir. Bunun için ayrıık kütlelerin her birinin yatay yerdeğiştirmesi doğrultusunda birim kuvvet uygulanarak, sürekli bağlantı yöntemi ile bağlantı kirişleri ve güçlendirici kirişlerin orta noktalarında uygunluk denklemleri yazılarak çözüme gidilir. Bu analiz sırasında temelin düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de göz önüne alınarak tabanda sınır şartları yazılır. Yatay yerdeğiştirmelerin bulunması sırasında, komşu iki bölge sınırında ve temelde sınır şartları yazılarak bilinmeyen integral sabitleri elde edilir.

Birim yükleme durumları için duvarlardaki yerdeğiştirme şekilleri bulunduktan sonra esneklik matrisi yazılır ve tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunur. Rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrisinin serbest

titreşim denkleminde yerine konulması ile sistemin doğal frekansları ve bunlara ait genlik vektörleri (mod şekil vektörleri) elde edilir.

6.2. Kütle Matrisinin Oluşturulması

Problemin çözümü için iki sıra boşluklu perde, önce, ayrı kütlelerle modellenecek, sonra da, sürekli bağlantı yöntemi kullanılacaktır. İki sıra boşluklu perdenin kütle matrisi bir köşegen matris olarak toplanmış kütle kabulü ile bulunmaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. İki sıra boşluklu perdeler için toplanmış kütle modeli

Her bölgeye uygun sayıda toplanmış kütle yerleştirilecek bölge toplam kütlelerinin bu sayıya bölünmesi ile bölgedeki kütlelerin büyüklüğü bulunacak, bölge sınırlarındaki kütlelerin büyüklüğü ise diğer kütlelerin yarısına eşit olacaktır. Bu işlemler tüm bölgeler için yapıp güçlendirici kirişlerden gelen katkılar da

hesaplandıktan sonra yapının $\underline{M}$ kütle matrisi köşegen matris olarak bulunur. Bu matrisin boyutu, kütle sayısı m olmak üzere, $m \times m$ olur.

Her kütle için düşey ve dönel atalet etkileri gözardı edilerek yalnız yatay yerdeğiştirme doğrultusunda serbestlik derecesi gözönüne alınır. Bu kabul, yüksek modlarda küçük hatalar doğurmakla birlikte kütle sayısının arttırılmasıyla elde edilen sonucun hassasiyeti de artmaktadır.

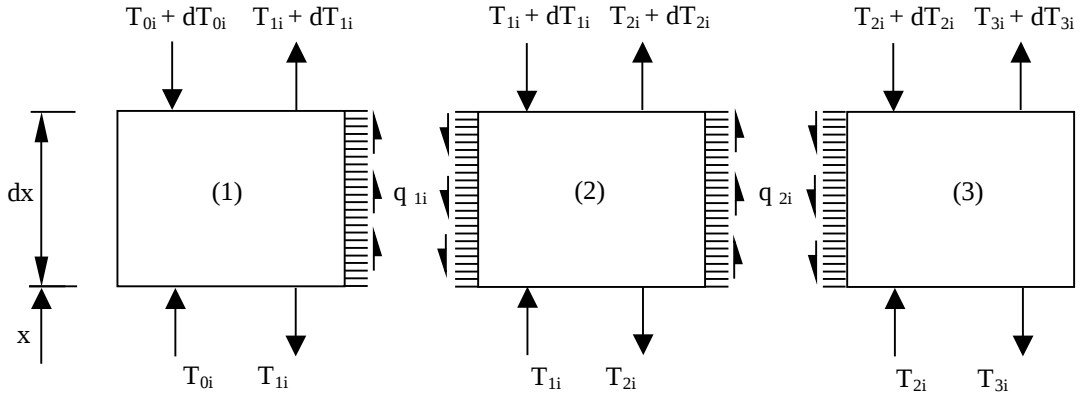
6.3. Rijitlik Matrisinin Oluşturulması

6.3.1. Giriş

Esneklik matrisi her toplanmış kütlelerin bulunduğu yükseklikteki yatay yerdeğiştirme doğrultusunda birim kuvvet uygulayarak bulunacaktır. Her birim yük uygulamasından elde edilen yatay yerdeğiştirmeler esneklik matrisinin bir kolonunu oluşturacaktır. Böylece, bir genel birim yükleme için yapılan analiz tüm esneklik matrisini bulmak için yeterlidir. Esneklik matrisinin tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunur.

6.3.2 Birinci ve İkinci Boşluktaki Perde Eksenel Kuvvet Bileşenleri (T_{1i}, T_{2i}) ve Bağlantı Kirişlerinde Oluşan Birim Boydaki Kesme Kuvvetleri (q_{1i}, q_{2i}) Arasındaki İlişki

Sürekli bağlantı yöntemine çevrilen iki sıra boşluklu perdelerde, her iki boşluk için sağ ve sol duvarlarda birim boyda oluşan kesme kuvvetleri ile bu kesme kuvvetlerinin perde ekseninde oluşturduğu kuvvetler ayrı ayrı ifade edilip, i'yinci bölgede üzerinde, dx uzunluğunda ve sonsuz küçük boyda bir parça alınıp, bu parça üzerine etkiyen düşey yöndeki kuvvetler Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Perdenin (i) bölgesindeki düşey kuvvetlerin dengesi

Burada birinci duvarın solunda ve üçüncü duvarın sağında bağ kirişleri olmadığı için

$$q_{0i} = q_{3i} = T_{0i} = T_{3i} = 0 \quad (6.1)$$

olduğu unutulmamalıdır. Şekil 6.2’de görülen birinci ve üçüncü duvar parçaları için düşey kuvvetlerin dengesi ayrı ayrı yazıldığında

$$T_{0i} - T_{1i} - (T_{0i} + dT_{0i}) + (T_{1i} + dT_{1i}) - q_{0i}dx + q_{1i}dx = 0 \quad (6.2)$$

$$T_{2i} - T_{3i} - (T_{2i} + dT_{2i}) + (T_{3i} + dT_{3i}) - q_{2i}dx + q_{3i}dx = 0$$

ifadeleri elde edilir. Burada dikkat edilmesi gereken şey (2) numaralı duvar üzerinde aksenal kuvvet yerine perdenin komşu boşluklarındaki kesme kuvvetlerinin tepeden itibaren toplamaları olan T_{1i} ve T_{2i} kuvvetlerinin kullanılacak olmasıdır. Bunların sayısal farkı aksenal kuvvetin yönünü ve şiddetini verecektir. Denklem (5.1) yardımı ile gerekli kısaltmalar yapıldığında

$$\frac{dT_{1i}}{dx} = -q_{1i} \quad , \quad \frac{dT_{2i}}{dx} = -q_{2i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.3)$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

denklemleri bulunur. Bu ifadelerin x 'e göre birinci türevleri alındığında

$$\frac{d^2 T_{1i}}{dx^2} = -\frac{dq_{1i}}{dx} , \quad \frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} = -\frac{dq_{2i}}{dx} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.4)$$

ifadeleri yazılabilir.

6.3.3 Moment-Eğrilik İlişkisi

Eğilme etkisi altındaki bir çubuk elemanı için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M \quad (6.5)$$

şeklinde tanımlıdır. Boşluklu perde sisteminde her bir duvar için (6.5) ifadesi yazıldığında, sırasıyla, 1'inci, 2'inci ve 3'üncü duvarlar için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI_1 \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{1i} , \quad EI_2 \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{2i} , \quad EI_3 \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{3i} \quad (6.6)$$

olarak elde edilir. Bu ifadeler taraf tarafa toplandığında

$$E(I_1 + I_2 + I_3) \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} \quad (6.7)$$

bağıntısı elde edilir. Burada

$$I_1 + I_2 + I_3 = I \quad (6.8)$$

toplam perde atalet momenti ve

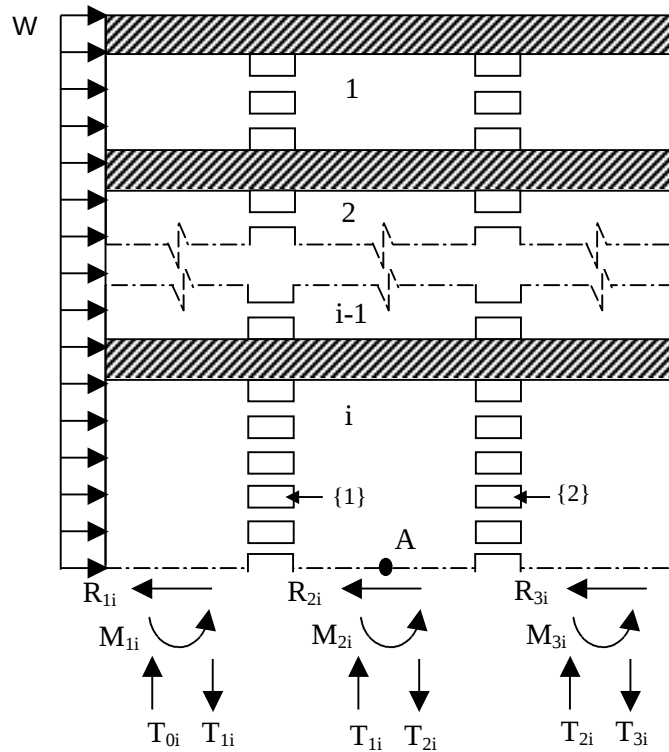
6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} = \sum_{j=1}^3 M_{ji} \quad (6.9)$$

toplam perde reaksiyon momenti tanımları yapıp (6.7) ifadesi yeniden yazıldığında, iki sıra boşluklu perde için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = \sum_{j=1}^3 M_{ji} \quad (6.10)$$

olarak elde edilir. (i) bölgesinde herhangi bir yükseklikte yatay olarak kesilmiş iki sıra boşluklu perdede (Şekil 6.3) A noktasına göre momentlerin dengesinde, dış kuvvetlerin toplam momenti M_{ei} olarak gösterilirse



Şekil 6.3. İki sıra boşluklu perdenin yatay bir kesitindeki iç kuvvetler

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} + T_{1i}L_1 + T_{2i}L_2 - M_{ei} = 0 \quad (6.11)$$

bağıntısı elde edilir. Bu ifade (6.9) yardımı ile düzenlendiğinde

$$\sum_{j=1}^3 M_{ji} = M_{ei} - \sum_{j=1}^2 (T_{ji}L_j) \quad (6.12)$$

elde edilir. (6.12) ifadesi, (6.10)'da yerine yazıldığında

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{ei} - \sum_{j=1}^2 (T_{ji}L_j) \quad (6.13)$$

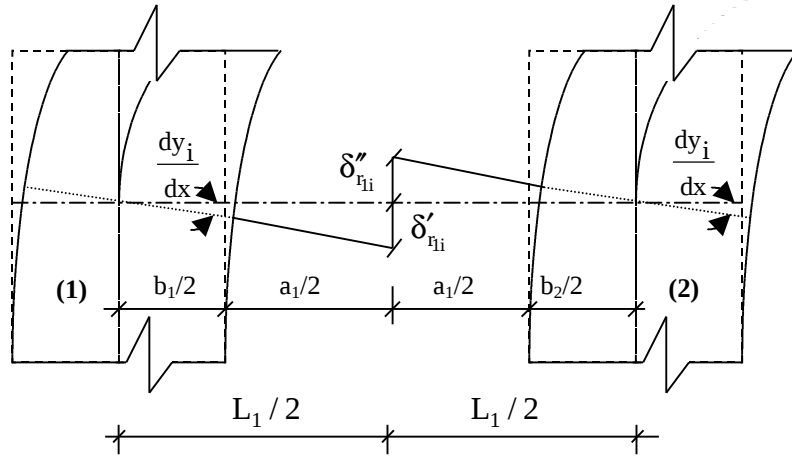
şeklinde iki sıra boşluklu perde için moment-eğrilik ilişkisi elde edilir.

6.3.4 İki Sıra Boşluklu Perdelerin Düşey Doğrultudaki Bağlı Hareketleri

İki sıra boşluklu perde için uygunluk denklemleri, bağlantı kirişlerinin moment sıfır noktası olan orta noktalarında yazılacak bağlı düşey yerdeğiştirmelerin toplamının sıfıra eşitlenmesi ile bulunmaktadır. Yani, ortadan kesilmiş gibi düşünülen bağlantı kirişinin solda ve sağda kalan uçlarının birbirine göre bağlı düşey yerdeğiştirmesinin sıfır olması koşulu uygunluk denklemlerini oluşturacaktır. Uygunluk denklemi yazılırken sol perdede bağlantı kirişi ucunun aşağı doğru, sağ perdede ise bağlantı kirişi ucunun yukarı doğru hareketi pozitif alınacaktır.

6.3.4.1 Perdelerin Dönmesinden Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme (δ_{ri} , δ_{r2i})

Perde-kiriş bağlantısı rijit olduğundan herhangi bir x seviyesinde bağlantı kirişinin dönmesi ile perde dönmesi eşit olacaktır (Şekil 6.4)



Şekil 6.4. Duvarların dönmesinden doğan bağlı düşey yerdeğiştirme

(1) numaralı perde eksenine ile bağlantı kirişinin momenti sıfır olan orta noktası arasında kalan mesafe $(a_1 + b_1)/2$ olup kiriş ucunun yaptığı bağlı düşey yerdeğiştirme

$$\delta'_{ri} = \frac{(a_1 + b_1)}{2} \frac{dy_i}{dx} \quad (6.14)$$

şeklinde yazılabilir. Benzer şekilde, aynı düşey koordinatta bulunan duvarlar eşit dönme yapacağından, (2) numaralı duvarda bulunan bağlantı kirişi uçlarının yaptıkları bağlı düşey yerdeğiştirme de

$$\delta''_{ri} = \frac{(a_1 + b_2)}{2} \frac{dy_i}{dx} \quad (6.15)$$

olarak yazılabilir. Böylece, iki kiriş ucu arasındaki toplam bağlı düşey yerdeğiştirme

$$\delta_{r1i} = \delta'_{r1i} + \delta''_{r1i} = L_1 \frac{dy_i}{dx} \quad (6.16)$$

olarak bulunur. Benzer şekilde ikinci boşluk için toplam bağıl düşey yerdeğiştirme de

$$\delta_{r2i} = L_2 \frac{dy_i}{dx} \quad (6.17)$$

olarak elde edilir.

6.3.4.2 Bağlantı Kirişindeki Kesme Kuvvetinden Doğan Bağıl Düşey Yerdeğiştirme (δ_{s1i} , δ_{s2i})

Sürekli bağlantı yönteminde birinci ve ikinci boşluklar için birim boydaki kesme kuvveti fonksiyonu olarak q_{1i} ve q_{2i} tanımlandığından her bir bağlantı kirişine gelen kesme kuvvetleri

$$P_{1i} = q_{1i}h_i \quad , \quad P_{2i} = q_{2i}h_i \quad (6.18)$$

olarak yazılabilir. Bilindiği gibi ucunda tekil P kuvveti bulunan **I** uzunluktaki konsol kirişin ucundaki yerdeğiştirme

$$\delta = \frac{PI^3}{3EI} \quad (6.19)$$

şeklinde verilir. Şekil 6.5'teki gibi birbirini izleyen iki duvar arasında kalan bağlantı kirişlerini konsol kiriş gibi düşünerek (6.19) düzenlendiğinde birinci ve ikinci boşluklar için

$$\delta_{s_{1i}} = \delta'_{s_{1i}} + \delta''_{s_{1i}} = -\frac{q_{1i}h_i\left(\frac{a_1}{2}\right)^3}{3EI_{c_{1i}}} - \frac{q_{1i}h_i\left(\frac{a_1}{2}\right)^3}{3EI_{c_{1i}}} \quad (i = 1,2,...,n) \quad (6.20)$$

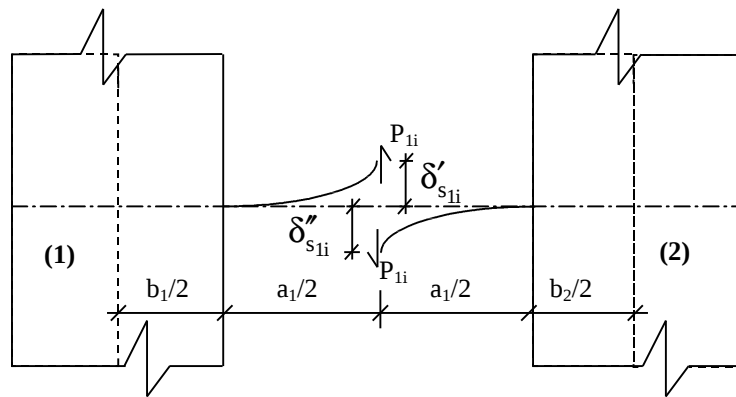
$$\delta_{s_{2i}} = \delta'_{s_{2i}} + \delta''_{s_{2i}} = -\frac{q_{2i}h_i\left(\frac{a_2}{2}\right)^3}{3EI_{c_{2i}}} - \frac{q_{2i}h_i\left(\frac{a_2}{2}\right)^3}{3EI_{c_{2i}}}$$

bağlantı kirişi orta noktasındaki bağıl düşey yerdeğiştirme ifadeleri bulunur. (6.20) tekrar düzenlenecek olursa denklemler

$$\delta_{s_{1i}} = -\frac{q_{1i}h_ia_1^3}{12EI_{c_{1i}}} \quad (i = 1,2,...,n) \quad (6.21)$$

$$\delta_{s_{2i}} = -\frac{q_{2i}h_ia_2^3}{12EI_{c_{2i}}} \quad (i = 1,2,...,n) \quad (6.22)$$

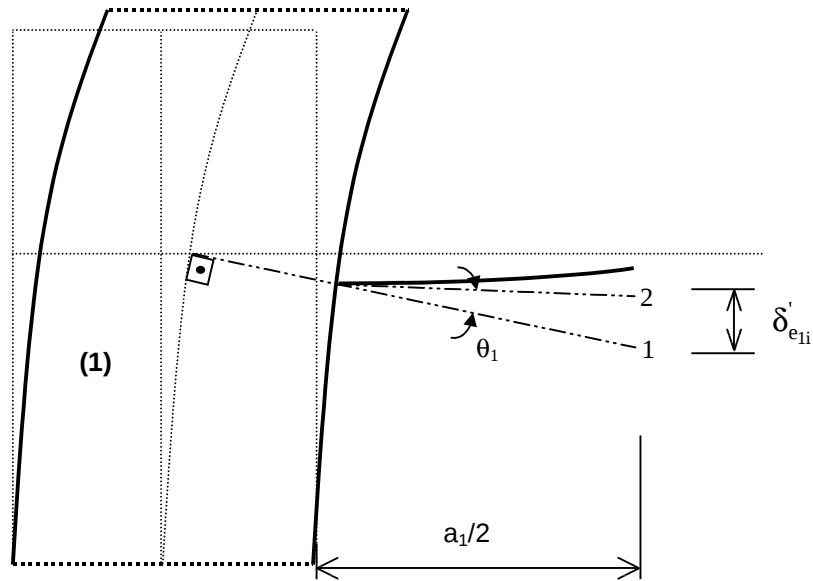
şeklinde elde edilir.



Şekil 6.5. Bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme

6.3.4.3. Bağlantı Kirişi-Duvar Elastik Bağlantısından Doğan Bağlı Düşey Yerdeğiştirme ($\delta_{e1i}, \delta_{e2i}$)

Şekil 6.6’da görülen durumda duvar kiriş bağlantısı rijit olan duvarlar için bağlantı kirişinin 1 nolu yerdeğiştirmeyi yapması beklenmektedir. Oysa bağlantının elastik olduğu durumlarda kirişin yapacağı bağlı düşey yerdeğiştirme 2’deki gibi olacaktır.



Şekil 6.6. Bağlantı kirişlerinin elastik bağlantılı olması durumu

Elastik bağlantının dönel yay davranışı ile ifade edileceği daha önce belirtilmişti (Bölüm 5.2.1). Birinci ve ikinci boşluklar için dönel yaydan dolayı oluşan bağlı düşey yerdeğiştirmeler

$$\delta'_{e1i} = -\theta_1 \times \frac{a_1}{2}, \quad \delta'_{e2i} = -\theta_2 \times \frac{a_2}{2} \quad (6.23)$$

eşitlikleri ile bulunur. Dönel bir yaydaki dönme açısı

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$\theta = \frac{M}{C} \quad (6.24)$$

olup C dönel yay sabitidir. (6.24) eşitliğindeki θ değerini (6.23)'te yerlerine yazarsak

$$\delta'_{e_{1i}} = -\frac{M_1 a_1}{2C_{cb_{1i}}} , \quad \delta'_{e_{2i}} = -\frac{M_2 a_2}{2C_{cb_{2i}}} \quad (6.25)$$

elde edilir. Yukarıdaki denklemlerde M_1 ve M_2 , bir ve ikinci boşluklarda bağlantı kirişleri ucundaki momentler olup, her iki boşlukta moment sıfır noktasındaki düşey kuvvet cinsinden

$$M_1 = P_{1i} \frac{a_1}{2} , \quad M_2 = P_{2i} \frac{a_2}{2} \quad (6.26)$$

şeklinde elde edilir. Burada, P_{1i} ve P_{2i} kesme kuvvetleri olup

$$P_{1i} = q_{1i} h_i , \quad P_{2i} = q_{2i} h_i \quad (6.27)$$

şeklinde tanımlıdır. (6.26-27) yardımıyla bir ve iki numaralı boşluklar için bulunan $\delta'_{e_{1i}}$, $\delta'_{e_{2i}}$ ifadeleri

$$\delta'_{e_{1i}} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb_{1i}}} , \quad \delta'_{e_{2i}} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb_{2i}}} \quad (6.28)$$

şeklinde elde edilir. Bağlantı kirişinin her iki ucu için bu denklemler gözönüne alındığında

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

İskender BOZKURT

$$\delta_{e1i} = \delta'_{e1i} + \delta''_{e1i} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb1i}} - \frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb1i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.29)$$

$$\delta_{e2i} = \delta'_{e2i} + \delta''_{e2i} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb2i}} - \frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb2i}}$$

birinci ve ikinci boşluklar için elastik duvar-kiriş bağlantısından doğan bağıl düşey yerdeğiştirme ifadeleri elde edilir. Bu denklemler düzenlendiğinde

$$\delta_{e1i} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{2C_{cb1i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.30)$$

$$\delta_{e2i} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{2C_{cb2i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.31)$$

ifadeleri elde edilir.

6.3.4.4 Temel Hareketinden Doğan Bağıl Düşey Yerdeğiştirme (δ_{f_1} , δ_{f_2})

Gerçek yapıların oturdukları temeller hesaplarda çoğunlukla elastik alınmaktadır. Zemin özelliklerinden dolayı temelde dönme ve/veya çökme gibi çeşitli hareketler meydana gelmektedir. Bu hareketlerden dolayı bağlantı kirişlerinde bağıl düşey yerdeğiştirme (δ_{f_1} , δ_{f_2}) olacaktır. Fakat temelin bu hareketleri bina yüksekliğine bağlı olmadığı için düşey yerdeğiştirme farkı sabittir. Dolayısı ile yazılan uygunluk denkleminin x'e göre türevi alındığında bu ifade düşer, fakat bina tabanında sınır şartı yazılırken bu durum gözönüne alınır. Özel durum olarak rijit zemine oturan binalarda temel hareketi sıfır olarak alınmaktadır.

Şekil 6.7'de görülen bir ve iki numaralı perdenin tabanlarındaki çökmeler, sırasıyla,

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$\delta'_{f_1} = \frac{T_{1n} - T_{0n}}{K_{v_1}} \quad (6.32)$$

$$\delta''_{f_1} = \frac{T_{1n} - T_{2n}}{K_{v_2}} \quad (6.33)$$

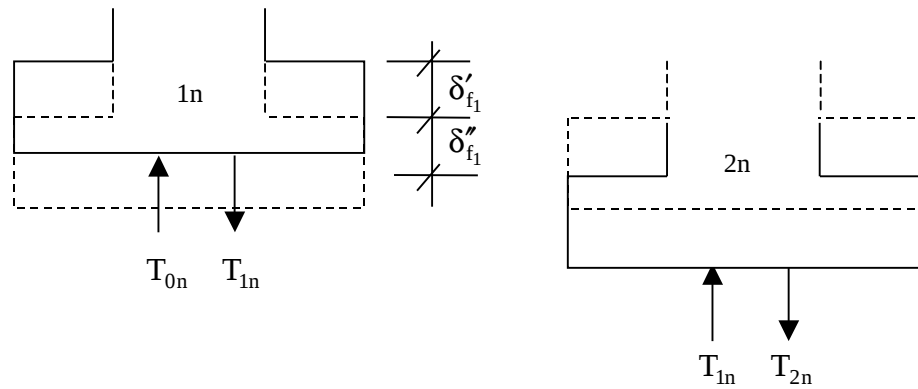
olacaktır. Burada, k_1, k_2, k_3 zemin yatak katsayılarını ve $A_{b_1}, A_{b_2}, A_{b_3}$ perde tabanındaki sömellerin taban alanlarını göstermek üzere temel düşey rijitlik sabitleri

$$\begin{aligned} K_{v_1} &= k_1 A_{b_1} \\ K_{v_2} &= k_2 A_{b_2} \\ K_{v_3} &= k_3 A_{b_3} \end{aligned} \quad (6.34)$$

şeklinde verilebilir. (6.32) ve (6.33) eşitliklerinin toplamı

$$\delta_{f_1} = \delta'_{f_1} + \delta''_{f_1} = \frac{T_{1n} - T_{0n}}{K_{v_1}} + \frac{T_{1n} - T_{2n}}{K_{v_2}} \quad (6.35)$$

olarak bir numaralı boşluktaki toplam bağıl düşey yerdeğiştirmeyi verecektir.



Şekil 6.7. Birinci boşlukta temel hareketinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

Benzer şekilde, Şekil 6.8’de görülen iki ve üç numaralı perdenin tabanlarındaki çökmeler, sırasıyla,

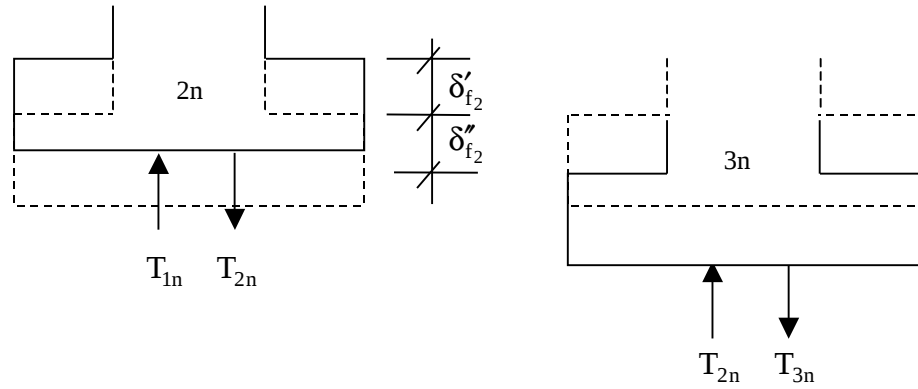
$$\delta'_{f_2} = \frac{T_{2n} - T_{1n}}{K_{v_2}} \quad (6.36)$$

$$\delta''_{f_2} = \frac{T_{2n} - T_{3n}}{K_{v_3}} \quad (6.37)$$

olacaktır. (6.36) ve (6.37) eşitliklerinin toplamı

$$\delta_{f_2} = \delta'_{f_2} + \delta''_{f_2} = \frac{T_{2n} - T_{1n}}{K_{v_2}} + \frac{T_{2n} - T_{3n}}{K_{v_3}} \quad (6.38)$$

olarak iki numaralı boşluktaki toplam bağıl düşey yerdeğiştirmeyi verecektir.

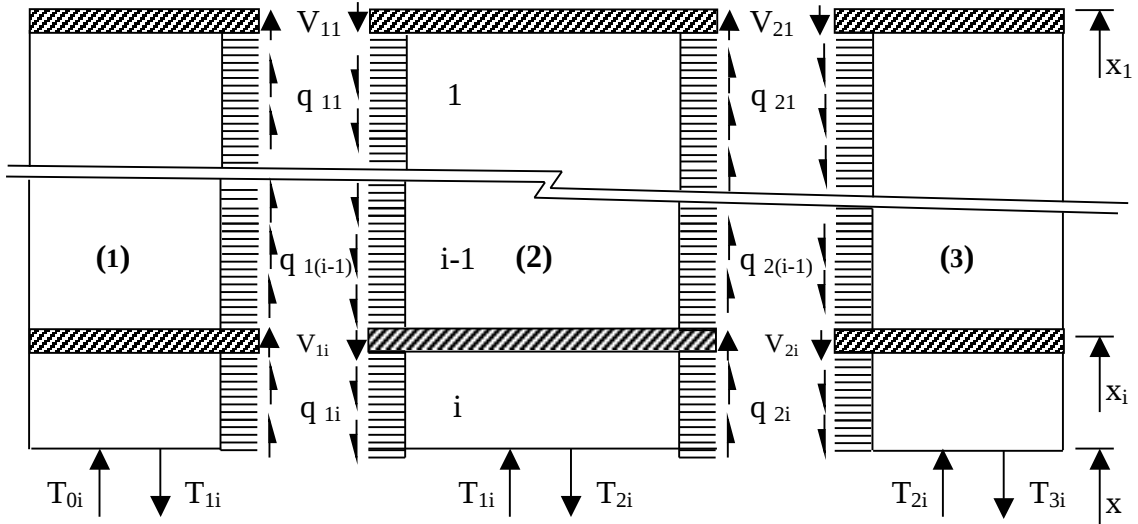


Şekil 6.8. İkinci boşlukta temel hareketinden doğan bağıl düşey yerdeğiştirme

6.3.4.5 Perde Eksenel Kuvvetlerinden Doğan Bağıl Düşey

Yerdeğiştirme ($\delta_{a_{1i}}$, $\delta_{a_{2i}}$)

Şekil 6.9 yardımıyla perdelerdeki eksenel kuvvet bileşenlerinin bulunması amacı ile, herhangi bir kesitin üstündeki bir ve üç numaralı perdelerde düşey kuvvetlerin dengesinden



Şekil 6.9. Duvarlar üzerindeki düşey kuvvetler

$$T_{0i} - T_{1i} + \int_x^{x_i} q_{1i} dx + \sum_{t=1}^{i-1} \left(\int_{x_{t+1}}^{x_t} q_{1t} dx \right) + \sum_{t=1}^i V_{1t} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.39)$$

$$T_{3i} - T_{2i} + \int_x^{x_i} q_{2i} dx + \sum_{t=1}^{i-1} \left(\int_{x_{t+1}}^{x_t} q_{2t} dx \right) + \sum_{t=1}^i V_{2t} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.40)$$

ifadeleri elde edilir. Denklem (6.1) yardımı ile gerekli düzenlemeler yapıldığında

$$T_{1i} = \int_x^{x_i} q_{1i} dx + \sum_{t=1}^{i-1} \left(\int_{x_{t+1}}^{x_t} q_{1t} dx \right) + \sum_{t=1}^i V_{1t} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.41)$$

$$T_{2i} = \int_x^{x_i} q_{2i} dx + \sum_{t=1}^{i-1} \left(\int_{x_{t+1}}^{x_t} q_{2t} dx \right) + \sum_{t=1}^i V_{2t} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.42)$$

perde eksenel kuvvet fonksiyonu bileşenleri bulunur. Bu denklemlerden anlaşıldığı gibi, perdelerde oluşan eksenel kuvvet fonksiyonu bileşeni, herhangi bir yükseklikte

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

İskender BOZKURT

alınan kesitin üstünde kalan bağlantı kirişleri ve güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvvetleri toplamına eşittir. Uçlarında P çekme veya basınç kuvveti bulunan bir elemanın toplam boy değişirmesi

$$\delta = \frac{PL}{EA} \quad (6.43)$$

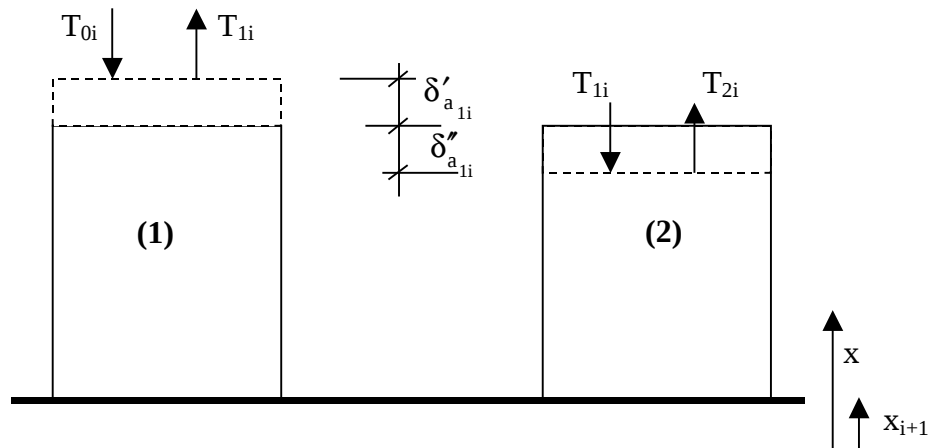
şeklindedir. Şekil 6.10'da görülen birinci boşluğun sağ ve solunda yer alan perdelerdeki eksenel kuvvet bileşenlerinden dolayı bağlantı kirişlerinde doğan düşey yerdeğiştirmeler birinci boşluk için bir numaralı perdede

$$\delta'_{a1i} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{0t}) dx \right] - \frac{1}{E} \left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i} - T_{0i}) dx \quad (6.44)$$

ve iki numaralı perdede

$$\delta''_{a1i} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{2t}) dx \right] - \frac{1}{E} \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i} - T_{2i}) dx \quad (6.45)$$

şeklinde olacaktır.



Şekil 6.10. Birinci boşlukta perde eksenel kuvvet bileşenlerinden doğan
bağlı düşey yerdeğiştirme

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

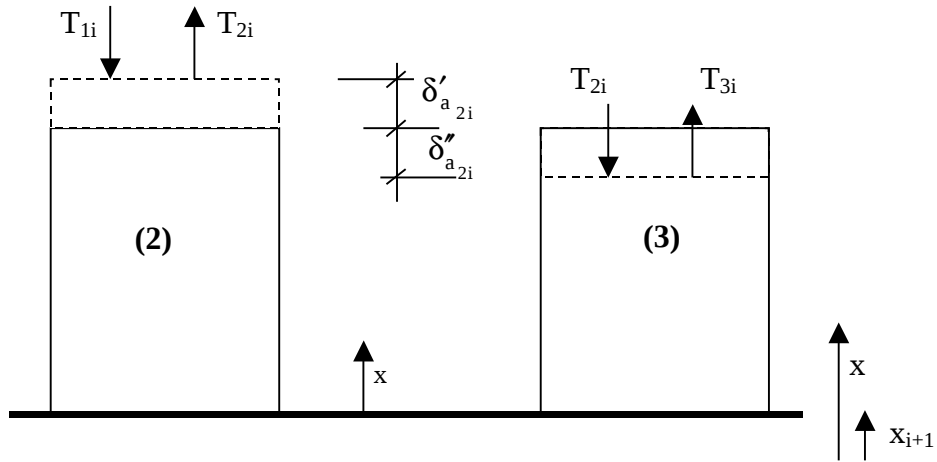
Benzer şekilde, Şekil 6.11’de görülen ikinci boşluğun sağ ve solunda yer alan perdelerdeki eksenel kuvvet bileşenlerinden dolayı bağlantı kirişlerinde doğan düşey yerdeğiştirmeler ikinci boşluk için iki numaralı perdede

$$\delta'_{a_{2i}} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t} - T_{1t}) dx \right] - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i} - T_{1i}) dx \right] \quad (6.46)$$

ve üç numaralı perdede

$$\delta''_{a_{2i}} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t} - T_{3t}) dx \right] - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i} - T_{3i}) dx \right] \quad (6.47)$$

şeklinde elde edilir.



Şekil 6.11. İkinci boşlukta perde eksenel kuvvet bileşenlerinden doğan
bağlı düşey yerdeğiştirme

Her bir bölge için eksenel kuvvetlerden dolayı bağlantı kirişlerinde doğan toplam bağlı düşey yerdeğiştirme, bu ifadelerin toplanması ile aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\delta_{a_{1i}} = \delta'_{a_{1i}} + \delta''_{a_{1i}} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{2t}) dx \right] \\ - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i} - T_{2i}) dx \right] \quad (6.48)$$

$$\delta_{a_{2i}} = \delta'_{a_{2i}} + \delta''_{a_{2i}} = -\frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t} - T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t}) dx \right] \\ - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i} - T_{1i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i}) dx \right] \quad (6.49)$$

Burada hatırlatma olarak

$$\frac{d}{dx} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t} - T_{1t}) dx = 0 \quad (6.50)$$

$$\frac{d}{dx} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i} - T_{1i}) dx = \frac{dx}{dx} (T_{2i} - T_{1i}) - \frac{dx_{i+1}}{dx} (T_{2i} - T_{1i}) = T_{2i} - T_{1i} \quad (6.51)$$

olduğu unutulmamalıdır.

