

**KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ ve/veya ANİ-DEĞİŞKEN-
KESİTLİ PLAKA ve PANELLER'İN
SERBEST EĞİLME TİTREŞİMLERİNİN ANALİZİ**

Orkun SUNAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2007
ANKARA**

**KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ ve/veya ANİ-DEĞİŞKEN-
KESİTLİ PLAKA ve PANELLER'İN
SERBEST EĞİLME TİTREŞİMLERİNİN ANALİZİ**

Orkun SUNAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2007
ANKARA**

Orkun SUNAR tarafından hazırlanan “KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ ve/veya ANİ-DEĞİŞKEN-KESİTLİ PLAKA ve PANELLER’İN SERBEST EĞİLME TİTREŞİMLERİNİN ANALİZİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN
Tez Danışmanı,
Makine Müh. Anabilim Dalı (G.Ü.)

Prof. Dr. Umur YÜCEOĞLU
Ortak Tez Danışmanı,
Havacılık ve Uzay Müh. Anabilim
Dalı (O.D.T.Ü.)

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof .Dr. Müfit GÜLGEÇ
Makine Müh. Anabilim Dalı (G.Ü.)

Prof. Dr. Umur YÜCEOĞLU
Havacılık ve Uzay Müh. Anabilim Dalı (O.D.T.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN
Makine Müh. Anabilim Dalı (G.Ü.)

Prof. Dr. M. Ruşen GEÇİT
Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Ozan TEKİNALP
Havacılık ve Uzay Müh. Anabilim Dalı (O.D.T.Ü.)

Tarih: 01/10/2007

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Orkun SUNAR

**KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ ve/veya ANİ-DEĞİŞKEN-KESİTLİ
PLAKA ve PANELLER'İN
SERBEST EĞİLME TİTREŞİMLERİNİN ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Orkun SUNAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2007**

ÖZET

Bu çalışmada, “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Serbest Eğilme Titreşimlerinin Analizi” problemleri incelenmiştir. İzotropik ve fiber kompozit, plaka ve/veya panel sistemi, sağ, sol ve ortada değişik kalınlıkta ve farklı ortotropik malzemelerden yapılmış plakaların birleşiminden meydana gelmektedir. Tezde incelenen genel problemler, “Ana PROBLEM I.a (İzotropik), I.a (Ortotropik) (kuvvetlendirici ortada)” ve “Ana PROBLEM I.b (İzotropik), I.b (Ortotropik) (kuvvetlendirici yanda)” olarak ikiye ayrılmıştır. “Ana PROBLEMLER”in teorik formülasyonları bir çeşit “Birinci Derece Kayma Deformasyonu Plaka Teorisi” olan “Mindlin Plaka Teorisi”ne dayanmaktadır. Yani transver kayma deformasyonu ve plakalardaki eğilme ve dönme atalet momenti denklemlere dahil edilmiştir. Plakalardaki titreşim sönümleyici özellikler ihmal edilmiştir. Plaka sisteminin karşılıklı iki kenarının basit mesnetli sınır şartlarına sahip olduğu kabul edilmiştir, bu nedenle bu yönde “Klasik Lévy Metodu” uygulanmaktadır.

“Ortotropik Mindlin Plaka Teorisi” dinamik denklemleri bir takım manipulasyonlarla “durum vektörleri” halindeki “Esas Birinci Derece

Basit Diferansiyel Yönetici Denklemler Sistemi”ne indirgenmiştir. Bu suretle “Ana PROBLEMLER”, mekanikteki “iki-Nokta Sınır Değer Problemi” haline getirilmiştir. Böylece “Ana Birinci Derece Basit Diferansiyel Yönetici Denklemler Sistemi” yarı analitik ve nümerik “Modifiye Transfer Matris Metodu (İnterpolasyon Polinomları ile)” kullanılarak integre edilmiştir. Bu teknik, “Klasik Lévy Çözümü”, “Transfer Matris Metodu” ve “Integral Alma Matris Metodu”nun bir kombinasyonudur.

“Ana PROBLEMLER” için çeşitli sınır koşullarında detaylı olarak mod şekilleri ve ilgili boyutsuz doğal frekans değerleri verilmiştir. “Aspekt Oranı (ℓ_I/a)”, “Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{b}/L$)”, “Kalınlık Oranı ($h_2 (= h_3)/h_1$)”, “Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)”, “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” gibi çeşitli parametrik çalışmalar sınır koşullarına bağlı olarak grafiklerle gösterilmiştir. Bu nümerik sonuçlara dayanarak, “Ana Problemler”le ilgili elde edilen genel sonuçlar ayrı ayrı belirtilmiştir.

Bilim Kodu : 914.1.003
Anahtar Kelimeler : Plaka Serbest Titreşimleri, Kendinden Kuvvetlendirilmiş Plakalar, Ani Değişken Kalınlıklı Plakalar, “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)”
Sayfa Adedi : 316
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN (Gazi Üni.),
: Prof. Dr. Umur YÜCEOĞLU (ODTÜ)

**FREE BENDING VIBRATIONS ANALYSIS of INTEGRALLY-STIFFENED
and/or
STEPPED-THICKNESS RECTANGULAR PLATES or PANELS**

(M.Sc. Thesis)

Orkun SUNAR

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
October 2007**

ABSTRACT

In this study; “Free Bending Vibrations Analysis of Integrally-Stiffened and/or Stepped-Thickness Rectangular Plates or Panels” problems are analyzed. Isotropic and fiber composite, plate and/or panel system is composed of a combination of plates that are made of different orthotropic materials with unequal thicknesses. The problems investigated in this Thesis are grouped in terms of two “Main PROBLEMS” or the “Main PROBLEM I.a (Isotropic) and I.a (Orthotropic)” (Stiffener Plate in the middle) and “Main PROBLEM I.b (Isotropic) and I.b (Orthotropic)” (Stiffener Plate at the side). The theoretical formulations of “Main PROBLEMS” are based on “Mindlin Plate Theory” which is a “First-Order Shear Deformation Plate Theory”. In other words, transverse shear deformations and the bending and rotational moments of inertia are included in equations. The damping properties in plates are neglected. The two opposite edges of plate system are considered to have simple-support conditions and, thus, “Classical Levy Method” is applied in this direction.

The dynamic equations of “Orthotropic Mindlin Plate Theory” are reduced to a “System of Real First-Order Ordinary Differential Governing Equations” in “state vector” forms by means of some algebraic of manipulation. In this way, each “Main PROBLEM” is converted into a “Two-point Boundary Value Problem” in mechanics. These equations which are in the form of “First-Order Ordinary Differential Equations” are integrated numerically by the “Modified Transfer Matrix Method (with Interpolation Polynomials)”. This Method is a quasi-analytical and numerical technique which combines “Classical Levy’s Method”, the “Transfer Matrix Method”, and the “Integrating Matrix Method (with Integrating Polynomials)”.

For the “Main PROBLEMS”, the mode shapes and the related dimensionalless natural frequencies values are given in detail for various boundary conditions. The parametric studies such as the “Aspect Ratio (ℓ_I/a)”, the “Stiffener Position Ratio ($\tilde{b}/L$)”, the “Thickness Ratio ($h_2 (= h_3)/h_1$)”, the “Stiffener Width Ratio (ℓ_I/L)”, the “Bending Rigidity Ratio ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” are presented in graphical form for various boundary conditions. On the basis of these numerical results, the general conclusions obtained for the “Main PROBLEMS” are presented individually, in each case.

Science Code	: 914.1.003
Key Words	: Free Vibrations of Plates, Integrally-Stiffened Plates, Stepped-Thickness Plates, “Modified Transfer Matrix Method (MTMM)”
Page Number	: 316
Adviser	: Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN (Gazi Uni.), : Prof. Dr. Umur YÜCEOĞLU (METU)

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardımlarıyla beni yönlendiren ve bana bilimsel çalışma disiplinini veren danışman hocamlarım, Sayın Prof. Dr. Umur YÜCEOĞLU 'na (ODTÜ) ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN'a (Gazi Üniversitesi) minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmam süresince bana çeşitli konularda yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen Sabiha SUBAŞI ve meslektaşım Yunus Onur YILDIZ 'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatımda bana emeği geçen tüm hocalarıma minnettar olduğumu belirtirim.

Hayatım boyunca bana maddi ve manevi olarak en büyük desteği sağlayan saygıdeğer aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kendinden Kuvvetlendirilmiş Plakalar* ilgili Genel Düşünceler ve Plaka Önerileri.....	1
1.2 Literatürde Kendinden Kuvvetlendirilmiş Plakalar ile İlgili Önemli Çalışmalar	2
2. ANA AMAÇ VE HEDEFLER	6
2.1. Çalışmanın Kısaca Tanıtımı	6
2.2. Ana Amaç ve Hedefler	7
2.3. “Tez”in Literatüre Katkısı.....	8
3. BAZI PLAKA TEORİLERİNE KISA BİR BAKIŞ	9
3.1. Plakalarda Kullanılan Yüksek Derece Kesme Deformasyonları Plaka Teorileri (HSDPT) Üzerine Özet Görüşler	9
3.2. Plakaların Birinci Derece Kesme Deformasyonu Teorileri (FSDPT) ve Mindlin Plaka Teorisi	14
4. BAZI “KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ VE/VEYA ANİ- DEĞİŞKEN KESİTLİ PLAKALARIN SERBEST EĞİLMELİ TİTREŞİMLERİ” ANALİZİ	24
4.1. “Ana PROBLEMLER”in Tanımlanması ve Bazı Kısıtlamalar.....	24
4.2. Temel Varsayımlar ve Analitik Modelleme	26

Sayfa

4.3. “Ana PROBLEM I.a”nın Teorik Analizi ve Formulasyonu	26
4.3.1. “Plaka Sistemi”nde Kısım I, Kısım II ve Kısım III’ün Analizi	27
4.3.2. “Ana PROBLEM I.a” için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”ne İndirgenmesi	31
4.3.3. “Plaka Sistemi”nde, Kısım II nin Analizi	33
4.3.4. “Plaka Sistemi”nde, Kısım III ün Analizi	34
4.3.5 “Ana PROBLEM I.a” için “Yöneten Birinci Mertebe Adi Diferansiyel Denklem Sistemleri”nin “Açık Form”da Gösterimi	35
4.4. “Ana PROBLEM I.b”nin Teorik Analizi ve Formulasyonu	39
4.4.1. “Plaka Sistemin”de Kısım I, Kısım II ve Kısım III’ün Analizi	39
4.4.2. “Ana PROBLEM I.b” için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”ne indirgenmesi	41
5. “ANA PROBLEMLER” İÇİN ÇÖZÜM METODU	45
5.1. Çözüm Metodu Hakkında Bazı Bilgiler	45
5.2. “Ana PROBLEMLER” için Çözüm Metodu	46
5.2.1. “Ana PROBLEM I.a” için Çözüm Metodu	46
5.2.2. “Ana PROBLEM I.b” için Çözüm Metodu	62
5.2.3. “İntegrating Matris Metodu”	62
6. NÜMERİK SONUÇLAR	68
6.1. Malzeme Özellikleri, Geometrik Karakteristikler ve Sınır Şartlarıyla İlgili Bazı Noktalar	68
6.2. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”ya ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)	72
6.2.1. Ana PROBLEM I.a (Isot.)’un Mod Şekilleri ve karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şartları” için	76

Sayfa

6.2.2. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” için Parametrik Çalışma.....	86
6.3. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ya ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)	116
6.3.1. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)”nun Mod Şekilleri ve..... karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şarları” için	121 121
6.3.2. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” için Parametrik Çalışma	133
6.4. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” ye ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)	161
6.4.1. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”nun Mod Şekilleri ve..... karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şarları” için	166 166
6.4.2. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” için Parametrik Çalışma	184
6.5. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” ye ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)	231
6.5.1. “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”nun Mod Şekilleri ve..... karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şarları” için	236 236
6.5.2. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” için Parametrik Çalışma	254
7. “ANA PROBLEMLER” İÇİN ÖZET GENEL SONUÇLAR	301
7.1. “Ana PROBLEM I.a” için Genel Sonuçlar.....	301
7.2. “Ana PROBLEM I.b” için Genel Sonuçlar.....	302
8. MEVCUT ÇÖZÜM METODU VE NÜMERİK SONUÇLARIN DOĞRULUK TAYİNİ (VERİFICATION AND ACCURACY)	303
9. İLERİDE ARAŞTIRMA İÇİN ÖNERİLER.....	306
KAYNAKLAR	307
ÖZGEÇMİŞ.....	315

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Malzeme Özellikleri “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b” (Isot.).....	71
Çizelge 6.2. Malzeme Özellikleri “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”.....	71
Çizelge 8.1. “Analitik Çözüm” ve “Nümerik Çözüm (“MTMM” Metodu)” Karşılaştırılması.....	305
Çizelge 8.2. “Nümerik Çözüm”de (“MTMM” Metodu) “Sınır Şartları”nın Sağlanması.....	305

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kuvvetlendiricili Plaka veya Panel Sistemlerinin Çeşitler veya Sınıflandırılması.....	4
Şekil 3.1. Mindlin Plakalarında Kesit Eğilme/Burulma Momentleri ve Kesme Kuvvetleri Plaka kalınlığınca.....	1651
Şekil 3.2. Ana Problem I.a (Isot.)- I.a (Orto.) Genel Konfigürasyon ve Koordinat Sistemi ve Boyuna Kesit.....	21
Şekil 3.3. Ana Problem I.b (Isot.)- I.b (Orto.) Genel Konfigürasyon ve Koordinat Sistemi ve Boyuna Kesit.....	22
Şekil 6. 1. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CC)	77
Şekil 6.2. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SS).....	79
Şekil 6.3. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CF).....	81
Şekil 6.4. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SF)	83
Şekil 6.5. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FF)	85
Şekil 6. 6. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CS).....	87

Şekil	Sayfa
Şekil 6.7. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CC)	88
Şekil 6.8. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SS).....	89
Şekil 6.9. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CF).....	90
Şekil 6.10. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SF)	91
Şekil 6.11. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları FF)	92
Şekil 6.12. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar ..	93
Şekil 6.13. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	93
Şekil 6.14. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	94
Şekil 6.15. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	94
Şekil 6.16. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CC).....	95

Şekil	Sayfa
Şekil 6.17. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SS)	96
Şekil 6.18. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CF).....	97
Şekil 6.19. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SF).....	98
Şekil 6.20. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FF)	99
Şekil 6.21. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	100
Şekil 6.22. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar..	100
Şekil 6. 23. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	101
Şekil 6. 24. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	101
Şekil 6.25. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CC)	102
Şekil 6.26. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SS).....	103

Şekil	Sayfa
Şekil 6.27. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CF).....	104
Şekil 6.28. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SF)	105
Şekil 6.29. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FF)	106
Şekil 6.30. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	107
Şekil 6.31. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	107
Şekil 6.32. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	108
Şekil 6.33. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	108
Şekil 6.34. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CC).....	109
Şekil 6. 35. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SS).....	110
Şekil 6. 36. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CF).....	111

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 37. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SF)	112
Şekil 6. 38. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları FF)	113
Şekil 6.39. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	114
Şekil 6.40. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	114
Şekil 6. 41. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	115
Şekil 6.42. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	115
Şekil 6.43. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CC)	122
Şekil 6.44. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SS)	124
Şekil 6.45. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CF)	126
Şekil 6.46. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SF).....	128
Şekil 6.47. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FF).....	130

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 48. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CS)	132
Şekil 6.49. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CC)	133
Şekil 6. 50. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SS).....	134
Şekil 6.51. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CF).....	135
Şekil 6.52. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SF)	136
Şekil 6. 53. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları FF)	137
Şekil 6.54. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	138
Şekil 6.55. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	138
Şekil 6.56. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	139
Şekil 6.57. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	139

Şekil	Sayfa
Şekil 6.58 “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CC)	140
Şekil 6.59. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SS).....	141
Şekil 6.60. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CF).....	142
Şekil 6. 61. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SF)	143
Şekil 6.62 “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FF)	144
Şekil 6. 63. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	145
Şekil 6.64. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar..	145
Şekil 6.65. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	146
Şekil 6.66. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	146
Şekil 6.67. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CC)	147

Şekil	Sayfa
Şekil 6.68. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SS).....	148
Şekil 6.69. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CF).....	149
Şekil 6.70. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SF)	150
Şekil 6.71. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FF)	151
Şekil 6.72. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	152
Şekil 6.73. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar..	152
Şekil 6.74. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	153
Şekil 6.75. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	153
Şekil 6.76. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CC)	154
Şekil 6.77. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SS).....	155

Şekil	Sayfa
Şekil 6.78. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CF).....	156
Şekil 6.79. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SF)	157
Şekil 6.80. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları FF)	158
Şekil 6.81. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	159
Şekil 6.82. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	159
Şekil 6.83. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	160
Şekil 6.84. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	160
Şekil 6.85. “Kendinden-Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CC)	167
Şekil 6.86. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SS)	169
Şekil 6.87. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CF)	171
Şekil 6.88. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SF).....	173

Şekil	Sayfa
Şekil 6.89. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FF).....	175
Şekil 6. 90. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CS)	177
Şekil 6. 91. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SC)	179
Şekil 6. 92. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FC)	181
Şekil 6. 93. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FS).....	183
Şekil 6.94. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CC)	184
Şekil 6.95. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SS).....	185
Şekil 6. 96. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CF).....	186
Şekil 6.97. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SF)	187
Şekil 6.98. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları FF)	188

Şekil	Sayfa
Şekil 6.99. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	189
Şekil 6.100. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	189
Şekil 6.101. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	190
Şekil 6.102. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	190
Şekil 6. 103. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CC)	191
Şekil 6.104. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SS)	192
Şekil 6.105. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CF)	193
Şekil 6.106. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SF)	194
Şekil 6.107. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FF)	195
Şekil 6. 108. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CS)	196

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 109. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_1/L ” (Sınır Şartları SC).....	197
Şekil 6. 110. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_1/L ” (Sınır Şartları FC).....	198
Şekil 6. 111. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_1/L ” (Sınır Şartları FS)	199
Şekil 6.112. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	200
Şekil 6.113. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	200
Şekil 6.114. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	201
Şekil 6.115. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	201
Şekil 6.116. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CC)	202
Şekil 6.117. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SS).....	203
Şekil 6. 118. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CF).....	204

Şekil	Sayfa
Şekil 6.119. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SF)	205
Şekil 6.120. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FF)	206
Şekil 6. 121. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CS).....	207
Şekil 6. 122. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SC).....	208
Şekil 6. 123. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FC).....	209
Şekil 6. 124. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FS)	210
Şekil 6.125. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	211
Şekil 6.126. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	211
Şekil 6.127. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	212
Şekil 6.128. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	212

Şekil	Sayfa
Şekil 6.129. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CC)	213
Şekil 6.130. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SS)	214
Şekil 6.131. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CF)	215
Şekil 6.132. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SF)	216
Şekil 6.133. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları FF)	217
Şekil 6. 134. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	218
Şekil 6.135. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	218
Şekil 6.136. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	219
Şekil 6.137. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	219
Şekil 6.138. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları CC)	220

Şekil	Sayfa
Şekil 6.139. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları SS).....	221
Şekil 6.140. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları CF).....	222
Şekil 6.141. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları SF).....	223
Şekil 6. 142. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları FF).....	224
Şekil 6. 143. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları CS).....	225
Şekil 6. 144. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları SC).....	226
Şekil 6. 145. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları FC).....	227
Şekil 6. 146. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları FS).....	228
Şekil 6.147. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	229

Şekil	Sayfa
Şekil 6.148. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	229
Şekil 6.149. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	230
Şekil 6.150. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	230
Şekil 6.151. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CC)	237
Şekil 6.152. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mode Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SS)	239
Şekil 6.153. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CF)	241
Şekil 6.154. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SF).....	243
Şekil 6.155. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FF).....	245
Şekil 6. 156. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları CS)	247
Şekil 6. 157. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SC)	249
Şekil 6. 158. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları FC)	251
Şekil 6. 159. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken -Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar (Sınır Şartları SF).....	253

Şekil	Sayfa
Şekil 6.160. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CC)	254
Şekil 6.161. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SS).....	255
Şekil 6.162. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları CF)	256
Şekil 6.163. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları SF)	257
Şekil 6.164. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ” (Sınır Şartları FF)	258
Şekil 6.165. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	259
Şekil 6.166. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	259
Şekil 6.167. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	260
Şekil 6.168. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	260
Şekil 6.169. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CC)	261

Şekil	Sayfa
Şekil 6.170. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SS).....	262
Şekil 6.171. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CF).....	263
Şekil 6.172. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SF)	264
Şekil 6.173. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FF)	265
Şekil 6. 174. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları CS).....	266
Şekil 6. 175. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları SC).....	267
Şekil 6. 176. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FC).....	268
Şekil 6. 177. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ” (Sınır Şartları FS)	269
Şekil 6.178. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	270

Şekil	Sayfa
Şekil 6.179. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	270
Şekil 6.180. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	271
Şekil 6.181. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	271
Şekil 6.182. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CC)	272
Şekil 6.183. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SS).....	273
Şekil 6.184. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CF).....	274
Şekil 6.185. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SF)	275
Şekil 6.186. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FF)	276
Şekil 6. 187. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları CS).....	277
Şekil 6. 188. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları SC).....	278

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 189. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FC).....	279
Şekil 6. 190. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ” (Sınır Şartları FS).....	280
Şekil 6.191. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	281
Şekil 6. 192. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	281
Şekil 6.193. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	282
Şekil 6.194. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	282
Şekil 6.195. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CC)	283
Şekil 6.196. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SS).....	284
Şekil 6.197. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları CF).....	285
Şekil 6.198. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları SF)	286

Şekil	Sayfa
Şekil 6.199. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$ ” (Sınır Şartları FF)	287
Şekil 6.200. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	288
Şekil 6.201. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	288
Şekil 6.202. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	289
Şekil 6.203. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	289
Şekil 6.204. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{\mathbf{b}}' / \mathbf{L}$ ” (Sınır Şartları CC)	290
Şekil 6.205. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{\mathbf{b}}' / \mathbf{L}$ ” (Sınır Şartları SS)	291
Şekil 6.206. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{\mathbf{b}}' / \mathbf{L}$ ” (Sınır Şartları CF)	292
Şekil 6.207. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{\mathbf{b}}' / \mathbf{L}$ ” (Sınır Şartları SF)	293
Şekil 6.208. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{\mathbf{b}}' / \mathbf{L}$ ” (Sınır Şartları FF)	294

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 209. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları CS).....	295
Şekil 6. 210. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları SC).....	296
Şekil 6. 211. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları FC).....	297
Şekil 6. 212. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken -Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ” (Sınır Şartları FS)	298
Şekil 6.213. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	299
Şekil 6.214. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar	299
Şekil 6.215. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	300
Şekil 6.216. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar	300

1. GİRİŞ

1.1. Kendinden Kuvvetlendirilmiş Plakalar^(*) ilgili Genel Düşünceler ve Plaka Önerileri

Gelişmiş Malzemeler, bu malzemelerin üretimi ve uygulama alanları mühendislik için önemli yer işgal eder. Mühendislik uygulamalarında yararlanılan önemli el kitapları (rehberleri) ASM [1], Lubin [2] ve Schwartz [3] dır. Yekpare kuvvetlendirilmiş ve/veya değişken-kalınlıklı plaka⁽¹⁾ ya da panel sistemlerinin değişik çeşitleri; hava, uzay ve yüksek hızlı hidrodinamik araç yapılarının birinci ve ikinci derece yapısal sistem ve alt sistemlerinde sıkça kullanılır [4, 5]. Tipik bir örnek vermek gerekirse; “yekpare kuvvetlendiricili (birden fazla kuvvetlendiricili) uçak kanadı kaplama panelleri”nden bahsedilebilir [5,6]. Kuvvetlendirilmiş plaka ve panel sistemlerinin uçuş aracı yapılarında (hava ve uzay) ve bunun yanı sıra gelişmiş teknolojinin diğer alanlarında da birçok örneği vardır. Değişken kalınlıklı plaka elemanları arasında hiçbir mekanik bağlantı olmadan sürekli plaka yada panel sistemi oluşturmak için, plaka gelişmiş metal alaşım plaka elemanlarının katı bir parçasından, tek parça plaka sistemleri olarak üretilir yada mekanik işlemlerle (frezeleme gibi) bütün kalıptan çıkarılır. Yada değişken kalınlıklı tek parça gelişmiş kompozit sistemleri olarak oluşturulabilirler [5, 6].

Genel olarak, “Kuvvetlendiricili Plaka veya Panel Sistemleri” Şekil 1.1.a’da görüldüğü gibi dört gruba ayrılabilir. Burada, Grup I’de “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken Kesitli Plaka veya Paneller” Şekil 1.1.b’de belirtilmiştir.

“Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken Kesitli Plaka ve Paneller” (Grup I), bu plaka ve panel sistemlerinin sınıflandırılmasında üç Alt-Gruba

(*)⁽¹⁾ **Önemli Not** : Bu Tez’de “Plaka” veya “Plak” terimleri aynı anlamda kullanılmıştır. Buna göre, “Plaka” veya “Plak” kalınlığı diğer iki boyutuna göre çok küçük izotropik veya ortotropik malzemelerden yapılmış yük taşıyıcı özelliği olan bir “Levha”yı ifade eder.

ayrılarak gösterilmiştir. Çalışmanın (yani bu “Tez”in) konusu olarak 1inci Alt-Grupta gösterilen (a) ve (b) tipleri seçilmiştir. Bunlar, “Tez”in içinde Bölüm 4.1’de, “Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” olarak detaylı bir şekilde tanımlanmıştır (Ayrıca, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’e bakınız).

1.2 Literatürde Kendinden Kuvvetlendirilmiş Plakalar ile İlgili Önemli Çalışmalar

Bilimsel ve mühendislik literatüründe bulunan önemli çalışmaların bazıları [8-70] verilmiştir. Bu çalışmalarda, analiz yöntemleri, çözüm metotları, yada plaka veya panellerin çeşitleri farklıdır. Bu şekilde referansları kullanılan teorilere göre genel olarak gruplara ayırmak gerekirse; Analitik Çözümler [8-13], “Rayleigh-Ritz Metodu” [14-19], “Sonlu Elemanlar Metodu (FEM)” [20,21], “Süperpozisyon Metodu” [22], “Sonlu Şerit Metodu (FSM)” [23-25], “Birinci Derece Kesme Deformasyonları Plaka Teorisi (FSDPT)” [27-39], “Yüksek Mertebeden Kesme Deformasyonları Plaka Teorisi (HSDPT)” [40-51], “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” [52-65] belirtilebilir.

Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Serbest Eğilme Titreşimlerinin, “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” ile incelenmesi Yuceoglu et al [52] tarafından ilk defa yapılmıştır. Bu çalışmada, “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” açıklanmıştır. İzotropik⁽⁺⁾ ve ortotropik⁽⁺⁺⁾ (kompozit) malzemelerde, Kuvvetlendiricinin plaka üzerinde bulunduğu yerin, plaka serbest titreşimine etkilerine bakılmış ve bazı geometriler için mod şekilleri verilmiştir.

Yakın zamanda, bu “Tez”in konusu ile doğrudan ilgili olarak (ve “Tez”in bir parçası olarak) Yuceoglu, Gemalmayan ve Sunar [53,54] çalışmaları yapılmıştır. Bu makalelerde [53,54], daha sonraki bölümlerde de

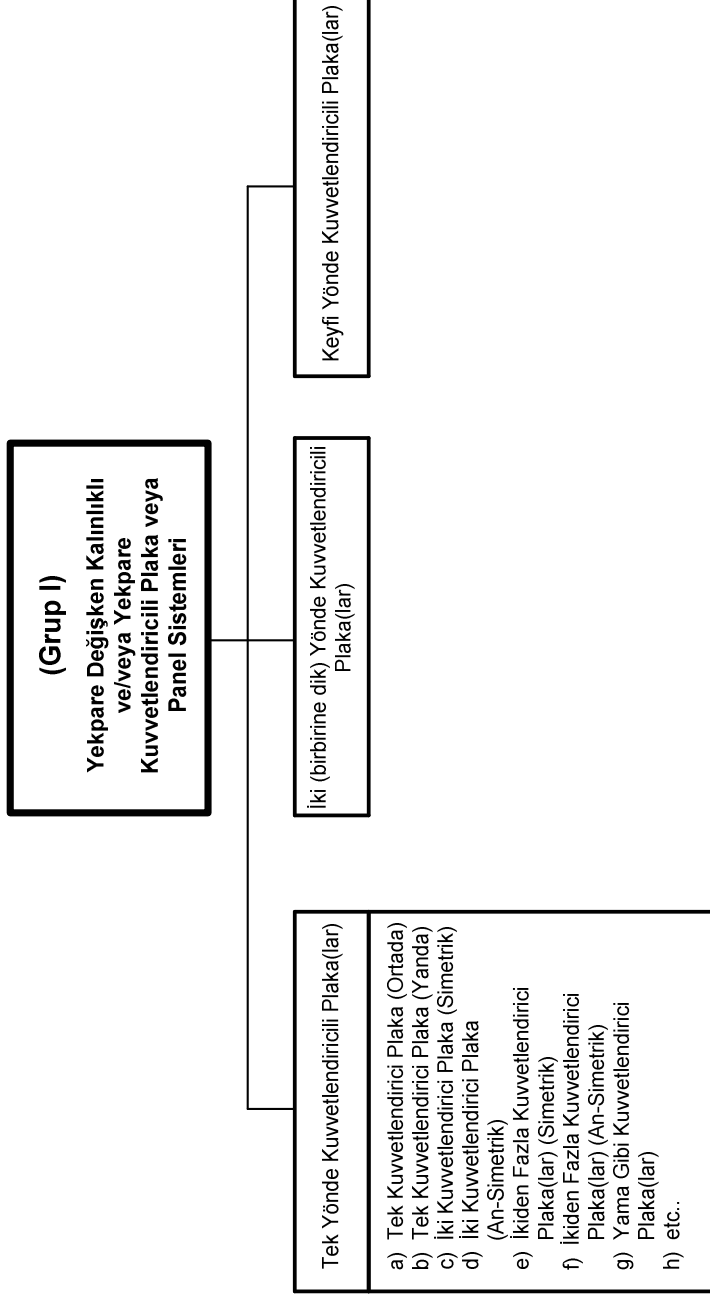
(⁺) ve (⁺⁺) Bu çalışmada, malzemelerle ilgili olarak, metin içinde ve şekil alt başlıklarında, “**izotropik=Isot.**”, “**ortotropik=Orto.**” şeklinde kullanılmıştır.

tanımlanacak “Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” ilgili bazı mod şekilleri, boyutsuz doğal frekanslar v.s. verilmiştir.

Plaka ve plaka sistemlerinin doğal frekansları üzerindeki kesme deformasyonlarının önemli etkisi iyi bilinen bir gerçektir (Whitney ve Pagano [41], Khdeir [42]). “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorileri (HSDPT)”nin önemli olanları Subramanian [40] da review edilmiştir.



Şekil 1.1.a “Kuvvetlendiricili Plaka veya Panel Sistemleri”nin Gruplandırılması veya Sınıflandırılması
(Ref. [52-54])



Şekil 1.1.b “Yekpare Değişken Kalınlıklı ve/veya Yekpare Kuvvetlendiricili Plaka veya Panel Sistemleri (Grup I)”nin Bir Alt-Grup Olarak Sınıflandırılması

2. ANA AMAÇ ve HEDEFLER

2.1. Çalışmanın Kısaca Tanıtımı

Tek-Katmanlı Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve/veya Paneller özetlen; bilimsel çalışmalardan ve plaka ve/veya paneller için olan literatür araştırmalarının sonrasında

- Yüksek mukavemetli ve hafif-ağırlıklı hava araçları ve araç yapıları
- Uzay araçları ve araç yapıları
- Hidrodinamik ve hızlı deniz araçları ve araç yapıları

'nda genel olarak kullanılmaktadır. Burada ortotropik veya izotropik plaka ve/veya paneller yapı güvenliği ve dayanıklılığı bakımından büyük önem taşımaktadır.

Tek katmanlı kompozit plaka veya panellerde *serbest ve/veya zorlanmış titreşimler* hakkında bilgi vermek gerekirse;

- Kanat Panel Titreşimleri (Panel Flutter)
- Dinamik Yorulma ve Kırılma (Dynamic Fatigue and Fracture)
- Çatlak Dinamik Yayılması (Dynamic Crack Propagation)
- Sonik Yorulma ve Ses Geçirme (Sonic Fatigue and Sound Transmission)

için önem teşkil ettiğini görebiliriz. Bunlara göre, “Ana Amaç” genel olarak *Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Serbest Eğilme Titreşimleri* analizi ve çözümlerinin elde edilmesidir.

Bu çalışmada, “Ana Hedef” ise *Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in* serbest eğilme titreşimi problemlerinde “Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” olmak üzere, iki genel Problem incelenmiş ve nümerik sonuçlar sunulmuştur.

2.2. Ana Amaç ve Hedefler

Burada temel amaç, çeşitli Kendinden Kuvvetlendiricili ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Eğilme Titreşimleri (Serbest veya Zorlamalı) nin genel teorik analizi, çözülmesi ve detaylı parametrik incelenmesidir.

Adı geçen “Plaka ve Panel Sistemleri”, “Kuvvetlendirilmiş Plaka ve Panel Sistemleri”nin bir alt grubudur. Bunların genel tipleri veya grupları Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

İlk aşamada hedef, yukarıda belirtilen “*Sistemler*” içinde, bu “Tez”in konusu, olarak Şekil 1.1’de gösterilen ve Grup I.a ve Grup I.b olarak ifade edilen “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken Kesitli (bir doğrultuda) Plaka ve Panel Sistemlerinin Eğilme Titreşimleri”dir. Burada söz konusu “Sistemler”, “Ana PROBLEMLER” olarak aşağıdaki gibidir:

- “Ana PROBLEM I.a” (Tek Kuvvetlendirici Ortada)
- “Ana PROBLEM I.b” (Tek Kuvvetlendirici Yanda)

“Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” plaka elemanları malzeme bakımından, “izotropik=Isot.” ve “ortotropik=Orto.” Olarak incelenecektir. Bu “Ana PROBLEMLER”in genel konfigirasyonları daha sonraki Bölümlerde Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de verilmiştir.

2.3. “Tez”in Literatüre Katkısı

Bilimsel ve Mühendislik Literatüründe “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Serbest Eğilme Titreşimleri” üzerinde çok az sayıda çalışma bulunup bunlar daha çok Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT) ile çözülmüştür. Bunlara karşılık, bu tezde, “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (FSDPT)”ni temel alan daha detaylı genel formulasyon ve serbest titreşim probleminin tam manasıyla çözümleri elde edilmiştir.

İlaveten birkaç uluslararası konferansta (2007-AIAA ve 2007-ASME) sunumlar yapılmış, makaleler yayınlanmıştır.

3. BAZI PLAKA TEORİLERİNE KISA BİR BAKIŞ

Bu bölümde, bazı plaka teorileri hakkında kısaca bilgi verilecektir.

3.1. Plakalarda Kullanılan Yüksek Derece Kesme Deformasyonları Plaka Teorileri (HSDPT) Üzerine Özet Görüşler

Bu bölümde, plakalar için “Yüksek Mertebeden Kesme Deformasyonları Plaka Teorisi (HSDPT)” ve “Birinci Derece Kesme Deformasyon Plaka Teorisi (FSDPT)” kısaca tekrar edilecektir. Ayrıca, Mindlin Plaka Teorisi [27-34] ve dinamik denklemler referans olması için set haline getirilecektir. Ayrıca, Ana Problem I.a ve I.b’nin açık tanımlamaları oluşturulacaktır. Ana Problem I.a ve I.b’ye karşılık gelen teorik formülasyonlar ileriki bölümlerde verilecektir.

“Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”, enine kayma deformasyonlarının, dönel atalet momentinin ve transfere normal gerilimlerin etkisini içermez. “Birinci Derece Kesme Deformasyonları Plaka Teorileri (FSDPT)”, araştırma çalışanları tarafından “Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”ni geliştirmek için sunulmuştur. Gelişmiş metotlar, “Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)” ile elde edilen sonuçların, titreşim problemleri, elastik dalga yayılım problemleri, anizotropik plakaların analizi, delik ve kesmelerden kaynaklanan gerilim konsantrasyonu gibi bir çok pratik problem için doğru olmadığını göstermiştir.

Geliştirilmiş plaka teorilerinin en basitleri Reissner [31] ve Mindlin [27,34] tarafından ortaya konulmuştur. Reissner’in teorisi kesme deformasyonları etkisini içerir. Sonuçlar yer-değiştirmeler şeklinde gösterilirse;

$$\begin{aligned}
 u(x,y) &= u_0(x,y) + z \psi_x(x,y) \\
 v(x,y) &= v_0(x,y) + z \psi_y(x,y) \\
 w(x,y) &= w_0(x,y)
 \end{aligned}
 \tag{3.1.a}$$

$$\begin{aligned}
 u_0 &= \text{Referans Düzleminin Yerdeğiřtirmesi (x-yönünde)} \\
 v_0 &= \text{Referans Düzleminin Yerdeğiřtirmesi (y-yönünde)} \\
 w_0 &= \text{Referans Düzleminin Yerdeğiřtirmesi (z-yönünde)} \\
 \psi_x &= \text{Referans Düzleminin Dönme Açısı (x-yönünde)} \\
 \psi_y &= \text{Referans Düzleminin Dönme Açısı (y-yönünde)}
 \end{aligned}
 \tag{3.1.b}$$

Burada Plaka Koordinat Sisteminde x-yönü enine doğru tıy, y-yönü boyuna doğru tıy, z-yönü düşey doğru tıy gösterir. Reissner [31,32], ince plakların standart teorisinde olduğu gibi, eğilme gerilmelerinin plakaların kalınlığı boyunca lineer olarak dağıldığını kabul etmiştir.

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{M_x}{h^2/6} \frac{z}{h/2} \\
 \sigma_y &= \frac{M_y}{h^2/6} \frac{z}{h/2} \\
 \tau_{xy} &= \frac{M_{xy}}{h^2/6} \frac{z}{h/2}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Mindlin [27,34], Eř. (3.1) şeklindeki yer değiştirmeleri varsaymıştır ve Kesme Düzeltme Faktörü ile kalınlık boyunca aynı kesme gerilimini tahmin ederek asıl denklemleri elde etmiştir. Mindlin dalga yayılımında, tam bir elastik çözüme kıyasla hesaplanan kesme düzeltme faktörü “ κ^2 ”yi kullanmıştır.

Yer değiştirme fonksiyonu Eř. (3.1) deki terimler, z yönündeki serinin ilk terimleridir. Bu nedenle, hem Mindlin Teorisi [27,34] hem de Reissner Teorisi “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (FSDPT)” olarak görülebilir.

“Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (HSDPT)”nde, düzlem içi yer değiştirme fonksiyonlarının z 'ye lineer olmayan bağımlılıkları vardır. Bu teorilerden bir tanesi aşağıdaki gibi yer değiştirmeleri içerir;

$$\begin{aligned} u(x,y) &= u_0(x,y) + z \psi_x(x,y) \\ v(x,y) &= v_0(x,y) + z \psi_y(x,y) \\ w(x,y) &= w_0(x,y) + z \psi_z(x,y) + z^2 \xi_z(x,y) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Burada u_0 , v_0 , w_0 , ψ_x , ψ_y , ψ_z terimleri Eş. (3.1.b)'deki gibidir, $\xi_z(x,y)$ ise z -yönündeki Referans Düzlemi Yerdeğiştirme Fonksiyonunu gösterir.

Bu yer değiştirme şekli, “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (HSDPT)”ni, “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Kabuk Teorisi (HSDST)”ni ve “Katmanlı Silindirik Kabuk Teorisi”ni elde etmek için kullanılır (Kapur ve Raciti'nin incelemesine bakınız [46,47]).

Başka bir “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (HSDPT)” ise, Eş. (3.3)'den biraz farklı olarak, aşağıdaki yer değiştirme formlarını temel alır.

$$\begin{aligned} u(x,y) &= u_0(x,y) + z \psi_x(x,y) + z^2 \xi_x(x,y) \\ v(x,y) &= v_0(x,y) + z \psi_y(x,y) + z^2 \xi_y(x,y) \\ w(x,y) &= w_0(x,y) + z \psi_z(x,y) + z^2 \xi_z(x,y) \end{aligned} \quad (3.4)$$

Eş. (3.4) de ifade edilen yer değiştirme alan formu, çoklu tabakalı plakalar için kullanılır ve z 'nin ikinci derece terimleri birinci derece teoriler (Reissner ve Mindlin Teorileri gibi [34,35]) üzerinde birçok problemlerde belirgin avantajlar sağlamadığı görülmüştür.

Eğilme için bir başka teori de Reissner [35]'nin vardır;

$$\begin{aligned}
 u(x,y) &= z u_0(x,y) + z \psi_x(x,y) + z^2 \phi_x(x,y) \\
 v(x,y) &= z v_0(x,y) + z \psi_y(x,y) + z^2 \phi_y(x,y) \\
 w(x,y) &= w_0(x,y) + z \psi_z(x,y) + z^2 \phi_z(x,y)
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

ϕ_x, ϕ_y, ϕ_z yerdeğiştirme fonksiyonlarıdır.

Eş. (3.5) Reissner [31,36] tarafından, dairesel delikli sonsuz bir plakanın bükülmesi için kullanılmıştır ve diğer teorilerle elde edilen sonuçlardan daha iyi sonuçlar bulmuştur. Bu teorinin dezavantajı ise düzlem-dışı etkileri göz önünde bulundurup, düzlem-içi deformasyonların etkisini hesaba katmamasıdır.

Reddy [33], “Yüksek Mertebeden Kesme Deformasyonları Teorisi (HSDPT)” olarak aşağıdaki deformasyon alanını ileri sürmüştür.

$$\begin{aligned}
 u(x,y) &= u_0(x,y) + z \psi_x(x,y) + z^2 \xi_x(x,y) + z^3 \xi_x(x,y) \\
 v(x,y) &= v_0(x,y) + z \psi_y(x,y) + z^2 \xi_y(x,y) + z^3 \xi_y(x,y) \\
 w(x,y) &= w_0(x,y) + z \psi_z(x,y) + z^2 \xi_z(x,y)
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Bu teoride, “Kesme Düzeltme Faktörü”ne gerek duyulmaz. Genel olarak, Eş. (3.6)’yı temel alan lamine plaka sisteminin yönetici ana denklemleri ve doğal sınır şartları, kullanılarak elde edilir. “Hamilton Prensipleri” aşağıdaki gibidir.

$$\int_0^T (\delta U + \delta V - \delta K) dt = 0 \tag{3.7}$$

Eş. (3.7)’de, δU ; gerilme enerjisi U ’nun varyasyonel değişimlerini, δV ; uygulanan kuvvetlerin yaptığı varyasyonel iş değişikliğini ve δK ; tüm sistemin

kinetik enerjisindeki varyasyonel değişimi gösterir. Bu yolla, diferansiyel denklemlerin, yönetici kısmı ve doğal sınır şartları elde edilir.

İleri sürülen yer değiştirme alanının belli bir şeklinden kaynaklanan yüksek derece moment ve transfer kesme kuvveti sonuçları, yüksek derece plaka teorilerinin başka bir dezavantajıdır. Bunların fiziksel anlamı olduğu kolay görülemez ve kompozit plaka sistemlerinin analizinde, karışık, alışılmamış ve güç bir imaj oluşturabilir.

“Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (HSDPT)”nde kullanılan karmaşık denklem takımları ve çok bilinmeyenle bulunan sonuçların “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (FSDPT)” ile karşılaştırıldığında, bulunan doğal frekanslar arasında kabul edilebilir farklar olduğu görülmüştür. “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (FSDPT)”nin kullanmanın daha pratik olduğundan dolayı tercih edildiğini söylenebilir.

“Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”, “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (FSDPT)” ve “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorisi (HSDPT)” arasındaki belirgin farkların bazılarını ifade etmek gerekirse;

- “Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”de, deformasyondan önce orta düzleme dik olan normal, deformasyondan sonrada dik olarak kalır. Bununla birlikte dönel atalet momentleri ihmal edilmiştir.
- “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorileri (FSDPT)”nde, başlangıçta orta düzleme dik olan normaller deformasyondan sonra dik kalmaz. Kesme Düzeltme Faktörleri k_x , k_y , transfer kesme gerilmeleri ve bununla birlikte dönel atalet momentlerini hesaba katmak için kullanılır. Harici transfer ve dönel atalet momentleri dahil edilmiştir. Plakadaki transfer kesme deformasyonları teoride hesaba katılmıştır.

- “Yüksek Derece Kesme Deformasyonu Plaka Teorileri (HSDPT)”, deforme olmayan plakanın orta düzlemine normallerinin bozulmasına izin verilir. Buda, denklemlerdeki Kesme Düzeltme Faktörleri’ni yok eder, bundan dolayı, karmaşık atalet ve gerilim kaynaklı terimler denklem takımları içinde yer alır.

3.2. Plakaların Birinci Derece Kesme Deformasyonu Teorileri (FSDPT) ve Mindlin Plaka Teorisi

Kısım 3.1’de belirtildiği gibi, (FSDPT) ve (HSDPT) ile elde edilen doğal frekanslar arasında fark yoktur. Bu nedenle, bu çalışmada, “Birinci Derece Kesme Deformasyonları Teorisi (FSDPT)” olan “Mindlin Plaka Teorisi” [27,34], “Ana PROBLEMLER”in teorik formülasyonu için kullanılmıştır.

Yer değiştirmeler için genel koordinat sistemi ve pozitif işaret kabulü, gerilim bileşenleri ve dış yüzey yükleri yada gerilimleri, “Ana PROBLEMLER” için Şekil 3.1’de verilmiştir. Düzlem-içi yer değiştirmesi u ve v ’nin z ’yle orantılı olması ve transfer yer değiştirme w ’nin z ’den bağımsız olması, “Mindlin Plaka Teorisi” [27,34]’nin temel varsayımlarıdır. Böylece;

$$\begin{cases} u = z\psi_x(x,y,t) \\ v = z\psi_y(x,y,t) \\ w = w(x,y,t) \end{cases} \quad (3.8)$$

burada, dönme açıları ψ_x ve ψ_y , xz ve yz düzlemlerindeki dönmelerin negatifidir.

Ortotropik Materyaller için Hooke Kanunu yada Gerilme-Gerilim İlişkisi

$$\begin{aligned}
 \epsilon_x &= a_{11} \sigma_x + a_{12} \sigma_y + a_{13} \sigma_z \\
 \epsilon_y &= a_{21} \sigma_x + a_{22} \sigma_y + a_{23} \sigma_z \\
 \epsilon_z &= a_{31} \sigma_x + a_{32} \sigma_y + a_{33} \sigma_z \\
 \gamma_{yz} &= a_{44} \tau_{yz} \\
 \gamma_{xz} &= a_{55} \tau_{xz} \\
 \gamma_{xy} &= a_{66} \tau_{xy}
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

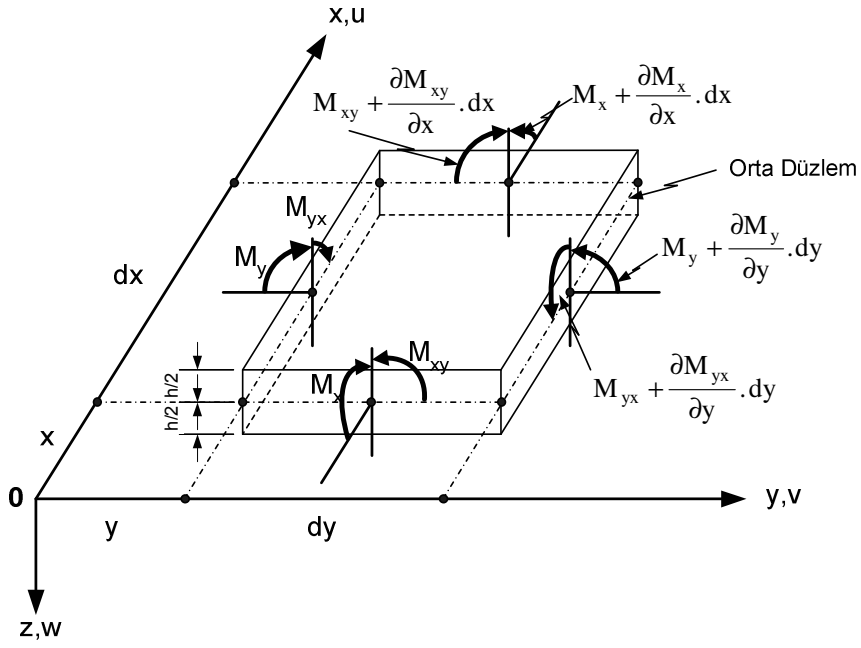
Plakanın yüzeylerine dik olan “ ϵ_z ” gerilmesini içeren eşitlik ihmal edilmiştir ($z = \pm h/2$). Diğer denklemler; σ_x , σ_y , τ_{xy} , τ_{xz} ve τ_{yz} ; ϵ_x , ϵ_y , γ_{xy} , γ_{xz} , γ_{yz} ve σ_z cinsinden yeniden yazılarak,

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= B_{11} \sigma_x + B_{12} \sigma_y - C_1 \sigma_z \\
 \sigma_y &= B_{21} \sigma_x + B_{22} \sigma_y - C_2 \sigma_z \\
 \tau_{yz} &= B_{44} \gamma_{yz} \\
 \tau_{xz} &= B_{55} \gamma_{xz} \\
 \tau_{xy} &= B_{66} \gamma_{xy}
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

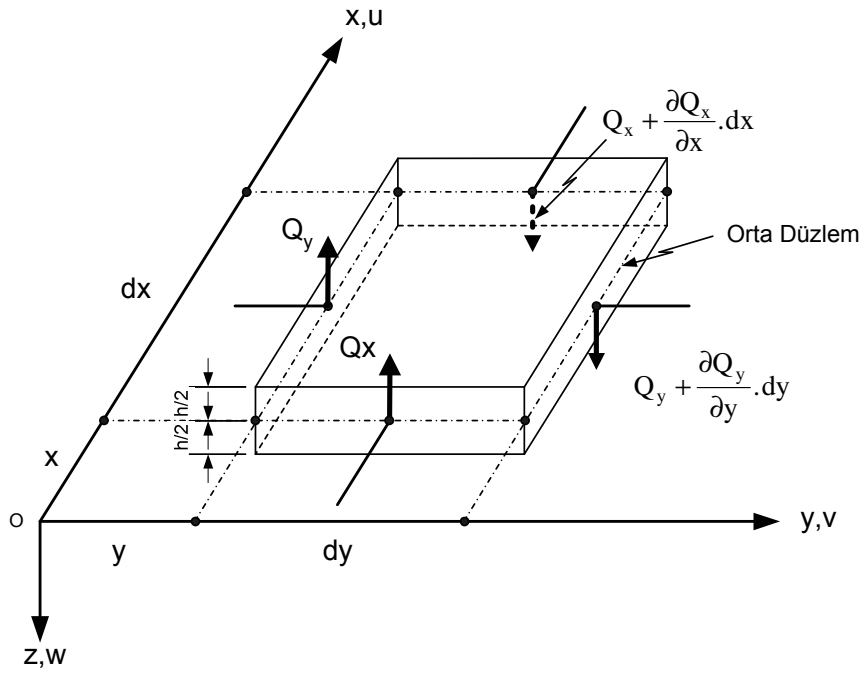
Yukarıdaki denklemlerde, ortotropik plakalar için B_{ij} katsayıları, mühendislik malzeme sabitleri kullanılarak şöyle ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}
 B_{11} &= \frac{E_1}{1 - \nu_{12} \nu_{21}} , & B_{44} &= G_{23} \\
 B_{22} &= \frac{E_2}{1 - \nu_{12} \nu_{21}} , & B_{55} &= G_{13} \\
 B_{12} = B_{21} = \nu_{21} B_{11} = \nu_{12} B_{22} , & B_{66} &= G_{12}
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

Burada E ve G; sırasıyla esneklik ve sertlik modülleri, ν ; Poisson oranı, alt karakterler plakanın koordinat eksenlerine paralel olan yönleri belirtmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.1. "Mindlin Plaka Teorisi"nde a) momentlerin gösterilmesi ve yönleri b) kesme kuvvetlerinin gösterilmesi ve yönleri

Birim uzunluk için eğilme ve döndürme momentleri ile transeverse kesme bileşenleri integral şeklinde şöyle yazılır;

$$\left| \begin{aligned} (M_x, M_y, M_{yx}) &= \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}) z \, dz \\ (Q_x, Q_y) &= \int_{-h/2}^{h/2} (\tau_{xz}, \tau_{yz}) \, dz \end{aligned} \right. \quad (3.12)$$

Plaka gerilim bileşenlerinin gerilme ilişkilerini elde etmek için, plakanın kalınlığı boyunca integralleme uygulanır.

Gerilim bileşenleri-şekil değiştirme ilişkileri

$$\left| \begin{aligned} M_x &= [B_{11} \Gamma_x + B_{12} \Gamma_y] \\ M_y &= [B_{12} \Gamma_x + B_{22} \Gamma_y] \\ M_{yx} &= B_{66} \Gamma_{xy} \\ Q_x &= \kappa_x^2 B_{55} \Gamma_{xz} \\ Q_y &= \kappa_y^2 B_{44} \Gamma_{yz} \end{aligned} \right. \quad (3.13)$$

dir. Ayrıca,

$$\left| \begin{aligned} (\Gamma_x, \Gamma_y, \Gamma_{yx}) &= \int_{-h/2}^{h/2} (\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}) z \, dz \\ (\Gamma_{xz}, \Gamma_{yz}) &= \int_{-h/2}^{h/2} (\gamma_{xz}, \gamma_{yz}) \, dz \end{aligned} \right. \quad (3.14)$$

dir. Çalışmada, κ^2 , Mindlin Plaka Teorisi'nde [27,34] kullanıldığı gibi alınmıştır. Mindlin Plaka Teorisi [27,34]'nde, Kesme Düzeltme Faktörü, üç boyutlu elastisite denkleminde elde edilen kesin sonuçları eşitleyerek belirlenir. Bu değerler, izotropik plakalar için $\pi^2/12$ olarak bulunmuştur. Reissner'in teorisinde ise 5/6'dır. Ortotropik plakalarda, Kesme Düzeltme

Faktörleri κ_x^2 ve κ_y^2 olarak tanımlanmıştır ve bunlar Wittrick [37]'in bir çalışmasından elde edilir.

Üç boyutlu elastisitede, gerilme-yer değiştirme denklemlerini göz önünde bulundurarak ve yer değiştirme fonksiyonlarının varsayılan şekillerini yerleştirerek, gerilme-yer değiştirme ilişkileri aşağıdaki gibi elde edilebilir;

Gerinim-Yer değiştirme Denklemleri (3 Boyutlu-Elastisite)

$$\left| \begin{array}{ll} \epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} & \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} & \gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} & \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \end{array} \right. \quad (3.15)$$

(3.8)'i (3.15)'de yerine yazarsak, gerilme-yer değiştirme ilişkileri

$$\left| \begin{array}{ll} \epsilon_x = z \frac{\partial \psi_x}{\partial x} & \gamma_{xy} = z \left(\frac{\partial \psi_x}{\partial y} + \frac{\partial \psi_y}{\partial x} \right) \\ \epsilon_y = z \frac{\partial \psi_y}{\partial y} & \gamma_{xz} = \left(\psi_x + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\ \epsilon_z = 0 & \gamma_{yz} = \left(\psi_y + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Böylece, gerilim bileşenleri ve plaka yer değiştirme fonksiyonları arasında aşağıdaki ilişkiler elde edilebilir.

Gerilim bileşenleri-yer değiştirme ilişkileri

$$\begin{aligned}
 M_x &= \frac{h^3}{12} \left(B_{11} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} + B_{12} \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \right) \\
 M_y &= \frac{h^3}{12} \left(B_{12} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} + B_{22} \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \right) \\
 M_{yx} &= \frac{h^3}{12} B_{66} \left(\frac{\partial \psi_x}{\partial y} + \frac{\partial \psi_y}{\partial x} \right) \\
 Q_x &= \kappa_x^2 h B_{55} \left(\psi_x + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\
 Q_y &= \kappa_y^2 h B_{44} \left(\psi_y + \frac{\partial w}{\partial y} \right)
 \end{aligned} \tag{3.17.a}$$

olur. Bu değerler ayrıca ortotropik plaka rijitlikleri cinsinde,

$$\begin{aligned}
 M_x &= D_{11} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} + D_{12} \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \\
 M_y &= D_{12} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} + D_{22} \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \\
 M_{yx} &= D_{66} \left(\frac{\partial \psi_x}{\partial y} + \frac{\partial \psi_y}{\partial x} \right) \\
 Q_x &= A_{55} \left(\psi_x + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\
 Q_y &= A_{44} \left(\psi_y + \frac{\partial w}{\partial y} \right)
 \end{aligned} \tag{3.17.b}$$

şeklinde elde edilir. Burada D eğilme rijitliği A ise kesme rijitliği olup 3.17.b'den

$$\begin{aligned}
 D_{ik} &= \frac{h^3 B_{ik}}{12} \quad (i, k = 1, 2) \\
 D_{66} &= \frac{h^3 B_{66}}{12} \\
 A_{44} &= \kappa_y^2 h B_{44} \\
 A_{55} &= \kappa_x^2 h B_{55}
 \end{aligned} \tag{3.17.c}$$

Gerilme bileşenleri ve plaka yer değiştirme ifadeleri arasındaki (3.17.c)'deki ilişki elde edilir. Hareket denklemleri, üç boyutlu elastisite teorisinden, aşağıda belirtildiği gibi yazılabilir. Bunlar,

Hareket denklemleri (3D Elastisite)

$$\left| \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \right. \quad (3.18)$$

ortotropik plakalar için, Mindlin Plaka Teorisi [27,34]'nin ilk iki yönetici denklemlerini “z” ile çarparak ve kalınlık boyunca ($-h/2$ ve $+h/2$ arasında) integralini alırsak aşağıdaki denklem elde edilir;

$$\left| \begin{aligned} \frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} - Q_x &= \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial t^2} \\ \frac{\partial M_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y} - Q_y &= \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial t^2} \end{aligned} \right. \quad (3.19)$$

olur. Bu denklemlerde, eşitliğin sağ tarafındaki sabit terimler dönme atalet momenti olarak adlandırılır. Buna ilave olarak, Eş. (3.18) deki üçüncü denklemin plaka kalınlığınca integrali alınır,

$$\left| \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right. \quad (3.20)$$

olur. Burada, Eş. (3.19) ve Eş. (3.20) Mindlin Plaka Teorisi [27,34]'nin dinamik eşitliğidir.

Mevcut çalışmada, “ M_y , M_{yx} , Q_y , ψ_x , ψ_y ve w ” ler hakiki değişkenler olup M_x , Q_x ler yardımcı değişkenler olarak seçilmiştir. Eş. (3.17), (3.19) ve (3.20) deki diferansiyel denklemleri, birinci derece genel diferansiyel denklemlere dönüştürmek için, yardımcı değişkenlerin y -ye göre türevleri alınıp yine yardımcı değişkenler cinsinden yazarsak, aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

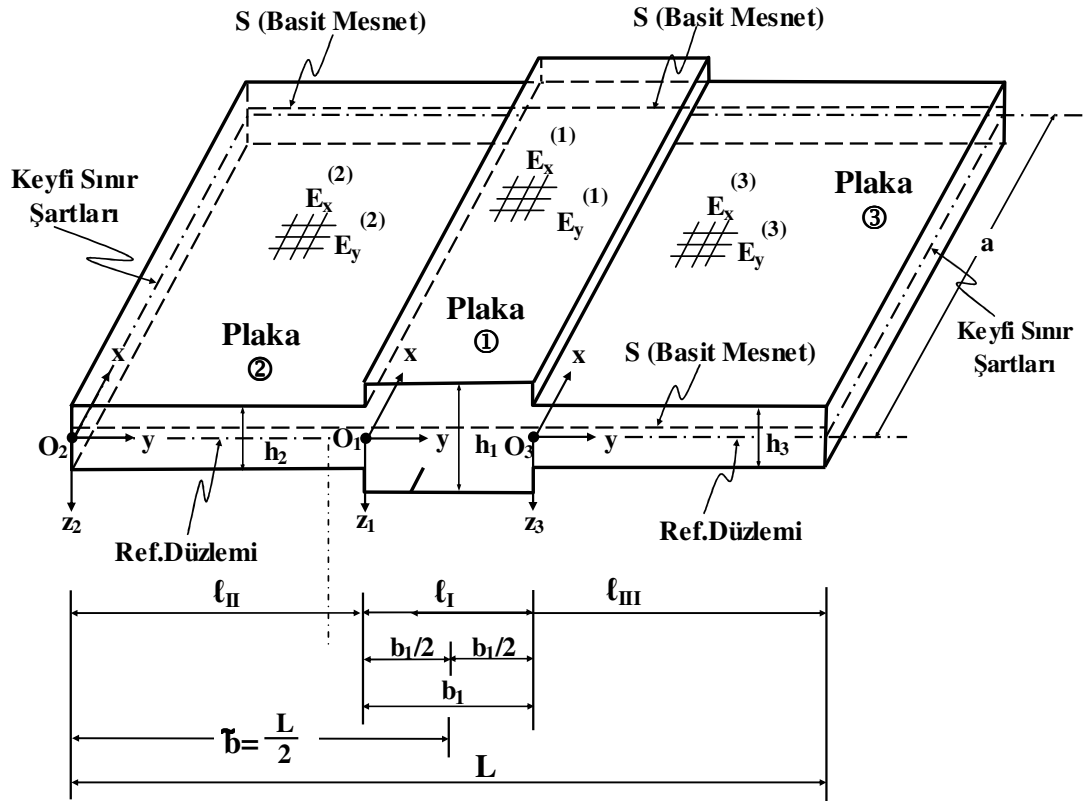
$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \psi_y}{\partial y} &= \frac{1}{B_{22}} \left(\frac{12}{h^3} M_y - B_{12} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} \right) \\
 \frac{\partial \psi_x}{\partial y} &= \frac{12}{h^3 B_{66}} M_{yx} - \frac{\partial \psi_y}{\partial x} \\
 \frac{\partial w}{\partial y} &= \frac{1}{\kappa_y^2 h B_{44}} Q_y - \psi_y \\
 \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} &= \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial t^2} - \frac{\partial M_x}{\partial x} + Q_x \\
 \frac{\partial M_y}{\partial y} &= \frac{\rho h^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial t^2} - \frac{\partial M_{yx}}{\partial x} + Q_y \\
 \frac{\partial Q_y}{\partial y} &= \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \frac{\partial Q_x}{\partial x}
 \end{aligned} \tag{3.21}$$

(3.21) denklemleri ise, sonraki bölümlerde Ana Problemlerin teorik formülasyonlarında kullanılacaktır. Mindlin dinamik denklemlerini çözebilmek için plakayı bütün kenarları boyunca sınır şartları tayin edilmelidir.

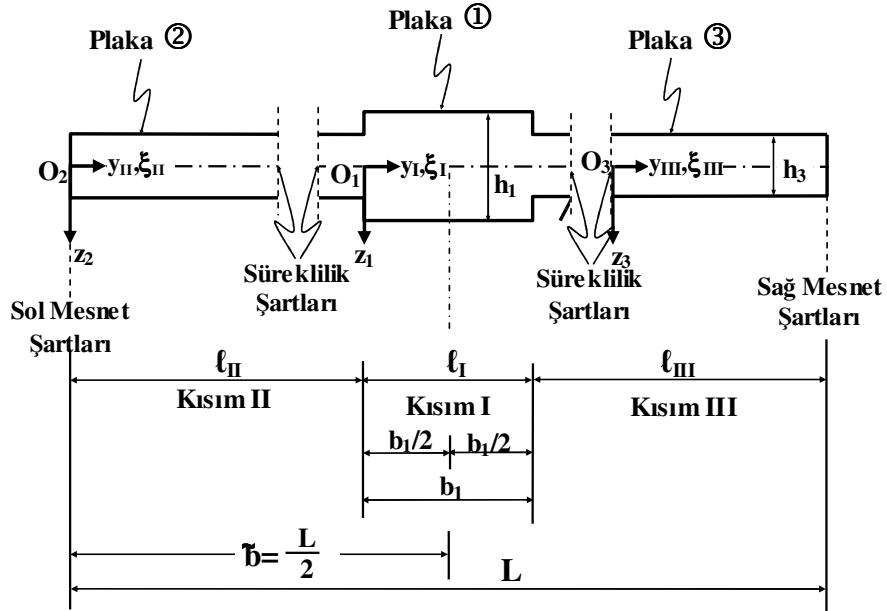
Sınır şartları,

(F) (Serbest Mesnet)	$M_n = M_t = Q_n = 0$	(3.22)
(S) (Basit Mesnet)	$w = \psi_t = M_n = 0$	
(C) (Ankastre Mesnet)	$w = \psi_n = \psi_t = 0$	

yukarıdaki, n ve t Plaka kenarların normal ve teğet yönleridir.

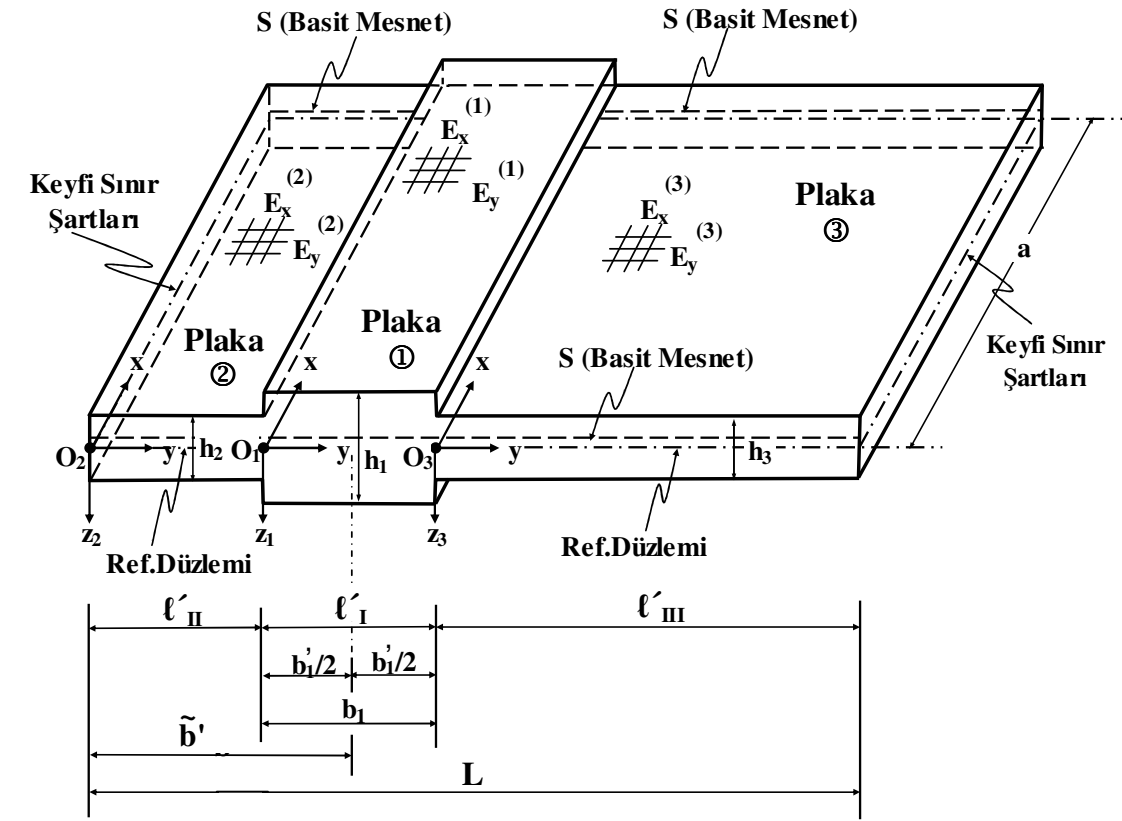


(a)

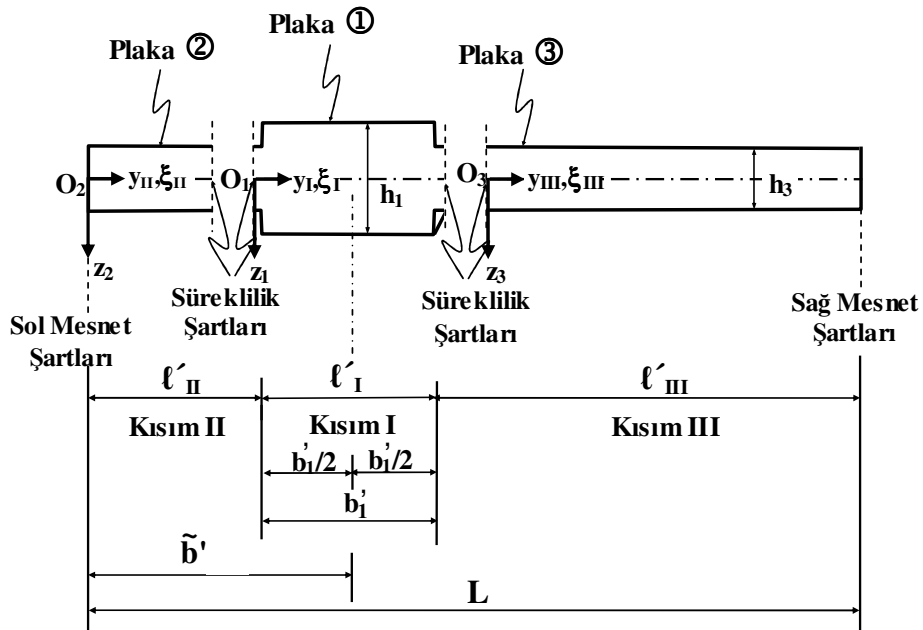


(b)

Şekil 3.2. “Ana PROBLEMLER I.a (Isot.) ve I.a (Orto.)” a) Genel Konfigürasyon ve Koordinat Sistemleri, Malzeme Koordinat Sistemleri ve Kısımlar, b) Boyuna Kesit ve Koordinat Sistemleri



(a)



(b)

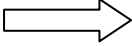
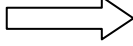
Şekil 3.3. “Ana PROBLEMLER I.b (Isot.) ve I.b (Orto.)” a) Genel Konfigürasyon ve Koordinat Sistemleri, Malzeme Koordinat Sistemleri ve Kısımlar, b) Boyuna Kesit ve Koordinat Sistemleri

4. BAZI “KENDİNDEN KUVVETLENDİRİLMİŞ ve/veya ANİ DEĞİŞKEN KESİTLİ PLAKALARIN SERBEST EĞİLMELİ TİTREŞİMLERİ” ANALİZİ

Bu bölümde “Ana PROBLEMLER”in detaylı olarak tanımlanması yapıldıktan sonra, “Temel Kabuller” belirtilecek ve adı geçen problemlerin teorik analizi ve formülasyonu yapılacaktır. Bu amaçla daha önceki bölümlerde “ortotropik” plakalar için geliştirilen “Mindlin Plaka Teorisi” [27,34]’ne göre dinamik denklem takımları manipule edilecek ve sonuçta her bir “Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” için “Yneten Denklem Sistemleri” ayrı ayrı elde edilecektir.

4.1. “Ana PROBLEMLER”in Tanımlanması ve Bazı Kısıtlamalar

Bu bölümde iki “Ana PROBLEM”in teorik analizi ve formülasyonundan önce tarifleri yapılacaktır. “Ana PROBLEMLER”, iki esas gruba ayrılabilir:

“<u>Ana PROBLEM I.a</u>” (Tek Kuvvetlendirici Plaka <u>Ortada</u>)	“<u>Ana PROBLEM I.b</u>” (Tek Kuvvetlendirici Plaka <u>Yanda</u>)
	
• “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” • “Ana PROBLEM I.a (Orto.)”	• “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” • “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

Bu “Ana PROBLEMLER”, daha detaylı olarak, aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

* “Ana PROBLEM I.a” (Tek Kuvvetlendirici Ortada):

“Kendinliğinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken Kesitli Plaka ve Panellerin (Kuvvetlendirici Ortada) Eğilme Titreşimleri”.

Adı geçen “Plaka ve Panel Sistemi”nin üç ayrı plaka elemanları malzeme olarak “İzotropik=Isot.” veya “Ortotropik=Orto” olabileceğine göre “Ana Problem I.a” için,

- “Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
- “Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

olarak iki ayrı problem olarak düşünülmüştür.

* “Ana PROBLEM I.b” (Tek Kuvvetlendirici Yanda):

“Kendinliğinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken Kesitli Plaka ve Panellerin (Kuvvetlendirici Yanda) Eğilme Titreşimleri”.

Burada da “Plaka ve Panel Sistemi”nin üç ayrı plaka elemanları, malzeme karakteristiklerine göre “İzotropik=Isot.” veya “Ortotropik=Orto” olabileceğinden “Ana Problem I.b” için,

- “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
- “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

şeklinde iki ayrı problem olarak incelenecektir.