6.3.5 Perde Eksenel Kuvvet Fonksiyonunun Bulunması

Bu çalışmada, dikkat edilmesi gereken bir nokta, i bölgesinde iki numaralı perde üzerinde eksenel kuvvet yerine duvarın komşu boşluklarındaki kesme kuvvetlerinin tepeden itibaren toplamaları olan T_{1i} ve T_{2i} fonksiyonlarının temel bilinmeyenler olarak ele alınıyor olmasıdır. Bunların arasındaki fark, i bölgesindeki iki numaralı duvarın eksenel kuvvetini

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$N_{2i} = T_{1i} - T_{2i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.52)$$

şeklinde verir.

İşlemler sırasında birim yük daha önce tanımlanan bölgelerin birinin içine rastladığında o bölge iki yeni bölgeye ayrılır. Uygunluk denklemleri yazılırken ifade kolaylığı sağlaması için Macaulay parantezleri kullanılacaktır. Macaulay parantezleri

$$\left. \begin{array}{l} x > x' \text{ için } \langle x - x' \rangle^n = (x - x')^n \text{ ve } \langle x - x' \rangle^0 = 1 \\ x \leq x' \text{ için } \langle x - x' \rangle^n = 0 \text{ ve } \langle x - x' \rangle^0 = 0 \end{array} \right\} \quad (6.53)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Buna göre M_{ei} moment değeri birim yükleme durumu için

$$M_{ei} = \langle H_p - x \rangle^1 \quad (6.54)$$

olarak yazılabilir. Macaulay parantezi tanımına göre

$$\begin{array}{l} H_p > x \text{ ise } \langle H_p - x \rangle^1 = (H_p - x) \\ H_p \leq x \text{ ise } \langle H_p - x \rangle^1 = 0 \end{array} \quad (6.55)$$

olduğu için (6.53) denklemi, yükün üzerindeki bölge için sıfır, altındaki bölge için yükün uygulandığı nokta ile moment alınan noktanın yükseklik farkının birim yük ile çarpımına eşit olduğu anlaşılabacaktır.

Herhangi bir x yüksekliğinde iki sıra boşluklu perde için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = \langle H_p - x \rangle^1 - T_{1i} L_1 - T_{2i} L_2 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.56)$$

şeklinde yazılabilir. Burada H_p birim yükün bulunduğu yükseklik, L_1 ve L_2 perde eksenleri arasındaki uzaklık ve I perdelerin atalet momentleri toplamıdır.

Uygunluk denklemleri bir ve ikinci boşluklarda, perdenin herhangi bir i bölgesinde kesilen uçların yaptığı bağıl düşey yerdeğiştirme toplamalarının sıfıra eşitlenmesi ile elde edilir.

Temel bilinmeyenler olan T_{1i} ve T_{2i} fonksiyonlarını bulabilmek için 6.3.4'ün alt bölümlerinde j numaralı boşluk için hesaplanan bağıl düşey yerdeğiştirme ifadeleri kullanılarak, birinci ve ikinci boşluklarda bağlantı kirişlerinin orta noktasında uygunluk denklemleri yazılacaktır. Tüm bölgeler için uygunluk denklemleri yazılarak bir diferansiyel denklem takımı elde edilir. Bu denklem takımı, birinci boşlukta (6.16), (6.21), (6.30), (6.35), (6.48) ve ikinci boşlukta (6.17), (6.22), (6.31), (6.38), (6.49) ifadeleri toplanıp sıfıra eşitlenerek

$$\begin{aligned}
 & L_1 \frac{dy_i}{dx} - \frac{q_{1i} h_i a_1^3}{12EI_{c_{1i}}} - \frac{q_{1i} h_i a_1^2}{2C_{cb_{1i}}} \\
 & - \frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{2t}) dx \right] \\
 & - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{1i} - T_{2i}) dx \right] - \delta_{f_1} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.57)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & L_2 \frac{dy_i}{dx} - \frac{q_{2i} h_i a_2^3}{12EI_{c_{2i}}} - \frac{q_{2i} h_i a_2^2}{2C_{cb_{2i}}} \\
 & - \frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t} - T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{2t}) dx \right] \\
 & - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i} - T_{1i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_3} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{2i}) dx \right] - \delta_{f_2} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.58)
 \end{aligned}$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

şeklinde elde edilir. Bu ifadelerin x 'e göre bir kez türevleri alındığında, (6.50) ve (6.51) ifadeleri yardımıyla ve x_t , x_{t+1} ve x_{i+1} değerlerinin sabit olduğu düşünülerek aşağıdaki denklemler elde edilir:

$$L_1 \frac{d^2 y_i}{dx^2} - \frac{dq_{1i}}{dx} \left[\frac{h_i a_1^3}{12EI_{c_{1i}}} + \frac{h_i a_1^2}{2C_{cb_{1i}}} \right] - \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1}{A_1} \right) T_{1i} + \left(\frac{1}{A_2} \right) (T_{1i} - T_{2i}) \right] = 0 \quad (6.59)$$

$$L_2 \frac{d^2 y_i}{dx^2} - \frac{dq_{2i}}{dx} \left[\frac{h_i a_2^3}{12EI_{c_{2i}}} + \frac{h_i a_2^2}{2C_{cb_{2i}}} \right] - \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1}{A_2} \right) (T_{2i} - T_{1i}) + \left(\frac{1}{A_3} \right) T_{2i} \right] = 0 \quad (6.60)$$

Burada (6.13) moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak denklemler

$$\frac{L_1}{EI} \left(< H_p - x >^1 - \sum_{j=1}^2 T_{ji} L_j \right) - \frac{dq_{1i}}{dx} \left[\frac{h_i a_1^3}{12EI_{c_{1i}}} + \frac{h_i a_1^2}{2C_{cb_{1i}}} \right] - \frac{1}{E} \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) T_{1i} + \frac{1}{E} \left(\frac{1}{A_2} \right) T_{2i} = 0 \quad (6.61)$$

$$\frac{L_2}{EI} \left(< H_p - x >^1 - \sum_{j=1}^2 T_{ji} L_j \right) - \frac{dq_{2i}}{dx} \left[\frac{h_i a_2^3}{12EI_{c_{2i}}} + \frac{h_i a_2^2}{2C_{cb_{2i}}} \right] + \frac{1}{E} \left(\frac{1}{A_2} \right) T_{1i} - \frac{1}{E} \left(\frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) T_{2i} = 0 \quad (6.62)$$

şekline dönüşür. (6.4) ifadeleri (6.61) ve (6.62)'de yerlerine yazılır ve her iki

denklem de, sırası ile, $\left(\frac{EI}{L_1} \right)$ ve $\left(\frac{EI}{L_2} \right)$ ile çarpılırsa

$$\begin{aligned} & \left[< H_p - x >^1 - T_{1i} L_1 - T_{2i} L_2 \right] \\ & + \frac{d^2 T_{1i}}{dx^2} \left[\frac{h_i I a_1^3}{12L_1 I_{c_{1i}}} + \frac{h_i EI a_1^2}{2L_1 C_{cb_{1i}}} \right] + \frac{I}{L_1} \left[- \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) T_{1i} + \frac{1}{A_2} T_{2i} \right] = 0 \end{aligned} \quad (6.63)$$

$$\begin{aligned} & \left[< H_p - x >^1 - T_{1i} L_1 - T_{2i} L_2 \right] \\ & + \frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} \left[\frac{h_i I a_2^3}{12 L_2 I_{c_{2i}}} + \frac{h_i E I a_2^2}{2 L_2 C_{cb_{2i}}} \right] + \frac{I}{L_2} \left[\left(\frac{1}{A_2} \right) T_{1i} - \left(\frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) T_{2i} \right] = 0 \end{aligned} \quad (6.64)$$

denklemleri elde edilir. Bu denklem takımı

$$\beta_{1i}^2 = \frac{1}{\left[\frac{h_i I a_1^3}{12 L_1 I_{c_{1i}}} + \frac{h_i E I a_1^2}{2 L_1 C_{cb_{1i}}} \right]} \quad (6.65)$$

$$\beta_{2i}^2 = \frac{1}{\left[\frac{h_i I a_2^3}{12 L_2 I_{c_{2i}}} + \frac{h_i E I a_2^2}{2 L_2 C_{cb_{2i}}} \right]} \quad (6.66)$$

tanımları yapılarak gerekli düzenlemelerle

$$\frac{1}{\beta_{1i}^2} \frac{d^2 T_{1i}}{dx^2} - \left[L_1 + \frac{I}{L_1} \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \right] T_{1i} - \left(L_2 - \frac{I}{L_1} \frac{1}{A_2} \right) T_{2i} = - < H_p - x >^1 \quad (6.67)$$

$$\frac{1}{\beta_{2i}^2} \frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} - \left(L_1 - \frac{I}{L_2} \frac{1}{A_2} \right) T_{1i} - \left[L_2 + \frac{I}{L_2} \left(\frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) \right] T_{2i} = - < H_p - x >^1 \quad (6.68)$$

şekline dönüşür. Eksenel kuvvet bileşenlerinin ikinci türev ifadelerini yalnız bırakmak amacı ile denklemlerin her iki tarafı sırasıyla β_{1i}^2 ve β_{2i}^2 ile çarpıldığında

$$\begin{aligned} \frac{d^2 T_{1i}}{dx^2} - \beta_{1i}^2 \left[L_1 + \frac{I}{L_1} \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \right] T_{1i} \\ - \beta_{1i}^2 \left(L_2 - \frac{I}{L_1} \frac{1}{A_2} \right) T_{2i} = -\beta_{1i}^2 < H_p - x >^1 \end{aligned} \quad (6.69)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} - \beta_{2i}^2 \left(L_1 - \frac{I}{L_2} \frac{1}{A_2} \right) T_{1i} \\ - \beta_{2i}^2 \left[L_2 + \frac{I}{L_2} \left(\frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) \right] T_{2i} = -\beta_{2i}^2 < H_p - x >^1 \end{aligned} \quad (6.70)$$

denklemleri elde edilir. Burada

$$\begin{aligned} \alpha_{11}^2 &= \beta_{1i}^2 \left[L_1 + \frac{I}{L_1} \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \right] \\ \alpha_{12}^2 &= \beta_{1i}^2 \left(L_2 - \frac{I}{L_1} \frac{1}{A_2} \right) \\ &\quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (6.71)$$

$$\alpha_{21}^2 = \beta_{2i}^2 \left(L_1 - \frac{I}{L_2} \frac{1}{A_2} \right)$$

$$\alpha_{22}^2 = \beta_{2i}^2 \left[L_2 + \frac{I}{L_2} \left(\frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) \right]$$

kısaltmaları yapılırsa sonuç olarak, iki sıra boşluklu perde için iki adet diferansiyel denklem

$$\frac{d^2 T_{1i}}{dx^2} - \alpha_{11}^2 T_{1i} - \alpha_{12}^2 T_{2i} = -\beta_{1i}^2 < H_p - x >^1 \quad (6.72)$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

$$\frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} - \alpha_{21}^2 T_{1i} - \alpha_{22}^2 T_{2i} = -\beta_{2i}^2 < H_p - x >^1 \quad (6.73)$$

şeklinde elde edilir. Görüldüğü gibi (6.72) ve (6.73) numaralı denklemler girişimlidir. Bu işlemler sonucunda elde edilen ikinci dereceden iki bilinmeyenli diferansiyel denklem takımı, yerine koyma yöntemi ile çözülerek T_{1i} ve T_{2i} perde eksenel kuvvet fonksiyonu bileşenleri

$$T_{1i} = D_{1i} \sinh(\mu_{1i} x) + D_{2i} \cosh(\mu_{1i} x) + D_{3i} \sinh(\mu_{2i} x) + D_{4i} \cosh(\mu_{2i} x) + \frac{K_{3i}}{K_{2i}} < H_p - x >^1 \quad (6.74)$$

$$T_{2i} = \frac{(\mu_{1i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{1i} \sinh(\mu_{1i} x) + D_{2i} \cosh(\mu_{1i} x)] + \frac{(\mu_{2i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{3i} \sinh(\mu_{2i} x) + D_{4i} \cosh(\mu_{2i} x)] + \frac{1}{\alpha_{12}^2} \left[-\alpha_{11}^2 \frac{K_{3i}}{K_{2i}} + \beta_{1i}^2 \right] < H_p - x >^1 \quad (6.75)$$

olarak elde edilir. (6.74) ve (6.75) genel çözümlerinde iki sıra boşluk için dört adet D bilinmeyen integrasyon sabiti bulunmaktadır. Burada

$$\begin{aligned} K_{1i} &= \alpha_{11}^2 + \alpha_{22}^2 \\ K_{2i} &= \alpha_{11}^2 \alpha_{22}^2 - \alpha_{21}^2 \alpha_{12}^2 \\ K_{3i} &= \alpha_{22}^2 \beta_{1i}^2 - \alpha_{12}^2 \beta_{2i}^2 \\ K_{4i} &= \alpha_{11}^2 \beta_{2i}^2 - \alpha_{21}^2 \beta_{1i}^2 \end{aligned} \quad (6.76)$$

ve

$$\mu_{1i} = \sqrt{\frac{K_{1i} + \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}} \quad (6.77)$$

$$\mu_{2i} = \sqrt{\frac{K_{1i} - \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}}$$

tanımları geçerlidir. Sınır şartlarını yazmaya başlamadan önce güçlendirici kirişteki kesme kuvveti değerini belirlememiz gerekmektedir.

6.3.6 Güçlendirici Kirişteki Kesme Kuvveti Değerinin Belirlenmesi

Birinci boşlukta ve herhangi bir bölgedeki bağlantı kirişleri için yazılan uygunluk denklemi (6.57) ifadesindeki gibi verilmişti. Benzer şekilde o bölgenin üst sınırındaki güçlendirici kiriş için yazılan uygunluk denklemi

$$L_1 \frac{dy_i}{dx} - \frac{V_{1i} a_1^3}{12EI_{s_i}} - \frac{V_{1i} a_1^2}{2C_{sb_i}} - \frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{2t}) dx \right] - \delta_{f_1} = 0$$

$$(i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.78)$$

şeklinde olur. (6.57) denklemi güçlendirici kirişin bulunduğu x_i konumu için tekrar yazılırsa

$$L_1 \frac{dy_i}{dx} - \frac{q_{1i} h_i a_1^3}{12EI_{c_{1i}}} - \frac{q_{1i} h_i a_1^2}{2C_{cb_{1i}}} - \frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_1} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_2} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{1t} - T_{2t}) dx \right] - \delta_{f_1} = 0$$

$$(i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.79)$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

ifadesi elde edilir. (6.78) ve (6.79) denklemleri taraf tarafa çıkarılır ve düzenleme yapılırsa

$$\left[\frac{a_1^2}{6EI_{s_i}} + \frac{a_1^2}{C_{sb_i}} \right] V_{1i} = \left[\frac{a_1^3 h_i}{6EI_{c_{1i}}} + \frac{a_1^2 h_i}{C_{cb_{1i}}} \right] q_{1i} \Big|_{x=x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.80)$$

bağıntısı elde edilir. (6.80) denkleminin sağ ve sol tarafı H/H ile çarpılır ve

$$S_{1i} = \frac{\left[\frac{a_1 h_i}{6EI_{c_{1i}}} + \frac{h_i}{C_{cb_{1i}}} \right]}{\left[\frac{a_1}{6EI_{s_i}} + \frac{1}{C_{sb_i}} \right]} \frac{1}{H} \quad (6.81)$$

tanımı yapılırsa güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvveti değerleri

$$V_{1i} = S_{1i} H q_{1i} \Big|_{x=x_i} \quad (6.82)$$

olarak bulunur. Bu ifadede (6.3) eşitliği yerine yazılırsa güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvveti değerleri, T_{1i} kuvvetleri cinsinden

$$V_{1i} = -S_{1i} H \frac{dT_{1i}}{dx} \Big|_{x=x_i} \quad (6.83)$$

olarak bulunur. Benzer şekilde ikinci boşluk için de

$$S_{2i} = \frac{\left[\frac{a_2 h_i}{6EI_{c_{2i}}} + \frac{h_i}{C_{cb_{2i}}} \right]}{\left[\frac{a_2}{6EI_{s_i}} + \frac{1}{C_{sb_i}} \right]} \frac{1}{H} \quad (6.84)$$

tanımı yapılarak güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvveti değerleri

$$V_{2i} = -S_{2i}H \left. \frac{dT_{2i}}{dx} \right|_{x=x_i} \quad (6.85)$$

şeklinde yazılabilir.

6.3.7. Sınır Şartları

Diferansiyel denklem takımı çözülürken n bölgeli bir yapı için ortaya çıkan 4n adet integral sabiti, perde tepesi ve tabanında sınır koşulları ve güçlendirici kirişlerde süreklilik şartlarının yazılması ile bulunur.

a) Şekil 6.12’de görülen, bir ve üç numaralı duvarların en üst bölgesi için, düşey kuvvetlerin dengesinden

$$T_{01} - T_{11} - \int_x^H q_{11}dx - V_{11} = 0 \quad (6.86)$$

$$T_{21} - T_{31} - \int_x^H q_{21}dx - V_{21} = 0$$

denklemleri elde edilir. Burada da (6.1) ifadelerinin geçerli olduğu düşünülürse (6.86) denklemlerinin bir sonucu olarak

$$T_{11} = \int_x^H q_{11}dx + V_{11} \quad (6.87)$$

$$T_{21} = \int_x^H q_{21}dx + V_{21}$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

İskender BOZKURT

yazılabilir. (6.87) eşitliklerinde bina tepe noktası için ($x=H$) uygulanırsa sağ tarafta birinci terimler düşer ve birinci tip sınır koşulları olarak

$$T_{11}|_{x=H} - V_{11} = 0 \quad (6.88)$$

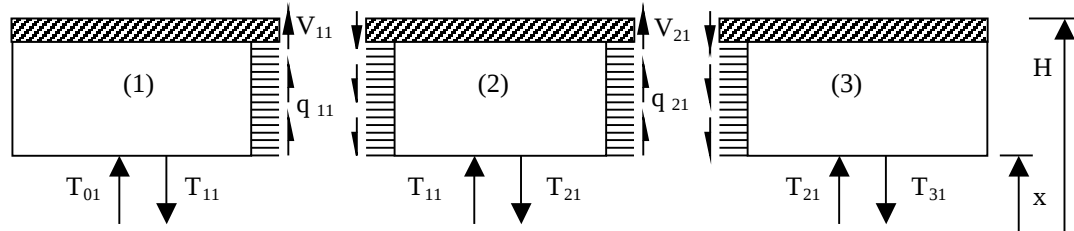
$$T_{21}|_{x=H} - V_{21} = 0$$

elde edilir. Özel durum olarak perde tepesinde güçlendirici kiriş yoksa

$$T_{11}|_{x=H} = 0 \quad (6.89)$$

$$T_{21}|_{x=H} = 0$$

olacaktır.



Şekil 6.12. İki sıra boşluklu perde tepesinde düşey kuvvetlerin dengesi

b) Perdenin en alt bölgesi için uygunluk denklemleri her iki boşlukta yazılır ve $x = 0$ için uygulanırlarsa

$$L_1 \frac{dy_n}{dx} \Big|_{x=0} - \left[\frac{h_n a_1^3}{12EI_{c1n}} + \frac{h_n a_1^2}{2C_{cb1n}} \right] q_{1n}|_{x=0} - \delta_{f_1} = 0 \quad (6.90)$$

$$L_2 \frac{dy_n}{dx} \Big|_{x=0} - \left[\frac{h_n a_2^3}{12EI_{c2n}} + \frac{h_n a_2^2}{2C_{cb2n}} \right] q_{2n}|_{x=0} - \delta_{f_2} = 0$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

denklemleri elde edilir. Doğal olarak, taban sınır koşulunun yazılmasında duvar tabanındaki eşdeğer dönel rijitlik sabiti K_r de etkili olacaktır. Bilindiği gibi bir, iki ve üç numaralı perde tabanlarındaki eğimler

$$\left. \frac{dy_{1n}}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{1n}}{K_{r_1}}, \quad \left. \frac{dy_{2n}}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{2n}}{K_{r_2}}, \quad \left. \frac{dy_{3n}}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{3n}}{K_{r_3}} \quad (6.91)$$

olarak yazılabilir. Burada, duvarlardaki eşdeğer dönel rijitlik sabitleri

$$\begin{aligned} K_{r_1} &= k_1 I_{b_1} \\ K_{r_2} &= k_2 I_{b_2} \\ K_{r_3} &= k_3 I_{b_3} \end{aligned} \quad (6.92)$$

şeklinde bulunur. Bu ifadelerde yeralan; k_1, k_2, k_3 ve $I_{b_1}, I_{b_2}, I_{b_3}$ sırasıyla perdelerin, zemin yatak katsayıları ve taban (sömel) atalet momentleridir. Bu durumda (6.91) ifadeleri, her duvar için, o duvarın taban (sömel) atalet momenti ile doğru orantılı olacaktır. Oysa ki, üçüncü kabule göre aynı yükseklikte bütün duvarların eğimleri ve eğrilikleri birbirlerine eşit olmalıdır. Bu çalışmada, belirli yükseklikte eğimin her duvar için aynı olması kabulünün tabanda da uygulanabilmesi amacıyla duvar taban (sömel) atalet momentlerinin tabandaki eğim ve eğrilikleri

$$\left. \frac{dy_{1n}}{dx} \right|_{x=0} = \left. \frac{dy_{2n}}{dx} \right|_{x=0} = \left. \frac{dy_{3n}}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{1n}}{K_{r_1}} = \frac{M_{2n}}{K_{r_2}} = \frac{M_{3n}}{K_{r_3}} \quad (6.93)$$

şeklinde eşit yapacak şekilde seçildiği, varsayılacaktır. Bu kabule göre perdelerin eğimi

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{1n} + M_{2n} + M_{3n}}{K_{r_1} + K_{r_2} + K_{r_3}} \quad (6.94)$$

olarak alınacaktır. Burada

$$K_R = K_{r_1} + K_{r_2} + K_{r_3} \quad (6.95)$$

tanımı yapıldığında, (6.12), (6.94) ve (6.95) denklemlerinden

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{en} - T_{1n}L_1 - T_{2n}L_2}{K_R} \quad (6.96)$$

eşitliği elde edilir. (6.3) ve (6.96) ifadeleri (6.90) denklemlerinde yerlerine konacak olursa

$$\frac{L_1}{K_R} [M_{en} - T_{1n}L_1 - T_{2n}L_2] + \left[\frac{h_n a_1^3}{12EI_{c_{1n}}} + \frac{h_n a_1^2}{2C_{cb_{1n}}} \right] \left. \frac{dT_{1n}}{dx} \right|_{x=0} - \delta_{f_1} = 0 \quad (6.97)$$

$$\frac{L_2}{K_R} [M_{en} - T_{1n}L_1 - T_{2n}L_2] + \left[\frac{h_n a_2^3}{12EI_{c_{2n}}} + \frac{h_n a_2^2}{2C_{cb_{2n}}} \right] \left. \frac{dT_{2n}}{dx} \right|_{x=0} - \delta_{f_2} = 0$$

denklemleri elde edilir. (6.35) ve (6.38) ifadeleri de (6.1)'in geçerli olduğu düşünülerek (6.97) denklemlerinde yerlerine konulduğunda

$$\frac{L_1}{K_R} [M_{en} - T_{1n}L_1 - T_{2n}L_2] + \left[\frac{h_n a_1^3}{12EI_{c_{1n}}} + \frac{h_n a_1^2}{2C_{cb_{1n}}} \right] \left. \frac{dT_{1n}}{dx} \right|_{x=0} - \left[\frac{T_{1n}}{K_{v_1}} + \frac{T_{1n} - T_{2n}}{K_{v_2}} \right] = 0 \quad (6.98)$$

$$\frac{L_2}{K_R} [M_{en} - T_{1n}L_1 - T_{2n}L_2] + \left[\frac{h_n a_2^3}{12EI_{c_{2n}}} + \frac{h_n a_2^2}{2C_{cb_{2n}}} \right] \left. \frac{dT_{2n}}{dx} \right|_{x=0} - \left[\frac{T_{2n} - T_{1n}}{K_{v_2}} + \frac{T_{2n}}{K_{v_3}} \right] = 0 \quad (6.99)$$

olarak ikinci tip sınır koşulları elde edilir.

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

Özel durum olarak perde tabanı rijit ise temel rijitlik sabitleri sonsuz büyüklükte olacağından (6.98) ve (6.99) denklemlerindeki 1., 3.ve 4. terimler düşer ve sınır koşulları

$$\left. \frac{dT_{1n}}{dx} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{dT_{2n}}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (6.100)$$

şeklinde elde edilir.

c) Şekil 6.13'te görülen x_i yükseklikteki, bir ve üç numaralı perde elemanları içerisinde kalan güçlendirici kiriş parçaları için düşey yöndeki kuvvetlerin dengesinden, (6.1) ifadesi de düşünülerek

$$T_{1(i-1)} \Big|_{x=x_i} + V_{1i} = T_{1i} \Big|_{x=x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.101)$$

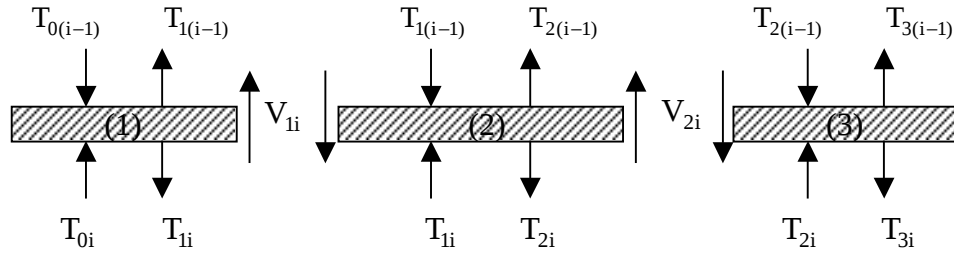
$$T_{2(i-1)} \Big|_{x=x_i} + V_{2i} = T_{2i} \Big|_{x=x_i}$$

denklemleri elde edilir. (6.83) ve (6.85) ifadeleri (6.101) denklemlerinde yerlerine konulduğunda

$$T_{1(i-1)} \Big|_{x=x_i} - S_{1i} H \left. \frac{dT_{1i}}{dx} \right|_{x=x_i} - T_{1i} \Big|_{x=x_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.102)$$

$$T_{2(i-1)} \Big|_{x=x_i} - S_{2i} H \left. \frac{dT_{2i}}{dx} \right|_{x=x_i} - T_{2i} \Big|_{x=x_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.103)$$

şeklinde üçüncü tip sınır koşulları da elde edilmiş olur.



Şekil 6.13. x_i yükseklikteki güçlendirici kirişe etki eden düşey kuvvetler

d) Ardışık iki bölgede perde eğimlerinin eşit olması nedeni ile iki bölgede yazılacak olan uygunluk denklemi ifadelerinin eşitlenmesi sonucunda bir ve ikinci boşluklar için

$$\left[\frac{h_i a_1}{12EI_{c1i}} + \frac{h_i}{2C_{cb1i}} \right] q_{1i} \Big|_{x=x_i} = \left[\frac{h_{(i-1)} a_1}{12EI_{c1(i-1)}} + \frac{h_{(i-1)}}{2C_{cb1(i-1)}} \right] q_{1(i-1)} \Big|_{x=x_i} \quad (6.104)$$

$$\left[\frac{h_i a_2}{12EI_{c2i}} + \frac{h_i}{2C_{cb2i}} \right] q_{2i} \Big|_{x=x_i} = \left[\frac{h_{(i-1)} a_2}{12EI_{c2(i-1)}} + \frac{h_{(i-1)}}{2C_{cb2(i-1)}} \right] q_{2(i-1)} \Big|_{x=x_i}$$

ifadeleri elde edilir. (6.3) denklemleri (6.104) denklemlerinde yerlerine konulursa, dördüncü tip sınır koşulları da

$$\left[\frac{h_i a_1}{12EI_{c1i}} + \frac{h_i}{2C_{cb1i}} \right] \frac{dT_{1i}}{dx} \Big|_{x=x_i} = \left[\frac{h_{(i-1)} a_1}{12EI_{c1(i-1)}} + \frac{h_{(i-1)}}{2C_{cb1(i-1)}} \right] \frac{dT_{1(i-1)}}{dx} \Big|_{x=x_i} \quad (6.105)$$

$$\left[\frac{h_i a_2}{12EI_{c2i}} + \frac{h_i}{2C_{cb2i}} \right] \frac{dT_{2i}}{dx} \Big|_{x=x_i} = \left[\frac{h_{(i-1)} a_2}{12EI_{c2(i-1)}} + \frac{h_{(i-1)}}{2C_{cb2(i-1)}} \right] \frac{dT_{2(i-1)}}{dx} \Big|_{x=x_i} \quad (6.106)$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ İskender BOZKURT

şeklinde elde edilmiş olur. Özel durum olarak birbirini izleyen iki bölgenin kat yükseklikleri, bağlantı kirişi atalet momentleri ve bağlantı kirişi duvar bağlantısı esneklikleri eşit ise, bu bağıntılar

$$\left. \frac{dT_{1i}}{dx} \right|_{x=x_i} = \left. \frac{dT_{1(i-1)}}{dx} \right|_{x=x_i} \quad (6.107)$$

$$\left. \frac{dT_{2i}}{dx} \right|_{x=x_i} = \left. \frac{dT_{2(i-1)}}{dx} \right|_{x=x_i} \quad (6.108)$$

şekline dönüşür.

Boşluk sayısı iki ve bölge sayısı n olduğuna göre $2 \times 2 \times n$ sayıda sınır koşuluna ihtiyaç olacaktır. Perdenin en üst bölgesinde iki adet, perdenin en alt bölgesinde iki adet, x_i yüksekliğindeki güçlendirici kiriş üzerinde düşey kuvvetlerin dengesinden $2 \times (n-1)$ adet ve perdenin x_i yüksekliğinde $(i-1)$ ve i bölgelerinin eğimlerinin aynı olmasından $2 \times (n-1)$ adet olmak üzere toplam $2 \times 2 \times n$ adet sınır koşulu yazılarak bilinmeyen integrasyon sabitleri elde edilir. İntegrasyon sabitleri yardımıyla (6.74) ve (6.75) genel çözümlerinden T_{1i} ve T_{2i} bilinmeyen eksenel kuvvet bileşeni fonksiyonları belirlenmiş olur.

6.3.8 Perdelerde Yanal Yerdeğiştirme Fonksiyonunun Bulunması

Yanal yerdeğiştirme fonksiyonunu belirlemek amacıyla, elde edilen T_{1i} ve T_{2i} ifadeleri (6.13)'teki moment-eğrilik ilişkisinde yerlerine konulup iki kez integre edilir ve sonuç EI 'ya bölünürse

$$y_i = \frac{1}{EI} \int \left[\int \left(H_p - x >^1 - T_{1i} L_1 - T_{2i} L_2 \right) dx \right] dx + H_i x_i + G_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.109)$$

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİ İskender BOZKURT

ifadeleri elde edilir. Bu denklemlerdeki, bölge sayısı kadar H_i ve G_i bilinmeyen integrasyon sabiti çifti, x_i yüksekliğinde komşu iki bölgenin yanal deplasmanlarının

$$y_i|_{x=x_i} = y_{i-1}|_{x=x_i} \quad (i = 2,3,...,n) \quad (6.110)$$

ve türevlerinin

$$\left. \frac{dy_i}{dx} \right|_{x=x_i} = \left. \frac{dy_{i-1}}{dx} \right|_{x=x_i} \quad (i = 2,3,...,n) \quad (6.111)$$

şeklinde eşitlenmesi ve ayrıca perde tabanında yanal deplasmanın

$$y_n|_{x=0} = 0 \quad (6.112)$$

ve perde taban dönmesinin

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = \frac{M_{1n} + M_{2n} + M_{3n}}{K_R} \quad (6.113)$$

olması koşullarından bulunur. Eğer temel rijit ise (6.113) sınır koşulu

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (6.114)$$

şekline dönüşür. Yukarıdaki sınır şartları ifadeleri kullanılarak $2 \times n$ adet integrasyon sabiti bulunur ve (6.109) genel çözümünden y_i bilinmeyen yanal yerdeğiştirme fonksiyonu belirlenmiş olur.

Yukarıda anlatılan hesaplar sonucunda esneklik matrisi, $\underline{F}$, kolon kolon oluşturulur ve tersi alınırsa

$$\underline{K} = \underline{F}^{-1} \quad (6.115)$$

rijitlik matrisi bulunur.

6.4 Özdeğer ve Özvektörlerin Belirlenmesi

Yapının kütle matrisi belirlendikten ve her bir kütle seviyesindeki birim yükten dolayı oluşan yatay yerdeğiştirme değerleri ile esneklik ve rijitlik matrisleri tespit edildikten sonra artık özdeğer ve özvektörler bulunabilir. Bilindiği gibi tek serbestlik dereceli bir sistemin sönümsüz durumda serbest titreşim denklemi

$$m \ddot{y} + k y = 0 \quad (6.116)$$

şeklinde elde edilir. Çok serbestlik dereceli bir sistem için bu denklem kapalı olarak

$$\underline{M} \ddot{\underline{Y}} + \underline{K} \underline{Y} = \underline{0} \quad (6.117)$$

şeklinde yazılır. Bu denklemde $\underline{Y}$ yerdeğiştirme vektörü olup

$$\underline{Y} = \underline{a} \sin(\omega t + \theta) \quad (6.118)$$

kabulü yapılır. Burada $\underline{a}$ genlik vektörü ve ω frekanstır. θ faz açısı olup sabit olduğu için (6.118) ifadesinin zamana göre ikinci türevi

$$\ddot{\underline{Y}} = -\omega^2 \underline{a} \sin(\omega t + \theta) \quad (6.119)$$

şeklinde bulunur. Elde edilen denklemler çok serbestlik dereceli bir sistemin sönümsüz serbest titreşimi için geçerli olan (6.117) denkleminde yerlerine konulursa aşağıdaki denklem elde edilir:

6. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SÜREKLİ BAĞLANTI
YÖNTEMİ İLE SERBEST TİTREŞİM ANALİ İskender BOZKURT

$$-\omega^2 \underline{M} \underline{a} + \underline{K} \underline{a} = \underline{0} \quad (6.120)$$

Bu denklem düzenlenir ve $\lambda = \omega^2$ yazılırsa sonuç olarak

$$(\underline{K} - \lambda \underline{M}) \underline{a} = \underline{0} \quad (6.121)$$

denklemini elde edilir. Bu denklemin sıfır vektörden farklı bir çözümünün olması için

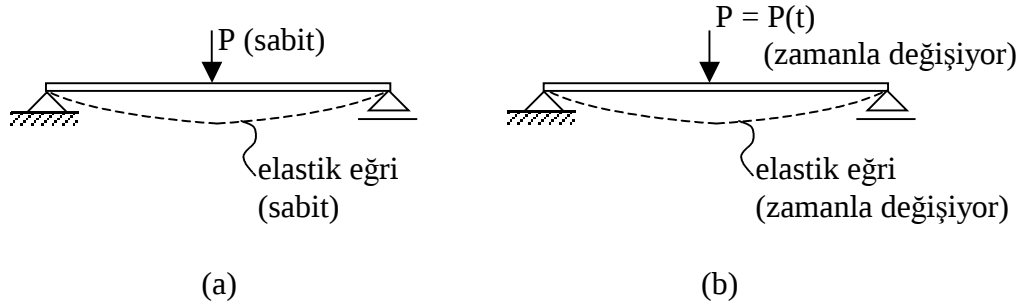
$$|\underline{K} - \lambda \underline{M}| = 0 \quad (6.122)$$

karakteristik denkleminin sağlanması gerekir. Sistem serbestlik derecesi mertebesinde olan bu denklemin çözümünden bulunan özdeğerler (6.121)'de tek tek yerlerine konulup çözüm yapılarak her özdeğere karşı gelen özvektör elde edilir.

7. İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN ZORLANMIŞ TİTREŞİM ANALİZİ

7.1. Giriş

Zorlanmış titreşim analizi, yapıların dinamik yükler etkisi altındaki analizidir. Dinamik analiz ile statik analiz arasında iki önemli fark vardır. Bunlardan ilki, statik analizde sabit bir yük altında sistemin yüke karşı gösterdiği direncin de sabit kalmasıdır (Şekil 7.1a). Oysa ki, dinamik analizde hem yük hem de sistemin yüke karşı gösterdiği direnç zamanla değişmektedir (Şekil 7.1b). Dolayısıyla problem zamanla değiştiğinden her zaman değerine karşı gelen çözüm de değişmektedir. Sonuçta, dinamik analizin statik analize göre çok daha karışık ve çok daha zaman alıcı olduğu söylenebilir. İki analiz arasındaki diğer fark, statik yük ile yüklenmiş bir sistemde oluşan iç kuvvetler ve sistemin elastik eğrisi yalnız bu yüke bağlıdır ve kuvvetlerin dengesi prensibinden kolayca hesaplanabilir. Ancak, sistemin dinamik yükler etkisinde yaptığı yerdeğiştirmeler ivmeye zıt yönde oluşan atalet kuvvetlerine de bağlıdır. Böylece, denge denklemlerine dış yük ve iç kuvvetlere ek olarak atalet kuvvetleri de girer.



Şekil 7.1. a) Statik analizde ve b) dinamik analizde elastik eğrinin durumu

7.2. Mod-Süperpozisyon (Birleştirme) Yöntemi

7.2.1. Giriş

Çok serbestlik dereceli yapıların zorlanmış titreşim analizinde serbestlik

derecesi arttıkça denklem takımının çözümü zorlaşmakta ve özellikle zaman artım değeri azaldıkça veya adım sayısı arttıkça hesap miktarı fazlalaşmakta olup çok yüksek bilgisayar kapasitesi gerekmektedir. Bir önceki bölümde kütle ve rijitlik matrisleri belirlenen çok sıra boşluklu perdeye ait hareket denklemi açık formda

$$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & \cdot & m_{1N} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & \cdot & m_{2N} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & \cdot & m_{3N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{N1} & m_{N2} & m_{N3} & \cdot & m_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \\ \cdot \\ \ddot{x}_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \cdot & c_{1N} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \cdot & c_{2N} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \cdot & c_{3N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{N1} & c_{N2} & c_{N3} & \cdot & c_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \cdot \\ \dot{x}_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \cdot & k_{1N} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \cdot & k_{2N} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \cdot & k_{3N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ k_{N1} & k_{N2} & k_{N3} & \cdot & k_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \cdot \\ x_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \cdot \\ P_N \end{bmatrix} \quad (7.1)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklem takımı incelendiğinde her bir denklemin bütün düğümlere ait büyüklükleri içerdiği görülmektedir. Bu denklem takımının çözümü mümkün olmakla birlikte çok serbestlik dereceli perdelerde çözüm oldukça zorlaşmaktadır. Mod-süperpozisyon yönteminin bu denklem takımına uygulanması ile

$$\begin{bmatrix} \tilde{m}_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \tilde{m}_{22} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \tilde{m}_{33} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{m}_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \\ \cdot \\ \ddot{x}_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \tilde{c}_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \tilde{c}_{22} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \tilde{c}_{33} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{c}_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \cdot \\ \dot{x}_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \tilde{k}_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \tilde{k}_{22} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \tilde{k}_{33} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{k}_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \cdot \\ x_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \cdot \\ P_N \end{bmatrix} \quad (7.2)$$

şeklinde girişimsiz bir denklem takımı elde edilir. Bu denklem takımında ise her bir denklem yalnız bir düğüme ait büyüklükleri içerdiği için çok serbestlik dereceli perdelerde çözüm kolay olmaktadır.

7.2.2. Girişimsiz Denklem Takımının Oluşturulması

Bu yöntemin ilk adımında her özdeğere karşılık gelen özvektör ilgili kolona yazılarak modal matris aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$$\underline{\Phi} = [\underline{\Phi}_1 \ \underline{\Phi}_2 \ \underline{\Phi}_3 \ \underline{L} \ \underline{\Phi}_i \ \underline{L} \ \underline{\Phi}_N] \quad (7.3)$$

Burada $\underline{\Phi}_i$ i numaralı özdeğere karşı gelen özvektör olup $N \times 1$ boyutundadır. Burada, N serbestlik derecesidir ve N_i ise i numaralı bölgenin uçları arasında kalan toplanmış kütle sayısı olmak üzere

$$N = \sum_{i=1}^n (N_i + 1) + 1 \quad (7.4)$$

ile hesaplanabilir. Bütün özvektörlerin yerlerine yazılması ile $n \times n$ boyutundaki modal matris elde edilir. Bu modal matris yardımı ile $\underline{X}$ modal yerdeğiştirme vektörü

$$\underline{Y} = \underline{\Phi} \underline{X} \quad (7.5)$$

şeklinde tanımlanır. Bu denklemin zamana göre birinci ve ikinci türevlerinden

$$\begin{aligned} \underline{\dot{Y}} &= \underline{\Phi} \underline{\dot{X}} \\ \underline{\ddot{Y}} &= \underline{\Phi} \underline{\ddot{X}} \end{aligned} \quad (7.6)$$

Bir sistemin

$$\underline{M} \ddot{\underline{Y}} + \underline{C} \dot{\underline{Y}} + \underline{K} \underline{Y} = \underline{P} \quad (7.7)$$

şeklinde verilen hareket denkleminde (8.5) ve (8.6) ifadeleri yerlerine konulursa

$$\underline{M} \underline{\Phi} \ddot{\underline{X}} + \underline{C} \underline{\Phi} \dot{\underline{X}} + \underline{K} \underline{\Phi} \underline{X} = \underline{P} \quad (7.8)$$

denklemini elde edilir. Bu denklemin her iki tarafı $\underline{\Phi}^T$ ile çarpılırsa

$$\underline{\Phi}^T \underline{M} \underline{\Phi} \ddot{\underline{X}} + \underline{\Phi}^T \underline{C} \underline{\Phi} \dot{\underline{X}} + \underline{\Phi}^T \underline{K} \underline{\Phi} \underline{X} = \underline{\Phi}^T \underline{P} \quad (7.9)$$

denklemini elde edilir. Özvektörlerin ortogonallık özelliğinden girişimsiz kütle matrisi

$$\tilde{\underline{M}} = \underline{\Phi}^T \underline{M} \underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \tilde{m}_{11} & & \\ & \tilde{m}_{22} & \\ & & \tilde{m}_{NN} \end{bmatrix} \quad (7.10)$$

girişimsiz sönüm matrisi

$$\tilde{\underline{C}} = \underline{\Phi}^T \underline{C} \underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \tilde{c}_{11} & & \\ & \tilde{c}_{22} & \\ & & \tilde{c}_{NN} \end{bmatrix} \quad (7.11)$$

girişimsiz rijitlik matrisi

$$\tilde{\underline{K}} = \underline{\Phi}^T \underline{K} \underline{\Phi} = \begin{bmatrix} \tilde{k}_{11} & & \\ & \tilde{k}_{22} & \\ & & \tilde{k}_{NN} \end{bmatrix} \quad (7.12)$$

ve modal kuvvetler

$$\tilde{\underline{P}} = \underline{\Phi}^T \underline{P} = \begin{bmatrix} \tilde{P}_1 \\ \tilde{P}_2 \\ \vdots \\ \tilde{P}_N \end{bmatrix} \quad (7.13)$$

şeklinde bulunur. Sonuç olarak, girişimsiz sistem denklemi

$$\tilde{\underline{M}} \ddot{\underline{X}} + \tilde{\underline{C}} \dot{\underline{X}} + \tilde{\underline{K}} \underline{X} = \tilde{\underline{P}} \quad (7.14)$$

şeklinde elde edilmiş olur. Yapılacak hesaplar sonunda $\underline{X}$ modal yerdeğiştirme vektörü belirlendikten sonra sistemin gerçek yerdeğiştirmeleri

$$\underline{Y} = \underline{\Phi} \underline{X} = \begin{bmatrix} \underline{\Phi}_1 & \underline{\Phi}_2 & \underline{\Phi}_3 & \underline{L} & \underline{\Phi}_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \vdots \\ X_N \end{bmatrix} \quad (7.15)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

7.3. Zaman Tanım Alanında Analiz

Zamanla değişen yükler etkisindeki boşluklu perdelerin her zaman artımına karşı gelen yerdeğiştirme veya eleman uç kuvvetlerinin hesabına zaman tanım alanında analiz denir. (7.7)'deki hareket denklemi

$$\underline{M} \ddot{\underline{Y}} + \underline{C} \dot{\underline{Y}} + \underline{K} \underline{Y} = \underline{P}(t) \quad (7.16)$$

şeklinde yazılmış ve mod-superpozisyonu için girişimsiz durumda

$$\tilde{\mathbf{M}} \ddot{\mathbf{X}} + \tilde{\mathbf{C}} \dot{\mathbf{X}} + \tilde{\mathbf{K}} \mathbf{X} = \tilde{\mathbf{P}}(t) \quad (7.17)$$

şekline dönüştüğü gösterilmişti. Ancak, (7.17) denklemi incelendiğinde ikinci mertebeden bir diferansiyel denklem takımı olduğu ve özellikle çok serbestlik dereceli perdeler için çözümün zor ve zaman alıcı olacağı anlaşılabılır. Çözümü kolaylaştırmak ve hesapları azaltmak için çeşitli sayısal çözüm yöntemleri geliştirilmiştir.

a) Merkezi sonlu farklar yöntemi : Merkezi sonlu farklar yönteminde diferansiyel denklem takımının çözümü için sonlu farklar yönteminden yararlanılır. Bu yöntemde birinci ve ikinci türevlerin merkezi farklar cinsinden ifade edilmesi ile elde edilen hız ve ivme bağıntıları belirli bir zaman aralığında seçilen uygun zaman artımı ile adım adım hesaplanarak her t anında sistemin bilinmeyenleri hesaplanır.

b) Houbolt yöntemi: Houbolt yöntemi merkezi farklar yöntemi ile benzerlik göstermekle beraber aralarındaki fark, Houbolt yönteminde kullanılan hız ve ivme bağıntılarının geri farklar ifadelerinden elde edilmesidir. Diğer bir fark da, Houbolt yönteminde, t anındaki ve daha önceki fonksiyon değerleri bilinirken t+Δt anı için çözüm yapılıyor olmasıdır.

c) Wilson θ yöntemi : Wilson θ yöntemi lineer ivme yönteminin genişletilmiş şeklidir. Lineer ivme yönteminde ivmenin t anı ile t+Δt anı arasında lineer değiştiği kabul edilmektedir. Wilson θ yönteminde ise ivmenin t anı ile t+θΔt (θ≥1) arasında lineer değiştiği kabul edilmektedir. Sistemin kararlı olması için θ≥1.37 seçilmesi gerekmekte olup genellikle hesaplarda θ=1.40 alınır.

d) Newmark yöntemi : Newmark integrasyon yöntemi lineer ivme ile ortalama sabit ivme kabullerine dayanmaktadır.

Bu çalışmada dinamik yükler etkisindeki güçlendirilmiş boşluklu perdelerin zorlanmış titreşim analizinde Newmark yöntemi kullanılacaktır.

7.3.1. Newmark Yöntemi

Newmark integrasyon yönteminde lineer ivme ile ortalama sabit ivme kabullerinin yapıldığı belirtilmişti. Bu yöntemde hız hesabı için

$$\dot{x}_{t+\Delta t} = \dot{x}_t + [(1-\delta)\ddot{x}_t + \delta\ddot{x}_{t+\Delta t}] \Delta t \quad (7.18)$$

ve yerdeğiştirme hesabı için

$$x_{t+\Delta t} = x_t + \dot{x}_t \Delta t + [(0.5-\alpha)\ddot{x}_t + \alpha\ddot{x}_{t+\Delta t}] \Delta t^2 \quad (7.19)$$

bağıntıları kullanılır. Bu bağıntılardaki α ve δ parametreleri, lineer ivme ile ortalama sabit ivme kabullerine göre sırası ile 1/6 ve 1/2 değerlerini alırlar. Newmark yönteminin çözüm adımları aşağıdaki şekildedir:

1) (7.17)'de elde edilen denklem için başlangıç değerleri kabul edilir. Perdenin $t=0$ anında yerdeğiştirme ve hız vektörleri sıfır alınır:

$$\begin{aligned} \underline{X}_0 &= \underline{0} \\ \underline{\dot{X}}_0 &= \underline{0} \end{aligned} \quad (7.20)$$

İvme vektörünün başlangıç değeri ise (7.20) değerleri (7.17)'de yerine konularak elde edilen

$$\tilde{\underline{M}} \ddot{\underline{X}}_0 + \tilde{\underline{C}} \dot{\underline{X}}_0 + \tilde{\underline{K}} \underline{X}_0 = \tilde{\underline{P}}(t) \quad (7.21)$$

denkleminde

$$\ddot{\underline{X}}_0 = \tilde{\underline{M}}^{-1} [\tilde{\underline{P}}(t) - \tilde{\underline{C}} \dot{\underline{X}}_0 - \tilde{\underline{K}} \underline{X}_0] \quad (7.22)$$

şeklinde elde edilir.

2) Zaman artım değerleri Δt ile α ve δ parametreleri belirlenir:

$$\begin{aligned}\delta &= 0.50 \\ \alpha &\geq 0.25(0.5 + \delta)^2\end{aligned}\tag{7.23}$$

3) Newmark yönteminde kullanılacak olan sabitler hesaplanır:

$$\begin{aligned}a_0 &= \frac{1.0}{\alpha \Delta t^2} \\ a_1 &= \frac{\delta}{\alpha \Delta t} \\ a_2 &= \frac{1.0}{\alpha \Delta t} \\ a_3 &= \frac{1.0}{2 \alpha} - 1.0 \\ a_4 &= \frac{\delta}{\alpha} - 1.0 \\ a_5 &= \frac{\Delta t}{2.0} \left(\frac{\delta}{\alpha} - 2.0 \right) \\ a_6 &= \Delta t (1.0 - \delta) \\ a_7 &= \alpha \Delta t\end{aligned}\tag{7.24}$$

4) Sistem efektif rijitlik matrisi oluşturulur:

$$\underline{\tilde{K}}_{ef} = \underline{\tilde{K}} + a_0 \underline{\tilde{M}} + a_1 \underline{\tilde{C}}\tag{7.25}$$

5) Bu adımda belirtilecek hesaplar her Δt değeri için tekrarlanacaktır.

(a) $t + \Delta t$ zamanında efektif yük vektörü hesaplanır:

$$\tilde{\underline{P}}_{ef, t+\Delta t} = \tilde{\underline{P}}_{t+\Delta t} + \tilde{\underline{M}} (a_0 \underline{X}_t + a_2 \underline{\dot{X}}_t + a_3 \underline{\ddot{X}}_t) + \tilde{\underline{C}} (a_1 \underline{X}_t + a_4 \underline{\dot{X}}_t + a_5 \underline{\ddot{X}}_t) \quad (7.26)$$

(b) $t+\Delta t$ zamanında perde yerdeğiştirme değerleri hesaplanır:

$$\tilde{\underline{K}}_{ef} \underline{Y}_{t+\Delta t} = \tilde{\underline{P}}_{ef, t+\Delta t} \quad (7.27)$$

(c) $t+\Delta t$ zamanında ivme

$$\underline{\ddot{X}}_{t+\Delta t} = a_0 (\underline{X}_{t+\Delta t} - \underline{X}_t) - a_2 \underline{\dot{X}}_t - a_3 \underline{\ddot{X}}_t \quad (7.28)$$

ve hız

$$\underline{\dot{X}}_{t+\Delta t} = \underline{\dot{X}}_t + a_6 \underline{\ddot{X}}_t + a_7 \underline{\ddot{X}}_{t+\Delta t} \quad (7.29)$$

vektörleri hesaplanır.

(d) Perde için gerçek yerdeğiştirme

$$\underline{Y}_{t+\Delta t} = \underline{\Phi} \underline{X}_{t+\Delta t} \quad (7.30)$$

hız

$$\underline{\dot{Y}}_{t+\Delta t} = \underline{\Phi} \underline{\dot{X}}_{t+\Delta t} \quad (7.31)$$

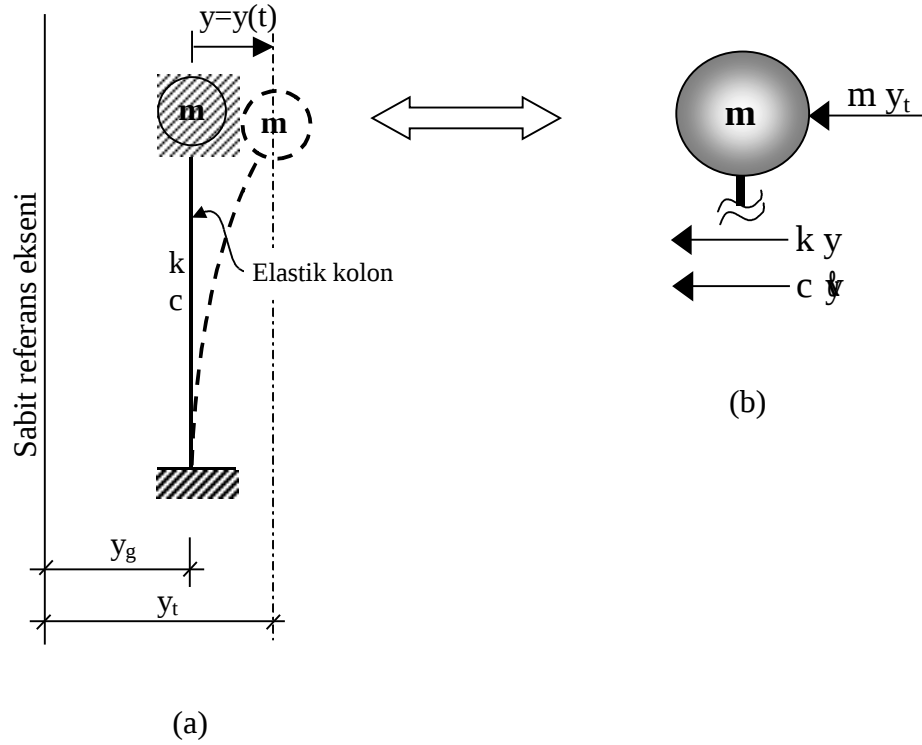
ve ivme

$$\underline{\ddot{Y}}_{t+\Delta t} = \underline{\Phi} \underline{\ddot{X}}_{t+\Delta t} \quad (7.32)$$

vektörleri hesaplanır.

7.4. Spektrum (Deprem) Analizi

Şekil 7.2.(a)'da, ucunda m kütlesi bulunan ağırlığı ihmal edilmiş elastik bir kolonun, deprem etkisi ile t zamanında ilk konumundan (sabit referans eksenini) y_g kadar yerdeğiştirme yaptığı görülmektedir. Kolonun ucundaki m kütlesinin yaptığı



Şekil 7.2. Toplanmış bir kütlenin (a) deprem etkisi ile hareketi (b) serbest cisim diyagramı

toplam yerdeğiştirme sistemin sabit referans eksenine göre yaptığı yerdeğiştirme ile kütlenin sistem eksenine göre yaptığı yerdeğiştirme toplamına eşittir:

$$y_t = y_g + y \quad (7.33)$$

Kolonun ucundaki m kütlesine etki eden kuvvetler Şekil 7.2 (b)'deki serbest cisim diyagramında görülmektedir. D'Alembert prensibiyle bu sistem için

$$m \ddot{y}_t + c \dot{y} + k y = 0 \quad (7.34)$$

şeklinde yazılan hareket denkleminde (7.33) yerine konulur

$$m \ddot{y}_g + m \ddot{y} + c \dot{y} + k y = 0 \quad (7.35)$$

sol taraftaki ilk terim sağ tarafa geçirilir

$$m \ddot{y} + c \dot{y} + k y = -m \ddot{y}_g \quad (7.36)$$

ve

$$p(t) = -m \ddot{y}_g \quad (7.37)$$

olarak adlandırılırsa

$$m \ddot{y} + c \dot{y} + k y = p(t) \quad (7.38)$$

şeklinde, tek serbestlik dereceli sistemler için, temel denklem elde edilir. Bu denklemin çok serbestlik dereceli sistemler için olan şekli ise şöyledir:

$$\underline{M} \ddot{\underline{Y}} + \underline{C} \dot{\underline{Y}} + \underline{K} \underline{Y} = \underline{P}(t) \quad (7.39)$$

Bu denklemin sağ tarafındaki yük terimi

$$\underline{P}_t = -\underline{M} \underline{r} \ddot{y}_g \quad (7.40)$$

ile hesaplanır. Burada, $\underline{r}$, yerleştirme (Pseudostatik) vektörüdür ve sistem serbestlik derecelerine eşit sayıdaki elemanlarından deprem hareketi doğrultusundakiler bir ve diğerleri sıfır alınır.

(7.39)'daki denklem takımı girişimsiz duruma dönüştürüldükten sonra her bir düğüm noktasına karşı gelen yük terimi

$$P_i = -\underline{\Phi}_i^T \underline{M} \underline{\ddot{r}}_g \quad (7.41)$$

ile gösterilir. Burada

$$L_i = \underline{\Phi}_i^T \underline{M} \underline{r} \quad (7.42)$$

kısaltması yapılırsa yük terimi

$$P_i = -L_i \ddot{y}_g \quad (7.43)$$

olarak gösterilebilir. Girişimsiz şekle dönüştürülen denklem takımı

$$\alpha_i = \frac{L_i}{N_i} \quad (7.44)$$

tanımı yapılarak

$$\ddot{X}_i + 2\zeta_i \omega_i \dot{X}_i + \omega_i^2 X_i = -\alpha_i \ddot{y}_g \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7.45)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemlerde maksimum yerdeğiştirme

$$(X_i)_{\max} = \max|X_i| = \alpha_i S_d(T_i, \zeta_i) \quad (7.46)$$

şeklinde verilir. İvme, hız ve yerdeğiştirme spektrumları arasında

$$(X_i)_{\max} = \alpha_i S_d$$

$$(X_i)_{\max} = \alpha_i \frac{S_v}{\omega} \quad (7.47)$$

$$(X_i)_{\max} = \alpha_i \frac{S_a}{\omega^2}$$

bağıntıları vardır. Her mod'a ait maksimum yerdeğiştirmeler belirlendikten sonra boşluklu perdenin gerçek yerdeğiştirmeleri modal matris ile maksimum yerdeğiştirme değerleri çarpılarak bulunur. Her mod için maksimum yerdeğiştirme vektörleri yukarıda anlatıldığı şekilde belirlendikten sonra ilgili düğüm noktasının verilen deprem spektrumu etkisinde yaptığı yerdeğiştirmeyi hesaplamak için SRSS (Square Root of Sum of Squares) yöntemi kullanılır. Başka bir deyişle i numaralı düğüm noktasının yaptığı maksimum yerdeğiştirme

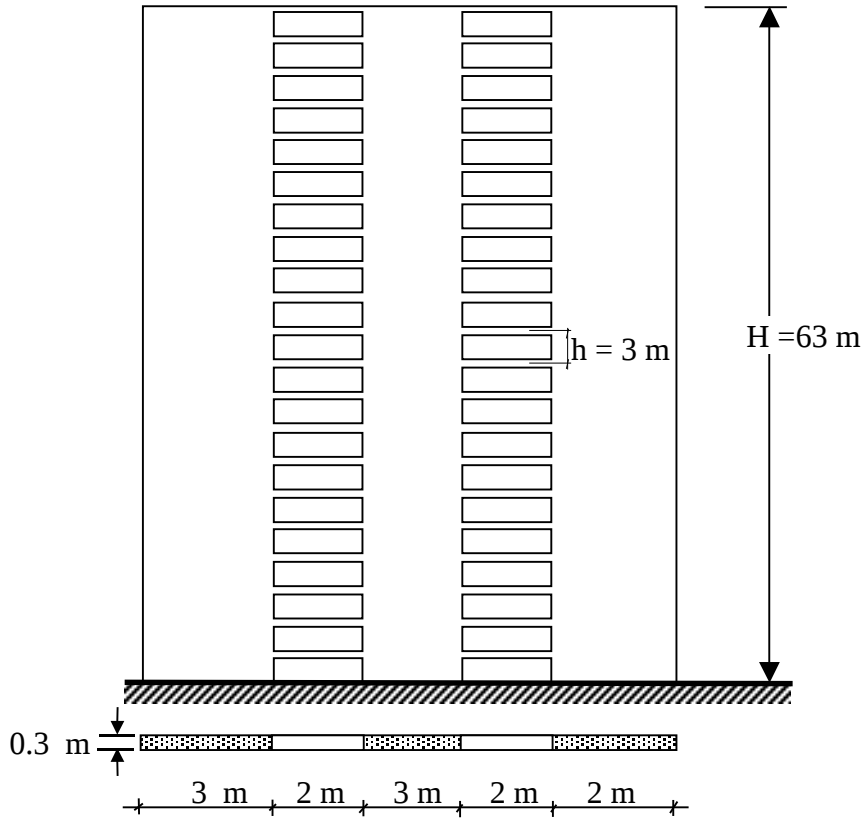
$$y_i = \sqrt{(\Phi_{i1} X_1)^2 + (\Phi_{i2} X_2)^2 + (\Phi_{i3} X_3)^2 + \dots + (\Phi_{iN} X_N)^2} \quad (7.48)$$

olarak hesaplanır.

8.2. Sayısal Uygulamalar

Örnek 1:

Bu ilk örnekte, iki sıra boşluklu perdenin (Şekil 8.1), bu çalışma için hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizi yapılmıştır. Toplam yüksekliği 63 m, kat yüksekliği 3 m, kalınlığı 0.3 m, boşluk genişliği 2 m, bağlantı kirişi yüksekliği 0.25 m, duvar genişlikleri sırasıyla, 3 m, 3 m, 2 m ve elastisite modülü 2.876×10^7 kN/m² olan perdenin yoğunluğu 2400 kg/m³ olarak alınmıştır. Perde rijit zemine oturmaktadır.



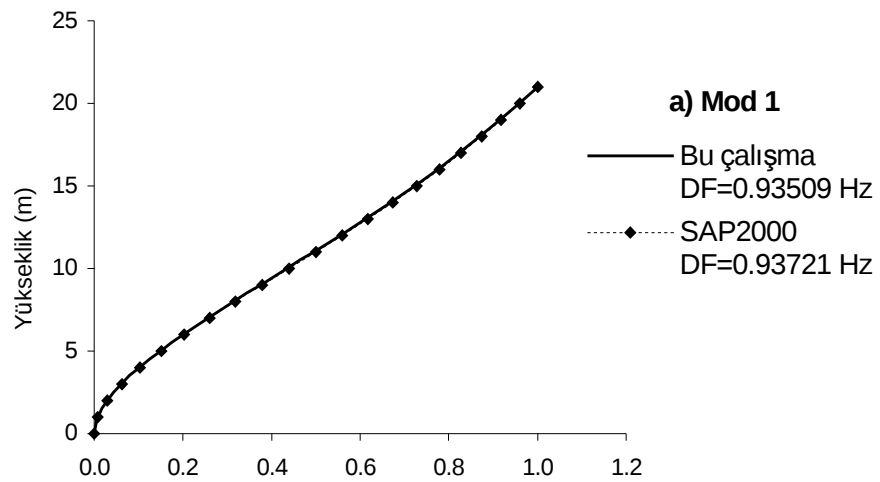
Şekil 8.1. Örnek 1'e ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

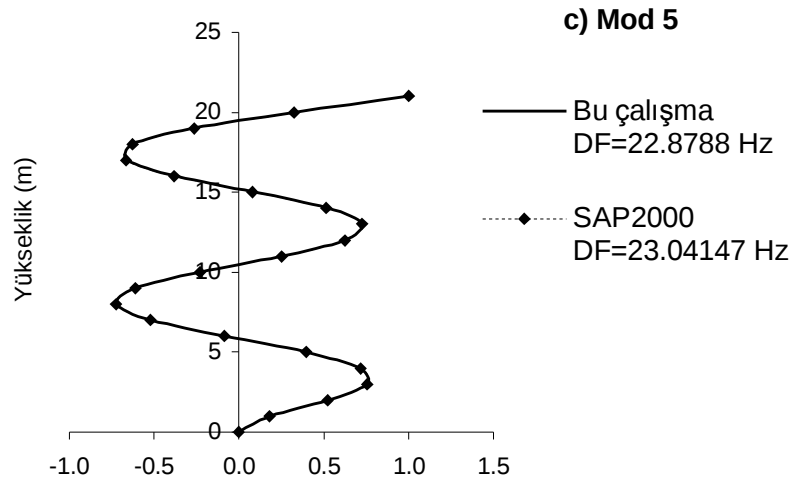
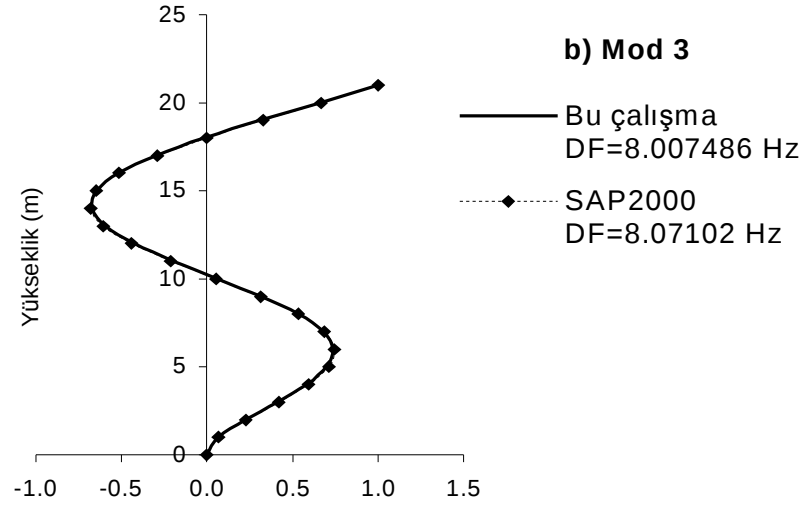
Hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile çözülen örneğin ilk on doğal frekansı (DF) karşılaştırılarak oransal farkıyla birlikte Çizelge 8.1’de sunulmuştur.

Çizelge 8.1. Örnek 1’e ait doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

Mod	SAP2000	Bu çalışma	Fark %
1	0.937207	0.935098	0.2
2	3.575259	3.547016	0.8
3	8.071025	8.007486	0.8
4	14.492754	14.396564	0.7
5	23.041475	22.878863	0.7
6	33.670034	33.427590	0.7
7	46.511628	46.043032	1.0
8	61.349696	60.694055	1.0
9	78.125000	77.351635	1.0
10	97.087379	95.961604	1.0

Bu çalışmada hazırlanan programdan ve SAP2000 yapı analizi programından elde edilen birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri tepe noktası yerdeğiştirmesine göre normalize edilerek Şekil 8.2’de karşılaştırılmıştır.

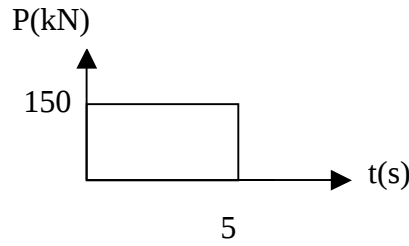




Şekil 8.2. Örnek 1'in birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

Örnek 2:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 1’de Şekil 8.1’de gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin sönümsüz ve sönümlü durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.3’te gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.3. Örnek 2’ye ait yükleme

Sönümsüz durum için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi Çizelge 8.2’de SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.2. Sönümsüz durum için Örnek 2’ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark %
0.07754	0.07813	0.76

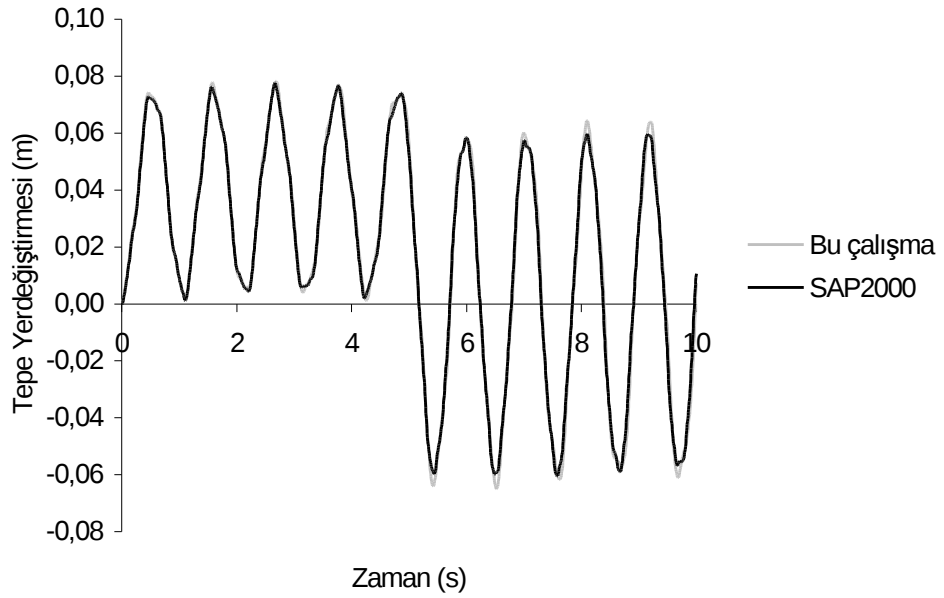
Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.3’te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.3. Sönümlü durum için Örnek 2'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

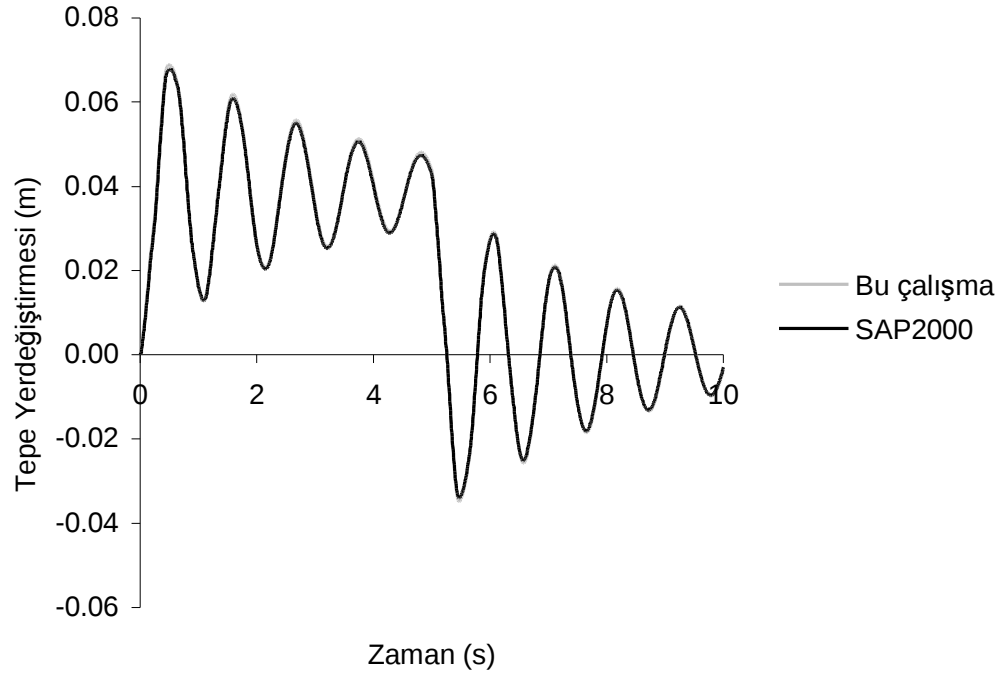
SAP2000	Bu çalışma	Fark %
0.06778	0.06883	1.50

Sönümsüz ve sönümlü durumlar için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.4-5'te verilmiştir.

Her iki yöntemle elde edilen zorlanmış titreşim eğrileri üst üste çakışacak kadar yakın sonuçlar vermektedir.



Şekil 8.4. Örnek 2'de sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



şekil 8.5. rnek 2’de sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 3 :

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 1’de Şekil 8.1’de gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin, bu çalışma için hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılmıştır. Perde sönümsüz olarak Çizelge 8.4’teki spektral ivme değerleri (Wilson, 1997) etkisinde çözülmüştür.

Çizelge 8.4. Örnek 3 için spektral ivme değerleri

Peryot (s)	Spektral ivme (cm/s ²)
0.0	294.3
0.1	343.35
0.2	686.7
0.5	882.9
0.6	882.9
1.0	588.6
2.0	490.5
100.0	0.0

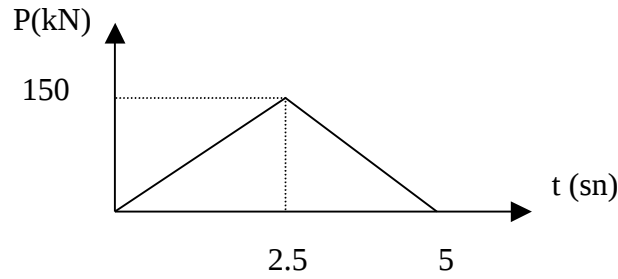
Bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuç ile Çizelge 8.5’te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.5. Örnek 3’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.02476	0.02492	0.62

Örnek 4:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 1’de Şekil 8.1’de gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin sönümsüz ve sönümlü durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.6’da gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.6. Örnek 4’e ait yükleme

Sönümsüz durum için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi Çizelge 8.6’da SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.6. Sönümsüz durum için Örnek 4’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

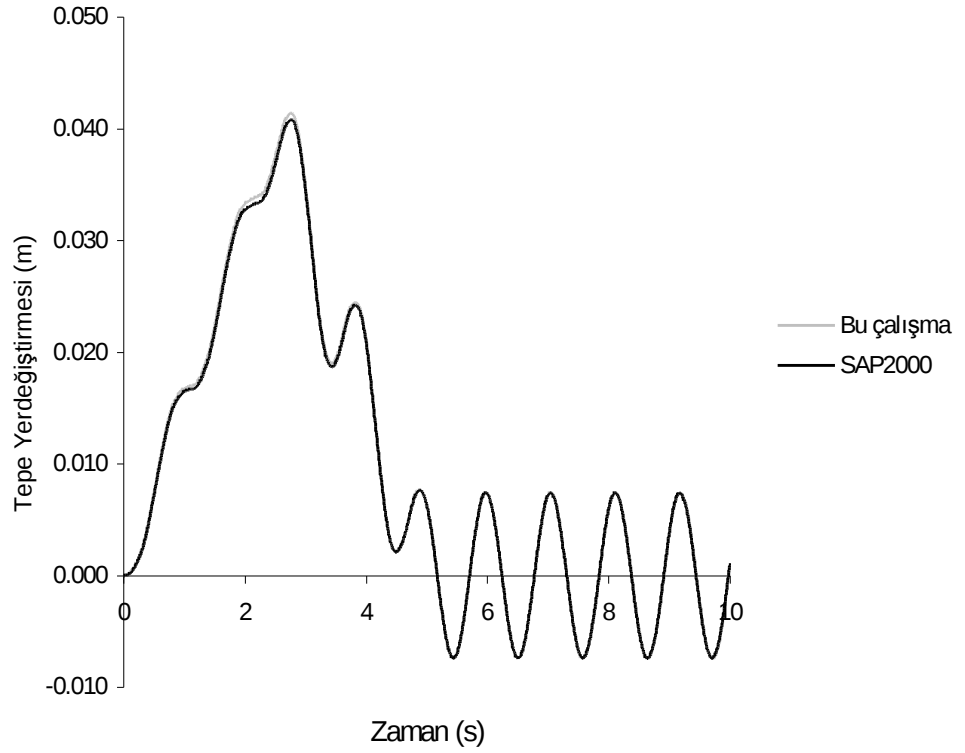
SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.04082	0.04140	1.42

Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.7’de karşılaştırılmıştır.