Yukarıda bahsedilen “Ana PROBLEMLER”in; Genel Konfigürasyonları, geometrileri, malzeme yönleri ve koordinat sistemleri Şekil.3.2 ve Şekil.3.3 de gösterilmiştir. Bu “Ana PROBLEMLER”in analitik formülasyonunda “Mindlin Plaka Teorisi” [27,34] kullanılmıştır. Buna göre Plaka kesitinde düşey istikametteki kesme deformasyonları, plakaların burulma ve eğilme moment etkileri dinamik denklemler dikkate alınmıştır. Her iki “Ana PROBLEM”de de, bütün plaka sistemi x-yönünde her iki kenarda da basit mesnet sınır şartları ve diğer kenarlarda ise “Mindlin Plaka Teoris [27,34]”ine göre sınır şartları

keyfi olarak seçilebilir. Bu ise “Klasik Lévy Metodu”nun x-yönünde kullanılmasını sağlayacaktır.

4.2. Temel Varsayımlar ve Analitik Modelleme

“Ana PROBLEMLER”in analitik formülasyonu aşağıda ki kabullere göre oluşturulmuştur. Burada göz önüne alınan “Plaka Sistemleri” için “Mindlin Plaka Teorisi [27,34]” formülasyonda kullanılmıştır.

- (i) Plaka elemanları için “ortotropik” “Mindlin Plaka Teorisi [27,34]” esas alınmıştır.
- (ii) Dinamik denklemlerde, adı geçen teoriye göre, plaka elemanlarının transfer, eğilme ve torsiyonel atalet momentleri göz önüne alınmıştır.
- (iii) Plaka elemanları genel olarak, orta kalınlıkta ($\text{kalınlık}=h \geq L/10$), farklı malzeme ve farklı kalınlıkta “Ortotropik Mindlin Plakaları”dır. Dolayısıyla, transfer kesme deformasyonları da denklemlerde bulunmaktadır.
- (iv) Ayrıca, Plaka elemanlarının “izotropik” malzemedен olması halide nümerik sonuçlar ve uygulamada göz önüne alınmıştır.
- (v) Plakalarda “sönümlleme (damping)” etkisi ihmal edilmiştir.
- (vi) “Plaka veya Panel Sistemi”nde, y-yönündeki sınır şartları keyfi olarak değiştirilebilirken, x-yönündeki ($x=0,a$) da sınır şartları ise basit mesnet sınır şartları olarak kabul edilmiştir.
- (vii) Her plakanın koordinat sistemi, plakanın orta düzlemine yerleştirilmiştir.
- (viii) Plakalarda malzeme eksenleri kenarlara ve koordinat sistemlerine paraleldir (Bunlar için, Şekil 3.2 Şekil 3.3’e bakınız).

4.3. “Ana PROBLEM I.a”nın Teorik Analizi ve Formulasyonu

Burada daha önceki kısımda tanımlanan “Ana PROBLEM I.a” plaka sisteminin teorik analizi ve daha sonra bu “Tez”de kullanılan “Çözüm Metodu” (i.e. (MTMM)) için “Bölgesel Parçalama Tekniği (Domain Decomposition

Technique)” kullanılacaktır. Buna göre Şekil 3.2’de de gösterilen “Plaka Sistemi” üç plakaya bölünecektir. Başka ifade ile bütün sistem Plaka 1, Plaka 2 ve Plaka 3’ye Şekil 3.2’de görüldüğü gibi bölünecektir. Bu plakalar boyuna kısıtte Kısım I, Kısım II ve Kısım III diye de tanımlanmaktadır.

4.3.1. “Plaka Sistemi”nde Kısım I, Kısım II ve Kısım III’ün Analizi

Kuvvetlendirici Plaka tam ortada olmak üzere Kısım I olarak tanımlanmıştır. Eş. (3.12) ve Eş. (3.13) de verilen Mindlin dinamik diferansiyel denklemleri diferansiyel denklemleri (yada plaka dinamik denklemleri) aşağıdaki gibi yazılabilir,

Kısım I – (Plaka ①) için,

$$\left| \begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{M}_x^{(1)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(1)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_x^{(1)} &= \frac{\rho_1 h_1^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_x^{(1)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(1)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_y^{(1)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_y^{(1)} &= \frac{\rho_1 h_1^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_y^{(1)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_x^{(1)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{Q}_y^{(1)}}{\partial y} &= \rho_1 h_1 \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial t^2} \end{aligned} \right. \quad (4.1.a)$$

Kısım II – (Plaka ②) için,

$$\left| \begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{M}_x^{(2)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(2)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_x^{(2)} &= \frac{\rho_2 h_2^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_x^{(2)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(2)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_y^{(2)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_y^{(2)} &= \frac{\rho_2 h_2^3}{12} \frac{\partial^2 \psi_y^{(2)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_x^{(2)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{Q}_y^{(2)}}{\partial y} &= \rho_2 h_2 \frac{\partial^2 w^{(2)}}{\partial t^2} \end{aligned} \right. \quad (4.1.b)$$

Kısım III – (Plaka ③) için,

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{M}_x^{(3)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(3)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_x^{(3)} &= \frac{\rho_3 h_3^3}{12} \frac{\partial^2 \Psi_x^{(3)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_{yx}^{(3)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{M}_y^{(3)}}{\partial y} - \mathbf{Q}_y^{(3)} &= \frac{\rho_3 h_3^3}{12} \frac{\partial^2 \Psi_y^{(3)}}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_x^{(3)}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{Q}_y^{(3)}}{\partial y} &= \rho_3 h_3 \frac{\partial^2 \mathbf{w}^{(3)}}{\partial t^2} \end{aligned} \right\} \quad (4.1.c)$$

Bu bölümde, trigonometrik seri açılımlı “Klasik Lévy Metodu” kullanılmıştır. Bu plakaların x-yönünde iki zıt kenarı (SS) ile mesnetlenirken diğer kenarlar için mesnetlerin seçimi (CC, SS, CF, SF, FF) olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, ($x=0$ ve $x=a$ daki) zıt kenarlarda “Basit Mesnetler (SS)” kullanılmıştır. Buna göre kenarlar boyunca sağlanması zorunlu sınır şartları aşağıda olduğu gibidir:

$$x=0 \text{ ve } x=a \text{ için } \rightarrow \mathbf{w}^{(j)} = 0, \mathbf{M}_x^{(j)} = 0, \Psi_y^{(j)} = 0 \quad (j=1,2) \quad (4.2)$$

“Klasik Lévy Metodu”nun kullanılmasıyla, plakanın yer değiştirme ve dönme açıları aşağıdaki gibi yazılabilir.

Yer değiştirmeler,

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{w}^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= h_1 \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(j)}(\xi_k) \sin(m\pi\eta) e^{i\overline{\omega}_{mn}t} \\ \Psi_x^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\Psi}_{mnx}^{(j)}(\xi_k) \cos(m\pi\eta) e^{i\overline{\omega}_{mn}t} \\ \Psi_y^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\Psi}_{mny}^{(j)}(\xi_k) \cos(m\pi\eta) e^{i\overline{\omega}_{mn}t} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (j=1,2,3) \\ (k=1,2,3) \end{array} \quad (4.3)$$

Burada, m alt- indisi x-yönünde yarım dalga sayısıdır. Üst indis, (j), plakaların kaçınıcı olduğunu gösterir. j=1 için orta plaka, j=2 için sol plaka ve j=3 için sağ

plaka anlaşılmalıdır. i ise $\sqrt{-1}$ değerine eşittir. Üzeri çizili (—) ifadeler boyutsuz şekil değiştirme ve dönme açılarıdır. Boyutsuz koordinatlardan η ve ξ_1 ise x/a ve y_1/ℓ_1 değerlerine eşittir. $\bar{\omega}_{mn}$ ise bütün “izotropik” veya “ortotropik” (kompozit) plaka veya panel sistemi serbest titreşim boyutsuz doğal frekansıdır.

Gerilim bileşenleri, Trigonometrik seriler cinsinden, x-doğrultusunda şu şekilde yazılabilir.

Gerilim Bileşenleri

$$\begin{aligned}
 M_x^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \frac{h_1^5 B_{11}^{(1)}}{a^3} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{M}_{mnx}^{(j)}(\xi_k) \sin(m\pi\eta) e^{i\bar{\omega}_{mn}t} \\
 M_{yx}^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \frac{h_1^5 B_{11}^{(1)}}{a^3} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{M}_{mnyx}^{(j)}(\xi_k) \cos(m\pi\eta) e^{i\bar{\omega}_{mn}t} \\
 M_y^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \frac{h_1^5 B_{11}^{(1)}}{a^3} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{M}_{mny}^{(j)}(\xi_k) \sin(m\pi\eta) e^{i\bar{\omega}_{mn}t} \\
 Q_y^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \frac{h_1^4 B_{11}^{(1)}}{a^3} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{Q}_{mny}^{(j)}(\xi_k) \sin(m\pi\eta) e^{i\bar{\omega}_{mn}t} \\
 Q_x^{(j)}(\eta, \xi_k, t) &= \frac{h_1^4 B_{11}^{(1)}}{a^3} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{Q}_{mnx}^{(j)}(\xi_k) \cos(m\pi\eta) e^{i\bar{\omega}_{mn}t}
 \end{aligned} \tag{4.4}$$

$(j=1,2,3), (k=1,2,3)$

Burada üstü çizili (—) $\bar{W}_{mn}, \bar{\Phi}_{mnx}, \bar{\Phi}_{mny}, \bar{M}_{mnx}, \bar{M}_{mnyx}, \bar{M}_{mny}, \bar{Q}_{mny}, \bar{Q}_{mnx}$ terimler incelenen “Ana PROBLEM”in “boyutsuz temel bağımlı değişkenleri”dir.

Esas diferansiyel denklemlerdeki parametreler, referans değerler olarak seçilen “ $B_{11}^{(1)}$ ”, “ h_1 ”, “ ρ_1 ” ve “ a ” ya göre boyutsuzlaştırılabilir. Ayrıca, uzunluklar y-doğrultusunda, referans parametreleri olarak $\ell_I, \ell_{II}, \ell_{III}$ seçilmiştir.

Boyutsuz Koordinatlar

$$\begin{aligned} \eta &= \mathbf{x} / \mathbf{a} \\ \xi_I &= \mathbf{y}_I / \ell_I, \\ \xi_{II} &= \mathbf{y}_{II} / \ell_{II} \\ \xi_{III} &= \mathbf{y}_{III} / \ell_{III} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Ortotropik elastik sabitlerle ilgili boyutsuz parametreler

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{B}}_{ik}^{(j)} &= \frac{\mathbf{B}_{ik}^{(j)}}{\mathbf{B}_{11}^{(1)}} \quad (j = 1, 2, 3 \text{ ve } i, k = 1, 2), \\ \bar{\mathbf{B}}_{\ell\ell}^{(j)} &= \frac{\mathbf{B}_{\ell\ell}^{(j)}}{\mathbf{B}_{11}^{(1)}} \quad (j = 1, 2, 3 \text{ ve } \ell = 1, 2) \end{aligned} \quad (4.6)$$

Plakaların Geometrisi ve Yoğunluğuyla ilgili parametreler

$$\begin{aligned} \bar{\rho}_2 &= \frac{\rho_2}{\rho_1}, & \bar{\rho}_3 &= \frac{\rho_3}{\rho_1}, & \bar{\rho}_1 &= \frac{\rho_1}{\rho_1} = 1 \\ \bar{\mathbf{h}}_2 &= \frac{\mathbf{h}_2}{\mathbf{h}_1}, & \bar{\mathbf{h}}_3 &= \frac{\mathbf{h}_3}{\mathbf{h}_1}, & \bar{\mathbf{h}}_1 &= \frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{h}_1} = 1 \\ \bar{\mathbf{L}}_I &= \frac{\ell_I}{\mathbf{a}}, & \bar{\mathbf{L}}_{II} &= \frac{\ell_{II}}{\mathbf{a}}, & \bar{\mathbf{L}}_{III} &= \frac{\ell_{III}}{\mathbf{a}} \end{aligned} \quad (4.7)$$

ve bütün ortotropik kompozit “Plaka/Panel Sistemi”nin boyutsuz doğal frekans parametresi $\bar{\omega}_{mn}$ aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \bar{\omega}_{mn} &= \rho_1 \mathbf{a}^4 \omega_{mn}^2 / \mathbf{h}_1^2 \mathbf{B}_{11}^{(1)} \\ \bar{\Omega} &= \bar{\omega}_{mn} \end{aligned} \quad (m, n=1, 2, 3 \dots) \quad (4.8)$$

Burada, boyutsuz doğal frekans parametresi, $\bar{\omega}_{mn}$, büyüklüklerine ($\bar{\Omega}_1 < \bar{\Omega}_2 < \bar{\Omega}_3 < \dots$) göre sıralanır. Alt indisler ise birinci, ikinci, üçüncü gibi büyüklük değerleri ifade eder. Boyutsuz doğal frekansları “m” ve “n” değerlerine bağımlı olarak küçükten büyüğe sıralanır.

4.3.2. “Ana PROBLEM I.a” için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”ne İndirgenmesi

Burada, M_y , M_{xy} , Q_y , ψ_x , ψ_y ve W elemanları hakiki “bağımlı değişkenler”.

Eş. (3.2)’de verilen, gerilim bileşenleri ve moment bileşenleri denklemlerinden “Birinci Derece Kısmi Diferansiyel Denklemler”i; boyutsuz bağımsız değişkenlere (ξ ve η)’e göre aşağıdaki gibi yazılabilir,

Kısım I, II, III için

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial \psi_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{1}{B_{22}^{(j)}} \left(\frac{12}{h_j^3} M_y^{(j)} - B_{12}^{(j)} \frac{1}{a} \frac{\partial \psi_x^{(j)}}{\partial \eta} \right) \\
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial \psi_x^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{12}{h_j^{(3)} B_{66}^{(j)}} M_{yx}^{(j)} - \frac{1}{a} \frac{\partial \psi_y^{(j)}}{\partial \eta} \\
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial w^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{1}{\kappa_y^2 h_j B_{44}^{(j)}} Q_y^{(j)} - \frac{\partial \psi_y^{(j)}}{\partial \eta} \\
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial M_{yx}^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{\rho_j h_j^3}{12} \frac{\partial \psi_x^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial M_x^{(j)}}{\partial \eta} + Q_x^{(j)} \\
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial M_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{\rho_j h_j^3}{12} \frac{\partial \psi_y^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial M_{yx}^{(j)}}{\partial \eta} + Q_y^{(j)} \\
 \frac{1}{\ell_k} \frac{\partial Q_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \rho_j h_j \frac{\partial^2 w^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial Q_x^{(j)}}{\partial \eta}
 \end{aligned}
 \quad \begin{aligned}
 &(j=1, 2, 3) \\
 &(k=I, II, III)
 \end{aligned}
 \quad (4.9)$$

burada, üst indis ($j=1, 2, 3$) sırasıyla Kısım I, Kısım II, Kısım III bölgelerini göstermektedir.

Eş. (4.3) ve Eş. (4.4) her ikisi de Eş. (4.9) de kullanılır ve gerekli boyutsuzlaştırmalar Eş. (4.5), (4.6) ve (4.7)’ye göre yapılırsa, “Plaka veya Panel Sistemi” için Kısım I için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” elde edilir.

“Ana PROBLEM I.a” için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”,

Kısım I için,

$$\begin{aligned}
 \frac{d\bar{\Psi}_{mnx}^{(1)}}{d\xi_I} &= \frac{12\bar{L}_I}{\bar{B}_{66}^{(1)}} \left(\frac{h_1}{a} \right)^2 \bar{M}_{mnyx}^{(1)} - \bar{L}_I m \pi \bar{\Psi}_{mny}^{(1)} \\
 \frac{d\bar{\Psi}_{mny}^{(1)}}{d\xi_I} &= \frac{12\bar{L}_I}{\bar{B}_{22}^{(1)}} \left(\frac{h_1}{a} \right)^2 \bar{M}_{mny}^{(1)} + \bar{L}_I \frac{\bar{B}_{12}^{(1)}}{\bar{B}_{22}^{(1)}} m \pi \bar{\Psi}_{mnx}^{(1)} \\
 \frac{d\bar{W}_{mn}^{(1)}}{d\xi_I} &= \bar{L}_I \left(\frac{h_1}{a} \right)^2 \frac{1}{\kappa_y^2 \bar{B}_{44}^{(1)}} \bar{Q}_{mny}^{(1)} - \bar{L}_I \frac{a}{h_1} \bar{\Psi}_{mny}^{(1)} \\
 \frac{d\bar{M}_{mnyx}^{(1)}}{d\xi_I} &= \left(-\frac{\bar{L}_I a^4 \rho_1 \omega_{mn}^2}{12 h_1^2 B_{11}^{(1)}} + \frac{\bar{L}_I}{12} \left(\frac{a m \pi}{h_1} \right)^2 \left(1 - \frac{\left(\bar{B}_{12}^{(1)} \right)^2}{\bar{B}_{22}^{(1)}} \right) \right) \bar{\Psi}_{mnx}^{(1)} \\
 &\quad + \bar{L}_I \left(\frac{a}{h_1} \right)^4 \kappa_x^2 \bar{B}_{55}^{(1)} \\
 &\quad - \bar{L}_I \frac{\bar{B}_{12}^{(1)}}{\bar{B}_{22}^{(1)}} m \pi \bar{M}_{mny}^{(1)} + \left(\bar{L}_I \kappa_x^2 \bar{B}_{55}^{(1)} \left(\frac{a}{h_1} \right)^3 m \pi \right) \bar{W}_{mn}^{(1)} \\
 \frac{d\bar{M}_{mny}^{(1)}}{d\xi_I} &= \left(-\frac{\bar{L}_I a^4 \rho_1 \omega_{mn}^2}{12 h_1^2 B_{11}^{(1)}} \right) \bar{\Psi}_{mny}^{(1)} + \bar{L}_I m \pi \bar{M}_{mnyx}^{(1)} + \left(\bar{L}_I \frac{a}{h_1} \right) \bar{Q}_{mny}^{(1)} \\
 \frac{d\bar{Q}_{mny}^{(1)}}{d\xi_I} &= \left(-\bar{L}_I \frac{a^4 \rho_1 \omega_{mn}^2}{h_1^2 B_{11}^{(1)}} + \bar{L}_I \kappa_x^2 \bar{B}_{55}^{(1)} \left(\frac{a m \pi}{h_1} \right)^2 \right) \bar{W}_{mn}^{(1)} \\
 &\quad + \bar{L}_I \kappa_x^2 \bar{B}_{55}^{(1)} \left(\frac{a}{h_1} \right)^3 m \pi \bar{\Psi}_{mnx}^{(1)}
 \end{aligned} \quad (j=1) \quad (4.10)$$

Bu ifadelerde “mn” alt indislerine sahip değerler, Kısım I, II, III bölgesinde “Ana PROBLEM I.a”nın “boyutsuz temel bağımlı değişkenler”idir.

Sonuç olarak, “Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” kompakt matris yada “durum vektörü” formunda uygun sınır şartları ve süreklilik şartları ile Kısım I için aşağıdaki gibi yazılabilir,

Kısım I için,

$$\frac{d}{d\xi_I} \{\overline{\mathcal{V}}_{mn}^{(1)}\} = [\overline{\mathcal{C}}] \{\overline{\mathcal{V}}_{mn}^{(1)}\}, \quad (0 \leq \xi_I \leq 1) \quad (\text{Kısım I}) \quad (4.11)$$

$\xi_I=0$ ve $\xi_I=1$ deki “Süreklilik Şartları” ile birlikte

burada, $\xi_I = y_I / \ell_I$ dir. Alt indis ilgili ξ_I ve üst indis ($j=1$) plakayı gösterir, “Katsayı Matrisi $[\overline{\mathcal{C}}]$ ” ise (6x6) boyutlu kare matrisidir. Bu matris, plakanın boyutsuz geometrik ve malzeme karakteristiklerini ve bütün kompozit ortotropik “Plaka veya Panel Sistemi”nin boyutsuz doğal frekansı, $\overline{\omega}_{mn}$, nı içerir. Kolon vektörü $\overline{\mathcal{V}}_{mn}^{(j)}$ ($j=1$) ise “durum vektör” ve bunun elemanları “Ana Probleme” ait “boyutsuz temel bağımlı değişkenleri” gösterir ve aşağıdaki gibidir.

$$\{\overline{\mathcal{Y}}_{mn}^{(j)}\} = \{\overline{\Psi}_{mnx}^{(j)}, \overline{\Psi}_{mny}^{(j)}, \overline{W}_{mn}^{(j)}, \overline{M}_{mnxx}^{(j)}, \overline{M}_{mny}^{(j)}, \overline{Q}_{mny}^{(j)}\}^T, \quad (j=1) \quad (4.12)$$

4.3.3. “Plaka Sistemi”nde, Kısım II nin Analizi

Kısım II (Plaka ②) bölgesi için, önceki bölümde olduğu gibi aynı prosedür kullanılarak, “durum vektörü” formunda uygun sınır şartları ve süreklilik şartları ile “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” aşağıdaki gibi yazılabilir,

Kısım II için,

$$\frac{d}{d\xi_{II}} \{\overline{\mathcal{V}}_{mn}^{(2)}\} = [\overline{\mathcal{D}}] \{\overline{\mathcal{V}}_{mn}^{(2)}\}, \quad (0 < \xi_{II} \leq 1) \quad (\text{Kısım II}) \quad (4.13)$$

$\xi_{II}=0$ ’daki Sol mesnet “Sınır Şartları” ve $\xi_{II}=1$ ’deki “Süreklilik Şartları” ile birlikte.

burada, üst indis (j=2) “Plaka”yı gösterir, “Katsayı Matrisi $[\underline{\mathcal{D}}]$ ” ise (6x6) boyutlu kare matrisidir. Bu matris plakanın boyutsuz geometrik ve malzeme karakteristiklerini ve bütün ortotropik kompozit “Plaka veya Panel Sistemi”nin boyutsuz doğal frekansını, $\overline{\omega}_{mn}$, içerir. $\{\underline{\mathcal{V}}_{mn}^{(2)}\}$ ise “durum vektörü” ve buna karşılık gelen “boyutsuz temel bağımlı değişkenleri” içerir. Kolon Matrisi veya “durum vektörü $\{\underline{\mathcal{V}}_{mn}^{(2)}\}$ ” aşağıda olduğu gibidir,

$$\left\{ \underline{\mathcal{Y}}_{mn}^{(j)} \right\} = \left\{ \underline{\Psi}_{mnx}^{(j)}, \underline{\Psi}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(j)}; \overline{\mathbf{M}}_{mnyx}^{(j)}, \overline{\mathbf{M}}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{Q}}_{mny}^{(j)} \right\}^T, \quad (j=2) \quad (4.14)$$

4.3.4. “Plaka Sistemi”nde, Kısım III ün Analizi

Kısım III (Plaka ③) bölgesi için, önceki Kısım I ve Kısım II’de olduğu gibi aynı prosedür kullanılarak, bölgesi için, “durum vektörü” formunda, uygun sınır şartları ile birlikte “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Kısım III için,} \\ \frac{d}{d\xi_{III}} \{\underline{\mathcal{V}}_{mn}^{(3)}\} = [\underline{\mathcal{E}}] \{\underline{\mathcal{V}}_{mn}^{(3)}\}, \quad (0 \leq \xi_{III} < 1) \quad (\text{Sağ Plaka}) \\ \xi_{III}=1\text{'deki Sağ Mesnet “Sınır Şartları” ve } \xi_{III}=0\text{'deki “Süreklilik Şartları”} \\ \text{ile birlikte} \end{array} \right. \quad (4.15)$$

Burada, ξ_{III} ve üst indisli (j=3) ilgili Plaka ③’ü gösterir. “Katsayı Matrisi $[\underline{\mathcal{E}}]$ ” ise (6x6) boyutlu kare matrisidir. Bu matris Plaka ③’ün boyutsuz geometrik ve malzeme karakteristiklerini ve bütün “Plaka Sistemi”nin boyutsuz doğal frekansı $\overline{\omega}_{mn}$ ’ni içerir. $\underline{\mathcal{V}}_{mn}^{(3)}$ ise “durum vektörü” ve buna karşılık “Ana PROBLEM I.a”ya ait “boyutsuz temel bağımlı değişkenler”i içerir. “Kolon Matrisi” veya “durum vektörü $\{\underline{\mathcal{Y}}_{mn}^{(j)}\}$ ” aşağıda olduğu gibidir.

$$\left\{ \overline{\mathbf{Y}}_{mn}^{(j)} \right\} = \left\{ \overline{\Psi}_{mnx}^{(j)}, \overline{\Psi}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(j)}; \overline{\mathbf{M}}_{mnxy}^{(j)}, \overline{\mathbf{M}}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{Q}}_{mny}^{(j)} \right\}^T, \quad (j=3) \quad (4.16)$$

4.3.5 “Ana PROBLEM I.a” için “Yöneten Birinci Mertebe Adi Diferansiyel Denklemleri”nin “Açık Form”da Gösterimi

“Ana PROBLEM I.” için, önceki bölümlerden Eş. (4.11), (4.13), (4.15)’de belirtilen “Yöneten Denklemleri”, Her bir kısım için, aşağıdaki açık Form”da yazılabilir.

Kısım I için,

$$\frac{d}{d\xi_I} \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{mnx}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{M}}_{mnxy}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{M}}_{mny}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{Q}}_{mny}^{(1)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} 0 & \mathbf{c}_{1,2} & 0 & \mathbf{c}_{1,4} & 0 & 0 \\ \mathbf{c}_{2,1} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{c}_{2,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{c}_{3,2} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{c}_{3,6} \\ \hline \mathbf{c}_{4,1} & 0 & \mathbf{c}_{4,3} & 0 & \mathbf{c}_{4,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{c}_{5,2} & 0 & \mathbf{c}_{5,4} & 0 & \mathbf{c}_{5,6} \\ \mathbf{c}_{6,1} & 0 & \mathbf{c}_{6,3} & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{mnx}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{M}}_{mnxy}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{M}}_{mny}^{(1)} \\ \overline{\mathbf{Q}}_{mny}^{(1)} \end{array} \right\} \quad (4.17.a)$$

$(0 \leq \xi_I \leq 1)$ (Plaka ① veya Kısım I)

Kısım I (Plaka ①) ile ilgili “Katsayı Matrisi”nin,

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{1,2} &= -\overline{\mathbf{L}}_1 \mathbf{m} \pi & \mathbf{c}_{1,4} &= \frac{12 \overline{\mathbf{L}}_1}{\overline{\mathbf{B}}_{66}^{(1)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{c}_{2,1} &= \overline{\mathbf{L}}_1 \mathbf{m} \pi \frac{\overline{\mathbf{B}}_{12}^{(1)}}{\overline{\mathbf{B}}_{22}^{(1)}} \\ \mathbf{c}_{2,5} &= \frac{12 \overline{\mathbf{L}}_1}{\overline{\mathbf{B}}_{22}^{(1)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{c}_{3,2} &= -\overline{\mathbf{L}}_1 \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) & \mathbf{c}_{3,6} &= \frac{\overline{\mathbf{L}}_1}{\kappa_y^2 \overline{\mathbf{B}}_{44}^{(1)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 \\ \mathbf{c}_{4,1} &= -\frac{\overline{\mathbf{L}}_1}{12} \overline{\mathbf{\Omega}} + \overline{\mathbf{L}}_1 \kappa_x^2 \overline{\mathbf{B}}_{55}^{(1)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^4 + \frac{\overline{\mathbf{L}}_1}{12} \left(\frac{\mathbf{a} \mathbf{m} \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \left(1 - \frac{\overline{\mathbf{B}}_{12}^{(1)}}{\overline{\mathbf{B}}_{22}^{(1)}} \right) & & & & \\ \mathbf{c}_{4,3} &= \overline{\mathbf{L}}_1 \kappa_x^2 \overline{\mathbf{B}}_{55}^{(1)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 \mathbf{m} \pi & \mathbf{c}_{4,5} &= -\overline{\mathbf{L}}_1 \mathbf{m} \pi \frac{\overline{\mathbf{B}}_{12}^{(1)}}{\overline{\mathbf{B}}_{22}^{(1)}} \\ \mathbf{c}_{5,2} &= -\frac{\overline{\mathbf{L}}_1}{12} \overline{\mathbf{\Omega}} & \mathbf{c}_{5,6} &= \overline{\mathbf{L}}_1 \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) \\ \mathbf{c}_{6,1} &= \kappa_x^2 \overline{\mathbf{L}}_1 \overline{\mathbf{B}}_{55}^{(1)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 \mathbf{m} \pi & \mathbf{c}_{6,3} &= -\overline{\mathbf{L}}_1 \overline{\mathbf{\Omega}} + \overline{\mathbf{L}}_1 \kappa_x^2 \left(\frac{\mathbf{a} \mathbf{m} \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \overline{\mathbf{B}}_{55}^{(1)} \end{aligned} \quad (4.17.b)$$

Kısım II için,

$$\frac{\mathbf{d}}{d\xi_{II}} \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{mnx}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(2)} \\ \overline{W}_{mn}^{(2)} \\ \overline{M}_{mnyx}^{(2)} \\ \overline{M}_{mny}^{(2)} \\ \overline{Q}_{mny}^{(2)} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{d}_{1,2} & 0 & \mathbf{d}_{1,4} & 0 & 0 \\ \mathbf{d}_{2,1} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{d}_{2,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{d}_{3,2} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{d}_{3,6} \\ \mathbf{d}_{4,1} & 0 & \mathbf{d}_{4,3} & 0 & \mathbf{d}_{4,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{d}_{5,2} & 0 & \mathbf{d}_{5,4} & 0 & \mathbf{d}_{5,6} \\ \mathbf{d}_{6,1} & 0 & \mathbf{d}_{6,3} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{mnx}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(2)} \\ \overline{W}_{mn}^{(2)} \\ \overline{M}_{mnyx}^{(2)} \\ \overline{M}_{mny}^{(2)} \\ \overline{Q}_{mny}^{(2)} \end{Bmatrix} \quad (4.18.a)$$

$(0 < \xi_{II} \leq 1)$ (Plaka ② veya Kısım II)

Kısım II (Plaka ②) ile ilgili “Katsayı Matrisi”nin,

$$\begin{aligned} \mathbf{d}_{1,2} &= -\overline{L}_{II} \mathbf{m} \pi & \mathbf{d}_{1,4} &= \frac{12 \overline{L}_{II}}{\overline{B}_{66}^{(2)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{d}_{2,1} &= \overline{L}_{II} \mathbf{m} \pi \frac{\overline{B}_{12}^{(2)}}{\overline{B}_{22}^{(2)}} \\ \mathbf{d}_{2,5} &= \frac{12 \overline{L}_{II}}{\overline{B}_{22}^{(2)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{d}_{3,2} &= -\overline{L}_{II} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) & \mathbf{d}_{3,6} &= \frac{\overline{L}_{II}}{\kappa_y^2 \overline{B}_{44}^{(2)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 \\ \mathbf{d}_{4,1} &= -\frac{\overline{L}_{II}}{12} \overline{\Omega} + \overline{L}_{II} \kappa_x^2 \overline{B}_{55}^{(2)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^4 + \frac{\overline{L}_{II}}{12} \left(\frac{\mathbf{a} \mathbf{m} \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \left(1 - \frac{\overline{B}_{12}^{(2)}}{\overline{B}_{22}^{(2)}} \right) \\ \mathbf{d}_{4,3} &= \overline{L}_{II} \kappa_x^2 \overline{B}_{55}^{(2)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 \mathbf{m} \pi & \mathbf{d}_{4,5} &= -\overline{L}_{II} \mathbf{m} \pi \frac{\overline{B}_{12}^{(2)}}{\overline{B}_{22}^{(2)}} \\ \mathbf{d}_{5,2} &= -\frac{\overline{L}_{II}}{12} \overline{\Omega} & \mathbf{d}_{5,6} &= \overline{L}_{II} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) \\ \mathbf{d}_{6,1} &= \kappa_x^2 \overline{L}_{II} \overline{B}_{55}^{(2)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 \mathbf{m} \pi & \mathbf{d}_{6,3} &= -\overline{L}_{II} \overline{\Omega} + \overline{L}_{II} \kappa_x^2 \left(\frac{\mathbf{a} \mathbf{m} \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \overline{B}_{55}^{(2)} \end{aligned} \quad (4.18.b)$$

Kısım III için,

$$\frac{\mathbf{d}}{d\xi_{III}} \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{mnx}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(3)} \\ \overline{W}_{mn}^{(3)} \\ \overline{M}_{mnyx}^{(3)} \\ \overline{M}_{mny}^{(3)} \\ \overline{Q}_{mny}^{(3)} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{e}_{1,2} & 0 & \mathbf{e}_{1,4} & 0 & 0 \\ \mathbf{e}_{2,1} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{e}_{2,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{e}_{3,2} & 0 & 0 & 0 & \mathbf{e}_{3,6} \\ \hline \mathbf{e}_{4,1} & 0 & \mathbf{e}_{4,3} & 0 & \mathbf{e}_{4,5} & 0 \\ 0 & \mathbf{e}_{5,2} & 0 & \mathbf{e}_{5,4} & 0 & \mathbf{e}_{5,6} \\ \mathbf{e}_{6,1} & 0 & \mathbf{e}_{6,3} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{mnx}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{mny}^{(3)} \\ \overline{W}_{mn}^{(3)} \\ \overline{M}_{mnyx}^{(3)} \\ \overline{M}_{mny}^{(3)} \\ \overline{Q}_{mny}^{(3)} \end{Bmatrix} \quad (4.19.a)$$

($0 \leq \xi_{III} < 1$) (Plaka ③ veya Kısım III)

Kısım III (Plaka ③) ile ilgili “Katsayı Matrisi”nin,

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_{1,2} &= -\overline{L}_{III} m \pi & \mathbf{e}_{1,4} &= \frac{12 \overline{L}_{III}}{\overline{B}_{66}^{(3)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{e}_{2,1} &= \overline{L}_{III} m \pi \frac{\overline{B}_{12}^{(3)}}{\overline{B}_{22}^{(3)}} \\ \mathbf{e}_{2,5} &= \frac{12 \overline{L}_{III}}{\overline{B}_{22}^{(3)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 & \mathbf{e}_{3,2} &= -\overline{L}_{III} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) & \mathbf{e}_{3,6} &= \frac{\overline{L}_{III}}{\kappa_y^2 \overline{B}_{44}^{(3)}} \left(\frac{\mathbf{h}_1}{\mathbf{a}} \right)^2 \\ \mathbf{e}_{4,1} &= -\frac{\overline{L}_{III}}{12} \overline{\Omega} + \overline{L}_{III} \kappa_x^2 \overline{B}_{55}^{(3)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^4 + \frac{\overline{L}_{III}}{12} \left(\frac{\mathbf{a} m \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \left(1 - \frac{\overline{B}_{12}^{(3)}}{\overline{B}_{22}^{(3)}} \right) \\ \mathbf{e}_{4,3} &= \overline{L}_{III} \kappa_x^2 \overline{B}_{55}^{(3)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 m \pi & \mathbf{e}_{4,5} &= -\overline{L}_{III} m \pi \frac{\overline{B}_{12}^{(3)}}{\overline{B}_{22}^{(3)}} \\ \mathbf{e}_{5,2} &= -\frac{\overline{L}_{III}}{12} \overline{\Omega} & \mathbf{e}_{5,2} &= \overline{L}_{III} m \pi & \mathbf{e}_{5,6} &= \overline{L}_{III} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right) \\ \mathbf{e}_{6,1} &= \kappa_x^2 \overline{L}_{III} \overline{B}_{55}^{(3)} \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{h}_1} \right)^3 m \pi & \mathbf{e}_{6,3} &= -\overline{L}_{III} \overline{\Omega} + \overline{L}_{III} \kappa_x^2 \left(\frac{\mathbf{a} m \pi}{\mathbf{h}_1} \right)^2 \overline{B}_{55}^{(3)} \end{aligned} \quad (4.19.b)$$

$x=0$ ve $x=a$ da ki sınır şartları, “Klasik Lévy Metodu” çözümdeki trigonometrik açılım tarafından sağlanmıştır. “Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem

Sistemi”ni çözmek için “Uygun Sınır Şartları” ve “Süreklilik Şartları” gerekir. Bunlar aşağıda verildiği gibidir:

(F) (Serbest Mesnet)	$\overline{\mathbf{M}}_{yx}^{(j)} = \overline{\mathbf{M}}_y^{(j)} = \overline{\mathbf{Q}}_y^{(j)} = 0$	
(S) (Basit Mesnet)	$\overline{\mathbf{w}}^{(j)} = \overline{\boldsymbol{\Psi}}_x^{(j)} = \overline{\boldsymbol{\Psi}}_x^{(j)} = 0$	(j=1,2) (4.20)
(C) (Ankastre Mesnet)	$\overline{\mathbf{w}}^{(j)} = \overline{\boldsymbol{\Psi}}_x^{(j)} = \overline{\mathbf{M}}_y^{(j)} = 0$	

Kısım II ve I arasındaki “Süreklilik Şartları”,	
$\{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{\xi_{II}=1}^{(2)}\} = \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{\xi_I=0}^{(1)}\}$	(4.21)

Kısım I ve III arasındaki “Süreklilik Şartları”,	
$\{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{\xi_I=1}^{(1)}\} = \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{\xi_{III}=0}^{(3)}\}$	(4.22)

Özet olarak, “Ana PROBLEM I.a” için olan “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”, bir set veya takım olarak aşağıda verildiği gibidir:

$\frac{d}{d\xi_I} \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(1)}\} = [\overline{\mathbf{C}}] \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(1)}\}, \quad (0 \leq \xi_I \leq 1)$	(Kuvvetlen. Plaka veya Kısım I)
$\frac{d}{d\xi_{II}} \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(2)}\} = [\overline{\mathbf{D}}] \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(2)}\}, \quad (0 < \xi_{II} \leq 1)$	(Sol Plaka veya Kısım II)
$\frac{d}{d\xi_{III}} \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(3)}\} = [\overline{\mathbf{E}}] \{\overline{\boldsymbol{\nu}}_{mn}^{(3)}\}, \quad (0 \leq \xi_{III} < 1)$	(Sağ Plaka veya Kısım III)

(4.23.a,b,c)

Kısım I, II ve III için, “Uygun Sınır Şartları” ve “Süreklilik Şartları” ile yukarıda verilen denklem takımları yazılabilir.

Yukarıda verilen denklemler ile uygun sınır ve süreklilik şartları hep birlikte teorik mekanikte “İki-Nokta Sınır Değeri Problemi (Two-Point Boundary Value

Problem)” yaratır. Buda daha önce bahsedilen “Ana PROBLEM I.a” karşılık gelir.

“Modifiye Transfer Matris Metodu”nun kullanılması ile önce boyutsuz doğal frekanslar nümerik olarak hesaplanır. Sonrada, (4.23.a,b,c) denklemleri boyutsuz doğal frekansları kullanarak sayısal olarak çözülür.

Yukarıdaki tırnak içerisinde “Birinci Dereceden Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” içinde geçerlidir.

“Plaka Sistemi”nin izotropik Al- Alloy olması halinde malzeme karakteristikleri (elastik sabitler vs.) Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. “Plaka Sistemi”nde ortotropik (kompozit) malzemeler kullanılması halinde, malzeme karakteristikleri Çizelge 6.1’de belirtilmiştir. Bu çalışmadaki nümerik hesaplamalarda bu malzemeler kullanılacaktır.

4.4. “Ana PROBLEM I.b”nin Teorik Analizi ve Formulasyonu

Burada daha önceki kısımda tanımlanan “Ana PROBLEM I.b” plaka sisteminin teorik analizi ve daha sonra bu “Tez”de kullanılan “Çözüm Metodu” (i.e. (MTMM)) için “Bölgesel Parçalama Tekniği (Domain Decomposition Technique)” kullanılacaktır. Buna göre Şekil 3.3’de de gösterilen “Plaka Sistemi” üç plakaya bölünecektir. Başka ifade ile bütün sistem Plaka 1, Plaka 2 ve Plaka 3’ye Şekil 3.3’de görüldüğü gibi bölünecektir. Bu plakalar boyuna kısıtte Kısım I, Kısım II ve Kısım III diye de tanımlanmaktadır.

4.4.1. “Plaka Sistemin”de Kısım I, Kısım II ve Kısım III’ün Analizi

Burada, “Ana PROBLEM I.b”de “Tek Kuvvetlendirici (yanda)” hali incelenecektir. Bu sistemin genel konfigürasyonu, geometrisi, malzeme

doğrultuları, koordinat sistemleri ve boyuna kesiti Şekil 3.3’de detaylı olarak gösterilmiştir.

“Kuvvetlendirici Plaka” yanda olmak üzere Kısım I, Kısım II ve Kısım III için Mindlin dinamik diferansiyel denklemleri, daha önceki bölümde Eş. (4.1.a), (4.1.b), (4.1.c)’de verildiği gibidir.

Sınır şartları olarak bu problemlerde de $x=0$ ve $x=a$ daki kenarlarda “Basit Mesnetler (SS)” Eş. (4.2)’de verildiği gibidir.

Bu mesnet veya sınır şartlarına bağlı olarak “Klasik Levy Metodu” kullanılmasıyla, “Plaka Sistemi”nde her plakanın “Yer Değiştirme ve Dönme Açıları” Fourier Serileri şeklinde Eş. (4.3)’de olduğu gibidir.

Benzer şekilde, “Klasik Levy Metodu”na göre “Gerilme Bileşenleri” de Fourier Serileri olarak Eş. (4.4)’da verilmiştir.

Esas diferansiyel denklemlerin boyutsuz hale getirilmesi için, bu problem için de “Ana PROMLEM I.a” ye benzer şekilde “referans parametreleri (veya büyüklükleri)” olarak Plaka 1’e ait “ $\mathbf{B}_{11}^{(1)}$ ”, “ $\mathbf{h}_1$ ”, “ $\mathbf{p}_1$ ”, “ $\mathbf{a}$ ” seçilmiştir. ayrıca, bu problemde de, y-doğrultusunda uzunluklar için “referans parametreleri” olarak ℓ'_I , ℓ'_{II} , ℓ'_{III} seçilmiştir. bunlara göre,

Boyutsuz Koordinatlar

$$\eta = x / a$$

$$\xi_I = y_I / \ell'_I$$

$$\xi_{II} = y_{II} / \ell'_{II}$$

$$\xi_{III} = y_{III} / \ell'_{III}$$

(4.24)

Ortotropik elastik sabitlerle ilgili boyutsuz parametreler

$$\left| \begin{aligned} \bar{\mathbf{B}}_{ik}^{(j)} &= \frac{\mathbf{B}_{ik}^{(j)}}{\mathbf{B}_{11}^{(1)}} & (j=1,2,3 \text{ ve } i,k=1,2), \\ \bar{\mathbf{B}}_{\ell\ell}^{(j)} &= \frac{\mathbf{B}_{\ell\ell}^{(j)}}{\mathbf{B}_{11}^{(1)}} & (j=1,2,3 \text{ ve } \ell=1,2) \end{aligned} \right. \quad (4.25)$$

Plakaların Geometrisi ve Yoğunluğuyla ilgili parametreler

$$\left| \begin{aligned} \bar{\rho}_2 &= \frac{\rho_2}{\rho_1}, & \bar{\rho}_3 &= \frac{\rho_3}{\rho_1}, & \bar{\rho}_1 &= \frac{\rho_1}{\rho_1} = 1 \\ \bar{h}_2 &= \frac{h_2}{h_1}, & \bar{h}_3 &= \frac{h_3}{h_1}, & \bar{h}_1 &= \frac{h_1}{h_1} = 1 \\ \bar{L}_I &= \frac{\ell'_I}{a}, & \bar{L}_{II} &= \frac{\ell'_{II}}{a}, & \bar{L}_{III} &= \frac{\ell'_{III}}{a} \end{aligned} \right. \quad (4.26)$$

ve bütün ortotropik (kompozit) “Plaka veya Panel Sistemi”nin boyutsuz doğal frekans parametresi $\bar{\omega}_{mn}$ aşağıdaki gibidir.

$$\left| \begin{aligned} \bar{\omega}_{mn} &= \rho_1 a^4 \omega_{mn}^2 / h_1^2 \mathbf{B}_{11}^{(1)} \\ \bar{\Omega} &= \bar{\omega}_{mn} \end{aligned} \right. \quad (m, n=1,2,3...) \quad (4.27)$$

yuakrındaki boyutsuz doğal frekanslar ilerideki bölümlerde çözüm metoduna dayanarak önce $m=1,2,3...$ değerleri verilerek nümerik olarak bulunan frekanslar büyüklük sırasına göre $n=1,2,3,...$ değerleri verilerek $(\bar{\Omega}_1 < \bar{\Omega}_2 < \bar{\Omega}_3 < ...)$ yazılır.

4.4.2. “Ana PROBLEM I.b” için “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”ne indirgenmesi

“Ana PROBLEM I.a” için daha önceki bölüm (4.3.2)’de yapıldığı gibi, buradaki problem için de Mindlin dinamik denklem takımları, gerilim bileşenleri, yer değiştirme ve dönme açıları bazı kombinasyonlar ve manipulasyonlarla “Yöneten Birinci Derece Kısmi Diferansiyel Denklemlere”

indirgenebilir. Bunlar “Ana PROBLEM I.b” için “bağımlı değişkenler” içeren “durum vektörleri” cinsinden aşağıdaki gibi yazılır:

Kısım I, II, III için

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial \Psi_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{1}{B_{22}^{(j)}} \left(\frac{12}{h_j^3} M_y^{(j)} - B_{12}^{(j)} \frac{1}{a} \frac{\partial \Psi_x^{(j)}}{\partial \eta} \right) \\
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial \Psi_x^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{12}{h_j^{(3)} B_{66}^{(j)}} M_{yx}^{(j)} - \frac{1}{a} \frac{\partial \Psi_y^{(j)}}{\partial \eta} \\
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial w^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{1}{\kappa_y^2 h_j B_{44}^{(j)}} Q_y^{(j)} - \frac{\partial \Psi_y^{(j)}}{\partial \eta} \\
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial M_{yx}^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{\rho_j h_j^3}{12} \frac{\partial \Psi_x^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial M_x^{(j)}}{\partial \eta} + Q_x^{(j)} \\
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial M_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \frac{\rho_j h_j^3}{12} \frac{\partial \Psi_y^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial M_{yx}^{(j)}}{\partial \eta} + Q_y^{(j)} \\
 \frac{1}{\ell'_k} \frac{\partial Q_y^{(j)}}{\partial \xi_k} &= \rho_j h_j \frac{\partial^2 w^{(j)}}{\partial t^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial Q_x^{(j)}}{\partial \eta}
 \end{aligned}
 \quad \begin{aligned}
 &(j=1, 2, 3) \\
 &(k=I, II, III)
 \end{aligned}
 \quad (4.28)$$

yukarıdaki “Kısmi Diferansiyel Denklem Sistemi”nde üst indis (j=1,2,3) plakalara ve alt indis (k=I, II, III)Kısımlara karşı gelmektedir.

“Klasik Levy Metodu”nun gerektirdiği ve $x=0$ ve $x=a$ ’da “Basit Mesnet” şartlarını sağlayan Fourier serileri şeklindeki gerilme bileşenleri, yerdeğiştirme ve açılar (bkz. Eş. (4.3) ve Eş. (4.4)) yukarıdaki “Kısmi Diferansiyel Denklem Sistemi” içine sokulursa Kısım I, II, III için ayrı ayrı “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi”ne indirgenir.

Böylece, özet olarak, “Ana PROBLEM I.b” için boyutsuz “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Sistemi” bir set veya takım olarak aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}
\frac{d}{d\xi_I} \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(1)}\} &= [\overline{\mathbf{C}}'] \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(1)}\}, \quad (0 \leq \xi_I \leq 1) \quad (\text{Kuvvetlen. Plaka veya Kısım I}) \\
\frac{d}{d\xi_{II}} \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(2)}\} &= [\overline{\mathbf{D}}'] \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(2)}\}, \quad (0 < \xi_{II} \leq 1) \quad (\text{Sol Plaka veya Kısım II}) \\
\frac{d}{d\xi_{III}} \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(3)}\} &= [\overline{\mathbf{E}}'] \{\overline{\mathbf{v}}_{mn}^{(3)}\}, \quad (0 \leq \xi_{III} < 1) \quad (\text{Sağ Plaka veya Kısım III})
\end{aligned}
\tag{4.29.a,b,c}$$

Kısım I, II ve III için, “Uygun Sınır Şartları” ve “Süreklilik Şartları” ile yukarıdaki denklem takımı yazılabilir.

Burada boyutsuz “durum vektörü” ve içerdiği problemin “boyutsuz bağımlı değişkeleri”,

$$\{\overline{\mathbf{Y}}_{mn}^{(j)}\} = \{\overline{\Psi}_{mnx}^{(j)}, \overline{\Psi}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{W}}_{mn}^{(j)}; \overline{\mathbf{M}}_{mnx}^{(j)}, \overline{\mathbf{M}}_{mny}^{(j)}, \overline{\mathbf{Q}}_{mny}^{(j)}\}^T, \quad (j=1,2,3) \tag{4.30}$$

yukarıda verilen “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” ile “Uygun Sınır Şartları” ve “Süreklilik Şartları”, hep beraber Teorik Mekanik ve Matematikte “İki-Nokta Sınır Değer Problemi (Two-Point Boundary Value Problem)”i yaratır. Bu sistem “Ana PROBLEM I.b”i yaratır. Bu sistem “Ana PROBLEM I.b”ye karşılık gelir.

“Mesnet veya Sınır Şartları” önceki bölümde verilen Eş. (4.14) ile aynıdır. “Süreklilik Şartları” ise yine önceki bölümde Eş. (4.21) ve Eş. (4.22)’da verildiği gibidir.

Yukarıdaki tırnak içerisinde “Birinci Dereceden Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)” içinde geçerlidir.

“Plaka Sistemi”nin izotropik Al-Alloy olması halinde malzeme karakteristikleri (elastik sabitler vs.) Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. “Plaka Sistemi”nde ortotropik (kompozit) malzemeler kullanılması halinde, malzeme karakteristikleri Çizelge 6.2’de belirtilmiştir. Bu çalışmadaki nümerik hesaplamalarda bu malzemeler kullanılacaktır.

5. “Ana PROPLEMLER” için ÇÖZÜM METODU

5.1. Çözüm Metodu Hakkında Bazı Bilgiler

Plakaların “Başlangıç ve Sınır Değeri Problem (Initial and Boundary Value Problem)” çözümleri için çeşitli nümerik metotlar ve yaklaşık olan çözüm metotları geliştirilmiştir. Mühendislik ve bilimsel literatürlerde kullanıma açık olanlarında çok az sayıda nümerik çözümler ve çözüm metotları mevcuttur. Bunlar daha çok yaklaşık (approximate) metotlardır ve “Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”ne dayanmaktadır.

Bu “Tez”de, “Çözüm Metodu” olarak “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” kullanılmıştır. Bu metot oldukça yeni bir çözüm tekniğidir. Yüceoğlu ve Özerçiyes [55-63,65,66] tarafından geliştirilmiştir. Bu metodun daha önceki şekli Yüceoğlu et al [71,72]’de ilk defa verilmiştir. İlaveten, Yüceoğlu et al [64-68,70] ve Yüceoğlu ve Güvendik [69] tarafından bazı yapıştırıcı ile bağlanmış plaka problemlerinde de kullanılmıştır. “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)”nın değişik versiyonları Yüceoğlu ve Özerçiyes [55-63,65,66], tarafından geliştirilmiştir.

Geliştirilmiş olan (MTMM) Metodu”nın değişik versiyonları aşağıda belirtildiği gibidir (bkz. Yüceoğlu ve Özerçiyes [55-63,65,66]):

- “MTMM – (Interpolasyon Polinomlu)”
- “MTMM – (Chebyshev Polinomlu)”
- “MTMM – (Eigen Value Yaklaşımı)”

Bu çözüm metotları, plaka ve panellerin titreşim problemlerine uygulanabilen yarı analitik ve yarı nümerik, ve ayrıca hassasiyeti (accuracy) yüksek olan çözüm teknikleridir.

Bu “Tez”de, yukarıda bahsedilen ilk metot olan MTMM – Interpolasyon Polinomlu kullanılmıştır. İleri deki bölümde “Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b” için çözüm metodu sistematik olarak uygulanacaktır.

5.2. “Ana PROBLEMLER” için Çözüm Metodu

5.2.1. “Ana PROBLEM I.a” için Çözüm Metodu

Bu bölümde “Ana PROBLEM I.a” için mevcut çözüm tekniğinin uygulanması detaylı olarak açıklanacaktır. “Ana PROBLEM I.a ve I.b” arasında hiçbir farklılık gözetilmeyecektir. Birinci derece genel diferansiyel operatörü elimine etmek ve “temel bağımlı değişkenler”i oluşturmak için, başlangıç adım olarak, Eş. (4.11), (4.13) ve (4.15) de olduğu gibi, bir “durum vektörü” formunda, “Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklemler Sistemi” yazılmıştır. Bu denklemde sadece tek adım nümerik integrasyon gerekmektedir. Bu da mevcut çözüm metodunun avantajlarından biridir. “Durum vektörleri”nin bilinmeyenleri ile birlikte, denklem sisteminin tüm seti kompakt matris formunda ve “Katsayı Matrisleri” $[\bar{C}]$, $[\bar{D}]$, $[\bar{E}]$ şeklinde yazılabilir. Daha önce belirtildiği gibi, bu setlerin tamamı “İki-Nokta Sınır Değeri Problemi (Two-Point Boundary Value Problem)” oluşturur.

“Yönetici Birinci Derece Adi Diferansiyel Sistem”

$$\frac{d}{d\xi_I} \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(1)}\} = [\bar{C}] \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(1)}\}, \quad (0 \leq \xi_I \leq 1) \quad (\text{Kısım I}) \quad (5.1a)$$

$$\frac{d}{d\xi_{II}} \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(2)}\} = [\bar{D}] \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(2)}\}, \quad (0 < \xi_{II} \leq 1) \quad (\text{Kısım II}) \quad (5.1b)$$

$$\frac{d}{d\xi_{III}} \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(3)}\} = [\bar{E}] \{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(3)}\}, \quad (0 \leq \xi_{III} < 1) \quad (\text{Kısım III}) \quad (5.1c)$$

Kısım I, Kısım II, Kısım III için uygun sınır şartlarında ve süreklilik şartları altında yukarıda verilen üç eşitlik yazılabilir.

“Kolan Matrisi “ $\{\bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(j)}\}$, ($j=1,2,3$) ise “durum vektörü”dür. Bunlar “Ana PROBLEMLER”in boyutsuz temel bağımlı değişkenlerini içerir.

$$\left\{ \bar{\mathbf{v}}_{mn}^{(j)} \right\} = \left\{ \bar{\Psi}_{mnx}^{(j)}, \bar{\Psi}_{mny}^{(j)}, \bar{W}_{mn}^{(j)}, \bar{M}_{mnyx}^{(j)}, \bar{M}_{mny}^{(j)}, \bar{Q}_{mny}^{(j)} \right\}^T \quad (j=1,2,3) \quad (5.2)$$

Burada ξ_I , ξ_{II} , ξ_{III} ’ler y_I / ℓ_I , y_{II} / ℓ_{II} , y_{III} / ℓ_{III} ’lere eşittir. “Katsayı Matrisi $[\bar{\mathcal{C}}]$ ” ise (6x6)’lık matris olup, plaka boyutsuz geometrik ve malzeme karakteristikleri ve kompozit plaka sisteminin bilinmeyen boyutsuz doğal frekans parametreleri, $\bar{\omega}_{mn}$ ’yi içerir. Benzer olarak, “Katsayı Matrisi $[\bar{\mathcal{D}}]$ ” ve “Katsayı Matrisi $[\bar{\mathcal{E}}]$ ”nin her ikisi de (6x6)’lık boyutta olup, sırasıyla, Kısım II bölgesindeki ikinci plaka ve Kısım III bölgesindeki üçüncü plakanın boyutsuz geometrik ve malzeme karakteristikleri ve sistemin bilinmeyen boyutsuz doğal frekans parametreleri, $\bar{\omega}_{mn}$ ’yi içerir.

Sonraki adım, Eş. 5.1’deki problemin temel bağımlı değişkenleri ve Katsayı matrisi için, sırasıyla, Kısım I, II, III boyunca bağımsız boyutsuz koordinatlar ξ_I , ξ_{II} , ξ_{III} , yönünde yeterli sayıda segment yada istasyonlara bölünür ve sonra “Katsayı Matrisleri” istasyonlara bölünmüş hali “Integrating Matris $[\mathcal{L}]$ ” ile ön-çarpılır. Bu “Integrating Matrisleri” ise “Integrating Alt-Matrisleri $[\ell]$ ” içerir. Buradaki, “mn” alt indisler eşitliklerinde manipstasyon kolaylığı için kaldırılabilir. O halde,

$$\left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_I}^{(1)} \right\} - \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_I=0}^{(1)} \right\} = [\mathcal{L}_I] [\bar{\mathcal{C}}] \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}^{(1)} \right\}, \quad (0 \leq \xi_I \leq 1) \quad (\text{Kısım I}) \quad (5.3)$$

$$\left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_{II}}^{(2)} \right\} - \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_{II}=0}^{(2)} \right\} = [\mathcal{L}_{II}] [\bar{\mathcal{D}}] \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}^{(2)} \right\}, \quad (0 < \xi_{II} \leq 1) \quad (\text{Kısım II}) \quad (5.4)$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım III için} \\ \left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{\text{III}}}^{(3)} \right\} - \left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{\text{III}}=0}^{(3)} \right\} = [\mathcal{L}_{\text{III}}] \left[\dot{\mathcal{E}} \right] \left\{ \dot{\mathbf{v}}^{(3)} \right\}, \quad (0 \leq \xi_{\text{III}} < 1) \quad (\text{Kısım III}) \end{array} \right. \quad (5.5)$$

olur. Burada, $[\mathcal{L}]$ 'deki alt indisler, "I, II, III", integrasyon işleminin Kısım I, II ve III için oluşturulduğunu gösterir. Ayrıca, $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_k}^{(j)} \right\}$, ($j=1,2,3$), ($k=I,II,III$), ise "durum vektörü" $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\text{mm}}^{(j)} \right\}$ 'nün istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş) halidir. $\left[\dot{\mathcal{C}} \right]$, $\left[\dot{\mathcal{D}} \right]$, $\left[\dot{\mathcal{E}} \right]$ Matrislerindeki "•" işareti bu "Katsayı Matrisleri"nin istasyonlara bölünmesinin (diskritize edilmesinin) ξ -doğrultusu boyunca yapılacağını gösterir.

Kısım I, II ve III için, "durum vektörü" $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_k}^{(j)} \right\}$ ($j=1,2,3$), ($k=I,II,III$),) olarak verilmiştir. Burada, Eş. (5.3)'deki, $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_I=0}^{(1)} \right\}$, "durum vektörü"nün Kısım I'de "başlangıç uç noktası $\xi_I=0$ "ndaki değerleri ve $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_I}^{(1)} \right\}$ aynı vektörün Kısım I'in "keyfi veya genel bir noktasın $\xi_I=\xi_I$ "daki değerini gösterir.

Benzer olarak Eş. (5.4)'deki $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{II}=0}^{(2)} \right\}$, "durum vektörü"nün Kısım II'de "başlangıç uç noktası $\xi_{II}=0$ "daki değerini, ve $\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{II}}^{(2)} \right\}$, aynı vektörün Kısım

II'de, "keyfi veya genel bir noktası $\xi_{II}=\xi_{II}$ "daki değerini gösterir. Eş. (5.5)'de benzer şekilde Kısım III için yazılmıştır. Bütün yukarıdaki denklemlerde ($j=1,2,3$), Plaka 1, Plaka ' ve Plaka 3'ü göstermektedir. Yine yukarıdaki denklemlerde ($k=I,II,III$), Kısım I, Kısım II, Kısım III'ü gösterir.

Burada, “keyfi veya genel bir istasyonda” ve “başlangıç uç noktası” arasında istasyonlara bölünmüş veya diskritize edilmiş “durum vektörleri”nin detaylandırılmış formları aşağıda verildiği gibidir:

Genel bir “istasyon” ile “başlangıç uç noktası” arasında istasyonlara bölünmüş “durum vektörleri”i

$$\left\{ \dot{\mathcal{V}}_{\xi_I}^{(1)} \right\} = \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{x_2}^{(1)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{x_{n1}}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{y_2}^{(1)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{y_{n1}}^{(1)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_1}^{(1)} \\ \overline{Q}_{y_2}^{(1)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_{n1}}^{(1)} \end{Bmatrix}, \quad \left\{ \dot{\mathcal{V}}_{\xi_{II}}^{(2)} \right\} = \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{x_2}^{(2)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{x_{n2}}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_2}^{(2)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{y_{n2}}^{(2)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{Q}_{y_2}^{(2)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_{n2}}^{(2)} \end{Bmatrix}, \quad \left\{ \dot{\mathcal{V}}_{\xi_{III}}^{(3)} \right\} = \begin{Bmatrix} \overline{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{x_2}^{(3)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{x_{n3}}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{y_2}^{(3)} \\ \vdots \\ \overline{\Psi}_{y_{n3}}^{(3)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_1}^{(3)} \\ \overline{Q}_{y_2}^{(3)} \\ \vdots \\ \overline{Q}_{y_{n3}}^{(3)} \end{Bmatrix} \quad (5.6.a)$$

$$\left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(1)} \right\} = \begin{Bmatrix} \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\bar{Q}}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \end{Bmatrix}, \quad \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(2)} \right\} = \begin{Bmatrix} \bar{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\bar{Q}}_{y_1}^{(2)} \\ \bar{Q}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(2)} \end{Bmatrix}, \quad \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(3)} \right\} = \begin{Bmatrix} \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\bar{Q}}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \end{Bmatrix} \quad (5.6.b)$$

Yukarıda, Eş. (5.6.b)'de “konum vektörleri” aşağıdaki gibi “başlangıç uç noktası”ndaki değerleriyle aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$\left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_i=0}^{(1)} \right\} = \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(1)} \right\}, \quad \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_{ii}=0}^{(1)} \right\} = \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(2)} \right\}, \quad \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_{\xi_{iii}=0}^{(1)} \right\} = \left\{ \dot{\bar{\mathbf{v}}}_1^{(3)} \right\} \quad (5.6.c)$$

Benzer şekilde Kısım I için, “Katsayı Matrisi”nin istasyonlara bölünmesi (diskritize edilmesi),

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{1,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{1,2} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{1,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{2,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{6,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{C}}_{6,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

Kısım II için, “Katsayı Matrisi”nin istasyonlara bölünmesi (diskrize edilmesi),

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{1,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{1,2} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{1,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{2,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{6,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{D}}_{6,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Kısım III için, “Katsayı Matrisi”nin istasyonlara bölünmesi (diskrize edilmesi),

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{1,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{1,2} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{1,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{2,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{6,1} \end{bmatrix}_{n \times n} & \cdot & \cdot & \cdot & \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{E}}_{6,6} \end{bmatrix}_{n \times n} \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

Yukarıdaki matrislerde, (Eşitlik, 5.6, 5.7, 5.8 ve 5.9), ikinci alt indisler istasyon noktasını göstermektedir. $[C_{i,j}]$, $[D_{i,j}]$, $[E_{i,j}]$ ise diagonal alt-matrislerdir ve ilgili katsayı matrislerinin elemanlarıdır.

Burada “genel istasyon”daki “durum vektörü”, Kısım I, için ξ_I boyunca, Kısım II, için ξ_{II} boyunca ve Kısım III, için ξ_{III} boyunca keyfi bir istasyondaki “durum vektörü”nü ifade eder. Aynı şekilde, “başlangıç uç noktası”ndaki “durum vektörü” Kısım I için $\xi_I = 0$ da, Kısım II için $\xi_{II} = 0$ da, Kısım III için $\xi_{III} = 0$ da “durum vektörünü” belirtir. Bu iki “durum vektörü” arasındaki ilişki Kısım I için, yukarıdaki eşitlikler tekrar düzenlenerek aşağıdaki gibi yazılabilir. Buna göre Eş. (5.3)’den elde edilebilir.

Kısım I için,

$$\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_I}^{(1)} \right\} = \left[\dot{\mathbf{z}} \right] \left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_I=0}^{(1)} \right\}, \quad (\text{Kısım I}) \quad (5.10)$$

Burada, Kısım I için, $\left[\dot{\mathbf{z}} \right]$ istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş)

“Modifiye Transfer Matris”tir ve,

$$\left[\dot{\mathbf{z}} \right] = \left((I) - [L_I] \left[\dot{\mathbf{c}} \right] \right)^{-1} \quad (5.11)$$

dir.

Benzer şekilde, Eş. (5.4)'den,

Kısım II için

$$\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{II}}^{(2)} \right\} = \left[\dot{\mathbf{v}} \right] \left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{II}=0}^{(2)} \right\}, \quad (\text{Kısım II}) \quad (5.12)$$

Burada, Kısım II için, $\left[\dot{\mathbf{v}} \right]$ istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş)

“Modifiye Transfer Matris”tir ve,

$$\left[\dot{\mathbf{v}} \right] = \left((\mathbf{I}) - [\mathcal{L}_{II}] \left[\dot{\mathcal{D}} \right] \right)^{-1} \quad (5.13)$$

dir.

Benzer şekilde, Eşitlik 5.5'den,

Kısım III için

$$\left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{III}}^{(3)} \right\} = \left[\dot{\mathbf{w}} \right] \left\{ \dot{\mathbf{v}}_{\xi_{III}=0}^{(3)} \right\}, \quad (\text{Kısım III}) \quad (5.14)$$

Burada, Kısım III için, $\left[\dot{\mathbf{w}} \right]$ istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş) “

“Modifiye Transfer Matris”tir ve,

$$\left[\dot{\mathbf{w}} \right] = \left((\mathbf{I}) - [\mathcal{L}_{III}] \left[\dot{\mathcal{E}} \right] \right)^{-1} \quad (5.15)$$

dir.

Yukarıdaki eşitliklerde daha önce belirtildiği gibi $[\mathcal{L}_I]$, $[\mathcal{L}_{II}]$ ve $[\mathcal{L}_{III}]$, Kısım I, Kısım II ve Kısım III için “Integrating Matrisler”dir.

Burada, “genel bir istasyon”da ($\xi_I = \xi_I$, $\xi_{II} = \xi_{II}$, $\xi_{III} = \xi_{III}$ de) ve “başlangıç uç noktası”nda ($\xi_I = 0$, $\xi_{II} = 0$, $\xi_{III} = 0$ da) arasında, “Modifiye Transfer Matris”in

istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş) hali açık form olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

Kısım I için,

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{x_2}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_w}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_2}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_{n1}}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{Q}_{y_2}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_{n1}}^{(1)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccccccc} \dot{z}_{1,1} & \dot{z}_{1,1} & \cdot & \cdot & \dot{z}_{1,1} \\ \dot{z}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \dot{z}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \dot{z}_{1,1} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(1)} \end{array} \right\} \quad (5.16)$$

Kısım II için,

$$\left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{x_2}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{\Psi}_{x_{n^2}}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_2}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{\Psi}_{y_{n^2}}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{Q}_{y_2}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_{n^2}}^{(2)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{cccc} \dot{\overline{\nu}}_{1,1} & \dot{\overline{\nu}}_{1,1} & \cdot & \cdot & \dot{\overline{\nu}}_{1,1} \\ \dot{\overline{\nu}}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \dot{\overline{\nu}}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \dot{\overline{\nu}}_{1,1} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(2)} \\ \overline{Q}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(2)} \end{array} \right\}$$

(5.17)

Kısım III için,

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{x_2}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_{n_3}}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_2}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_{n_3}}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{Q}_{y_2}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_{n_3}}^{(3)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{cccccc} \dot{w}_{1,1} & \dot{w}_{1,1} & \cdot & \cdot & \dot{w}_{1,1} & \\ \dot{w}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ \dot{w}_{1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \dot{w}_{1,1} & \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \end{array} \right\} \quad (5.18)$$

$\left[\dot{w} \right]$ matrisi, (6x6)'lık kare (n_1 boyutunda) bloklarından ibarettir. Her bir özel blok herhangi bir genel istasyon ξ_1 daki “durum değişkeni (veya “durum vektörü” elemanı)” ve “başlangıç uç noktası $\xi_1=0$ ”daki “durum değişkeni” arasındaki ilişkiyi gösterir. Alt indis, n_1 , ise Kısım I'deki istasyon noktalarının sayısını gösterir.

$\left[\dot{v} \right]$ matrisi, (6x6)'lık kare (n_2 boyutunda) bloklarından ibarettir. Her bir özel blok herhangi bir genel istasyon ξ_{II} daki “durum değişkeni (veya “durum vektörü” elemanı)” ve “başlangıç uç noktası $\xi_{II}=0$ ”daki “durum değişkeni” arasındaki ilişkiyi gösterir. Alt indis, n_2 , ise Kısım II'deki istasyon noktalarının sayısını gösterir.

$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{w}} \end{bmatrix}$ matrisi, (6x6)'lık kare (n_3 boyutunda) bloklarından ibarettir. Her bir özel blok herhangi bir genel istasyon ξ_{III} daki “durum değişkeni (veya “durum vektörü” elemanı)” ve “başlangıç uç noktası $\xi_{III}=0$ ”daki “durum değişkeni” arasındaki ilişkiyi gösterir. Alt indis, n_3 , ise Kısım III'deki istasyon noktalarının sayısını gösterir.

Her grup için “durum vektörlerin” başlangıç uç noktasındaki değerleri $\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{z}}_I \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{v}} \end{bmatrix}$ ve $\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{w}} \end{bmatrix}$ 'nin n. satırlarındaki sayılarla çarpılıp toplanması ile aşağıdaki ifadeler oluşturulabilir.

Kısım I için

$$\left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{xn_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{yn_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{yn_1}^{(1)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{cccc} \sum_{i=1}^n (\dot{\mathbf{z}}_{1,1})_{n,i} & \sum_{i=n+1}^{2n} (\dot{\mathbf{z}}_{1,2})_{n,i} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \sum_{i=5n+1}^{6n} (\dot{\mathbf{z}}_{1,6})_{n,i} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(1)} \end{array} \right\} \quad (5.19.a)$$

kompakt matris formunda,

$$\left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{xn_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{yn_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{yn_1}^{(1)} \end{array} \right\} = [\tilde{\mathbf{z}}_I] \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{x_1}^{(1)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(1)} \end{array} \right\} \quad (\text{Kısım I}) \quad (5.19.b)$$

olur.

Kısım II için,

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_{n_2}}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_{n_2}}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_{n_2}}^{(2)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccc} \sum_{i=1}^n (\dot{\mathbf{v}}_{1,1})_{n,i} & \sum_{i=n+1}^{2n} (\dot{\mathbf{v}}_{1,2})_{n,i} & \cdot \cdot \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \sum_{i=5n+1}^{6n} (\dot{\mathbf{v}}_{1,6})_{n,i} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(2)} \end{array} \right\} \quad (5.20.a)$$

kompakt matris formunda,

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_{n_2}}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_{n_2}}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_{n_2}}^{(2)} \end{array} \right\} = [\tilde{\mathbf{v}}] \left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(2)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(2)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(2)} \end{array} \right\} \quad (\text{Kısım II}) \quad (5.20.b)$$

olur.

Kısım III için,

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_{n_3}}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_{n_3}}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_{n_3}}^{(3)} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccc} \sum_{i=1}^n (\dot{\mathbf{w}}_{1,1})_{n,i} & \sum_{i=n+1}^{2n} (\dot{\mathbf{w}}_{1,2})_{n,i} & \cdot \cdot \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \sum_{i=5n+1}^{6n} (\dot{\mathbf{w}}_{1,6})_{n,i} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \bar{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \bar{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{Q}_{y_1}^{(3)} \end{array} \right\} \quad (5.21.a)$$

kompakt matris formunda,

$$\left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{xn_3}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{yn_3}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{yn_3}^{(3)} \end{array} \right\} = [\tilde{\mathcal{W}}] \left\{ \begin{array}{c} \overline{\Psi}_{x_1}^{(3)} \\ \overline{\Psi}_{y_1}^{(3)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \overline{Q}_{y_1}^{(3)} \end{array} \right\} \quad (\text{Kısım III}) \quad (5.21.b)$$

olur.

Yukarıdaki eşitliklerde, Kısım I, II ve III bölgeleri için, $[\tilde{\mathcal{Z}}]$, $[\tilde{\mathcal{V}}]$ ve $[\tilde{\mathcal{W}}]$ Matrisleri istasyonlara bölünmüş (diskritize edilmiş) ve diskritize “Global Modifiye Transfer Matris (MTMM)”in her Kısım için son formudur veya son şeklidir. Bunlar ilgili “durum vektörü”nü “başlangıç uç noktası $\xi_t=0$ ”dan ($t=$ Kısım I, II, III)’den “son uç nokta $\xi_t=1$ ”a ($t=$ Kısım I, II, III) taşır veya transfer eder.