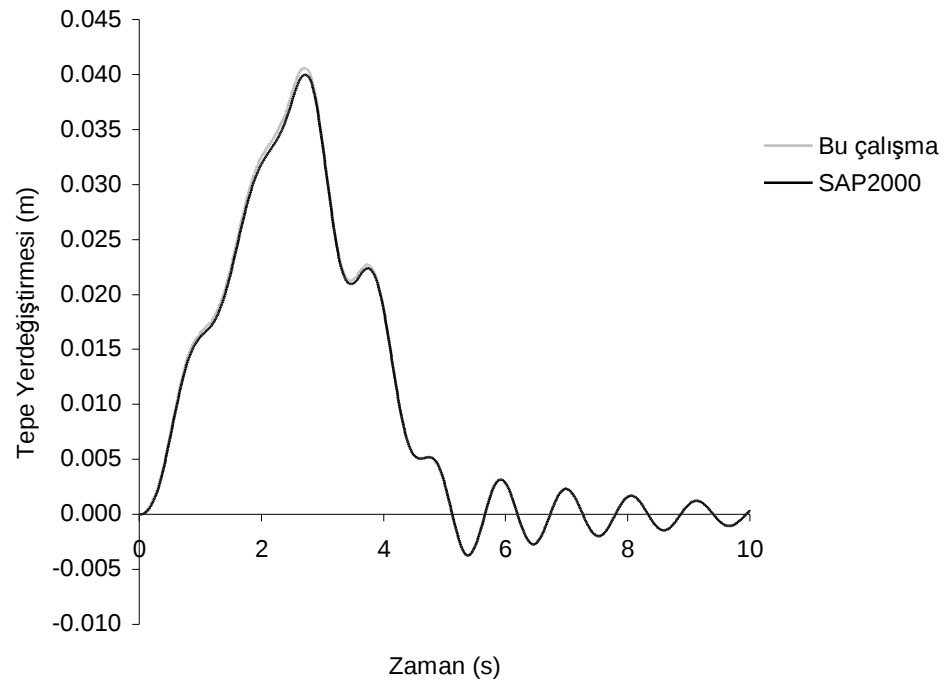
Çizelge 8.7. Sönümlü durum için Örnek 4'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.03997	0.04055	1.45

Sönümsüz ve sönümlü durumlar için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.7-8'de verilmiştir.



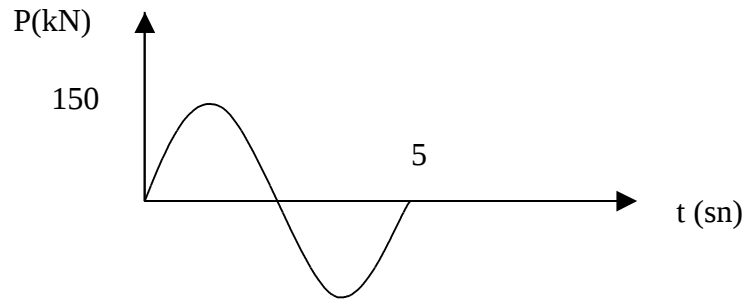
Şekil 8.7. Örnek 4'te sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



şekil 8.8. rnek 4’te sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 5:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 1’de Şekil 8.1’de gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin sönümsüz ve sönümlü durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.9’da gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.9. Örnek 5’e ait yükleme

Çizelge 8.8. Sönümsüz durum için Örnek 5’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

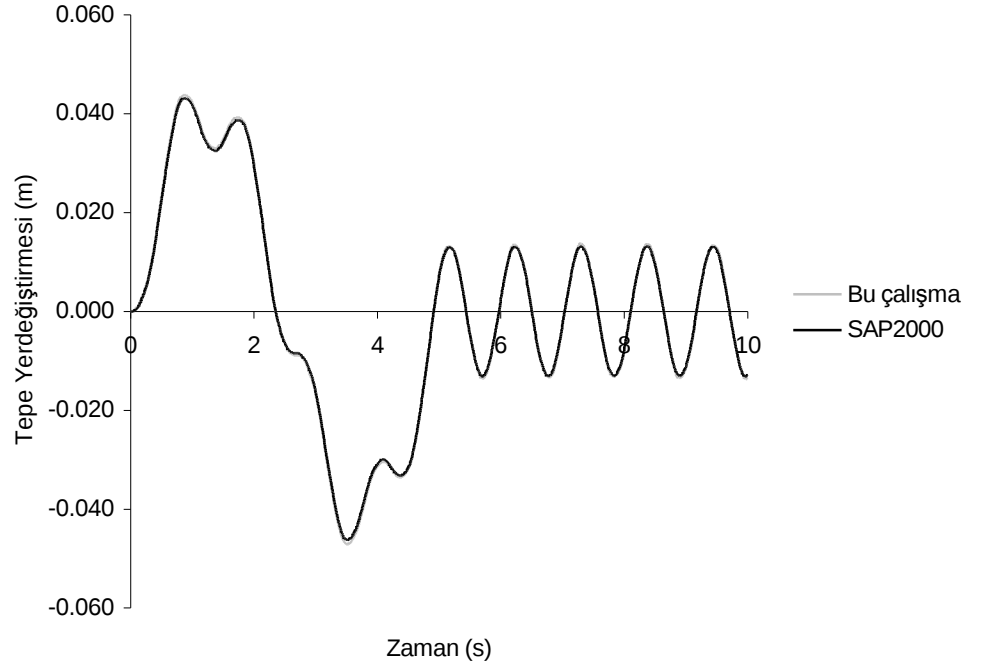
SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.04309	0.04380	1.65

Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.9’da karşılaştırılmıştır.

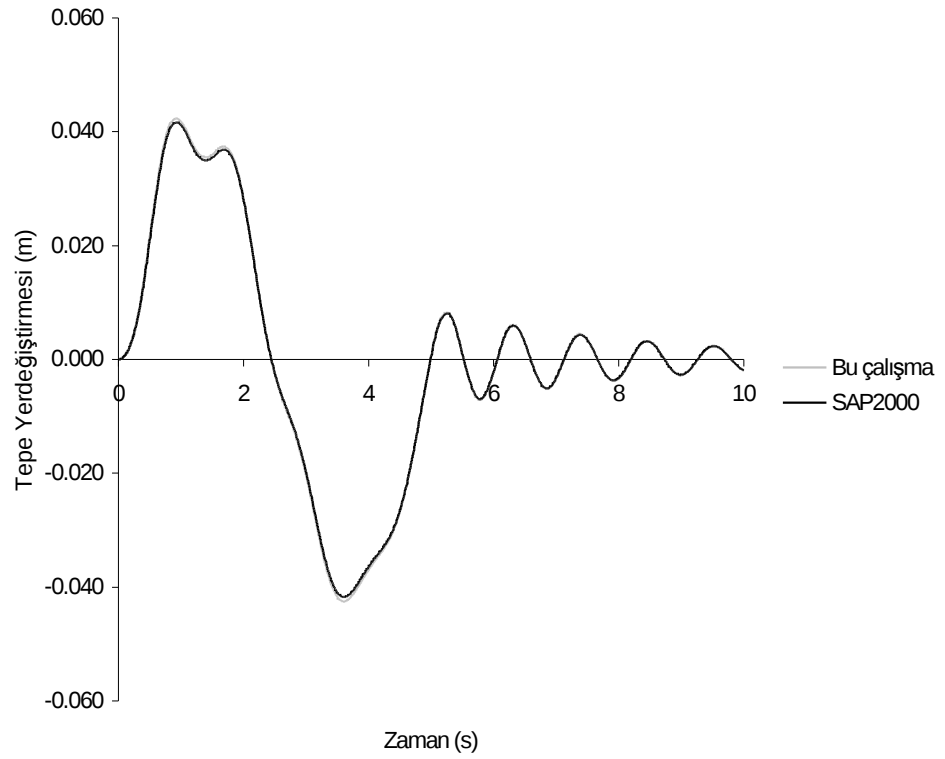
Çizelge 8.9. Sönümlü durum için Örnek 5’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.04165	0.04232	1.61

Sönümsüz ve sönümlü durum için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi şekil 8.10-11’de verilmiştir.



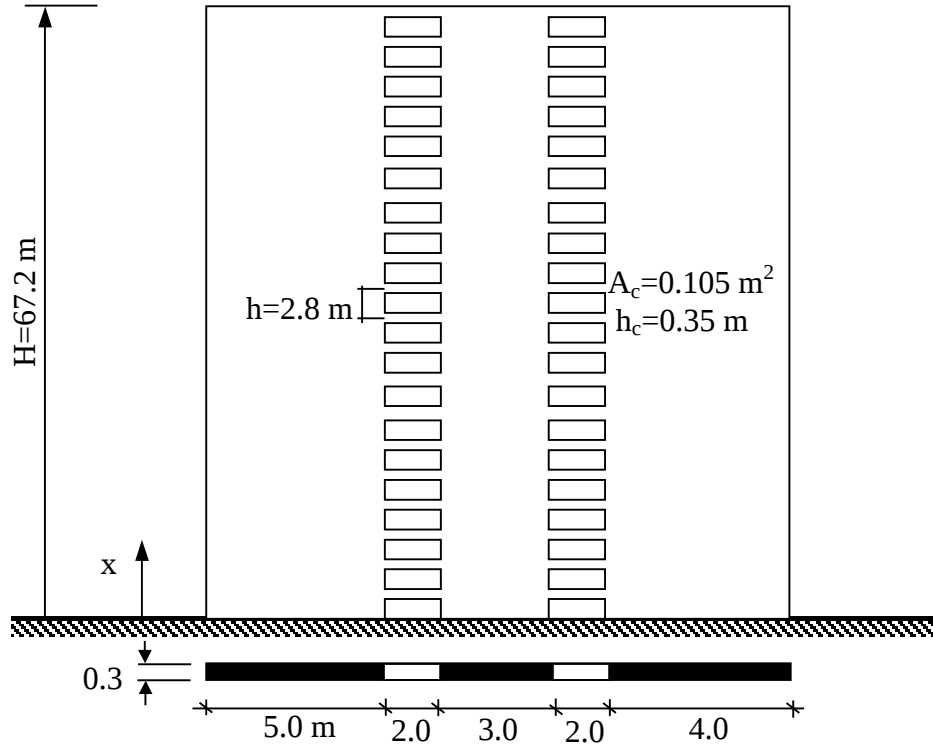
şekil 8.10. rnek 5’e ait sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



şekil 8.11. rnek 5'e ait sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 6:

Bu örnekte, güçlendirici kirişsiz ve iki sıra boşluklu perdenin (Şekil 8.12), farklı tipteki zeminlere oturması durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizleri yapılarak elde edilen doğal frekans (DF) değerleri Çizelge 8.10’da sunulmuştur. Ayrıca, farklı tipteki zeminler için yapılan analizlerde SBY ile bulunan birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri Şekil 8.13-15’te karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.12. Örnek 6’ya ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

Toplam yüksekliği 67.2 m, kat yüksekliği 2.8 m, kalınlığı 0.30 m, boşluk genişlikleri 2.0 m, bağlantı kirişi yüksekliği 0.35 m ve elastisite modülü 2.00×10^7 kN/m² olan perdenin yoğunluğu 2405 kg/m³ olarak alınmıştır. Perde eşdeğer çerçeve yöntemine göre modellenirken oturduğu zemin doğrusal ve dönel yaylar olarak düşünülmüş ve yay sabitleri SBY de kullanılan K_V ve K_R zemin rijitlik sabitleri cinsinden yazılmıştır.

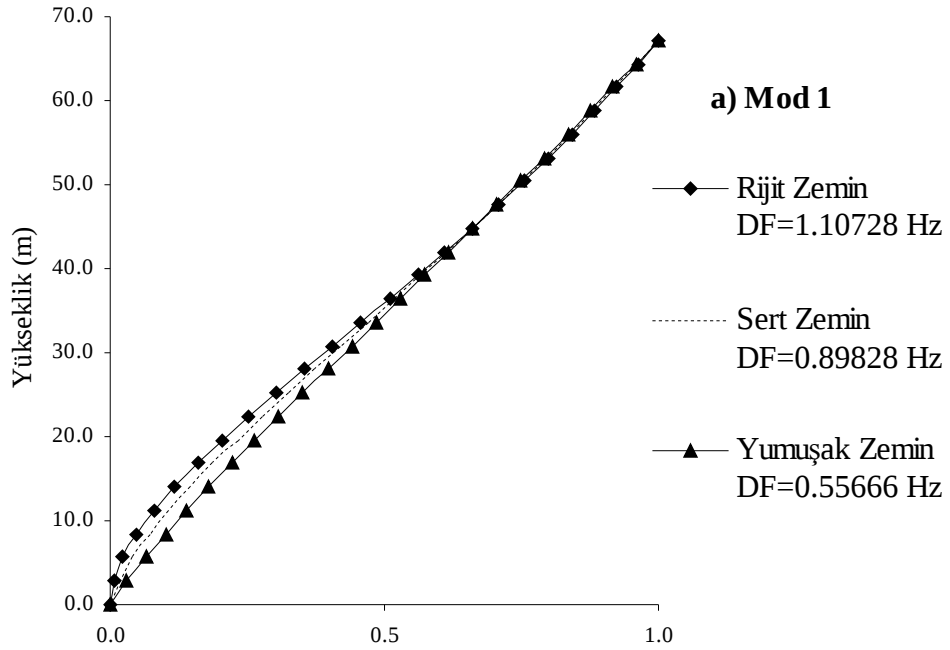
Rijit Zemin : $K_R = \infty$, $K_V = \infty$, $K_H = \infty$

Sert Zemin : $K_R = 2.72 \times 10^7$ kNm/rad, $K_V = 8.78 \times 10^5$ kN/m, $K_H = \infty$

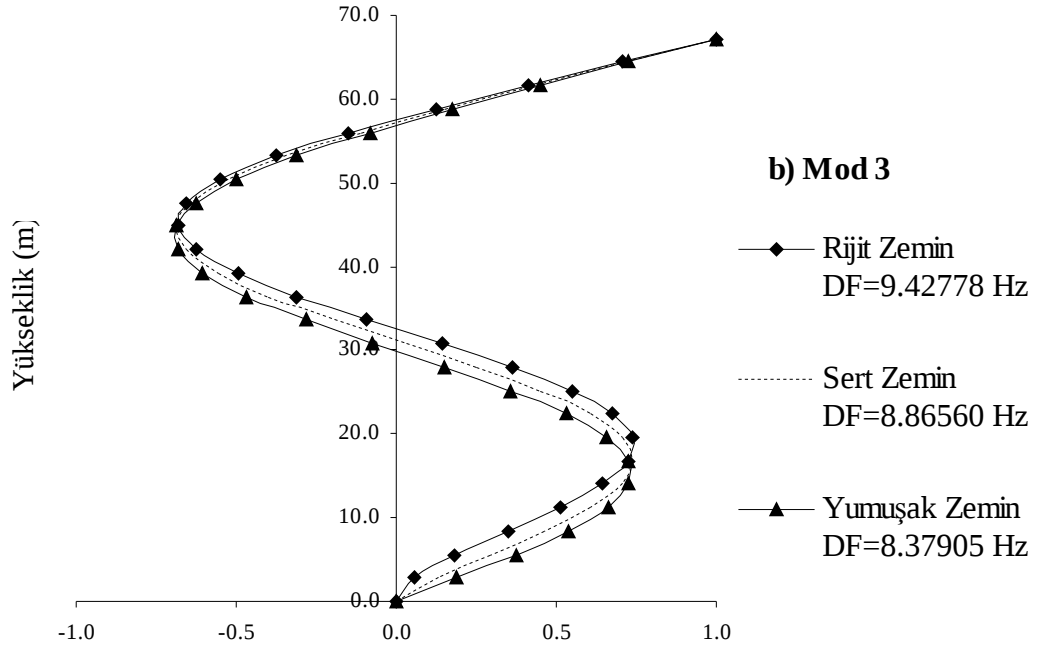
Yumuşak Zemin: $K_R = 0.54 \times 10^7$ kNm/rad, $K_V = 1.46 \times 10^5$ kN/m, $K_H = \infty$

Çizelge 8.10. Örnek 6’da değişik zemin tipleri için SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 programından elde edilenlerle karşılaştırılması

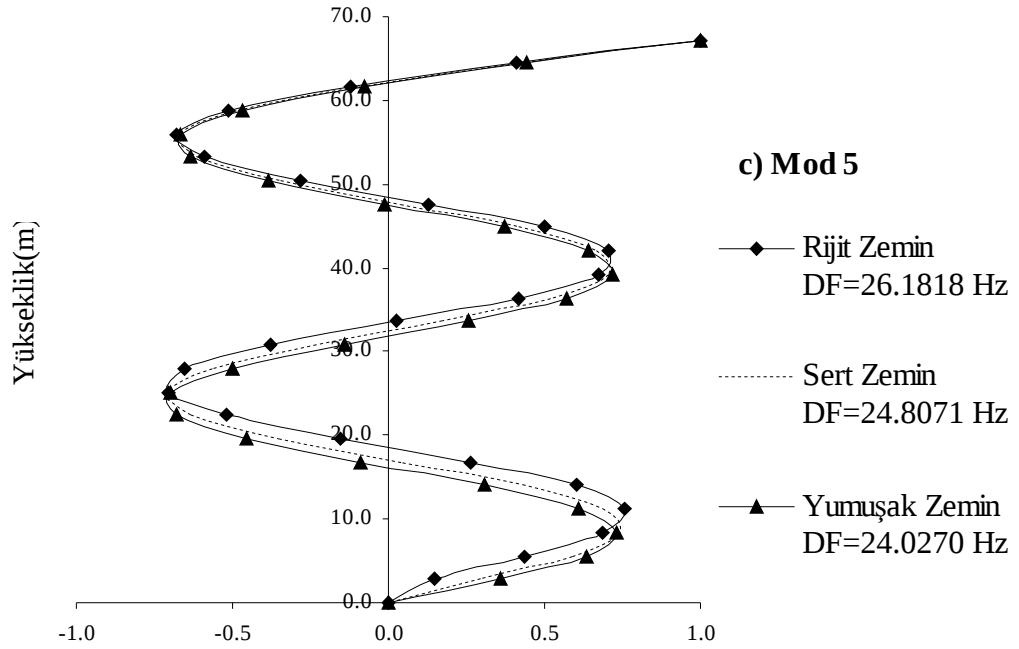
Mod	Zemin Tipi					
	Rijit Zemin		Sert Zemin		Yumuşak Zemin	
	S.B.Y.	SAP2000	S.B.Y.	SAP2000	S.B.Y.	SAP2000
1	1.10728	1.10744	0.89828	0.89839	0.55666	0.55661
2	4.22758	4.24600	3.96886	3.97341	3.69191	3.66471
3	9.42778	9.48418	8.86560	8.90268	8.37905	8.39050
4	16.6399	16.7212	15.7087	15.7569	15.0694	15.0750
5	26.1818	26.2838	24.8071	24.8751	24.0270	24.0672
6	38.0261	38.1376	36.1776	36.2442	35.2941	35.3245
7	52.2020	52.3207	49.8525	49.9277	48.8847	48.9370
8	68.6791	68.7972	65.8166	65.8829	64.7856	64.8234
9	87.4457	87.5589	84.0605	84.1253	82.9800	83.0276
10	108.463	108.563	104.555	104.601	103.439	103.464



Şekil 8.13. Örnek 6’daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan birinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması



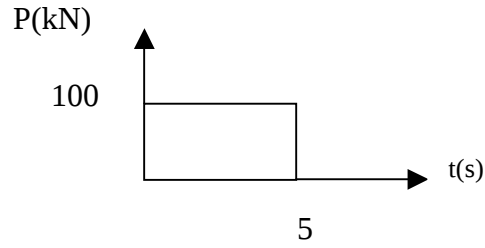
Şekil 8.14. Örnek 6'daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan üçüncü mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması



Şekil 8.15. Örnek 6'daki perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için bulunan beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması

Örnek 7:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 6’da Şekil 8.12’de gösterilen perde ile aynıdır. İki sıra boşluklu bu perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumları için, sönümsüz ve sönümlü olarak bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.16’da gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.16. Örnek 7’ye ait yükleme

Sönümsüz durum için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmeleri Çizelge 8.11’de SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.11.Sönümsüz durum için Örnek 7’ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

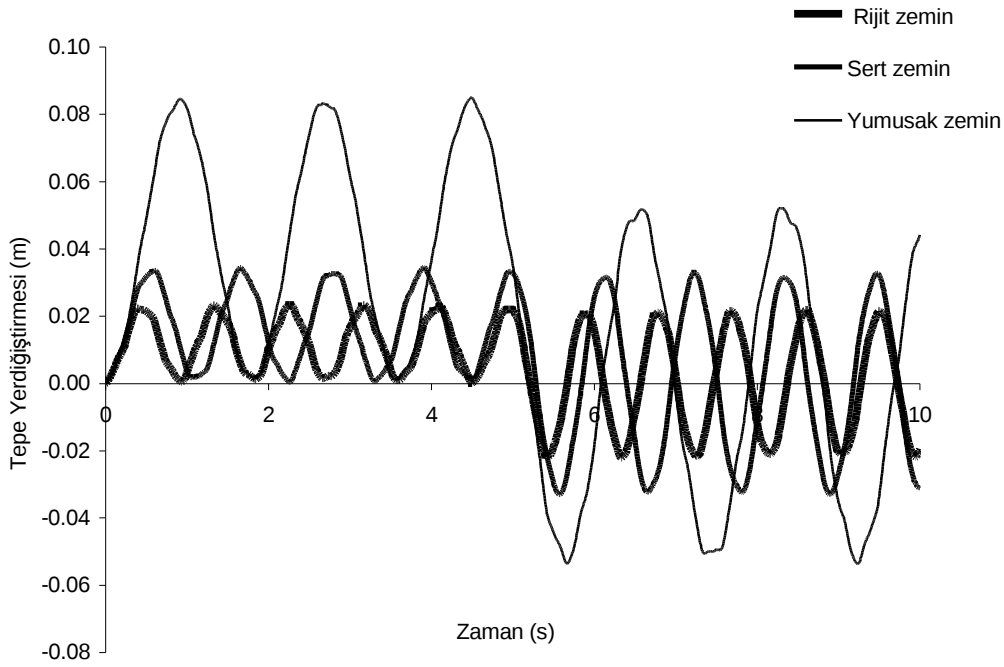
ZEMİN	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
Rijit	0.023290	0.023366	0.33
Sert	0.034240	0.034519	0.82
Yumuşak	0.084780	0.084967	0.22

Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.12’de karşılaştırılmıştır.

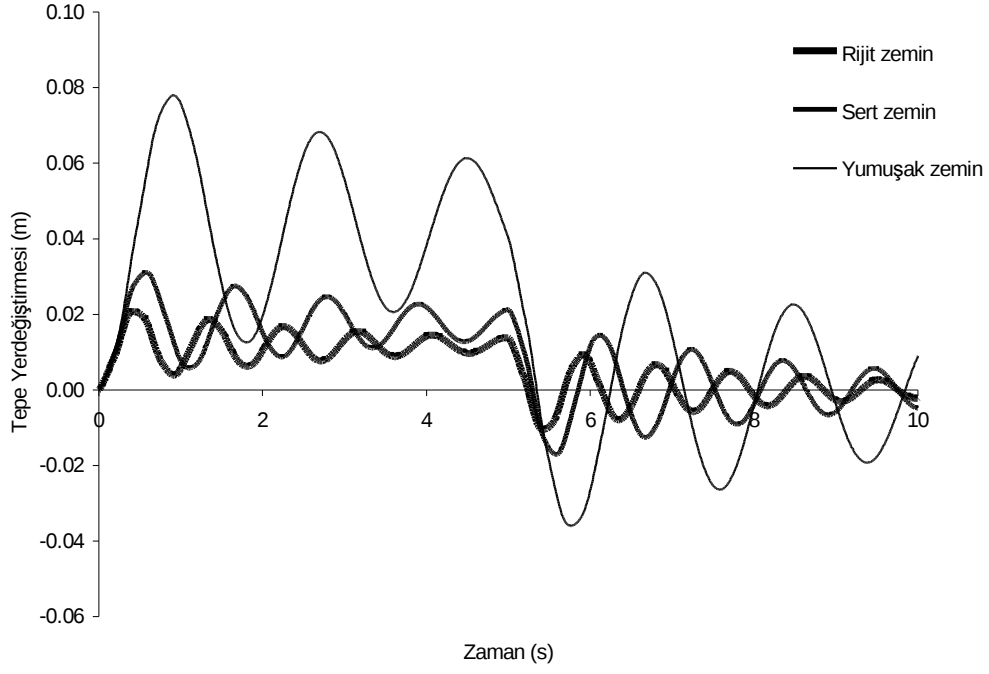
Çizelge 8.12.Sönümlü durum için Örnek 7'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

ZEMİN	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
Rijit	0.020520	0.020724	0.99
Sert	0.030900	0.031054	0.50
Yumuşak	0.077840	0.077987	0.19

Sönümsüz ve sönümlü durumlar için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.17-18'de verilmiştir.



Şekil 8.17. Örnek 7'de sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



Şekil 8.18. Örnek 7’de sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 8:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 6'da Şekil 8.16'da gösterilen perde ile aynıdır. İki sıra boşluklu bu perdenin, farklı tipteki zeminlere oturması durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılmıştır. Perde sönümsüz olarak Çizelge 8.13'teki spektral ivme değerleri (Wilson, 1997) etkisinde çözülmüştür.

Çizelge 8.13. Örnek 8 için spektral ivme değerleri

Peryot (s)	Spektral ivme (cm/s^2)
0.0	294.3
0.1	343.35
0.2	686.7
0.5	882.9
0.6	882.9
1.0	588.6
2.0	490.5
100.0	0.0

Bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmeleri SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuçlar ile Çizelge 8.14'te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.14. Örnek 8'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

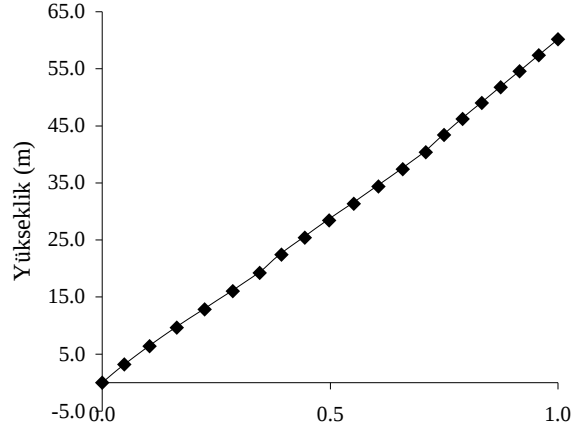
Zemin	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
Rijit	0.020270	0.020332	0.31
Sert	0.027260	0.027315	0.20
Yumuşak	0.063470	0.063498	0.045

Toplam yüksekliği 60.2 m, bölgelerde yukarıdan aşağı doğru sırasıyla, kat yükseklikleri 2.8 m, 3.0 m, 3.2 m ve bağlantı kirişi yükseklikleri 0.50 m, 0.60 m, 0.70 m, açıklıklarda soldan sağa sırasıyla, boşluk genişlikleri 2.5 m ve 3.0 m olan perdenin kalınlığı 0.30 m, malzemesinin elastisite modülü 2.876×10^7 kN/m² ve yoğunluğu 2405 kg/m³ olarak alınmıştır. Kiriş-duvar bağlantı esnekliğinin tüm bölgelerde aynı olduğu düşünülerek rijitlik sabiti (C_{cb}) 1.00×10^8 kNm/rad alınmıştır. Perdenin oturduğu zemine ait düşey (K_V) ve dönel (K_R) bağıl rijitlik sabitleri, sırasıyla, 8.78×10^5 kN/m ve 2.72×10^7 kNm/rad'dır.

Hazırlanan programdan ve SAP2000 yapı analizi programından elde edilen ilk on doğal frekans (DF) karşılaştırılarak oransal farklarıyla birlikte Çizelge 8.15'te ve perdeye ait birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri tepe noktası yerdeğiştirmesine göre normalize edilerek Şekil 8.20'de sunulmuştur.

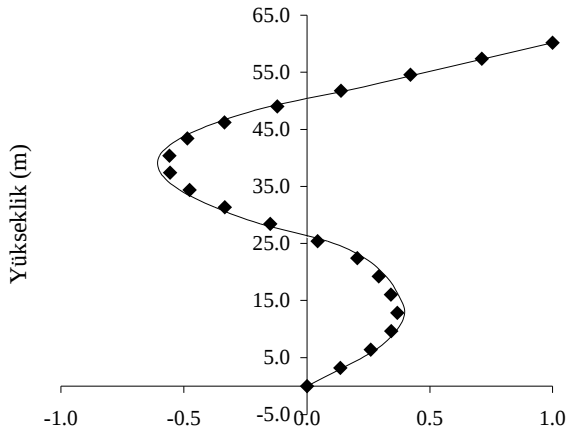
Çizelge 8.15. Örnek 9'a ait SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

Mod	S.B.Y.	SAP2000	
	Frekans	Frekans	Fark (%)
	(Hz)	(Hz)	(SBY ile)
1	1.46618	1.46555	0.043
2	8.80755	8.68175	1.449
3	18.4603	18.6305	0.914
4	33.8041	33.3036	1.503
5	50.7686	50.9981	0.450
6	71.0761	71.6437	0.792
7	92.2337	91.9957	0.259
8	122.211	121.721	0.403
9	167.783	167.331	0.271
10	187.712	187.099	0.328

**a) Mod 1**

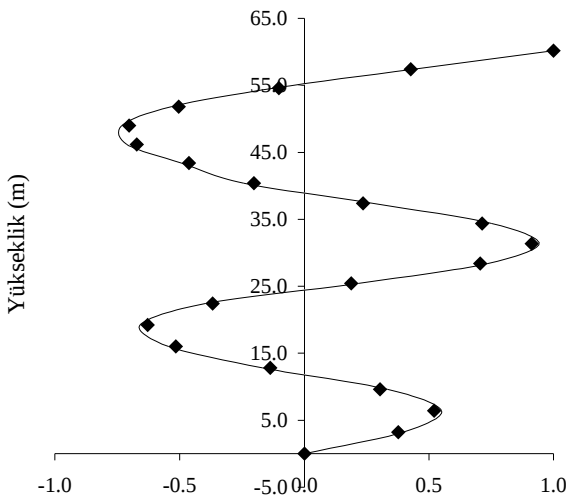
◆ S.B.Y.
DF=1.46618 Hz

— SAP2000 (E.Ç.Y.)
DF=1.46555 Hz

**b) Mod 3**

◆ S.B.Y.
DF=18.4603 Hz

— SAP2000 (E.Ç.Y.)
DF=18.6305 Hz

**c) Mod 5**

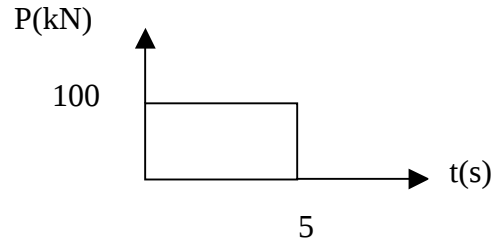
◆ S.B.Y.
DF=50.7686 Hz

— SAP2000 (E.Ç.Y.)
DF=50.9981 Hz

Şekil 8.20. Örnek 9'un birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

Örnek 10:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 9’da Şekil 8.19’da gösterilen perde ile aynı olup zemin yine elastiktir. İki sıra boşluklu güçlendirici kirişli bu perdenin sönümsüz ve sönümlü durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.21’de gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.21. Örnek 10’a ait yükleme

Sönümsüz durum için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi Çizelge 8.16’da SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.16. Sönümsüz durum için Örnek 10’a ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

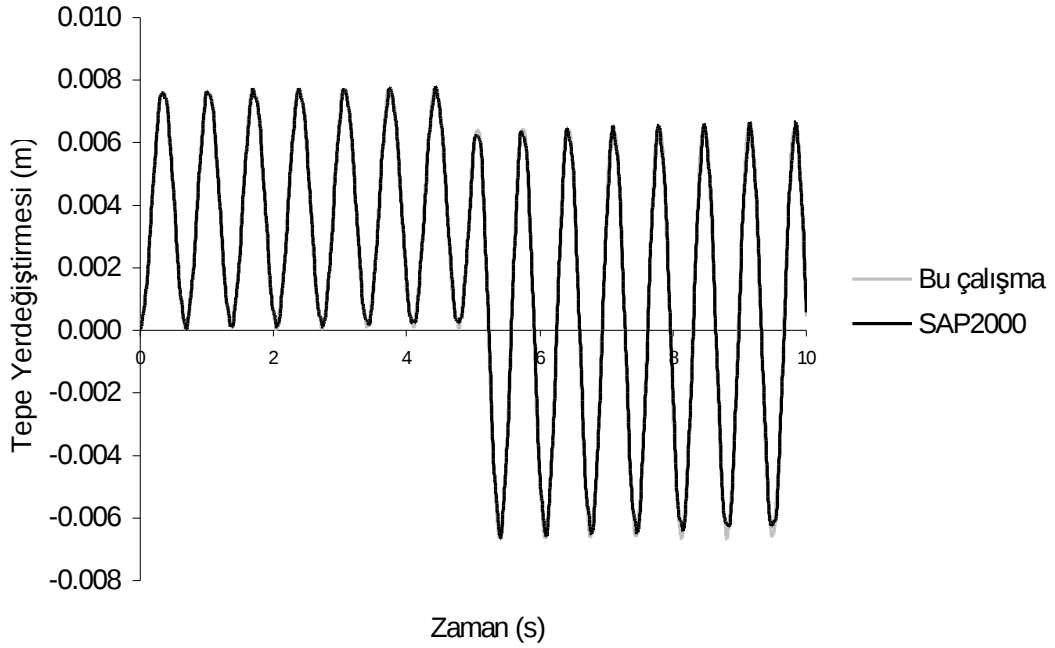
SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.007810	0.007739	0.91

Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.17’de karşılaştırılmıştır.

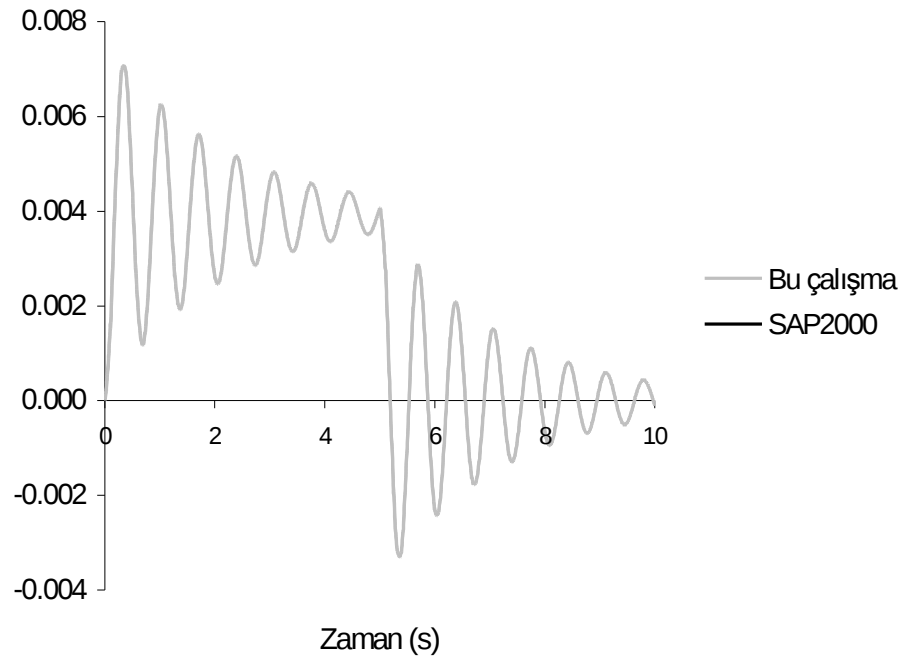
Çizelge 8.17. Sönümlü durum için Örnek 10'a ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.007074	0.007077	0.043

Sönümsüz ve sönümlü durumlar için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.22-23'te verilmiştir.



Şekil 8.22. Örnek 10'da sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



Şekil 8.23. Örnek10’da sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 11:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 9’da Şekil 8.19’da gösterilen perde ile aynı olup zemin yine elastiktir. İki sıra boşluklu bu perdenin, bu çalışma için hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılmıştır. Perde sönümsüz olarak Çizelge 8.18’deki spektral ivme değerleri (Wilson, 1997) etkisinde çözülmüştür.

Çizelge 8.18. Örnek 11 için spektral ivme değerleri

Peryot (s)	Spektral ivme (cm/s^2)
0.0	294.3
0.1	343.35
0.2	686.7
0.5	882.9
0.6	882.9
1.0	588.6
2.0	490.5
100.0	0.0

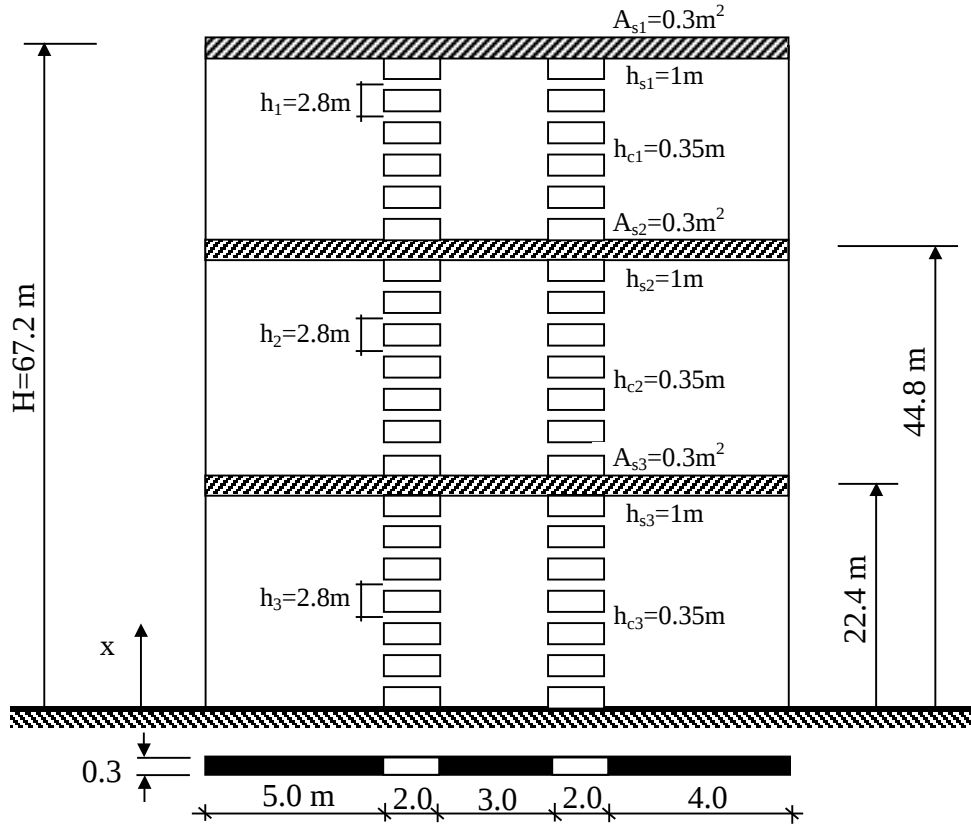
Bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuçlar ile Çizelge 8.19’da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.19. Örnek 11’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.014970	0.014966	0.03

Örnek 12:

Bu örnekte, Şekil 8.24'teki veriler kullanılarak iki sıra boşluklu perdenin güçlendiricili ve güçlendiricisiz durumları için bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizi yapılmıştır. 24 katlı perdenin rijit temele oturduğu düşünülmüş ve güçlendiricili durumda yükseklikleri 1.00 m olan üç adet kiriş tepeye, yüksekliğin $\frac{1}{4}$ ve $\frac{3}{4}$ 'üne konularak çözüm yapılmıştır. Adı geçen programlar ile güçlendiricili ve güçlendiricisiz durumlar için elde edilen ilk on doğal frekans (DF) Çizelge 8.20-21'de karşılaştırılmış ve perdeye ait birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri tepe noktası yerdeğiştirmesine göre normalize edilerek Şekil 8.25-26'da sunulmuştur.



Şekil 8.24. Örnek 12'ye ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

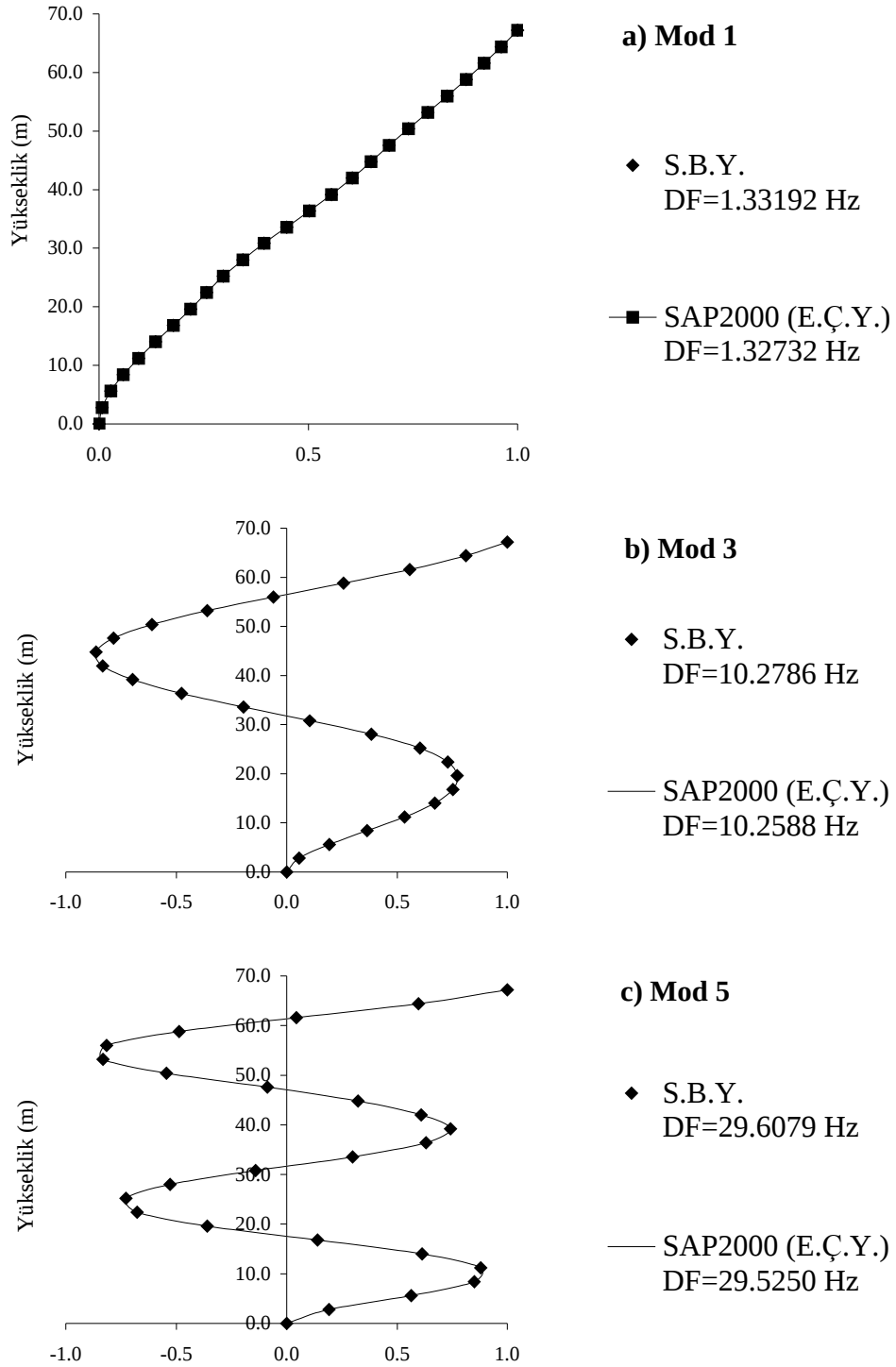
Toplam yüksekliği 67.2 m, kat yüksekliği 2.8 m, kalınlığı 0.30 m, boşluk genişlikleri 2.0 m, bağlantı kirişi yüksekliği 0.35 m ve elastisite modülü 2.00×10^7 kN/m² olan perdenin malzemesinin yoğunluğu 2405 kg/m³ olarak alınmıştır.

Çizelge 8.20.Örnek 12’de güçlendiricisiz durum için SBY ile bulunan ilk on doğal frekansın (Hz) SAP2000 programı ile elde edilenlerle karşılaştırılması

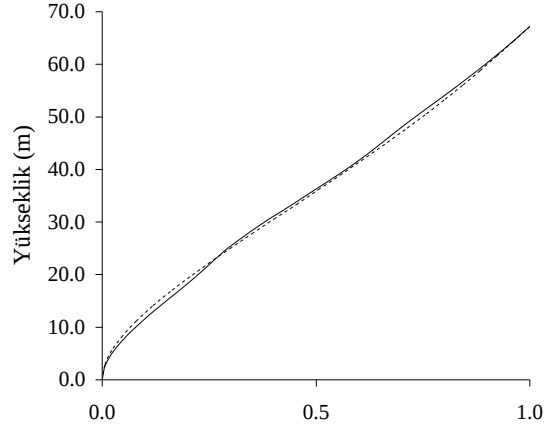
Mod	S.B.Y.	SAP2000	
	Frekans	Frekans	% Fark
	(Hz)	(Hz)	(SBY ile)
1	1.10728	1.09928	0.728
2	4.22758	4.20937	0.433
3	9.42778	9.37555	0.557
4	16.6399	16.6146	0.152
5	26.1818	26.0539	0.491
6	38.0261	37.7185	0.816
7	52.2020	52.0344	0.322
8	68.6791	68.2560	0.620
9	87.4457	86.7110	0.847
10	108.463	108.102	0.334

Çizelge 8.21. Örnek 12’de güçlendiricili durum için SBY ile bulunan ilk on doğal frekansın (Hz) SAP2000 programı ile elde edilenlerle karşılaştırılması

Mod	S.B.Y.	SAP2000	
	Frekans	Frekans	% Fark
	(Hz)	(Hz)	(SBY ile)
1	1.33192	1.32732	0.347
2	5.01227	4.99573	0.331
3	10.2786	10.2588	0.193
4	20.8289	20.7199	0.526
5	29.6079	29.5250	0.281
6	39.6652	39.6146	0.128
7	55.6858	55.5963	0.161
8	72.0870	71.9698	0.163
9	89.6044	89.5077	0.108
10	115.780	115.486	0.254

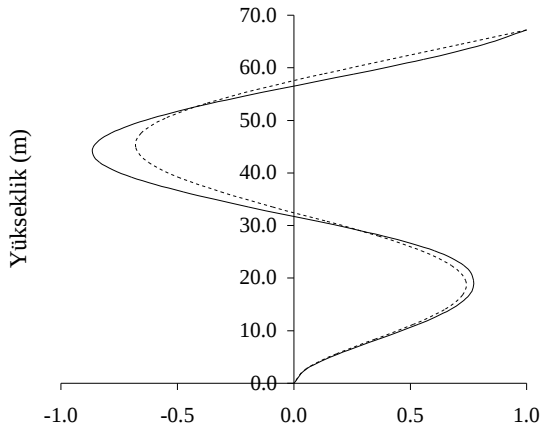


Şekil 8.25. Örnek 12’de güçlendiricili durum için birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

**a) Mod 1**

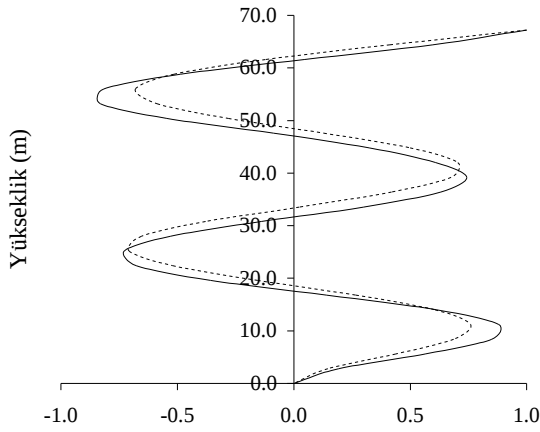
— Güçlendiricili
DF=1.33192 Hz

- - - Güçlendiricisiz
DF=1.10728 Hz

**b) Mod 3**

— Güçlendiricili
DF=10.2786 Hz

- - - Güçlendiricisiz
DF=9.42778 Hz

**c) Mod 5**

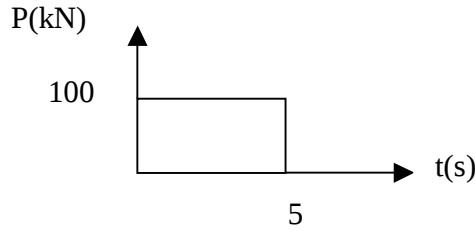
— Güçlendiricili
DF=29.6079 Hz

- - - Güçlendiricisiz
DF=26.1818 Hz

Şekil 8.26. Örnek 12’de güçlendiricili ve güçlendiricisiz durumlar için SBY ile bulunan birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması

Örnek 13:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde Örnek 12’de Şekil 8.24’te gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin güçlendiricisiz ve güçlendiricili durumları için sönümsüz ve sönümlü olarak, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Sönümlü durumda sönüm oranı %5 alınmıştır. Güçlendiricisiz ve güçlendiricili durumlar için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmeleri Çizelge 8.22-23’te SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.27’de gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.27. Örnek 13’e ait yükleme

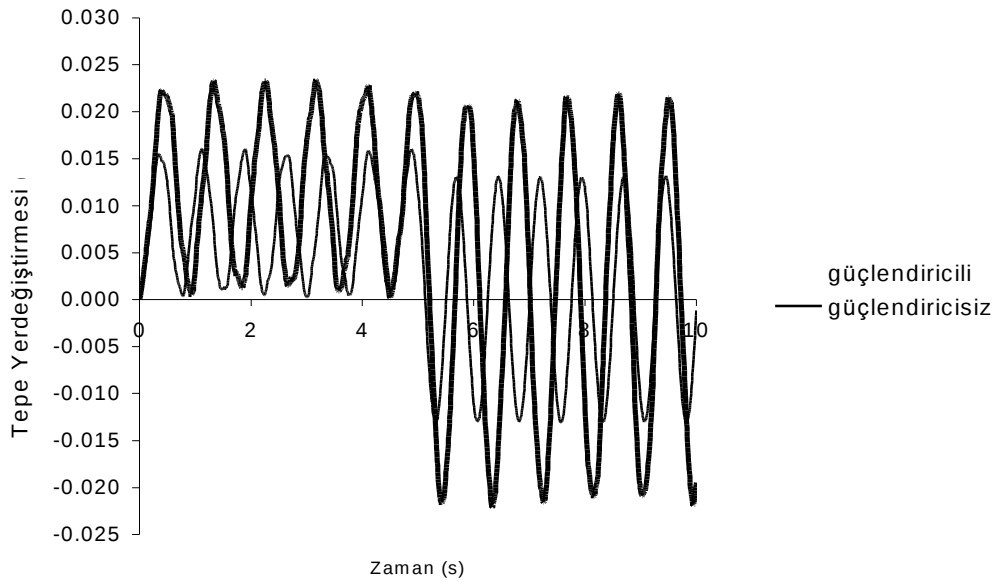
Çizelge 8.22. Güçlendiricisiz durum için Örnek 13’e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

GÜÇLENDİRİCİSİZ	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
Sönümsüz	0.023290	0.023367	0.33
Sönümlü	0.020520	0.020724	0.97

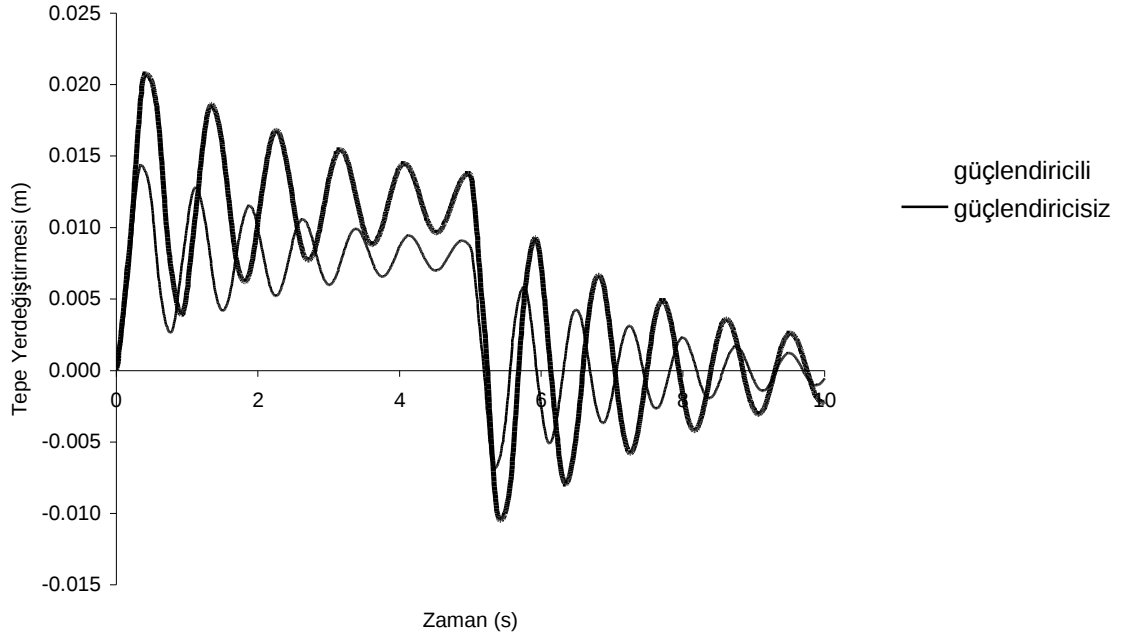
Çizelge 8.23. Güçlendiricili durum için Örnek 13'e ait maksimum tepe yerdeğiştirmelerinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

GÜÇLENDİRİCİLİ	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
Sönümsüz	0.016180	0.016040	0.45
Sönümlü	0.01444	0.014376	0.87

Sönümsüz ve sönümlü durumların güçlendiricili ve güçlendiricisiz perde için tepe yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.28-29'da verilmiştir.



Şekil 8.28. Örnek 13'te sönümsüz durumun güçlendiricili ve güçlendiricisiz perde için tepe yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi



Şekil 8.29. Örnek 13’te sönümlü durumun güçlendiricili ve güçlendiricisiz perde için tepe yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi

Örnek 14:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 12’de Şekil 8.24’te gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin, bu çalışma için hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılmıştır. Perde güçlendiricisiz ve sönümsüz olarak Çizelge 8.24’teki spektral ivme değerleri (Wilson, 1997) etkisinde çözülmüştür.

Çizelge 8.24. Örnek 14 için spektral ivme değerleri

Peryot (s)	Spektral ivme (cm/s ²)
0.0	294.3
0.1	343.35
0.2	686.7
0.5	882.9
0.6	882.9
1.0	588.6
2.0	490.5
100.0	0.0

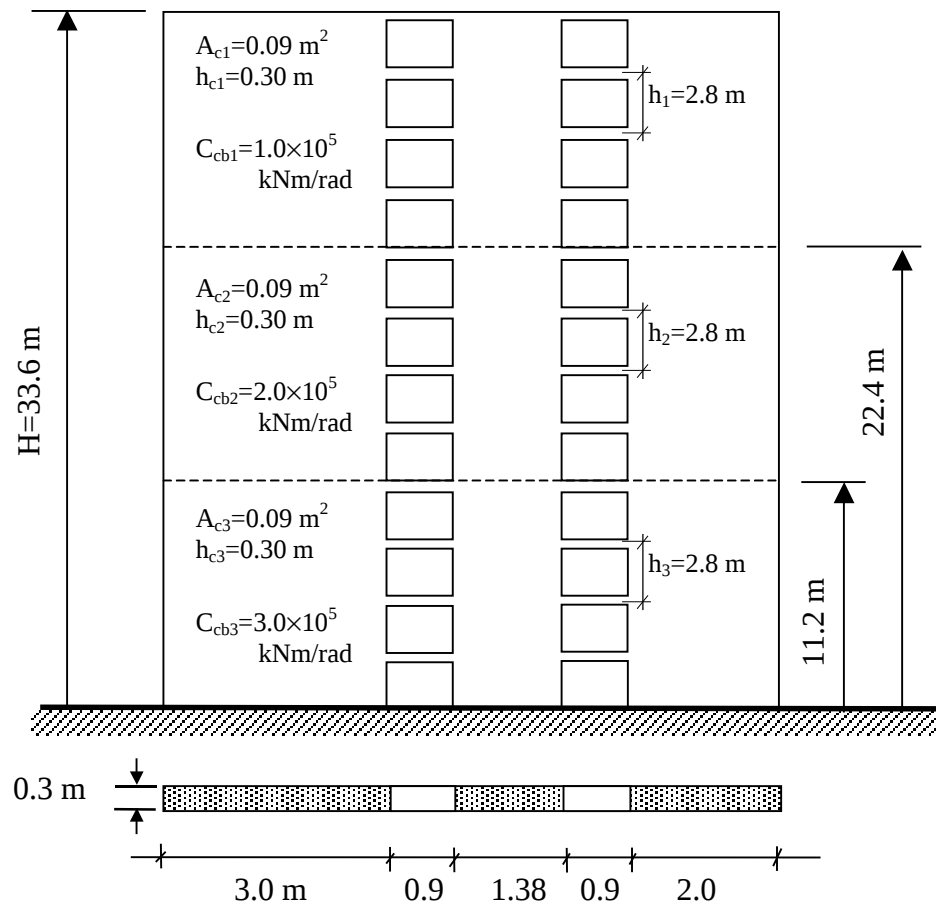
Bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepe noktası maksimum yerdeğiştirmesi SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuç ile Çizelge 8.25’te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.25. Örnek 14’e ait maksimum tepe noktası yerdeğiştirmesinin (m)
SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.020260	0.020332	0.35

Örnek 15:

Bu örnekte, Şekil 8.30'daki veriler kullanılarak üç bölge ve her bölgesinde birbirinden farklı kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan, rijit zemine oturan ve simetrik olmayan iki sıra boşluklu bir perdenin bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizi yapılmıştır.



Şekil 8.30. Örnek 15'e ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

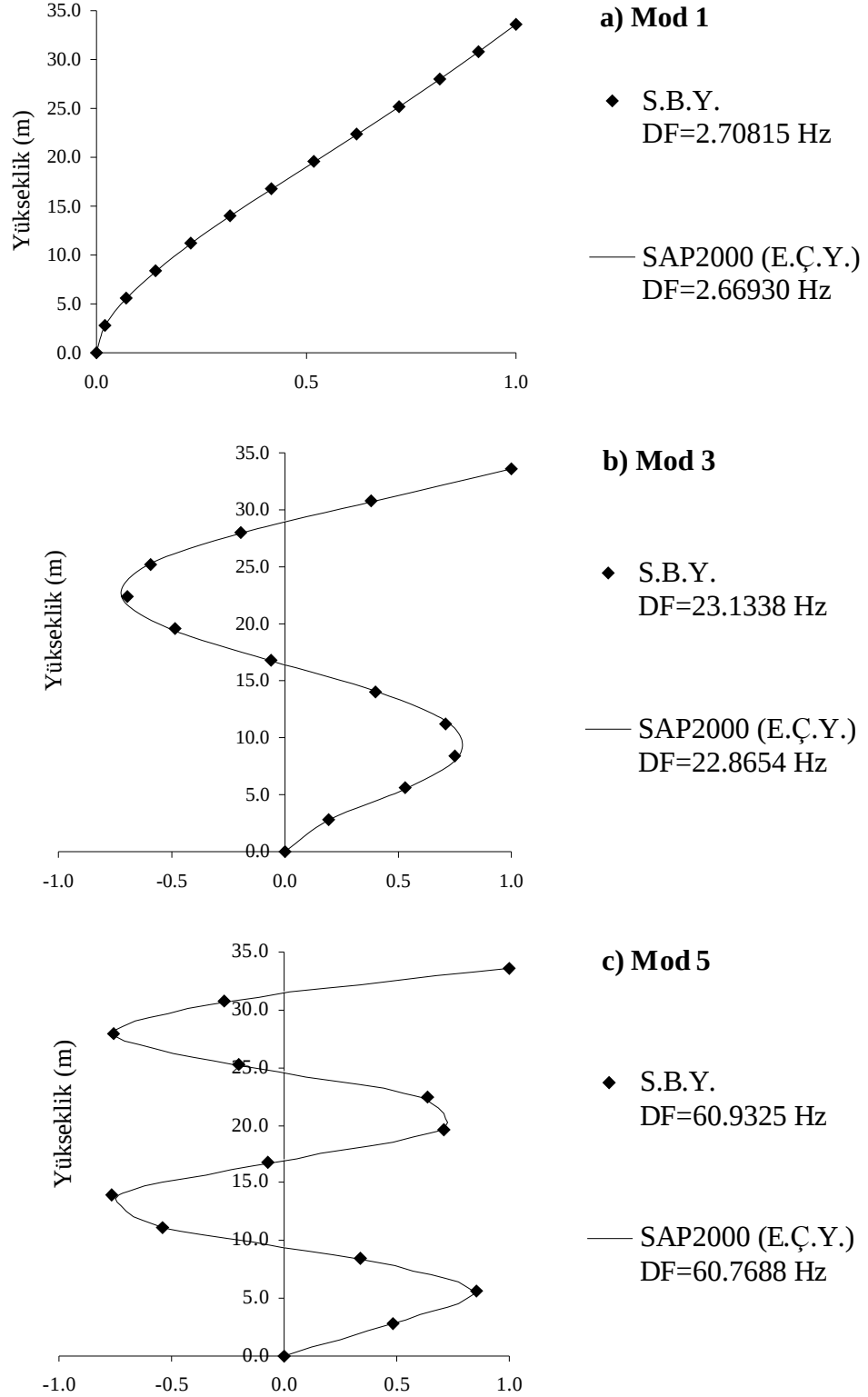
Toplam yüksekliği 33.6 m, kat yükseklikleri 2.8 m, bağlantı kirişi yükseklikleri 0.30 m, kalınlığı 0.30 m, boşluk genişlikleri 0.90 m olan perdenin malzemesinin elastisite modülü 2.00×10^7 kN/m² ve yoğunluğu 2405 kg/m³ olarak alınmıştır. Kiriş-duvar bağlantı

rijitlikleri bölgelerde, yukarıdan aşağı doğru sırasıyla, 1.00×10^5 kNm/rad, 2.00×10^5 kNm/rad ve 3.00×10^5 kNm/rad'dır.

Hazırlanan programdan ve SAP2000 yapı analizi programından elde edilen ilk on doğal frekans (DF) karşılaştırılarak oransal farklarıyla birlikte Çizelge 8.26'da ve perdeye ait birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri tepe noktası yerdeğiştirmesine göre normalize edilerek Şekil 8.31'de sunulmuştur.

Çizelge 8.26. Örnek 15'e ait SBY ile bulunan doğal frekansların (Hz) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

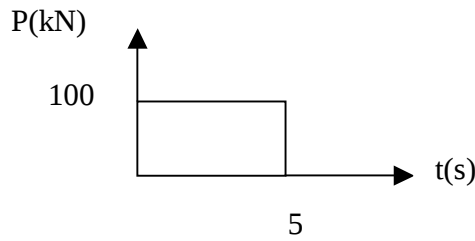
Mod	S.B.Y.	SAP2000	
	Frekans	Frekans	Fark (%)
	(Hz)	(Hz)	(SBY ile)
1	2.70815	2.66930	1.455
2	10.5444	10.3867	1.518
3	23.1338	22.8654	1.174
4	39.6160	39.5345	0.206
5	60.9325	60.7688	0.269
6	87.0649	86.6340	0.497
7	117.690	117.175	0.439
8	152.152	151.031	0.742
9	188.972	186.988	1.061
10	225.111	222.332	1.250



Şekil 8.31. Örnek 15'in birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılması

Örnek 16:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 15'te Şekil 8.30'da gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin sönümsüz ve sönümlü durumları için, bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Perdeye tepe noktasında yatay olarak Şekil 8.32'de gösterilen dinamik yük etki etmektedir.



Şekil 8.32. Örnek 16'ya ait yükleme

Sönümsüz durum için, bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi Çizelge 8.27'de SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.27. Sönümsüz durum için Örnek 16'ya ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

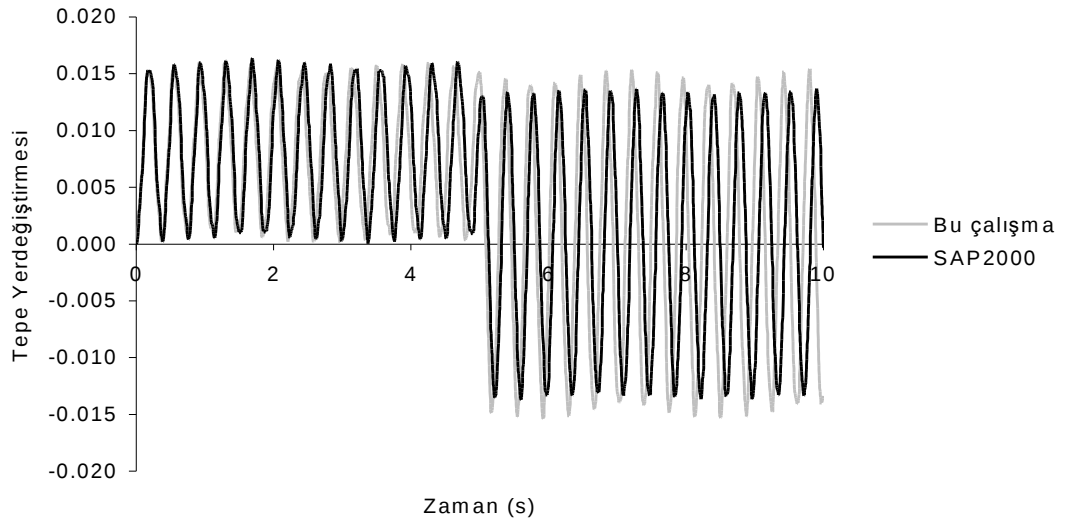
SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.016350	0.015956	2.41

Aynı problem %5 sönüm oranı ile çözüldüğünde her iki yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 8.28'de karşılaştırılmıştır.

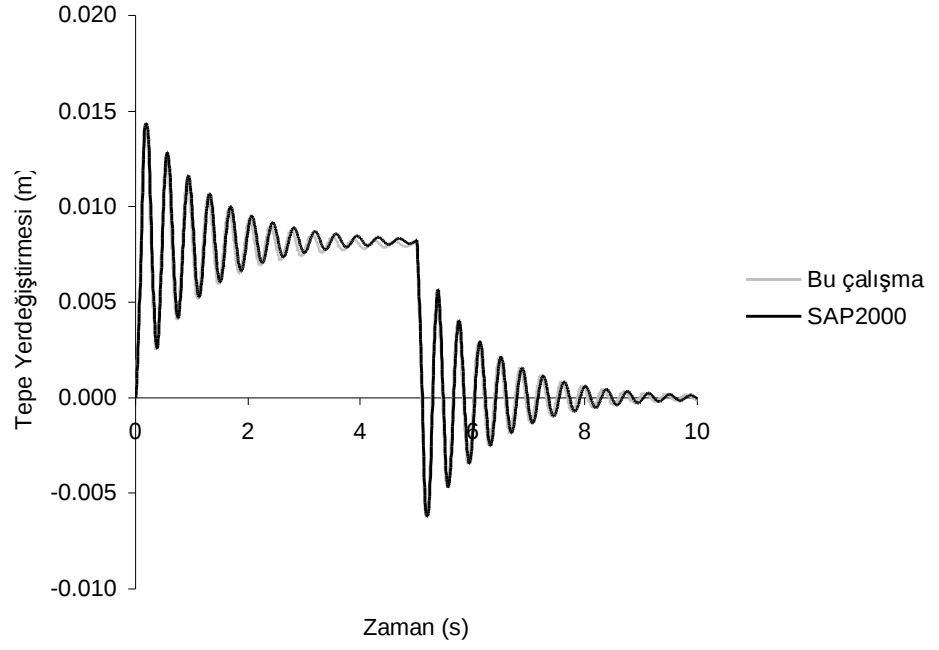
Çizelge 8.28. Sönümlü durum için Örnek 16'ya ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.014370	0.0140792	2.02

Sönümsüz ve sönümlü durumlar için perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi Şekil 8.33-34'te verilmiştir.



Şekil 8.33. Örnek 16'ya ait sönümsüz durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi



şekil 8.34.Örnek 16'ya ait sönümlü durum için perde tepesindeki yerdeğiştirmelerin zamanla değişimi

Örnek 17:

Bu örnekte ele alınan iki sıra boşluklu perde, Örnek 15'te Şekil 8.30'da gösterilen perde ile aynı olup zemin yine rijittir. İki sıra boşluklu bu perdenin, bu çalışma için hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılmıştır. Perde sönümsüz olarak Çizelge 8.29'daki spektral ivme değerleri (Wilson, 1997) etkisinde çözülmüştür.

Çizelge 8.29. Örnek 17 için spektral ivme değerleri

Peryot (s)	Spektral ivme (cm/s ²)
0.0	294.3
0.1	343.35
0.2	686.7
0.5	882.9
0.6	882.9
1.0	588.6
2.0	490.5
100.0	0.0

Bu çalışmada hazırlanan programın çalıştırılması sonucunda elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuçlar ile Çizelge 8.30'da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.30. Örnek 17'ye ait maksimum tepe yerdeğiştirmesinin (m) SAP2000 yapı analizi programından elde edilenle karşılaştırılması

SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
0.004330	0.004223	2.47

8. SAYISAL UYGULAMALAR VE SONUÇLAR

8.1. Giriş

İki sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim ve zorlanmış titreşim analizlerinden sonra FORTRAN programlama dilinde serbest titreşim, zorlanmış titreşim ve deprem analizi yapabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Öntasarım amacıyla hazırlanan programda, temel elastik olarak dikkate alınıp, bölgeden bölgeye kat yüksekliği, kiriş-duvar bağlantı esnekliği değişebilmekte ve perde asimetrik alınabilmektedir. İki sıra boşluklu perdelerin dinamik analizinde toplanmış kütle kabulü yapılarak bölgelerde istenilen sayıda kütle alınabilmekte ve serbest titreşim, zorlanmış titreşim analizi ve deprem analizleri yapılabilmektedir. Bina tepesine etki eden dinamik kuvvetler, adım yükleme, üçgen yükleme ve harmonik yükleme tipleri için çözüm kolaylıkla yapılabilmektedir.

Sayısal uygulamalarda serbest titreşim analizinden, zorlanmış titreşim analizinden ve deprem analizlerinden örnekler ele alınmıştır. Literatürde iki sıra boşluklu perdelerin dinamik analizi konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, uygulama olarak, serbest titreşim analizi yapılan örneklerin dinamik analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada hazırlanan bütün iki sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizleri, adım yüklemeye göre zorlanmış titreşim analizleri ve deprem analizleri yapılmıştır. İki sıra boşluklu perdelerin güçlendirici kirişli ve güçlendirici kirişsiz olma durumları göz önüne alınarak hazırlanan örnek ve bölgeden bölgeye birbirinden farklı kat yüksekliklerine ve kiriş-duvar bağlantı esnekliğine sahip örnekler çözülmüştür. Ayrıca iki sıra boşluklu perdelerin değişik özelliklere sahip zeminlere oturması durumunu inceleyen örnek ve dinamik kuvvetin değişik yükleme tiplerinde etki etmesi durumlarını inceleyen örnekler çözülmüştür.

Yapılan analizlerin ve hazırlanan programın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla örnekler hem bu çalışmada hazırlanan programla hem de SAP2000 yapı analizi programıyla çözümlenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça uyumlu oldukları gözlenmiştir.