Bu durumda, Eş. (5.19), (5.20) ve (5.21) kompakt matris formunda aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım I için,} \\ \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_1=1}^{(1)}\} = [\tilde{\mathcal{Z}}_{1,1}]_{01} \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_1=0}^{(1)}\}, \end{array} \right. \quad (0 \leq \xi_I \leq 1) \quad (5.22)$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım II için,} \\ \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_{II}=1}^{(2)}\} = [\tilde{\mathcal{V}}_{1,1}]_{01} \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_{II}=0}^{(2)}\}, \end{array} \right. \quad (0 \leq \xi_{II} \leq 1) \quad (5.23)$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım III için,} \\ \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_{III}=1}^{(3)}\} = [\tilde{\mathcal{W}}_{1,1}]_{01} \{\overline{\mathcal{V}}_{\xi_{III}=0}^{(3)}\}, \end{array} \right. \quad (0 \leq \xi_{III} \leq 1) \quad (5.24)$$

Buradaki (01) alt indisi “Global Modifiye Transfer Matris”in her Kısım için, “durum vektörü”nü “başlangıç uç noktaları $\xi_I=0$, $\xi_{II}=0$, $\xi_{III}=0$ ”dan “son uç noktası $\xi_I=1$, $\xi_{II}=1$, $\xi_{III}=1$ ”na ξ_I , ξ_{II} , ξ_{III} yönünde transferi ifade eder.

$[\tilde{\mathbf{z}}_{i,j}]_{01}$, $[\tilde{\mathbf{v}}_{i,j}]_{01}$ ve $[\tilde{\mathbf{w}}_{i,j}]_{01}$ matrisleri ise (6x6) kare matrisler olup sistemin doğal frekansını ve malzeme karakteristiklerini ve geometrik özellikleri içerir.

“Ana PROBLEM I.a” halinde bütün sistemin boyutsuz doğal frekansı y-yönündeki kenarlardaki “uygun sınır şartlar”ı ve parçalar veya Kısımlar arasındaki süreklilik şartlarının y-yönünde (ξ -yönünde) kullanılması ile hesaplanacaktır.

Kısım II ve Kısım I arasında (veya Plaka 2 ve Plaka 1 arasında) “Süreklilik şartları” ve Kısım I ve III arasında (veya Plaka 2 ve Plaka 1 arasında) “süreklilik şartları” aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım II ve Kısım I arasındaki “süreklilik şartları”} \\ \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_{II}=1}^{(2)}\} = \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_I=0}^{(1)}\} \end{array} \right. \quad (5.25)$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kısım I ve Kısım III arasındaki “süreklilik şartları”} \\ \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_I=1}^{(1)}\} = \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_{III}=0}^{(3)}\} \end{array} \right. \quad (5.26)$$

Yukarıdaki Eş. (5.25) ve Eş. (5.26) eşitlikleri ile Eş. (5.22), Eş. (5.23), Eş. (5.24) birlikte kullanılması halinde

$$\left| \begin{array}{l} \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_{III}=1}^{(3)}\} = \{[\tilde{\mathbf{w}}][\tilde{\mathbf{z}}][\tilde{\mathbf{v}}]\}_{01} \{\bar{\mathbf{Y}}_{\xi_{II}=0}^{(2)}\} \end{array} \right. \quad (5.27)$$

veya,

$$\left\{ \bar{Y}_{\xi_{III}=1}^{(3)} \right\} = [\tilde{Q}]_{01} \left\{ \bar{Y}_{\xi_{II}=0}^{(2)} \right\} \quad (5.28)$$

elde edilir.

$[\tilde{Q}]_{01}$ Matrisi bütün plaka sistemi için, “durum değişkenlerini” veya “durum vektörü”nü soldaki mesnet veya “sol en uç nokta $\xi_{II}=0$ ”dan sağdaki mesnet veya “sağdaki en uç noktaya $\xi_{II}=1$ ”a transfer eder. Eş. (5.28)’deki alt indis “01” bu transferi ifade eder. Bunlara göre, $[\tilde{Q}]_{01}$ Matrisi, bütün plaka sisteminin diskritize edilmiş “Topyekün Global Modifiye Edilmiş Transfer Matrisi (Overall Global Modified Transfer Matriks)”dir.

$[\tilde{Q}]_{01}$ Matrisinde, sol mesnet veya “sol en uç noksa $\xi_{II}=0$ ”da ve sağ mesnet veya “sağ en uç noka $\xi_{II}=1$ ”daki sınır şartları kullanılırsa (3x3)’lük bir matris elde edilir. Böylece Eş. 5.29 elde edilir.

Eş. (5.28)’de $[\tilde{Q}]_{01}$ Matrisinde, sıfır olmayan “durum değişkenleri”ne karşılık gelen satırları “sağ enson uç noktası”nda ve sıfıra karşılık gelen kolonlardaki “en sol başlangıç uç noktası”nda “durum değişkenleri”ni elimine ederek “Katsayı Matrisi $[C_0]$ ” oluşturulmuştur. Burada $[C_0(\bar{\omega}_{mn})]$ Matrisi bütün plaka sisteminin boyutsuz doğal frekanslarını içerir. Böylece,

$$\left\{ [C_0(\bar{\omega}_{mn})] \{Y_0\} = \{0\} \right. \\ \left. \text{Katsayı Matrisinin determinanı} \Rightarrow | [C_0(\bar{\omega}_{mn})] | = 0 \right. \quad (5.29)$$

Yukarıda $\{Y_0\}$ ise bir vektör olup değeri sıfıra eşit değildir. Bundan dolayı, Eş. (5.29)’da, bir triviyal olmayan çözüm için “Katsayı Matrisi $[C_0]$ ”nun determinanı sıfıra eşit olmak zorundadır. “Katsayı Matrisi $[C_0]$ ”nun

determinantının kökleri bütün plaka sisteminin boyutsuz doğal frekanslarını verir. “Katsayı Matrisi $[C_0]$ ”nun determinantı bir nevi polinom olup bunun, sıfıra eşit olduğu noktalar polinomun kökleridir. “Ana PROBLEM I.a” için bu kökler (veya boyutsuz doğal frekanslar) nümerik olarak araştırılarak bulunur. Bu kökler (veya doğal frekanslar) verilen “sınır şartları” ve plakaların malzeme karakteristikleri ve geometrik özelliklerine göre her defasında yeniden hesaplanır. Başka bir ifadeyle, bu prosedür verilen her hal için tekrarlanır.

“Katsayı Matrisi $[C_0]$ ” bütün kompozit plaka sistemi, her bir “Ana PROBLEM”in boyutsuz doğal frekanslarını ($\bar{\omega}_{mn}$)’i içerir. Doğal frekans (ve eigen vektörler) nümerik olarak bulunduktan sonra buna karşılık gelen mod şekilleri y-yönünde (sınır şartları özel seti için de) kolayca hesaplanmaktadır.

5.2.2. “Ana PROBLEM I.b” için Çözüm Metodu

“Ana PROBLEM I.b”de (“Ana PROBLEM I.a”)’e benzer şekilde çözülebilir. Bu problem için, “Yöneten Birinci Derece Adi Diferansiyel Denklem Sistemi” daha önceki bölümlerde Eş. (4.29.a,b,c) olarak verilmişti. Adı geçen denklem sistemi, “Ana PROBLEM I.b” “İki-Nokta Sınır Değeri Problemi (Two-Point Boundary Value Problem)” teşkil eder. Bu “Denklem Sistemi” “Ana PROBLEM I.a”daki “Denklem Sistemi” ile genel olarak benzer olduğundan, “çözüm metodu” detaylı olarak bu kısımda “Ana PROBLEM I.b” için tekrar edilmeyecektir.

5.2.3. “İntegrating Matris Metodu”

Adı geçen metod, çözüm metodu “Modifiye Transfer Matris Metodu”nun bir parçasıdır. Burada kullanılan çözüm metodunun daha iyi anlaşılması için “İntegrating Matris Metodu” burada kısaca izah edilmeye çalışılacaktır. “İntegrating Matris Metodu”, sembol olarak $[L_I]$, $[L_{II}]$, $[L_{III}]$ ile

denklemler içinde bölüm 5.2.1’de “Ana PROBLEM I.a” için gösterilmiştir. Bundan önceki bölüm 5.2.1’de görüldüğü gibi, “Integrating Matrisleri” gösteren semboller $[\mathcal{L}_I]$, $[\mathcal{L}_{II}]$, $[\mathcal{L}_{III}]$ (alt-indisler ilgili Kısım I, Kısım II, Kısım III’yi gösterir), denklemlerde “Katsayı Matrisleri” $[\overline{C}]$, $[\overline{C}]$, $[\overline{C}]$ ile ön-çarpma operasyonu ile integral almaya yarar. Bu “Integrating Matris” algoritması aşağıda kısaca belirtilecektir (bkz. Yüceoğlu ve Özerçiyes [55-63,65,66], Yuceoglu et al [64-68,70]).

Sürekli bir fonksiyon olarak, “integrating matris” işlemleri bir diskritizasyon yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Bu nümerik metot, “interpolasyon polinomu $f(x)$ ”, temeli üzerine kurulmuştur. “İnterpolasyon Polinomu $f(x)$ ” aşağıdaki gibi “ r ” mertebesinde bir polinom olarak yazılabilir:

$$\left| \begin{array}{l} \text{İnterpolasyon Polinomu } f(x), \\ f(x)=a_0+a_1x+a_2x^2+\dots\dots\dots+a_rx^r \end{array} \right. \quad (5.30)$$

İntegral matris Eş. (5.30)’in geliştirilmesiyle “Newton’un İleri Farklar İnterpolasyonu Formülü” formuna getirilmiştir. Herhangi bir uygun derecedeki polinomu seçmekle integral işlemi gerçekleştirilebilir. Ancak seçilen polinom derecesi n değerinden küçük veya eşit olmalıdır. Yani $n \geq r$ olmalıdır. Detaylı bilgi için Hunter’a [73] bakınız.

“İntegrating matris $[\mathcal{L}]$ ” bir integral operatörü gibi çalışır ve uygun bir integral sembolüne benzer. Öyle ki,

$$\mathcal{L} \leftrightarrow \int_0^s (\dots\dots\dots) ds \quad (5.31)$$

$$[\mathcal{L}] = \begin{bmatrix} L & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & L & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & L & 0 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & L \end{bmatrix} = (\text{Diagonal Matrix}) \quad (5.32)$$

Yukarıdaki her bir blok integral alt-matris, $[L]$, problemin bir tek durum değişkeni veya temel bağımlı değişken integrasyonu için düşünülmüştür.

Burada, kare blok diagonal matrisler (6×6) 'lık kare bloklardan meydana gelmiştir. Yani $n_s=6$ ve n ise plaka boyunca istasyon sayısıdır. Sonuç olarak, “Ana PROBLEM I.a ve I.b”deki plaka kısımları için, integral matris $[\mathcal{L}]$ 'in boyutunu $(6n \times 6n)$ dur. Benzer olarak, $[\mathcal{L}_I]$, $[\mathcal{L}_{II}]$ ve $[\mathcal{L}_{III}]$ alt indisler burada Kısım I, II ve III'e karşılık gelir. İntegral matrisin $[\mathcal{L}]$ boyutları bütün Ana Problemlerin plaka kısımları için $(6n \times 6n)$ dir.

Genel olarak kullanılan çözüm metodu hassasiyeti, kullanılan interpolasyon polinomu derecesi “ r ” ve ayrıca istasyon noktalarının sayısı “ n ”ye bağlıdır ve bunlarda etkilenmektedir. Bu nedenle $n \geq r$ olmalıdır. Misal olarak, seçilen polinom derecesi $r=6$ iken istasyon sayıları $n \geq 6$ olmalıdır. İlaveten, “Plaka Sistemi”nde sol mesnette veya “başlangıç en uç noktası”nda “sınır şartları” aynen kullanıldığı halde, sağ mesnette veya “en son uç noktası”nda “sınır şartları”na ait sıfır değerleri (nümerik olarak sıfır değerleri) ortaya frekanslar bulunduktan sonra kontrol edilmelidir. Buna göre, birkaç hesaplama sonra sağ mesnet veya “en son uç noktası”nda bunlara bakılarak “sınır şartları”nın içinde sıfır olması gerekenler nümerik olarak kafi mertebede sıfır (örneğin 10^{-10} , 10^{-13} etc.) olup olmadıkları incelenmelidir.

İntegral alt-matris $[L]$, global matris $[\mathcal{L}]$ 'nin bileşenidir. $[L]$, $[0-1]$ aralığında integrasyon için normalize edilmiştir.

$$[L] = [S] [W_n] \quad (5.33)$$

Burada, $[S]$, bir $(n \times n)$ alt üçgen matrisidir. N ise ilgili kısımda istasyon nokta sayısıdır. Alt üçgen matrisi $[S]$ ise aşağıda verildiği gibidir.

$$[S] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 1 & 1 & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & 0 \\ 1 & 1 & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix} \quad (5.34)$$

[illegible]

Burada, Δn , basamak büyüklüğü olarak adlandırılır ve değeri aşağıda verildiği gibidir.

$$\Delta n = \frac{1}{n-1} \quad (5.36)$$

Eş. (5.35)'de görülen altıncı derece interpolasyon polinomu, bu çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan bu polinom Hunter [73]'dan alınmıştır.

6. NÜMERİK SONUÇLAR

Bu bölümde, “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” ile bulunan, mod şekillerine ve boyutsuz doğal frekans değerleriyle oluşturulan parametrik çalışmalara yer verilecektir.

6.1. Malzeme Özellikleri, Geometrik Karakteristikler ve Sınır Şartlarıyla İlgili Bazı Noktalar

Bu bölümde, çeşitli Sınır Şartlarına (CC, SS, CF, SF, FF ve diğer “Sınır Şartları” için) ilişkin mod şekilleri ve bazı parametrik çalışmalara yer verilecektir. Parametrik çalışmalarla ilgili genel değerlendirmeler de yapılacaktır. (Önceki bölümlerde, “Ana PROBLEMLER”in teorik formülasyonları verilmişti.)

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”nin Malzeme Özellikleri Çizelge 6.1’de, “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”nin Malzeme Özellikleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. “Ana PROBLEMLER”in Geometrik özellikleri ise mod şekillerinin altında, parametrik çalışmaların altında verilmiştir.

“Ana PROBLEM I.a” ve “Ana PROBLEM I.b”nin mod şekilleri oluşturulurken, plakalar y-yönünde istasyonlara ayrılmıştır. “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.a (Orto.)”nin (kuvvetlendirici plakanın ortada olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II ve Plaka III; 8’er istasyona ayrılmıştır. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”nin (kuvvetlendirici plakanın yanda olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II; 7 istasyona ve Plaka III; 8 istasyona ayrılmıştır. Bunlar mod şekillerine bakılarakda görülebilir. “Nümerik Çözümlerin” hassasiyeti (accuracy) için “sağ en uç nokta”da (yani sağ mesnette) “Sınır Şartları”nda

sıfır olan büyüklüklerin nümerik olarak sağlanması gerekmektedir (bkz. Bölüm 8’de Doğruluk Tayinine (accuracy)).

“Ana PROBLEMLER”in teorik çözümünde Klasik Lévy Metodu kullanıldı. Sınır şartları $x=0$ ve $x=a$ ’da Basit Mesnet (SS) olarak kabul edildi. Bununla beraber, $y=0$ ve $y=L$ ’de Sınır Şartları (CC, SS, CF, SF, FF) keyfi olarak değiştirilerek mod şekilleri çizildi ve parametrik çalışmalar tamamlandı.

Mode şekilleri ve parametrik çalışmalarda sadece y-yönünde en uç sol mesnette ve en uç sağ mesnetteki sınır şartları gösterilmiştir. Mod şekilleri ve parametrik çalışmaların altında yer alan “Sınır Şartları” aşağıdaki sembollerle belirtilmiştir:

- (F) Serbest Mesnet Koşulu
- (S) Basit Mesnet Koşulu
- (C) Ankastre Koşulu

anlamlarına gelir.

“Ana PROBLEM I.a (Tek Kuvvetl. Ortada)”da geometrik boyutlar aşağıdaki gibi seçilmiştir:

$$\ell_I = 0.25\text{m}, \ell_{II} = \ell_{III} = 0.375\text{m}, L = 1.00\text{m}, a = 0.50\text{m} \quad \tilde{b} = 0.50\text{m}$$

$$h_1 = 0.04\text{m}, h_2 = h_3 = 0.02\text{m},$$

“Ana PROBLEM I.b (Tek Kuvvetl. Yanda)” içinde geometrik boyutlar aşağıdaki gibidir:

$$\ell'_I = \ell'_{II} = 0.25\text{m}, \ell'_{III} = 0.5\text{m}, L = 1.00\text{m}, a = 0.50\text{m} \quad \tilde{b}' = 0.375\text{m}$$

$$h_1 = 0.04\text{m}, h_2 = h_3 = 0.02\text{m},$$

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” için “izotropik” Al-Alloy malzeme sabitleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)” için “Ortotropik” malzeme sabitleri Çizelge 6.2’deki gibidir.

Çizelge 6.1. Malzeme Özellikleri “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ve “Ana PROBLEM I.b” (Isot.)

“İzotropik” “Al-Alloy” Sistem		
Al-Alloy (Plaka I) (j=1)	Al-Alloy (Plaka II) (j=2)	Al-Alloy (Plaka III) (j=3)
$E_x^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$	$E_x^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$	$E_x^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$
$E_y^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$	$E_y^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$	$E_y^{(j)} = 72.69 \text{ GPa}$
$G_{xy}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{xy}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{xy}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$
$G_{xz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{xz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{xz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$
$G_{yz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{yz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$	$G_{yz}^{(j)} = 25.78 \text{ GPa}$
$\nu_{xy}^{(j)} = 0.313$	$\nu_{xy}^{(j)} = 0.313$	$\nu_{xy}^{(j)} = 0.313$
$\nu_{yx}^{(j)} = 0.313$	$\nu_{yx}^{(j)} = 0.313$	$\nu_{yx}^{(j)} = 0.313$
$\rho^{(j)} = 2.796 \text{ gr/cm}^3$	$\rho^{(j)} = 2.796 \text{ gr/cm}^3$	$\rho^{(j)} = 2.796 \text{ gr/cm}^3$

Çizelge 6.2. Malzeme Özellikleri “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ve “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

“Ortotropik” “Kompozit” Sistem		
Grafit-Epoksi (Plaka I) (j=1)	Kevlar- Epoksi (Plaka II) (j=2)	Kevlar- Epoksi (Plaka III) (j=3)
$E_x^{(j)} = 11.71 \text{ GPa}$	$E_x^{(j)} = 5.5 \text{ GPa}$	$E_x^{(j)} = 5.5 \text{ GPa}$
$E_y^{(j)} = 137.8 \text{ GPa}$	$E_y^{(j)} = 76.0 \text{ GPa}$	$E_y^{(j)} = 76.0 \text{ GPa}$
$G_{xy}^{(j)} = 5.51 \text{ GPa}$	$G_{xy}^{(j)} = 2.10 \text{ GPa}$	$G_{xy}^{(j)} = 2.10 \text{ GPa}$
$G_{xz}^{(j)} = 2.5 \text{ GPa}$	$G_{xz}^{(j)} = 1.5 \text{ GPa}$	$G_{xz}^{(j)} = 1.5 \text{ GPa}$
$G_{yz}^{(j)} = 3.0 \text{ GPa}$	$G_{yz}^{(j)} = 2.0 \text{ GPa}$	$G_{yz}^{(j)} = 2.0 \text{ GPa}$
$\nu_{xy}^{(j)} = 0.0213$	$\nu_{xy}^{(j)} = 0.024$	$\nu_{xy}^{(j)} = 0.024$
$\nu_{yx}^{(j)} = 0.25$	$\nu_{yx}^{(j)} = 0.34$	$\nu_{yx}^{(j)} = 0.34$
$\rho^{(j)} = 1.6 \text{ gr/cm}^3$	$\rho^{(j)} = 1.3 \text{ gr/cm}^3$	$\rho^{(j)} = 1.3 \text{ gr/cm}^3$

6.2. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”ya ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”un Mod Şekilleri ve Parametrik Çalışmaları takip eden bölümde detaylı olarak verilmiştir. Kısaca yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; Şekil 6.1. ve Şekil 6.6. arasında değişken sınır şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF, CS) ilişkin Mod Şekilleri (1’den 6’ya kadar) ve şekil altlarında “Boyutsuz Doğal Frekanları” verilmiştir. Bununla birlikte, malzeme özellikleri, geometri özellikleri de belirtilmiştir.

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”un (kuvvetlendirici plakanın ortada olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II ve Plaka III; 8’er istasyona ayrılmıştır. Bunlar mod şekillerine bakılarakda görülebilir.

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”, İzotropik malzeme olduğu için ve kuvvetlendirici plakanın merkezde bulunmasından ötürü, simetrik sınır şartlarında (CC, SS, FF gibi) mod şekilleri simetrik (örneğin, Şekil 6.1. a’da olduğu gibi) ve çapraz simetrik (skew symmetric) (örneğin, Şekil 6.1. b’de olduğu gibi) olarak görülür. Sınır şartları simetrik olmadığında (CF, SF gibi) ise, yukarıda belirtilen simetriden (symmetric) ve çapraz simetriden (skew symmetric) bahsedilemez. Mod Şekillerinde hareketsiz bölgeler (örneğin, Şekil 6.3. a ve Şekil 6.3. d’deki gibi) oluşur.

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”, için yapılan parametrik çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz;

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)”, “Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)”, “Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)”, “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” olarak sıralanır. Sınır Şartları sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF olarak parametrik çalışmalar oluşturulmuştur. Bu sayfalarda ikişer şekil bulunmaktadır, bunlardan yukarıda olan şekil Boyutsuz Doğal Frekansların m’ye ve n’ye bağlı değerleri, altta

bulunan şekilde Boyutsuz Doğal Frekansların sıralanması sonucu elde edilen değerleridir.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)” Şekil 6.7’den Şekil 6.15’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.7.’den Şekil 6.11’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF ve CS’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.12’den Şekil 6.15’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.12-13-14-15’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).

olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)” Şekil 6.16’den Şekil 6.24’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.16’dan Şekil 6.20’ye kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF ve CS’ye) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.21’den Şekil 6.24’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans

değerlerinin değişen “Sınır Şartları”nda nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_1/L)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.21-22-23-24’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).

olduğundan bahsedebiliriz.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” Şekil 6.25’den Şekil 6.33’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.25’den Şekil 6.29’a kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF ve CS’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.30’dan Şekil 6.33’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.30-31-32-33’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).

olduğundan bahsedebiliriz.

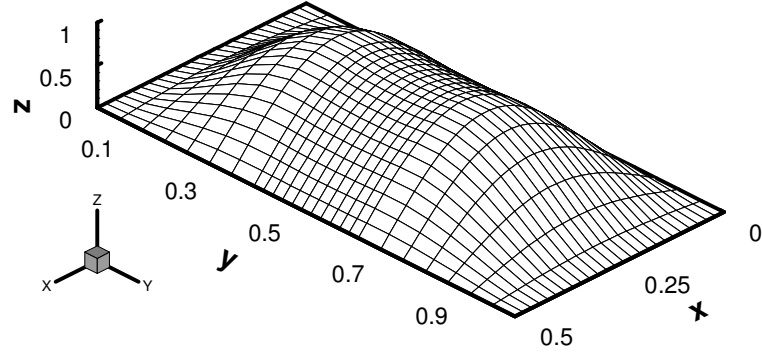
“Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$)” Şekil 6.34’den Şekil 6.42’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.34’den Şekil 6.38’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF ve CS’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.39’dan Şekil 6.42’ye kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$)” nında;

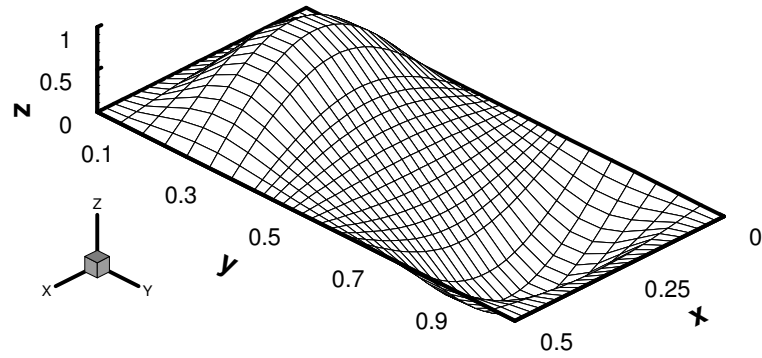
- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.39-40-41-42’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).
- Burada “Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$)” nı hesaplarken, malzemenin izotropik olmasından dolayı ($\mathbf{v}_{12}$, $\mathbf{v}_{21}$, E_y değerleri aynı) burada h’lerin küpü dikkate alınmıştır.

olduğundan bahsedebiliriz.

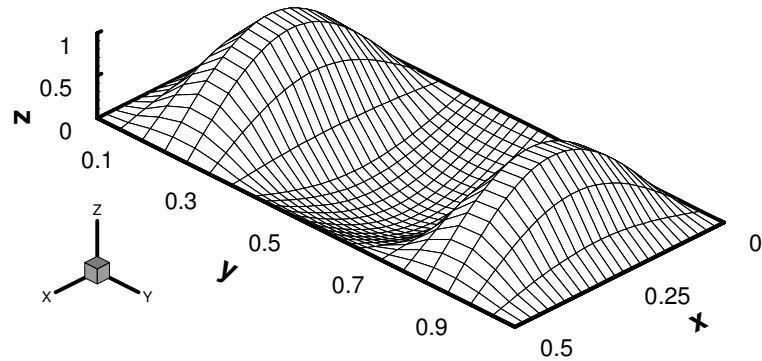
6.2.1. Ana PROBLEM I.a (Isot.)’un Mod Şekilleri ve karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şarları” için



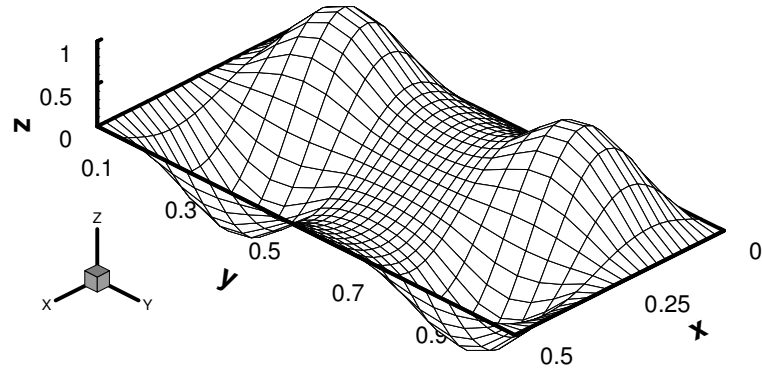
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 6,675$



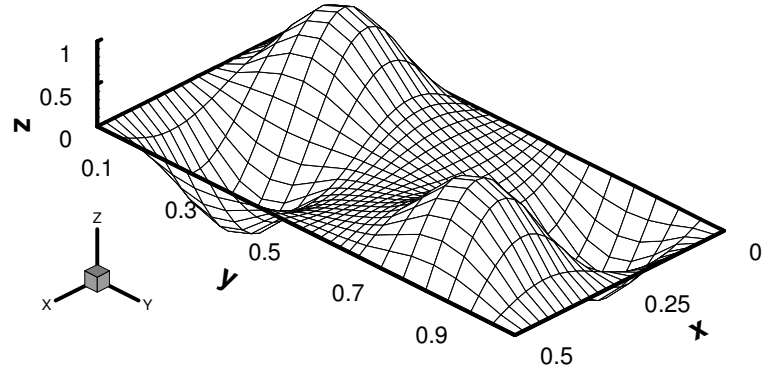
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 17,198$



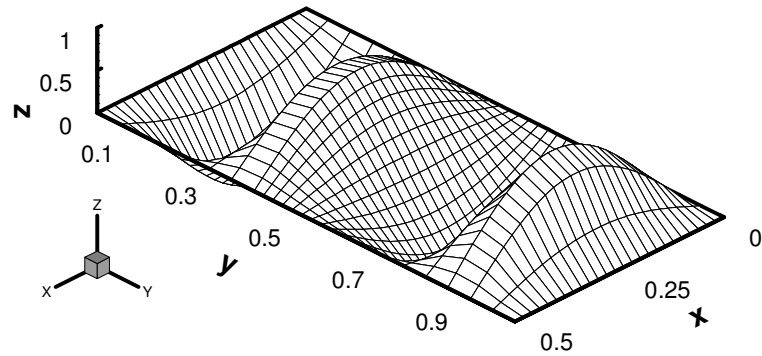
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 42,440$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 55,577$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 60,282$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 84,207$

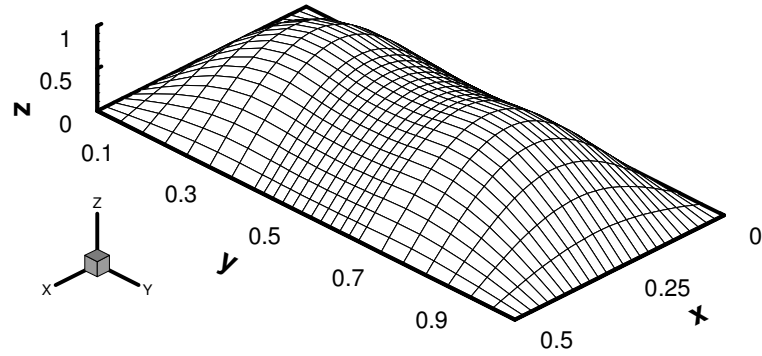
Şekil 6. 1. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

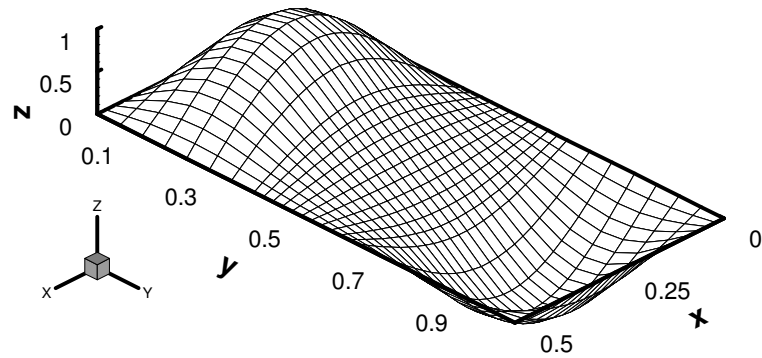
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

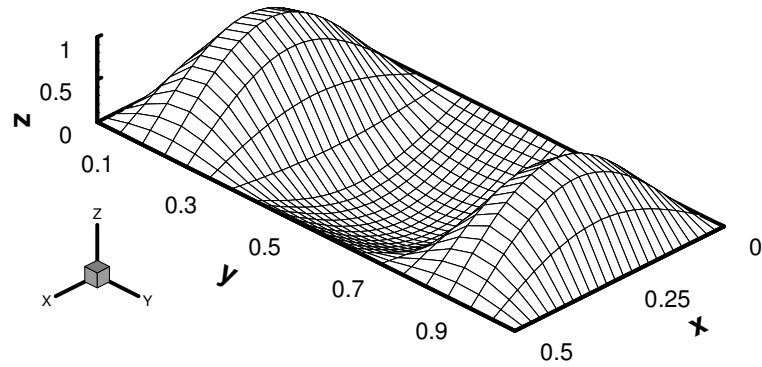
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CC)



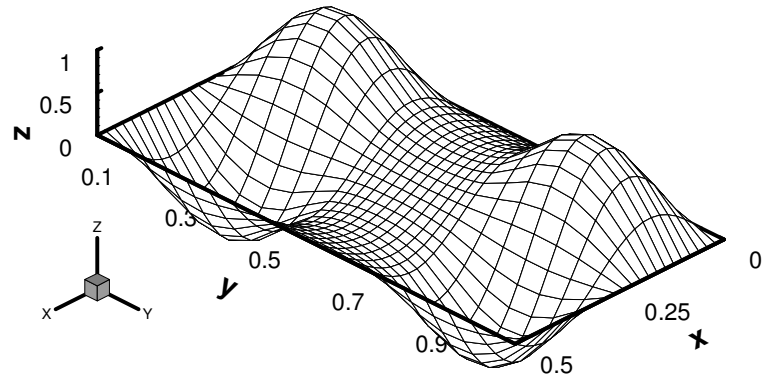
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 5,491$



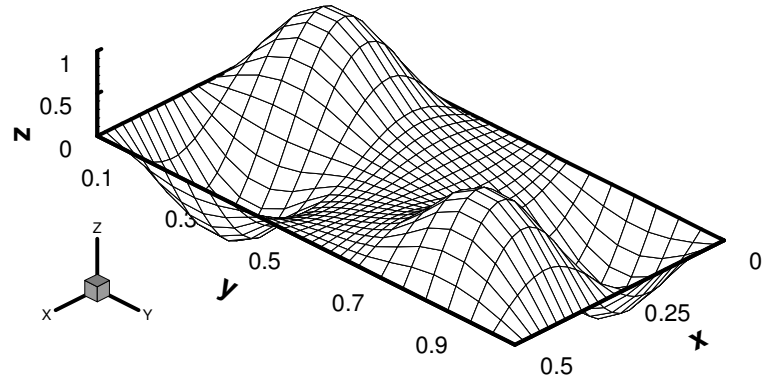
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 11,697$



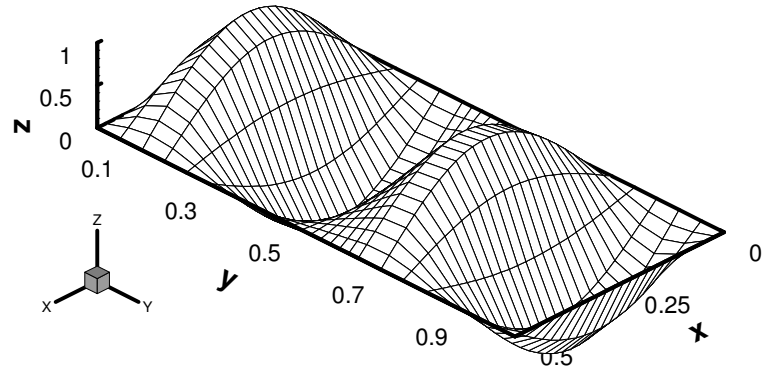
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 28,137$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 47,440$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 49,930$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 61,422$

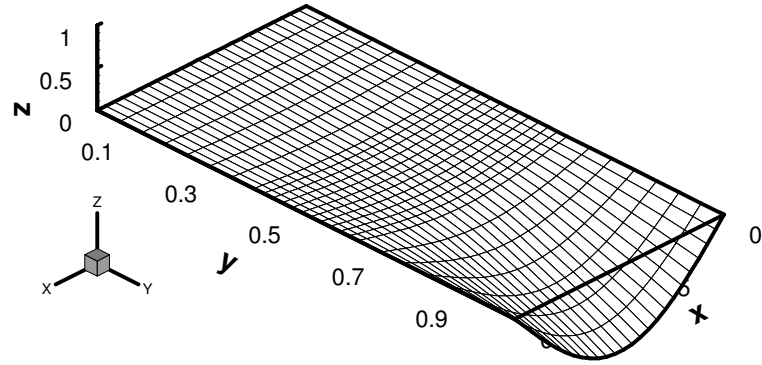
Şekil 6.2. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

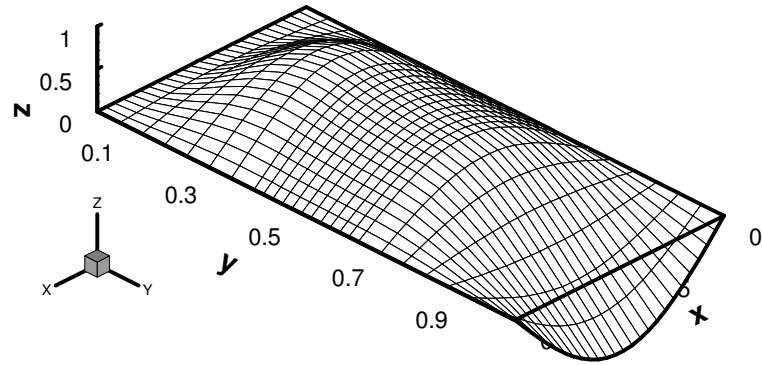
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

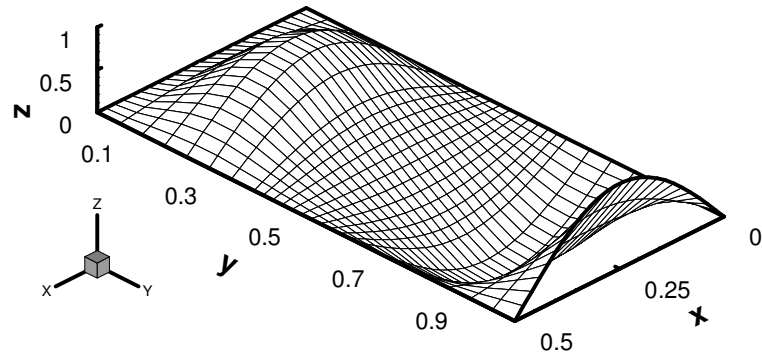
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SS)



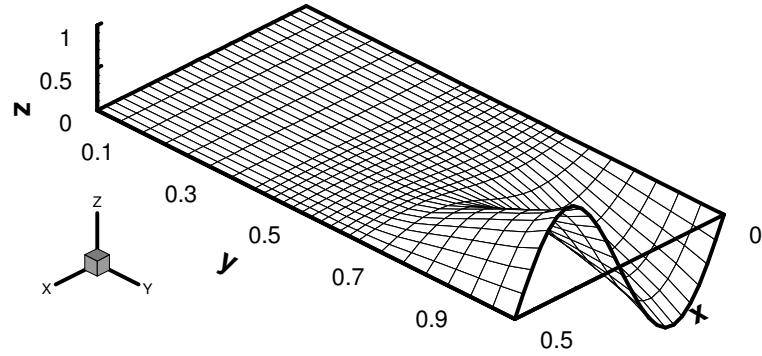
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,447$



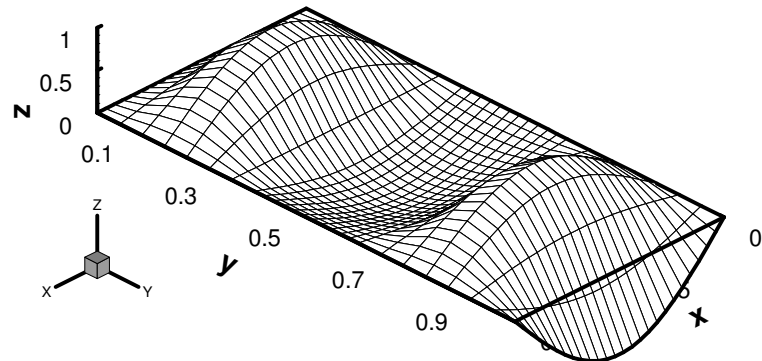
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 7,547$



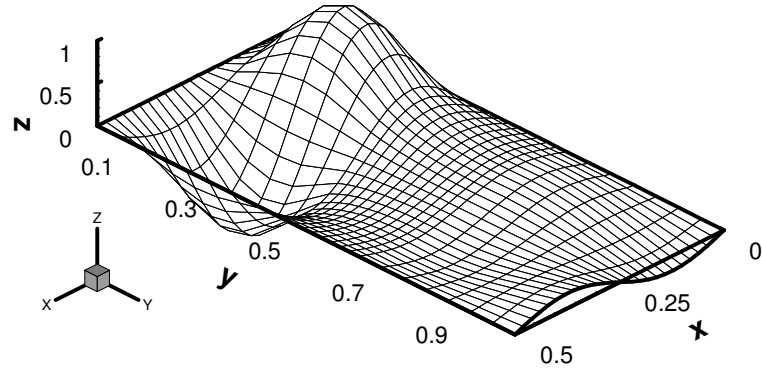
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 19,140$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 22,495$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{14} = 45,661$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 57,438$

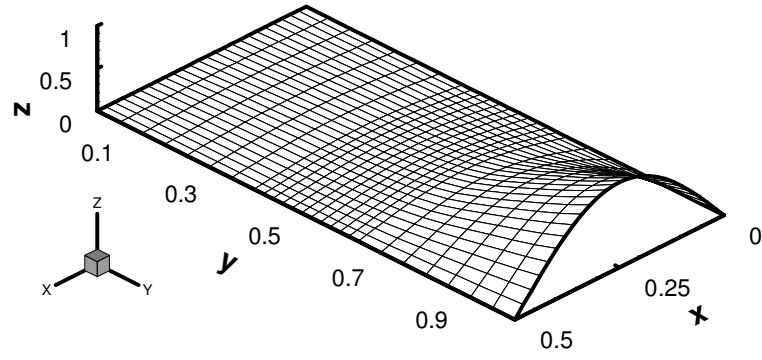
Şekil 6.3. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

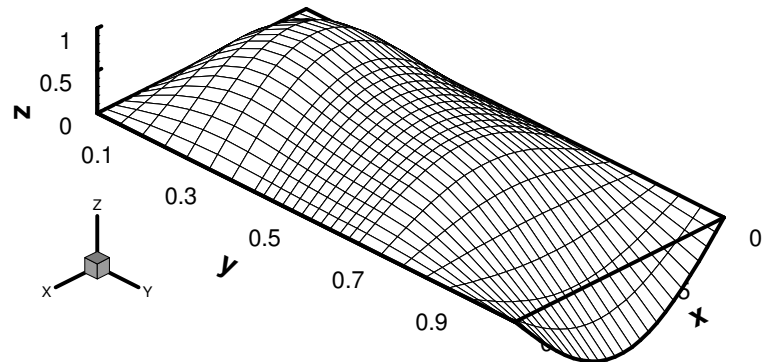
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

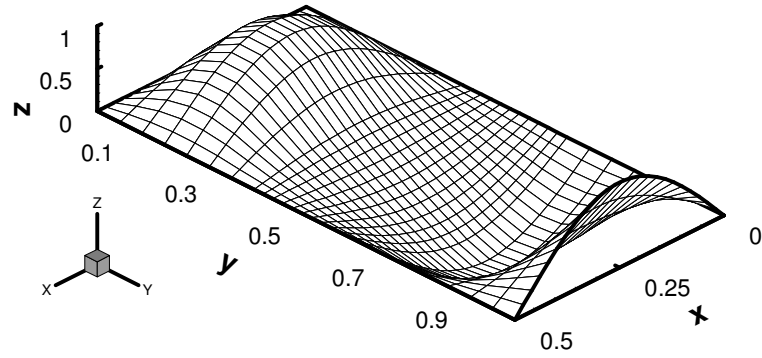
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CF)



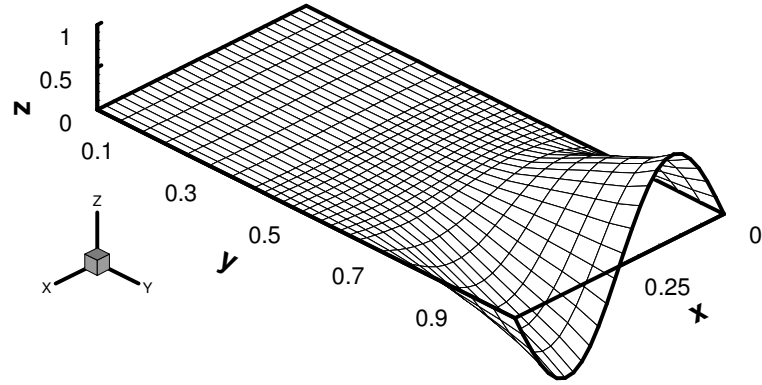
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,437$



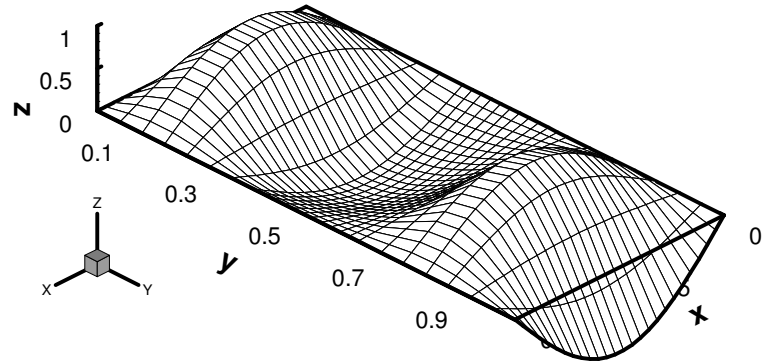
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 6,604$



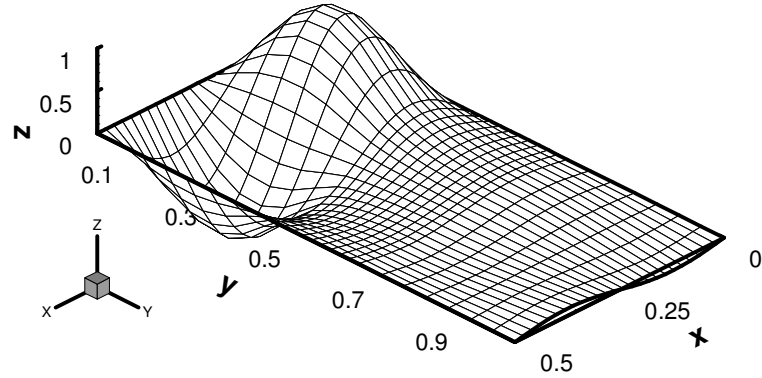
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 15,700$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 22,495$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{14} = 37,265$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 48,566$

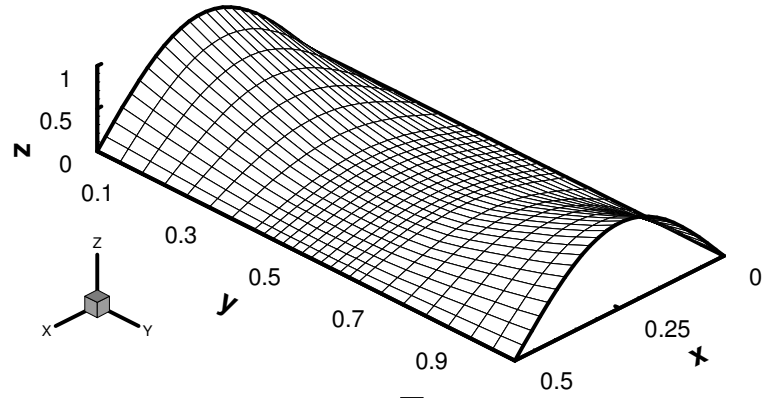
Şekil 6.4. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

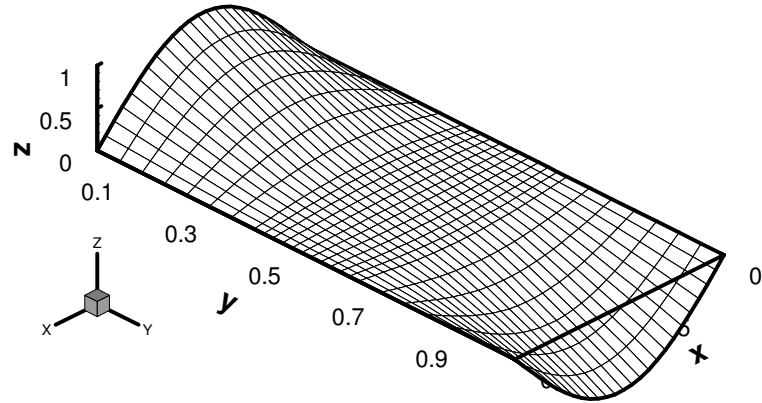
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

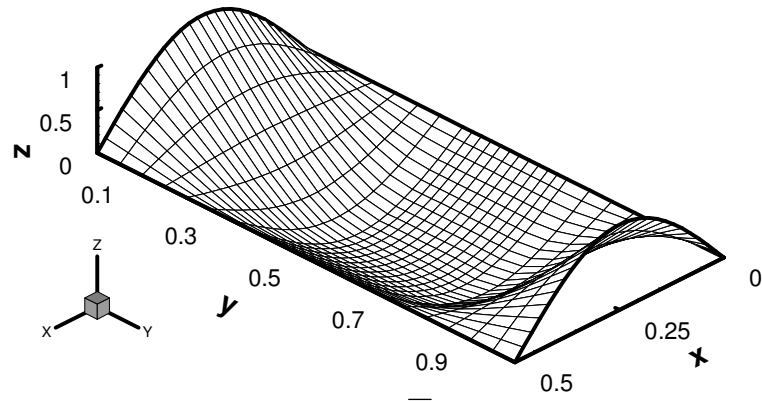
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SF)



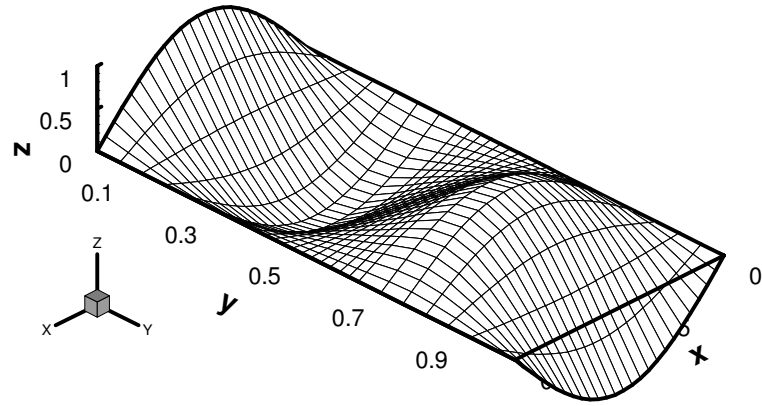
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,271$



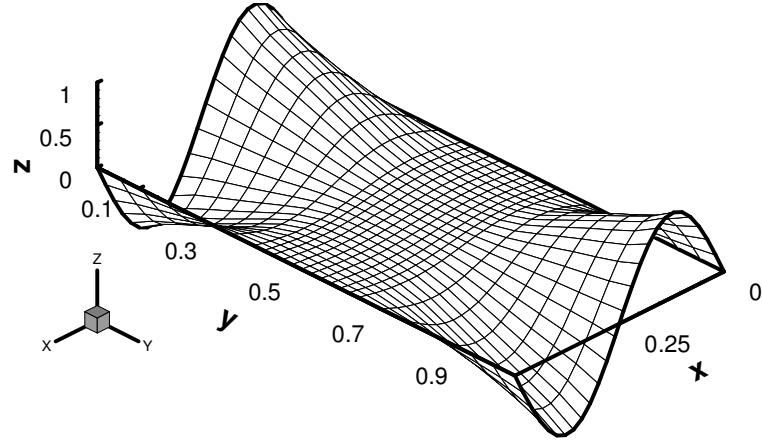
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 2,665$



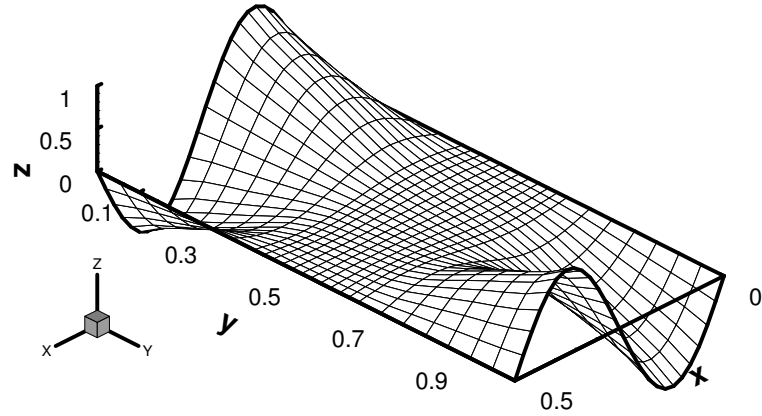
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 8,571$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{14} = 21,125$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{21} = 22,428$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 22,564$

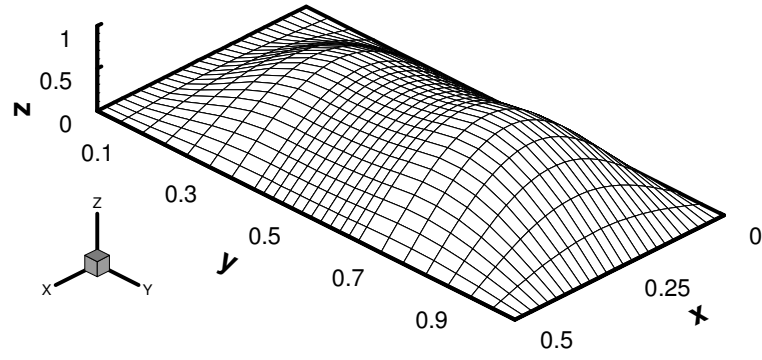
Şekil 6.5. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

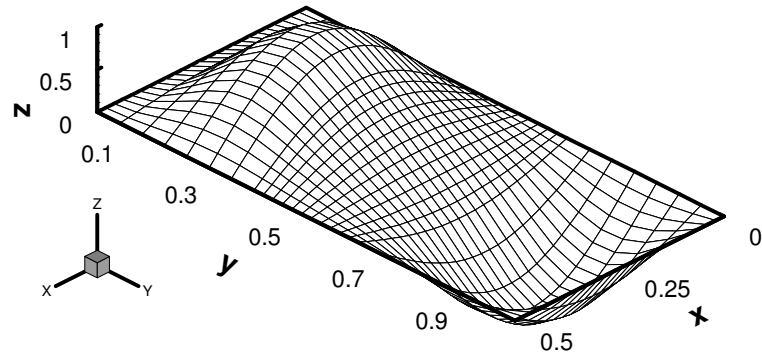
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

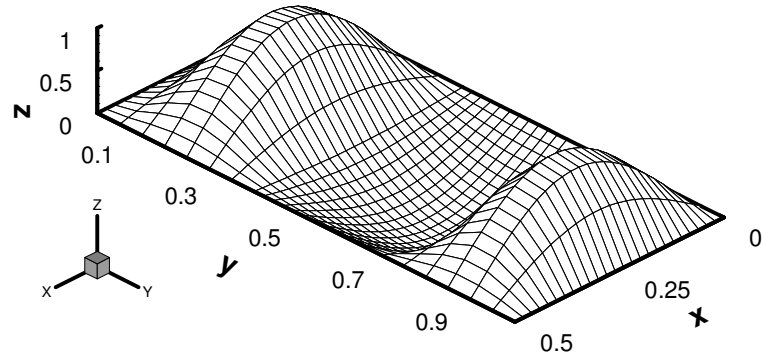
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FF)



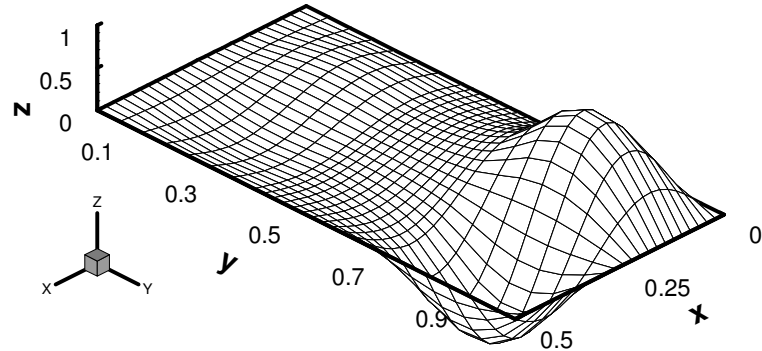
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 5,967$



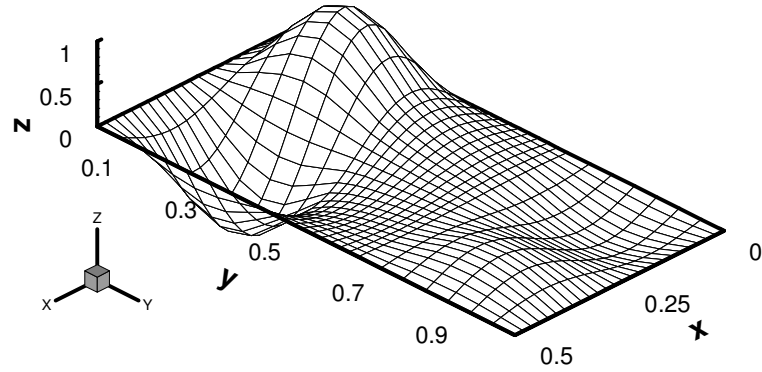
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 14,052$



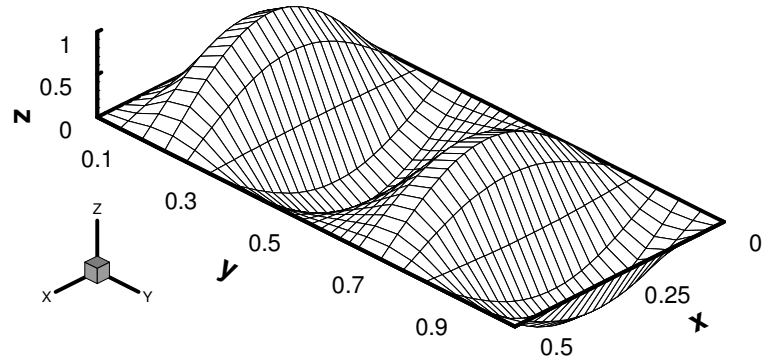
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 34,504$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\Omega}_{21} = 48,417$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\Omega}_{22} = 58,141$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\Omega}_{14} = 73,114$

Şekil 6. 6. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

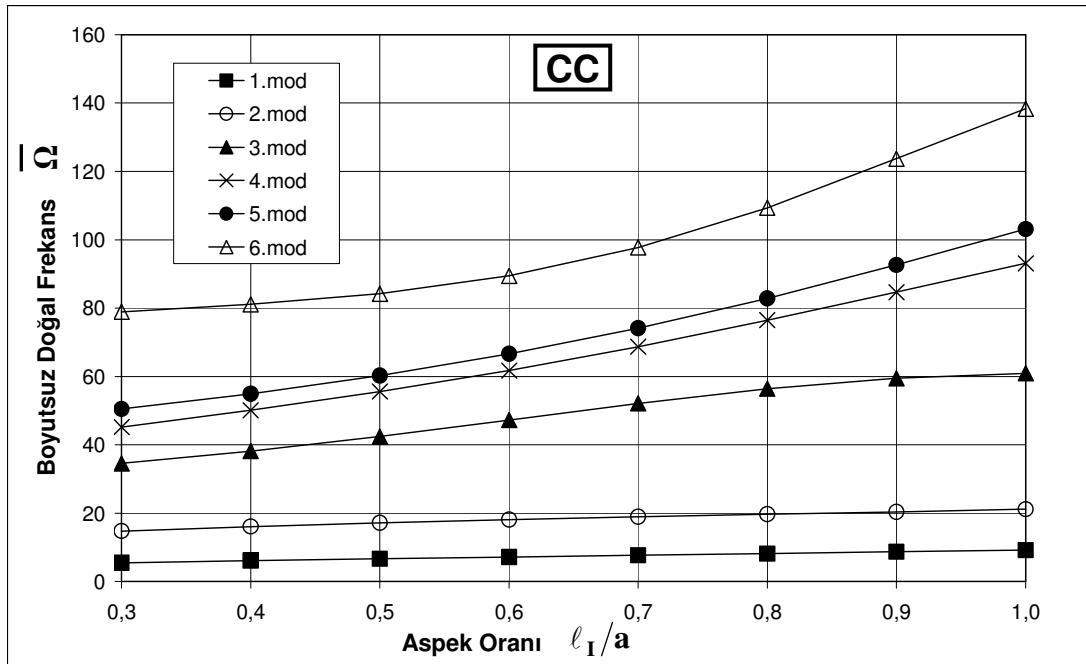
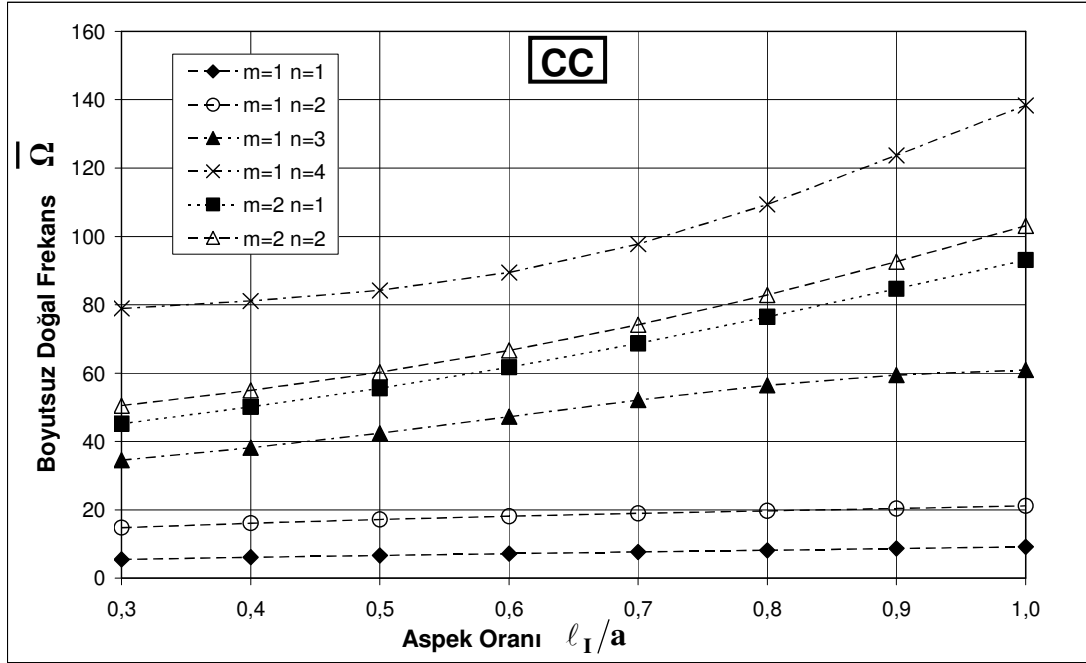
“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”

(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

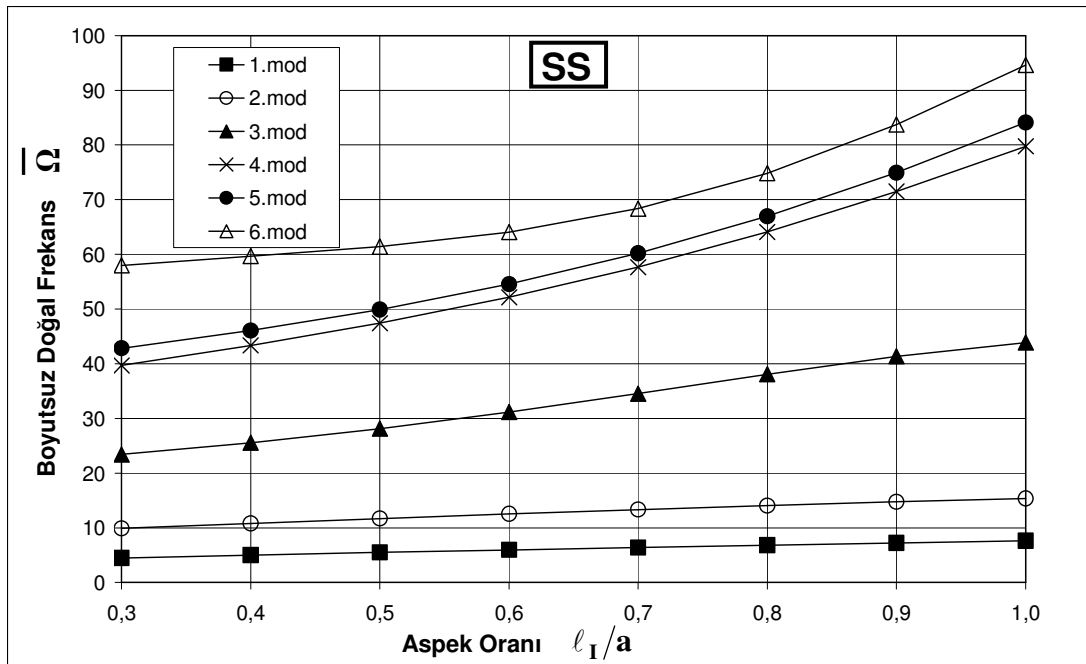
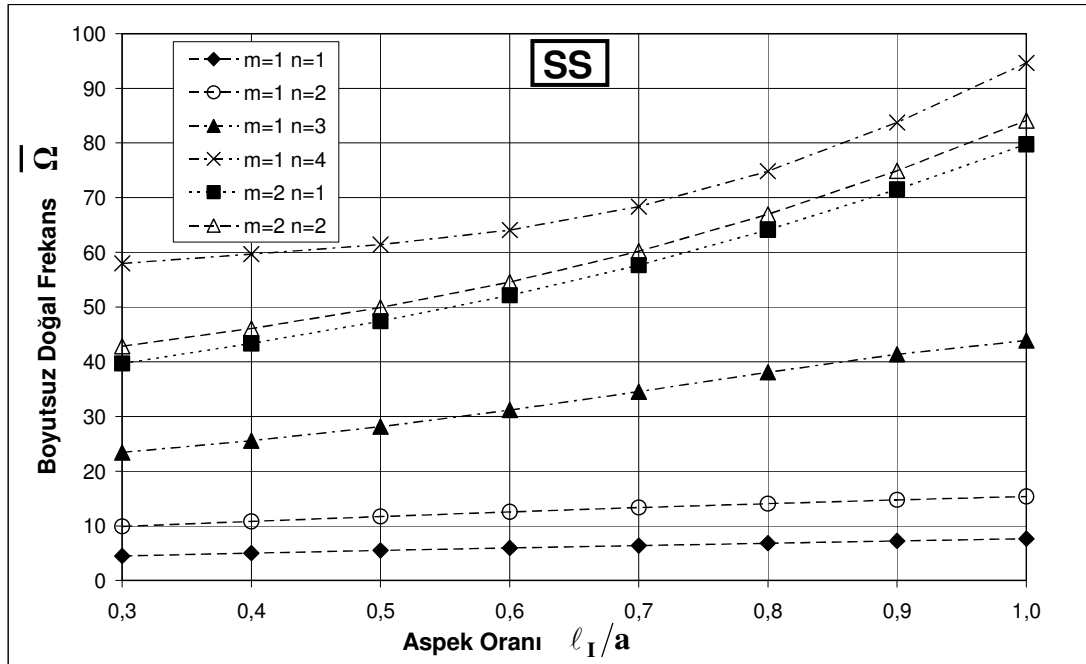
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CS)

6.2.2. “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” için Parametrik Çalışma



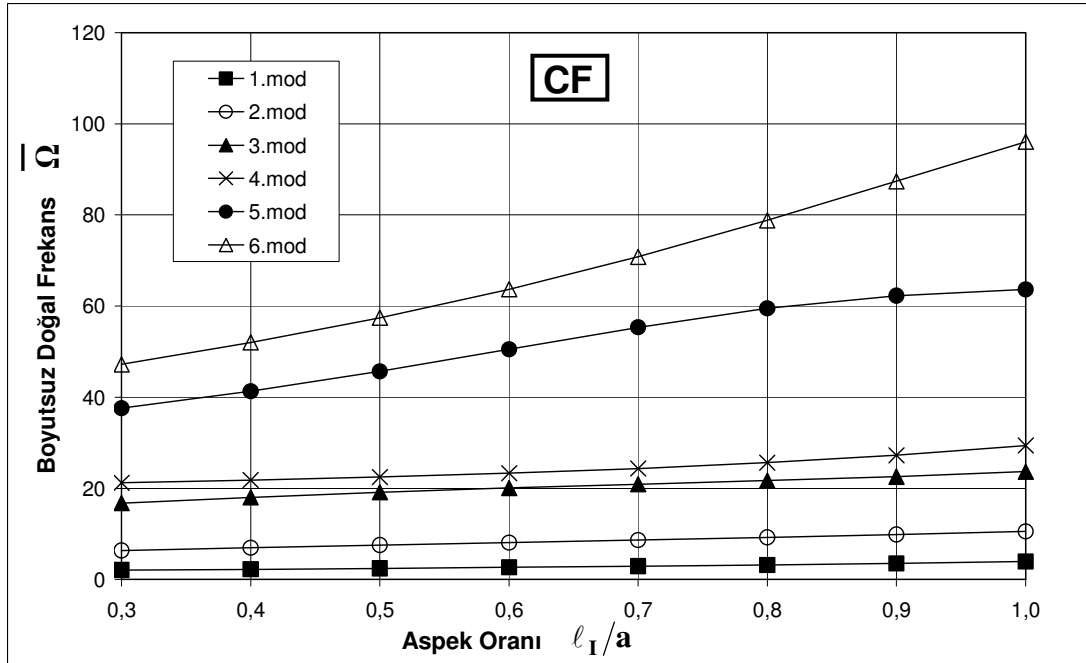
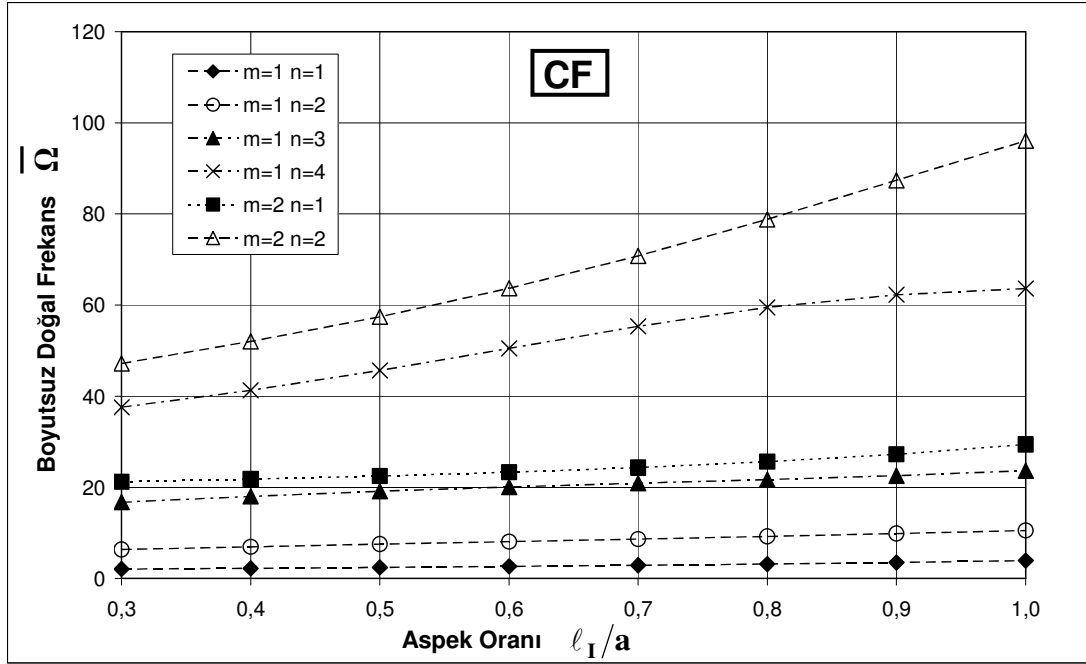
Şekil 6.7. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a=0.50m, h_1 =0.04m, h_2 = h_3 =0.02m, L=1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