8.3. Sonuçlar ve Öneriler

Sayısal uygulamalarda serbest titreşim analizi için beş örnek ele alınmıştır. Örnek 1’de, güçlendirici kirişsiz, rijit zemine oturan perdenin bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizi yapılarak elde edilen doğal frekanslar ve mod şekil vektörleri karşılaştırılmıştır. Örnek 6’da yine güçlendirici kirişsiz perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumunda, doğal frekanslar ve mod şekil vektörlerindeki değişimleri incelenerek elde edilen sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur. Örnek 9’da güçlendirici kirişli, kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan ve elastik zemine oturan perdenin bu çalışmada kullanılan programlar ile serbest titreşim analizi yapılarak bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek 12’de rijit zemine oturan perdenin, güçlendiricisiz ve güçlendiricili durumları için ayrı ayrı serbest titreşim analizi yapılarak güçlendirici kirişin doğal frekanslara ve mod şekil vektörlerine olan etkileri incelenmiştir. Örnek 15’te rijit zemine oturan, güçlendirici kirişli, her bölgesinde birbirinden farklı kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan perdenin bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile serbest titreşim analizi yapılarak elde edilen sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.

Serbest titreşim analizi için hazırlanan tüm örneklerin SBY ile bulunan ilk on doğal frekansları SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılarak oransal farklarıyla birlikte sunulmuştur. Ayrıca birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri tepe noktası yerdeğiştirmesine göre normalize edilerek karşılaştırılmıştır.

Zorlanmış titreşim analizi için yedi örnek ele alınmıştır. Örnek 2’de güçlendirici kirişsiz, rijit zemine oturan perdenin adım yükleme durumu için zorlanmış titreşim analizi bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile yapılarak elde edilen maksimum perde tepesi yerdeğiştirmeleri ve perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimleri karşılaştırılarak çizelge ve grafiklerle sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan bilgisayar programları, değişik tipteki dinamik yüklerin perdeye etkilerini hesaplayacak şekilde hazırlanmıştır. Bu etkileri incelemek amacıyla aynı perdenin Örnek 4’te üçgen yükleme durumu için ve

Örnek 5'te harmonik yükleme durumu için bu çalışmada kullanılan bilgisayar programları ile zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Örnek 7'de güçlendirici kirişsiz perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumunda bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile adım yükleme durumu için zorlanmış titreşim analizi yapılarak elde edilen maksimum tepe yerdeğiştirmeleri ve tepe noktası yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi karşılaştırılarak çizelge ve grafiklerle sunulmuştur. Örnek 10'da güçlendirici kirişli, kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan, elastik zemine oturan perde adım yükleme durumu için bu çalışmada kullanılan bilgisayar programları ile zorlanmış titreşim analizi yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek 13'te rijit zemine oturan perdenin adım yükleme durumu için güçlendiricisiz ve güçlendiricili olarak ayrı ayrı zorlanmış titreşim analizi yapılarak güçlendirici kirişin maksimum perde tepesi yerdeğiştirmelerine ve perde tepe noktası yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimine olan etkileri incelenmiştir. Örnek 16'da güçlendirici kirişsiz, rijit zemine oturan ve her bölgesinde birbirinden farklı kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan perdenin adım yükleme durumu için bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile zorlanmış titreşim analizi yapılarak bulunan sonuçlar çizelge ve grafiklerle karşılaştırılmıştır.

Zorlanmış titreşim analizi için hazırlanan tüm örneklerin sönümsüz ve sönümlü durumları için SBY ile bulunan perde tepe noktası maksimum yerdeğiştirmeleri ve perde tepesi yerdeğiştirmelerinin zamana göre değişimi SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle çizelge ve grafiklerle karşılaştırılmıştır.

Deprem analizi için beş örnek ele alınmıştır. Örnek 3'te güçlendirici kirişsiz, rijit zemine oturan perdenin bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılarak elde edilen maksimum perde tepesi yerdeğiştirmeleri karşılaştırılmıştır. Örnek 8'de yine güçlendirici kirişsiz perdenin farklı tipteki zeminlere oturması durumu incelenmiştir. Üç değişik zemin tipi için bu çalışmada kullanılan bilgisayar programları ile deprem analizi yapılarak bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek 11'de güçlendirici kirişli, kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan ve elastik zemine oturan perdenin bu çalışmada kullanılan

programlar ile deprem analizi yapılarak elde edilen sonuçlar çizelge ile sunulmuştur. Örnek 14’te rijit zemine oturan perdenin güçlendiricisiz ve güçlendiricili durumları için bu çalışmada hazırlanan program ve SAP2000 yapı analizi programı ile deprem analizi yapılarak güçlendirici kirişin maksimum perde tepe noktası yerdeğiştirmesine olan etkisi incelenmiştir. Örnek 17’de rijit zemine oturan, güçlendirici kirişli, her bölgesinde birbirinden farklı kiriş-duvar bağlantı esnekliği bulunan perdenin bu çalışmada kullanılan programlarla deprem analizi yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Deprem analizi için hazırlanan tüm örneklerin sönümsüz durumları için SBY ile bulunan perde tepe noktası maksimum yerdeğiştirmeleri SAP2000 yapı analizi programından elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada önerilen yöntem iki bakımdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Birincisi, çubuk elemanlar ve sonlu elemanlar olarak hesap yapan diğer yöntemlere göre data hazırlamasının çok daha kolay olmasıdır. Ayrıca, değişik olasılıkları denemek için perdede bazı değişiklikler yapılması gerektiğinde yeni data hazırlanırken eskisinde bazı küçük değişiklikler yapılmasının yeterli olması da büyük kolaylık sağlamaktadır. İkinci kolaylık ise, burada verilen yöntemle yapılan çözüm süresinin diğer yöntemlere göre daha kısa olmasıdır. Bu iki kolaylık gözönüne alındığında kolayca görülebilir ki, bu yöntem öntasarım amacı ile çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Perdenin ve güçlendirici kirişin özellikleri saptanırken, çok fazla sayıda olasılık kısa bir süre içerisinde denenerek, sistem seçimi aşaması etkin bir şekilde ve kısa bir sürede tamamlanır. Daha sonra yapılan kesin çözümde istenilen tür bir yöntem uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- AKSOĞAN, O., ARSLAN, H.M. and SALARI, N., May. 1999, Free Vibrations of Stiffened Coupled Shear Walls on Flexible Foundations, Third International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, Iran, s.623-630.
- 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, North Cyprus, 2, s.780-787.
- ARSLAN, H.M., 1996, Boşluklu Deprem Perdelerinin Yatay Yüklere Karşı Güçlendirilmesi, Master Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 96 s.
- ARSLAN, H.M. ve AKSOĞAN, O., Eylül 1995, Güçlendirici Kirişlerin ve Kesit Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri, IX. Ulusal Mekanik Kongresi, Ürgüp, 7, s.158-167.
- EMSEN, E., 2002, Elastik Temele Oturan Güçlendirici Kirişli İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi, Master Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 134 s.
- ARSLAN, H.M., 1999, Kesit Değişikliği Olan Güçlendirilmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Dinamik Analizi, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 172 s.
- BATHE., K.J. and WILSON, E.L., 1976, Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 528 s.
- BARRETT, L.C. and WYLIE, C.R., 1987, Advanced Engineering Mathematics, McGraw-Hill Book Company, London, 1076 s.
- BİKÇE, M., 2002, Çok Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Statik ve Dinamik Analizi, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 206 s.
- CHAN, H.C. and KUANG, J.J., 1988, Effect of a Single Deep Beam on Twin Shear Walls with Rotational Coupling, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 85(2), s.503-515.
- CHAN, H.C. and KUANG, J.J., 1989, Stiffened Coupled Shear Walls, Journal of Structural Engineering, 115(4), s.689-703.

- CHEUNG, Y.K., 1976, Finite Strip Method in Structural Analysis, Pergamon Press. New York. 283 s.
- CHEUNG, Y.K. and SWADDIWUDHIPONG, S., 1978, Analysis of Frame Shear Wall Structures Using Finite Strip Elements, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 65(2), s.517-535.
- CHOO, B.S. and COULL, A., 1984, Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations, Building and Environment, 19(4), s.251-256.
- CHOO, B.S. and LI, G.Q., 1997, Structural Analysis of Multi-stiffened Coupled Shear Walls on Flexible Foundations, Computers and Structures, 64(4), s.837-848.
- COULL, A., 1974, Stiffening of Coupled Shear Walls against Foundation Movement, Structural Engineering, 52(1), s.23-26.
- COULL, A. and BENSMAIL, L., 1991, Stiffened Coupled Shear Walls, Journal of Structural Engineering, 117(8), s.2205-2223.
- COULL, A. and PURI, R.D., 1967, Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Thickness, Building Science, 2, s.181-188.
- COULL, A. and PURI, R.D., 1968, Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-section, Building Science, 2, s.313-320.
- COULL, A., PURI, R.D. and TOTTENHAM, H., 1972, Numerical Elastic Analysis of Coupled Shear Walls, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 53(2), s.109-128.
- COULL, A. and MUKHERJEE, P.R., 1973, Approximate Analysis of Natural Vibrations of Coupled Shear Walls, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2, s.171-183.
- COULL, A. and SMITH, B.S., 1991, Tall Building Structures: Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York, 537 s.
- COULL, A. and SUBEDI, N.K., 1972, Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings, Building Science, Pergamon Press, 7, Great Britain, s.81-86.
- ELKHOLY, N.S. and ROBINSON, N., 1973, Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls, Building Science, Pergamon Press, 8, Great Britain, s.153-157.

- JOHNSON, D. and CHOO, B.S., Jan. 1993, The Static and Dynamic Analysis of Coupled Shear Walls by a Discrete Force Method, The Structural Engineer, Journal of the Institution of Structural Engineers, 71(1), s.10-14.
- KOO, K.K. and CHEUNG, Y.K., 1984, The Static Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls, Building and Environment, 19(2), s.93-99.
- LI, G.Q. and CHOO, B.S., 1994, Free Vibrations of Coupled Shear Walls, Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Structural Dynamics, 2, s.859-868.
- LI, G.Q. and CHOO, B.S., Sept. 1995, Natural Frequency Evaluation of Coupled Shear Walls, The Structural Engineer, Journal of the Institution of Structural Engineers, 73(18), s.301-304.
- LI, G.Q. and CHOO, B.S., 1996, A Continuous-Discrete Approach to the Free Vibration Analysis of Stiffened Pierced Walls on Flexible Foundations, International Journal of Solids and Structures, 33(2), s.249-263.
- MEIROVITCH, L., 1980, Computational methods in structural dynamics (first edition), Sijthoff and Norrdhoff, Netherlands, 439 s.
- MACLEOD, I.A., 1973, Analysis of Shear Wall Buildings by Frame Method, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 55(2), s.593-603.
- MUKHERJEE, P.R. and COULL, A., 1973, Free Vibrations of Coupled Shear Walls, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1, s.377-386.
- MUKHERJEE, P.R. and COULL, A., Sept. 1974, Free Vibrations of Coupled Shear Walls on Flexible Bases, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 57(2), s.493-511.
- ROSS, S.L., June 1964, Differential Equations, Blaisdell Publishing Comp., London, 594 s.
- ROSMAN, R., June 1964, Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads, Journal of the American Concrete Institute, 61(6), s.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.
- TANRIKULU, A.K., Yapı Dinamiği Ders Notları.

- TSO, W.K., ASCE, A.M. and CHAN, H.B., 1970, Dynamic Analysis of Plane Coupled Shear Walls, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 97(EM1), s.33-49.
- 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.
- WILSON, E.L. and HABIBULLAH, A., 1992, SAP90-Structural Analysis Users Manual, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, 286 s.
- WILSON E.L., 1997, SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures. 1-2, Computers and Structures, Inc, California, 211 s.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Adana'nın Kozan ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi yine bu ilçede tamamladım. Lisans öğrenimime 1997-98 eğitim döneminde Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde başladım. Haziran 2001 tarihinde bu bölümden mezun oldum. 2001-2002 eğitim döneminde Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimime başladım. İlgi alanlarım arasında spor, müzik ve gezi yer almaktadır.

EKLER

EK 1. Fortran Dilinde Hazırlanmış Serbest Titreşim Analizi ve Zorlanmış Titreşim Analizi Programının Veri Dosyası

BASLIK

HIGH,BSAY,GSAY,KSAY

BRGT,BMID,BLEFT

AL1,AL2,THICK

EC

EKR

EKV1, EKV2, EKV3

HKAT(1)

HKIR1(1),HKIR2(1)

CCB1(1),CCB2(1)

CSB(1)

HGKIR(1),X1 (=HIGH)

HGKIR(N),XN (=0)

GAMA

KSI

ETSUR

YGEN

DT

ASUR

ISEC

LTIP

JI (joint #)

I31

FIN

OMG

TT1

Not : Bu data dosyası örneği, bir bölgeye sahip boşluklu perde analizi yapmaya uygun formatta verilmiştir. Bölge sayısının artması durumunda 8, 9, 10, 11 ve 12'nci satırlar bölge sayısı kadar tekrarlanarak data dosyası oluşturulmalıdır.

BASLIK	: Perde ile ilgili açıklayıcı bilginin yazıldığı komut satırı
HIGH	: Perde toplam yüksekliği
BSAY	: Bölge sayısı (Numaralandırma yukarıdan aşağıya yapılıyor)
GSAY	: Güçlendirici kiriş sayısı
KSAY	: Toplam kat sayısı
BRGT	: Birinci perde genişliği
BMID	: İkinci perde genişliği
BLEFT	: Üçüncü perde genişliği
AL1	: Birinci boşluk genişliği
AL2	: İkinci boşluk genişliği
THICK	: Perde kalınlığı
EC	: Elastisite modülü
EKR	: Perdenin oturduğu zemin için bağıl dönel rijitlik sabiti
EKV1	: Birinci duvar altında bağıl düşey rijitlik sabiti
EKV2	: İkinci duvar altında bağıl düşey rijitlik sabiti
EKV3	: Üçüncü duvar altında bağıl düşey rijitlik sabiti
HKAT(1)	: Birinci bölgede kat yüksekliği
HKIR1(1)	: Birinci bölge, birinci boşluktaki bağlantı kirişi yüksekliği
HKIR2(1)	: Birinci bölge, ikinci boşluktaki bağlantı kirişi yüksekliği
CCB1(1)	: Birinci bölge, birinci boşluktaki bağlantı kirişi ucunda bağlantı rijitlik katsayısı
CCB2(1)	: Birinci bölge, ikinci boşluktaki bağlantı kirişi ucunda bağlantı rijitlik katsayısı
CSB(1)	: Tepedeki güçlendirici kiriş ucunda bağlantı rijitlik katsayısı
HGKIR(1)	: Tepedeki güçlendirici kiriş yüksekliği
X1	: Birinci bölge başlangıç yüksekliği (Perde toplam yüksekliğine eşit)
HGKIR(N)	: Zemindeki güçlendirici kiriş yüksekliği
XN	: Sömel kotu (Sıfıra eşit alınacaktır)
GAMA	: Malzemenin yoğunluğu (kg/m^3)
KSI	: Sönüm oranı
ETSUR	: Yüken etki etme süresi (s)

YGEN	: Yükün genliği
DT	: Zaman artım değeri
ASUR	: Analiz süresi
ISEC	: Analiz tipi
LTIP	: Yük tipi
JI (joint #)	: Analizi yapılacak düğüm noktası
I31	: Yükün uygulandığı düğüm noktası
FIN	: t=0 anındaki yük değeri
OMG	: Yükün açısal frekansı
TT1	:Yükün değişim noktasının zamanı (s)

EK 2. Fortran Dilinde Hazırlanmış Serbest Titreşim Analizi ve Zorlanmış Titreşim

Analizi Programının

Listesi

```
C *****
C   Simetrik Olmayan Elastik Zemine Oturan Elastik Bağlantılı ve
C       Güçlendirici Kirişli İki Sıra Boşluklu
C       Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi
C *****
C   PARAMETER (N1=35)
C       Parameter(n2=40)
C   PARAMETER (NW=35)

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

C   REAL*8 HKAT(N1),eHKAT(N1),EIC1(N1),eEIC1(N1)
C   @,EIC2(N1),eEIC2(N1),T1(N1),T2(N1),CCB1(N1),CCB2(N1)
C   @,AF11(N1),AF12(N1),AF21(N1),AF22(N1),BTA1(N1),eCCB1(N1),eCCB2(N1)
C   @,eAF11(N1),eAF12(N1),eAF21(N1),eAF22(N1),eBTA1(N1)
C   @,BTA2(N1),eBTA2(N1),ME(N1),D1(N1),D2(N1),D3(N1),D4(N1)
C   @,H(N1),G(N1),EMU1(N1),EMU2(N1),HGKIR(N1),eHGKIR(N1)
C   @,eTK1(N1),eTK2(N1),eTK3(N1),eTK4(N1),eEMU1(N1),eEMU2(N1)
C   @,TK1(N1),TK2(N1),TK3(N1),TK4(N1),HKIR1(N1),HKIR2(N1)
C   @,S1(N1),S2(N1),EIS(N1),eS1(N1),eS2(N1),INTALMADAN(N1)
C   @,CSB(N1),eX(N1),X(N1),ST1o(N1),SDT1o(N1),EGNVAL(N1),EGNVEC(N1,N1)
C   @,EK1(8),EK2(8),EK3(8),EK4(8),ST2o(N1),SDT2o(N1),DUMM(N1),CFREQ(N1)
C   @,YK(N2,N2),YB(N2),YY(N1),Y(N1),SONUC1(N2),SONUC2(N2),NFREQ(N1)
C   @,DME0(N1),DME1(N1),DME2(N1),DME3(N1),eEIS(N1),MASSMAT(N1,N1)
C   @,T1o(N1),DT1o(N1),T2o(N1),DT2o(N1),ST1(N1),ST2(N1),DUMV(N1,N1)

C   @,eHKIR1(N1),eHKIR2(N1),eCSB(N1),FLEX(N1,N1),STIFF(N1,N1)
C   @,ZK(N2,N2),ZB(N2),EEV(N1),EV(N1,N1),KUT(N1,N1),EKUT(N1)

C   REAL*8
C   THIC(NW),LLW(NW),LRW(NW),L(NW),ARW(NW),ALW(NW),AW(NW),
C   @IRW(NW),ILW(NW),IW(NW),GSSTF1(NW,NW),
C   @ACB(NW),ICB(NW),GSMSS1(NW,NW),GSSTF(NW,NW),
C   @GSMSS(NW,NW),TEGNVEC(NW,NW),AMAS2(NW,NW),STIF1(NW,NW),

C   @ASB(NW),ISB(NW),SSB(NW),ELASB(NW),AMAS1(NW,NW),STIF2(NW,NW)

C   REAL*8
C   AMASS(NW,NW),IDENTI(NW,NW),SABIT(NW),CONS(NW),MATT(NW,NW),
C   @FMASS(NW,NW),MUCB,MUSB,MUW,KSI,YIMAX(NW),
C   @DISMAS(NW),ALFA(NW),XS(NW),TXS(NW),EVEC(NW),
```

```
@TBT(NW),TBB(NW),TCT(NW),TCB(NW),TCNT(NW),TCNB(NW),  
@QBT(NW),QBB(NW),QCT(NW),QCB(NW),QCNS(NW)
```

```
REAL*8 VB(NW),VC(NW),VCN(NW),EGNVEC2(N1,N1),  
@B(NW),C(NW),D(NW),F(NW),TELASB(NW),TASB(NW),TISB(NW),  
@TLLW(NW),TLRW(NW),TTHIC(NW),TACB(NW),TICB(NW),LI(NW),  
@BCC(NW),TRNC(NW),DMY1(NW),EFFK(NW,NW),  
@GSMS(NW,NW),GSSN(NW,NW),GSST(NW,NW),SA(NW),YER(NW),  
YVEK(NW)
```

```
REAL*8  
yenX(NW),XN(NW),XNN(NW),yenEX(NW),EXNN(NW),YN1(NW),YN2(NW),  
@YN3(NW),YN4(NW),EYV(NW),XGZ(NW),GYVEK(NW)
```

```
INTEGER ibsay,BSAY,GSAY,KSAY  
CHARACTER*8 DAT1,OUT1  
CHARACTER*50 BASLIK  
CHARACTER*8 CIKTI,GIRDI  
WRITE(*,*) 'GIRDI DOSYASININ ADI'  
READ(*,10) GIRDI  
WRITE(*,*) 'CIKTI DOSYASININ ADI'  
READ(*,10) CIKTI  
OPEN(5,FILE=GIRDI,FORM='FORMATTED')  
OPEN(6,FILE=CIKTI,FORM='FORMATTED')  
10 FORMAT(A8)  
READ(5,20) BASLIK  
WRITE(6,20) BASLIK  
20 FORMAT(A50)  
READ(5,*) HIGH,BSAY,GSAY,KSAY  
ibsay=bsay+1  
WF=0  
PF=1  
QF=0  
READ(5,*) BRGT,BMID,BLFT  
READ(5,*) AL1,AL2,THICK  
READ(5,*) EC  
READ(5,*) EKR  
READ(5,*) EKV1,EKV2,EKV3  
DO 1 I=1,bsay  
READ(5,*) eHKAT(I)  
1 CONTINUE  
eHKAT(ibsay)=eHKAT(bsay)
```

```

DO 2 I=1,bsay
  READ(5,*) eHKIR1(I),eHKIR2(I)
2 CONTINUE
  eHKIR1(ibsay)=eHKIR1(bsay)
  eHKIR2(ibsay)=eHKIR2(bsay)
DO 3 I=1,bsay
  READ(5,*) eCCB1(I),eCCB2(I)
3 CONTINUE
  eCCB1(ibsay)=eCCB1(bsay)
  eCCB2(ibsay)=eCCB2(bsay)
c  Elastisite Katsayisi Birimi (N/mm2)
DO 4 I=1,bsay
  READ(5,*) eCSB(I)
4 CONTINUE
  eCSB(ibsay)=eCSB(bsay)
DO 5 I=1,ibsay
  READ(5,*) eHGKIR(I),eX(I)
5 CONTINUE
  READ(5,*) GAMA
  READ(5,*) KSI
  READ(5,*) ETSUR
  READ(5,*) YGEN
  READ(5,*) DT
  READ(5,*) ASUR

  EL1=((BRGT+BMID)/2)+AL1
  EL2=((BMID+BLFT)/2)+AL2
  A1=BRGT*THICK
  A2=BMID*THICK
  A3=BLFT*THICK
  PI1=(THICK*BRGT**3)/12
  PI2=(THICK*BMID**3)/12
  PI3=(THICK*BLFT**3)/12
  PIT=PI1+PI2+PI3

DO 6 I=1,ibsay
  eEIC1(I)=(THICK*eHKIR1(I)**3)/12
  eEIC2(I)=(THICK*eHKIR2(I)**3)/12
  eEIS(I)=(THICK*eHGKIR(I)**3)/12
  eBTA1(I)=(1/(((eHKAT(I)*PIT*AL1**3)
@/(12*EL1*eEIC1(I))+(eHKAT(I)*EC*PIT
@*AL1**2)/(2*EL1*eCCB1(I))))**0.5)
  eBTA2(I)=(1/(((eHKAT(I)*PIT*AL2**3)
@/(12*EL2*eEIC2(I))+(eHKAT(I)*EC*PIT
@*AL2**2)/(2*EL2*eCCB2(I))))**0.5)

```

```

eAF11(I)=(eBTA1(I)**2*(EL1+(PIT/EL1)*(1/A1+1/A2)))**0.5)
eAF12(I)=(eBTA1(I)**2*(EL2-(PIT/EL1)*(1/A2)))**0.5)
eAF21(I)=(eBTA2(I)**2*(EL1-(PIT/EL2)*(1/A2)))**0.5)
eAF22(I)=(eBTA2(I)**2*(EL2+(PIT/EL2)*(1/A2+1/A3)))**0.5)
c  WRITE(6,*) eBTA1(I),eBTA2(I)
c    WRITE(6,*) eAF11(I),eAF12(I)
c    WRITE(6,*) eAF21(I),eAF22(I)
eTK1(I)=eAF11(I)**2+eAF22(I)**2
eTK2(I)=eAF11(I)**2*eAF22(I)**2-eAF12(I)**2*eAF21(I)**2
eTK3(I)=eBTA1(I)**2*eAF22(I)**2-eBTA2(I)**2*eAF12(I)**2
eTK4(I)=eBTA2(I)**2*eAF11(I)**2-eBTA1(I)**2*eAF21(I)**2
eEMU1(I)=((eTK1(I)+(eTK1(I)**2-4*eTK2(I))**0.5))/2)**0.5)
eEMU2(I)=((eTK1(I)-(eTK1(I)**2-4*eTK2(I))**0.5))/2)**0.5)
c  WRITE(6,*) eTK1(I),eTK2(I),eTK3(I),eTK4(I)
c  WRITE(6,*) eEMU1(I),eEMU2(I)
eS1(I)=((((AL1*eHKAT(I))/(6*EC*eEIC1(I)))+(eHKAT(I)/eCCB1(I)))
@/(((AL1/(6*EC*eEIS(I)))+(1/eCSB(I))))*(1/HIGH)
eS2(I)=((((AL2*eHKAT(I))/(6*EC*eEIC2(I)))+(eHKAT(I)/eCCB2(I)))
@/(((AL2/(6*EC*eEIS(I)))+(1/eCSB(I))))*(1/HIGH)
c  WRITE(6,*) S1(I),S2(I)
6    CONTINUE

```

```

ETOL=-0.00001
TOL=0.00001
iksay=ksay+1
DO I=1,35
  YY(I)=0.d0
ENDDO
DO I=1,ibsay
  IF(eX(I).EQ.HIGH) THEN
    YY(iksay)=HIGH
    GOTO 162
  ENDIF
  DO 161 n=1,iksay
    YY(iksay-n)=YY(iksay-n+1)-eHKAT(I-1)

    IF(YY(iksay-n).LT.TOL) THEN
      YY(iksay-n)=0.d0
      GOTO 162
    ENDIF
    IF(ABS(eX(I)-YY(iksay-n)).LT.TOL) THEN
      iksay=iksay-n
      GOTO 162
    ENDIF
  161 CONTINUE
  162 ENDDO

```

```

iksay=KSAY+1

DO 1000 JJ=iksay,1,-1

HP=yy(jj)
DO I=1,35
  EIC1(I)=0.d0
  EIC2(I)=0.d0
    BTA1(I)=0.d0
    BTA2(I)=0.d0
    AF11(I)=0.d0
    AF12(I)=0.d0
    AF21(I)=0.d0
    AF22(I)=0.d0
  TK1(I)=0.d0
  TK2(I)=0.d0
TK3(I)=0.d0
TK4(I)=0.d0
  EMU1(I)=0.d0
  EMU2(I)=0.d0
  HKAT(I)=0.d0
    HKIR1(I)=0.d0
    HKIR2(I)=0.d0
  CCB1(I)=0.d0
  CCB2(I)=0.d0
  HGKIR(I)=0.d0
CSB(I)=0.d0
X(I)=0.d0
  EIS(I)=0.d0
  S1(I)=0.d0
  S2(I)=0.d0
    DME0(I)=0.d0
    DME1(I)=0.d0
    DME2(I)=0.d0
    DME3(I)=0.d0
  T1o(I)=0.d0
  DT1o(I)=0.d0
  T2o(I)=0.d0
DT2o(I)=0.d0
  ST1o(I)=0.d0
    SDT1o(I)=0.d0
  ST2o(I)=0.d0
    SDT2o(I)=0.d0
  ST1(I)=0.d0
  T1(I)=0.d0
  ST2(I)=0.d0

```

```

        T2(I)=0.d0
    ENDDO

    IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C      Program Kontrol Satırı
        iksay=KSAY+1
    ENDIF

    ibadd=0
    ibsay2=bsay+1
    do ii=1,ibsay2
    if(ABS(eX(ii)-HP).lt.TOL) then
        ibsay=bsay+1
    DO I=1,ibsay
        EIC1(I)=eEIC1(I)
        EIC2(I)=eEIC2(I)
        BTA1(I)=eBTA1(I)
        BTA2(I)=eBTA2(I)
        AF11(I)=eAF11(I)
        AF12(I)=eAF12(I)
        AF21(I)=eAF21(I)
        AF22(I)=eAF22(I)
        TK1(I)=eTK1(I)
        TK2(I)=eTK2(I)
        TK3(I)=eTK3(I)
        TK4(I)=eTK4(I)
        EMU1(I)=eEMU1(I)
        EMU2(I)=eEMU2(I)

        HKAT(I)=eHKAT(I)
        HKIR1(I)=eHKIR1(I)
        HKIR2(I)=eHKIR2(I)
        CCB1(I)=eCCB1(I)
        CCB2(I)=eCCB2(I)
        HGKIR(I)=eHGKIR(I)

        X(I)=eX(I)
        EIS(I)=eEIS(I)
        CSB(I)=eCSB(I)
        S1(I)=eS1(I)
        S2(I)=eS2(I)
    ENDDO
    endif
    if((eX(ii)-hp).GT.TOL.and.(hp-eX(ii+1)).GT.TOL) then
        ibsay=bsay+2
        ibadd=ii

```

```

DO I=1,ibsay
  IF(I.LE.ibadd)THEN
    EIC1(I)=eEIC1(I)
    EIC2(I)=eEIC2(I)
    BTA1(I)=eBTA1(I)
    BTA2(I)=eBTA2(I)
    AF11(I)=eAF11(I)
    AF12(I)=eAF12(I)
    AF21(I)=eAF21(I)
    AF22(I)=eAF22(I)
    TK1(I)=eTK1(I)
    TK2(I)=eTK2(I)
    TK3(I)=eTK3(I)
    TK4(I)=eTK4(I)
    EMU1(I)=eEMU1(I)
    EMU2(I)=eEMU2(I)

    HKAT(I)=eHKAT(I)
    HKIR1(I)=eHKIR1(I)
    HKIR2(I)=eHKIR2(I)
    CCB1(I)=eCCB1(I)
    CCB2(I)=eCCB2(I)
    HGKIR(I)=eHGKIR(I)
  ELSE
    EIC1(I)=eEIC1(I-1)
    EIC2(I)=eEIC2(I-1)
    BTA1(I)=eBTA1(I-1)
    BTA2(I)=eBTA2(I-1)
    AF11(I)=eAF11(I-1)
    AF12(I)=eAF12(I-1)
    AF21(I)=eAF21(I-1)
    AF22(I)=eAF22(I-1)
    TK1(I)=eTK1(I-1)
    TK2(I)=eTK2(I-1)
    TK3(I)=eTK3(I-1)
    TK4(I)=eTK4(I-1)
    EMU1(I)=eEMU1(I-1)
    EMU2(I)=eEMU2(I-1)

    HKAT(I)=eHKAT(I-1)
    HKIR1(I)=eHKIR1(I-1)
    HKIR2(I)=eHKIR2(I-1)
    CCB1(I)=eCCB1(I-1)
    CCB2(I)=eCCB2(I-1)
    HGKIR(I)=eHGKIR(I-1)
  ENDIF

```

```

IF(I.LE.ibadd)THEN
  X(I)=eX(I)
  EIS(I)=eEIS(I)
  CSB(I)=eCSB(I)
  S1(I)=eS1(I)
  S2(I)=eS2(I)
ENDIF
IF(I.EQ.(ibadd+1))THEN
  X(I)=HP
  EIS(I)=0
  CSB(I)=0
  S1(I)=((((AL1*HKAT(I))/(6*EC*EIC1(I)))+(HKAT(I)/CCB1(I)))
@/((AL1/(6*EC*EIS(I)))+(1/CSB(I))))*(1/HIGH)
  S2(I)=((((AL2*HKAT(I))/(6*EC*EIC2(I)))+(HKAT(I)/CCB2(I)))
@/((AL2/(6*EC*EIS(I)))+(1/CSB(I))))*(1/HIGH)
ENDIF
IF(I.GT.(ibadd+1))THEN
  X(I)=eX(I-1)
  EIS(I)=eIS(I-1)
  S1(I)=eS1(I-1)
  S2(I)=eS2(I-1)
ENDIF
ENDDO
endif
enddo

IF(JJ.EQ.(iksay-10))THEN
C   Program Kontrol Satırı
  iksay=KSAY+1
ENDIF

DO I=1,ibsay
c   Dis Kuvvetlerin Momenti (Bolge Sinirlarinda)
  HPP=HP-X(I)
  if(hpp.GT.ETOL) then
    DME0(I)=PF*(HP-X(I))
    DME1(I)=-PF
    DME2(I)=0
    DME3(I)=0
  else
    DME0(I)=0.d0
    DME1(I)=0.d0
    DME2(I)=0.d0
    DME3(I)=0.d0
  endif
c   WRITE(6,*) DME0(I),DME1(I),DME2(I),DME3(I)

```

ENDDO

```
c  WRITE(6,*)'
c  WRITE(6,*)'  T1ozel      DT1ozel'
c  WRITE(6,*)'  T2ozel      DT2ozel'
```

DO 55 I=1,ibsay

$T1o(I) = (TK3(I)/TK2(I)) * (DME0(I) + (TK1(I)/TK2(I)) * DME2(I))$
@ $-(1/TK2(I)) * DME2(I) * BTA1(I)**2$

$DT1o(I) = (TK3(I)/TK2(I)) * (DME1(I) + (TK1(I)/TK2(I)) * DME3(I))$
@ $-(1/TK2(I)) * DME3(I) * BTA1(I)**2$

$T2o(I) = (1/(AF12(I)**2)) * ((TK3(I)/TK2(I))$
@ $*(DME2(I) * (1 - (TK1(I)/TK2(I)) * AF11(I)**2) - AF11(I)**2 * DME0(I))$
@ $+ (((AF11(I)**2)/TK2(I)) * DME2(I) + DME0(I)) * BTA1(I)**2)$

$DT2o(I) = (1/(AF12(I)**2)) * ((TK3(I)/TK2(I))$
@ $*(DME3(I) * (1 - (TK1(I)/TK2(I)) * AF11(I)**2) - AF11(I)**2 * DME1(I))$
@ $+ (((AF11(I)**2)/TK2(I)) * DME3(I) + DME1(I)) * BTA1(I)**2)$

```
c  WRITE(6,*) T1o(I),DT1o(I)
c  WRITE(6,*) T2o(I),DT2o(I)
55  CONTINUE
```

```
c  WRITE(6,*)'
c  WRITE(6,*)'  ST1ozel      SDT1ozel'
c  WRITE(6,*)'  ST2ozel      SDT2ozel'
DO 56 I=1,ibsay
```

$ST1o(I) = (TK3(I)/TK2(I)) * (DME0(I+1) + (TK1(I)/TK2(I)) * DME2(I+1))$
@ $-(1/TK2(I)) * DME2(I+1) * BTA1(I)**2$

$SDT1o(I) = (TK3(I)/TK2(I)) * (DME1(I+1) + (TK1(I)/TK2(I)) * DME3(I+1))$
@ $-(1/TK2(I)) * DME3(I+1) * BTA1(I)**2$

$ST2o(I) = (1/(AF12(I)**2)) * ((TK3(I)/TK2(I))$
@ $*(DME2(I+1) * (1 - (TK1(I)/TK2(I)) * AF11(I)**2) - AF11(I)**2 * DME0(I+1))$
@ $+ (((AF11(I)**2)/TK2(I)) * DME2(I+1) + DME0(I+1)) * BTA1(I)**2)$

$SDT2o(I) = (1/(AF12(I)**2)) * ((TK3(I)/TK2(I))$
@ $*(DME3(I+1) * (1 - (TK1(I)/TK2(I)) * AF11(I)**2) - AF11(I)**2 * DME1(I+1))$
@ $+ (((AF11(I)**2)/TK2(I)) * DME3(I+1) + DME1(I+1)) * BTA1(I)**2)$

```
c  WRITE(6,*) ST1o(I),SDT1o(I)
```

```

c  WRITE(6,*) ST2o(I),SDT2o(I)
56  CONTINUE

```

c INTEGRASYON SABITLERININ ELDE EDİLMESİ

```

DO I=1,40
  DO J=1,40
    ZK(I,J)=0.d0
    YK(I,J)=0.d0
    ZB(I)=0.d0
    YB(I)=0.d0
    SONUC1(I)=0.d0
    SONUC2(I)=0.d0
  ENDDO
ENDDO

DO I=1,35
  D1(I)=0.d0
  D2(I)=0.d0
  D3(I)=0.d0
  D4(I)=0.d0
  H(I)=0.d0
  G(I)=0.d0
  Y(I)=0.d0
ENDDO

IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C  Program Kontrol Satırı
  iksay=KSAY+1
ENDIF

  L=1
  K=0
  DO I=1,ibsay
    IF(I.EQ.1) THEN

      CALL COEF1A(T1o(I),DT1o(I),EMU1(I),EMU2(I),X(I),S1(I),EK1,EKB1)
      CALL COEF1B(T2o(I),DT2o(I),EMU1(I),EMU2(I),X(I)
@      ,AF11(I),AF12(I),AF21(I),AF22(I),S2(I),EK2,EKB2)
    ENDF

    IF((I.GT.1).AND.(I.LT.ibsay)) THEN

      CALL COEF2A(ibsay,EMU1,EMU2,X(I),HIGH