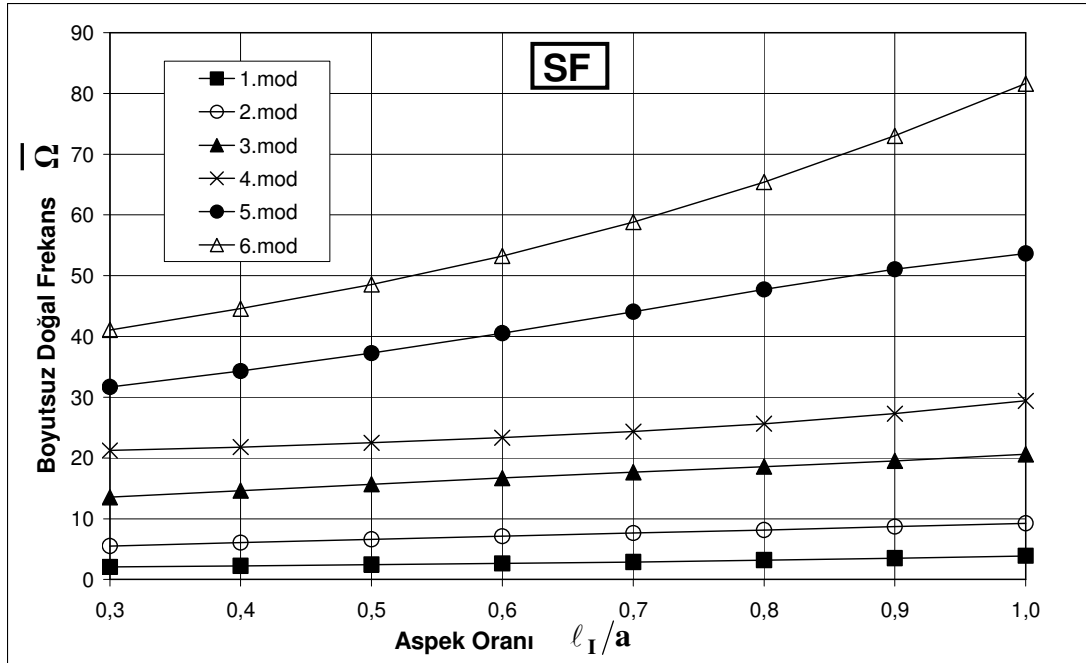
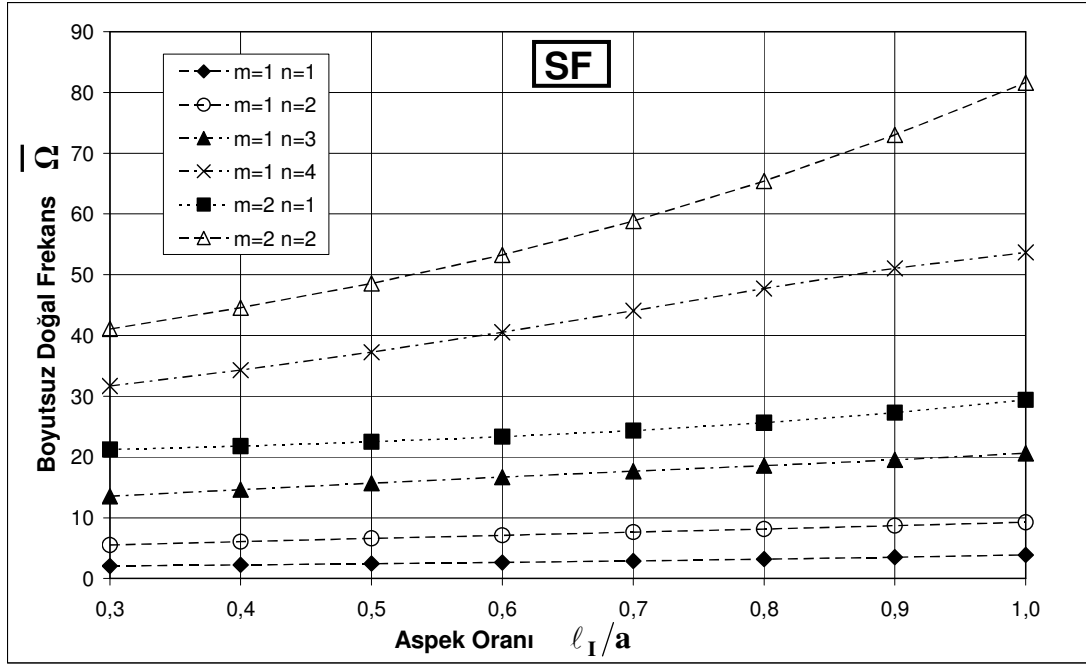
Şekil 6.8. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=$ ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



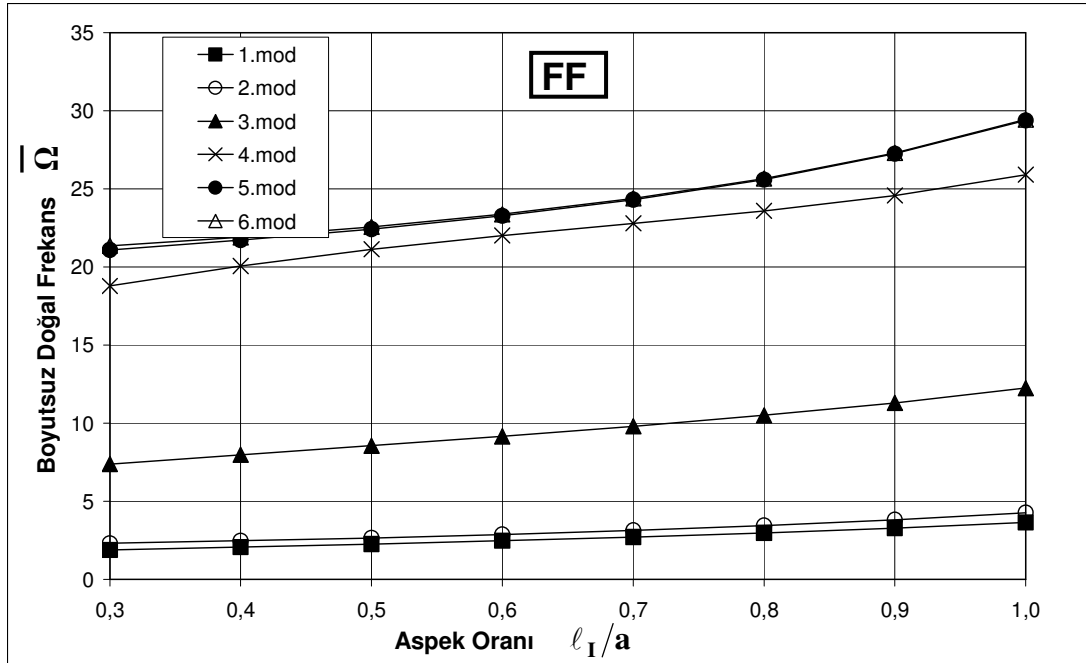
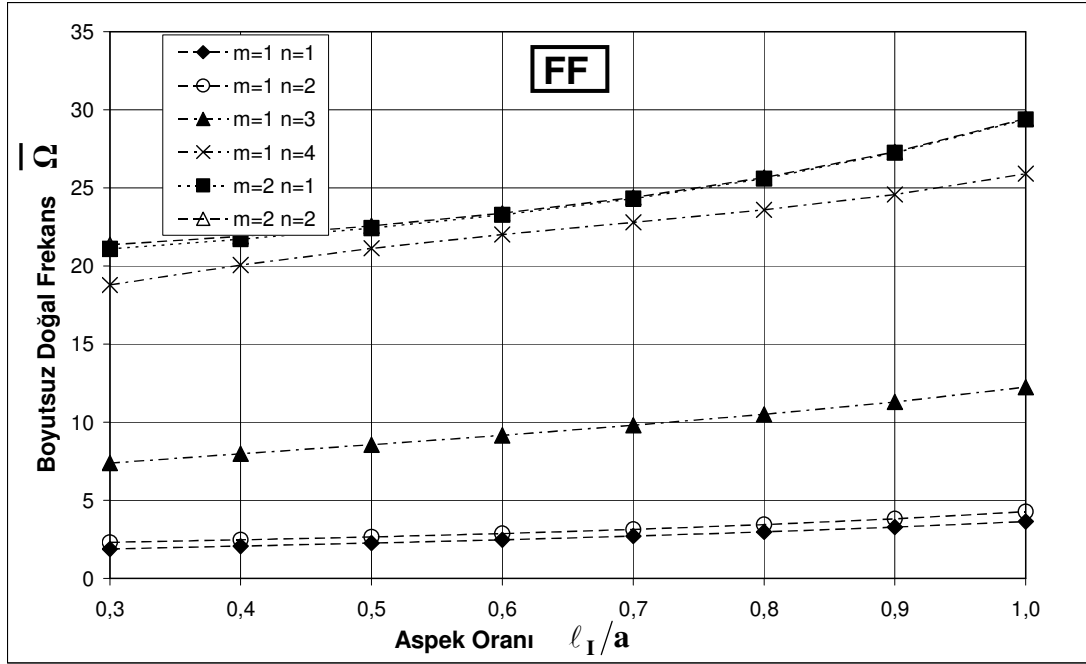
Şekil 6.9. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



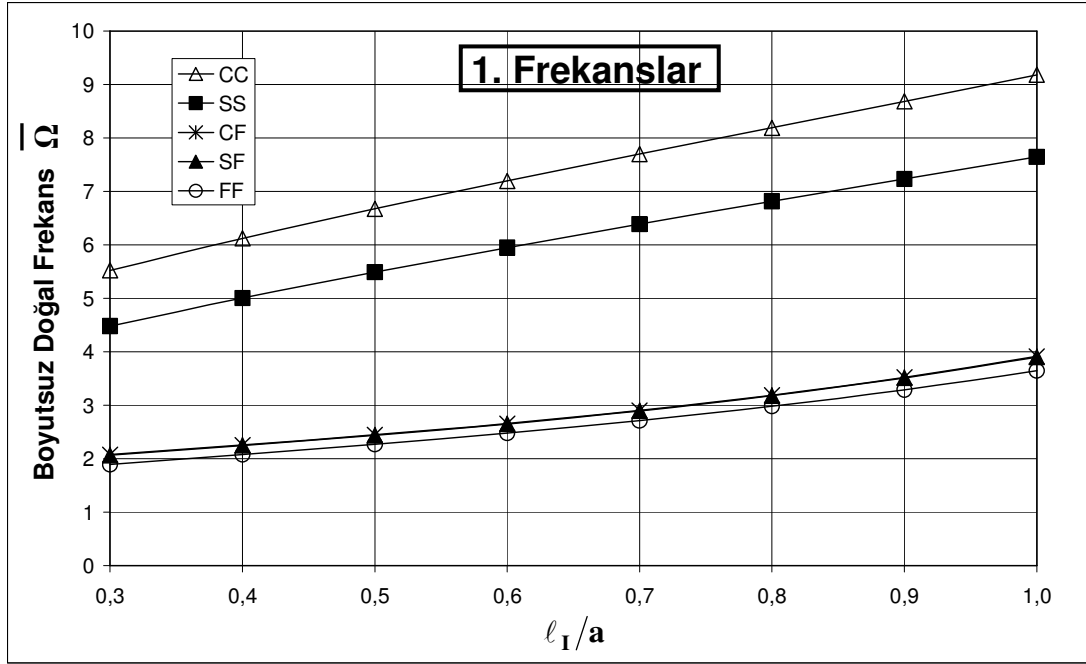
Şekil 6.10. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}= \ell_{III}=$ değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

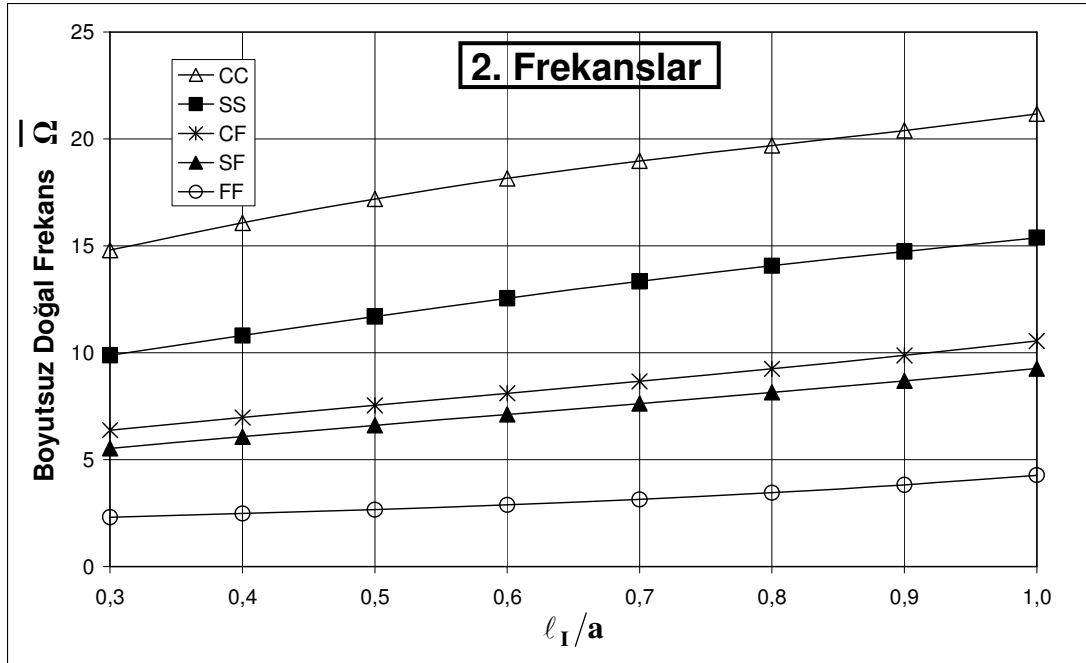


Şekil 6.11. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=$ ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

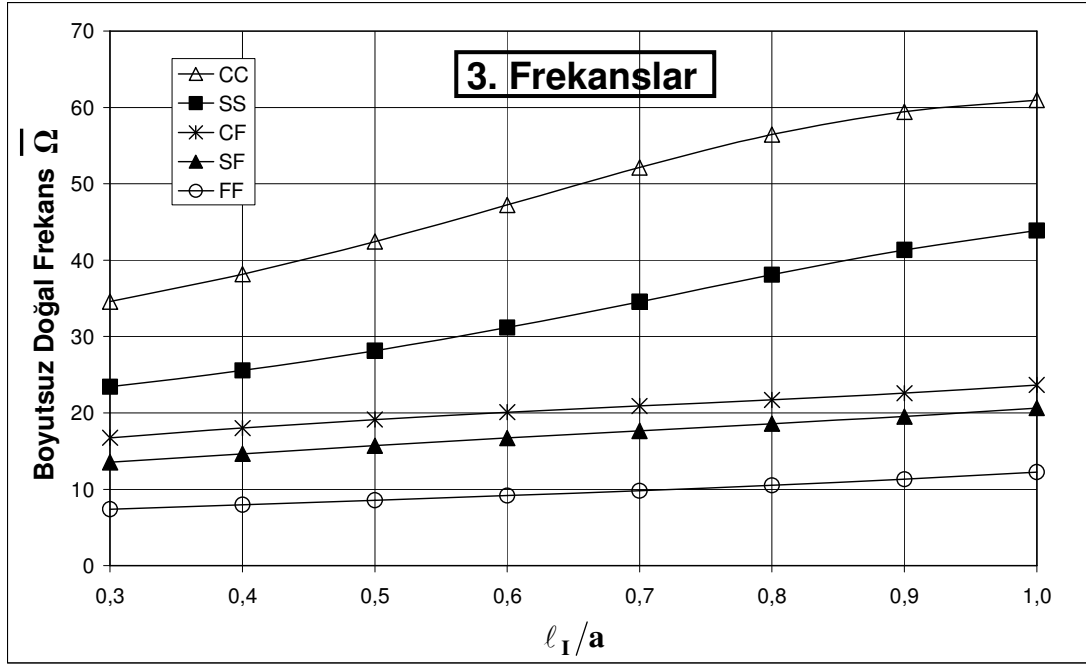


Şekil 6.12. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

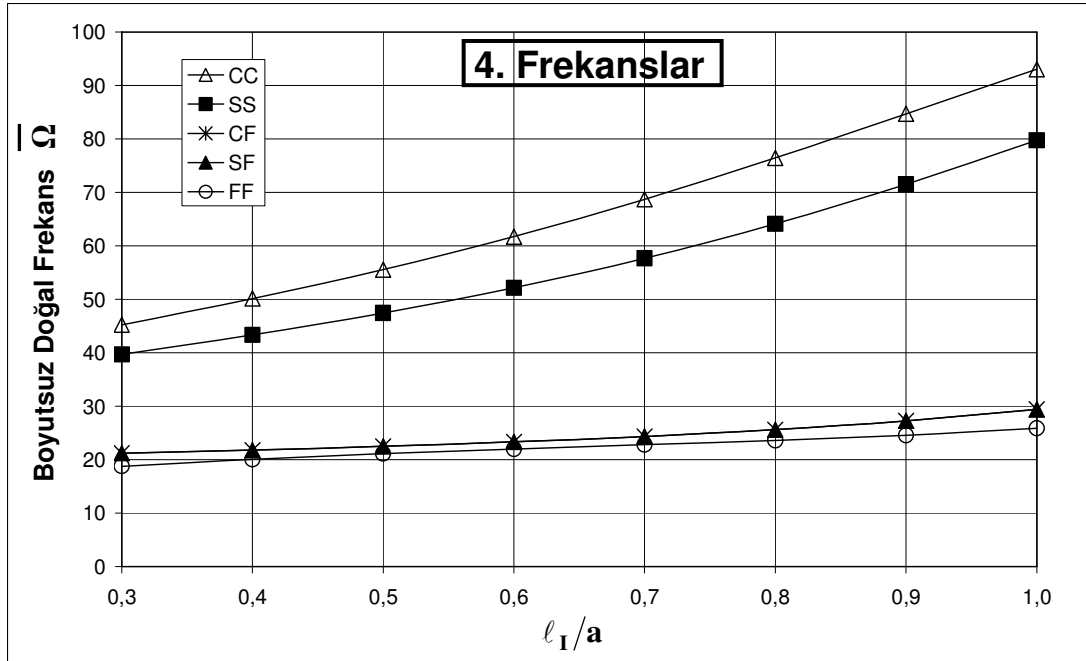


Şekil 6.13. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

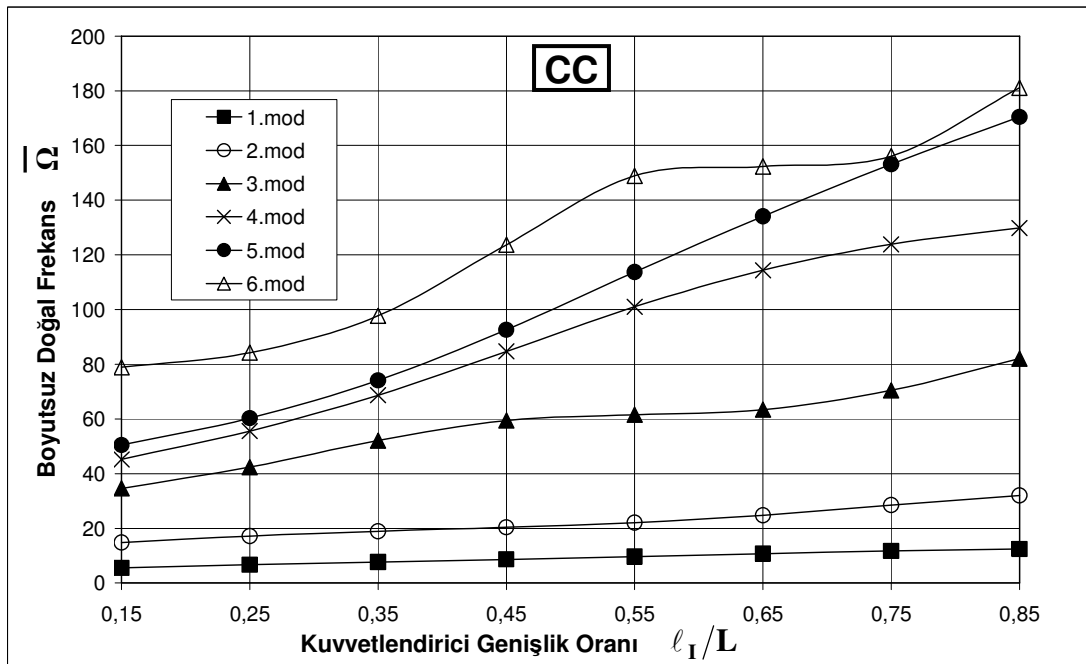
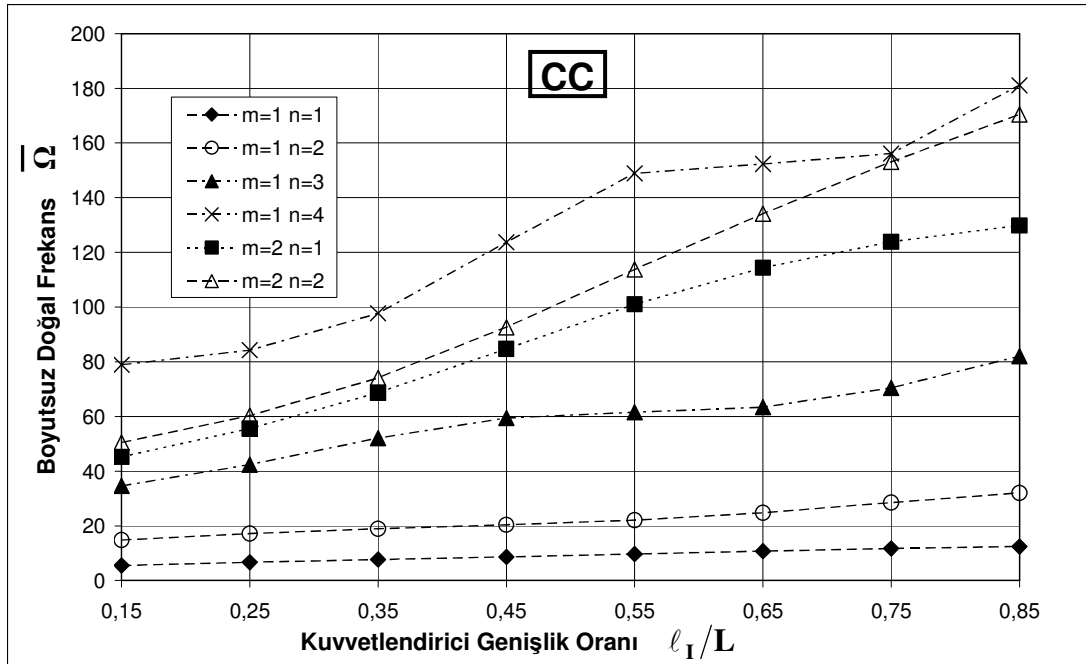


Şekil 6.14. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



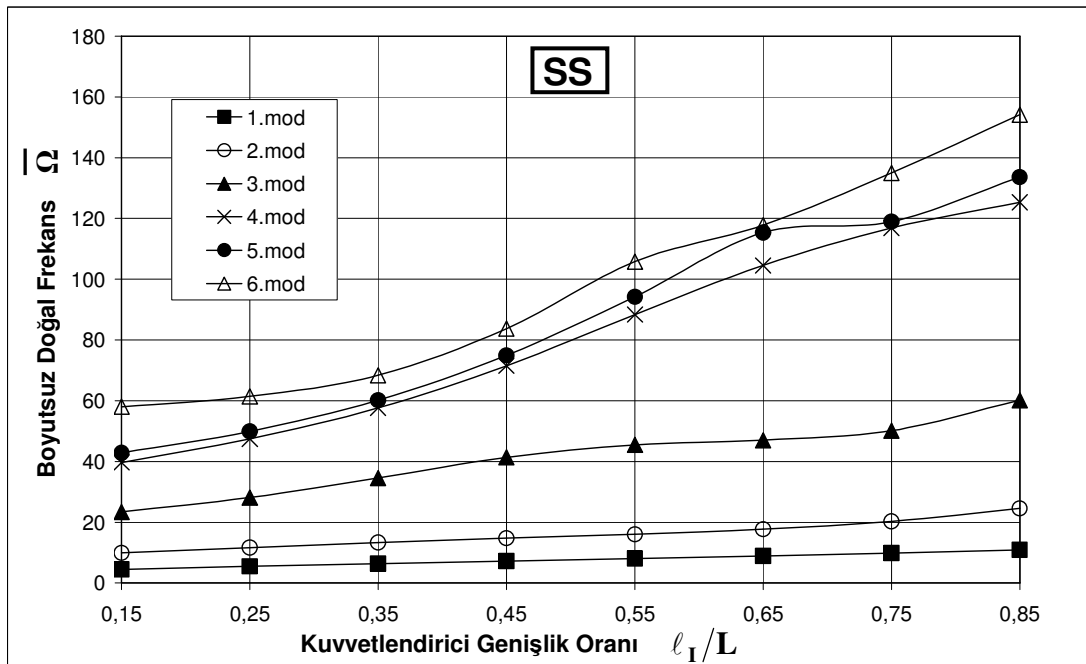
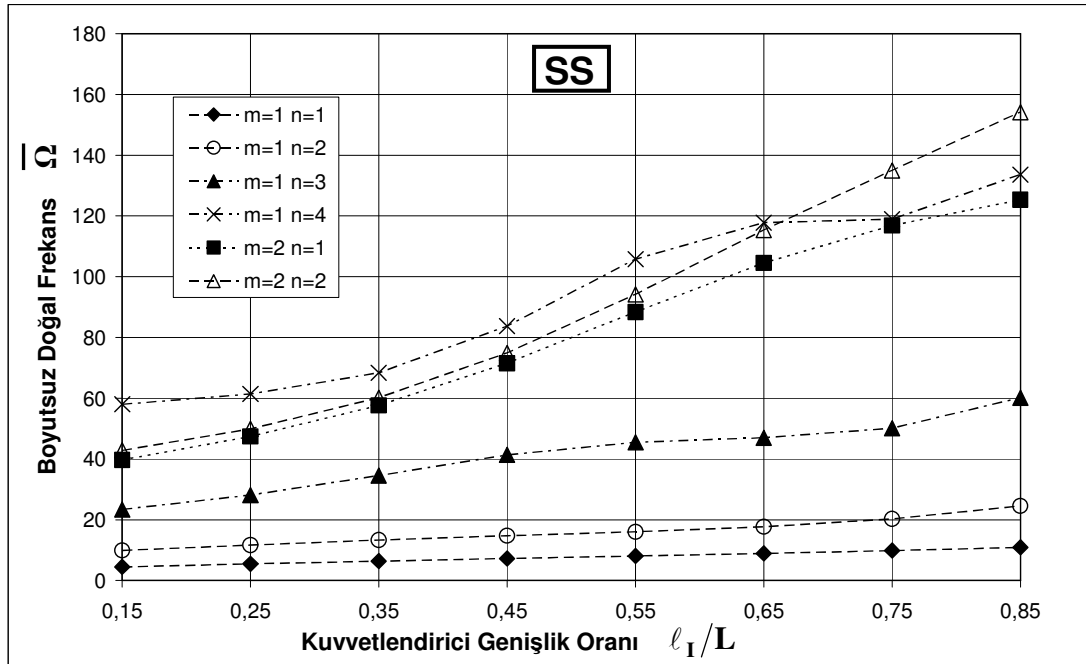
Şekil 6.15. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)



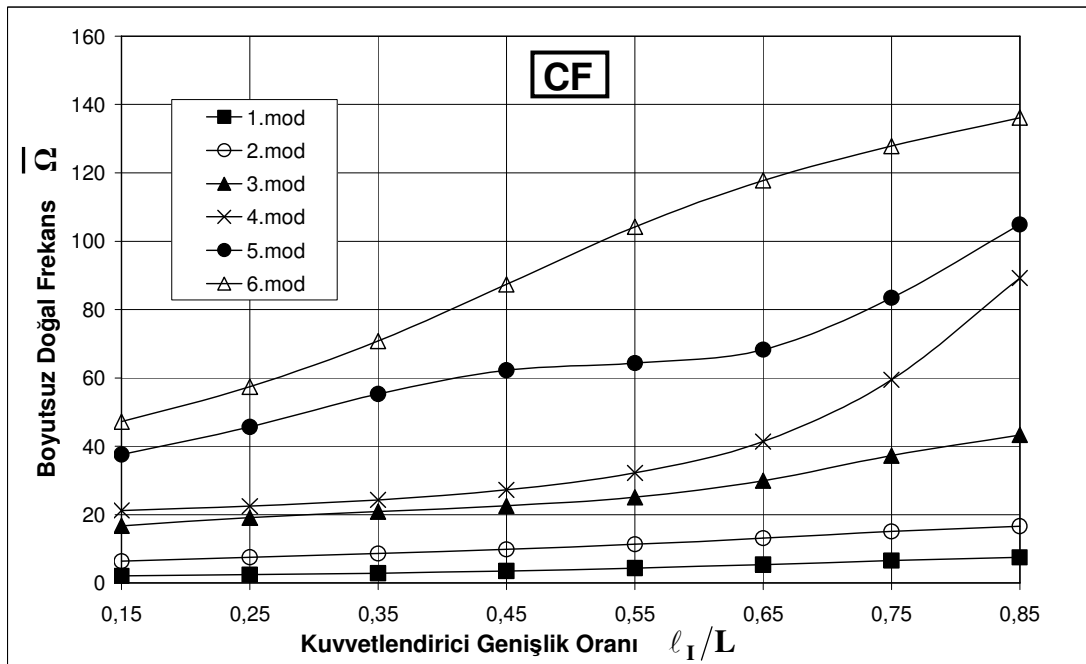
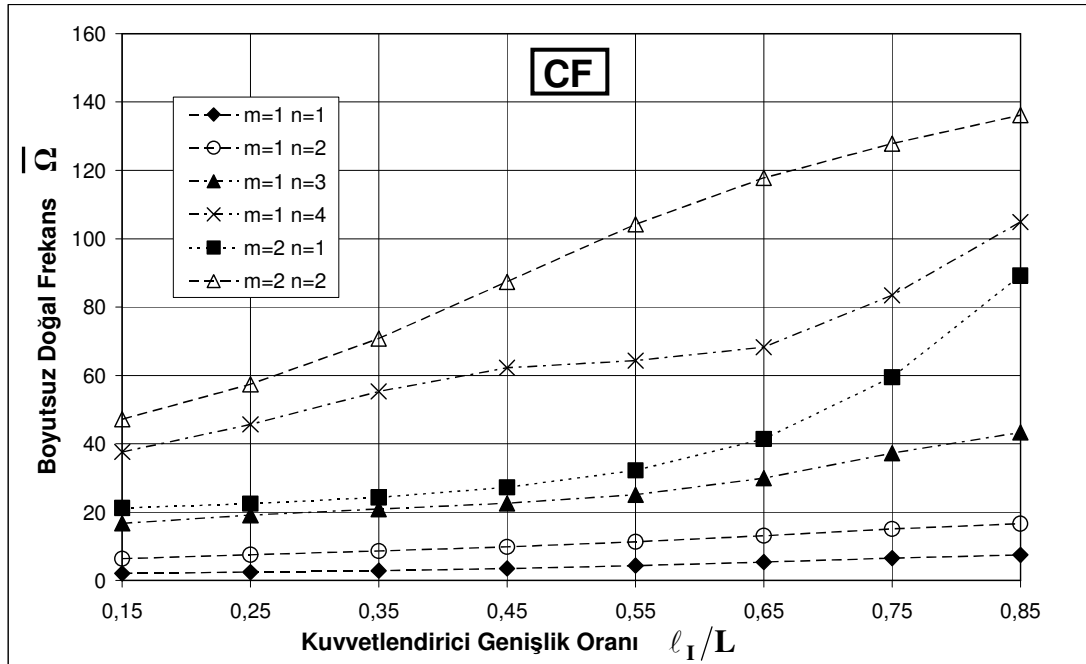
Şekil 6.16. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a=0.50m, h_1 =0.04m, h_2 = h_3 =0.02m, L=1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



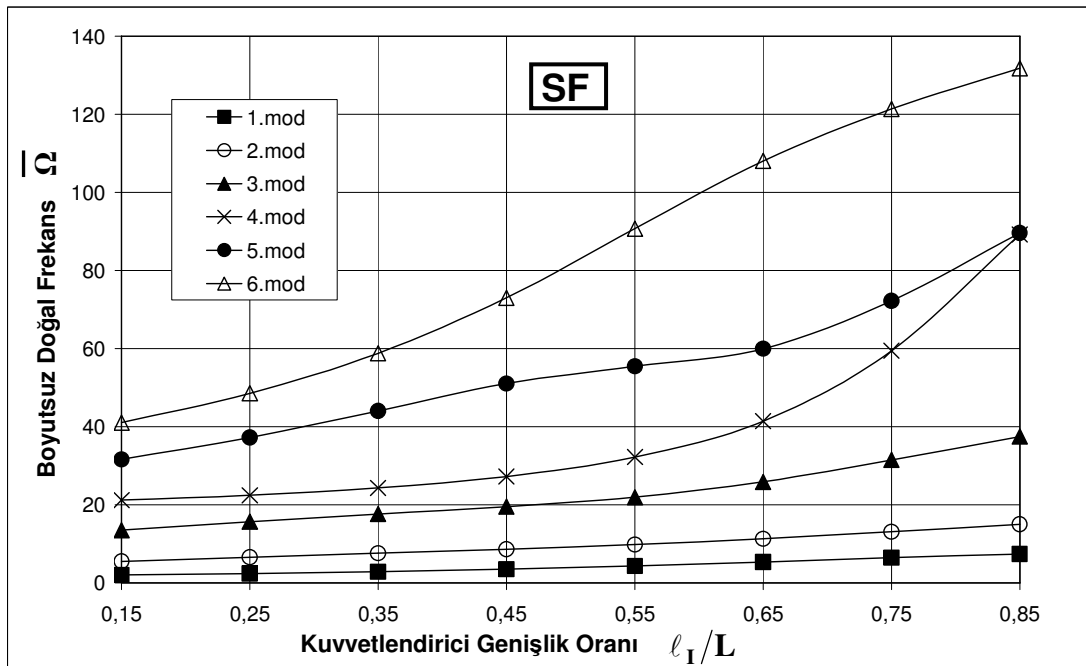
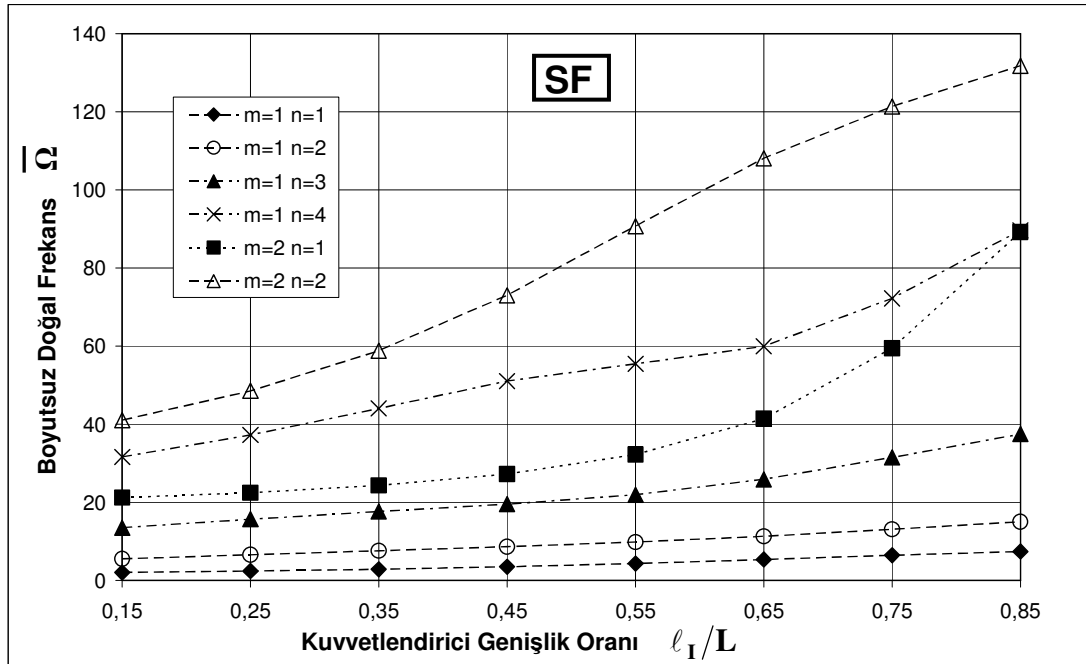
Şekil 6.17. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



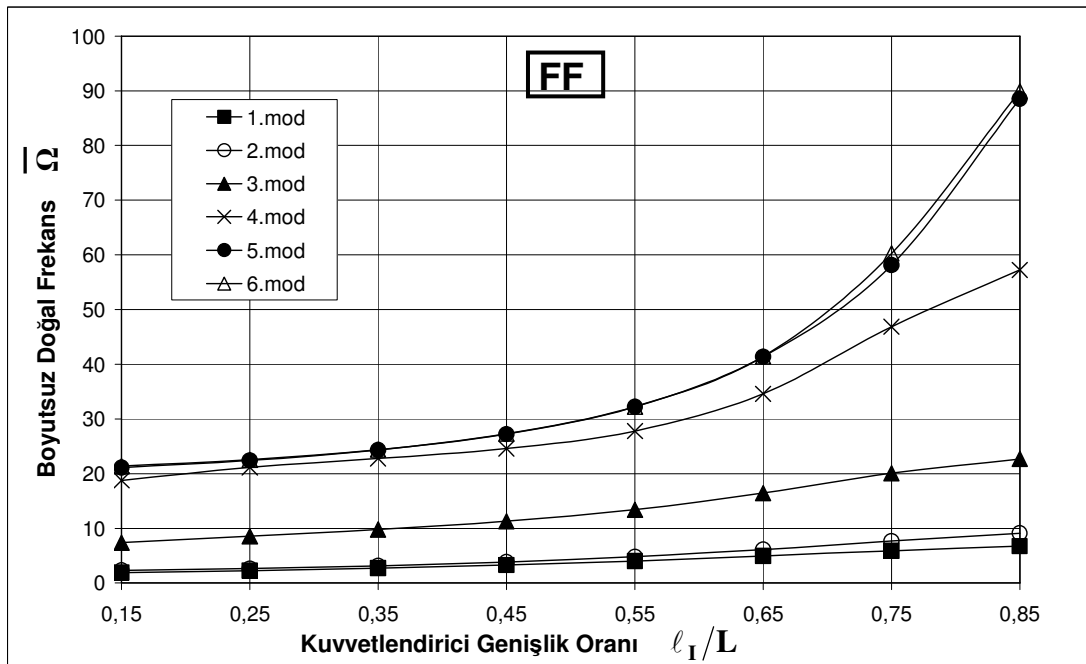
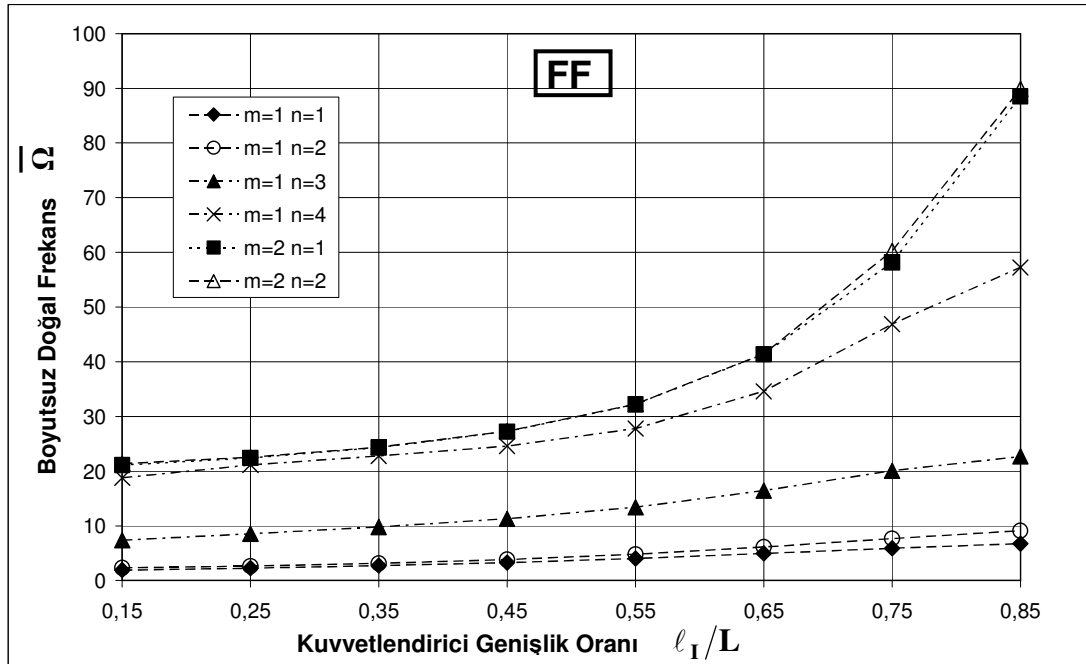
Şekil 6.18. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}, \tilde{b}=0.50\text{m}, a=0.50\text{m}, h_1=0.04\text{m}, h_2=h_3=0.02\text{m}, L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



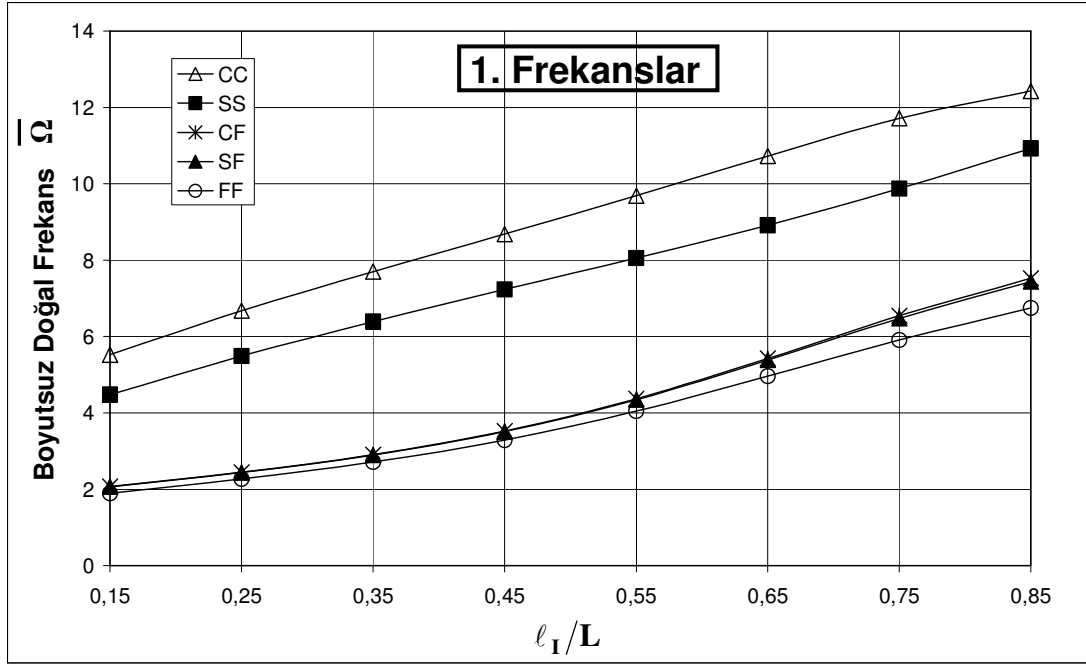
Şekil 6.19. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

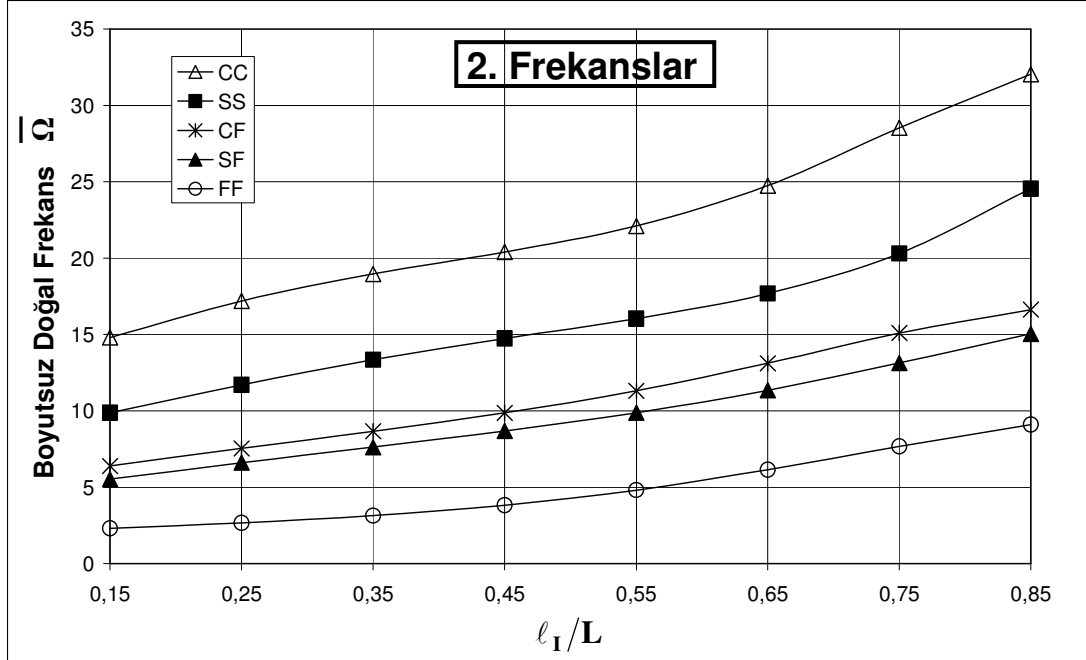


Şekil 6.20. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

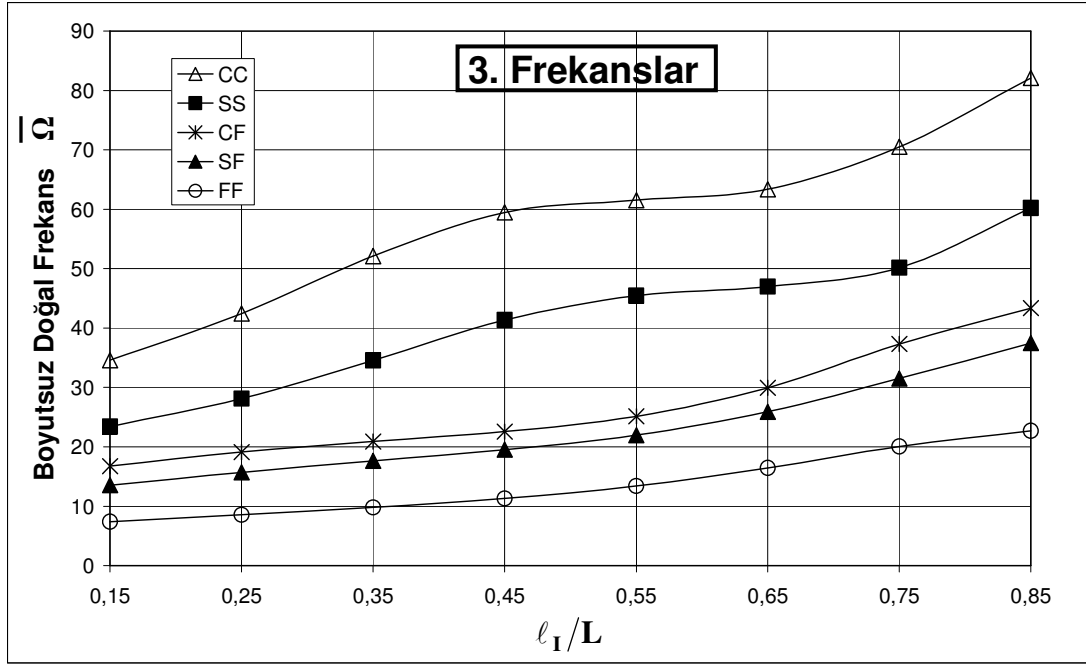


Şekil 6.21. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

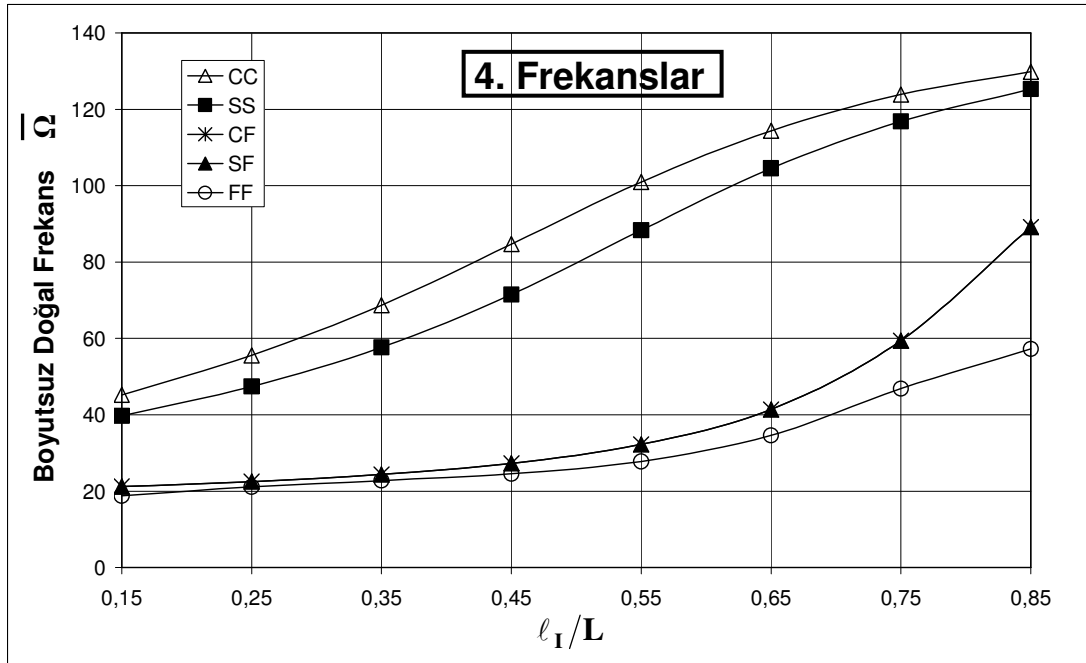


Şekil 6.22. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetli. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

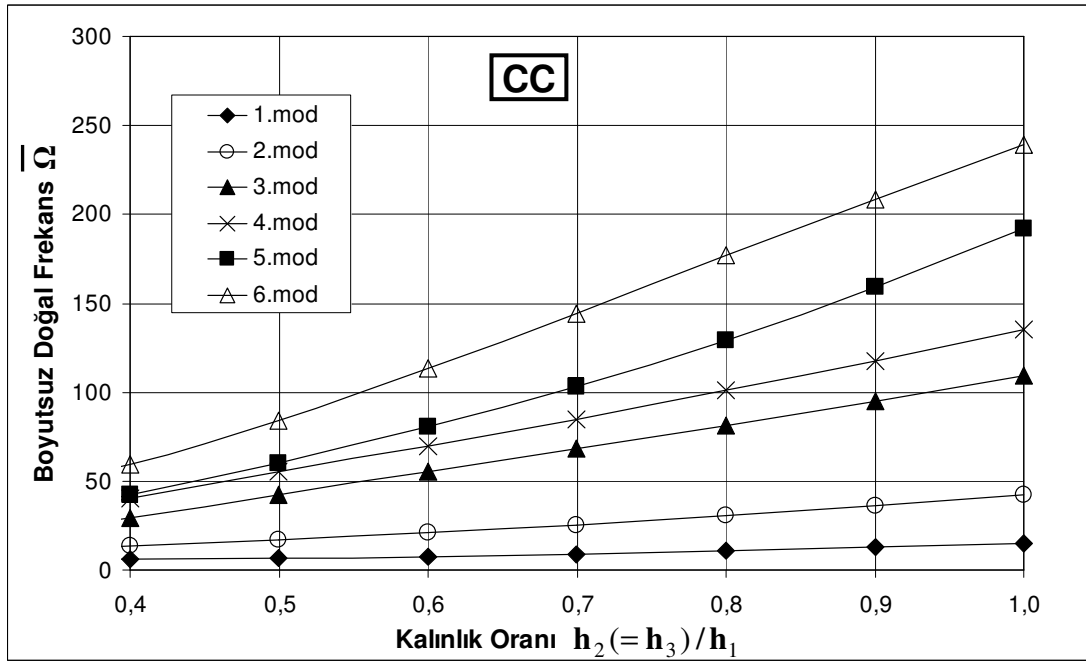
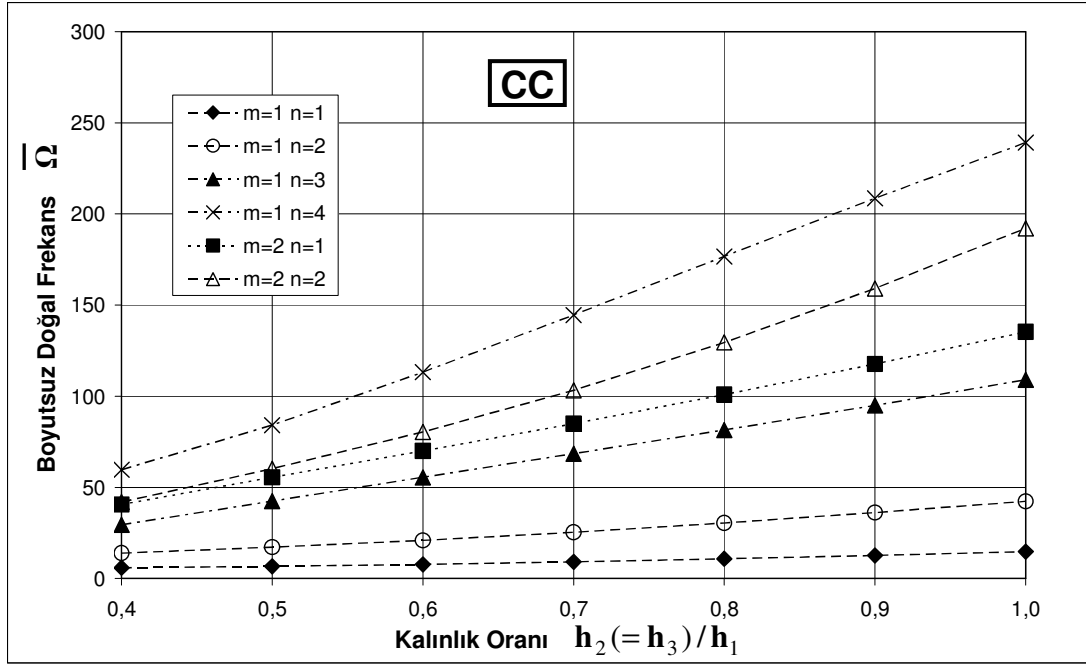


Şekil 6. 23. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



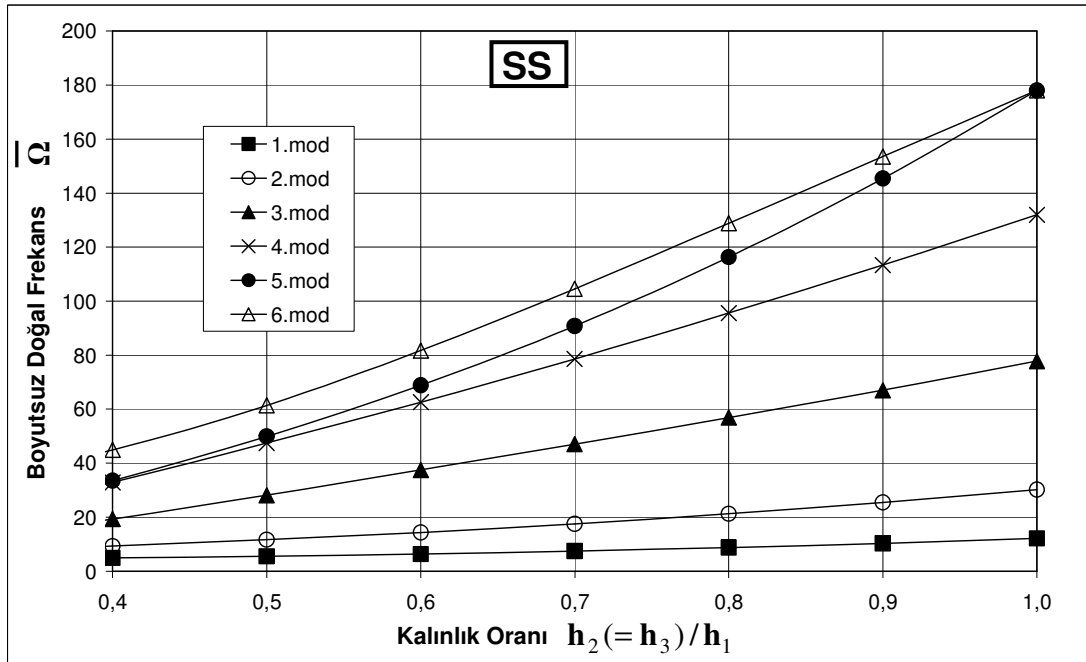
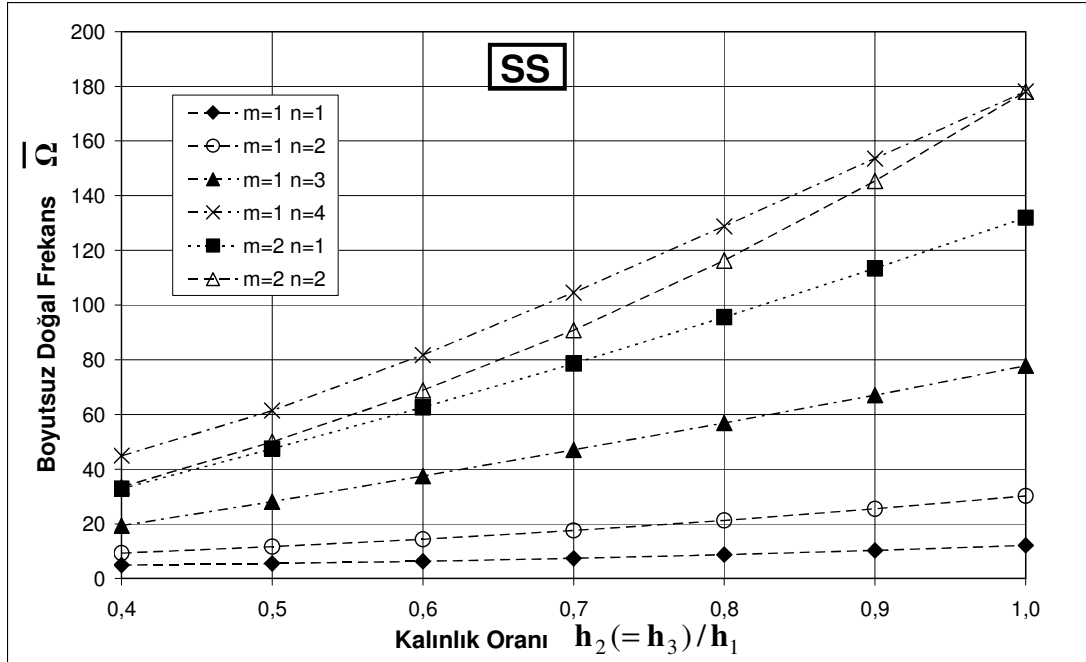
Şekil 6. 24. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (l_I , l_{II} , l_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a=0.50m, h_1 =0.04m, h_2 = h_3 =0.02m, L=1.00m)



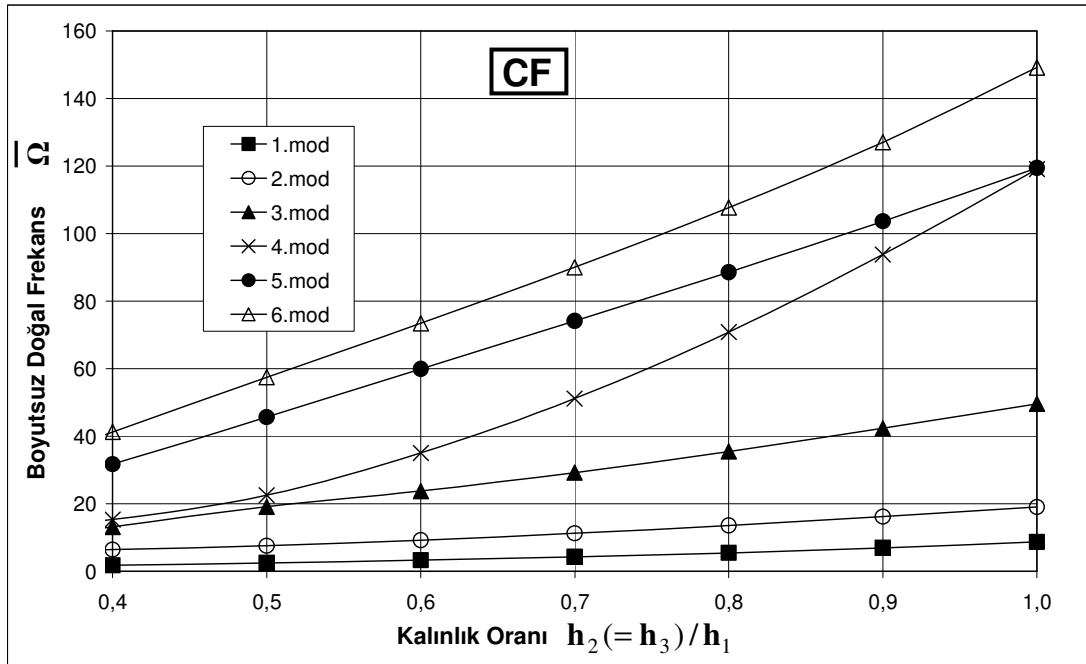
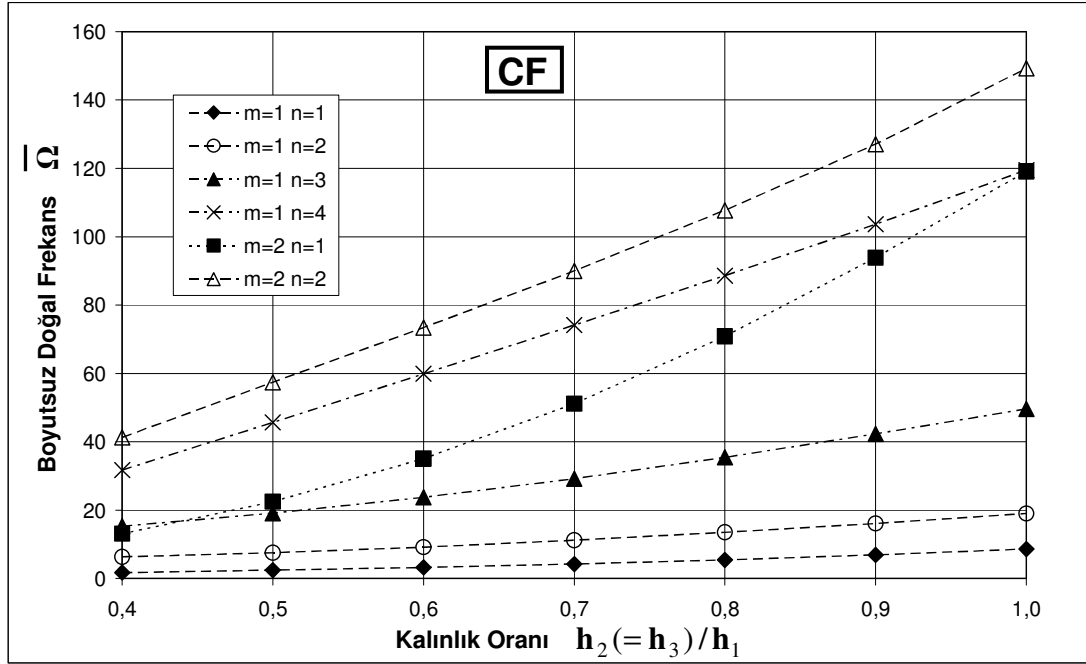
Şekil 6.25. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y -doğrultusunda CC)



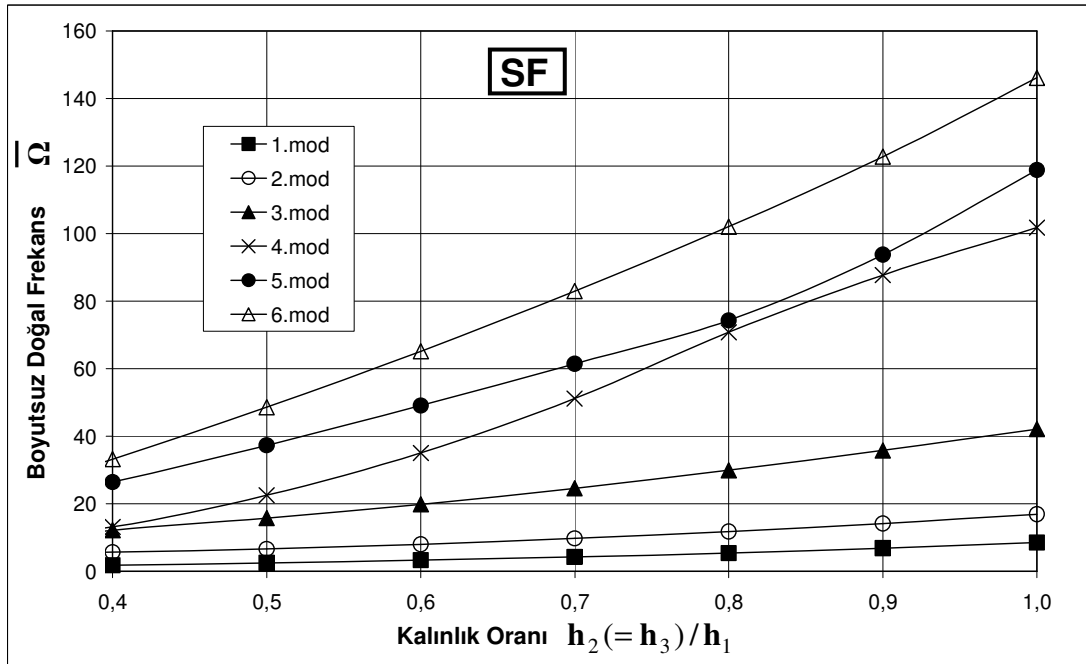
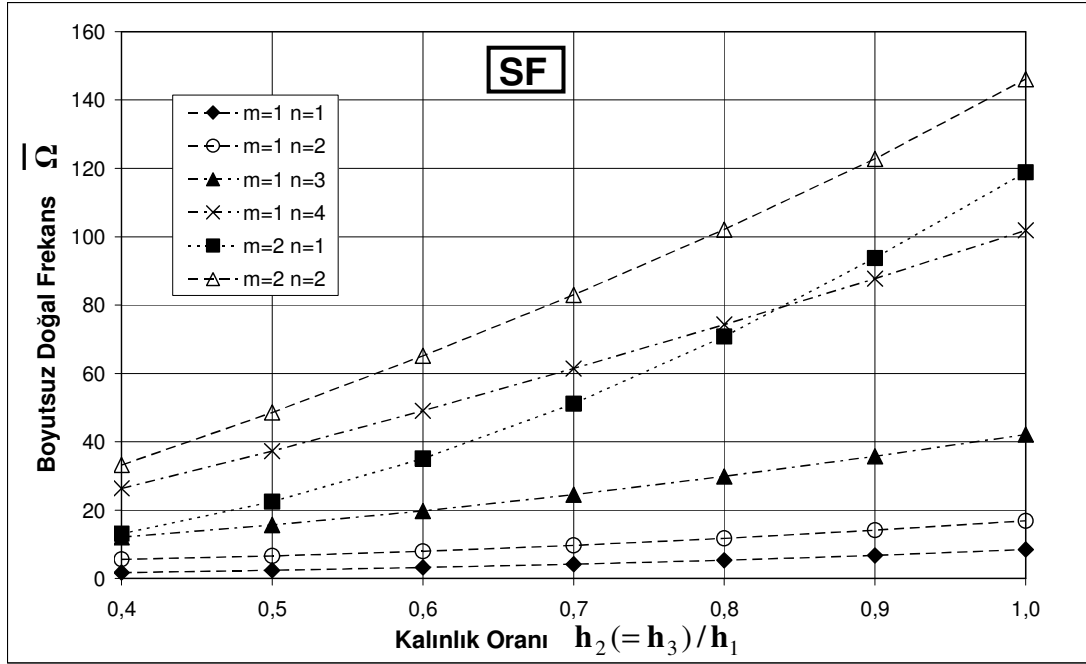
Şekil 6.26. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalinlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



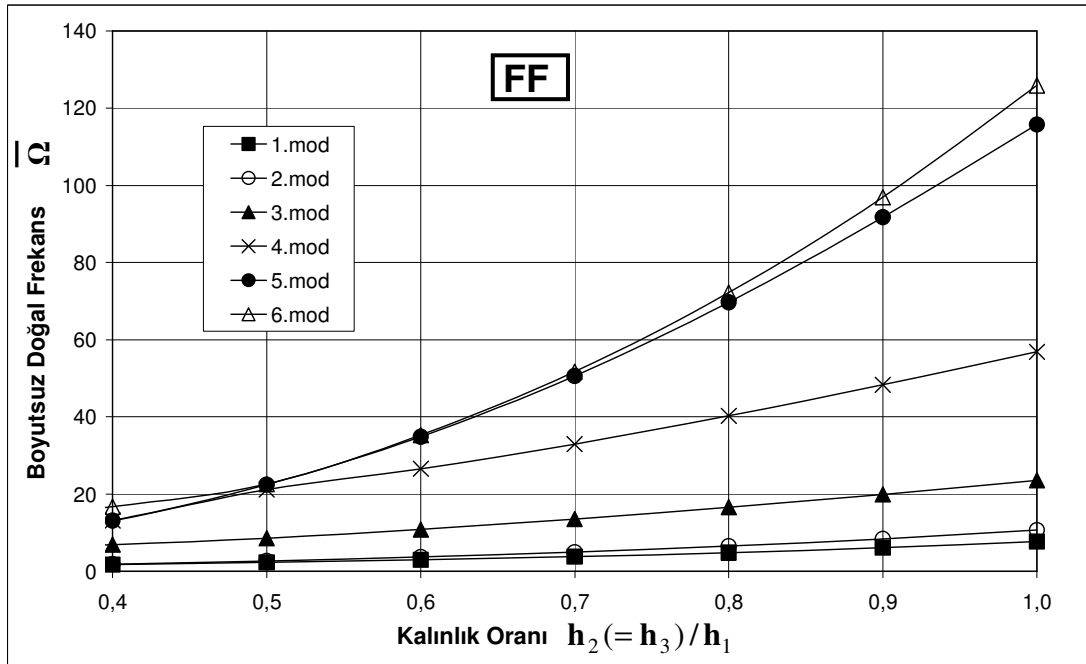
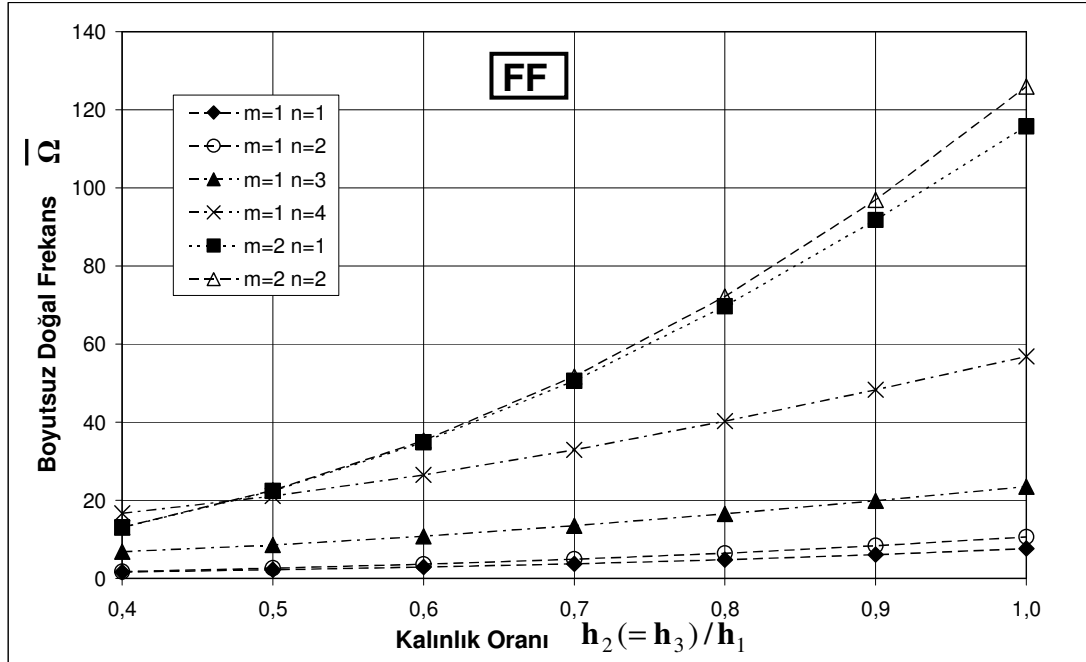
Şekil 6.27. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalinlık Oranı $h_2 (= h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



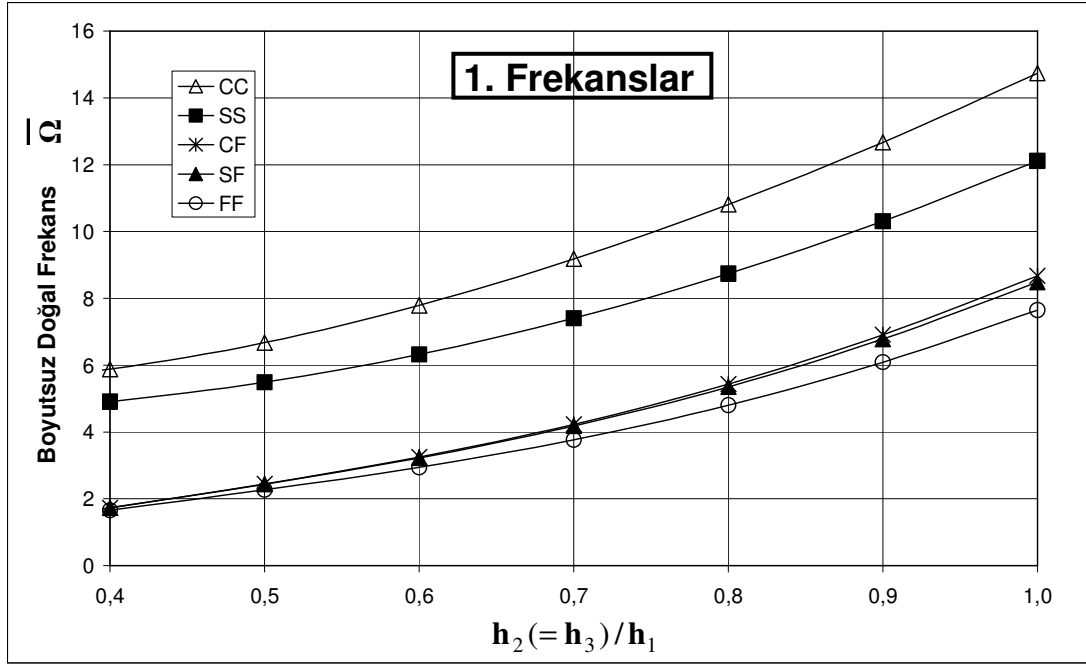
Şekil 6.28. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

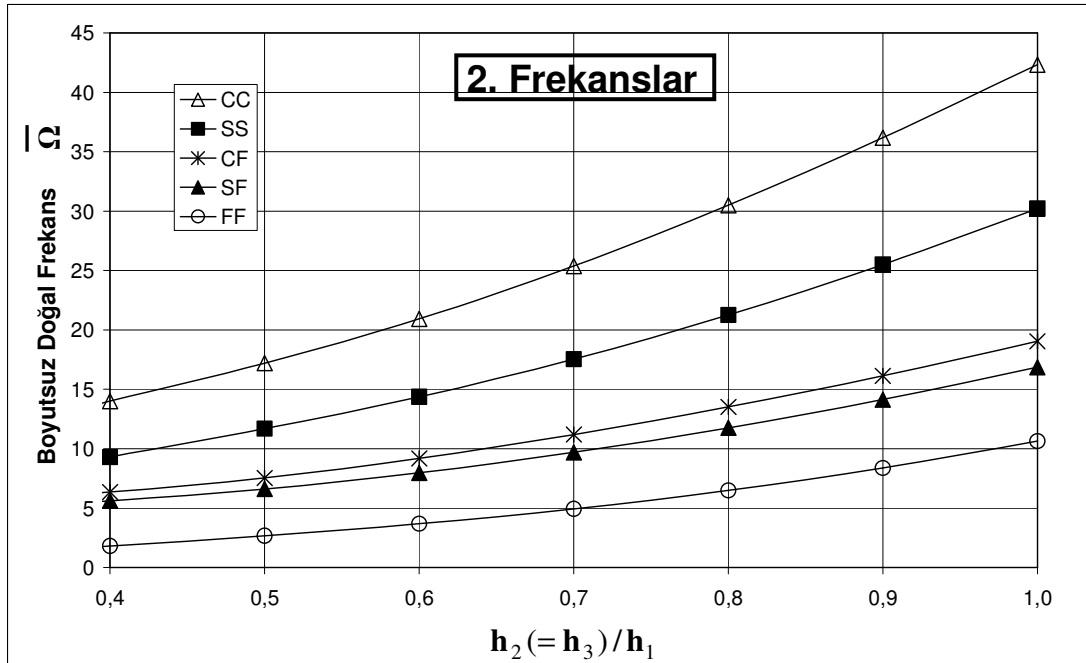


Şekil 6.29. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

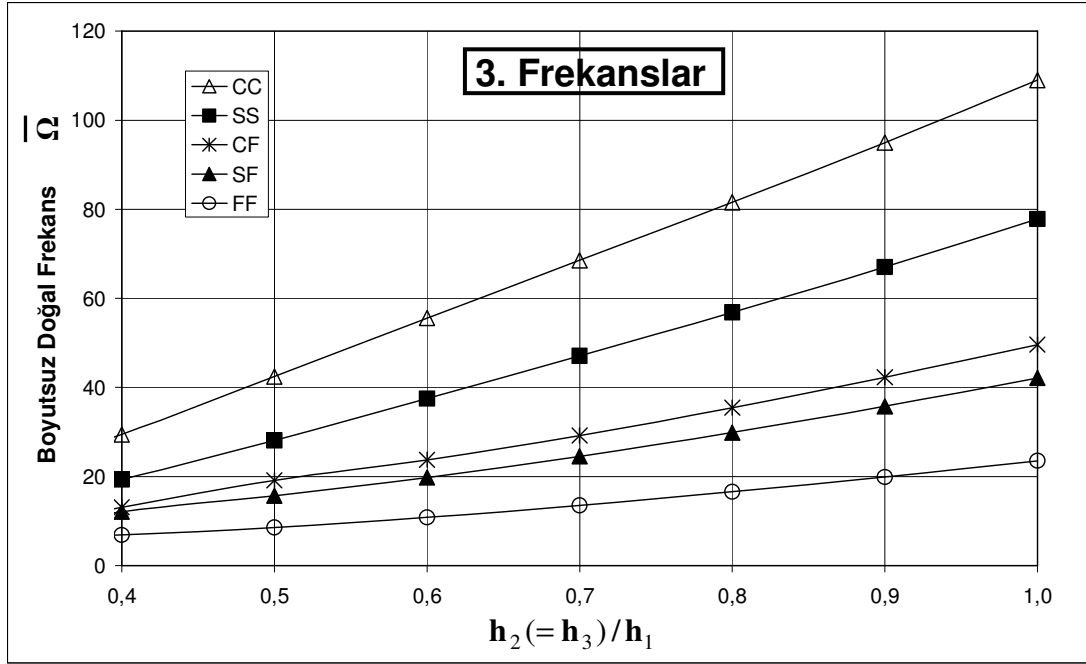


Şekil 6.30. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

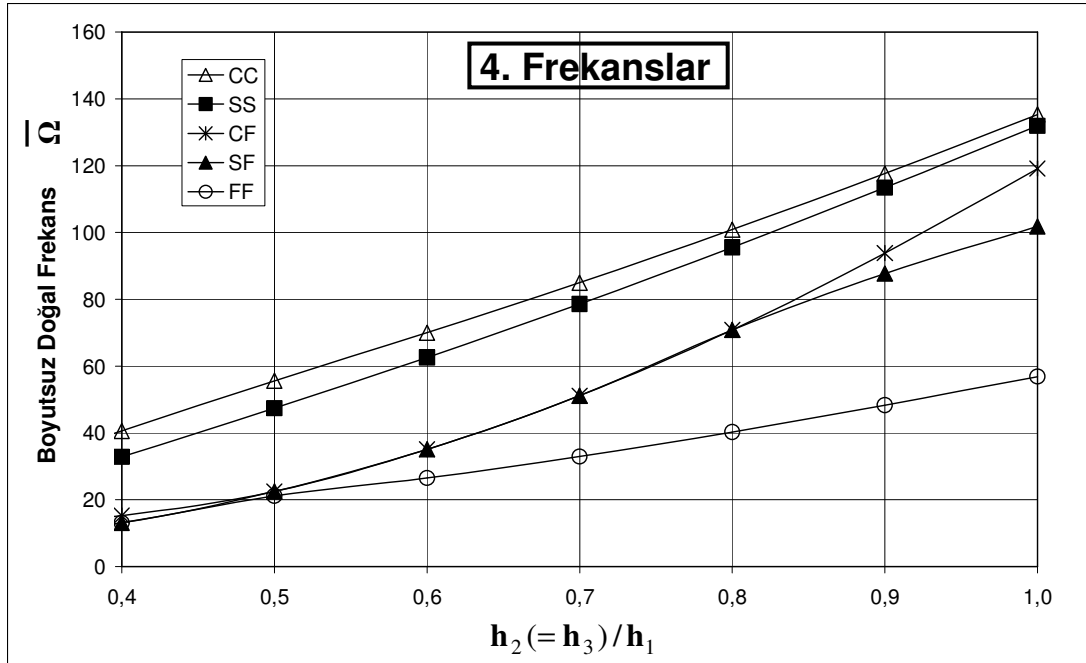


Şekil 6.31. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

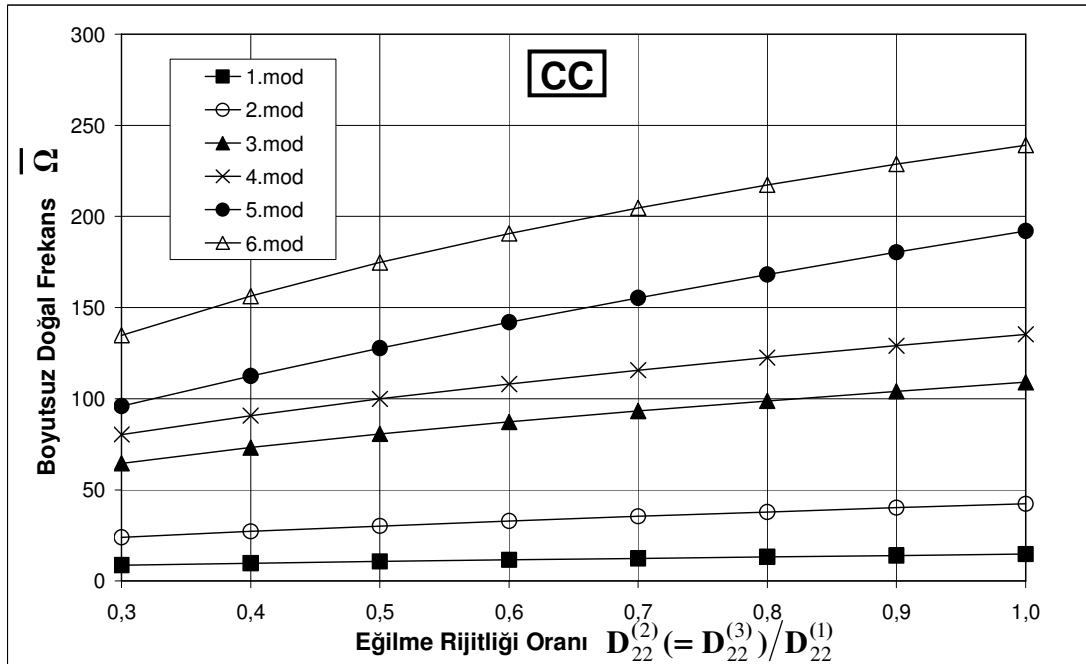
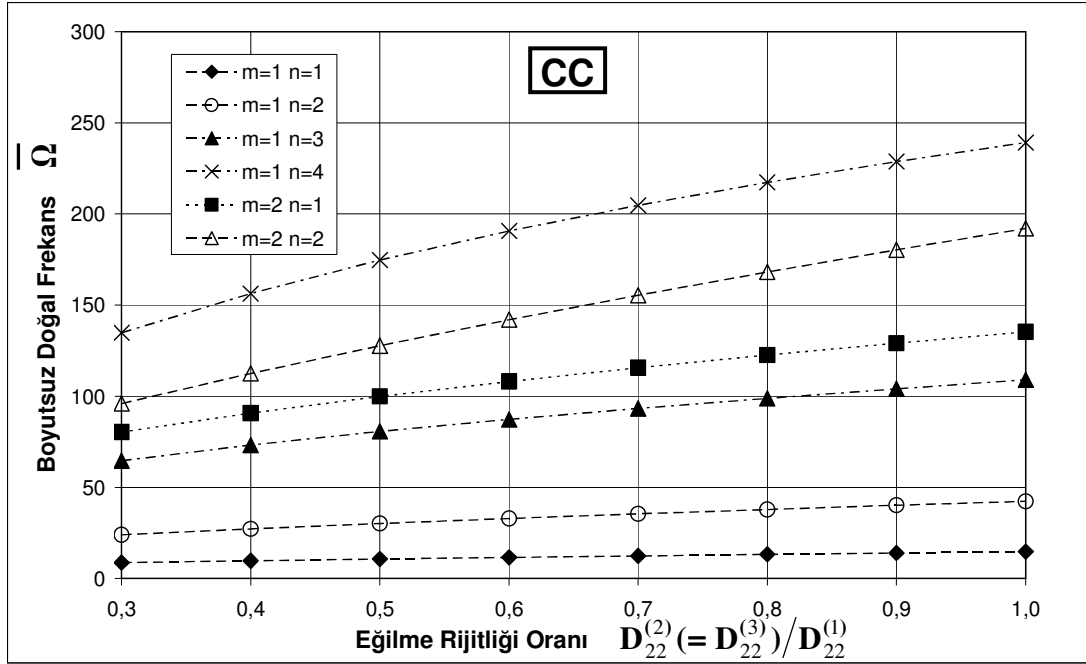


Şekil 6.32. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



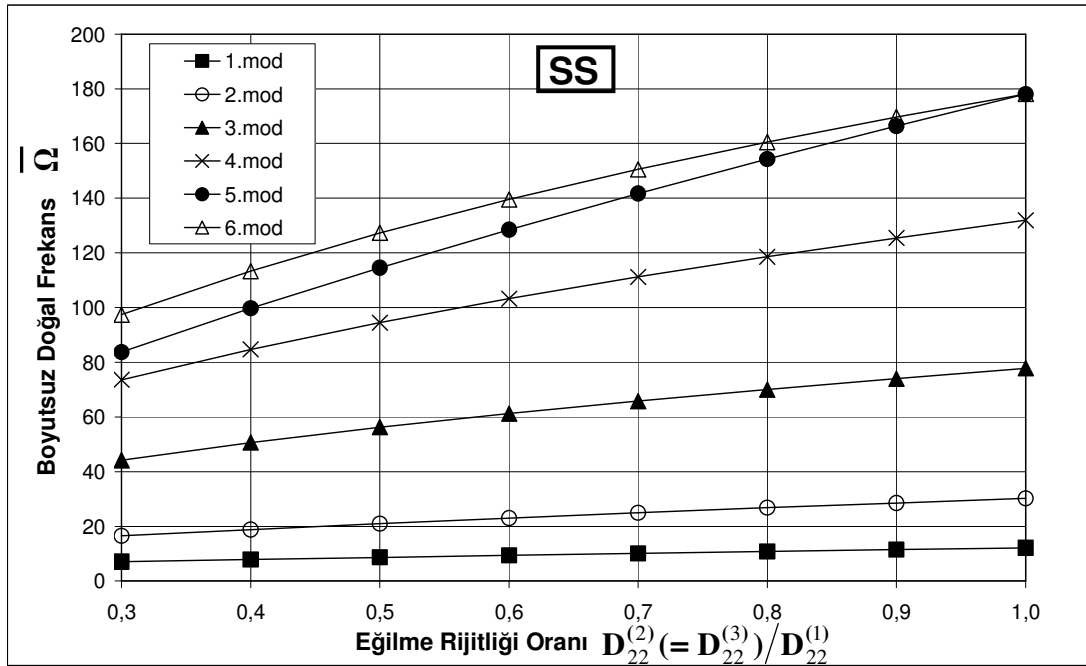
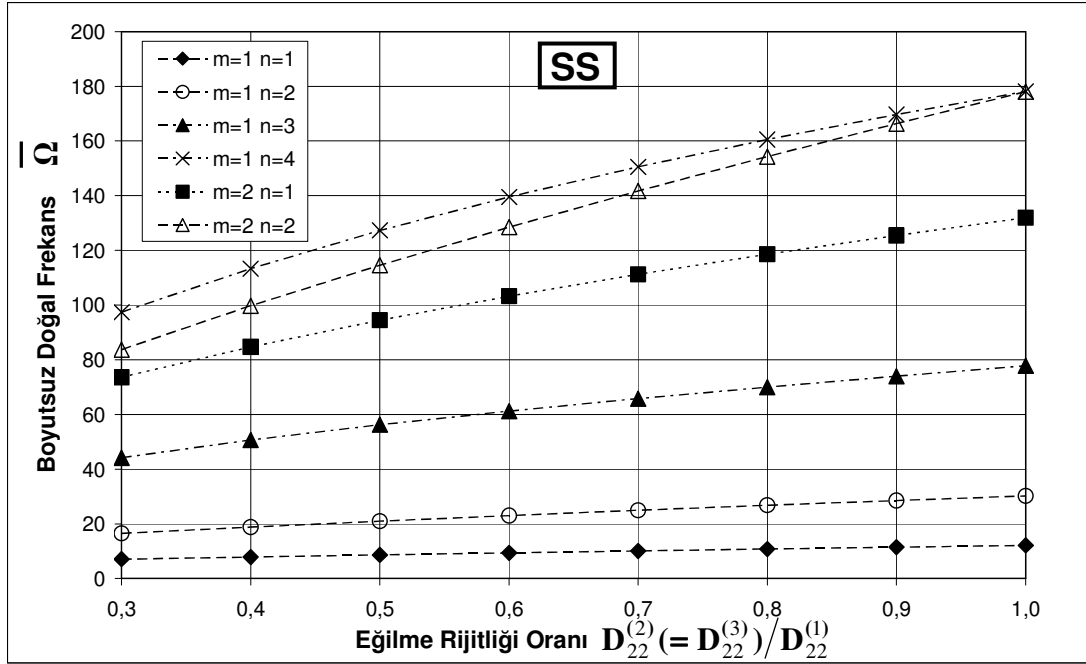
Şekil 6.33. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00\text{m}$)



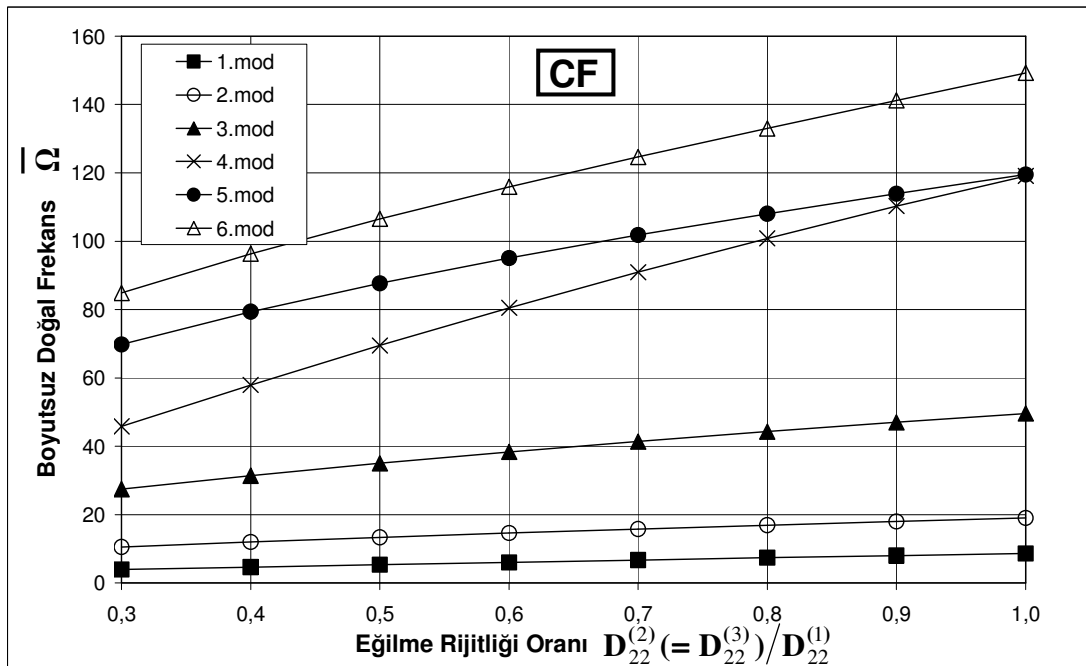
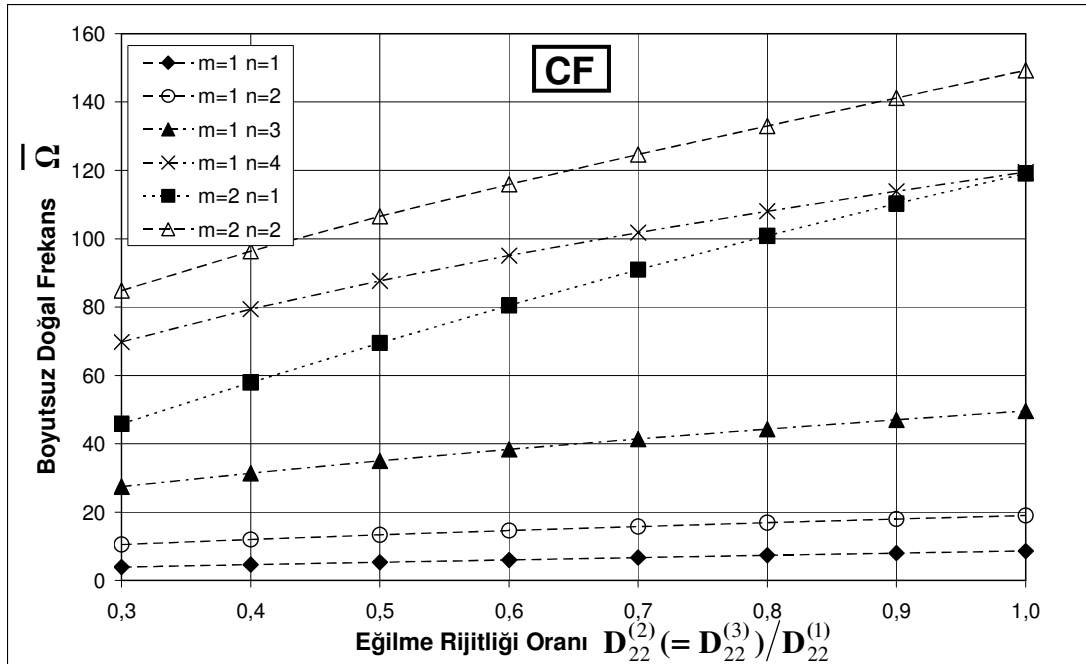
Şekil 6.34. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_1=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



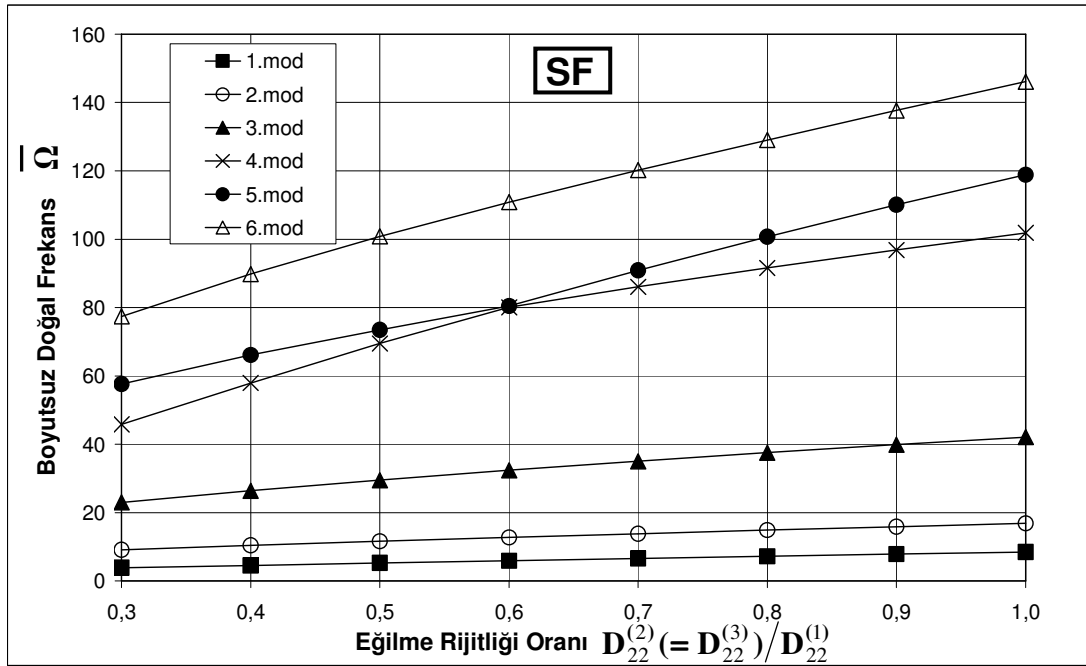
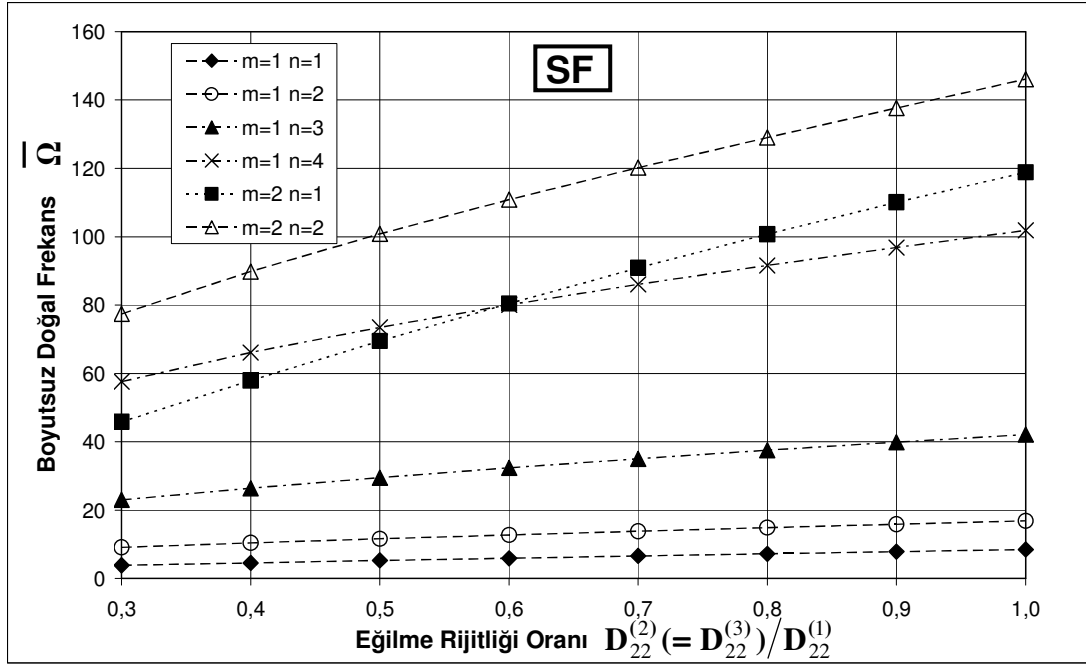
Şekil 6. 35. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_1=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



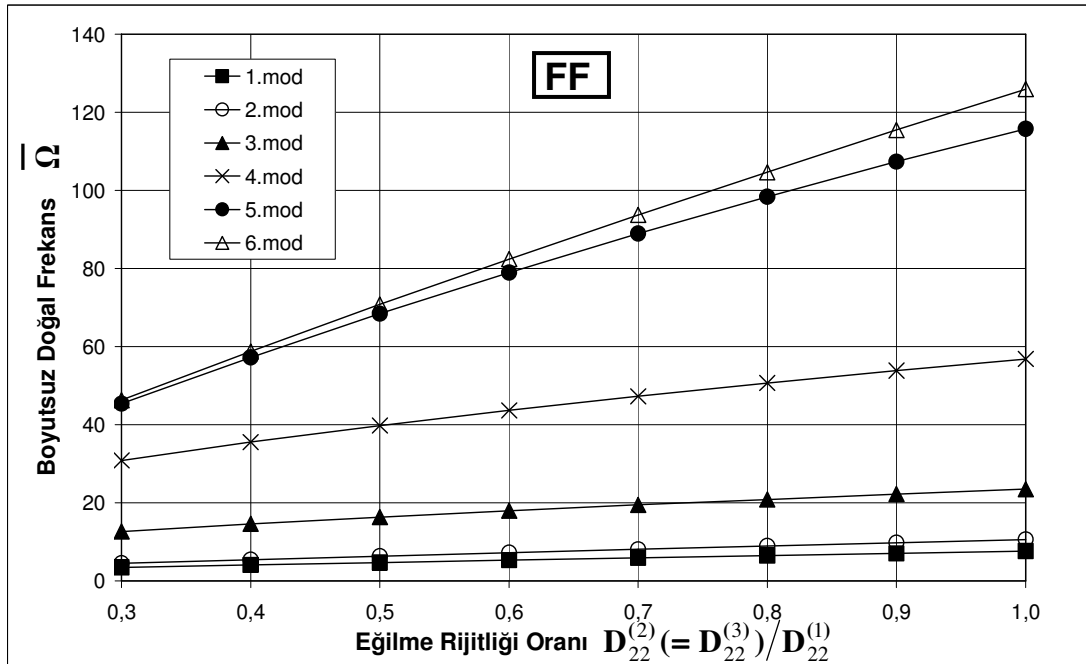
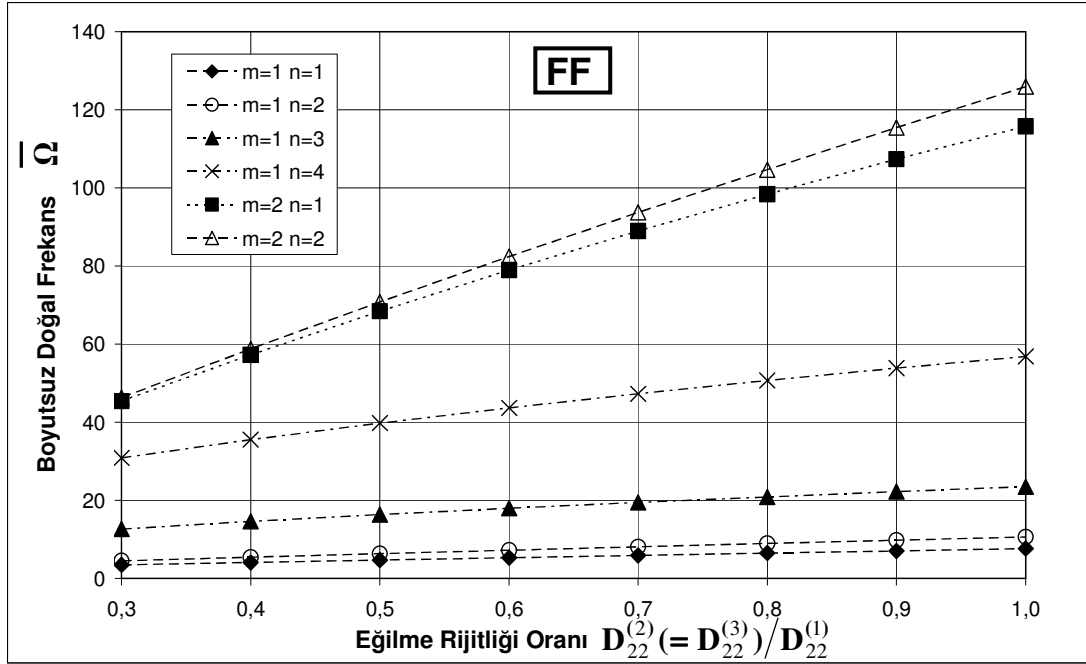
Şekil 6. 36. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_1=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



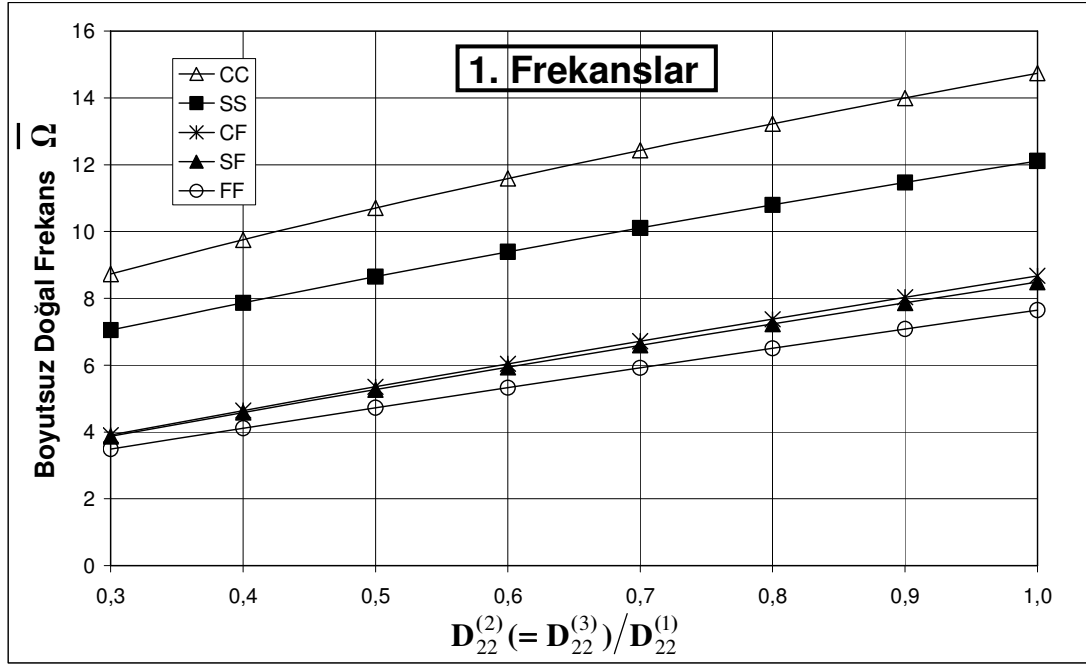
Şekil 6. 37. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_1=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

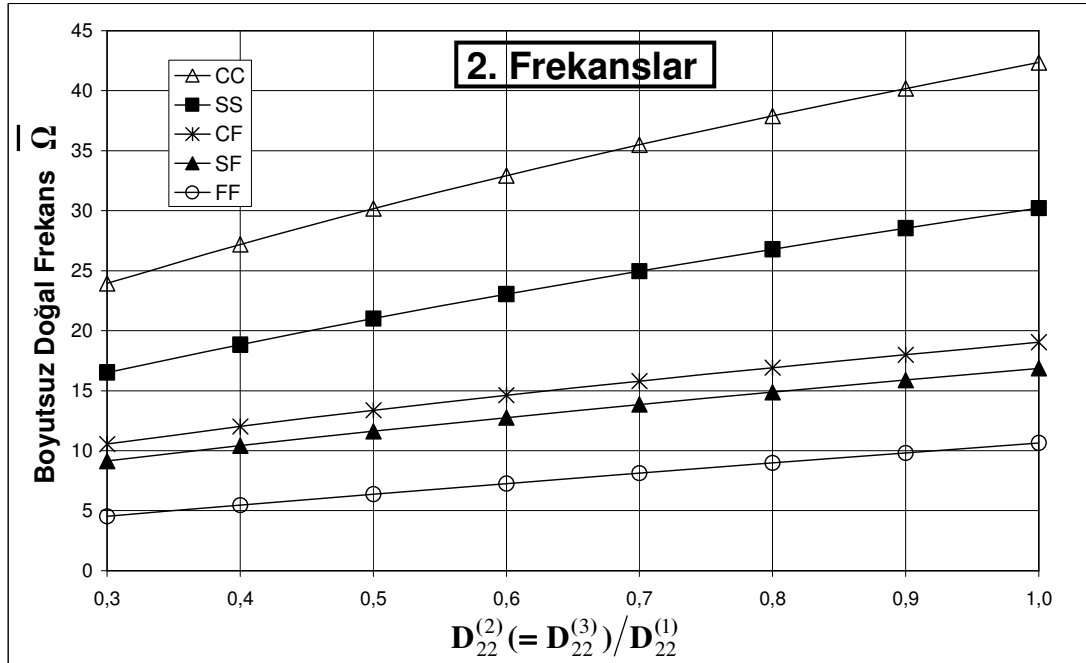


Şekil 6. 38. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

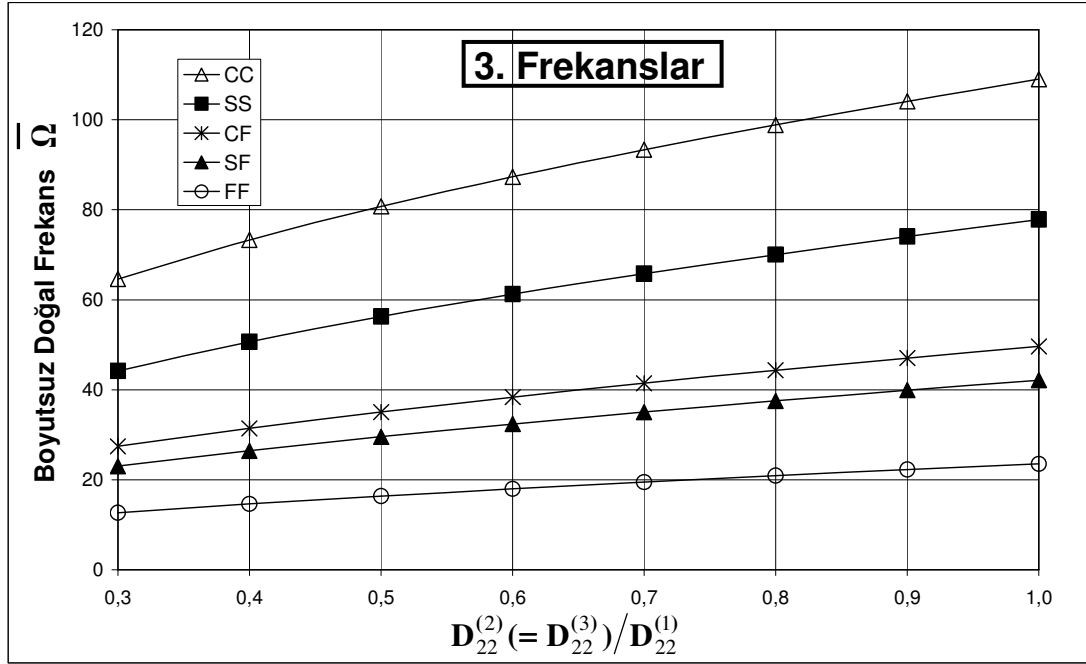


Şekil 6.39. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

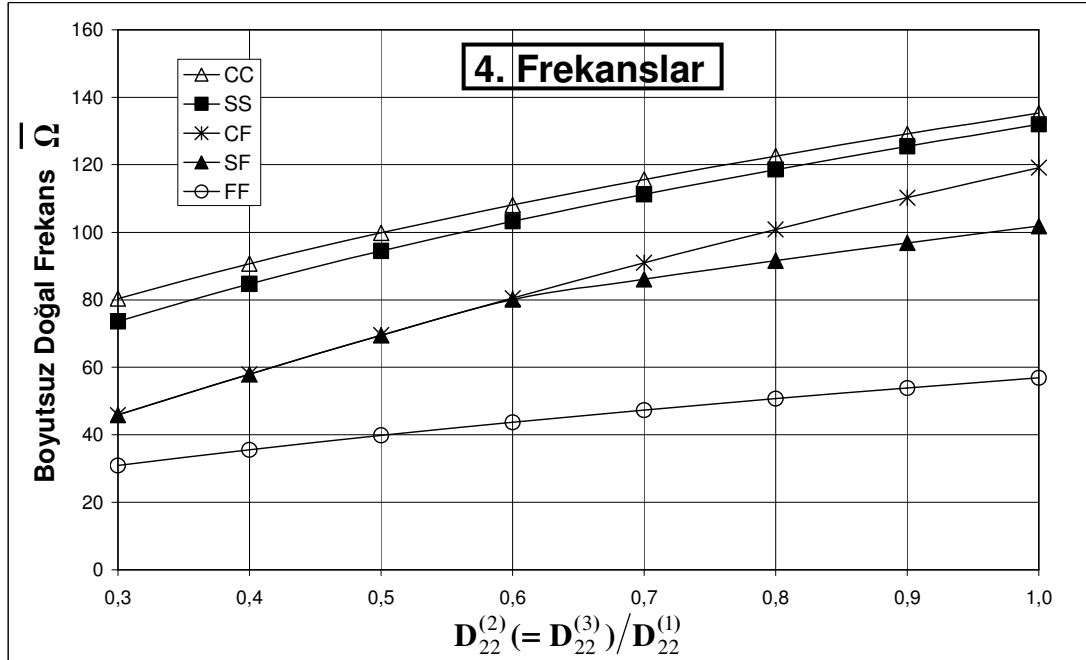


Şekil 6.40. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0,50m$, $a=0,50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=$ değişken, $L=1,00m$)



Şekil 6. 41. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.42. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Isot.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0,25$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$, $\tilde{b}=0,50m$, $a=0,50m$, $h_1=$, $h_2=h_3=$ değişken, $L=1,00m$)

6.3. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”ya ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”un Mod Şekilleri ve Parametrik Çalışmaları takip eden bölümde detaylı olarak verilmiştir. Kısaca yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; Şekil 6.43. ve Şekil 6.48. arasında değişken sınır şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF, CS) ilişkin Mod Şekilleri (1’den 6’ya kadar) ve şekil altlarında “Boyutsuz Doğal Frekanları” verilmiştir. Bununla birlikte, malzeme özellikleri, geometri özellikleri de belirtilmiştir.

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”nın (kuvvetlendirici plakanın ortada olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II ve Plaka III; 8’er istasyona ayrılmıştır. Bunlar mod şekillerine bakılarakda görülebilir.

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”, Ortotropik malzemelerden oluşmuştur, kuvvetlendirici plakanın merkezde (ortada) bulunmasından ve plakanın simetrik olarak aynı özellikleri taşımasından ötürü; simetrik Sınır Şartlarında (CC, SS, FF gibi) mod şekilleri simetrik (örneğin, Şekil 6.43. a’da olduğu gibi) ve çapraz simetrik (skew symmetric) (örneğin, Şekil 6.42. b’de olduğu gibi) olarak görülür. Sınır şartları simetrik olmadığında (CF, SF gibi) ise, yukarıda belirtilen simetriden (symmetric) ve çapraz simetriden (skew symmetric) bahsedilemez. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” halinde iki yan plakanın birbirinden farklı “Ortotropik” malzeme sabitleri olması halinde “Sınır Şartları” simetrik olsa dahi mode şekillerinde simetri ve çapraz simetriden (skew symmetric) bahsedilemez. Mod Şekillerinde hareketsiz bölgeler (örneğin, Şekil 6.45. c ve Şekil 6.45. f’deki gibi) oluşur.

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”, için yapılan parametrik çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz;

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)”, “Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)”, “Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)”, “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” olarak sıralanır. Sınır Şartları sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF olarak parametrik çalışmalar oluşturulmuştur. Bu sayfalarda ikişer şekil bulunmaktadır, bunlardan yukarıda olan şekil Boyutsuz Doğal Frekansların m’ye ve n’ye bağlı değerleri, altta bulunan şekilse Boyutsuz Doğal Frekansların sıralanması sonucu elde edilen değerleridir.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)” Şekil 6.49’dan Şekil 6.57’ye kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.49.’dan Şekil 6.53.’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, Boyutsuz Doğal Frekanslar bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.54.’den Şekil 6.57.’ye kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

”Aspek Oranı (ℓ_I/a)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.54.-6.57.’de görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).

olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)” Şekil 6.58.’den Şekil 6.66.’ya kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.58’den Şekil 6.62’a kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen Boyutsuz Doğal Frekanslarını gösteriyor (Burada şekil altında

yazılan açıklamalarda, Boyutsuz Doğal Frekanslar bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.63'den Şekil 6.66'ya kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_1/L)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir (CC ve SS Sınır Şartlarında (Şekil 6.58 ve Şekil 6.59) 5. ve 6. frekans değerleri x-ekseni 0.45'den başlayan ve 0.75'e gelen bir azalma görülmektedir).
 - CC ve SS'nin, CF, SF ve FF'nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.63-64-65-66'da görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
 - FF'de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).
- olduğundan bahsedebiliriz.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” Şekil 6.67'den Şekil 6.75'e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.65'den Şekil 6.69'a kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF'ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.72'den Şekil 6.75'e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen “Sınır Şartları”nda nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS'nin, CF ve SF'nin (FF 1.,2.,4. Frekans değerlerinde CF, SF ile benzer bir artış trendi gösteriyor) Şekillerdeki artış trendleri birbirine

yakınlık göstermektedir (Şekil 6.72-73-74-75’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.

- FF’de ise 1. ve 2., 4. ve 5. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).
- olduğundan bahsedebiliriz.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$)” Şekil 6.76’dan Şekil 6.84’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.76’dan Şekil 6.80’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen Boyutsuz Doğal Frekanslarını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.81’den Şekil 6.84’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen “Sınır Şartları”nda nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

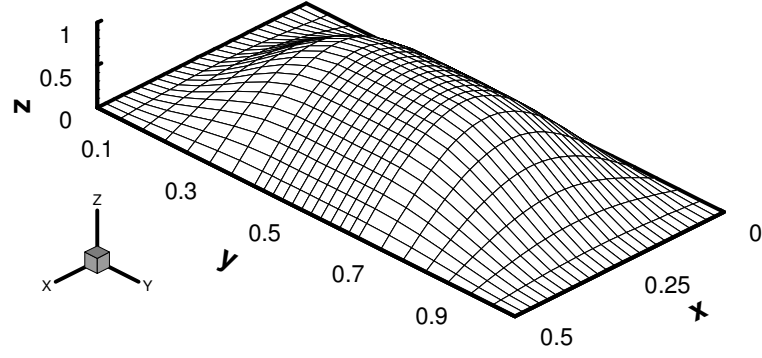
“Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir.
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.81-82-83-84’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2. mod değerleri birbirine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir).
- Burada Eğilme Rijitliği Oranı ($\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)}) / \mathbf{D}_{22}^{(1)}$) nı hesaplarken, malzemenin ortotropik olmasından dolayı Eğilme Rijitliği Oranı hesaplanırken $\mathbf{D}_{22}^{(1)}$ değerini sabit olarak alıp, $\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)})$ değerlerini değişken olarak kabul ettik. Daha detaylı söylemek gerekirse, $\mathbf{D}_{22}^{(1)}$ ’nin hesaplanmasında kullanılan u_{12} , u_{21} , $\mathbf{E}_y^{(1)}$ değerleri ve $\mathbf{E}_x^{(1)}$ değeri sabit

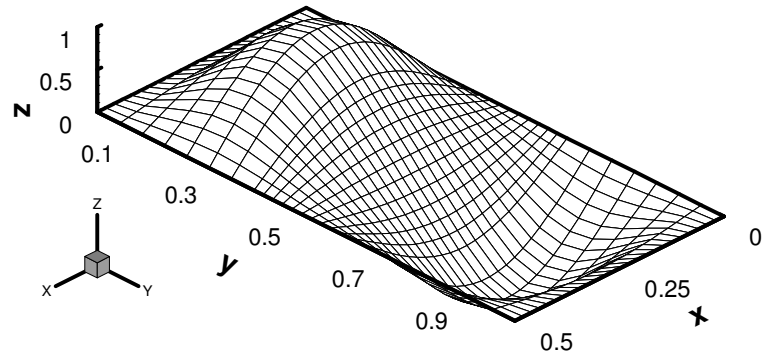
olarak kabul edilmiştir. Buna karşılık $\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)})$ değeri değiştirilmiştir. Değişen ve değişmeyen değerleri şöyle sıralayabiliriz; $\mathbf{v}_{12}$, $\mathbf{v}_{21}$, $\mathbf{E}_x^{(2)} (= \mathbf{E}_x^{(3)})$ değerleri sabit olarak alınırken, $\mathbf{E}_y^{(2)} (= \mathbf{E}_y^{(3)})$ değerleri değişken olarak seçildi.

olduğundan bahsedebiliriz.

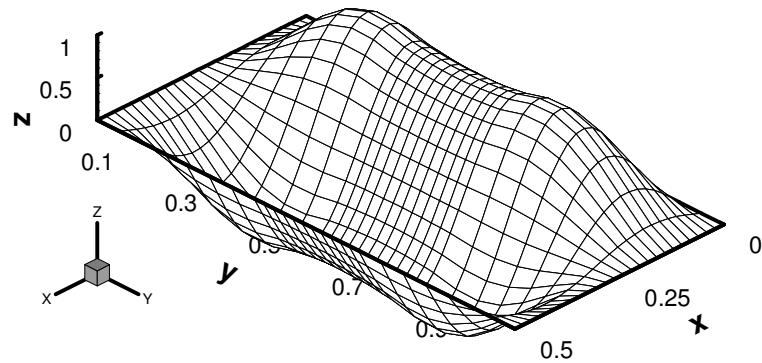
6.3.1. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)”nun Mod Şekilleri ve karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şarları” için



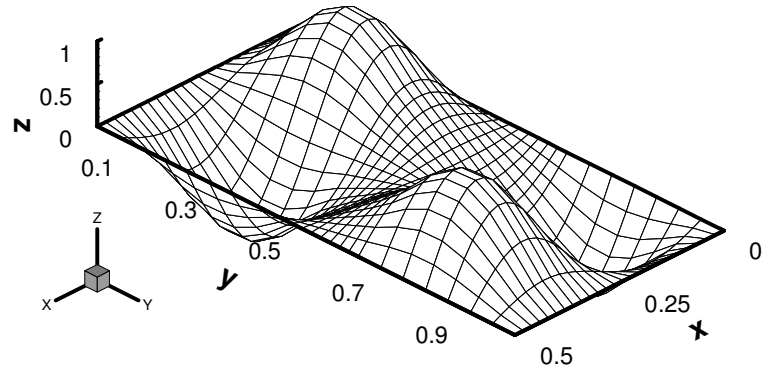
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 10,833$



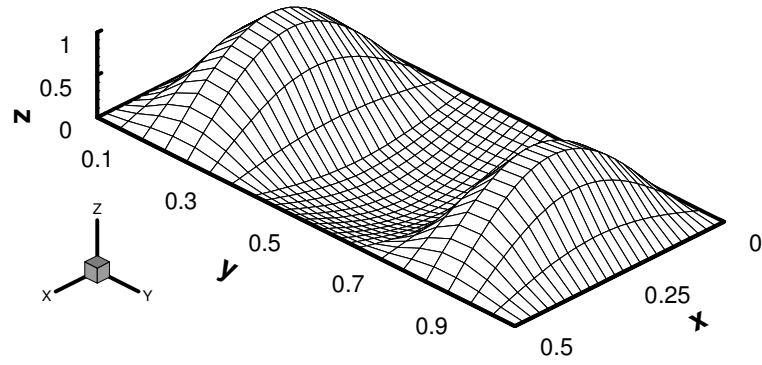
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 50,395$



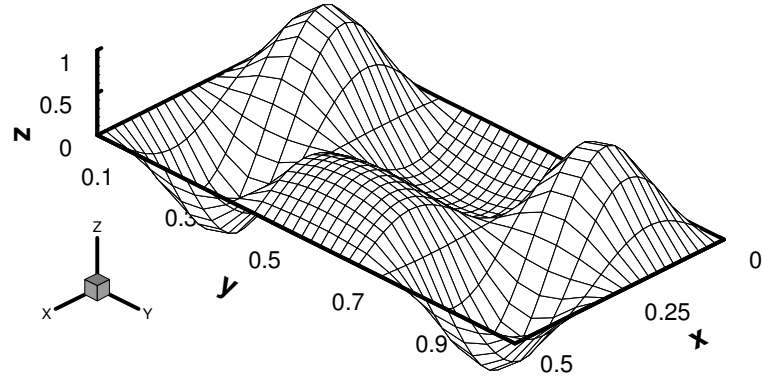
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 84,777$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 113,356$



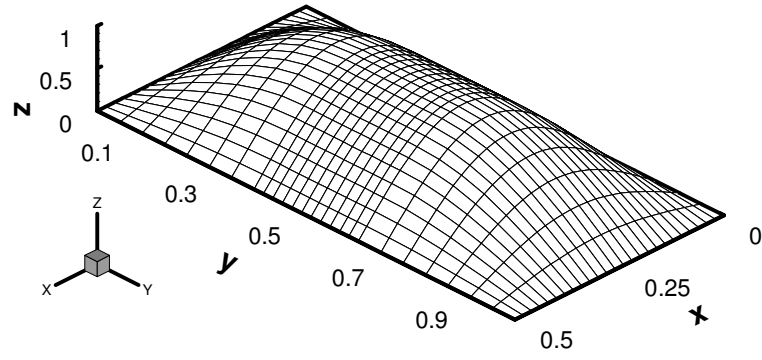
e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 184,279$



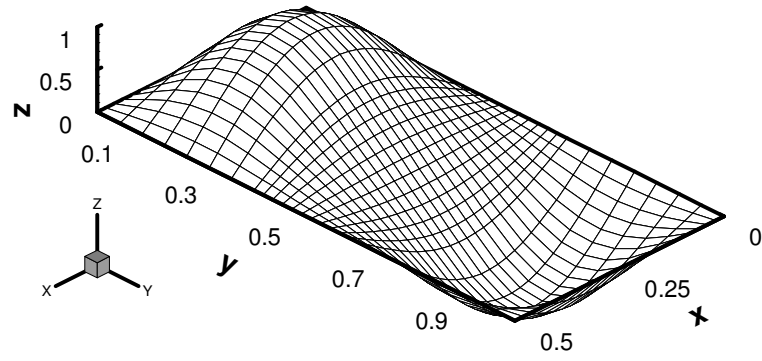
f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{23} = 238,836$

Şekil 6.43. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

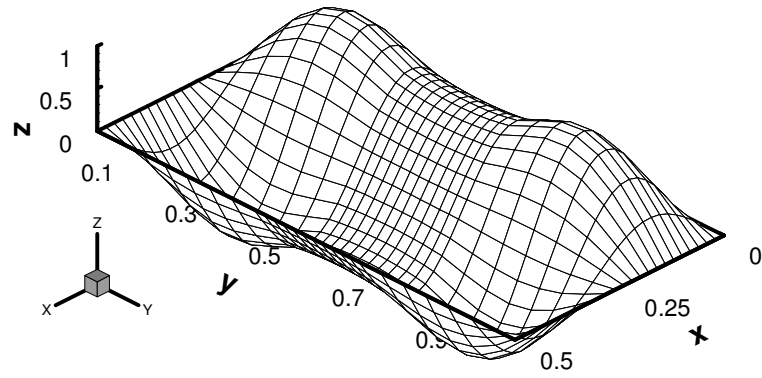
“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları y-doğrultusunda CC)



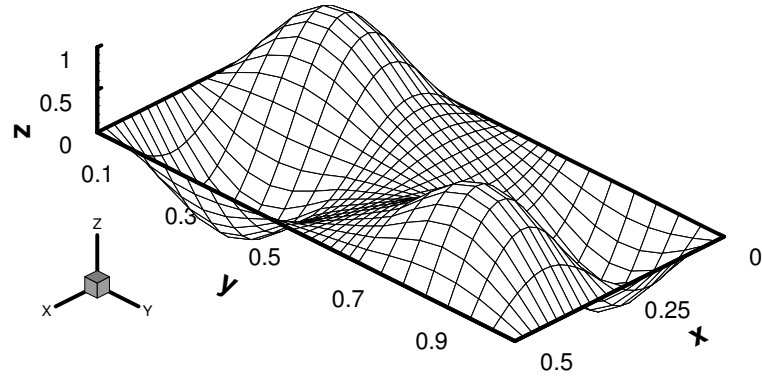
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 7,088$



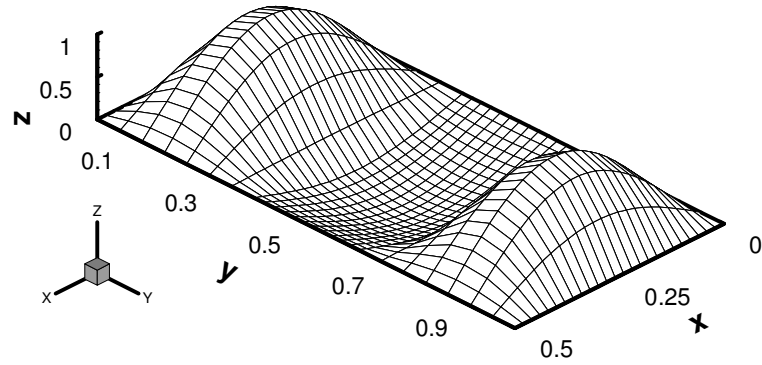
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 28,975$



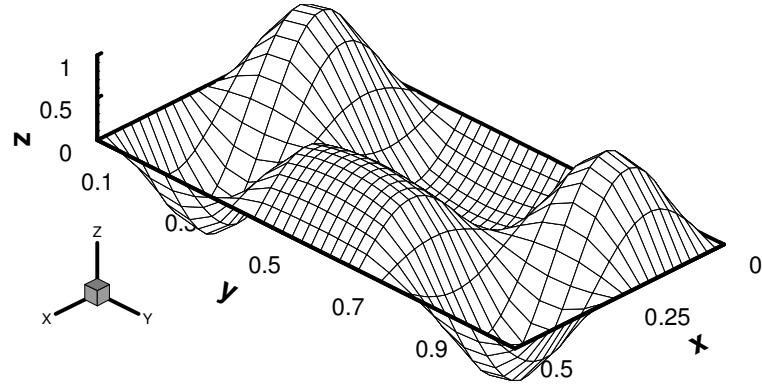
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 71,758$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 81,053$



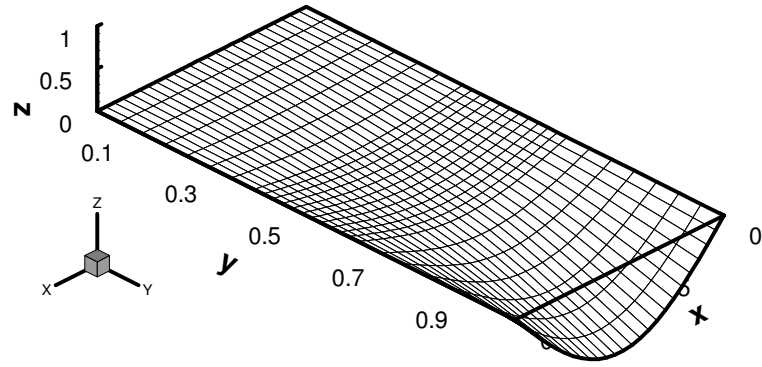
e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 116,172$



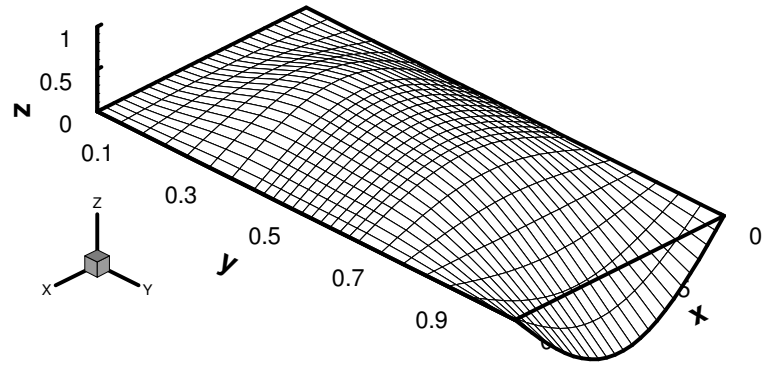
f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{23} = 179,735$

Şekil 6.44. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

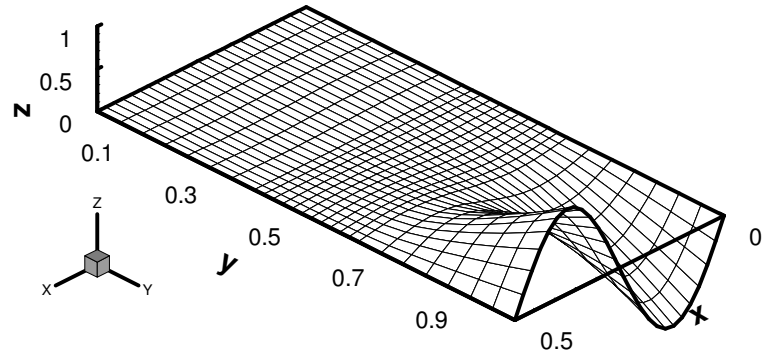
“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları y-doğrultusunda SS)



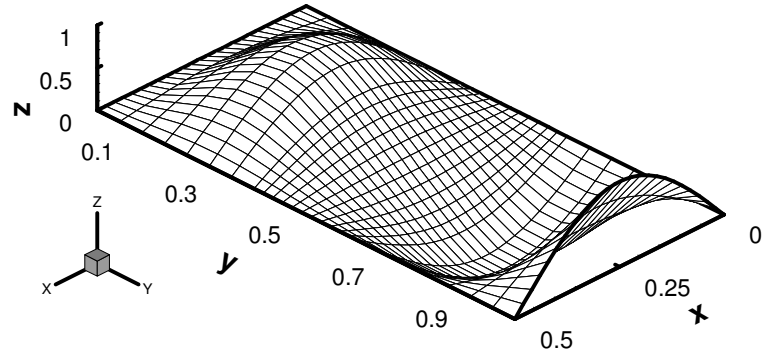
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 3,591$



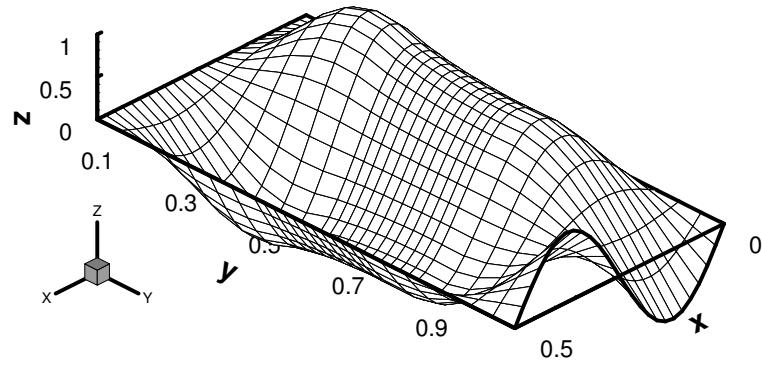
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 12,418$



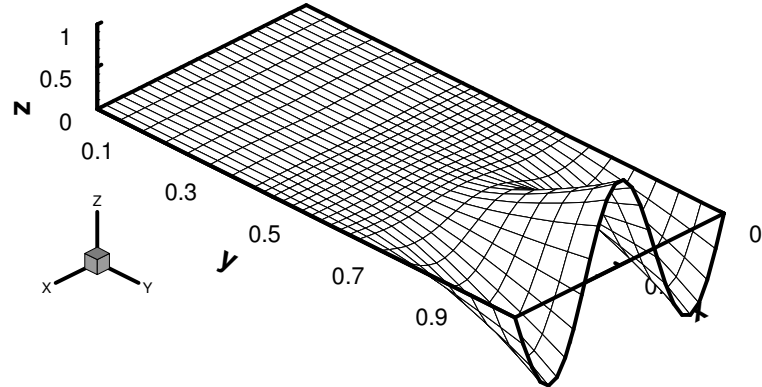
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 26,919$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 53,527$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 86,544$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 107,303$

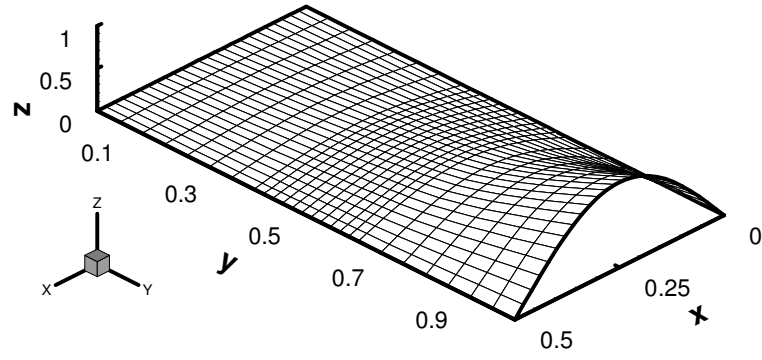
Şekil 6.45. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

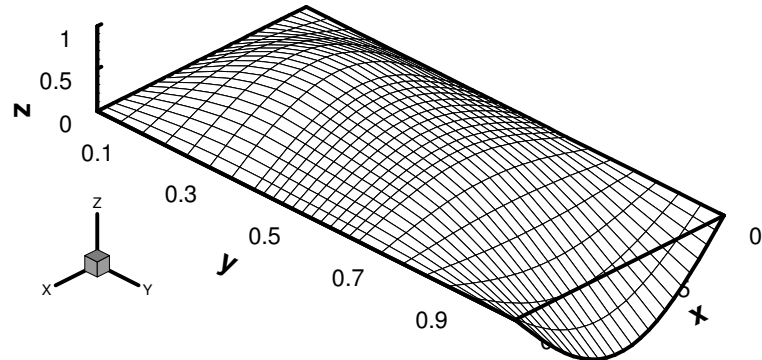
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

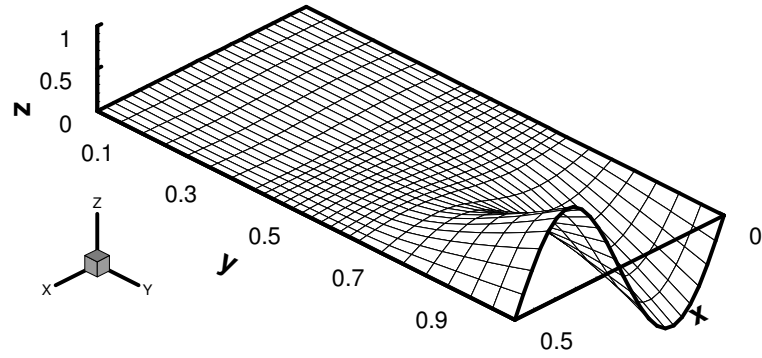
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CF)



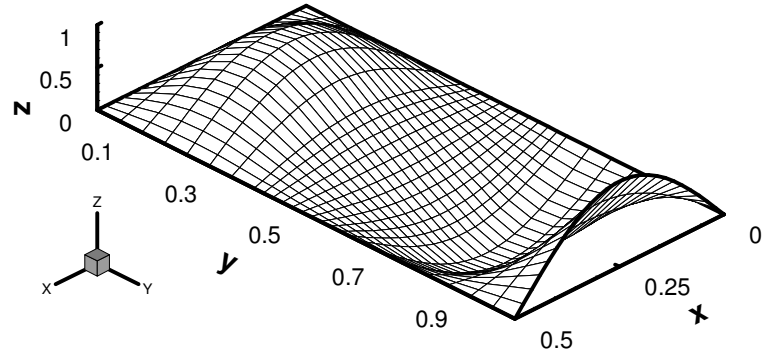
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 3,541$



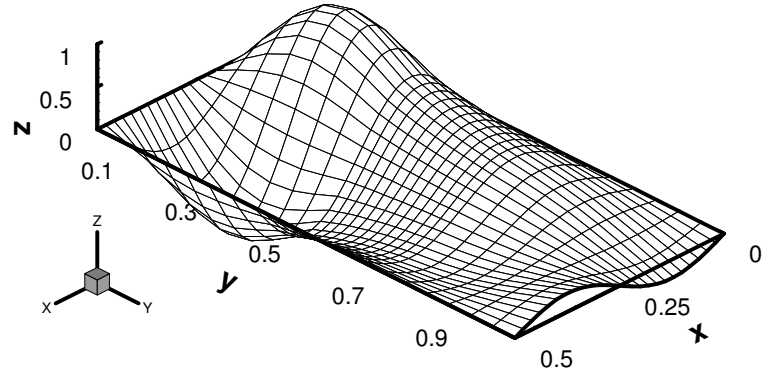
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 9,676$



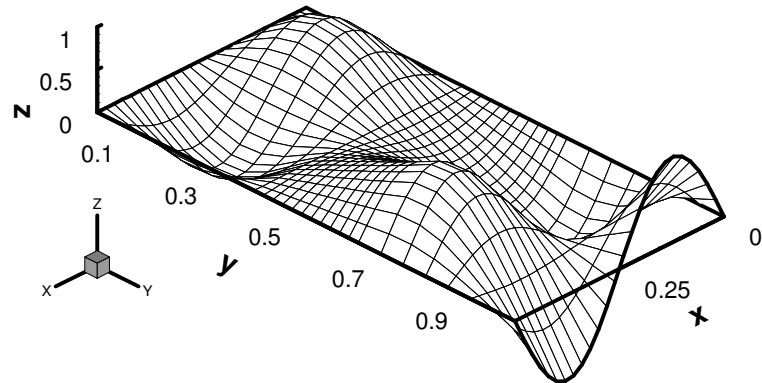
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 26,906$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 41,430$



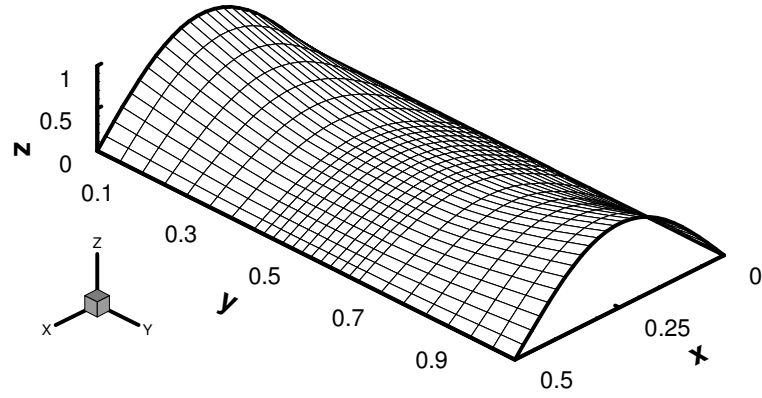
e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 74,322$



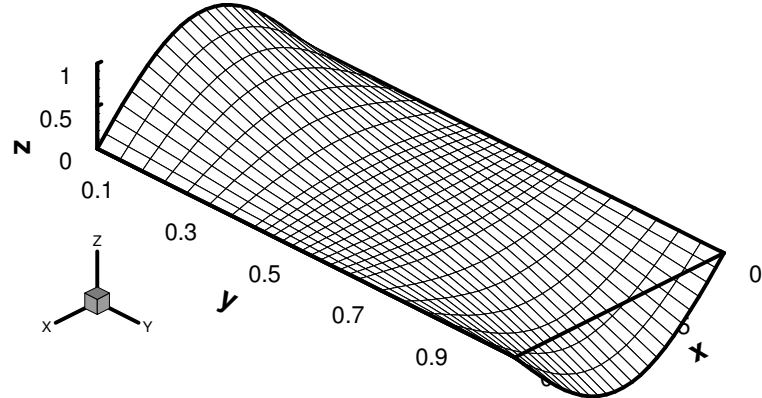
f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{23} = 107,070$

Şekil 6.46. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

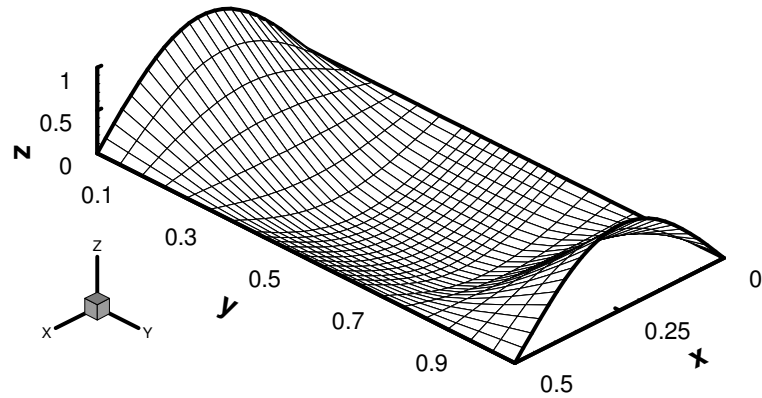
“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları y-doğrultusunda SF)



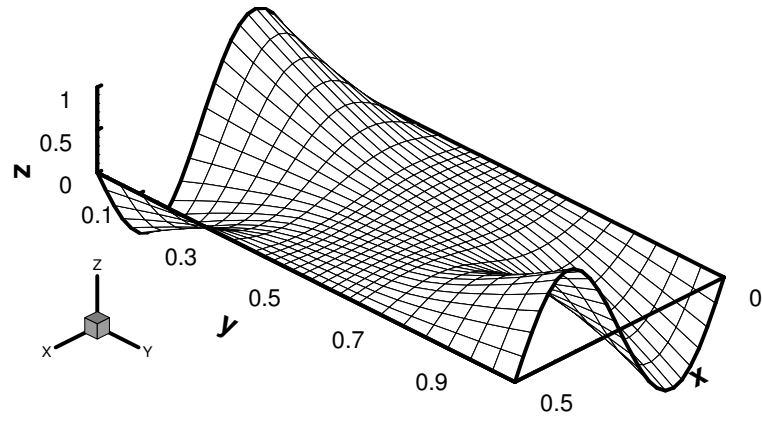
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 3,516$



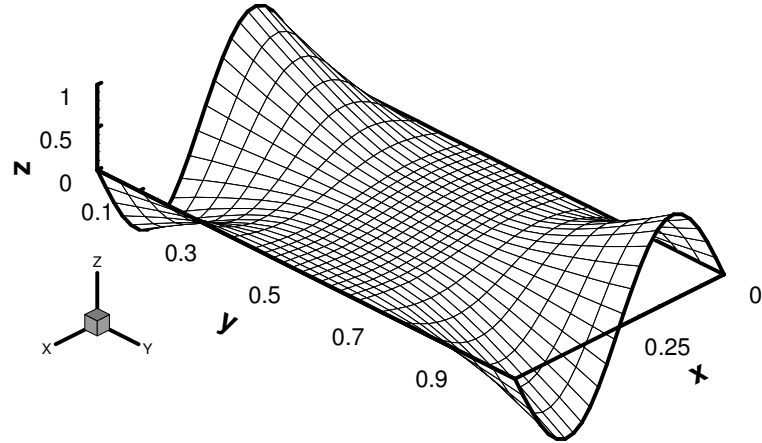
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 3,588$