```

```

@      ,ST1o,T1o,DT1o,S1(I),I,EK1,EKB1)
CALL COEF2B(ibsay,DT1o,EMU1,EMU2,X(I),I
@      ,EC,AL1,HKAT,EIC1,CCB1,EK2,EKB2)
CALL COEF2C(ibsay,EMU1,EMU2,X(I),HIGH
@      ,ST2o,T2o,DT2o,AF11,AF12,S2(I),I,EK3,EKB3)
CALL COEF2D(ibsay,EMU1,EMU2,X(I),HIGH,DT2o,AF11,AF12,I
@      ,EC,AL2,HKAT,EIC2,CCB2,EK4,EKB4)
ENDIF

IF(I.EQ.ibsay) THEN

CALL COEF3A(HKAT(I),AL1,EC,EIC1(I),CCB1(I),EMU1(I),EMU2(I)
@      ,EKV1,EKV2,AF11(I),AF12(I),EKR,DME0(I)
@      ,T1o(I),T2o(I),DT1o(I),EL1,EL2,EK1,EKB1)
CALL COEF3B(HKAT(I),AL2,EC,EIC2(I),CCB2(I),EMU1(I),EMU2(I)
@      ,EKV2,EKV3,AF11(I),AF12(I),EKR,DME0(I)
@      ,T1o(I),T2o(I),DT2o(I),EL1,EL2,EK2,EKB2)
ENDIF

IF(I.EQ.1) THEN
DO J=1,4
ZK(I,J)=ZK(I,J)+EK1(J)
ZB(I)=EKB1
ZK(I+1,J)=ZK(I+1,J)+EK2(J)
ZB(I+1)=EKB2
ENDDO
ENDIF
IF((I.GT.1).AND.(I.LT.ibsay)) THEN
DO J=1,8
ZK(I+L-3,J+K-4)=ZK(I+L-3,J+K-4)+EK1(J)
ZB(I+L-3)=EKB1
ZK(I+L-2,J+K-4)=ZK(I+L-2,J+K-4)+EK2(J)
ZB(I+L-2)=EKB2
ZK(I+L-1,J+K-4)=ZK(I+L-1,J+K-4)+EK3(J)
ZB(I+L-1)=EKB3
ZK(I+L,J+K-4)=ZK(I+L,J+K-4)+EK4(J)
ZB(I+L)=EKB4
ENDDO
ENDIF
K=K+4
IF(I.EQ.ibsay) THEN
DO J=1,4
ZK(I+L-3,J+K-8)=ZK(I+L-3,J+K-8)+EK1(J)
ZB(I+L-3)=EKB1
ZK(I+L-2,J+K-8)=ZK(I+L-2,J+K-8)+EK2(J)
ZB(I+L-2)=EKB2

```

```

        ENDDO
        ENDIF
        L=L+3
        do j=1,8
            ek1(j)=0.d0
            ek2(j)=0.d0
            ek3(j)=0.d0
            ek4(j)=0.d0
        enddo
        EKB1=0
        EKB2=0
        EKB3=0
        EKB4=0
        ENDDO
n=4*(ibsay-1)

c  WRITE(6,*) '          '
c  write(6,*) 'Coefficient Matrix'
c  DO I =1,n
c    WRITE(6,22) (zk(I,J),J=1,N)
c    enddo
22 FORMAT(1X,40F45.20)
c  WRITE(6,*) '          '
c  write(6,*) 'Right Hand Side Vector'
c  WRITE(6,22) (zb(J),J=1,N)

        CALL GAUSS(ZK,n,ZB,SONUC1)
c  WRITE(6,*) '          '
c  write(6,*) 'Result Vector'
c  WRITE(6,22) (SONUC1(J),J=1,N)

m=0
        DO I=1,ibsay
        if(I.EQ.ibsay)THEN
            m=m-4
        endif
        D1(I)=D1(I)+SONUC1(I+m)
        D2(I)=D2(I)+SONUC1(I+1+m)
        D3(I)=D3(I)+SONUC1(I+2+m)
        D4(I)=D4(I)+SONUC1(I+3+m)
        m=m+3
        ENDDO

        IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C    Program Kontrol Satırı
        iksay=KSAY+1

```

```

ENDIF

c  WRITE(6,*)'
c  WRITE(6,*)'  --T1--          --T2--'
    DO I=1,ibsay
c  WRITE(6,*)'

    T1(I)=D1(I)*SINH(EMU1(I)*X(I))+D2(I)*COSH(EMU1(I)*X(I))
@   +D3(I)*SINH(EMU2(I)*X(I))+D4(I)*COSH(EMU2(I)*X(I))
@   +T1o(I)
    T2(I)=(EMU1(I)**2-AF11(I)**2)/(AF12(I)**2)
@   *(D1(I)*SINH(EMU1(I)*X(I))+D2(I)*COSH(EMU1(I)*X(I)))
@   +(EMU2(I)**2-AF11(I)**2)/(AF12(I)**2)
@   *(D3(I)*SINH(EMU2(I)*X(I))+D4(I)*COSH(EMU2(I)*X(I)))
@   +T2o(I)

    IF((I.GT.1).AND.(I.LT.ibsay)) THEN
        ST1(I)=D1(I-1)*SINH(EMU1(I-1)*X(I))+D2(I-1)*COSH(EMU1(I-1)*X(I))
@   +D3(I-1)*SINH(EMU2(I-1)*X(I))+D4(I-1)*COSH(EMU2(I-1)*X(I))
@   +ST1o(I-1)
        ST2(I)=(EMU1(I-1)**2-AF11(I-1)**2)/(AF12(I-1)**2)
@   *(D1(I-1)*SINH(EMU1(I-1)*X(I))+D2(I-1)*COSH(EMU1(I-1)*X(I)))
@   +(EMU2(I-1)**2-AF11(I-1)**2)/(AF12(I-1)**2)
@   *(D3(I-1)*SINH(EMU2(I-1)*X(I))+D4(I-1)*COSH(EMU2(I-1)*X(I)))
@   +ST2o(I-1)
c  WRITE(6,*) ST1(I),ST2(I)
    ENDIF
c  WRITE(6,*) 'X(I)=' ,X(I)
c  WRITE(6,*) T1(I),T2(I)
    ENDDO
c  WRITE(6,*)'

c  Integralin Icerisi Hesaplaniyor
    DO I=1,ibsay
    HPP=HP-X(I)
    if(hpp.GT.ETOL) then
    INTALMADAN(I)=HPP-T1(I)*EL1-T2(I)*EL2
    else
    INTALMADAN(I)=-T1(I)*EL1-T2(I)*EL2
    endif
    ENDDO
c  WRITE(6,*)'  ---INTEGRALIN ICERISI---
c  DO I=1,ibsay
c  WRITE(6,*) INTALMADAN(I)
c  ENDDO
c  WRITE(6,*)'

```

```

IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C   Program Kontrol Satırı
    iksay=KSAY+1
ENDIF
c   Y(X) DEPLASMAN FONKSIYONUNUM ELDE EDILMESI

    L=0
    K=0

    DO I=2,ibsay

HPP=HP-X(I)
if(hpp.gt.TOL) then

    IF(I.LT.ibsay) THEN
        CALL COEF1Ya(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)
@           ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK1,EKB1,I)

        CALL COEF2Ya(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)
@           ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK2,EKB2,I)
        ENDIF

    IF(I.EQ.ibsay) THEN
        CALL COEF3Ya(EC,PIT,EMU1(I),EMU2(I),AF11(I),AF12(I)
@           ,X(I),HP,EL1,EL2,DME0(I),T1(I),T2(I)
@           ,EKR,TK1(I),TK2(I),TK3(I),BTA1(I)
@           ,D1(I),D2(I),D3(I),D4(I),EK1,EKB1)

        CALL COEF4Ya(EC,PIT,EMU1(I),EMU2(I),AF11(I),AF12(I)
@           ,X(I),HP,EL1,EL2,TK1(I),TK2(I),TK3(I)
@           ,BTA1(I),D1(I),D2(I),D3(I),D4(I),EK2,EKB2)

        ENDIF

    else

        IF((hpp.LT.TOL).AND.(hpp.GT.ETOL)) THEN

            CALL COEF3Yb(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)
@           ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK1,EKB1,I)

            CALL COEF4Yb(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)

```

```
@      ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK2,EKB2,I)
```

```
else
```

```
CALL COEF1Yb(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)
```

```
@      ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK1,EKB1,I)
```

```
CALL COEF2Yb(ibsay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12,X(I)
```

```
@      ,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3,BTA1,D1,D2,D3,D4,EK2,EKB2,I)
```

```
ENDIF
```

```
endif
```

```
IF(I.LT.ibsay) THEN
```

```
DO J=1,4
```

```
YK(I+L-1,J+K)=YK(I+L-1,J+K)+EK1(J)
```

```
YB(I+L-1)=EKB1
```

```
YK(I+L,J+K)=YK(I+L,J+K)+EK2(J)
```

```
YB(I+L)=EKB2
```

```
ENDDO
```

```
ENDIF
```

```
K=K+2
```

```
IF(I.EQ.ibsay) THEN
```

```
DO J=1,2
```

```
YK(I+L-1,J+K-2)=YK(I+L-1,J+K-2)+EK1(J)
```

```
YB(I+L-1)=EKB1
```

```
YK(I+L,J+K-2)=YK(I+L,J+K-2)+EK2(J)
```

```
YB(I+L)=EKB2
```

```
ENDDO
```

```
ENDIF
```

```
L=L+1
```

```
do j=1,4
```

```
ek1(j)=0.d0
```

```
ek2(j)=0.d0
```

```
ek3(j)=0.d0
```

```
ek4(j)=0.d0
```

```
enddo
```

```
EKB1=0
```

```
EKB2=0
```

```
ENDDO
```

```

n=2*(ibsay-1)
c  write(6,*) 'Coefficient Matrix'
c  DO I=1,n
c    WRITE(6,23) (yk(I,J),J=1,N)
c  enddo
23 FORMAT(1X,40F22.10)
c  write(6,*) 'Right Hand Side Vector'
c  WRITE(6,23) (yb(J),J=1,N)

CALL GAUSS(YK,n,YB,SONUC2)
c  write(6,*) 'Result Vector'
c  WRITE(6,22) (SONUC2(J),J=1,N)

IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C  Program Kontrol Satırı
iksay=KSAY+1
ENDIF

m=0

DO I=1,ibsay

H(I)=H(I)+SONUC2(I+m)
G(I)=G(I)+SONUC2(I+1+m)

m=m+1

ENDDO
H(ibsay)=H(ibsay-1)
G(ibsay)=G(ibsay-1)

iksay=KSAY+1

c  write(6,*) ' '
c  do n=1,iksay
c    m=iksay-n+1
c    write(6,*) YY(m)
c  enddo

IF(JJ.EQ.(iksay-1))THEN
C  Program Kontrol Satırı
iksay=KSAY+1
ENDIF

```

C Y(X) FONKSIYONU

iksay=KSAY+1

DO I=1,ibsay

DO 71 n=1,iksay
m=iksay-n+1

HPP=HP-X(I)
if(hpp.GT.ETOL) then

CALL YFONKa(ibsay,iksay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12
@ ,YY,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3
@ ,BTA1,D1,D2,D3,D4,Y,I,m,H,G)
else
CALL YFONKb(ibsay,iksay,EC,PIT,EMU1,EMU2,AF11,AF12
@ ,YY,HP,EL1,EL2,TK1,TK2,TK3
@ ,BTA1,D1,D2,D3,D4,Y,I,m,H,G)
endif

IF(((X(I+1)-YY(m)).LT.TOL).AND.((X(I+1)-YY(m)).GT.ETOL)) THEN
iksay=m
GOTO 72
ENDIF
IF((YY(m).LT.TOL).AND.(YY(m).GT.ETOL)) THEN
GOTO 72
ENDIF

71 CONTINUE

72 ENDDO

iksay=KSAY+1
Y(1)=0.00000000000000000001
c write(6,*) ' '
c write(6,*) '--Yatay Deplasman--'
c do n=1,iksay
c m=iksay-n+1
c write(6,*) Y(m)
c enddo

iksay=KSAY+1
IF(JJ.EQ.1)THEN
DO N=1,iksay
Y(N)=0.00000000000000000001
ENDDO

```

ENDIF

C *****
C **ESNEKLIK MATRISI**
C *****
KOL=iksay-JJ+1
iksay=KSAY+1
DO NN=1,iksay
    M=iksay-NN+1
    FLEX(NN,KOL)=FLEX(NN,KOL)+Y(M)
ENDDO

1000 CONTINUE

iksay=KSAY+1

write(6,*) ' '
write(6,*) '--KAT YUKSEKLIKLERi--'
do n=1,iksay
    m=iksay-n+1
    write(6,*) YY(m)
enddo

write(6,*) ' '
write(6,*) '--ESNEKLIK MATRISI--'
DO I =1,IKSAY
    WRITE(6,22) (FLEX(I,J),J=1,IKSAY)
    enddo

iksay=ksay+1
C *****
C **RIJITLIK MATRISI BULUNUYOR [K]=[F]**(-1)**
C *****

CALL INVMATRIS(FLEX,STIFF,iksay)

write(6,*) ' '
write(6,*) '--RIJITLIK MATRISI--'
DO I =1,iksay
    WRITE(6,22) (STIFF(I,J),J=1,IKSAY)
    enddo

C *****
C ***** KUTLE MATRISI *****

```

C *****

```

IKSAY=KSAY+1
DO I=1,IBSAY
DO 81 N=1,IKSAY
IF((YY(IKSAY-N+1)-X(I)).LT.TOL)THEN
    IF((X(I)-HIGH).LT.TOL)THEN
        IF(HGKIR(I).LT.TOL)THEN
            EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*(HKAT(I)/2)*THICK
@          +(AL1*HKIR1(I)+AL2*HKIR2(I))*THICK
            EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
        else
            EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*(HKAT(I)/2)*THICK
@          +(AL1+AL2)*HGKIR(I)*THICK
            EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
        ENDIF
    ENDIF
    IF((X(I).GT.TOL).AND.(HIGH-(X(I)).GT.TOL))THEN
        IF(HGKIR(I).LT.TOL)THEN
            EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*((HKAT(I)+HKAT(I-1))/2)*THICK
@          +(AL1*HKIR1(I)+AL2*HKIR2(I))*THICK
            EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
        else
            EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*((HKAT(I)+HKAT(I-1))/2)*THICK
@          +(AL1+AL2)*HGKIR(I)*THICK
            EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
        ENDIF
    ENDIF
    IF(X(I).LT.TOL)THEN
        EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*(HKAT(I)/2)*THICK
        EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
    ENDIF
    ENDIF
    IF(((X(I)-YY(IKSAY-N+1)).GT.TOL).AND.
@      ((YY(IKSAY-N+1)-X(I+1)).GT.TOL))THEN
        EEV(N)=(BRGT+BMID+BLFT)*HKAT(I)*THICK
@          +(AL1*HKIR1(I)+AL2*HKIR2(I))*THICK
        EKUT(N)=EEV(N)*GAMA
    ENDIF
81  CONTINUE
ENDDO
iksay=KSAY+1
write(6,*) ' '
write(6,*) '--KUTLE VEKTORU--'
do N=1,iksay
    write(6,*) EKUT(N)

```

```

        enddo

DO N=1,iksay
    MASSMAT(N,N)=MASSMAT(N,N)+EKUT(N)
    ENDDO
write(6,*) ' '
write(6,*) '--KUTLE MATRISI--'
DO I =1,iksay
    WRITE(6,22) (MASSMAT(I,J),J=1,iksay)
    enddo
write(6,*) ' '

NEV=KSAY+1

    DO 888 I=1,NEV
DO 888 J=1,NEV
    STIF1(I,J)=STIFF(I,J)
    AMAS1(I,J)=MASSMAT(I,J)
    AMAS2(I,J)=AMAS1(I,J)
888    CONTINUE

DO I =1,NEV
    WRITE(6,22) (STIF1(I,J),J=1,NEV)
    enddo

DO I =1,NEV
    WRITE(6,22) (AMAS1(I,J),J=1,NEV)
    enddo

iksay=KSAY+1
CALL JACK3(iksay,STIFF,MASSMAT,EGNVAL,EGNVEC)
write(6,*) ' '
write(6,*) '--OZVEKTORLER MATRISI--'
DO I =1,iksay
    WRITE(6,22) (EGNVEC(I,J),J=1,iksay)
    enddo

DO j=1,iksay
    DO i=1,iksay
    EGNVEC2(I,J)=(1/EGNVEC(1,J))*EGNVEC(I,J)
    enddo
    enddo

```

```

write(6,*) ' '
write(6,*) '--NORMALIZE EDILMIS OZVEKTORLER MATRISI--'
DO I =1,iksay
WRITE(6,22) (EGNVEC2(I,J),J=1,iksay)
enddo

write(6,*) ' '
write(6,*) '--OZDEGERLER VEKTORU--'
do I=1,iksay
    write(6,*) EGNVAL(I)
enddo

DO 144 KLM=1,iksay
DUMM(KLM)=EGNVAL(iksay+1-KLM)
DO 144 KKLM=1,iksay
DUMV(KKLM,KLM)=EGNVEC(KKLM,iksay+1-KLM)
144 CONTINUE

PI=4*ATAN(1.0)
DO 145 KLM1=1,iksay
EGNVAL(KLM1)=DUMM(KLM1)
CFREQ(KLM1)=SQRT(EGNVAL(KLM1))
NFREQ(KLM1)=CFREQ(KLM1)/(2*PI)
DO 145 KLM3=1,iksay
EGNVEC(KLM3,KLM1)=DUMV(KLM3,KLM1)
145 CONTINUE

WRITE(6,*) '  EIGENVALUE      CIRCULAR FREQ.   NATURAL FR
@EQ.'
WRITE(6,*) ' -----
@----'
DO 146 KLM2=1,iksay
WRITE(6,34) EGNVAL(KLM2),CFREQ(KLM2),NFREQ(KLM2)
146 CONTINUE
34 FORMAT(E18.8,1X,',',E18.8,1X,',',E18.8)
WRITE(6,*) '
=====
@===='
WRITE(6,*) ' '

```

C 34 FORMAT(3(E18.8,1X,','))

C DO 147 IQ=1,NEV
C WRITE(6,*) ''
C WRITE(6,*) 'EIGEN VECTOR NO:',IQ
C WRITE(6,*) ''
C DO 147 IQQ=1,NEV
C WRITE(6,*) EGNVEC (IQQ,IQ)
C147 CONTINUE

C DO 148 I1=1,NEV
C DO 148 I2=1,NEV
C 148 SONUM(I1,I2)=0.0

C DO 149 I=1,NEV
C 149 SONUM(I,I)=1.0

DO 151 I1=1,NEV
DO 151 I2=1,NEV
TEGNVEC(I1,I2)=EGNVEC(I2,I1)
151 CONTINUE

CALL MTRXML(STIF1,NEV,NEV,EGNVEC,NEV,GSSTF1,NW)
CALL MTRXML(TEGNVEC,NEV,NEV,GSSTF1,NEV,GSSTF,NW)

C CALL MTRXML(SONUM,NEV,NEV,EGNVEC,NEV,GSSNM1,NW)
C CALL MTRXML(TEGNVEC,NEV,NEV,GSSNM1,NEV,GSSNM,NW)

CALL MTRXML(AMAS1,NEV,NEV,EGNVEC,NEV,GSMSS1,NW)
CALL MTRXML(TEGNVEC,NEV,NEV,GSMSS1,NEV,GSMSS,NW)

DO 153 I=1,NEV
DO 153 J=1,NEV
GSMS(I,J)=0.0
GSSN(I,J)=0.0
GSST(I,J)=0.0
153 CONTINUE

DO 152 I1=1,NEV
GSMS(I1,I1)=GSMSS(I1,I1)

```

GSSN(I1,I1)=2*GSMS(I1,I1)*KSI*CFREQ(I1)
GSST(I1,I1)=GSSTF(I1,I1)
152 CONTINUE

```

```

C
WRITE(6,*)'=====
==
C @=====
C DO 154 I=1,NEV
C WRITE(6,*) ' '
C 154 WRITE(6,*) (GSSN(I,IJ),IJ=1,NEV)

```

```

WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*) 'TIME-HISTORY ANAL~Z~=>1'
WRITE(*,*) ' SPEKTRUM ANAL~Z~=>2'

```

```

READ(5,*)ISEC

```

```

IF(ISEC.EQ.1) THEN

```

```

WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*)'YUK TIPINI GIRIN'
WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*)'HARMONIK YUKLEME=>1'
WRITE(*,*)' UCGEN YUKLEME=>2'
WRITE(*,*)' ADIM YUKLEME=>3'
WRITE(*,*)' '
READ(5,*)LTIP

```

```

WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*)'ENTER THE JOINT NUMBER TO BE ANALIZED'
WRITE(*,*)' '
READ(5,*)JI
WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*)'ENTER THE JOINT NUMBER, THE FORCE ACTING ON'
WRITE(*,*)' '
READ(5,*)I31
WRITE(*,*)' '
WRITE(*,*)'ENTER THE LOAD VALUE AT t=0'
WRITE(*,*)' '
READ(5,*)FIN
WRITE(*,*)' '

```

```

SIGMA=0.5
AFA=0.25*(0.5+SIGMA)**2
A0=1./(AFA*DT**2)
A1=SIGMA/(AFA*DT)
A2=1./(AFA*DT)
A3=1./(2*AFA)-1.
A4=SIGMA/AFA-1.
A5=DT/2.*(SIGMA/AFA-2.)
A6=DT*(1.0-SIGMA)
A7=DT*SIGMA

DO 1618 IA1=1,NEV
YVEK(IA1)=0.0
yenX(IA1)=0.0
yenEX(IA1)=0.0
XN(IA1)=0.0
XNN(IA1)=0.0
EXNN(IA1)=0.0
DO 1618 IB1=1,NEV
1618 EFFK(IA1,IB1)=GSST(IA1,IB1)+A0*GSMS(IA1,IB1)+A1*GSSN(IA1,IB1)

DMAX=yenX(JI)

YVEK(I31)=FIN
CALL MTRXML1(TEGNVEC,NEV,NEV,YVEK,NEV,XNN,NW)

DO 165 LP=1,NEV
165 EXNN(LP)=XNN(LP)

READ(5,*)OMG
READ(5,*)TT1
ZD=ASUR/DT
IZD=ZD
DO 1628 IZ=1,IZD
Z=IZ*DT
IF(LTIP.EQ.1)THEN
YUK=0.0
IF(Z.LE.ETSUR)YUK=YGEN*SIN(OMG*Z)

ELSEIF(LTIP.EQ.2)THEN

IF(Z.LE.TT1)THEN
YUK=Z/TT1*YGEN
ELSEIF(Z.GT.TT1.AND.Z.LE.ETSUR)THEN
YUK=YGEN-YGEN*(Z-TT1)/(ETSUR-TT1)
ELSEIF(Z.GT.ETSUR)THEN

```

```

        YUK=0.0
        ENDIF
ELSE
        YUK=0.0
        IF(Z.LE.ETSUR)YUK=YGEN
ENDIF
YVEK(I31)=YUK

DO 163 IR=1,NEV
        YN1(IR)=A0*yenX(IR)+A2*XN(IR)+A3*XNN(IR)
163  YN2(IR)=A1*yenX(IR)+A4*XN(IR)+A5*XNN(IR)

        CALL MTRXML1(GSMS,NEV,NEV,YN1,NEV,YN3,NW)
        CALL MTRXML1(GSSN,NEV,NEV,YN2,NEV,YN4,NW)

        CALL MTRXML1(TEGNVEC,NEV,NEV,YVEK,NEV,GYVEK,NW)

        DO 164 IR=1,NEV
164  EYV(IR)=GYVEK(IR)+YN3(IR)+YN4(IR)

        CALL GAUSS2(EFFK,NEV,EYV,yenX)

        DO 166 I9=1,NEV
        XNN(I9)=A0*(yenX(I9)-yenEX(I9))-A2*XN(I9)-A3*XNN(I9)
        yenEX(I9)=yenX(I9)
        XN(I9)=XN(I9)+A6*EXNN(I9)+A7*XNN(I9)
166  EXNN(I9)=XNN(I9)

        CALL MTRXML1(EGNVEC,NEV,NEV,yenX,NEV,XGZ,NW)

        IF(XGZ(JI).GT.DMAX) DMAX=XGZ(JI)
        WRITE(6,*)XGZ(JI)
1628 CONTINUE

        WRITE(6,*)'*****TIME-HISTORY
ANALIZI*****
@*****'
        WRITE(6,*)' '
        WRITE(6,*)'MAX DEFLECTION IS',DMAX

ELSE

        WRITE(*,*)'ENTER THE JOINT NUMBER TO BE ANALYZED'

```

```

READ(5,*) JI
AXDEP=0
SA(1)=5.88/9.81
SA(2)=8.60328/9.81
SA(3)=4.5/9.81
SA(4)=3.28/9.81
SA(5)=3.15/9.81
SA(6)=3.08/9.81
SA(7)=3.04/9.81
SA(8)=3.02/9.81
SA(9)=3.0/9.81
SA(10)=2.99/9.81
SA(11)=2.98/9.81
SA(12)=2.97/9.81
SA(13)=2.97/9.81
SA(14)=2.96/9.81
SA(15)=2.96/9.81
SA(16)=2.96/9.81
SA(17)=2.96/9.81
SA(18)=2.96/9.81
SA(19)=2.95/9.81
SA(20)=2.95/9.81
SA(21)=2.95/9.81
SA(22)=2.943/9.81

      DO 155 I67=1,NEV
155 YER(I67)=1.0

      DO 156 I=1,NEV

      DO 157 IZ=1,NEV
157 EVEC(IZ)=EGNVEC(IZ,I)


      CALL MTRXML1(AMAS2,NEV,NEV,YER,NEV,DMY1,NW)
      CALL MTRXML2(EVEC,NEV,DMY1,NEV,DMY,NW)

      LI(I)=DMY
      YIMAX(I)=LI(I)*SA(I)/(CFREQ(I)**2)
      AXDEP=(EGNVEC(JI,I)*YIMAX(I))**2+AXDEP
156 CONTINUE
      AXDEP=SQRT(AXDEP)

      WRITE(6,*)'*****DEPREM
ANALIZI*****
@*****'

```

```

WRITE(6,*)'
WRITE(6,*)JI,' NOLU DUGUMUN DEPLASMANI=',AXDEP

```

```

ENDIF

```

```

GO TO 99
99 STOP
END

```

```

C *****
C *****      A L T   P R O G R A M L A R      *****
C *****

```

```

SUBROUTINE COEF1A(ET1o,EDT1o,AEMU1,AEMU2,EX,ES1,EK1,EKB1)
  implicit real*8 (a-h,o-z)
  dimension EK1(8)
c   real*8 AEMU1,AEMU2,EX
  EK1(1)=SINH(AEMU1*EX)+AEMU1*COSH(AEMU1*EX)*EX*ES1
  EK1(2)=COSH(AEMU1*EX)+AEMU1*SINH(AEMU1*EX)*EX*ES1
  EK1(3)=SINH(AEMU2*EX)+AEMU2*COSH(AEMU2*EX)*EX*ES1
  EK1(4)=COSH(AEMU2*EX)+AEMU2*SINH(AEMU2*EX)*EX*ES1
  EKB1=-ET1o-(EDT1o*EX*ES1)

```

```

c   WRITE(6,*) EK1(1),EK1(2)
  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE COEF1B(ET2o,EDT2o,AEMU1,AEMU2,EX
@      ,EAF11,EAF12,EAF21,EAF22,ES2,EK2,EKB2)
  implicit real*8 (a-h,o-z)
  dimension EK2(8)

```

```

  EK2(1)=(AEMU1**2-EAF11**2)/(EAF12**2)*SINH(AEMU1*EX)
  @   +(AEMU1**2-
EAF11**2)/(EAF12**2)*COSH(AEMU1*EX)*AEMU1*EX*ES2
  EK2(2)=(AEMU1**2-EAF11**2)/(EAF12**2)*COSH(AEMU1*EX)

```

```

@    +(AEMU1**2-
EAF11**2)/(EAF12**2)*SINH(AEMU1*EX)*AEMU1*EX*ES2
      EK2(3)=(AEMU2**2-EAF11**2)/(EAF12**2)*SINH(AEMU2*EX)
@    +(AEMU2**2-
EAF11**2)/(EAF12**2)*COSH(AEMU2*EX)*AEMU2*EX*ES2
      EK2(4)=(AEMU2**2-EAF11**2)/(EAF12**2)*COSH(AEMU2*EX)
@    +(AEMU2**2-
EAF11**2)/(EAF12**2)*SINH(AEMU2*EX)*AEMU2*EX*ES2
      EKB2=-ET2o-(EDT2o*EX*ES2)

      RETURN
      END

      SUBROUTINE COEF2A(ibsay,AEMU1,AEMU2,EX,EHIGH
@          ,EST1o,ET1o,EDT1o,ES1,J,EK1,EKB1)

      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK1(8),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@          ,EST1o(ibsay),ET1o(ibsay),EDT1o(ibsay)

      EK1(1)=SINH(AEMU1(J-1)*EX)
      EK1(2)=COSH(AEMU1(J-1)*EX)
      EK1(3)=SINH(AEMU2(J-1)*EX)
      EK1(4)=COSH(AEMU2(J-1)*EX)
      EK1(5)=(-EHIGH*ES1*AEMU1(J)*COSH(AEMU1(J)*EX)-
SINH(AEMU1(J)*EX))
      EK1(6)=(-EHIGH*ES1*AEMU1(J)*SINH(AEMU1(J)*EX)-
COSH(AEMU1(J)*EX))
      EK1(7)=(-EHIGH*ES1*AEMU2(J)*COSH(AEMU2(J)*EX)-
SINH(AEMU2(J)*EX))
      EK1(8)=(-EHIGH*ES1*AEMU2(J)*SINH(AEMU2(J)*EX)-
COSH(AEMU2(J)*EX))
      EKB1=-EST1o(J-1)+ET1o(J)+EHIGH*ES1*EDT1o(J)

      RETURN
      END

      SUBROUTINE COEF2B(ibsay,EDT1o,AEMU1,AEMU2,EX,J
@          ,EC,AL1,EHKAT,EEIC1,ECCB1,EK2,EKB2)
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK2(8),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),EDT1o(ibsay)
@          ,EHKAT(ibsay),EEIC1(ibsay),ECCB1(ibsay)

      EK2(1)=AEMU1(J-1)*COSH(AEMU1(J-1)*EX)

```

```

@ *(EHKAT(J-1)*AL1/(12*EC*EEIC1(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB1(J-1)))
EK2(2)=AEMU1(J-1)*SINH(AEMU1(J-1)*EX)
@ *(EHKAT(J-1)*AL1/(12*EC*EEIC1(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB1(J-1)))
EK2(3)=AEMU2(J-1)*COSH(AEMU2(J-1)*EX)
@ *(EHKAT(J-1)*AL1/(12*EC*EEIC1(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB1(J-1)))
EK2(4)=AEMU2(J-1)*SINH(AEMU2(J-1)*EX)
@ *(EHKAT(J-1)*AL1/(12*EC*EEIC1(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB1(J-1)))
EK2(5)=(-AEMU1(J)*COSH(AEMU1(J)*EX))
@*(EHKAT(J)*AL1/(12*EC*EEIC1(J))+EHKAT(J)/(2*ECCB1(J)))
EK2(6)=(-AEMU1(J)*SINH(AEMU1(J)*EX))
@*(EHKAT(J)*AL1/(12*EC*EEIC1(J))+EHKAT(J)/(2*ECCB1(J)))
EK2(7)=(-AEMU2(J)*COSH(AEMU2(J)*EX))
@*(EHKAT(J)*AL1/(12*EC*EEIC1(J))+EHKAT(J)/(2*ECCB1(J)))
EK2(8)=(-AEMU2(J)*SINH(AEMU2(J)*EX))
@*(EHKAT(J)*AL1/(12*EC*EEIC1(J))+EHKAT(J)/(2*ECCB1(J)))

```

```

      EKB2=EDT1o(J)*(EHKAT(J)*AL1/(12*EC*EEIC1(J))
@      +EHKAT(J)/(2*ECCB1(J)))
@      -EDT1o(J-1)*(EHKAT(J-1)*AL1/(12*EC*EEIC1(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB1(J-1)))

```

```

      return
      end

```

```

      SUBROUTINE COEF2C(ibsay,AEMU1,AEMU2,EX,EHIGH
@      ,EST2o,ET2o,EDT2o,EAF11,EAF12,ES2,J,EK3,EKB3)
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK3(8),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),EST2o(ibsay)
@      ,EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),ET2o(ibsay),EDT2o(ibsay)

```

```

      EK3(1)=((AEMU1(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/
@      (EAF12(J-1)**2))*SINH(AEMU1(J-1)*EX)
      EK3(2)=((AEMU1(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/
@      (EAF12(J-1)**2))*COSH(AEMU1(J-1)*EX)
      EK3(3)=((AEMU2(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/
@      (EAF12(J-1)**2))*SINH(AEMU2(J-1)*EX)
      EK3(4)=((AEMU2(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/
@      (EAF12(J-1)**2))*COSH(AEMU2(J-1)*EX)
      EK3(5)=(-(AEMU1(J)**2-EAF11(J)**2)

```

```

@      /(EAF12(J)**2))*(SINH(AEMU1(J)*EX)
@      +EHIGH*ES2*AEMU1(J)*COSH(AEMU1(J)*EX)))
EK3(6)=-((AEMU1(J)**2-EAF11(J)**2)
@      /(EAF12(J)**2))*(COSH(AEMU1(J)*EX)
@      +EHIGH*ES2*AEMU1(J)*SINH(AEMU1(J)*EX)))
EK3(7)=-((AEMU2(J)**2-EAF11(J)**2)
@      /(EAF12(J)**2))*(SINH(AEMU2(J)*EX)
@      +EHIGH*ES2*AEMU2(J)*COSH(AEMU2(J)*EX)))
EK3(8)=-((AEMU2(J)**2-EAF11(J)**2)
@      /(EAF12(J)**2))*(COSH(AEMU2(J)*EX)
@      +EHIGH*ES2*AEMU2(J)*SINH(AEMU2(J)*EX)))

```

```

EKB3=-EST2o(J-1)+ET2o(J)+EHIGH*ES2*EDT2o(J)

```

```

RETURN
END

```

```

SUBROUTINE
COEF2D(ibsay,AEMU1,AEMU2,EX,EHIGH,EDT2o,EAF11,EAF12,J
@      ,EC,AL2,EHKAT,EEIC2,ECCB2,EK4,EKB4)
implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK4(8),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay)
@      ,EDT2o(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay)
@      ,EHKAT(ibsay),EEIC2(ibsay),ECCB2(ibsay)

```

```

EK4(1)=-((AEMU1(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/(EAF12(J-1)**2))
@      *AEMU1(J-1)*COSH(AEMU1(J-1)*EX)
@      *(EHKAT(J-1)*AL2/(12*EC*EEIC2(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB2(J-1)))
EK4(2)=-((AEMU1(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/(EAF12(J-1)**2))
@      *AEMU1(J-1)*SINH(AEMU1(J-1)*EX)
@      *(EHKAT(J-1)*AL2/(12*EC*EEIC2(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB2(J-1)))
EK4(3)=-((AEMU2(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/(EAF12(J-1)**2))
@      *AEMU2(J-1)*COSH(AEMU2(J-1)*EX)
@      *(EHKAT(J-1)*AL2/(12*EC*EEIC2(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB2(J-1)))
EK4(4)=-((AEMU2(J-1)**2-EAF11(J-1)**2)/(EAF12(J-1)**2))
@      *AEMU2(J-1)*SINH(AEMU2(J-1)*EX)
@      *(EHKAT(J-1)*AL2/(12*EC*EEIC2(J-1))
@      +EHKAT(J-1)/(2*ECCB2(J-1)))
EK4(5)=-((AEMU1(J)**2-EAF11(J)**2)/(EAF12(J)**2))
@      *AEMU1(J)*COSH(AEMU1(J)*EX)

```

```

@          *(EHKAT(J)*AL2/(12*EC*EEIC2(J))
@          +EHKAT(J)/(2*ECCB2(J)))
EK4(6)=-((AEMU1(J)**2-EAF11(J)**2)/(EAF12(J)**2))
@          *AEMU1(J)*SINH(AEMU1(J)*EX)
@          *(EHKAT(J)*AL2/(12*EC*EEIC2(J))
@          +EHKAT(J)/(2*ECCB2(J)))
EK4(7)=-((AEMU2(J)**2-EAF11(J)**2)/(EAF12(J)**2))
@          *AEMU2(J)*COSH(AEMU2(J)*EX)
@          *(EHKAT(J)*AL2/(12*EC*EEIC2(J))
@          +EHKAT(J)/(2*ECCB2(J)))
EK4(8)=-((AEMU2(J)**2-EAF11(J)**2)/(EAF12(J)**2))
@          *AEMU2(J)*SINH(AEMU2(J)*EX)
@          *(EHKAT(J)*AL2/(12*EC*EEIC2(J))
@          +EHKAT(J)/(2*ECCB2(J)))

EKB4=EDT2o(J)*(EHKAT(J)*AL2/(12*EC*EEIC2(J))
@          +EHKAT(J)/(2*ECCB2(J)))
@          -EDT2o(J-1)*(EHKAT(J-1)*AL2/(12*EC*EEIC2(J-1))
@          +EHKAT(J-1)/(2*ECCB2(J-1)))