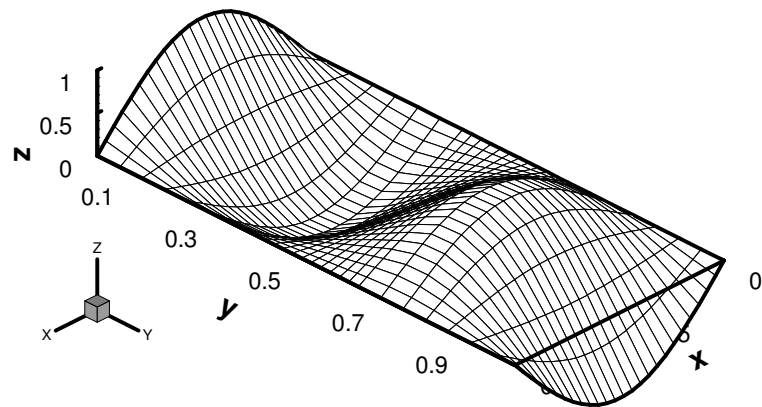
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 14,298$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 26,233$



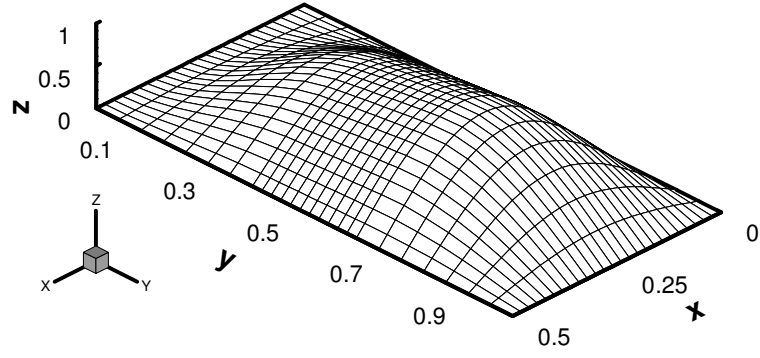
e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 27,617$



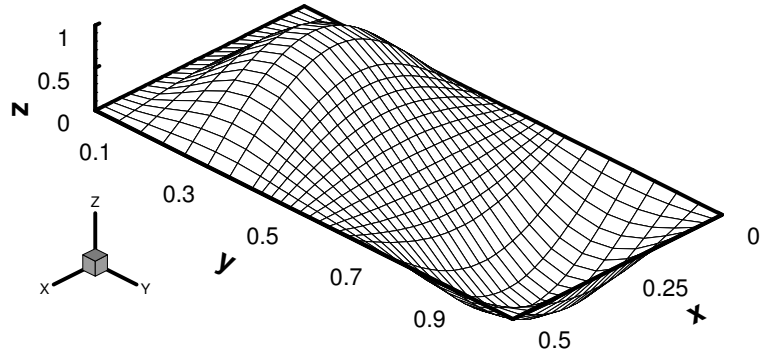
f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 56,563$

Şekil 6.47. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

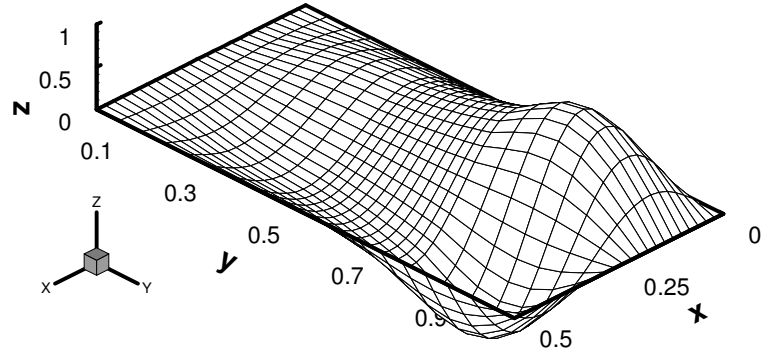
“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları y-doğrultusunda FF)



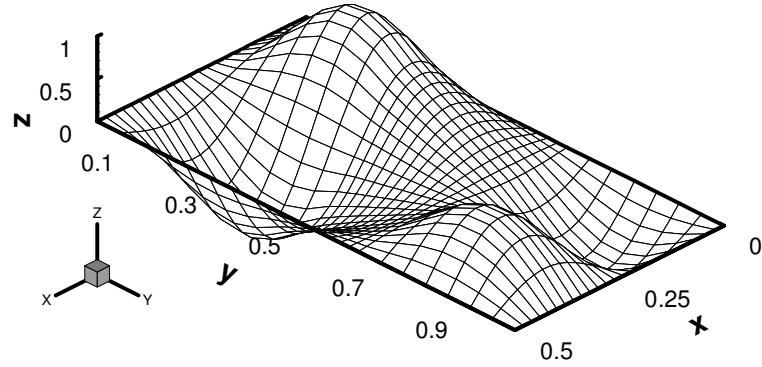
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 8,534$



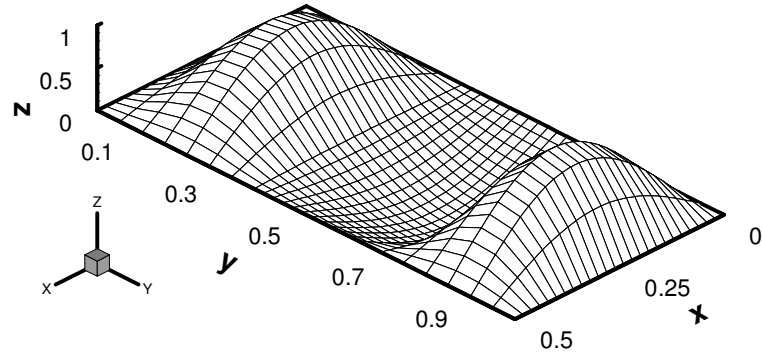
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 38,452$



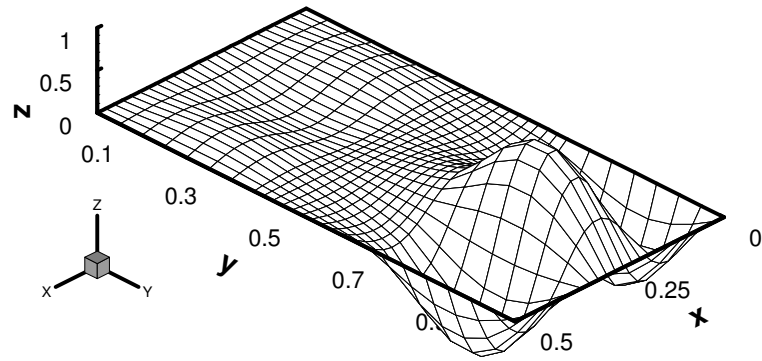
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 74,188$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 99,432$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 144,484$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 201,277$

Şekil 6. 48. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetl. Ortada) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

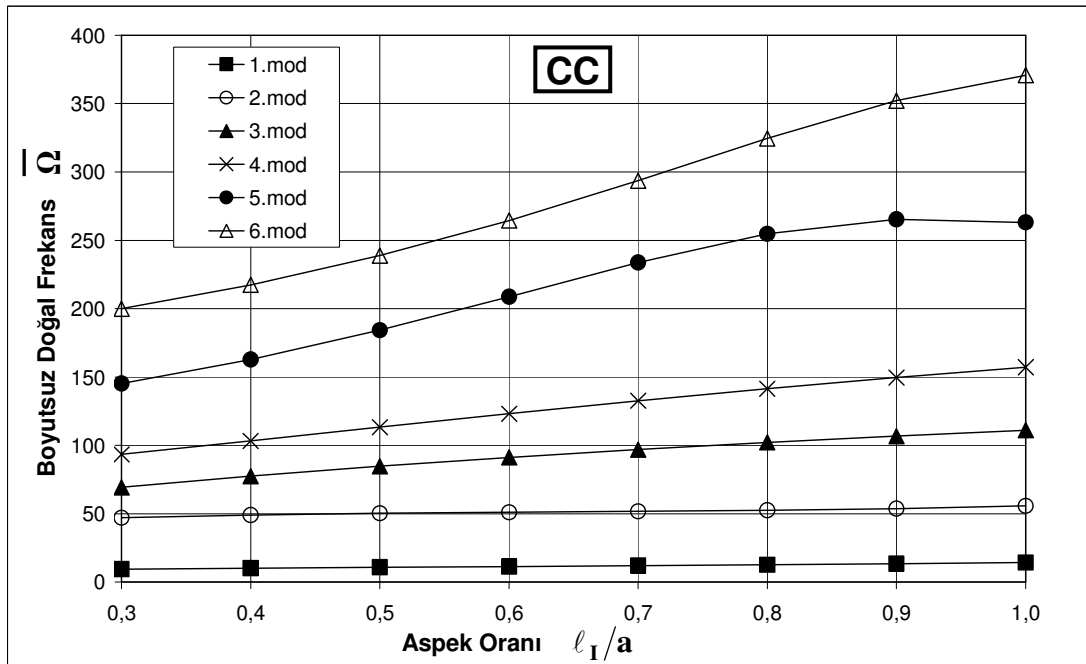
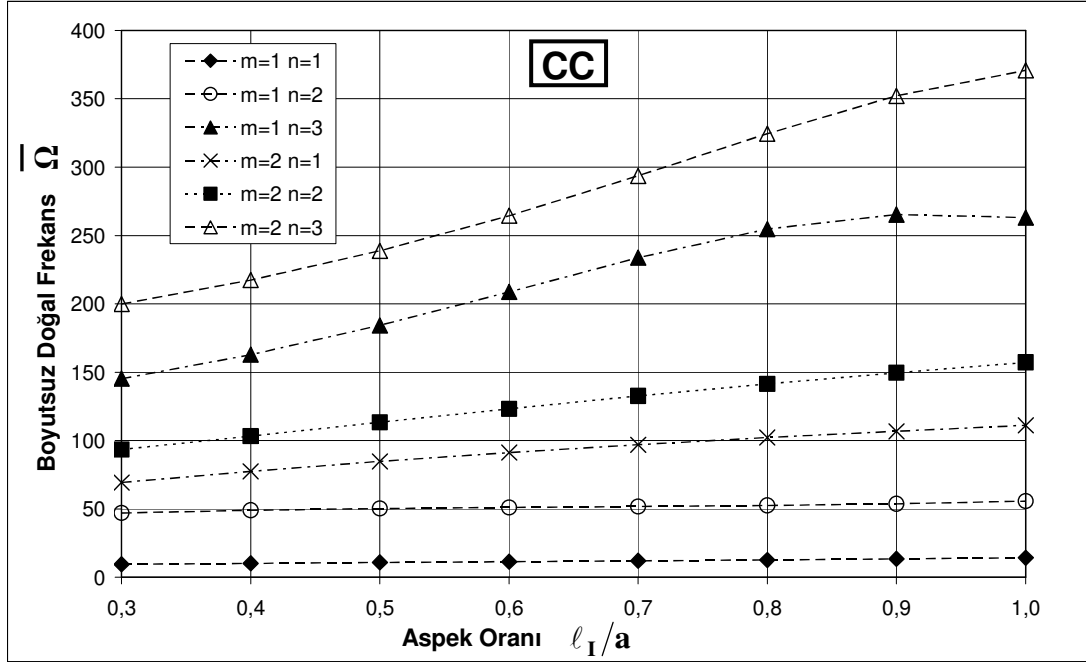
“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1=Grafite-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375\text{m}$, $\tilde{b}=0.50\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)

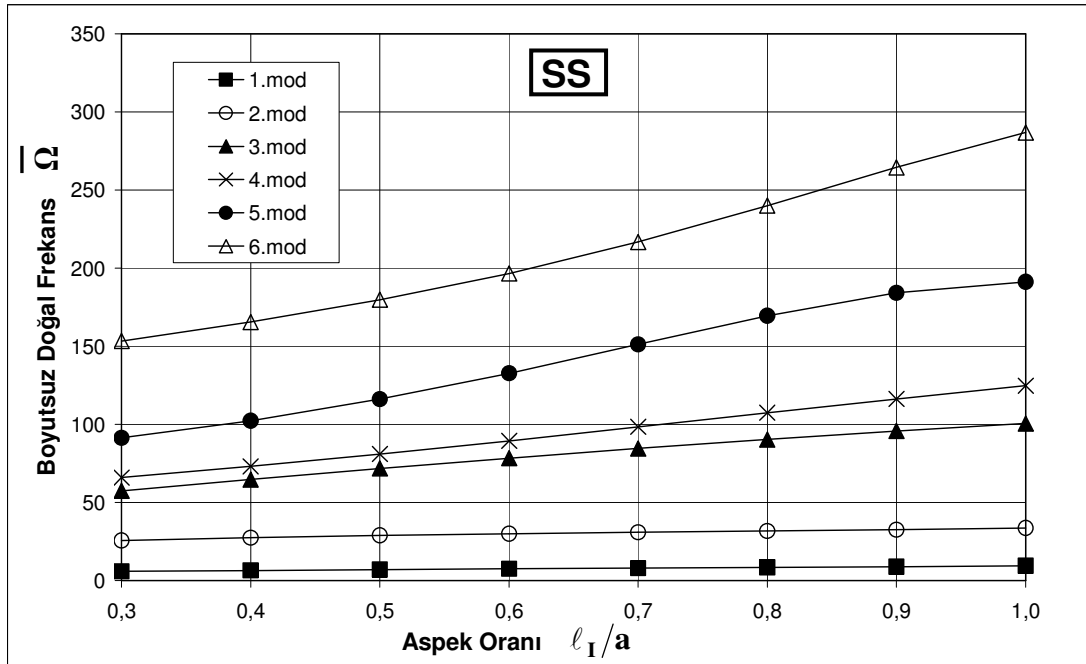
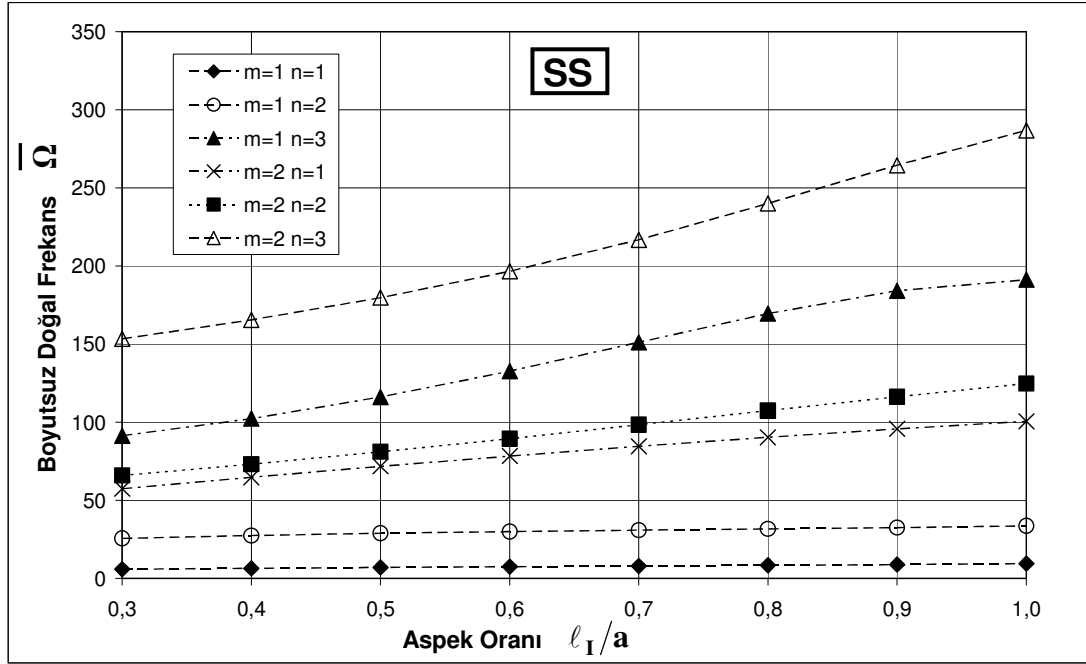
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CS)

6.3.2. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” için Parametrik Çalışma



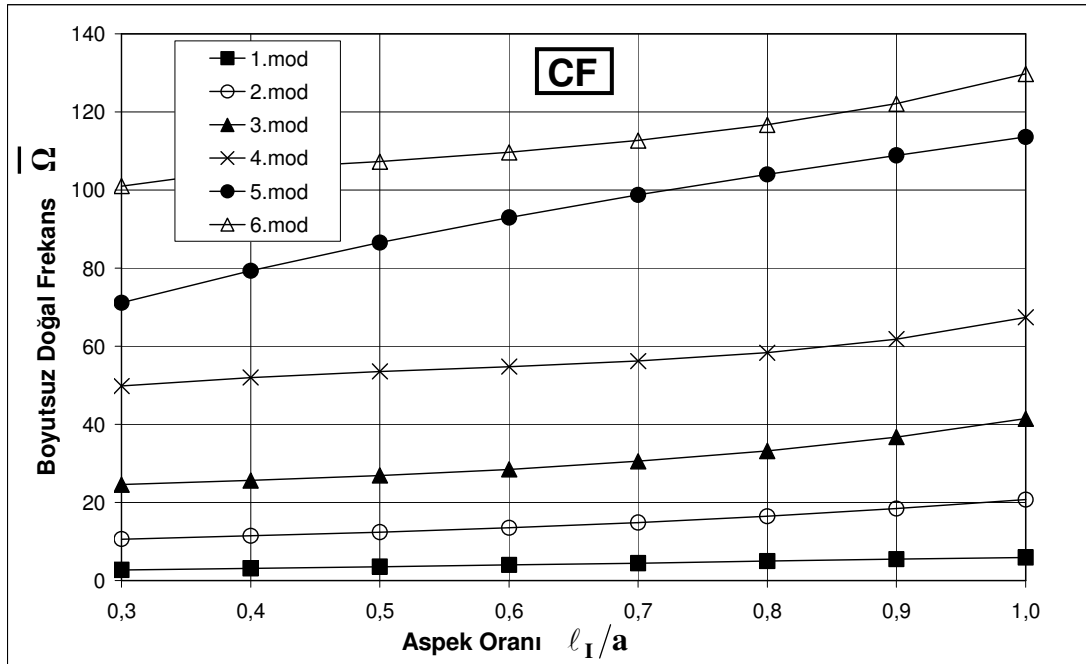
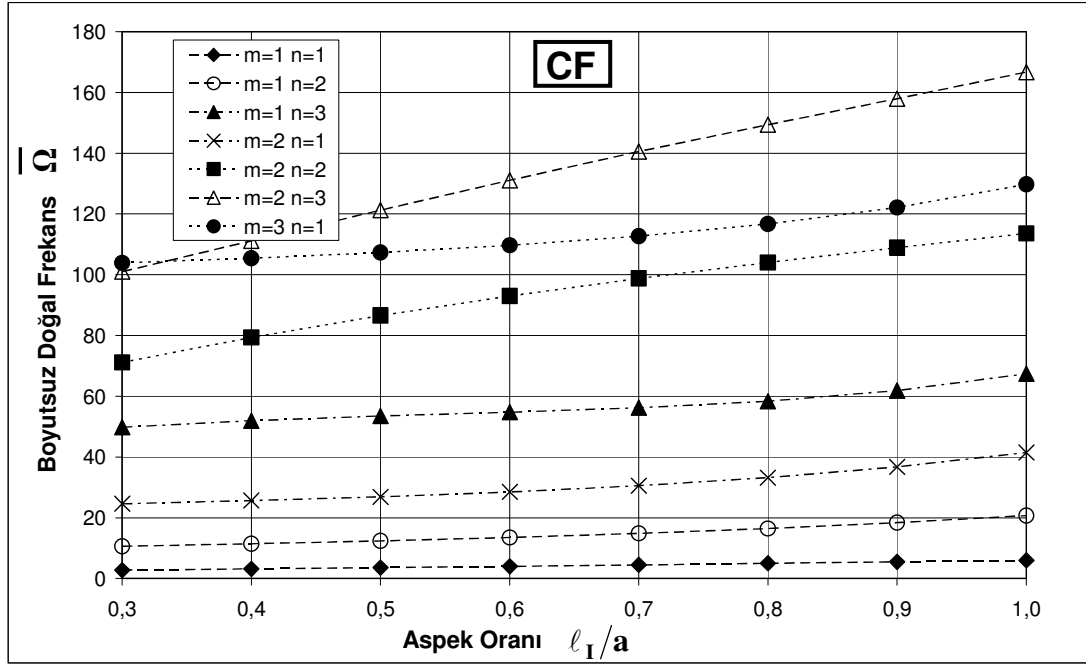
Şekil 6.49. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=, \ell_{II}= \ell_{III}=$ değişken, $\tilde{b}=0.50m, a=0.50m, h_1=0.04m, h_2=h_3=0.02m, L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



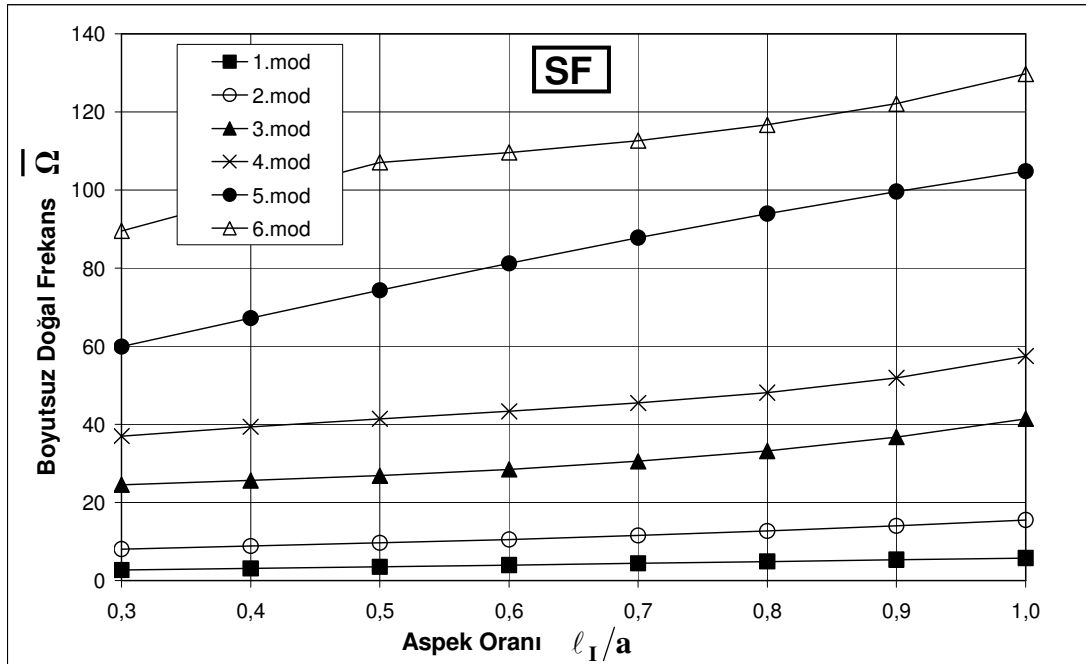
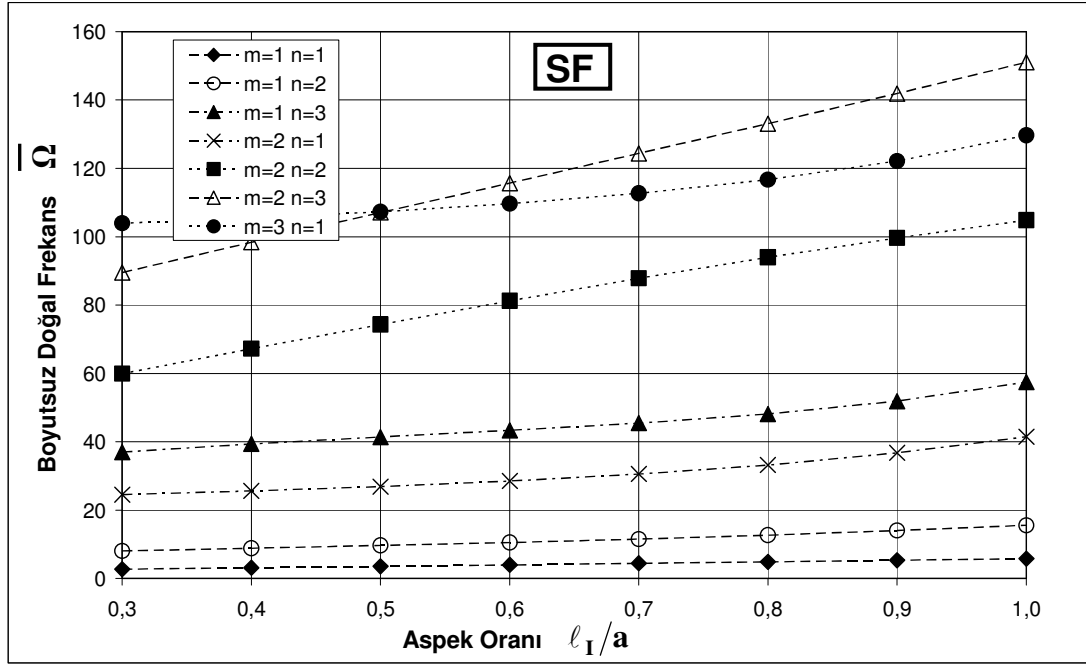
Şekil 6. 50. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a =0.50m, h_1 =0.04m, $h_2=h_3$ =0.02m, L =1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



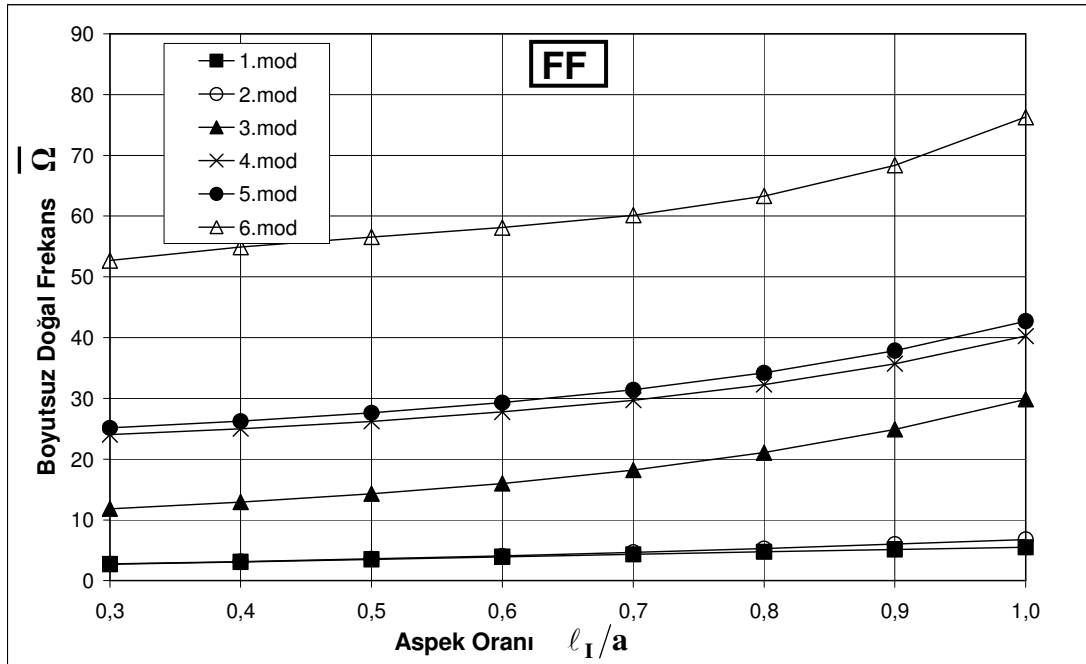
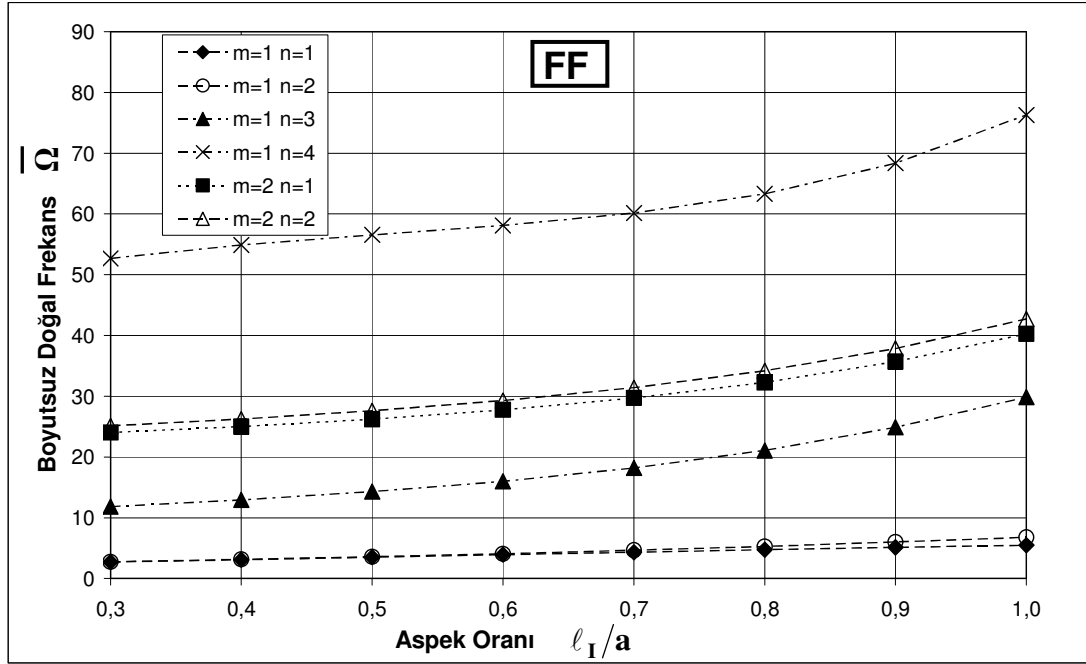
Şekil 6.51. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} = ℓ_{III} = değişken, $\tilde{b}$ = 0.50m, a = 0.50m, h_1 = 0.04m, h_2 = h_3 = 0.02m, L = 1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



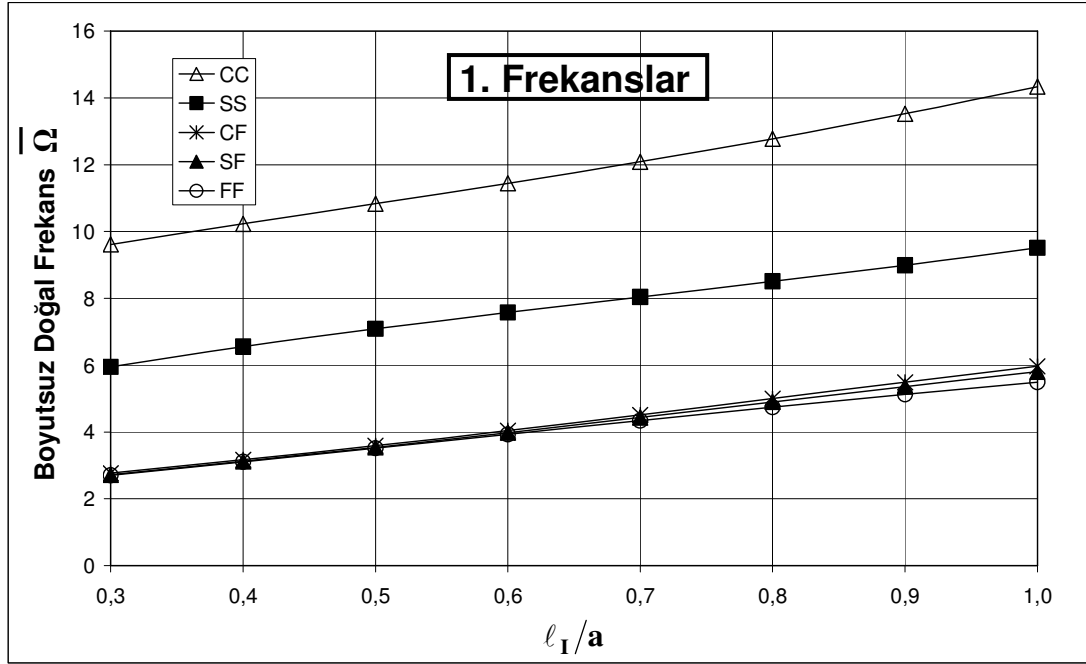
Şekil 6.52. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} = ℓ_{III} = değişken, $\tilde{b}$ = 0.50m, a = 0.50m, h_1 = 0.04m, h_2 = h_3 = 0.02m, L = 1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

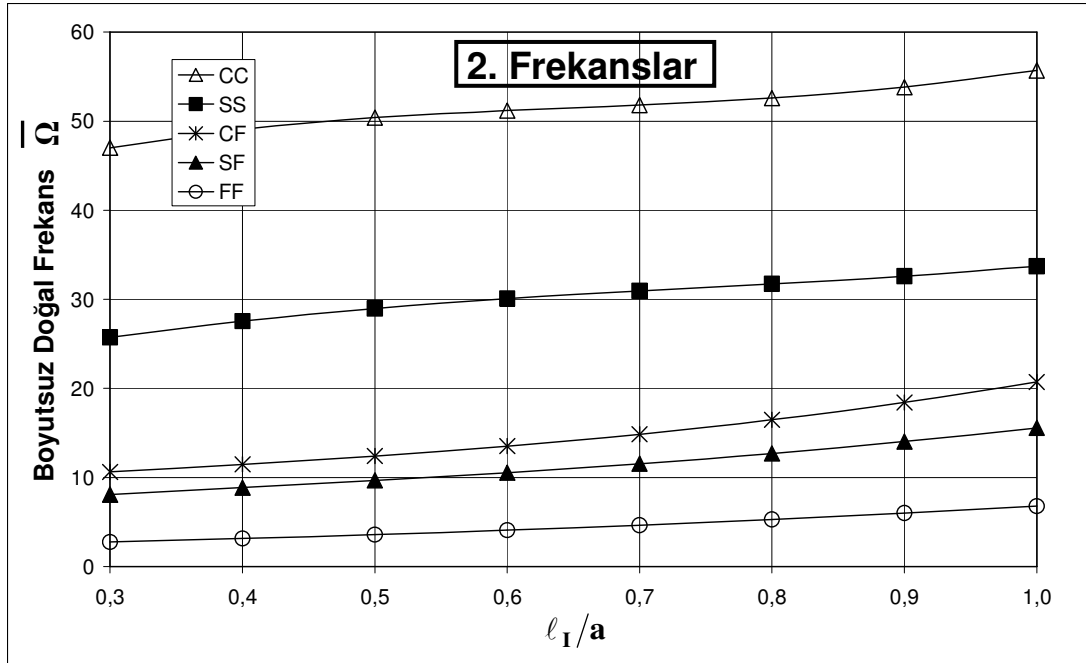


Şekil 6. 53. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} = ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a=0.50m, h_1 =0.04m, h_2 = h_3 =0.02m, L=1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

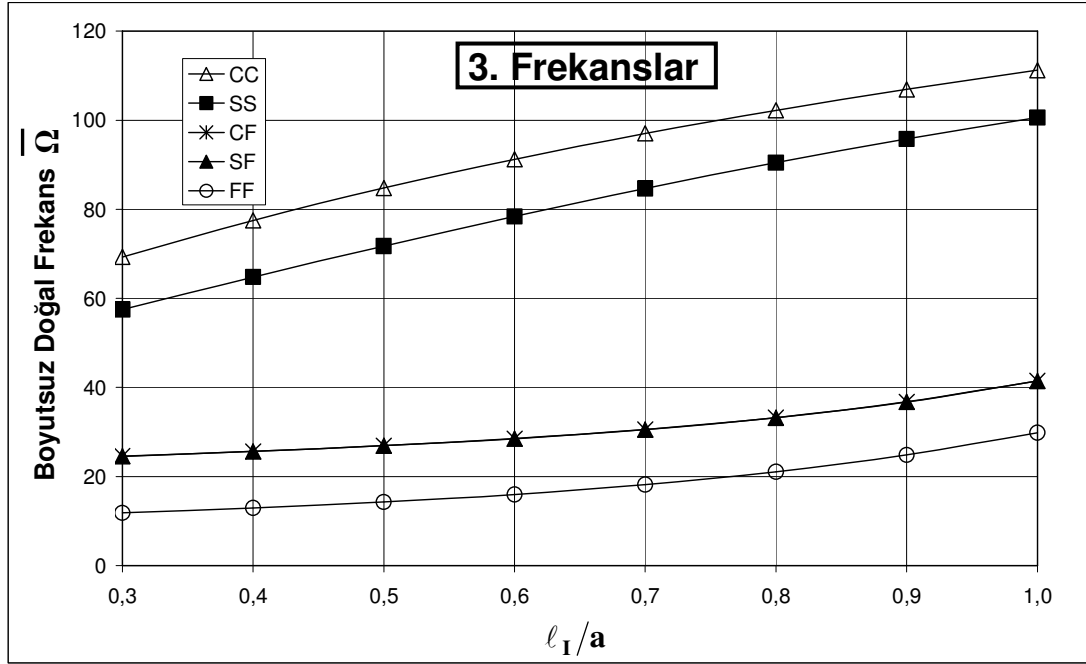


Şekil 6.54. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

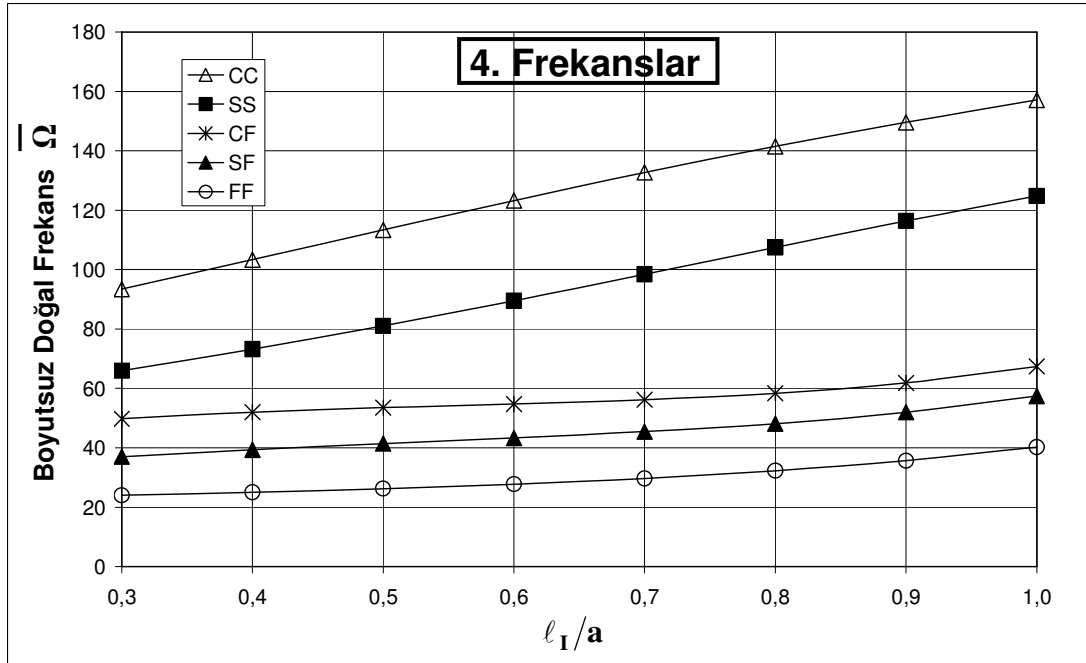


Şekil 6.55. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}= \ell_{III}=$ değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

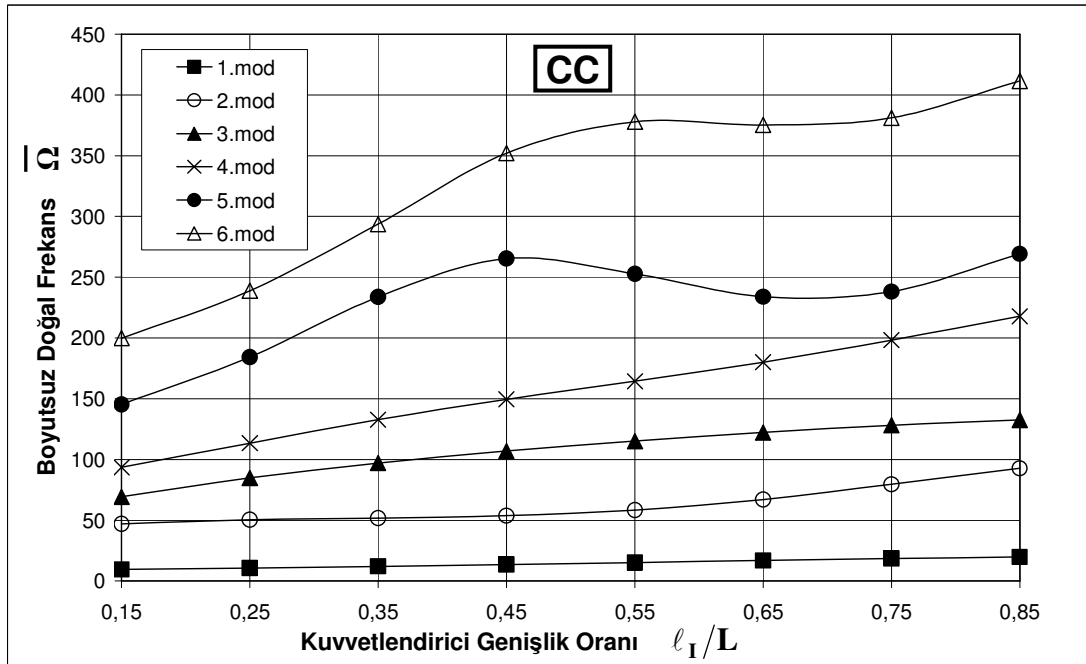
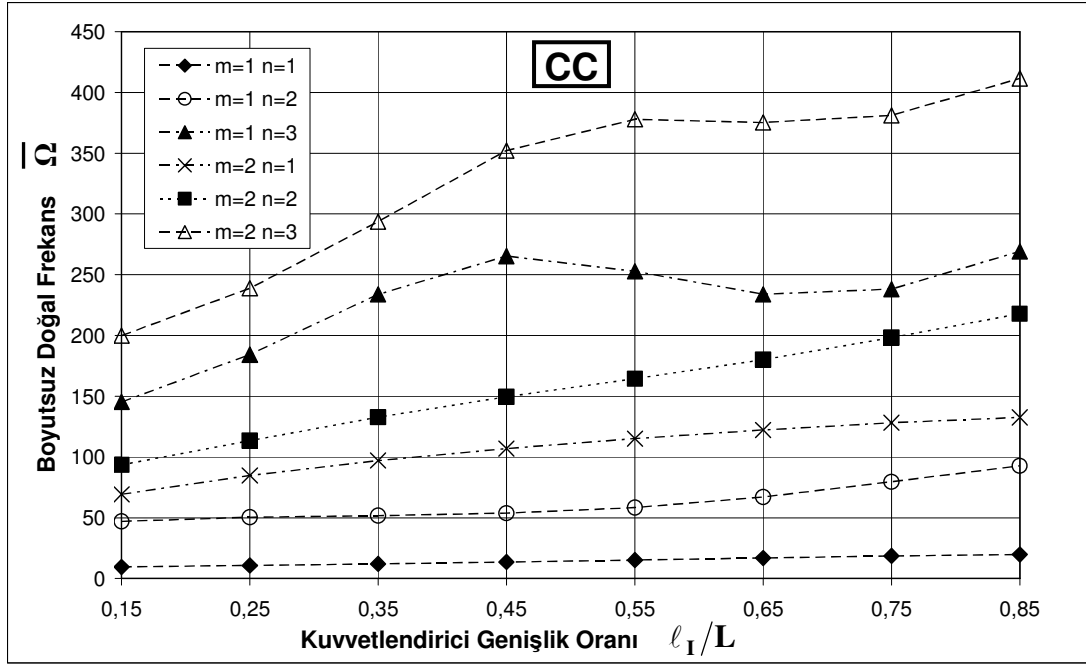


Şekil 6.56. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



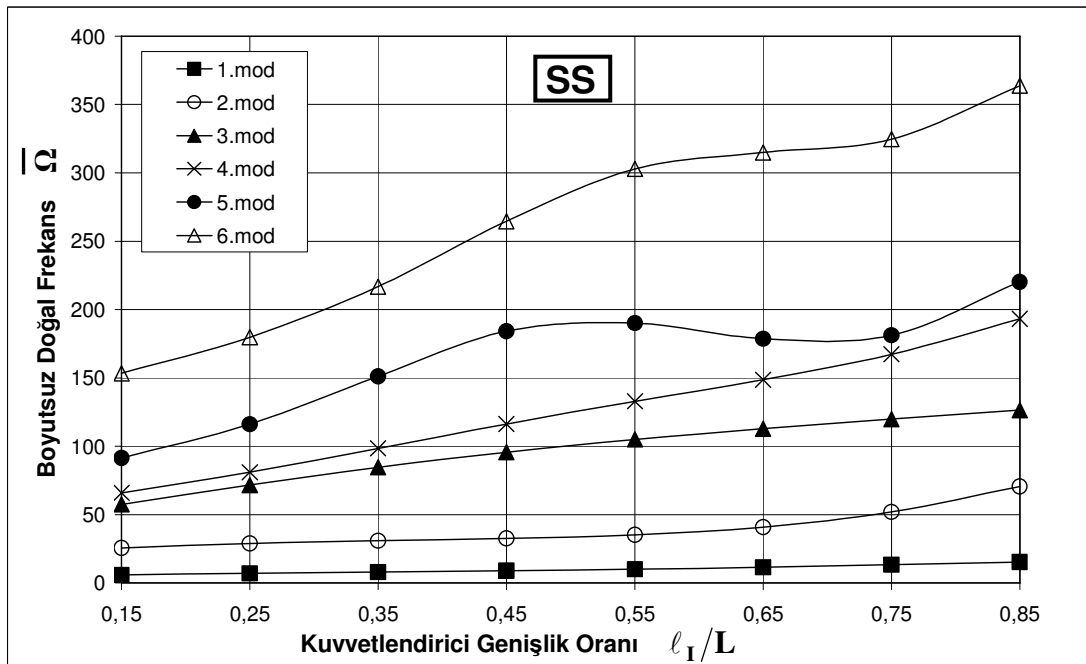
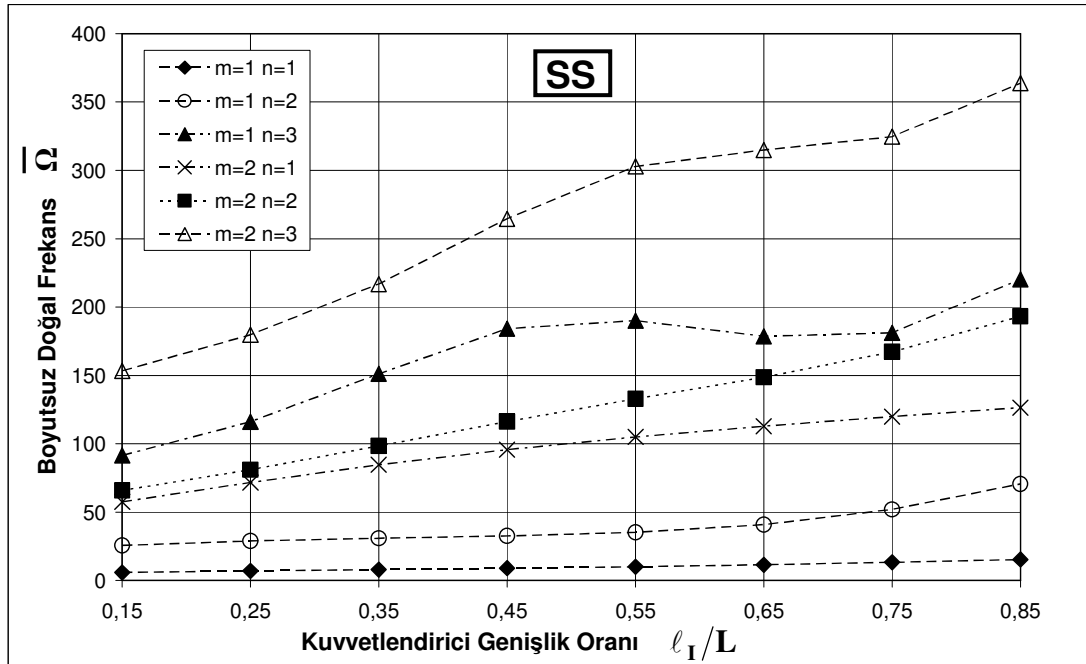
Şekil 6.57. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)



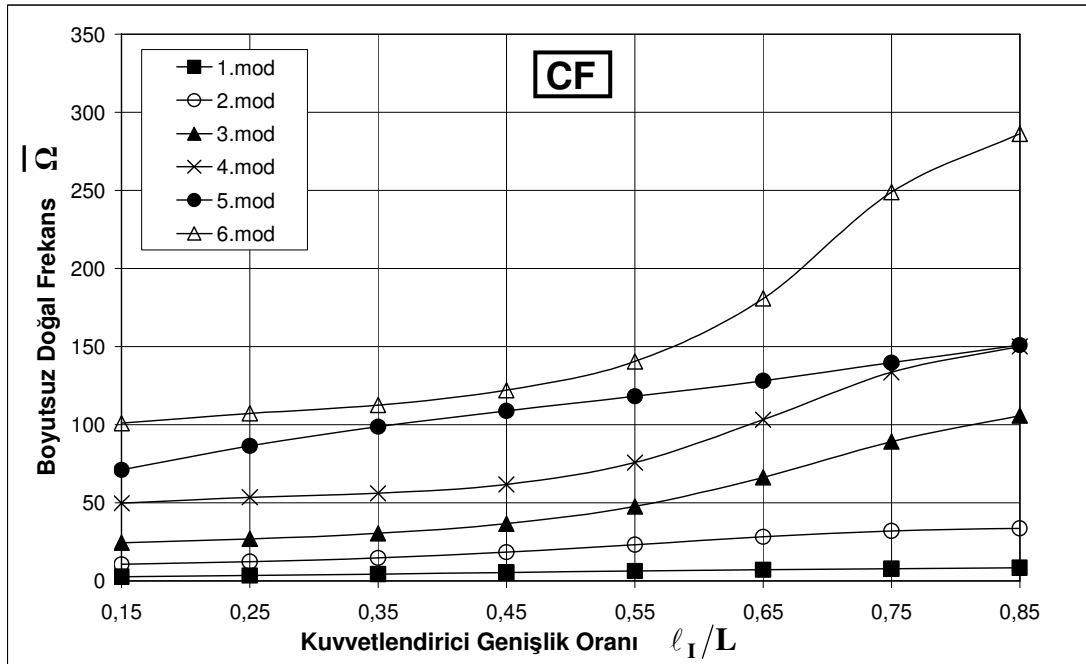
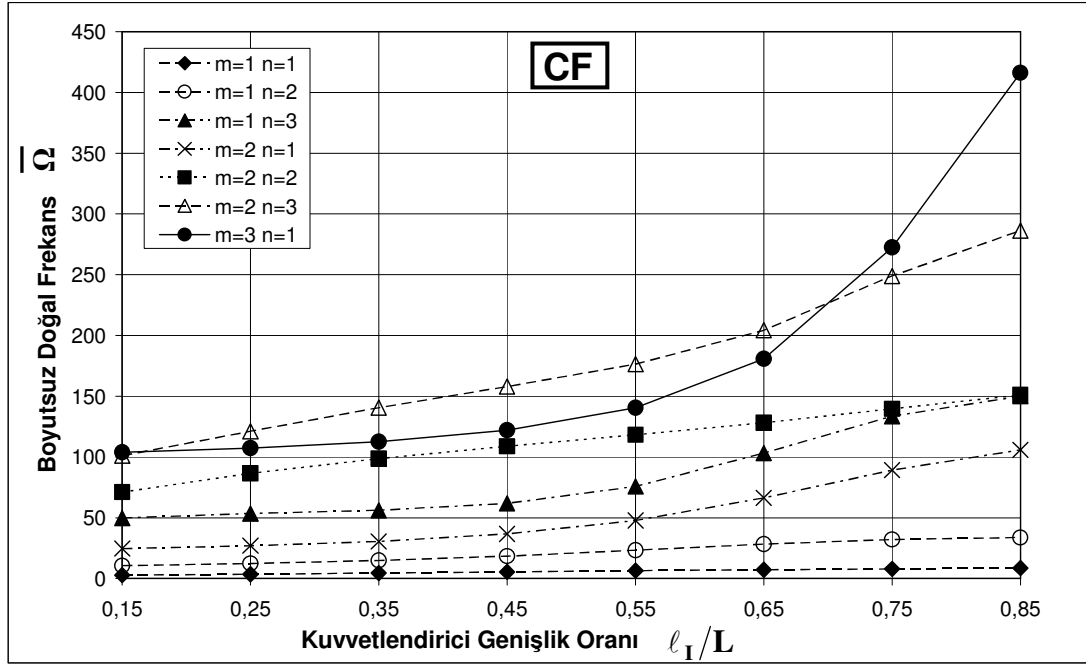
Şekil 6.58 “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



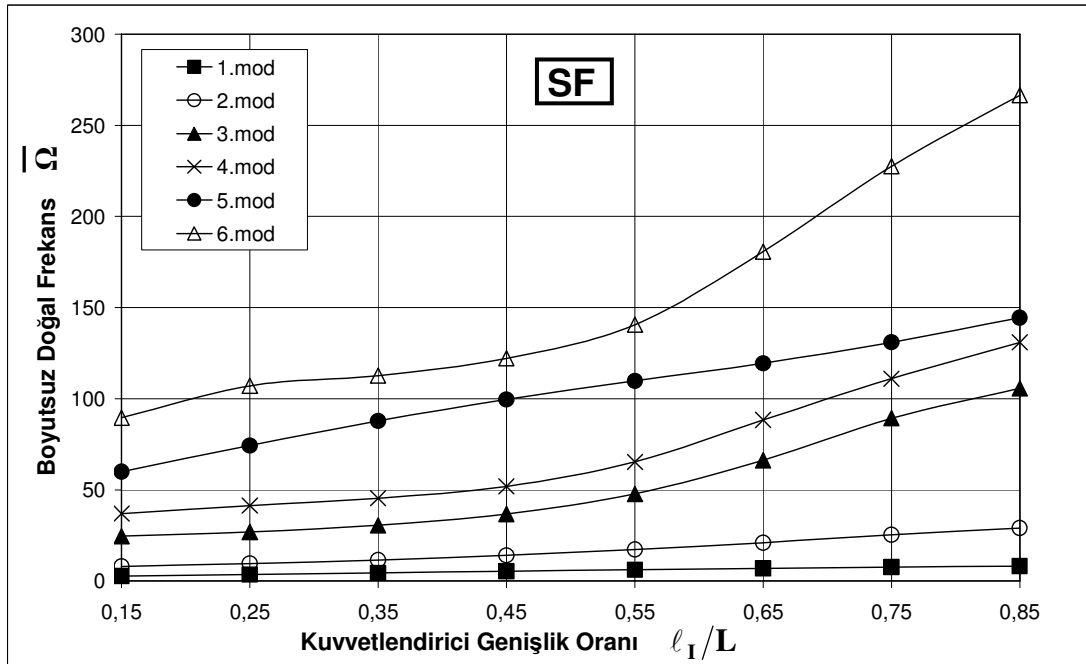
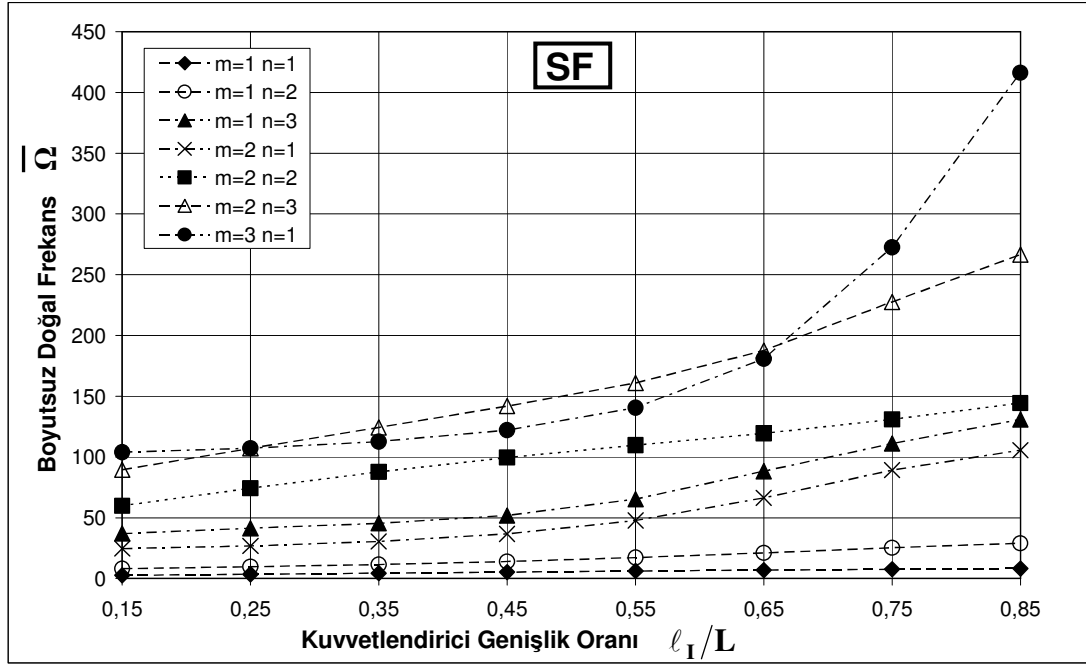
Şekil 6.59. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} = ℓ_{III} = değişken, $\tilde{b}$ = 0.50m, a = 0.50m, h_1 = 0.04m, h_2 = h_3 = 0.02m, L = 1.00m)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



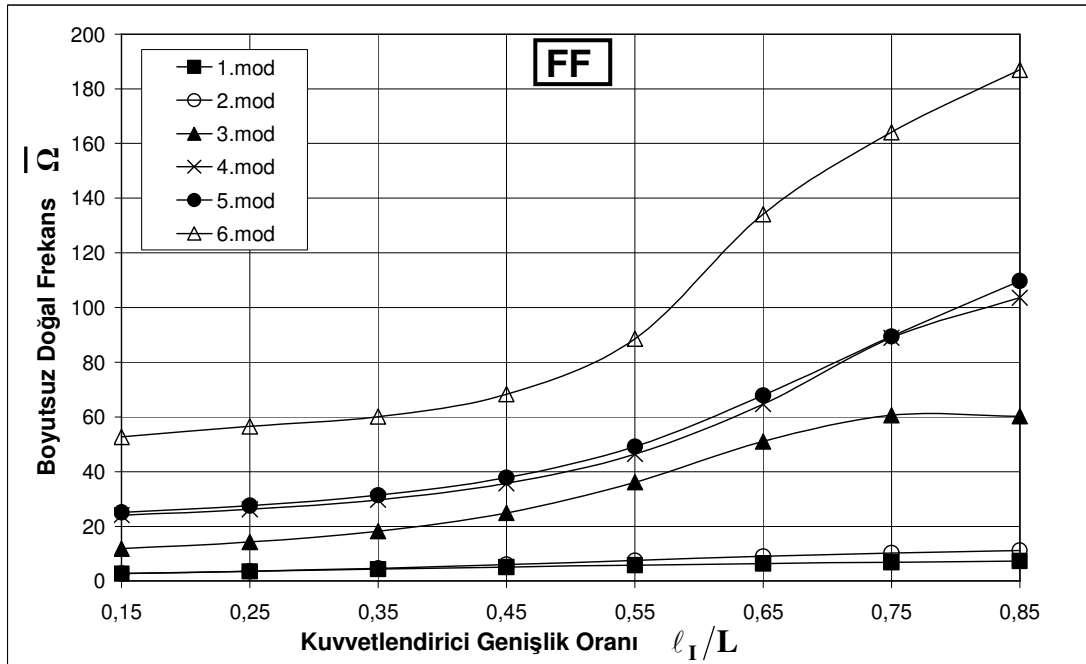
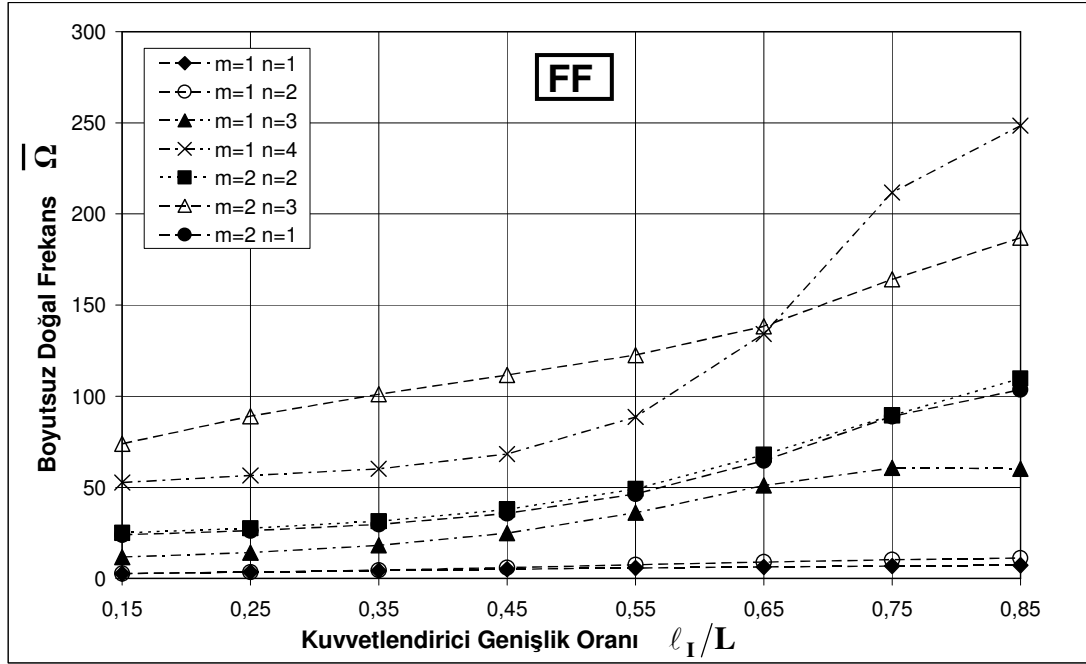
Şekil 6.60. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



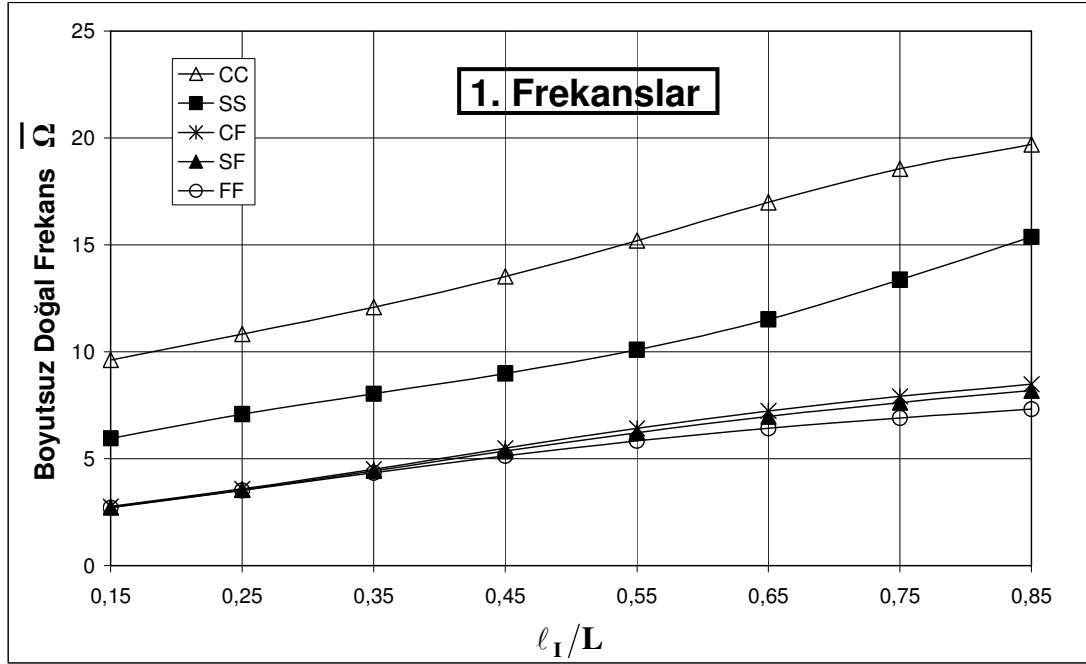
Şekil 6. 61. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

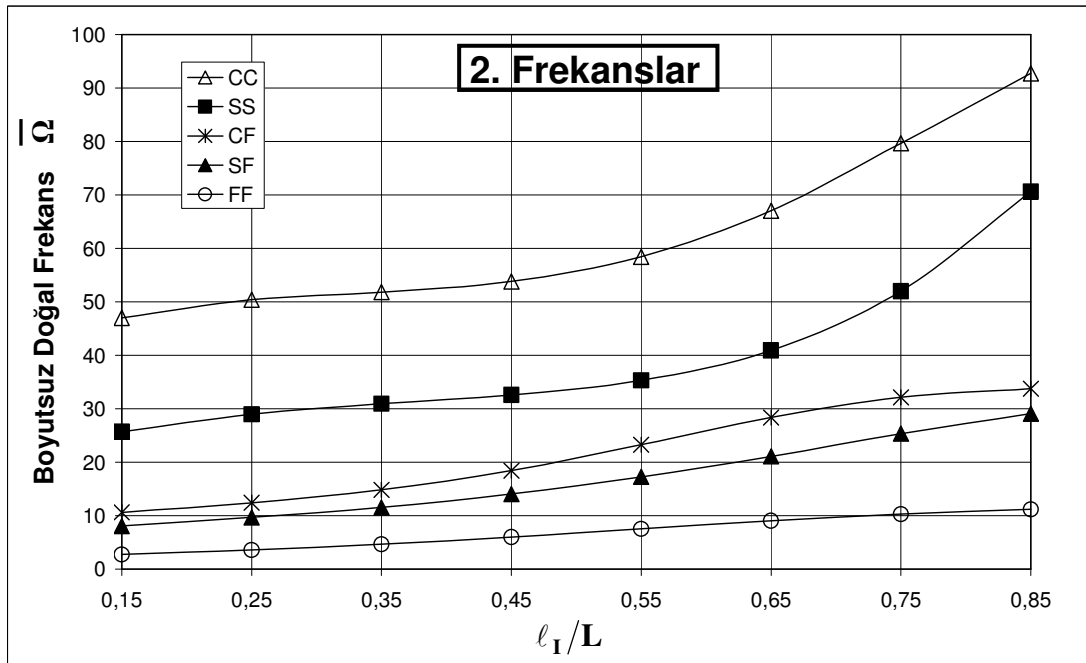


Şekil 6.62 “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

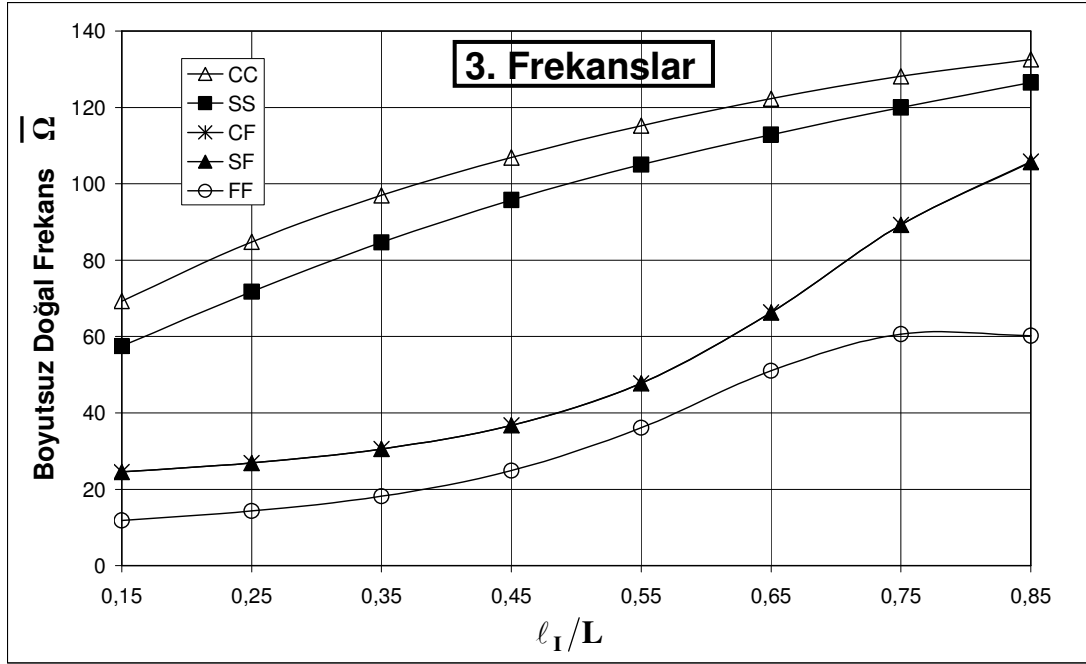


Şekil 6. 63. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

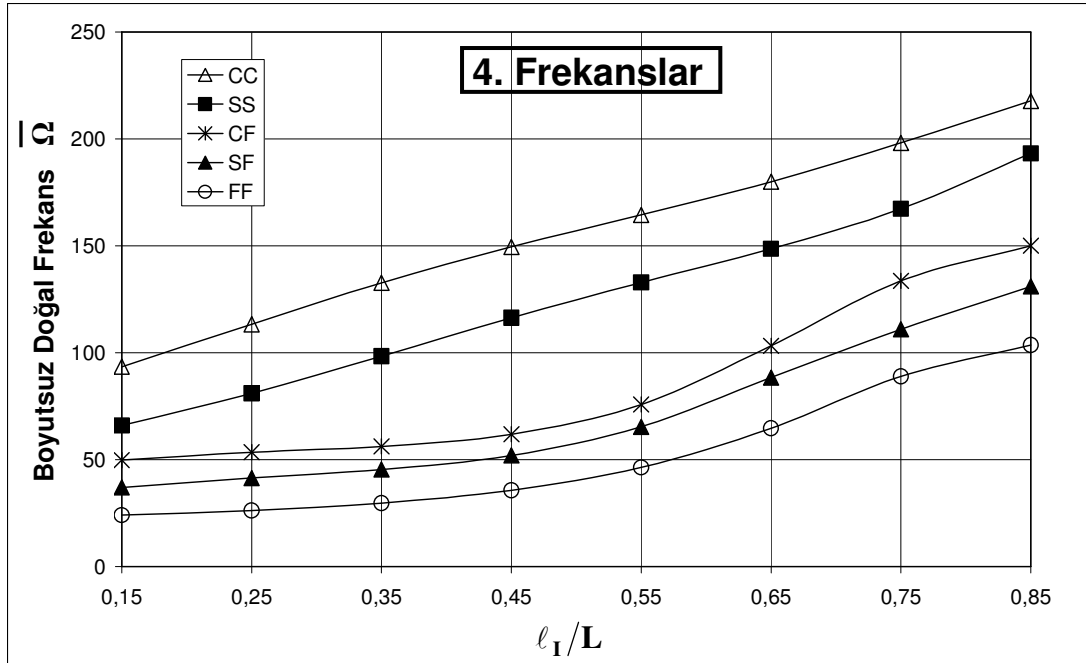


Şekil 6.64. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetli. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}=$ değişken, $\tilde{b}=0.50m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

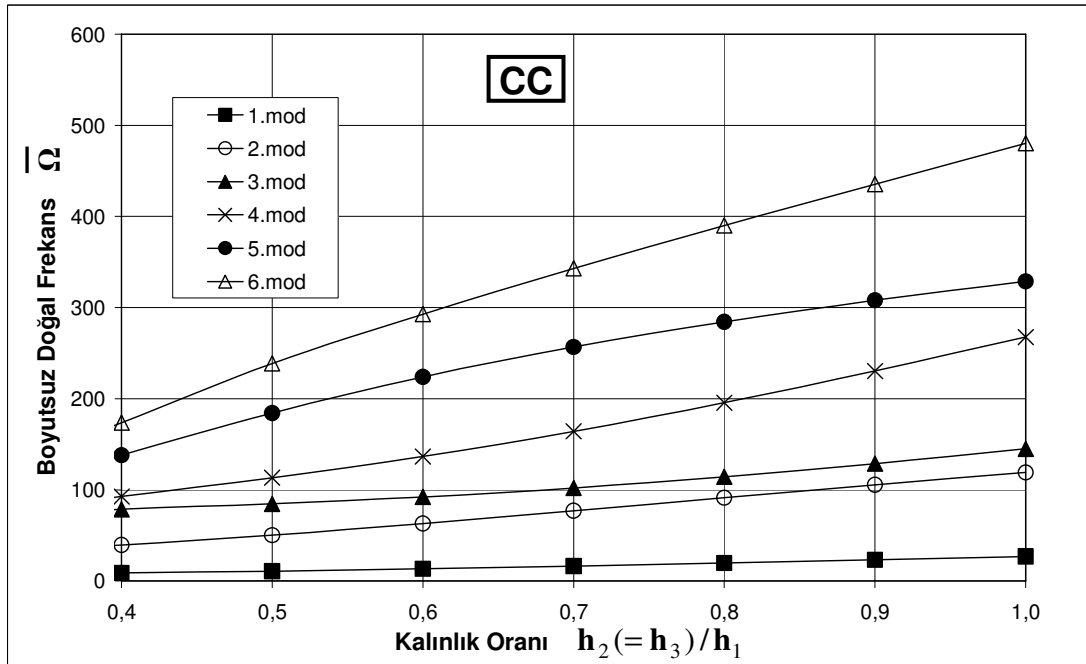
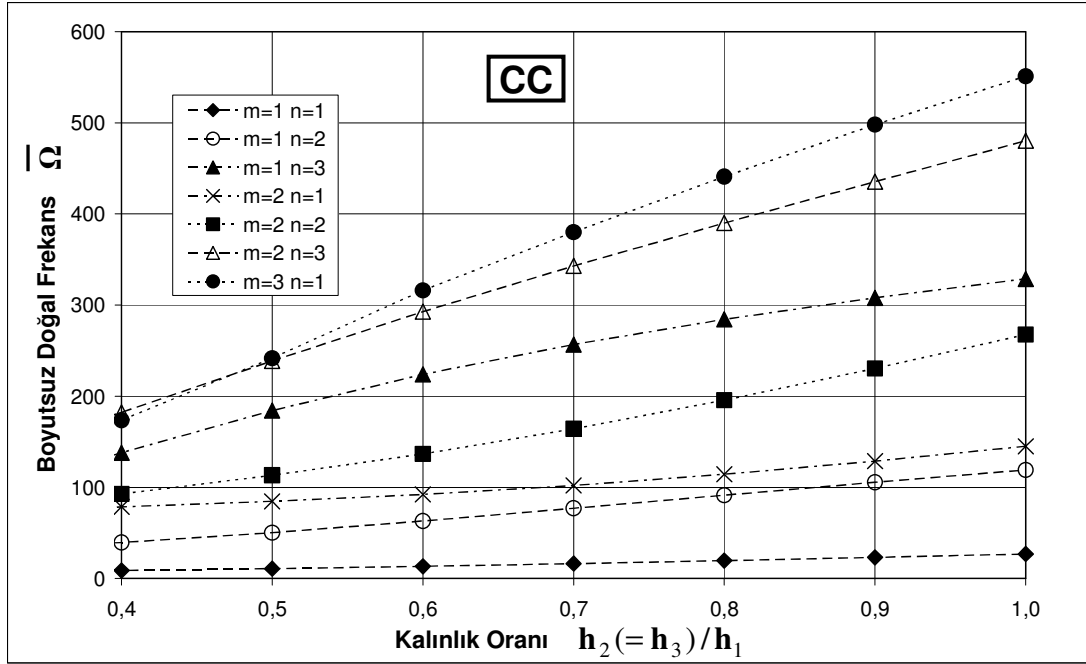


Şekil 6.65. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.66. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (l_I , l_{II} , l_{III} =değişken, $\tilde{b}$ =0.50m, a=0.50m, h_1 =0.04m, h_2 = h_3 =0.02m, L=1.00m)



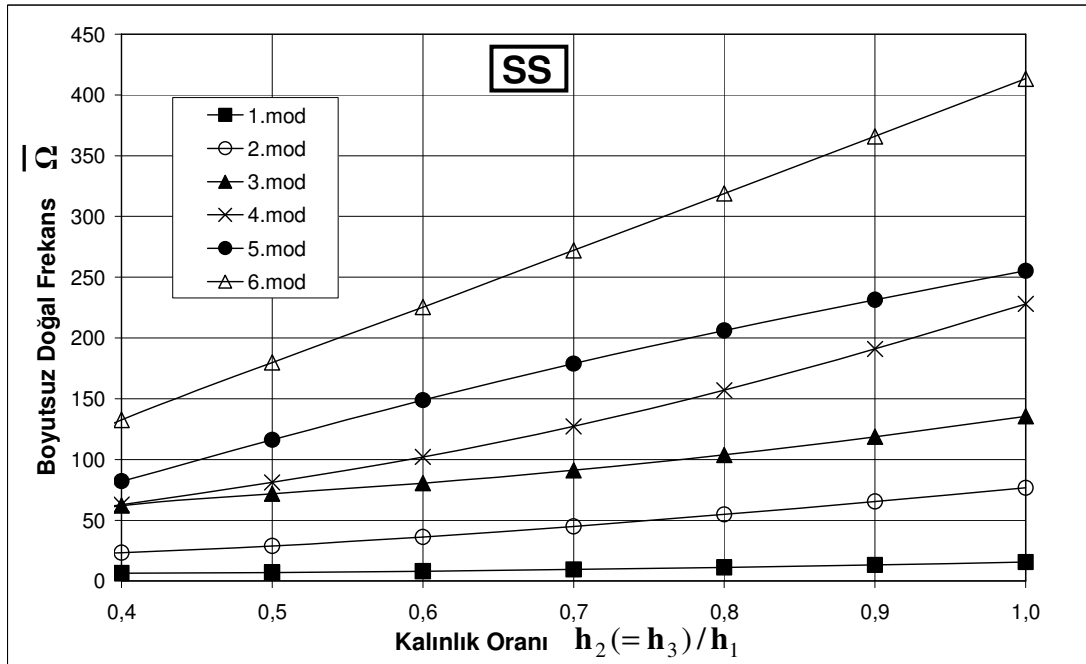
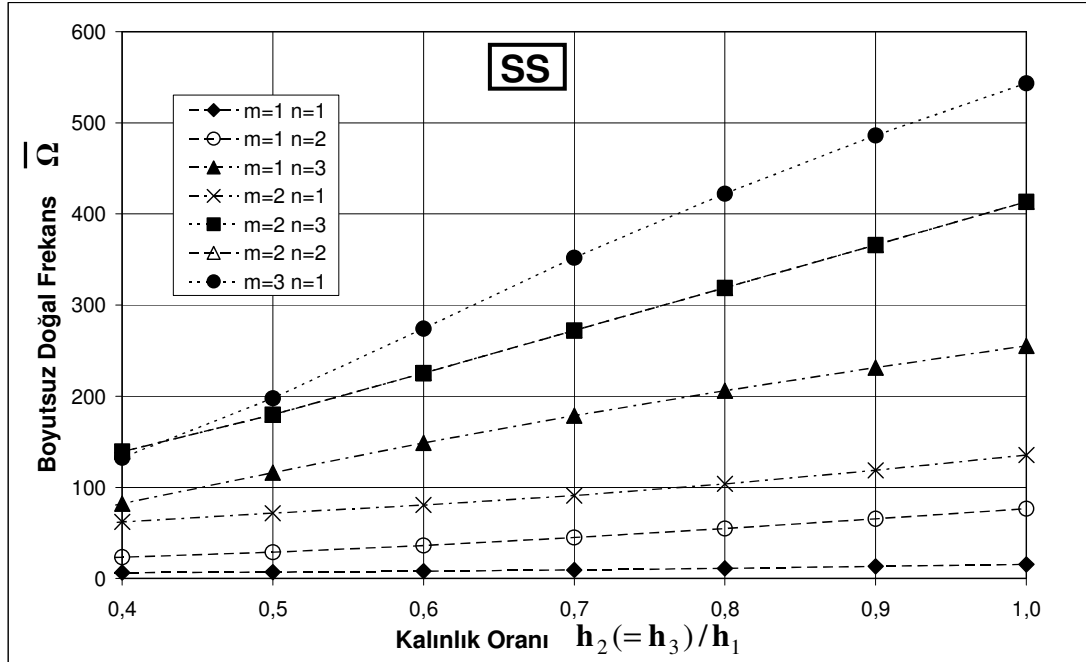
Şekil 6.67. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalinlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



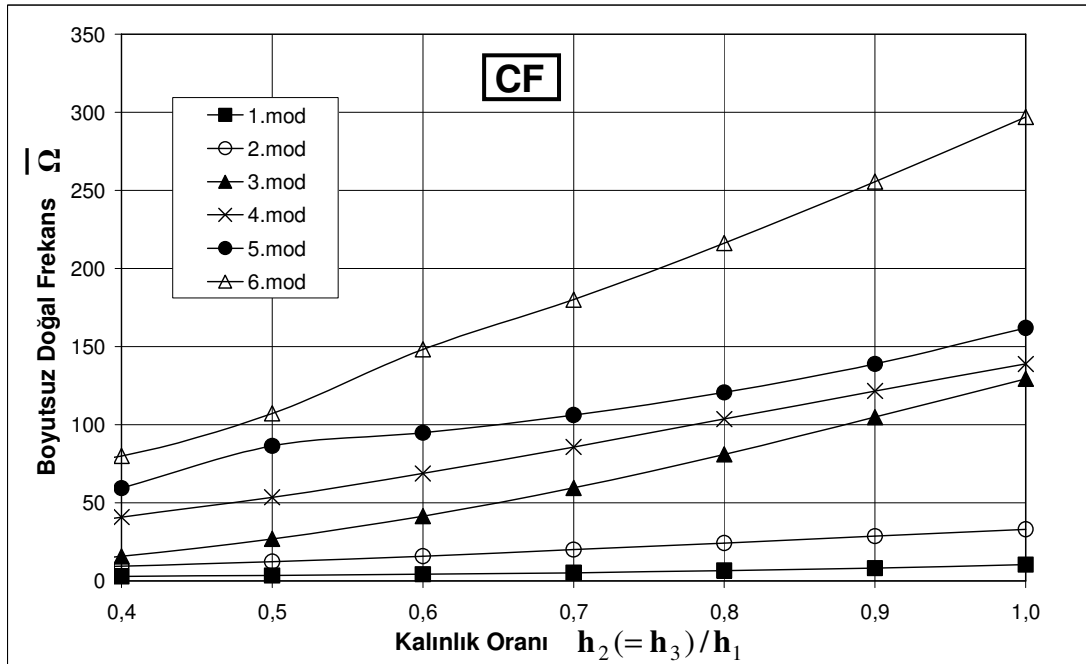
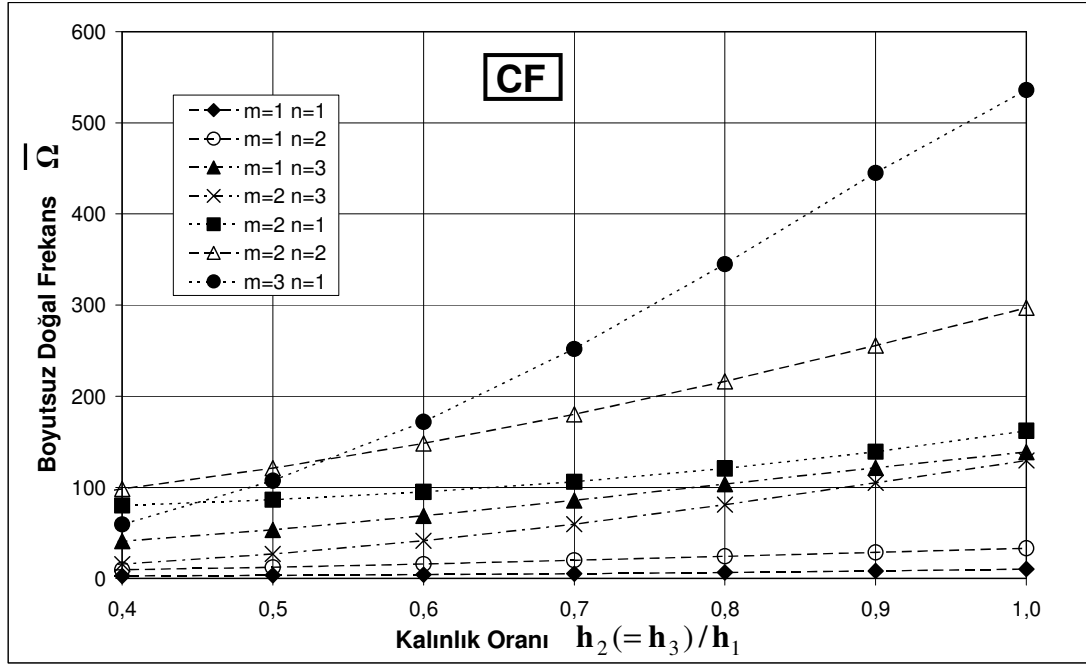
Şekil 6.68. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



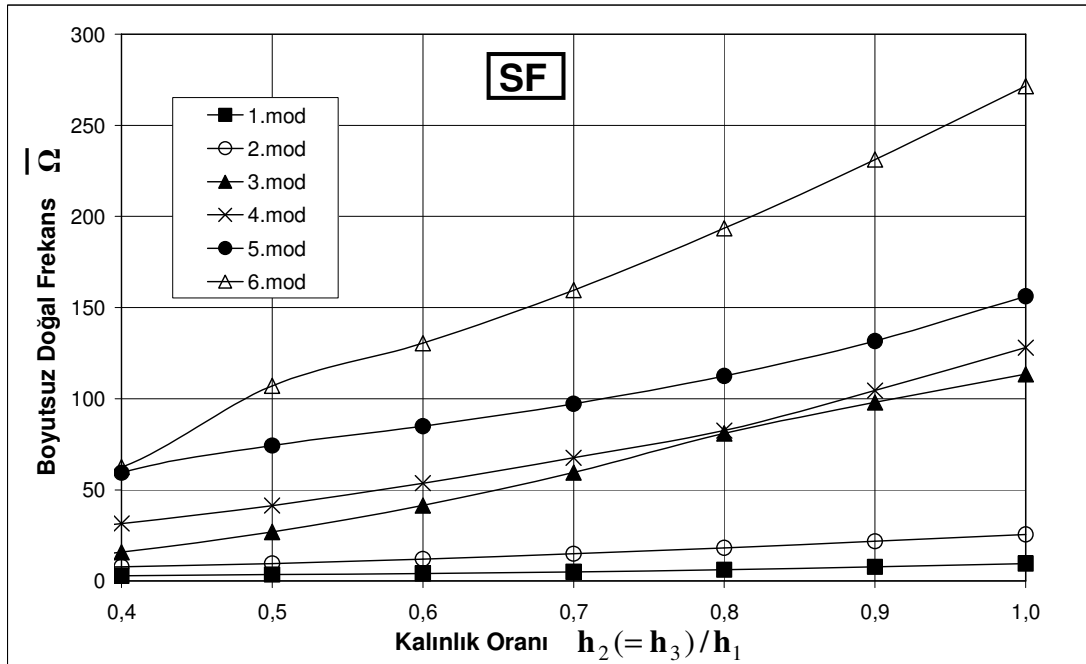
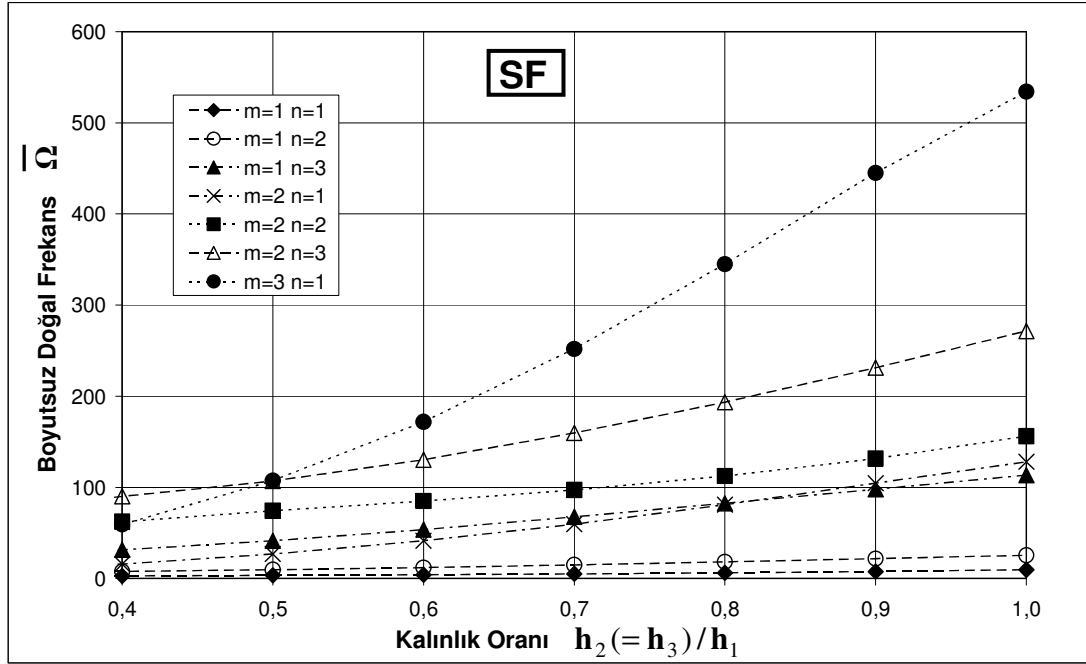
Şekil 6.69. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



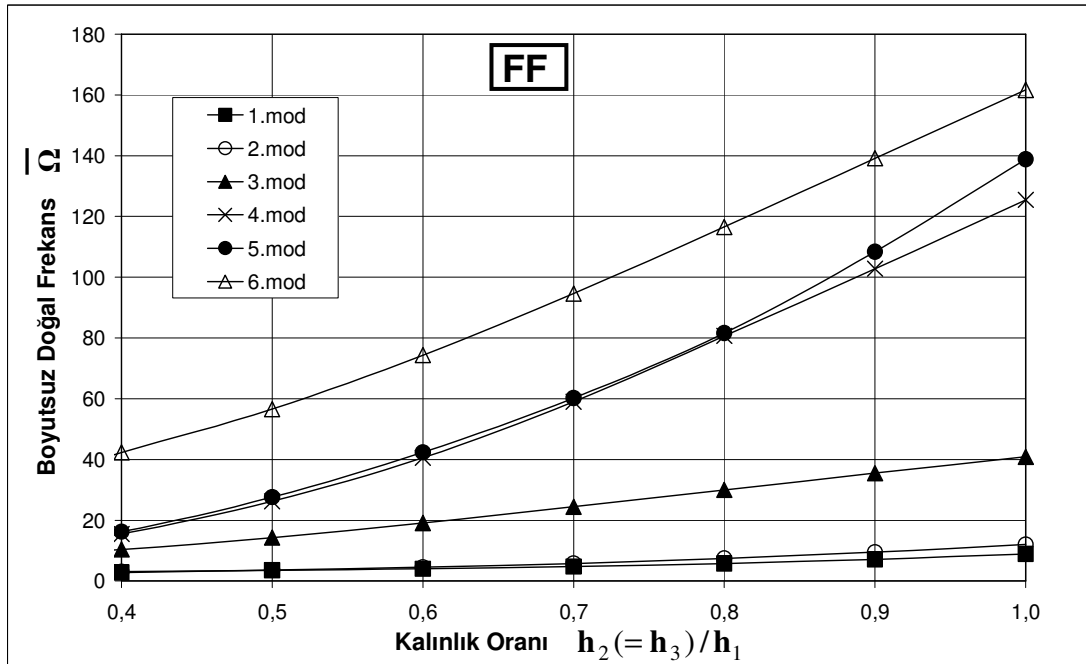
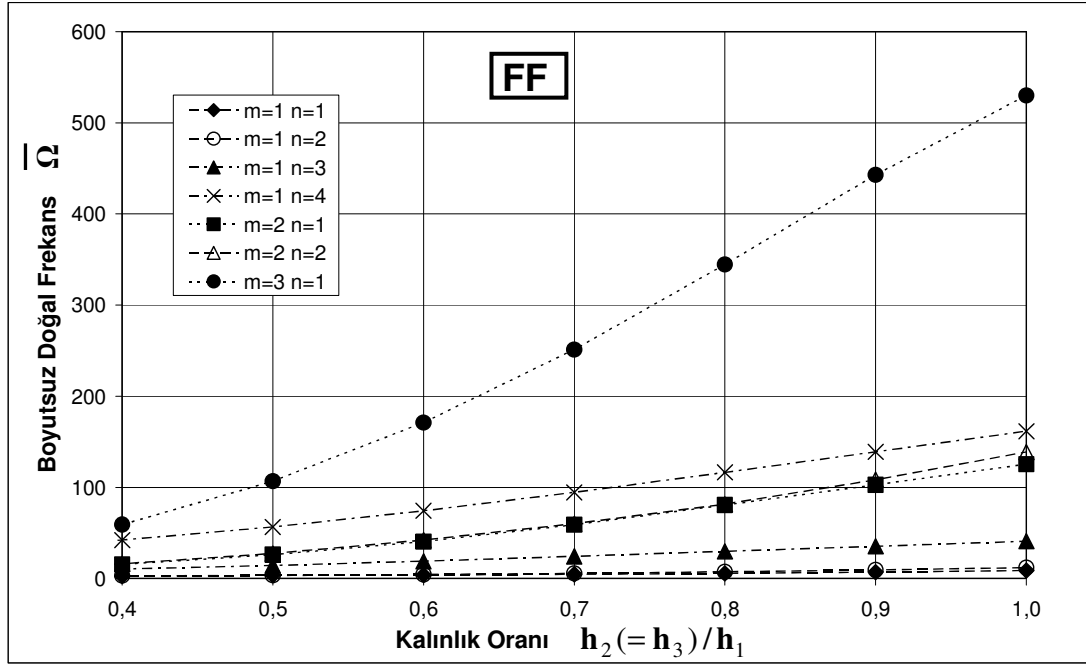
Şekil 6.70. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kalinlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



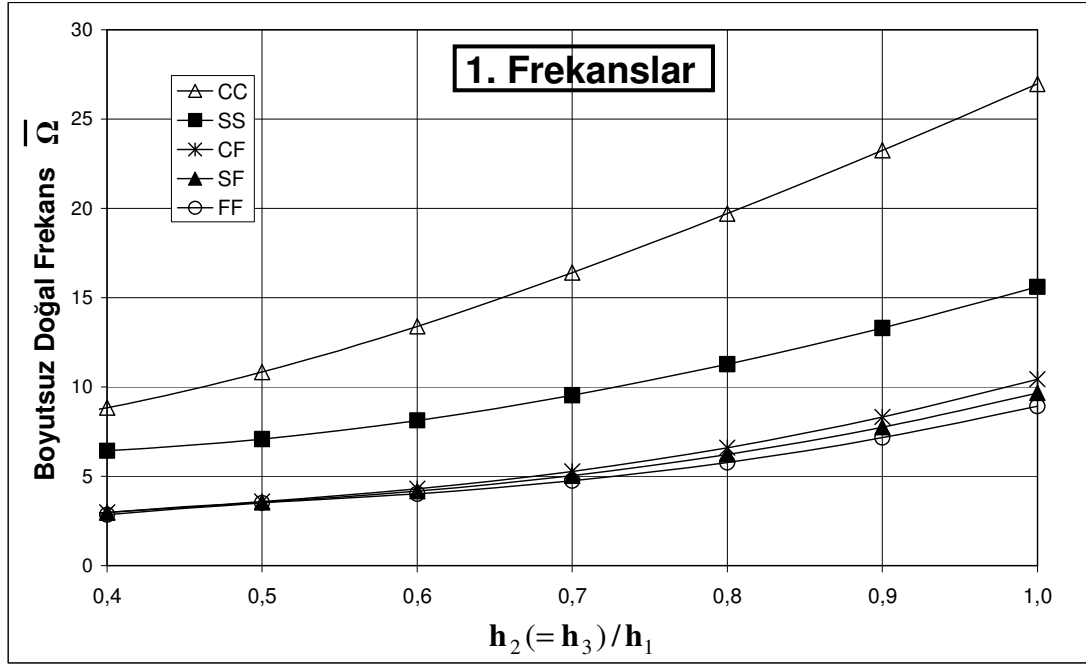
Şekil 6.71. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kalinlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

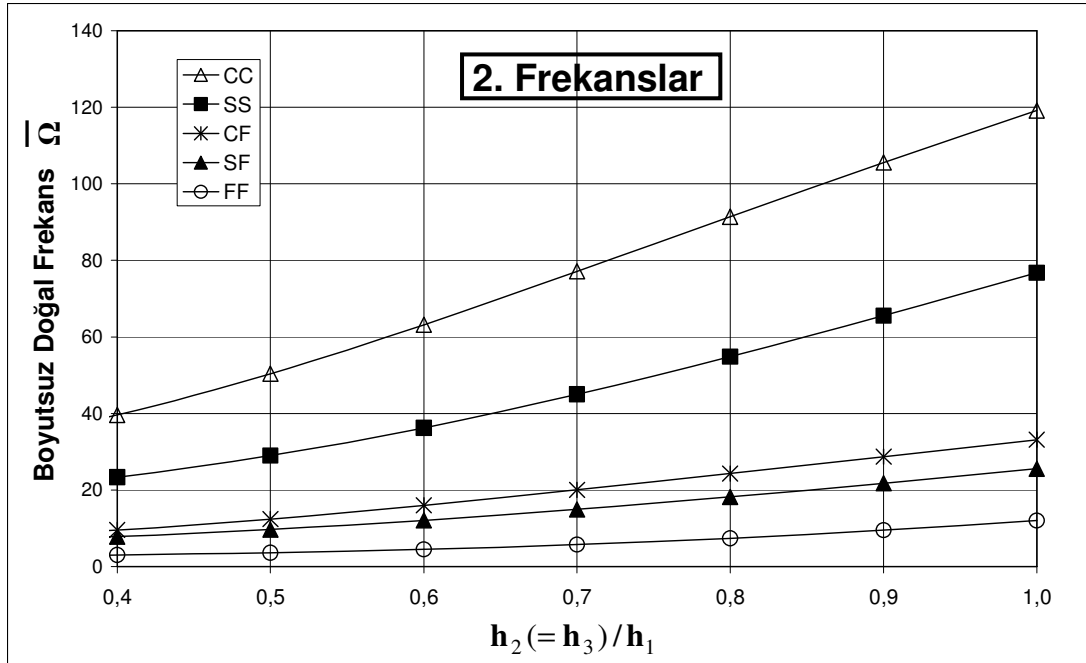
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

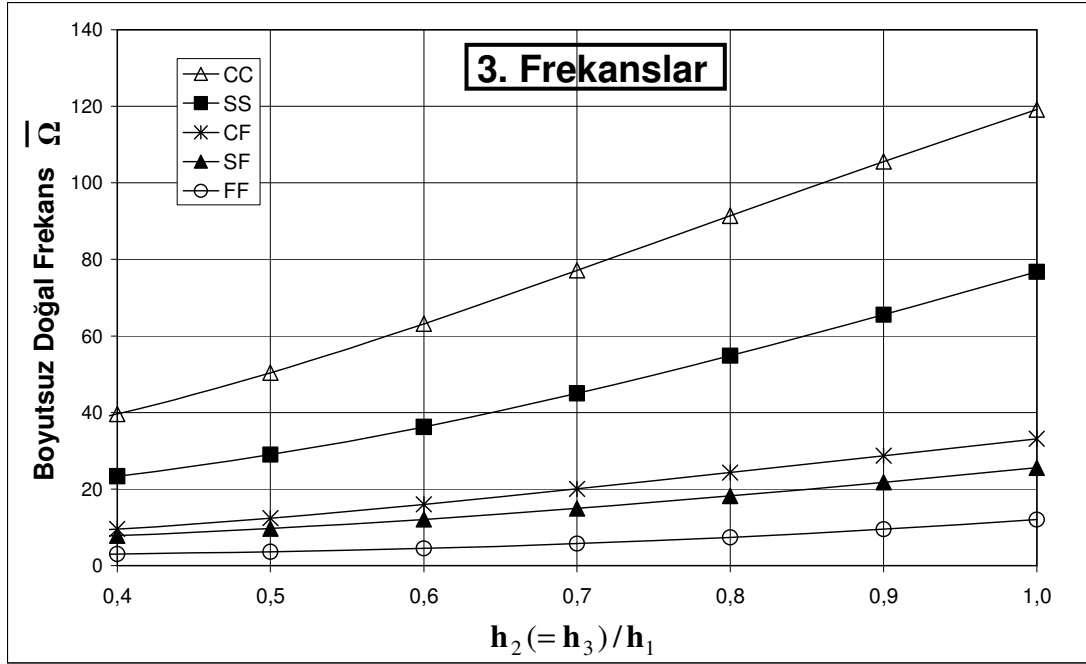


Şekil 6.72. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

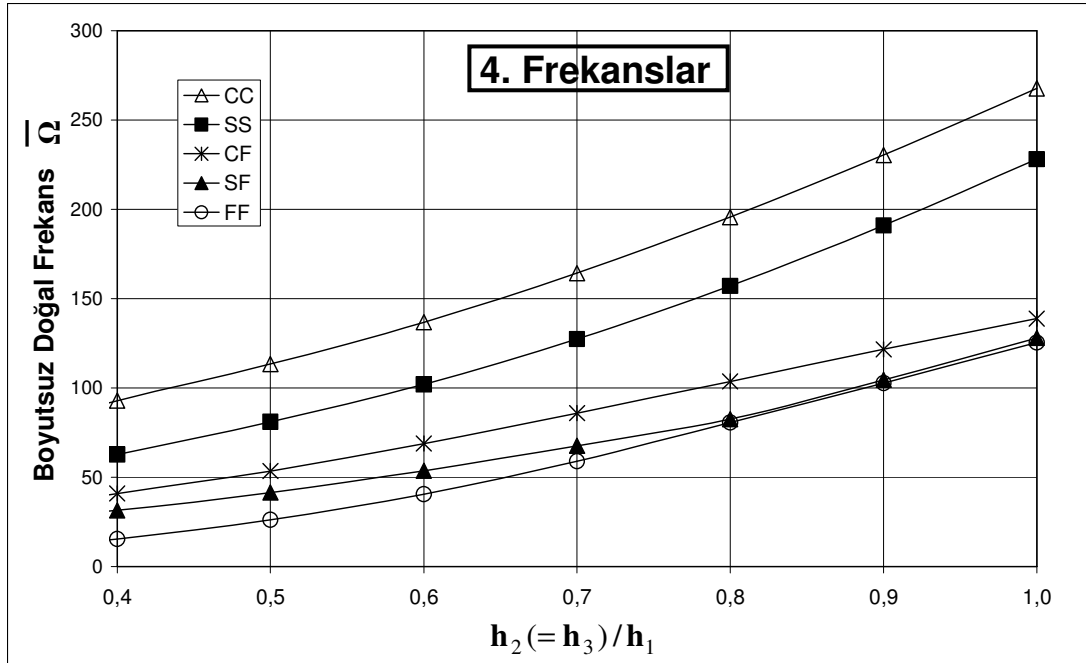


Şekil 6.73. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)

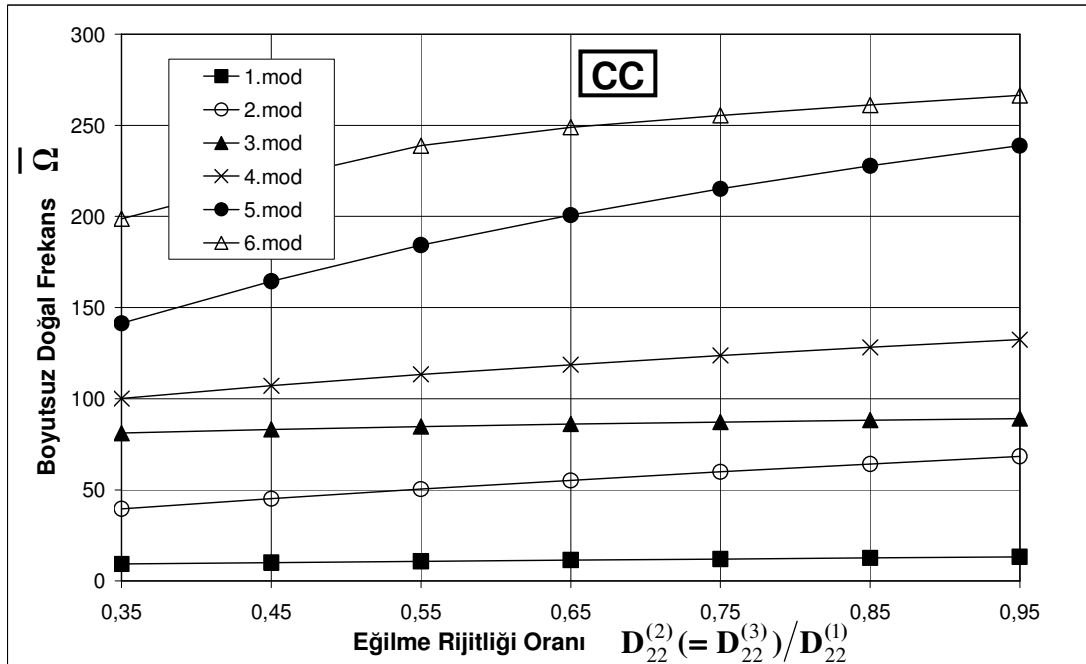
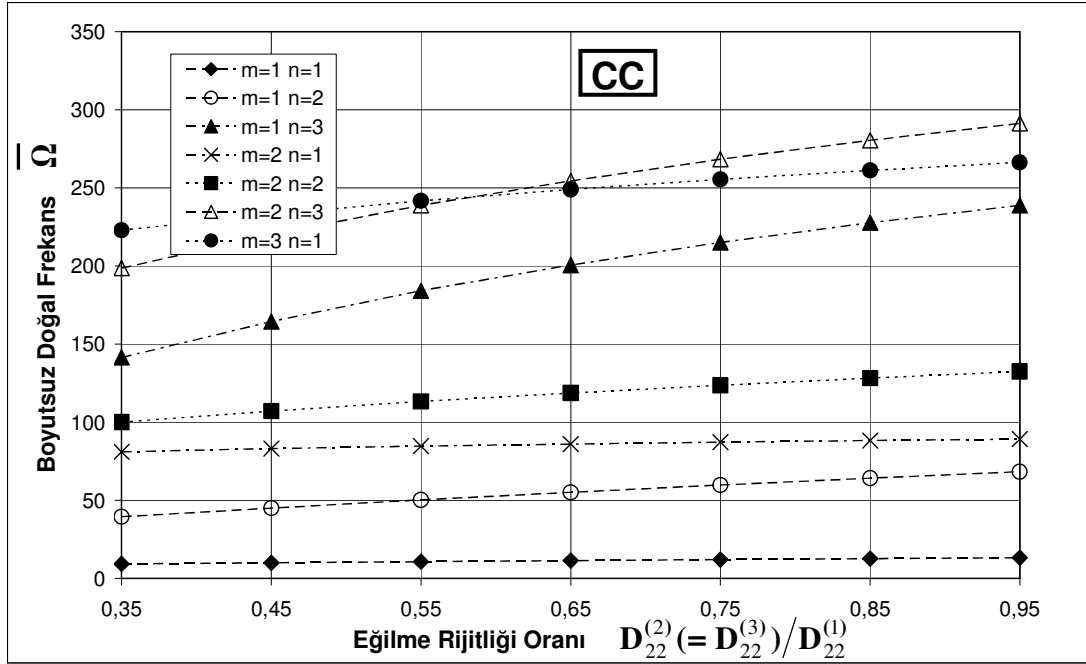


Şekil 6.74. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.75. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. *Ortada*)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=0.375m$, $\tilde{b}=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=\text{değişken}$, $L=1.00m$)



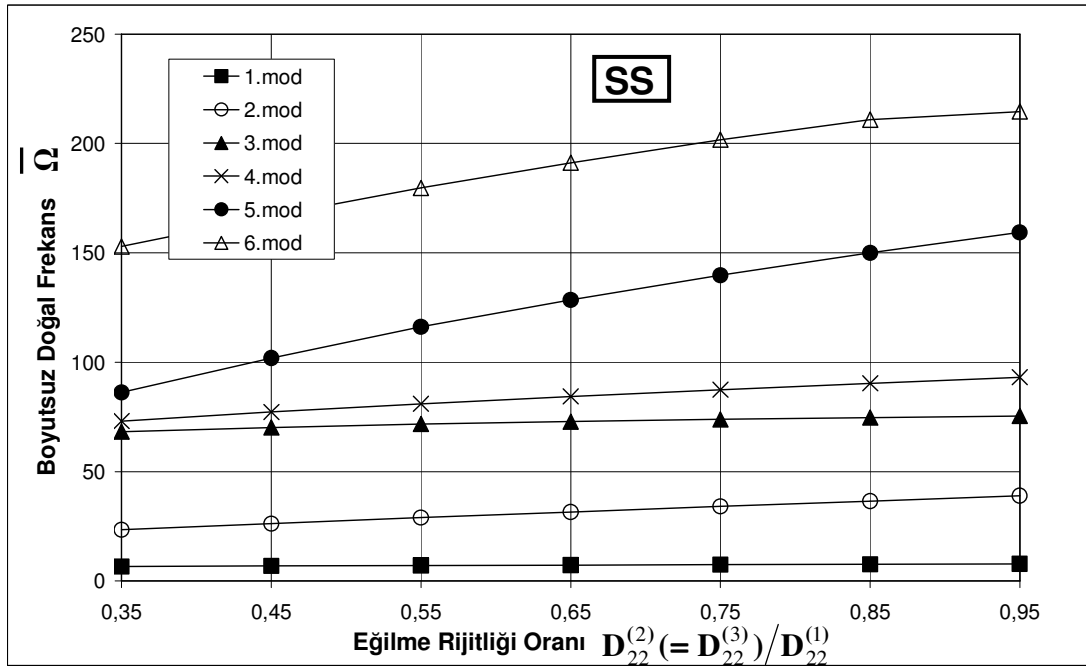
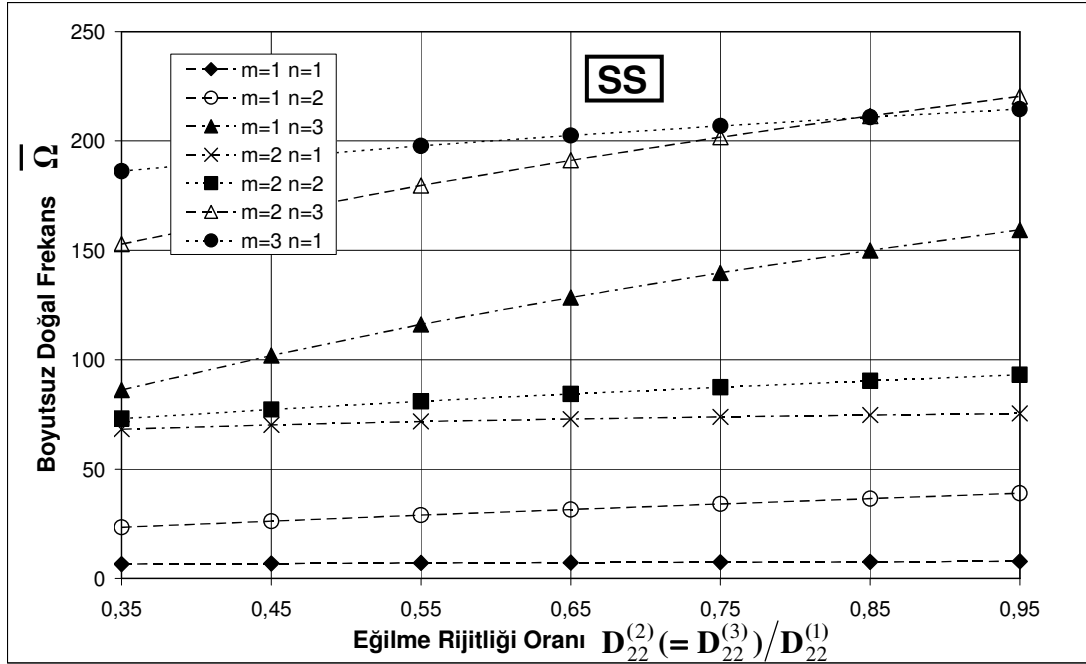
Şekil 6.76. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)} = \text{sbt}$, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) = \text{dğışkn}$; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)}) = \text{sbt}$, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)}) = \text{dğışkn}$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



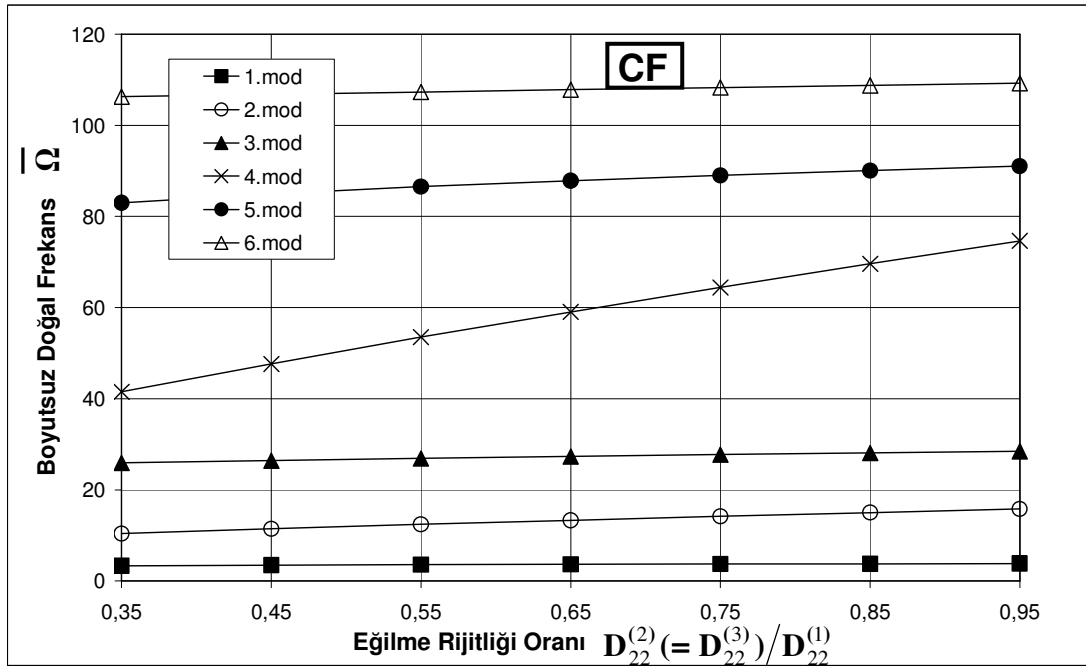
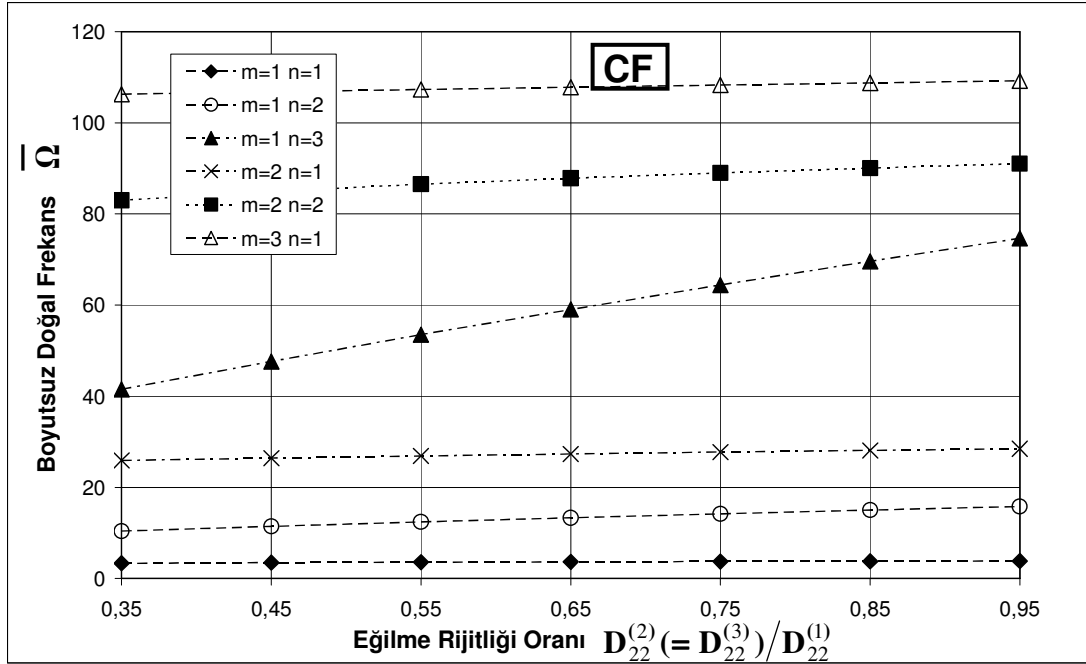
Şekil 6.77. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğşkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğşkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



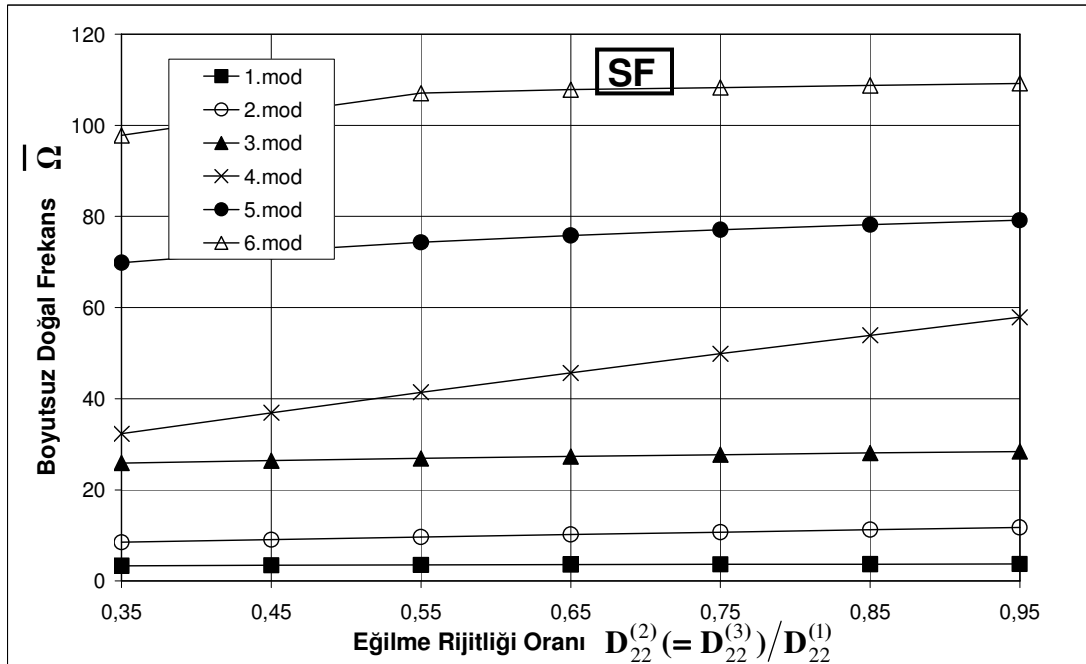
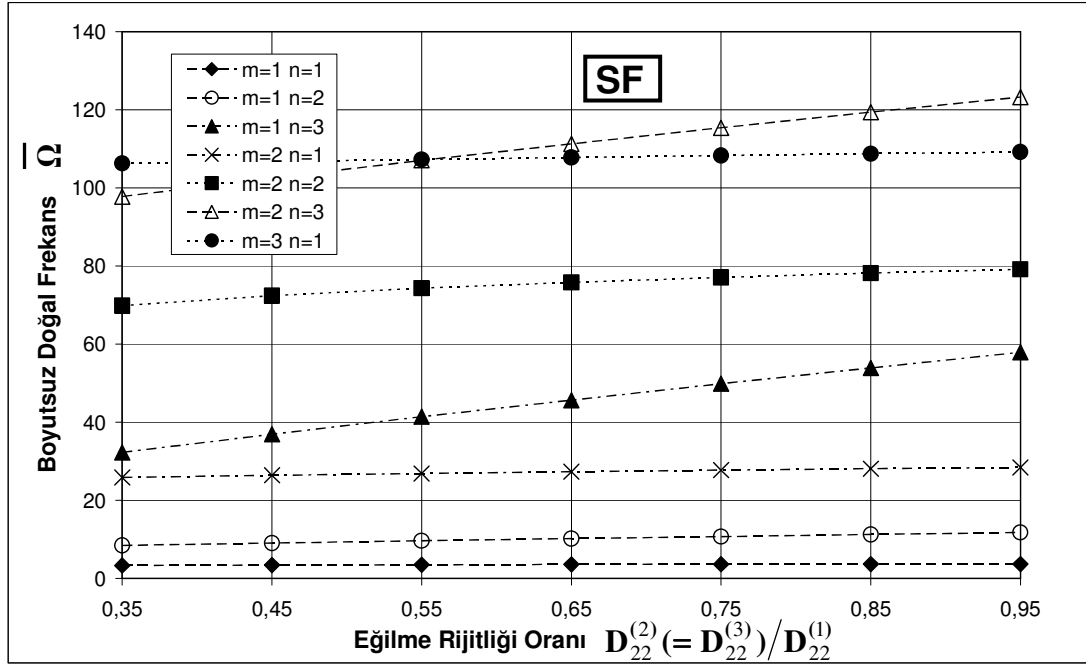
Şekil 6.78. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğşkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğşkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



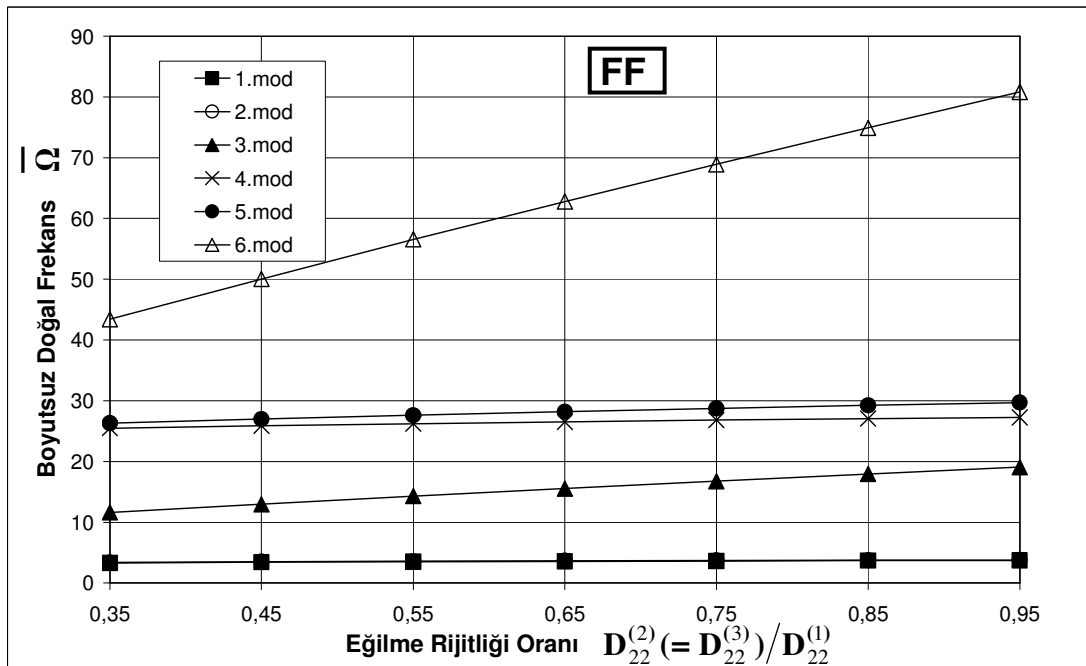
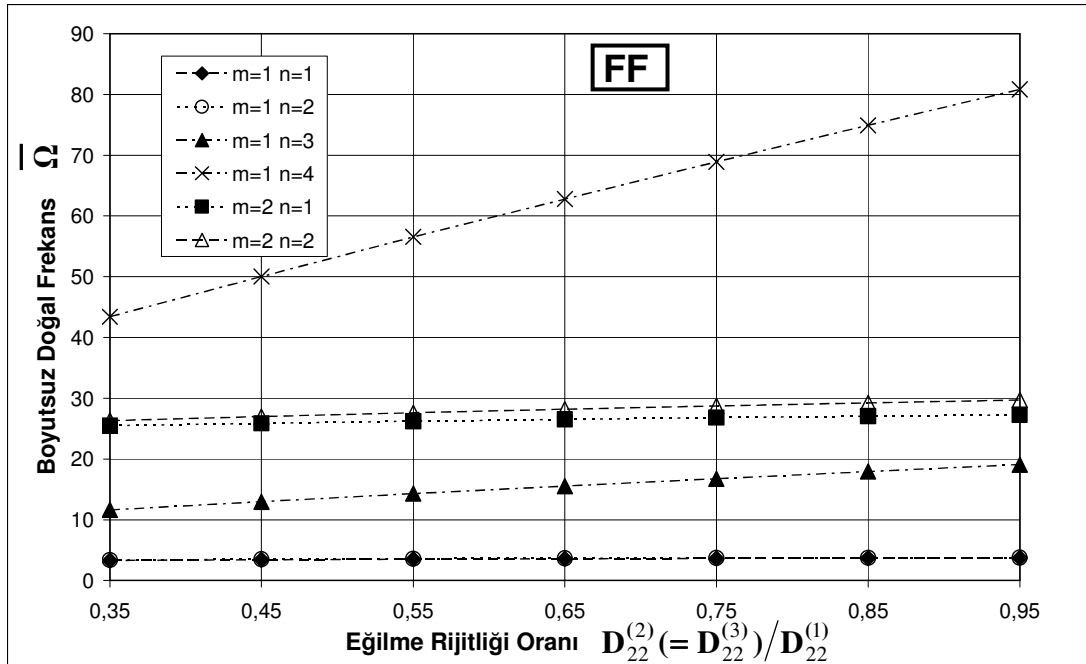
Şekil 6.79. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğışkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğışkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



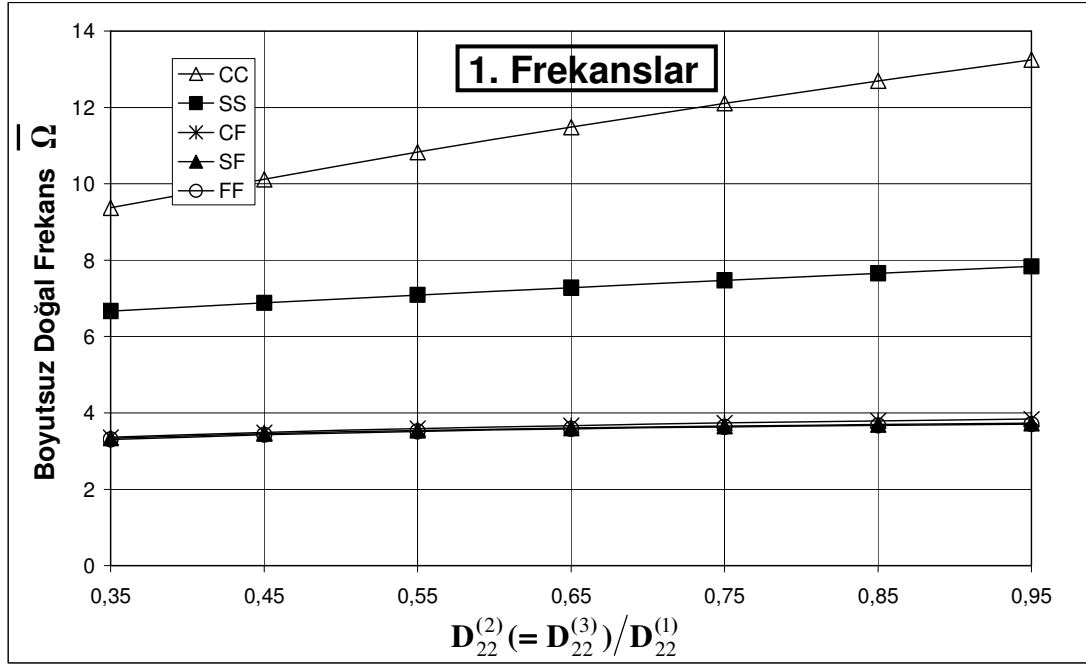
Şekil 6.80. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Ortada)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)”

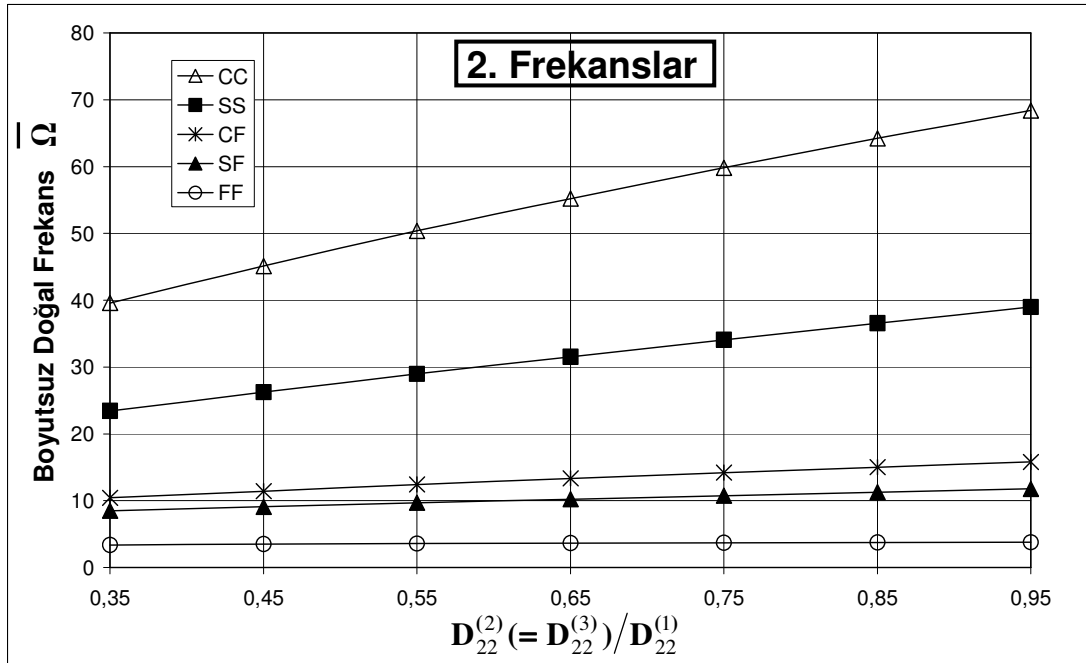
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğşkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğşkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

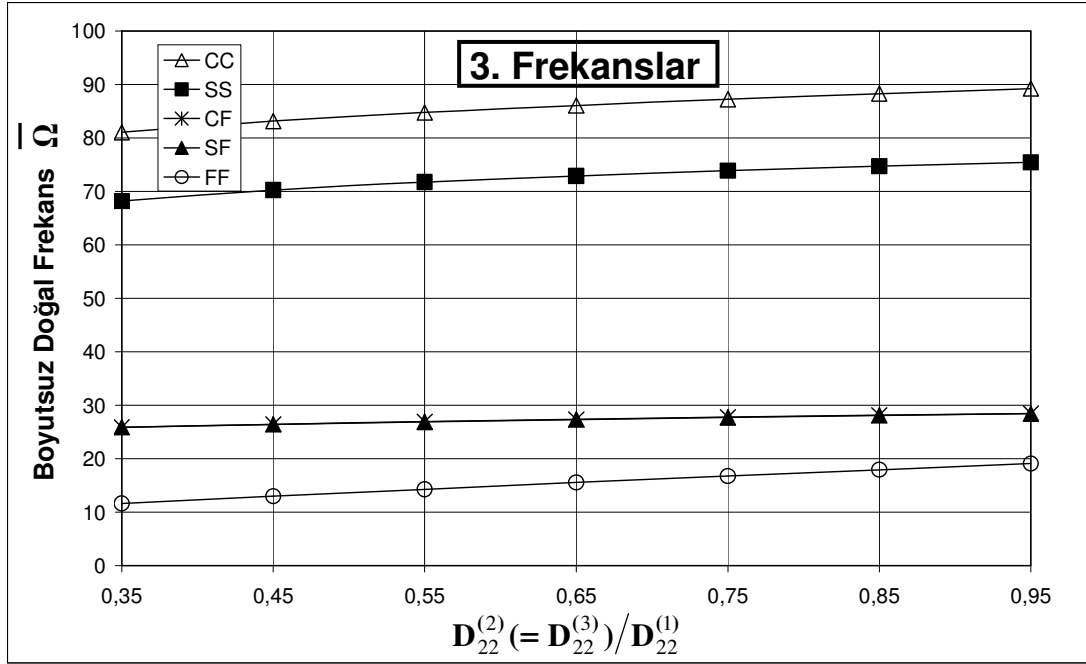


Şekil 6.81. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

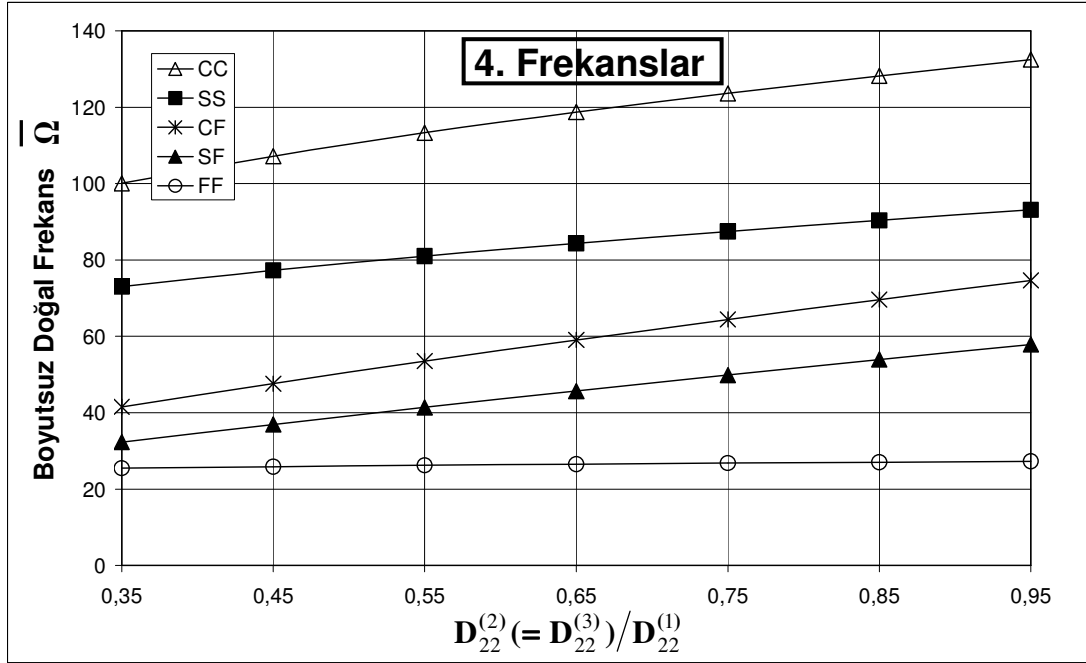


Şekil 6.82. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($D_{22}^{(1)}=sbt$, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})=dğışkn$; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})=sbt$, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})=dğışkn$)



Şekil 6.83. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.84. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.a (Orto.)” (Kuvvetl. Ortada)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($D_{22}^{(1)}=sbt$, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})=dğışkn$; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}$, $E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})=sbt$, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})=dğışkn$)

6.4. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”ye ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”un Mod Şekilleri ve Parametrik Çalışmaları takip eden bölümde detaylı olarak verilmiştir. Kısaca yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; Şekil 6.85. ve Şekil 6.93. arasında değişken sınır şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF, ve ayrıca (CS, SC, FC, FS)) ilişkin Mod Şekilleri (1’den 6’ya kadar) ve şekil altlarında “Boyutsuz Doğal Frekanları” verilmiştir. Bununla birlikte, malzeme özellikleri, geometri özellikleri de belirtilmiştir.

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”un (kuvvetlendirici plakanın yanda olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II; 7i istasyona ve Plaka III; 8 istasyona ayrılmıştır. Bunlar mod şekillerine bakılarakda görülebilir.

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”, İzotropik malzeme olduğu için ve kuvvetlendirici plakanın yanda ($\tilde{b}'=0.375m$) bulunmasından ötürü, simetrik sınır şartlarında (CC, SS, FF gibi) mod şekillerinin simetrik veya çapraz simetrik (skew symmetric) olarak görülmez. Sınır şartları simetrik olmadığında da (CS, SC, CF, SF, FS gibi) ise, yukarıda belirtildiği gibi, ne simetriden (symmetric) nede çapraz simetriden (skew-symmetric) bahsedilebilir. Mod Şekillerinde hareketsiz bölgeler (örneğin, Şekil 6.83.c ve Şekil 6.84.d'deki gibi) oluşur.

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”, için yapılan parametrik çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz;

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)”, “Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)”, “Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)”, “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” ve “Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{b}'/L$)” olarak sıralanır. Sınır Şartları sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF (ve ayrıca bazı parametrik çalışmalar CS, SC, FC, FS belirtilen Sınır Şartların içinde yapılmıştır) olarak parametrik çalışmalar oluşturulmuştur. Bu sayfalarda ikişer şekil bulunmaktadır, bunlardan yukarıda

olan şekil “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ın “m”nin Fourier Serilerinden gelen değerlerine göre ve “n”ye atanan değerleri, altta bulunan şekilse “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ın sıralanması sonucu elde edilen değerleridir.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)” Şekil 6.94’den Şekil 6.102’ye kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.94.’den Şekil 6.98’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, Boyutsuz Doğal Frekanslar bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.99’dan Şekil 6.102’ye kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine yakınlık göstermektedir (Şekil 6.99-100-101-102’de görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir (Şekil 6.99 ve 6.102’de olduğu gibi CF, SF, FF değerleri birbirlerine çok yakındır),
- FF’de ise 4. ve 5. mod değerleri oranın 0,5 olduğu değerde birbirlerine çok yakın değerler olarak bulunmuştur (ama aynı değerler değildir), olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)” Şekil 6.103’den Şekil 6.115’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.103’den Şekil 6.111’e kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit

parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.112'den Şekil 6.115'e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_1/L)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS'nin, CF ve SF'nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.112-113-114-115'de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir,
- CC, CF ve FF'de mod değerleri birbirine çok yakın değerler çıkan noktalar bulunmuştur (ama aynı değerler değildir),
- Parametrik çalışmada grafikler çizilirken; x-ekseni 0,85'e kadar devam ederken, değerler 0,50'de sonlamaktadır. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”ta kuvvetlendirici pozisyonu gereği ($\tilde{b}'=0,375m$), kuvvetlendirici daha fazla büyütülememektedir. “Ana PROBLEM I.a (Isot.)” ile daha kolay mukayesesinin yapılabilmesi içinde x-ekseni 0,85'de bırakıldı, olduğundan bahsedebiliriz.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” Şekil 6.116'dan Şekil 6.128'e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.116'dan Şekil 6.124'e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF'ye (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen Boyutsuz Doğal Frekanslarını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, Boyutsuz Doğal Frekanslar bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.125'den Şekil 6.128'e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.125-126-127-128’de görüldüğü gibi). Burada, CF, SF, FF (Şekil 6.111) değerleri birbirine çok yakın değerler olarak başlayıp (aynı değerler değildir) yan plaka kalınlıkları (Plaka II, Plaka III’ün kalınlığı) arttıkça birbirlerinden ayrılmaya başladığı görülmektedir. Benzer durum Şekil 6.128’de de görülmektedir, olduğundan bahsedebiliriz.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” Şekil 6.129’dan Şekil 6.137’ye kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.129’dan Şekil 6.133’e kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.134’den Şekil 6.137’ye kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.134-135-136-137’de görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- FF’de ise 1. ve 2., 5. ve 6. mod değerleri birbirine yakın değerler olarak bulunmuş ve artış trendleri benzerlik göstermektedir,

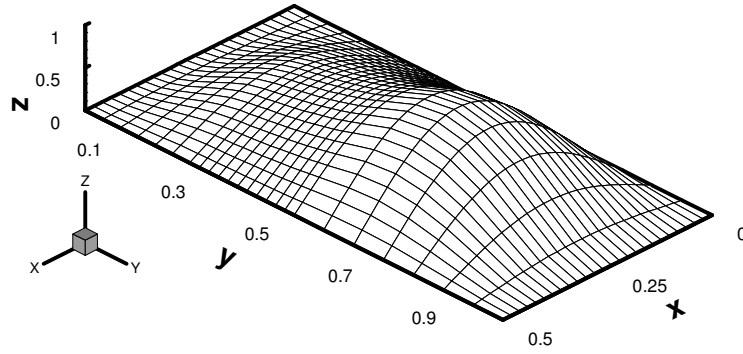
- Burada “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$)” nı hesaplariken, malzemenin izotropik olmasından dolayı (ν_{12} , ν_{21} , E_y değerleri aynı) burada h’lerin küpü dikkate alınmıştır. olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{b}'/L$)” Şekil 6.138’den Şekil 6.150’ye kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.138’den Şekil 6.146’ya kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.147’den Şekil 6.150’ye kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen “Sınır Şartları”nda nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

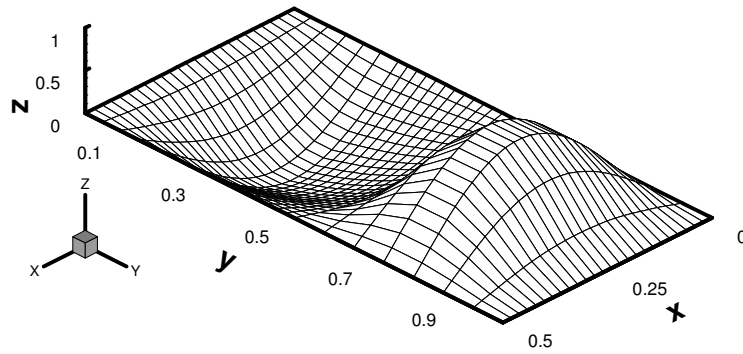
“Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{b}'/L$)” nında;

- genel olarak frekans değerleri (ilk dört frekans için) artış göstermektedir, ama beşinci ve altıncı frekans değerlerinde önce artış sonrada azalış görülmektedir,
 - CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.147-148-149-150’de görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
 - FF’de ise, 2. ve 3. frekans değerlerinde azda olsa azalış görülürken, 5. frekans değerinde bu azalış daha belirgindir ve 6. frekans değerinde ise kuvvetli bir düşüş olmaktadır,
- olduğundan bahsedebiliriz.