```

```

RETURN
END

```

```

SUBROUTINE COEF3A(EHKAT,AL1,EC,EEIC1,ECCB1,AEMU1,AEMU2
@          ,EKV1,EKV2,EAF11,EAF12,EKR,EDME0
@          ,ET1o,ET2o,EDT1o,EL1,EL2,EK1,EKB1)
implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK1(8)

```

```

EK1(1)=(EHKAT*AL1**3/(12*EC*EEIC1)+EHKAT*AL1**2/(2*ECCB1))*AEMU1

```

```

EK1(2)=-((EL1**2)/EKR+(1/EKV1)+(1/EKV2))
@      +((AEMU1**2-EAF11**2)/(EAF12**2))*((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)

```

```

EK1(3)=(EHKAT*AL1**3/(12*EC*EEIC1)+EHKAT*AL1**2/(2*ECCB1))*AEMU2

```

```

EK1(4)=-((EL1**2)/EKR+(1/EKV1)+(1/EKV2))
@      +((AEMU2**2-EAF11**2)/(EAF12**2))*((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)

```

```

      EKB1=-
      (EHKAT*AL1**3/(12*EC*EEIC1)+EHKAT*AL1**2/(2*ECCB1))*EDT1o
      @   +((EL1**2)/EKR+(1/EKV1)+(1/EKV2))*ET1o
      @   -((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)*ET2o
      @   -(EL1/EKR)*EDME0

      RETURN
      END

      SUBROUTINE COEF3B(EHKAT,AL2,EC,EEIC2,ECCB2,AEMU1,AEMU2
      @           ,EKV2,EKV3,EAF11,EAF12,EKR,EDME0
      @           ,ET1o,ET2o,EDT2o,EL1,EL2,EK2,EKB2)
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK2(8)

      EK2(1)=(EHKAT*AL2**3/(12*EC*EEIC2)+EHKAT*AL2**2/(2*ECCB2))
      @           *((AEMU1**2-EAF11**2)/EAF12**2)*AEMU1

      EK2(2)=-((EL2**2)/EKR+(1/EKV2)+(1/EKV3))
      @           *((AEMU1**2-EAF11**2)/(EAF12**2))+((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)

      EK2(3)=(EHKAT*AL2**3/(12*EC*EEIC2)+EHKAT*AL2**2/(2*ECCB2))
      @           *((AEMU2**2-EAF11**2)/EAF12**2)*AEMU2

      EK2(4)=-((EL2**2)/EKR+(1/EKV2)+(1/EKV3))
      @           *((AEMU2**2-EAF11**2)/(EAF12**2))+((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)

      EKB2=-
      (EHKAT*AL2**3/(12*EC*EEIC2)+EHKAT*AL2**2/(2*ECCB2))*EDT2o
      @   +((EL2**2)/EKR+(1/EKV2)+(1/EKV3))*ET2o
      @   -((1/EKV2)-(EL1*EL2)/EKR)*ET1o
      @   -(EL2/EKR)*EDME0

      RETURN
      END

c   HP=1

      SUBROUTINE COEF1Ya(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
      @           ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3

```

```

@                                ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK1,EKB1,J)

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK1(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@                                ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@                                ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
EK1(1)=-1
EK1(2)=0
EK1(3)=1
EK1(4)=0
EKB1=(1/(EC*PIT))*
-(-2*EL2*AEMU1(J-1)**2*AEMU2(J-1)*ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))+
-2*AEMU2(J-1)*(EL2*EAF11(J-1)**2-
-EL1*EAF12(J-1)**2)*ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))+
-AEMU1(J-1)*((2*EHP-EX)*EX*AEMU2(J-1)*
-((EAF12(J-1)**2-EL2*EBTA1(J-1)**2)*
-ETK2(J-1)+
-(EL2*EAF11(J-1)**2-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-ETK3(J-1))-
-2*EL2*AEMU2(J-1)**2*ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED3(J-1)+
-ED4(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1)))+
-2*(EL2*EAF11(J-1)**2-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED3(J-1)+
-ED4(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1))))/
-(2.*AEMU1(J-1)*AEMU2(J-1)*EAF12(J-1)**2*
-ETK2(J-1))
--(1/(EC*PIT))*
-(-2*EL2*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)*ETK2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))
-+ 2*AEMU2(J)*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-ETK2(J)*(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+
-ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))+
-AEMU1(J)*((2*EHP-EX)*EX*AEMU2(J)*
-(-(EL2*EBTA1(J)**2*ETK2(J))+
-EL2*EAF11(J)**2*ETK3(J)+
-EAF12(J)**2*(ETK2(J)-EL1*ETK3(J)))-
-2*EL2*AEMU2(J)**2*ETK2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED3(J)+
-ED4(J)*Sinh(EX*AEMU2(J)))+
-2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*ETK2(J)*

```

```

-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED3(J)+
-ED4(J)*Sinh(EX*AEMU2(J))))/
-(2.*AEMU1(J)*AEMU2(J)*EAF12(J)**2*ETK2(J))
return
end

SUBROUTINE COEF2Ya(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK2,EKB2,J)

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK2(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@      ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@      ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
EK2(1)=-EX
EK2(2)=-1
EK2(3)=EX
EK2(4)=1
EKB2=(1/(EC*PIT))*
-(6*AEMU2(J-1)**2*
-(EL2*EAF11(J-1)**2-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-ETK2(J-1)*(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED2(J-1)+
-ED1(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))+
-AEMU1(J-1)**2*
-(6*(EL2*EAF11(J-1)**2-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED4(J-1)+
-ED3(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1)))+
-AEMU2(J-1)**2*
-((3*EHP-EX)*EX**2*EAF12(J-1)**2*
-(ETK2(J-1)-EL1*ETK3(J-1))-
-EL2*((3*EHP-EX)*EX**2*EBTA1(J-1)**2*
-ETK2(J-1)+
-EX**2*(-3*EHP+EX)*EAF11(J-1)**2*
-ETK3(J-1)+
-6*ETK2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED2(J-1)+
-Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED4(J-1)+
-ED1(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1))+
-ED3(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1)))))))/
-(6.*AEMU1(J-1)**2*AEMU2(J-1)**2*EAF12(J-1)**2*
-ETK2(J-1))
--(1/(EC*PIT))*
-(6*AEMU2(J)**2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-ETK2(J)*(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)+
-ED1(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))+

```

```

-AEMU1(J)**2*(-6*Cosh(EX*AEMU2(J))*
-(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED4(J)*ETK2(J)+
-AEMU2(J)**2*(-6*EL2*Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)*
-ETK2(J)+
-(3*EHP-EX)*EX**2*
-(-(EL2*EBTA1(J)**2*ETK2(J))+
-EL2*EAF11(J)**2*ETK3(J)+
-EAF12(J)**2*(ETK2(J)-EL1*ETK3(J)))-
-6*EL2*ED1(J)*ETK2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))-
-6*(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED3(J)*ETK2(J)*Sinh(EX*AEMU2(J))
-))/(6.*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)**2*EAF12(J)**2*ETK2(J))

```

```

return
end

```

```

SUBROUTINE COEF3Ya(EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12,EX
@           ,EHP,EL1,EL2,EDME0,ET1,ET2,EKR,ETK1,ETK2,ETK3
@           ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK1,EKB1)

```

```

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK1(4)
EK1(1)=1
EK1(2)=0
EKB1=(EDME0-EL1*ET1-EL2*ET2)/EKR
- (1/(EC*PIT))*
-(-2*EL2*AEMU1**2*AEMU2*ETK2*
-(Cosh(EX*AEMU1)*ED1+ED2*Sinh(EX*AEMU1))
-+ 2*AEMU2*(EL2*EAF11**2-EL1*EAF12**2)*
-ETK2*(Cosh(EX*AEMU1)*ED1+
-ED2*Sinh(EX*AEMU1))+
-AEMU1*((2*EHP-EX)*EX*AEMU2*
-(-(EL2*EBTA1**2*ETK2)+
-EL2*EAF11**2*ETK3+
-EAF12**2*(ETK2-EL1*ETK3))-
-2*EL2*AEMU2**2*ETK2*
-(Cosh(EX*AEMU2)*ED3+
-ED4*Sinh(EX*AEMU2))+
-2*(EL2*EAF11**2-EL1*EAF12**2)*ETK2*
-(Cosh(EX*AEMU2)*ED3+
-ED4*Sinh(EX*AEMU2))))/
-(2.*AEMU1*AEMU2*EAF12**2*ETK2)

```

```
return
end
```

```
      SUBROUTINE COEF4Ya(EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12,EX
@      ,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK2,EKB2)
```

```
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK2(4)
      EK2(1)=0
      EK2(2)=1
      EKB2=-(1/(EC*PIT))*
      -(6*AEMU2**2*(EL2*EAF11**2-EL1*EAF12**2)*
      -ETK2*(Cosh(EX*AEMU1)*ED2+
      -ED1*Sinh(EX*AEMU1))+
      -AEMU1**2*(-6*Cosh(EX*AEMU2)*
      -(EL2*AEMU2**2-EL2*EAF11**2+
      -EL1*EAF12**2)*ED4*ETK2+
      -AEMU2**2*(-6*EL2*Cosh(EX*AEMU1)*ED2*
      -ETK2+
      -(3*EHP-EX)*EX**2*
      -(-(EL2*EBTA1**2*ETK2)+
      -EL2*EAF11**2*ETK3+
      -EAF12**2*(ETK2-EL1*ETK3))-
      -6*EL2*ED1*ETK2*Sinh(EX*AEMU1))-
      -6*(EL2*AEMU2**2-EL2*EAF11**2+
      -EL1*EAF12**2)*ED3*ETK2*Sinh(EX*AEMU2
      -))/ (6.*AEMU1**2*AEMU2**2*EAF12**2*ETK2)
```

```
return
end
```

```
      SUBROUTINE COEF1Yb(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK1,EKB1,J)
```

```
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      dimension EK1(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@      ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@      ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
      EK1(1)=-1
      EK1(2)=0
      EK1(3)=1
      EK1(4)=0
      EKB1=(1/(EC*PIT))*
```

```

-(-(EL2*AEMU1(J-1)**2*AEMU2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1))))+
-AEMU2(J-1)*(EL2*EAF11(J-1)**2-
-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))-
-AEMU1(J-1)*(EL2*AEMU2(J-1)**2-
-EL2*EAF11(J-1)**2+EL1*EAF12(J-1)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED3(J-1)+
-ED4(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1))))/
-(AEMU1(J-1)*AEMU2(J-1)*EAF12(J-1)**2)
--(1/(EC*PIT))*
-(-(EL2*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+
-ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J))))+
-AEMU2(J)*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))
-- AEMU1(J)*(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED3(J)+ED4(J)*Sinh(EX*AEMU2(J))))
-/ (AEMU1(J)*AEMU2(J)*EAF12(J)**2)

```

```

return
end

```

```

SUBROUTINE COEF2Yb(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK2,EKB2,J)

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK2(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@      ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@      ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
EK2(1)=-EX
EK2(2)=-1
EK2(3)=EX
EK2(4)=1
EKB2=(1/(EC*PIT))*
-(-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*
-(EL2*AEMU2(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*ED4(J-1))/
-AEMU2(J-1)**2)-
-((EL2*AEMU1(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED2(J-1)+

```

```

-ED1(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))/
-AEMU1(J-1)**2-
-((EL2*AEMU2(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*ED3(J-1)*
-Sinh(EX*AEMU2(J-1)))/AEMU2(J-1)**2/
-EAF12(J-1)**2
--(1/(EC*PIT))*
-(AEMU2(J)**2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)+ED1(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))
+ AEMU1(J)**2*((EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED4(J)+
-ED3(J)*Sinh(EX*AEMU2(J)))-
-EL2*AEMU2(J)**2*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)+
-Cosh(EX*AEMU2(J))*ED4(J)+
-ED1(J)*Sinh(EX*AEMU1(J))+
-ED3(J)*Sinh(EX*AEMU2(J)))))/
-(AEMU1(J)**2*AEMU2(J)**2*EAF12(J)**2)

return
end

```

```

SUBROUTINE COEF3Yb(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK1,EKB1,J)

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK1(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@      ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@      ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)

```

```

EK1(1)=-1
EK1(2)=0
EK1(3)=1
EK1(4)=0
EKB1=(1/(EC*PIT))*
-(-(EL2*AEMU1(J-1)**2*AEMU2(J-1)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1))))+
-AEMU2(J-1)*(EL2*EAF11(J-1)**2-
-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED1(J-1)+
-ED2(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))-
-AEMU1(J-1)*(EL2*AEMU2(J-1)**2-
-EL2*EAF11(J-1)**2+EL1*EAF12(J-1)**2)*

```

```

-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*ED3(J-1)+
-ED4(J-1)*Sinh(EX*AEMU2(J-1)))/
-(AEMU1(J-1)*AEMU2(J-1)*EAF12(J-1)**2)
--(1/(EC*PIT))*
-(-2*EL2*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)*ETK2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))
-+ 2*AEMU2(J)*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-ETK2(J)*(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED1(J)+
-ED2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))+
-AEMU1(J)*((2*EHP-EX)*EX*AEMU2(J)*
-(-(EL2*EBTA1(J)**2*ETK2(J))+
-EL2*EAF11(J)**2*ETK3(J)+
-EAF12(J)**2*(ETK2(J)-EL1*ETK3(J)))-
-2*EL2*AEMU2(J)**2*ETK2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED3(J)+
-ED4(J)*Sinh(EX*AEMU2(J)))+
-2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*ETK2(J)*
-(Cosh(EX*AEMU2(J))*ED3(J)+
-ED4(J)*Sinh(EX*AEMU2(J)))/
-(2.*AEMU1(J)*AEMU2(J)*EAF12(J)**2*ETK2(J))

```

```

return
end

```

```

SUBROUTINE COEF4Yb(ibsay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EX,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EK2,EKB2,J)

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EK2(4),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK3(ibsay),ETK2(ibsay)
@      ,ETK1(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay),EBTA1(ibsay)
@      ,ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
EK2(1)=-EX
EK2(2)=-1
EK2(3)=EX
EK2(4)=1
EKB2=(1/(EC*PIT))*
-(-(Cosh(EX*AEMU2(J-1))*
-(EL2*AEMU2(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*ED4(J-1))/
-AEMU2(J-1)**2)-
-((EL2*AEMU1(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*
-(Cosh(EX*AEMU1(J-1))*ED2(J-1)+

```

```

-ED1(J-1)*Sinh(EX*AEMU1(J-1)))/
-AEMU1(J-1)**2-
-((EL2*AEMU2(J-1)**2-EL2*EAF11(J-1)**2+
-EL1*EAF12(J-1)**2)*ED3(J-1)*
-Sinh(EX*AEMU2(J-1)))/AEMU2(J-1)**2/
-EAF12(J-1)**2
--(1/(EC*PIT))*
-(6*AEMU2(J)**2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-ETK2(J)*(Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)+
-ED1(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))+
-AEMU1(J)**2*(-6*Cosh(EX*AEMU2(J))*
-(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED4(J)*ETK2(J)+
-AEMU2(J)**2*(-6*EL2*Cosh(EX*AEMU1(J))*ED2(J)*
-ETK2(J)+
-(3*EHP-EX)*EX**2*
-(-(EL2*EBTA1(J)**2*ETK2(J))+
-EL2*EAF11(J)**2*ETK3(J)+
-EAF12(J)**2*(ETK2(J)-EL1*ETK3(J)))-
-6*EL2*ED1(J)*ETK2(J)*Sinh(EX*AEMU1(J)))-
-6*(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED3(J)*ETK2(J)*Sinh(EX*AEMU2(J))
-))/(6.*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)**2*EAF12(J)**2*ETK2(J))

```

```

return
end

```

```

SUBROUTINE YFONKa(ibsay,iksay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EYY,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EY,J,mm,EH,EG)

```

```

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EY(iksay),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK1(ibsay)
@      ,ETK3(ibsay),ETK2(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay)
@      ,EBTA1(ibsay),ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
@      ,EH(ibsay),EG(ibsay),EYY(iksay)

```

```

EY(mm)= (1/(EC*PIT))*
-(6*AEMU2(J)**2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-ETK2(J)*(Cosh(EYY(mm)*AEMU1(J))*ED2(J)+
-ED1(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU1(J)))+
-AEMU1(J)**2*(-6*Cosh(EYY(mm)*AEMU2(J))*

```

```

-(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED4(J)*ETK2(J)+
-AEMU2(J)**2*(-6*EL2*Cosh(EYY(mm)*AEMU1(J))*ED2(J)*
-ETK2(J)+
-(3*EHP-EYY(mm))*EYY(mm)**2*
-(-(EL2*EBTA1(J)**2*ETK2(J))+
-EL2*EAF11(J)**2*ETK3(J)+
-EAF12(J)**2*(ETK2(J)-EL1*ETK3(J)))-
-6*EL2*ED1(J)*ETK2(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU1(J))-
-6*(EL2*AEMU2(J)**2-EL2*EAF11(J)**2+
-EL1*EAF12(J)**2)*ED3(J)*ETK2(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU2(J))
-))/(6.*AEMU1(J)**2*AEMU2(J)**2*EAF12(J)**2*ETK2(J))
-+EH(J)*EYY(mm)+EG(J)

```

```

return
end

```

```

SUBROUTINE YFONKb(ibsay,iksay,EC,PIT,AEMU1,AEMU2,EAF11,EAF12
@      ,EYY,EHP,EL1,EL2,ETK1,ETK2,ETK3
@      ,EBTA1,ED1,ED2,ED3,ED4,EY,J,mm,EH,EG)

```

```

implicit real*8 (a-h,o-z)
dimension EY(iksay),AEMU1(ibsay),AEMU2(ibsay),ETK1(ibsay)
@      ,ETK3(ibsay),ETK2(ibsay),EAF11(ibsay),EAF12(ibsay)
@      ,EBTA1(ibsay),ED1(ibsay),ED2(ibsay),ED3(ibsay),ED4(ibsay)
@      ,EH(ibsay),EG(ibsay),EYY(iksay)

```

```

EY(mm)= (1/(EC*PIT))*
-(AEMU2(J)**2*(EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EYY(mm)*AEMU1(J))*ED2(J)+ED1(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU1(J)))
-+ AEMU1(J)**2*((EL2*EAF11(J)**2-EL1*EAF12(J)**2)*
-(Cosh(EYY(mm)*AEMU2(J))*ED4(J)+
-ED3(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU2(J)))-
-EL2*AEMU2(J)**2*
-(Cosh(EYY(mm)*AEMU1(J))*ED2(J)+
-Cosh(EYY(mm)*AEMU2(J))*ED4(J)+
-ED1(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU1(J))+
-ED3(J)*Sinh(EYY(mm)*AEMU2(J))))/
-(AEMU1(J)**2*AEMU2(J)**2*EAF12(J)**2)
-+EH(J)*EYY(mm)+EG(J)

```

```

return
end

```

```

C #####
C #      GAUSS-ELIMINASYON ILE [AA]{XB}={B.X}      #
C #      DONUSTURULUYOR VE SONDEN YERINE KOYMA      #
C #      ILE {XB} VEKTORU HESAPLANIYOR      #
C #####
SUBROUTINE GAUSS(SS,N,EVT,EV2)
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
PARAMETER(NE=40)
REAL*8 SS(NE,NE),EVT(NE),EV2(NE),AA(NE,NE+1)
M=N+1
C *** ARTTIRILMIS MATRIS OLUSTURULUYOR ***
DO 3 I=1,N
DO 3 J=1,N
AA(I,J)=SS(I,J)
3  AA(I,M)=EVT(I)
L=N-1
DO 12 K=1,L
JJ=K
BIG=DABS(AA(K,K))
KP1=K+1
DO 7 I=KP1,N
AB=DABS(AA(I,K))
IF(BIG-AB)6,7,7
6  BIG=AB
JJ=I
7  CONTINUE
IF(JJ-K)8,10,8
8  DO 9 J=K,M
TEMP=AA(JJ,J)
AA(JJ,J)=AA(K,J)
9  AA(K,J)=TEMP
10 DO 11 I=KP1,N
QUOT=AA(I,K)/AA(K,K)
DO 11 J=KP1,M
11  AA(I,J)=AA(I,J)-QUOT*AA(K,J)
DO 12 I=KP1,N
12  AA(I,K)=0.
C *** SONDAN YERINE KOYMA ***
EV2(N)=AA(N,M)/AA(N,N)
DO 14 NN=1,L
SUM=0.
I=N-NN
IP1=I+1
DO 13 J=IP1,N

```

```

13  SUM=SUM+AA(I,J)*EV2(J)
14  EV2(I)=(AA(I,M)-SUM)/AA(I,I)
    RETURN
    END

```

```

C
#####
###
C # MATRIX INVERSION USING GAUSS-JORDAN REDUCTION AND
PARTIAL PIVOTING. #
C # MATRIX B IS THE MATRIX TO BE INVERTED AND A IS THE INVERTED
MATRIX. #
C
#####
###
    SUBROUTINE INVMATRIS(B,A,N)
    IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
    PARAMETER(NWW=35)
    DIMENSION B(NWW,NWW),A(NWW,NWW),INTER(NWW,2)
    DO 2 I=1,N
    DO 2 J=1,N
2   A(I,J)=B(I,J)
C CYCLE PIVOT ROW NUMBER FROM 1 TO N
    DO 12 K=1,N
    JJ=K
    IF(K.EQ.N)GO TO 6
    KP1=K+1
    BIG=DABS(A(K,K))
C SEARCH FOR LARGEST PIVOT ELEMENT
    DO 5 I=KP1,N
    AB=DABS(A(I,K))
    IF(BIG-AB)4,5,5
4   BIG=AB
    JJ=I
5   CONTINUE
C MAKE DECISION ON NECESSITY OF ROW INTERCHANGE AND STORE
THE NUMBER
C OF THE ROWS INTERCHANGED DURING KTH REDUCTION. IF NO
INTERCHANGE,
C BOTH NUMBERS STORED EQUAL K.
6   INTER(K,1)=K
    INTER(K,2)=JJ
    IF(JJ-K)7,9,7
7   DO 8 J=1,N
    TEMP=A(JJ,J)
    A(JJ,J)=A(K,J)

```

```

8  A(K,J)=TEMP
C  CALCULATE ELEMENTS OF REDUCED MATRIX
C  FIRST CALCULATE NEW ELEMENTS OF PIVOT ROW
9  DO 10 J=1,N
    IF(J.EQ.K)GO TO 10
    A(K,J)=A(K,J)/A(K,K)
10  CONTINUE
C  CALCULATE ELEMENT REPLACING PIVOT ELEMENT
    A(K,K)=1./A(K,K)
C  CALCULATE NEW ELEMENTS NOT IN PIVOT ROW OR COLUMN
    DO 11 I=1,N
        IF(I.EQ.K)GO TO 11
        DO 110 J=1,N
            IF(J.EQ.K)GO TO 110
            A(I,J)=A(I,J)-A(K,J)*A(I,K)
110  CONTINUE
11  CONTINUE
C  CALCULATE NEW ELEMENT FOR PIVOT COLUMN--EXCEPT PIVOT
ELEMENT
    DO 120 I=1,N
        IF(I.EQ.K)GO TO 120
        A(I,K)=-A(I,K)*A(K,K)
120  CONTINUE
12  CONTINUE
C  REARRANGE COLUMNS OF FINAL MATRIX OBTAINED
    DO 13 L=1,N
        K=N-L+1
        KROW=INTER(K,1)
        IROW=INTER(K,2)
        IF(KROW.EQ.IROW)GO TO 13
        DO 130 I=1,N
            TEMP=A(I,IROW)
            A(I,IROW)=A(I,KROW)
            A(I,KROW)=TEMP
130  CONTINUE
13  CONTINUE
    RETURN
    END

C #####
c #  PROGRAM MAIN                                #
C #  JACK3.FOR                                    #
C #  JACOBI METODU ILE SERBEST TITRESIM ANALIZI YAPILIYOR. #
C #  SISTEM MATRISLERI KARE OLARAK SAKLANIYOR.           #
C #  OZVEKTORLER KUTLEYE GORE NORMALIZE EDILIYOR.       #
C #####

```

```

SUBROUTINE JACK3(NTD,SRM,SKM,EGNVAL,EGNVEC)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER(NQ=35)
DIMENSION SRM(NQ,NQ),SKM(NQ,NQ)
DIMENSION EGNVEC(NQ,NQ),EGNVAL(NQ),NORD(NQ)

C ##### J A C O B I M E T O D U #####

CALL AXLBX(NTD,SRM,SKM,EGNVAL,EGNVEC,NQ)

DO 315 J=1,NTD
315 NORD(J)=J
C *** Ozdegerler siraya konuyor ***
DO 310 I=1,NTD
II=NORD(I)
I1=II
C1=EGNVAL(II)
J1=I
DO 300 J=I,NTD
IJ=NORD(J)
IF(C1.LE.EGNVAL(IJ)) GO TO 300
C1=EGNVAL(IJ)
I1=IJ
J1=J
300 CONTINUE
IF(I1.EQ.II) GO TO 310
NORD(I)=I1
NORD(J1)=II
310 CONTINUE
C *****
PI=4.0D0*DATAN(1.0D0)
C DO 230 II=1,NTD
C NVEC=NORD(II)
c WRITE(6,695)
c695 FORMAT('#####',
c '$#####')
c WRITE(*,700)II,EGNVAL(NVEC)
c700 FORMAT('OZDEGER(',I2,')=',E11.5)
C WRITE(6,232)II
C232 FORMAT(/,T20,'OZVEKTOR(',I2,')')
C230 WRITE(*,540)(EGNVEC(I,NVEC),I=1,NTD)
C540 FORMAT(4E15.5)
RETURN
END
C #####
C # OZDEGER PROBLEMİNİ COZMEK İCİN ALTPROGRAM: #

```

```

C      #      [A]{X} = LAMBDA.[B]{X}      #
C      # PROGRAM SADECE POSITIVE-DEFINITE [B] MATRISI ICIN COZUM
C      #
C      # YAPAR V, VT, W AND IH'NIN DIMENSION'LARI AYNI OLMALIDIR. #
C      #####
SUBROUTINE AXLBX(N,A,B,XX,X,NQ)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
PARAMETER(NEQ=35)
DIMENSION A(NQ,NQ),B(NQ,NQ),XX(NQ),X(NQ,NQ)
DIMENSION V(NEQ,NEQ),VT(NEQ,NEQ),W(NEQ,NEQ),IH(NEQ)

C      [B] MATRISI DIAGONAL HALE GETIRILİYOR

      CALL JACOBI (N,B,V,XX,IH,NEQ)

C      DIAGONAL [B] SIMETRIK HALE GETIRILİYOR

      DO 10 I=1,N
      DO 10 J=1,N
10    B(J,I)=B(I,J)

C      [B]'NIN POSITIVE-DEFINITE DURUMU KONTROL EDİLİYOR

      DO 30 I=1,N
      IF(B(I,I)) 20,30,30
20    WRITE(6,80)
      STOP
30    CONTINUE

C      [B]'NIN OZVEKTORLERI ARRAY V(I,J)'DE SAKLANIYOR

      DO 40 I=1,N
      DO 40 J=1,N
40    VT(I,J)=V(J,I)

C      [F]=[VT][A][V] BULUNUYOR VE [A] MATRISI OLARAK SAKLANIYOR

      CALL MTRXML (VT,N,N,A,N,W,NQ)
      CALL MTRXML (W,N,N,V,N,A,NQ)

      DO 50 I=1,N
50    B(I,I)=1.0/DSQRT(B(I,I))

C      [Q]=[B][A][B] BULUNUYOR VE [A] MATRISI OLARAK SAKLANIYOR

      CALL MTRXML (B,N,N,A,N,W,NQ)

```

```

      CALL MTRXML (W,N,N,B,N,A,NQ)

C   [Q]{Z}=LAMDA{Z} OLUSTURULUYOR VE [Q] DIAGONAL HALE
GETIRILIYOR
C   ( OZDEGERLER HESAPLANIYOR )

      CALL JACOBI (N,A,VT,XX,IH,NEQ)

C   OZDEGERLER DIAG [A] OLARAK GERI DONUYOR

      DO 60 J=1,N
60   XX(J)=A(J,J)

C   ASAGIDAKI ILISKIDEN OZVEKTORLER HESAPLANIYOR,
C       {X}=[V][G]{Z}=[V][B][VT]

      CALL MTRXML (V,N,N,B,N,W,NQ)
      CALL MTRXML (W,N,N,VT,N,X,NQ)

80   FORMAT (/,'*** [GLM] MATRISI POSITIVE-DEFINITE DEGIL ***')
      RETURN
      END

C   #####
C   #   AMAC : [Q] MATRISINI DIAGONAL HALE GETIRMEK           #
C   #           DEGISKENLERIN TANIMI                           #
C   #   N   : REEL,SIMETRIK [Q] MATRISININ MERTEBESI (N > 2)   #
C   #   [Q] : DIAGONAL HALE GETIRILECEK MATRIS                 #
C   #   [V] : OZVEKTOR MATRISI                                  #
C   #   M   : UYGULANAN ROTASYON SAYISI                         #
C   #####
      SUBROUTINE JACOBI (N,Q,V,X,IH,NQ)
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      DIMENSION Q(NQ,NQ),V(NQ,NQ),X(NQ),IH(NQ)

      EPSI=1.0D-08
      DO 40 I=1,N
      DO 40 J=1,N
      IF(I-J) 30,20,30
20   V(I,J)=1.0
      GO TO 40
30   V(I,J)=0.0
40   CONTINUE
      M=0
      MI=N-1
      DO 70 I=1,MI

```

```

      X(I)=0.0
      MJ=I+1
      DO 70 J=MJ,N
      IF(X(I)-DABS(Q(I,J))) 60,60,70
60    X(I)=DABS(Q(I,J))
      IH(I)=J
70    CONTINUE
75    DO 100 I=1,MI
      IF(I-1) 90,90,80
80    IF(XMAX-X(I)) 90,100,100
90    XMAX=X(I)
      IP=I
      JP=IH(I)
100   CONTINUE
      IF(XMAX-EPsi) 500,500,110
110   M=M+1
      IF(Q(IP,IP)-Q(JP,JP)) 120,130,130
120   TANG=-2.0*Q(IP,JP)/(DABS(Q(IP,IP)-Q(JP,JP))+DSQRT((Q(IP,IP)
      &   -Q(JP,JP))**2+4.0*Q(IP,JP)**2))
      GO TO 140
130   TANG=2.0*Q(IP,JP)/(DABS(Q(IP,IP)-Q(JP,JP))+DSQRT((Q(IP,IP)
      &   -Q(JP,JP))**2+4.0*Q(IP,JP)**2))
140   COSN=1.0/DSQRT(1.0+TANG**2)
      SINE=TANG*COSN
      QII=Q(IP,IP)
      Q(IP,IP)=COSN**2*(QII+TANG*(2.*Q(IP,JP)+TANG*Q(JP,JP)))
      Q(JP,JP)=COSN**2*(Q(JP,JP)-TANG*(2.*Q(IP,JP)-TANG*QII))
      Q(IP,JP)=0.0
      IF(Q(IP,IP)-Q(JP,JP)) 150,190,190
150   TEMP=Q(IP,IP)
      Q(IP,IP)=Q(JP,JP)
      Q(JP,JP)=TEMP
      IF(SINE) 160,170,170
160   TEMP=COSN
      GO TO 180
170   TEMP=-COSN
180   COSN=DABS(SINE)
      SINE=TEMP
190   DO 260 I=1,MI
      IF(I-IP) 210,260,200
200   IF(I-JP) 210,260,210
210   IF(IH(I)-IP) 220,230,220
220   IF(IH(I)-JP) 260,230,260
230   K=IH(I)
      TEMP=Q(I,K)
      Q(I,K)=0.0

```

```

      MJ=I+1
      X(I)=0.0
      DO 250 J=MJ,N
      IF(X(I)-DABS(Q(I,J))) 240,240,250
240  X(I)=DABS(Q(I,J))
      IH(I)=J
250  CONTINUE
      Q(I,K)=TEMP
260  CONTINUE
      X(IP)=0.0
      X(JP)=0.0
      DO 430 I=1,N
      IF(I-IP) 270,430,320
270  TEMP=Q(I,IP)
      Q(I,IP)=COSN*TEMP+SINE*Q(I,JP)
      IF(X(I)-DABS(Q(I,IP))) 280,290,290
280  X(I)=DABS(Q(I,IP))
      IH(I)=IP
290  Q(I,JP)=-SINE*TEMP+COSN*Q(I,JP)
      IF(X(I)-DABS(Q(I,JP))) 300,430,430
300  X(I)=DABS(Q(I,JP))
      IH(I)=JP
      GO TO 430
320  IF(I-JP) 330,430,380
330  TEMP=Q(IP,I)
      Q(IP,I)=COSN*TEMP+SINE*Q(I,JP)
      IF(X(IP)-DABS(Q(IP,I))) 340,350,350
340  X(IP)=DABS(Q(IP,I))
      IH(IP)=I
350  Q(I,JP)=-SINE*TEMP+COSN*Q(I,JP)
      IF(X(I)-DABS(Q(I,JP))) 300,430,430
380  TEMP=Q(IP,I)
      Q(IP,I)=COSN*TEMP+SINE*Q(JP,I)
      IF(X(IP)-DABS(Q(IP,I))) 390,400,400
390  X(IP)=DABS(Q(IP,I))
      IH(IP)=I
400  Q(JP,I)=-SINE*TEMP+COSN*Q(JP,I)
      IF(X(JP)-DABS(Q(JP,I))) 410,430,430
410  X(JP)=DABS(Q(JP,I))
      IH(JP)=I
430  CONTINUE
      DO 450 I=1,N
      TEMP=V(I,IP)
      V(I,IP)=COSN*TEMP+SINE*V(I,JP)
450  V(I,JP)=-SINE*TEMP+COSN*V(I,JP)
      GO TO 75

```

```

500 RETURN
END

```

```

C #####
C # [C]=[A][B] MATRIS CARPIMI OLUSTURULUYOR #
C #####
SUBROUTINE MTRXML(A,N,M,B,L,C,NQ)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION A(NQ,NQ),B(NQ,NQ),C(NQ,NQ)
DO 10 I=1,N
DO 10 J=1,L
C(I,J)=0.0
DO 10 K=1,M
10 C(I,J)=C(I,J)+A(I,K)*B(K,J)
RETURN
END

C #####
C # A MATRISI ILE B VEKTORUNU CARPARAK C VEKTORUNU
OLUSTURULUYOR #
C # [C]=[A][B] MATRIS CARPIMI OLUSTURULUYOR #
C #####
SUBROUTINE MTRXML1(A,N,M,B,L,C,NQ)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION A(NQ,NQ),B(NQ),C(NQ)
DO 10 I=1,N
DO 10 J=1,L
C(I)=0.0
DO 10 K=1,M
10 C(I)=C(I)+A(I,K)*B(K)
RETURN
END

C #####
C # A MATRISI ILE B VEKTORUNU CARPARAK C SATISI
OLUSTURULUYOR #
C # [C]=[A][B] MATRIS CARPIMI OLUSTURULUYOR #
C #####
SUBROUTINE MTRXML2(A,N,B,L,C,NQ)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
DIMENSION A(NQ),B(NQ)
C=0.0
DO 10 I=1,N
10 C=C+A(I)*B(I)
RETURN
END

```

```

C #####
C #####
C #      GAUSS-ELIMINASYON ILE [AA]{XB}={B.X}      #
C #      DONUSTURULUYOR VE SONDEN YERINE KOYMA      #
C #      ILE {XB} VEKTORU HESAPLANIYOR      #
C #####
C #####
SUBROUTINE GAUSS2(SS,N,EVT,EV2)
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
PARAMETER(NE=35)
REAL*8 SS(NE,NE),EVT(NE),EV2(NE),AA(NE,NE)
M=N+1
C *** ARTTIRILMIS MATRIS OLUSTURULUYOR ***
DO 3 I=1,N
DO 3 J=1,N
AA(I,J)=SS(I,J)
3  AA(I,M)=EVT(I)
L=N-1
DO 12 K=1,L
JJ=K
BIG=DABS(AA(K,K))
KP1=K+1
DO 7 I=KP1,N
AB=DABS(AA(I,K))
IF(BIG-AB)6,7,7
6  BIG=AB
JJ=I
7  CONTINUE
IF(JJ-K)8,10,8
8  DO 9 J=K,M
TEMP=AA(JJ,J)
AA(JJ,J)=AA(K,J)
9  AA(K,J)=TEMP
10 DO 11 I=KP1,N
QUOT=AA(I,K)/AA(K,K)
DO 11 J=KP1,M
11  AA(I,J)=AA(I,J)-QUOT*AA(K,J)
DO 12 I=KP1,N
12  AA(I,K)=0.
C *** SONDAN YERINE KOYMA ***
EV2(N)=AA(N,M)/AA(N,N)
DO 14 NN=1,L
SUM=0.
I=N-NN
IP1=I+1

```

```
      DO 13 J=IP1,N
13    SUM=SUM+AA(I,J)*EV2(J)
14    EV2(I)=(AA(I,M)-SUM)/AA(I,I)
      RETURN
      END
```