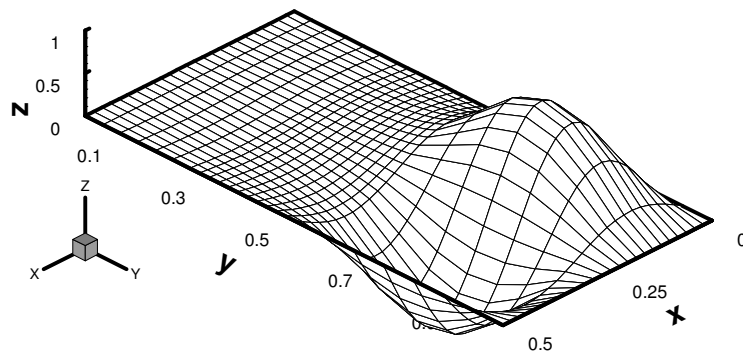
6.4.1. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”nun Mod Şekilleri ve karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şartları” için



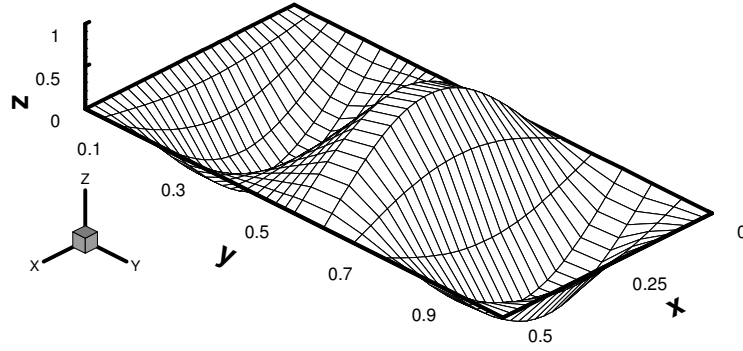
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 6.218$



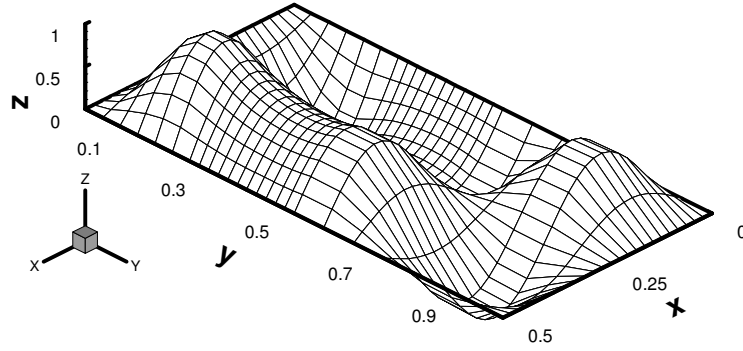
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 15.630$



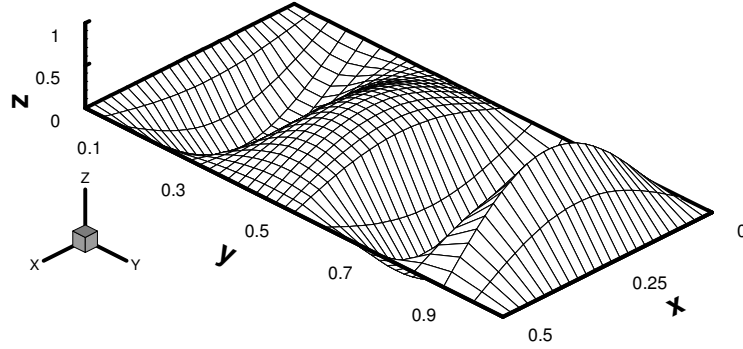
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 38.865$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\Omega}_{13} = 40.126$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\Omega}_{22} = 88.994$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\Omega}_{14} = 97.684$

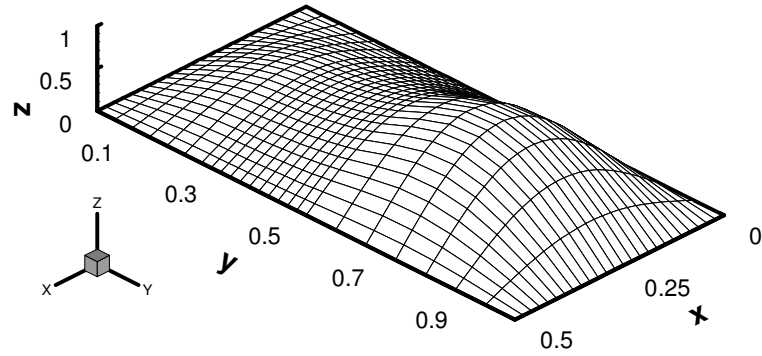
Şekil 6.85. “Kendinden-Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

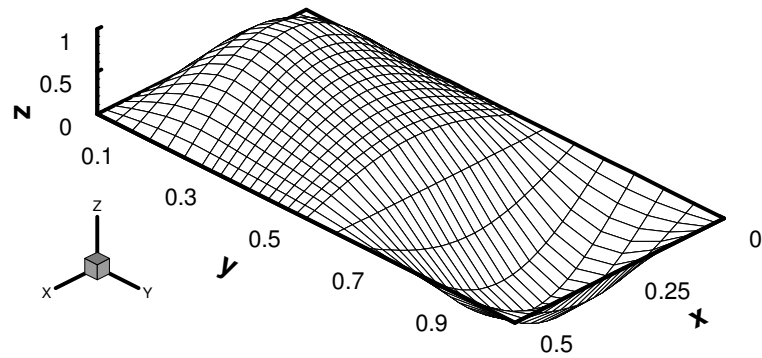
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

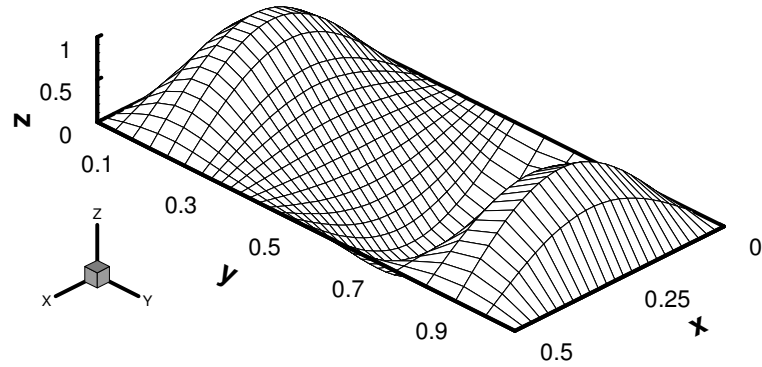
(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



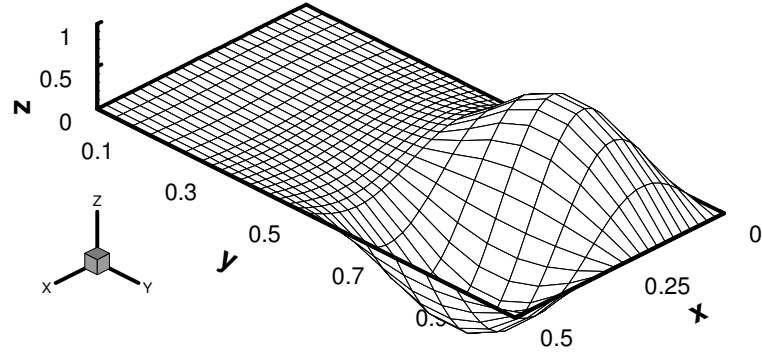
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 4.961$



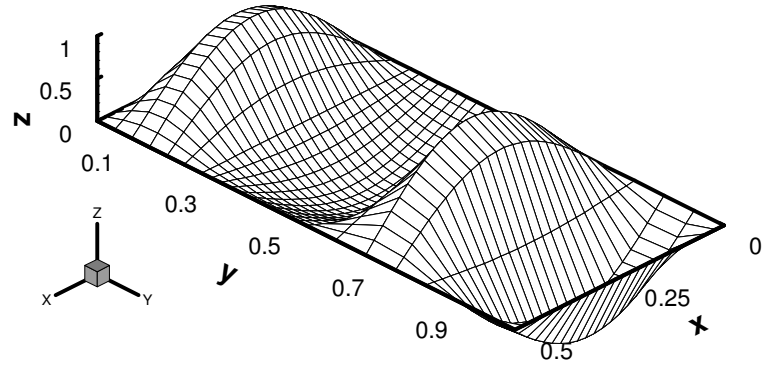
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 11.036$



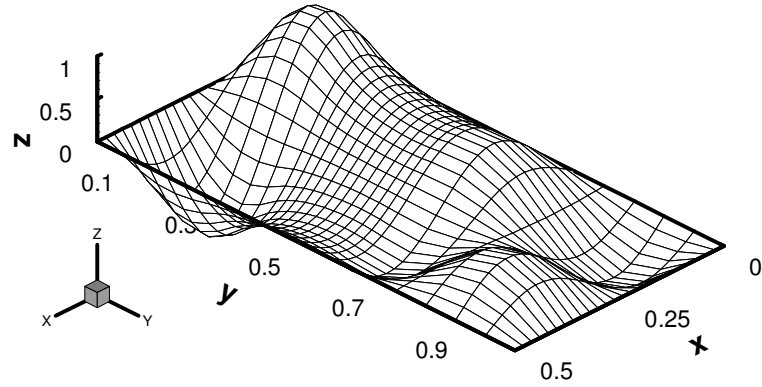
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 28.835$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\Omega}_{21} = 34.659$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\Omega}_{14} = 69.828$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\Omega}_{22} = 77.813$

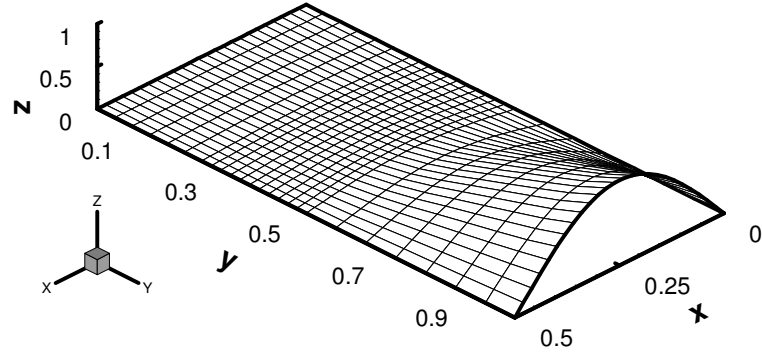
Şekil 6.86. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

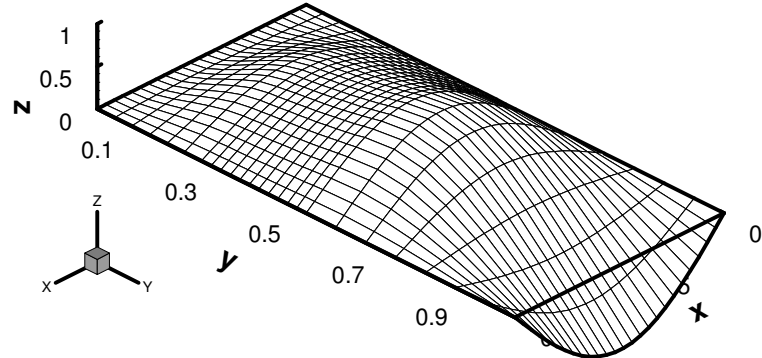
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

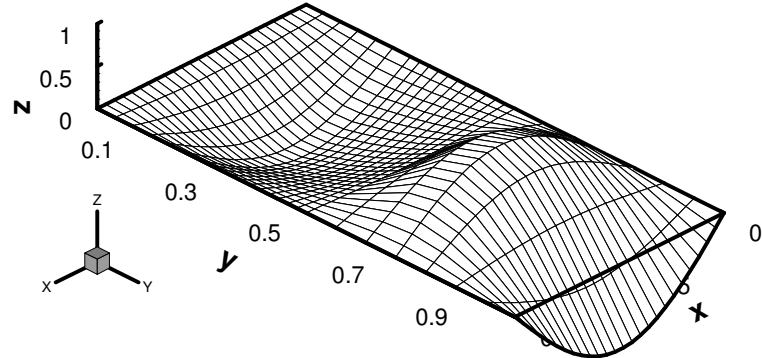
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SS)



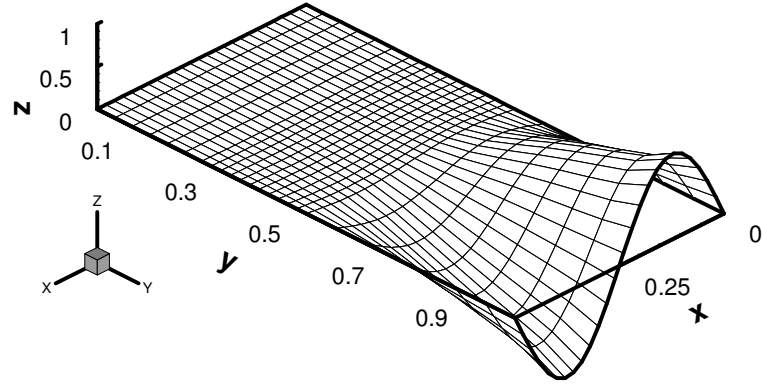
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 1.880$



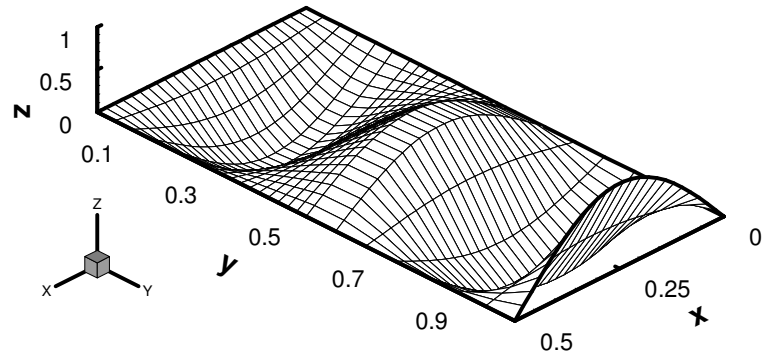
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 7.389$



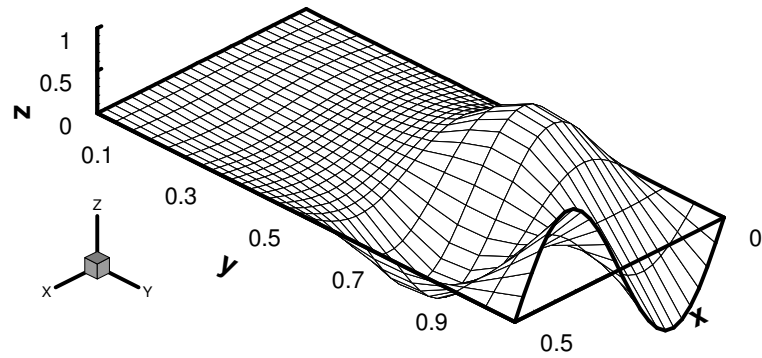
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 17.960$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 20.078$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{14} = 43.107$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 51.561$

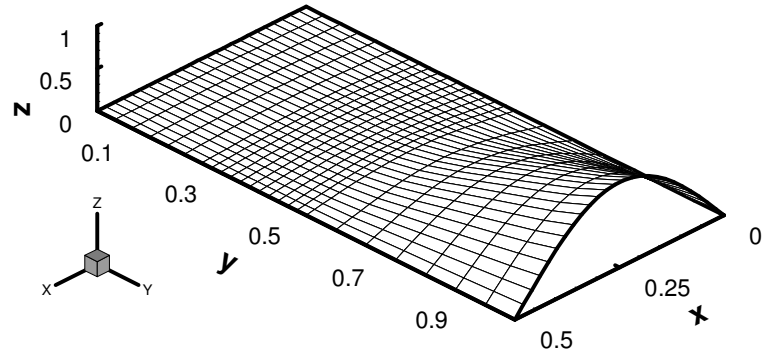
Şekil 6.87. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

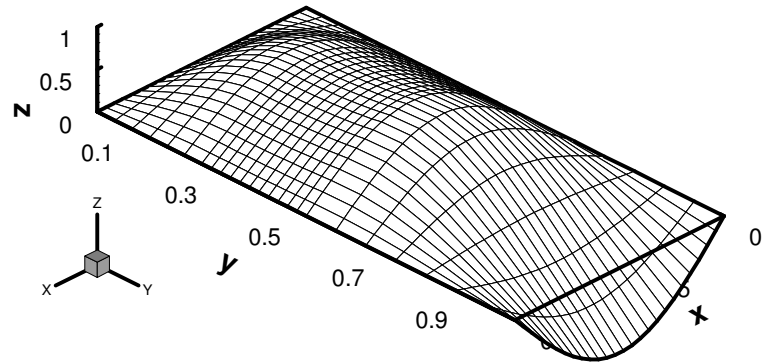
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

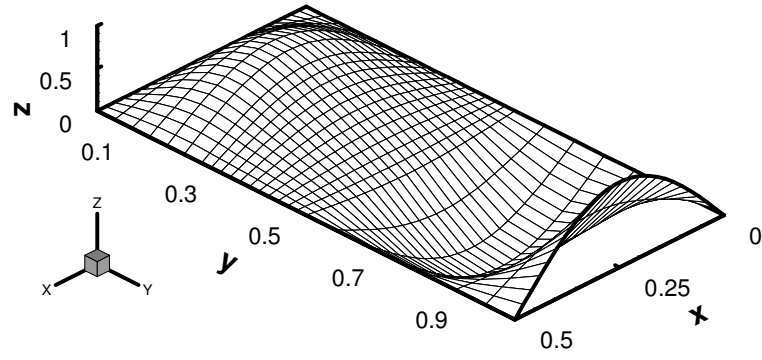
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CF)



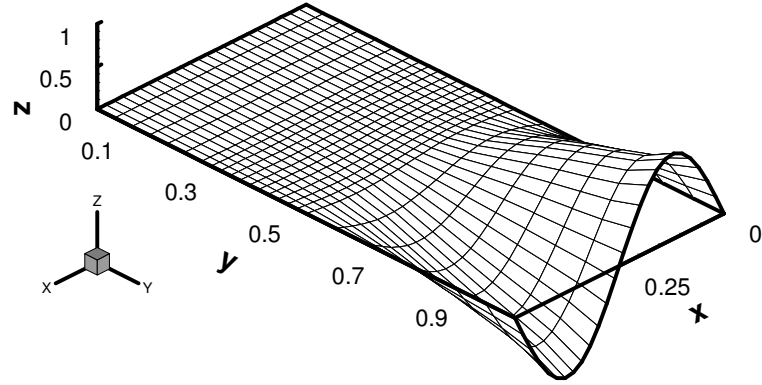
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 1.878$



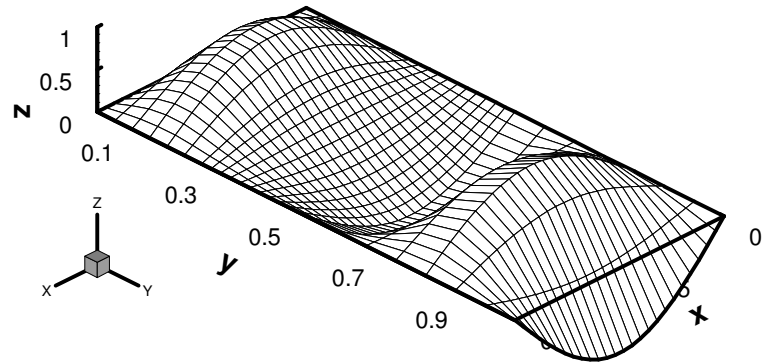
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 6.766$



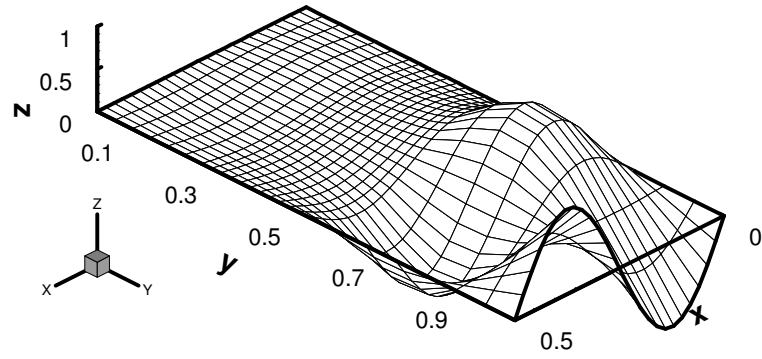
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 15.591$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 20.078$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{14} = 36.956$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 51.521$

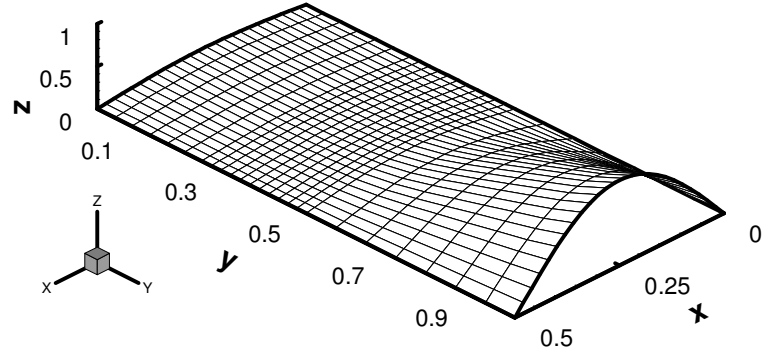
Şekil 6.88. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

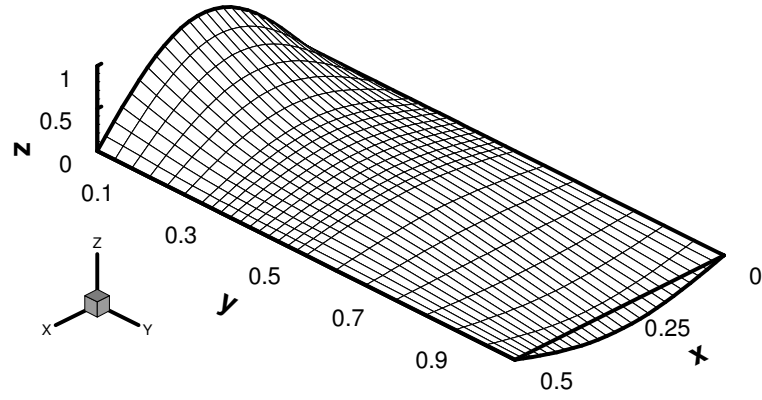
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

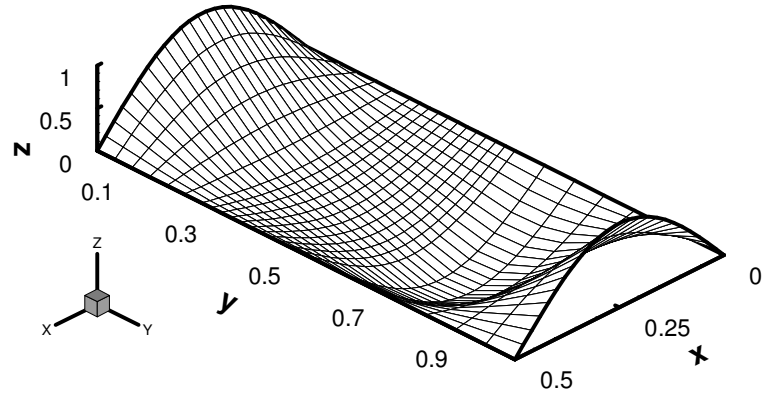
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SF)



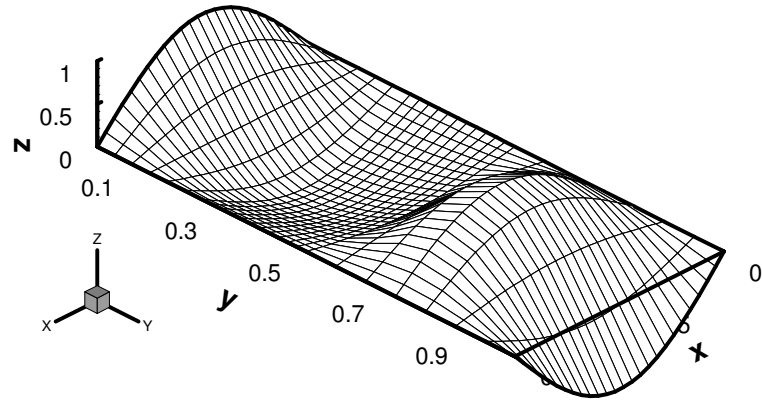
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 1.865$



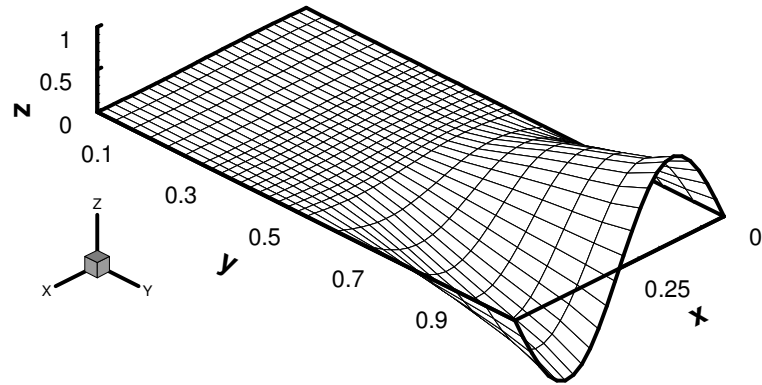
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 3.676$



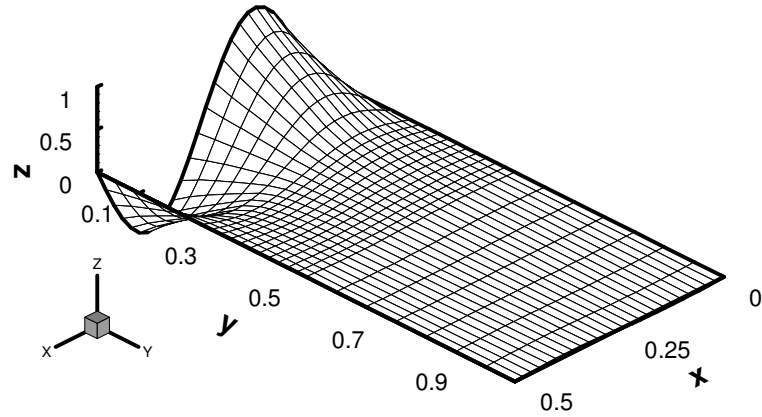
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 8.624$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{14} = 20.057$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{21} = 20.078$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{22} = 29.079$

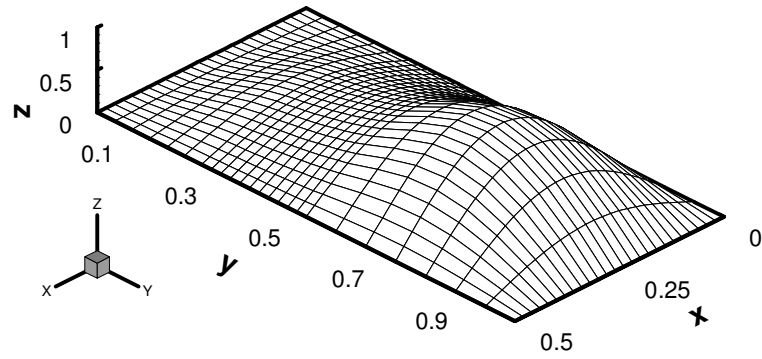
Şekil 6.89. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

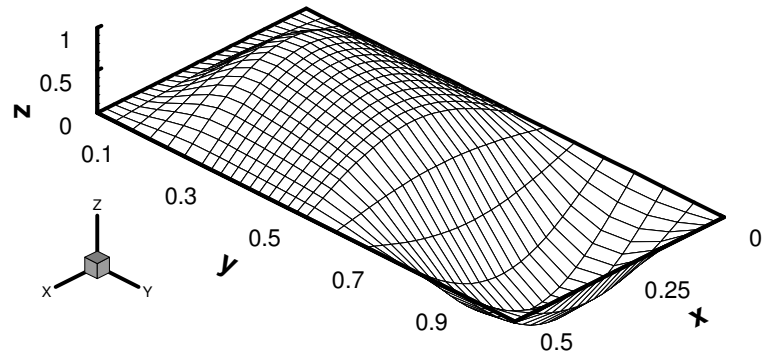
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

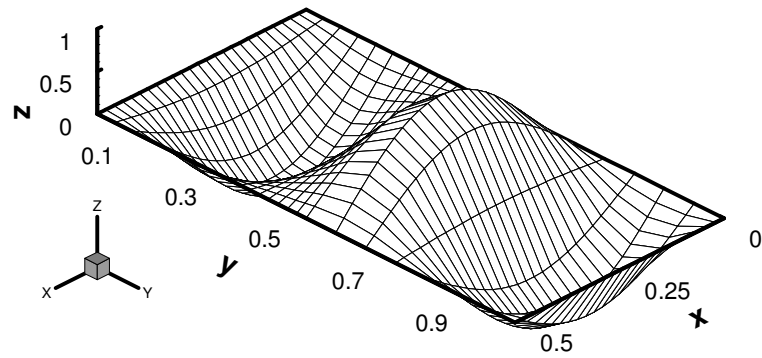
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FF)



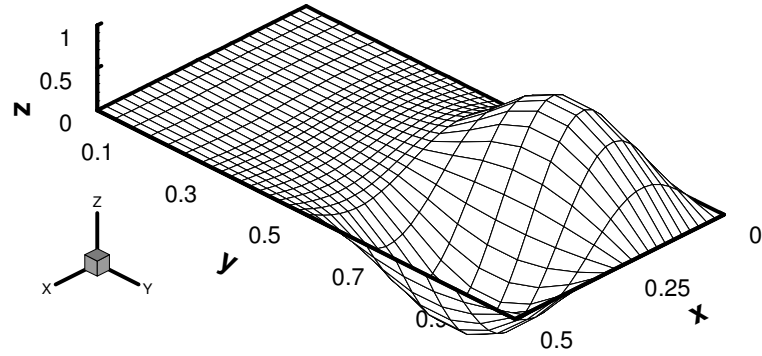
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 5,162$



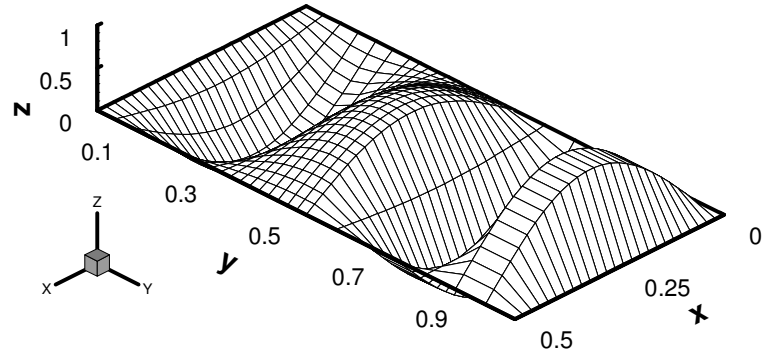
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 12,709$



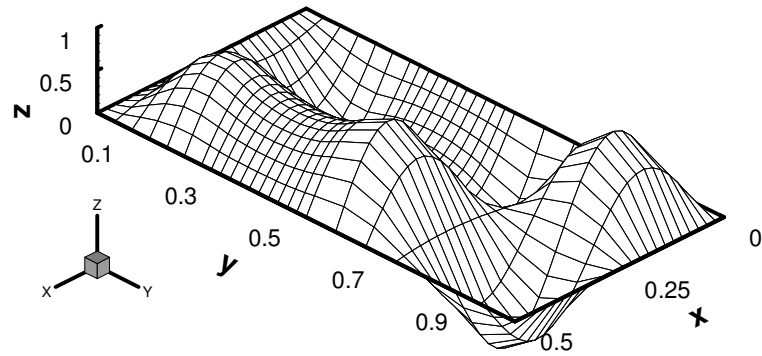
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 34,039$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\Omega}_{21} = 34,635$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\Omega}_{14} = 79,837$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\Omega}_{22} = 84,369$

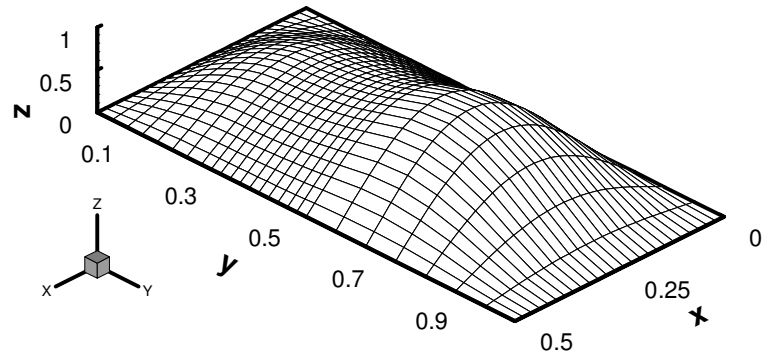
Şekil 6. 90. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

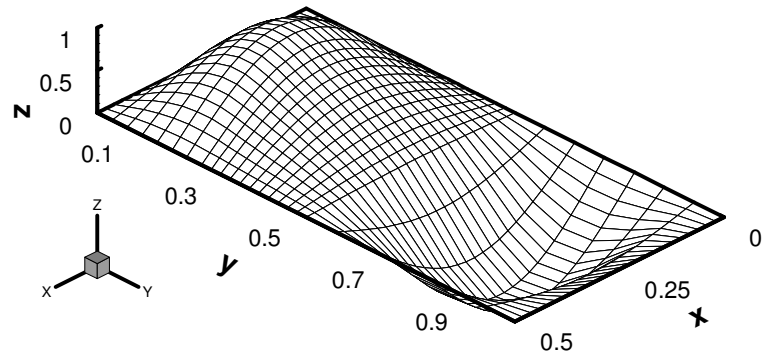
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.50\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

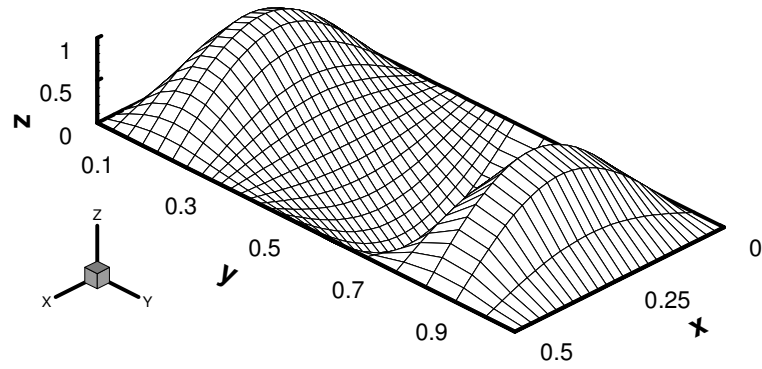
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CS)



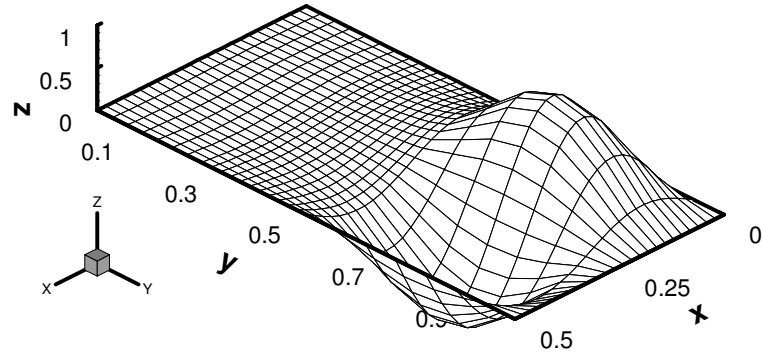
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 5,814$



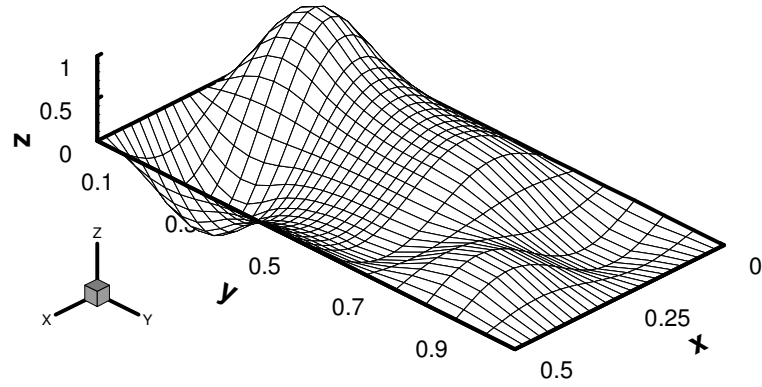
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 13,488$



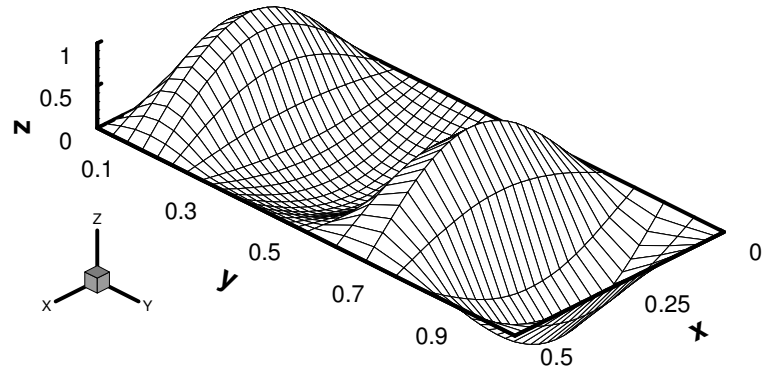
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 34,079$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 38,860$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 79,156$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 84,135$

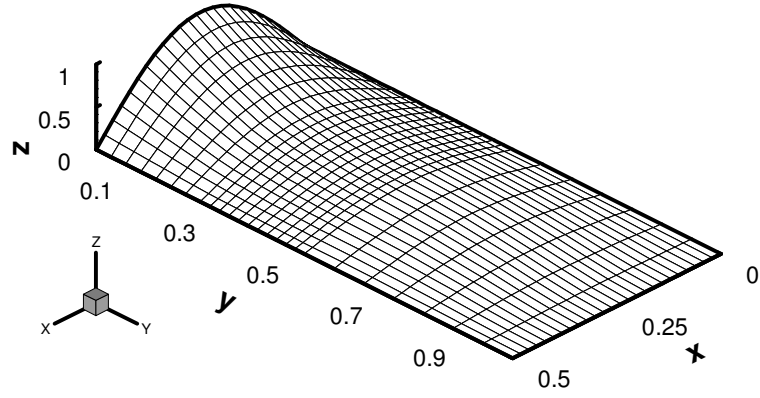
Şekil 6. 91. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

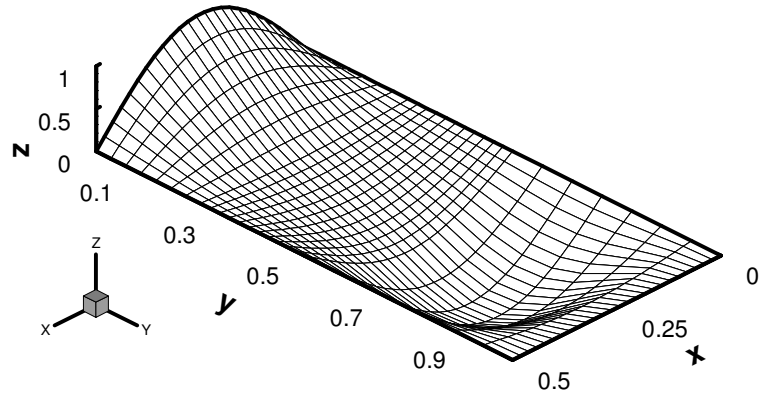
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($l_I = l_{II} = 0.25\text{m}$, $l_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

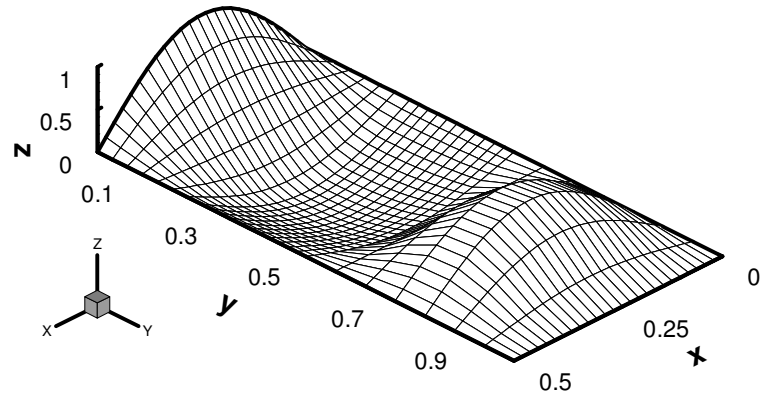
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SC)



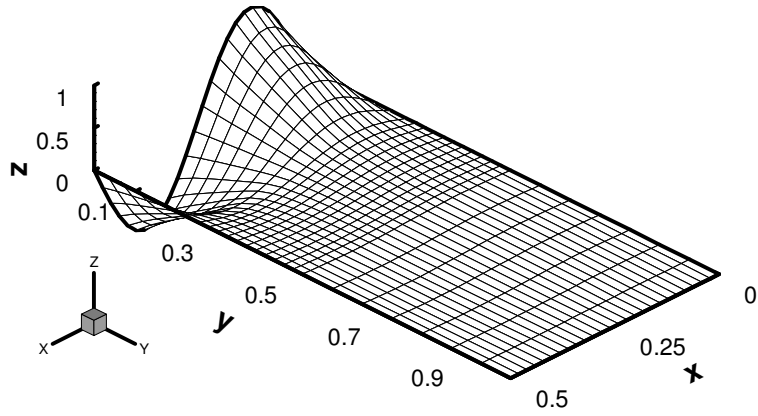
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 3,578$



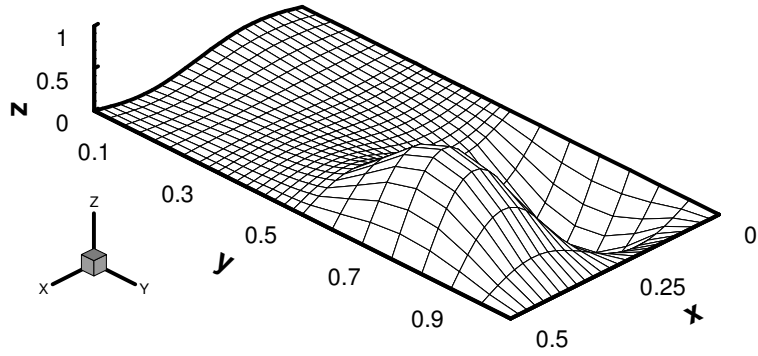
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 7,263$



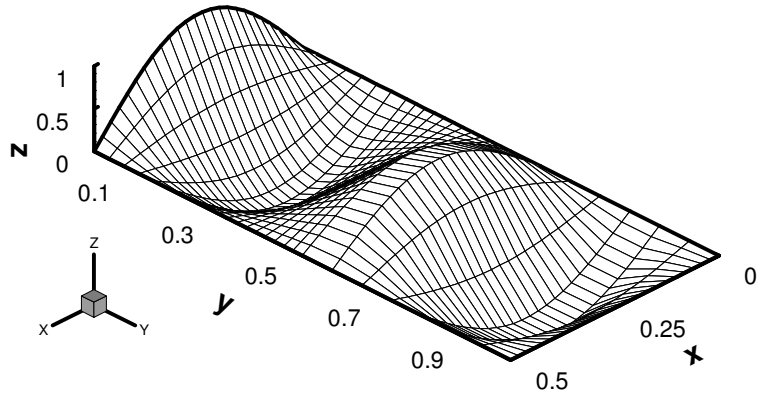
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 17,766$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 29,361$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 38,896$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 42,782$

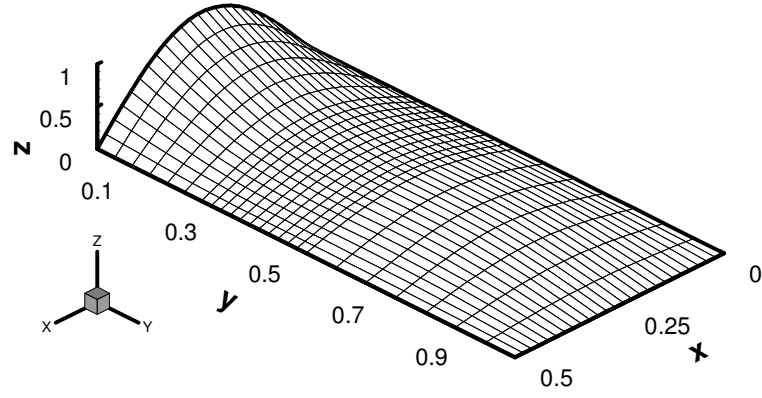
Şekil 6. 92. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

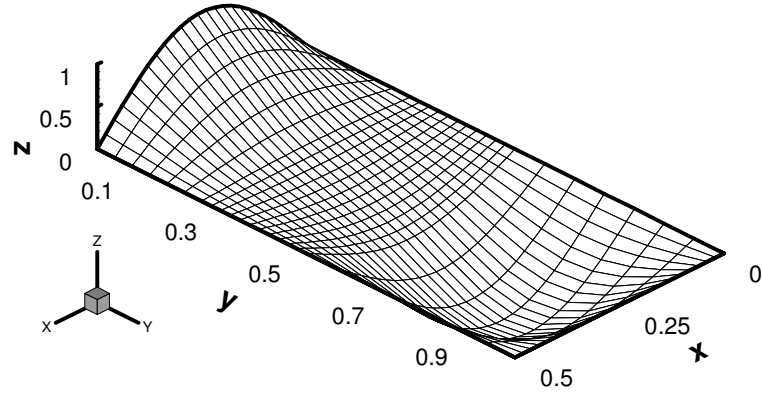
(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

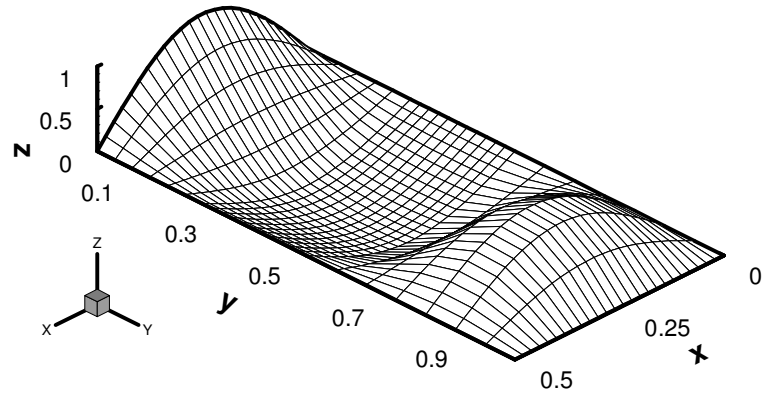
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FC)



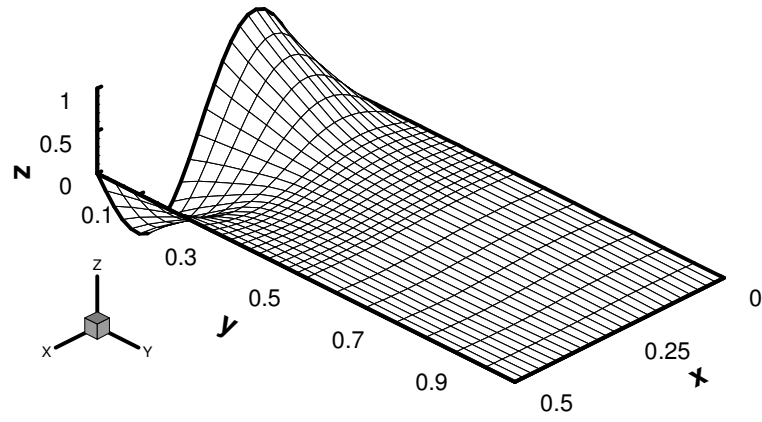
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 3,484$



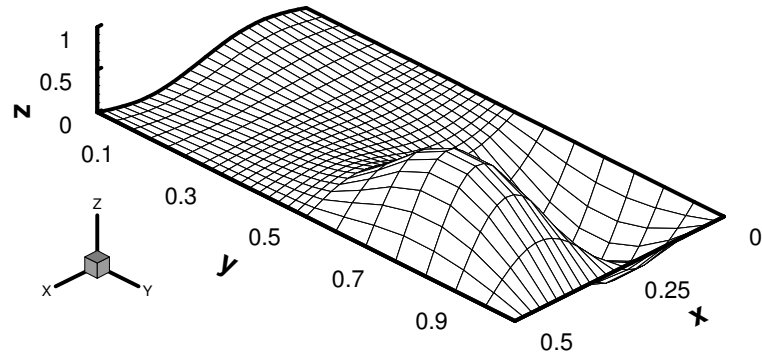
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 5,911$



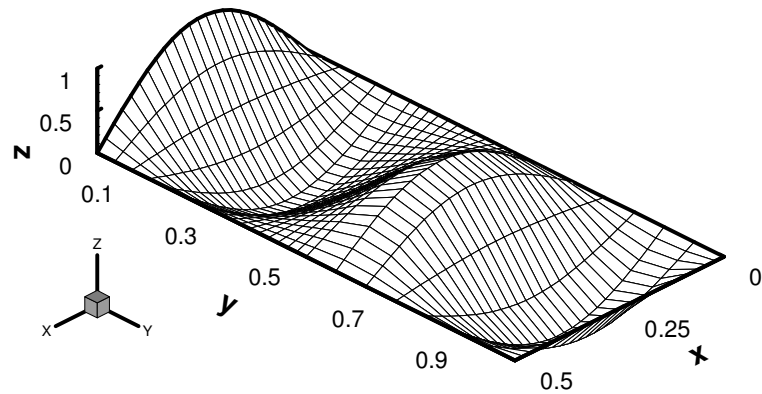
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 14,716$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 29,070$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 34,658$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 36,797$

Şekil 6. 93. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetl. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

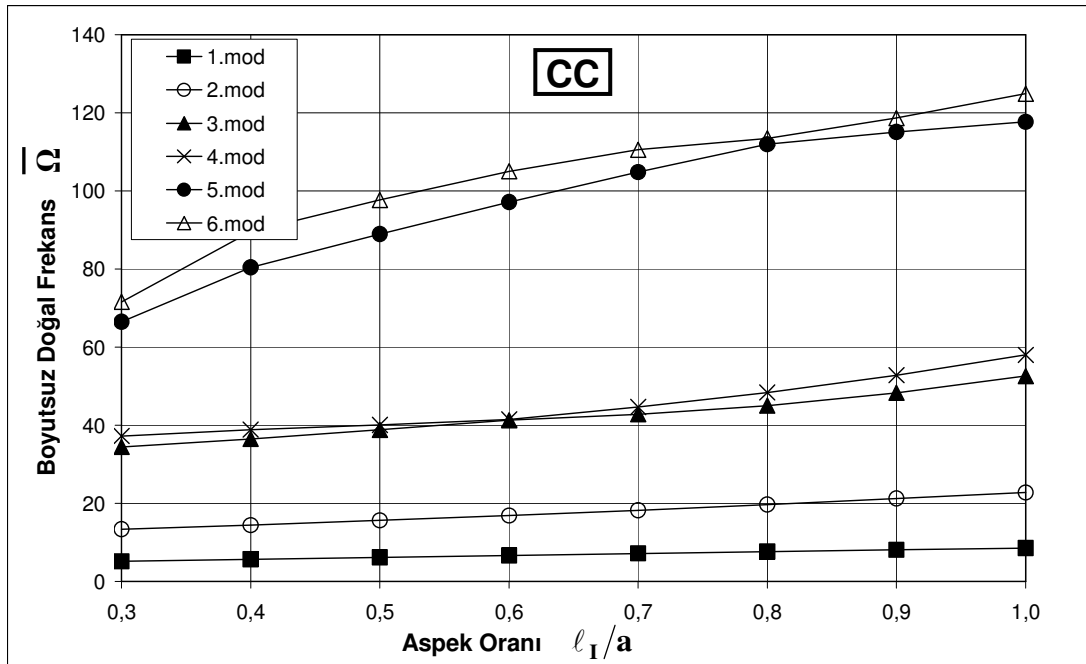
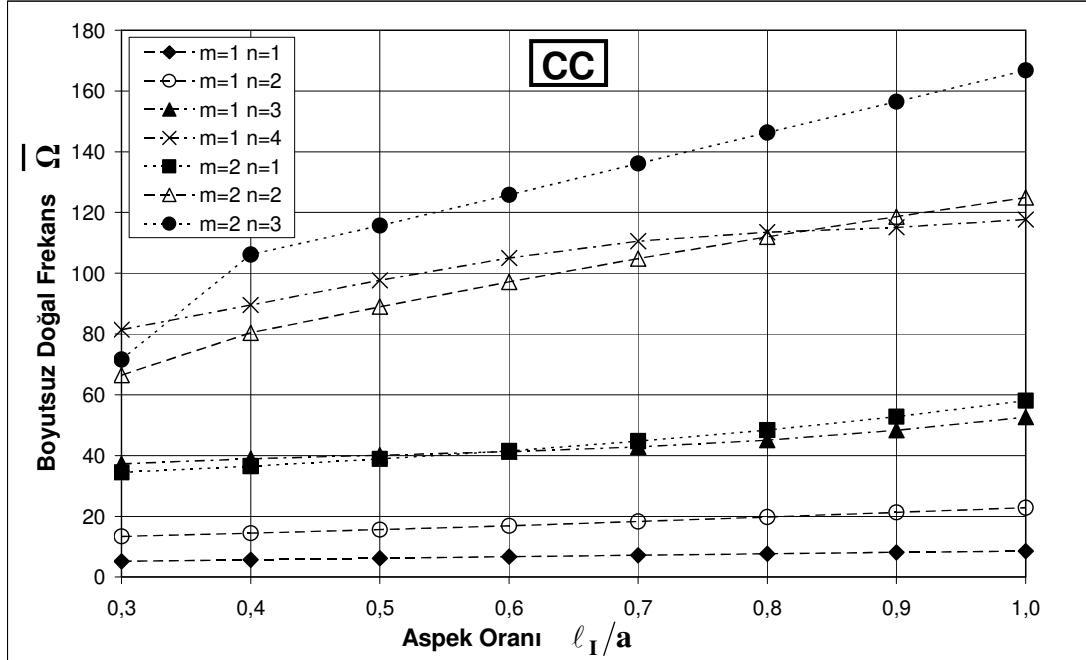
“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

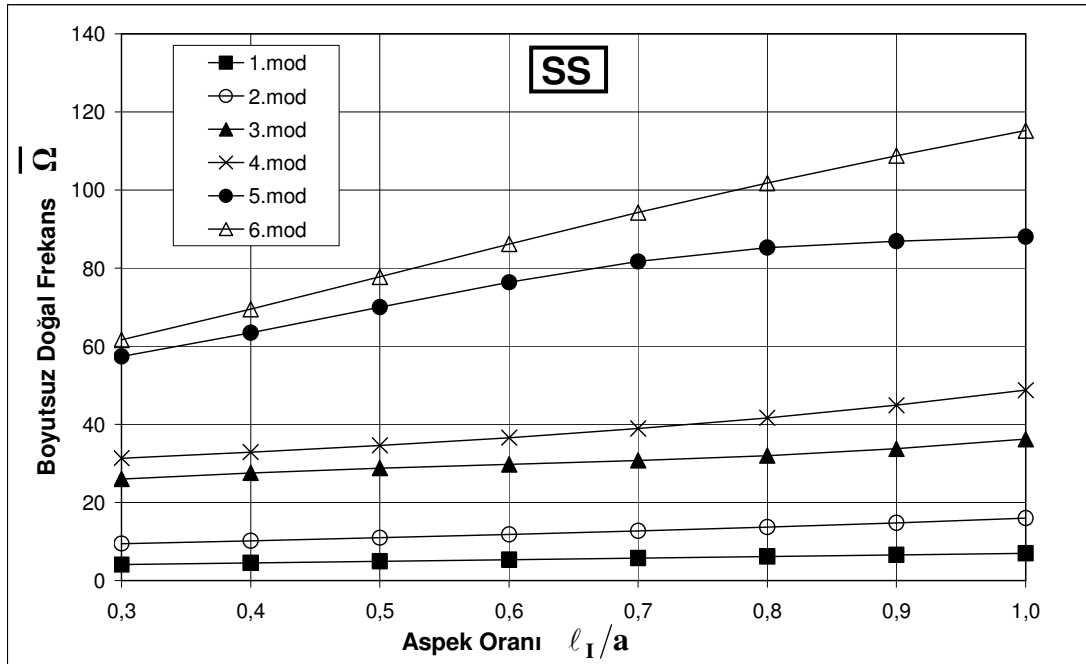
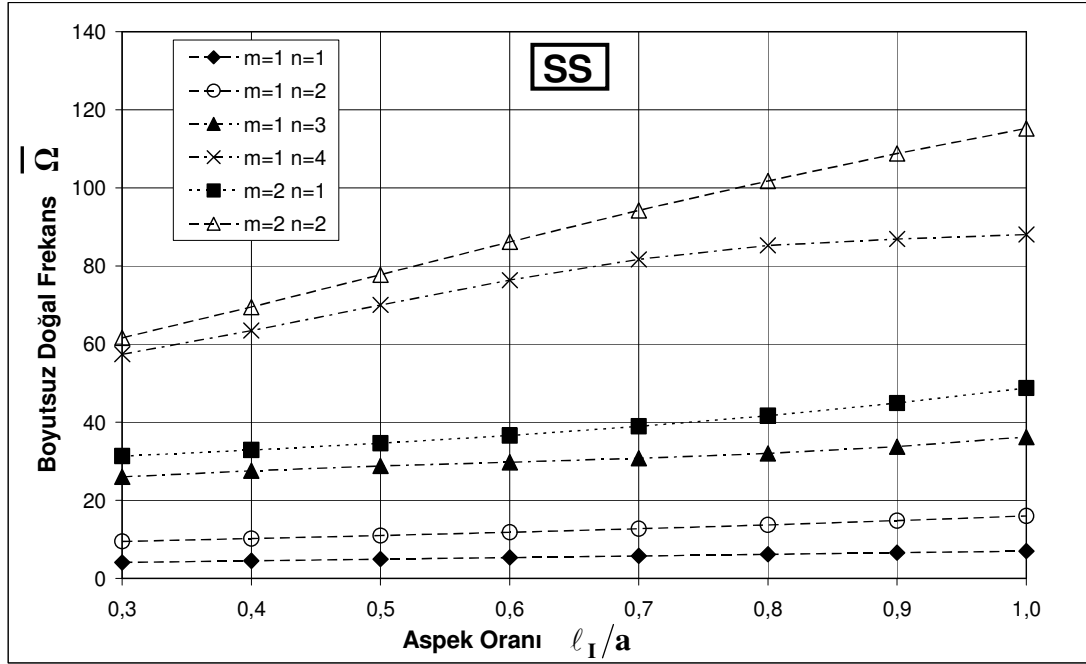
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FS)

6.4.2. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” için Parametrik Çalışma



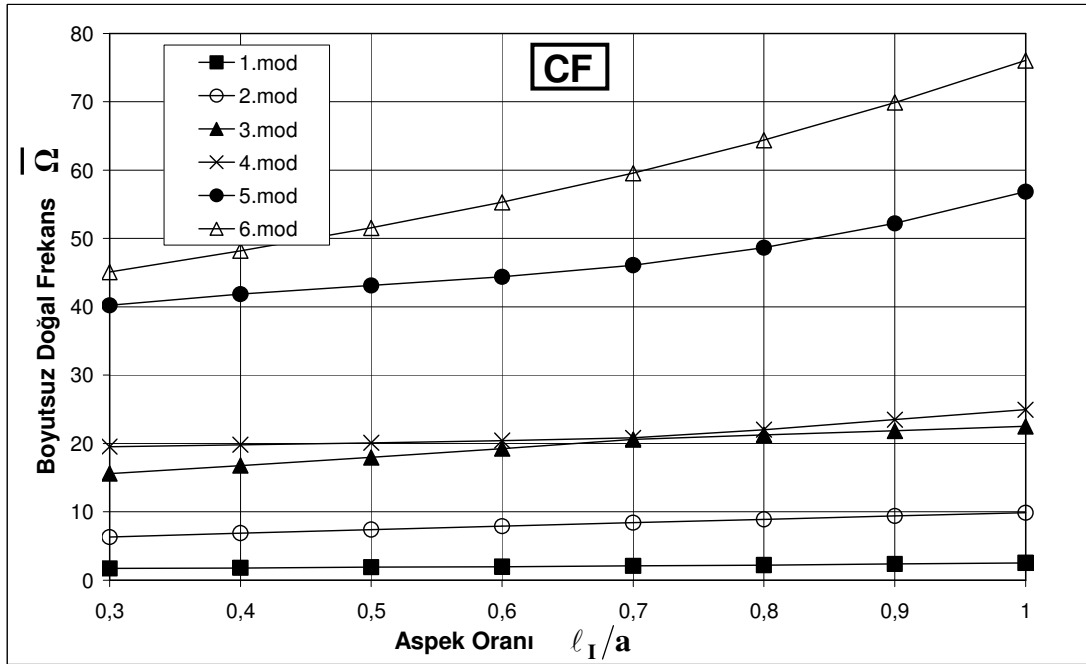
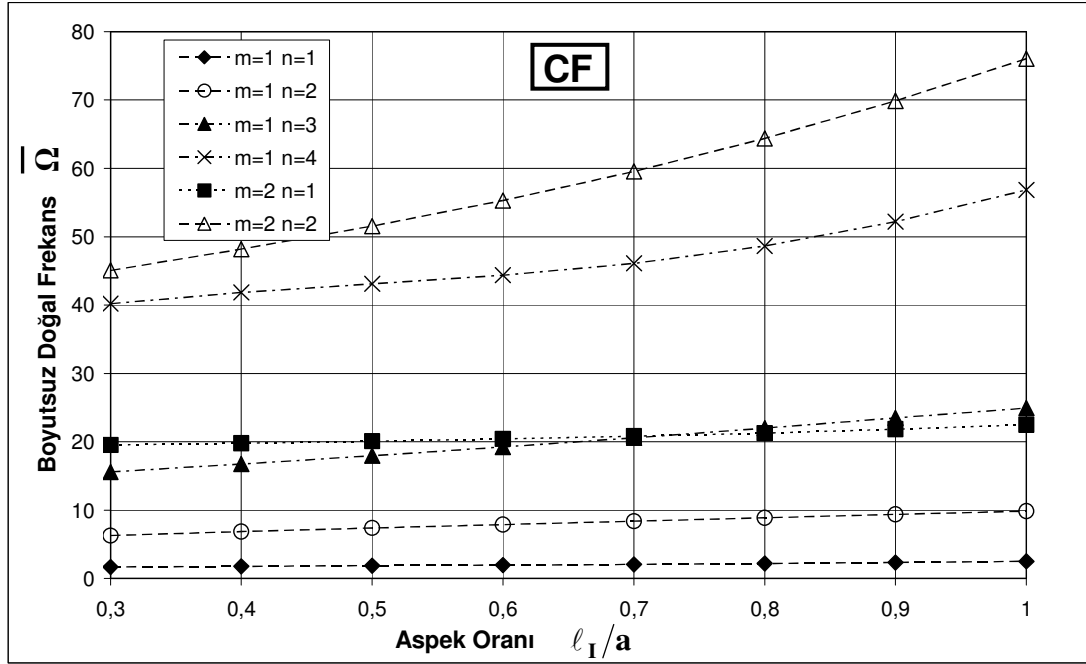
Şekil 6.94. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y -doğrultusunda CC)



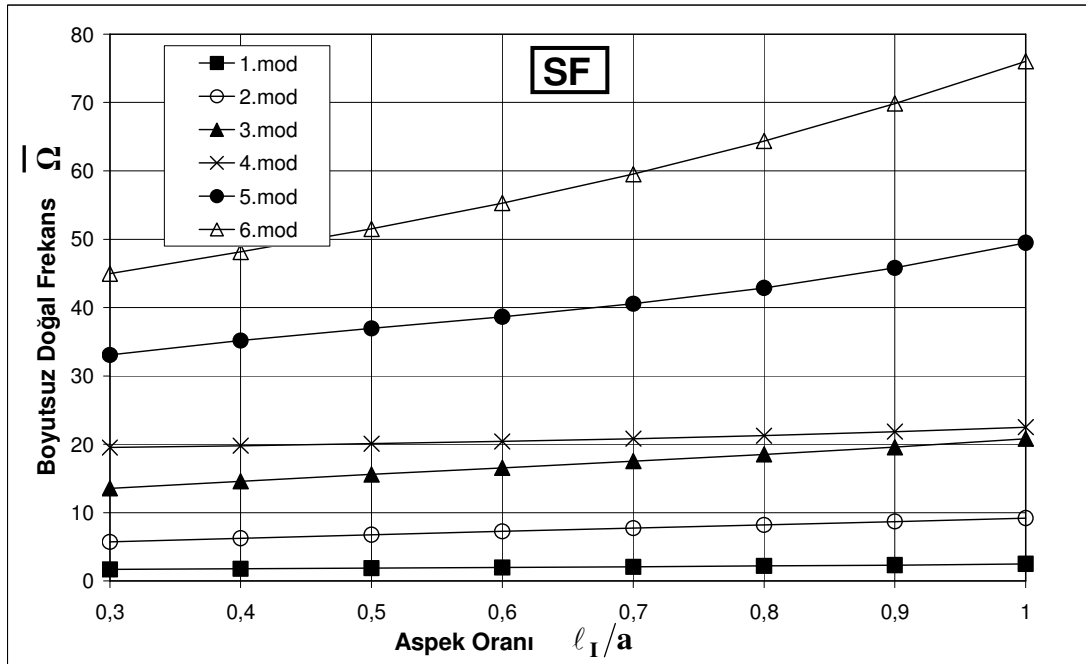
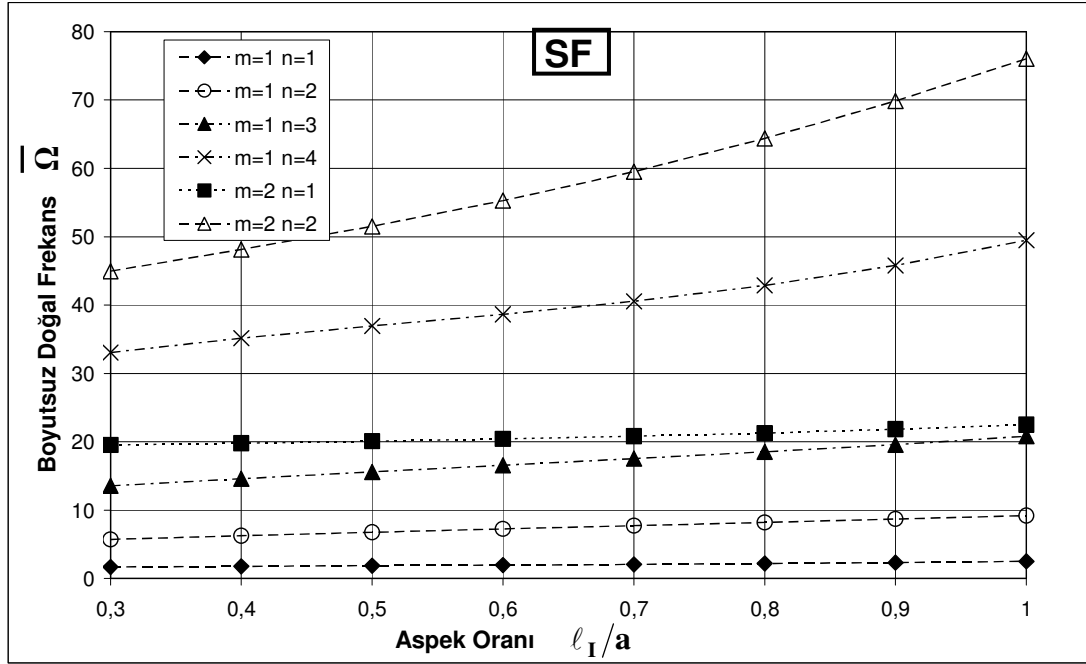
Şekil 6.95. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}= \ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



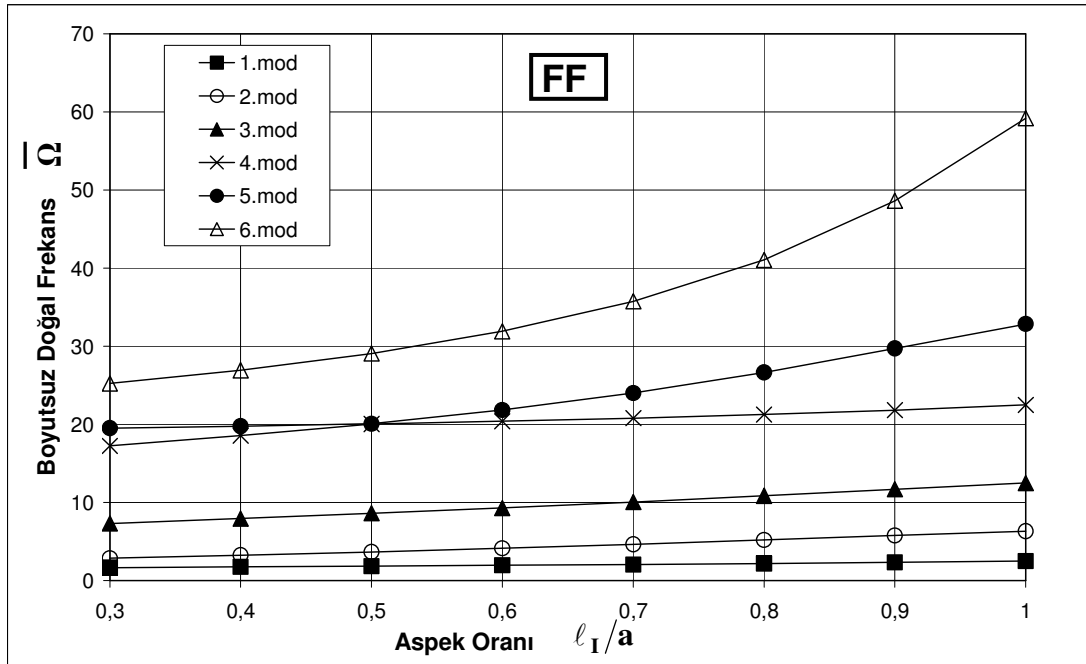
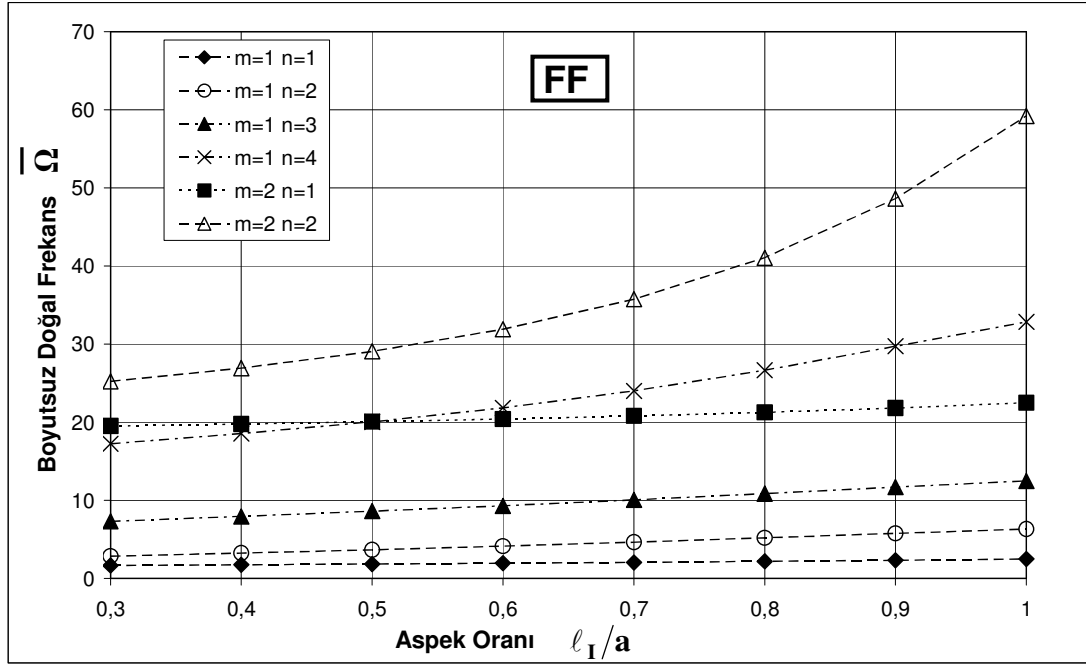
Şekil 6. 96. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}= \ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



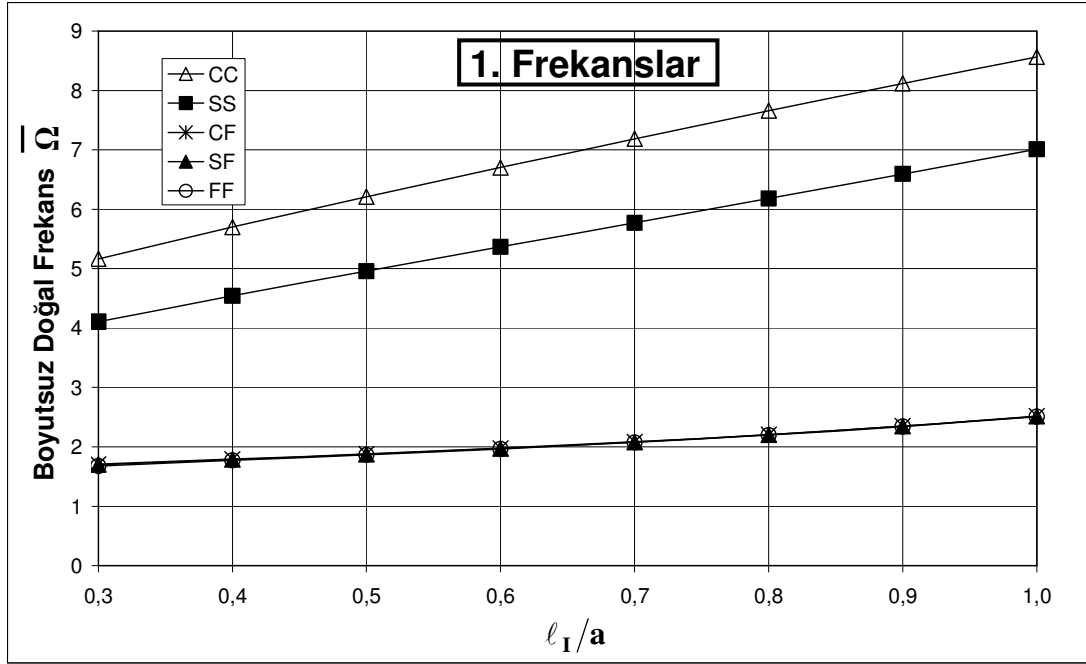
Şekil 6.97. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller ((Kuvvetl. Yanda))” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

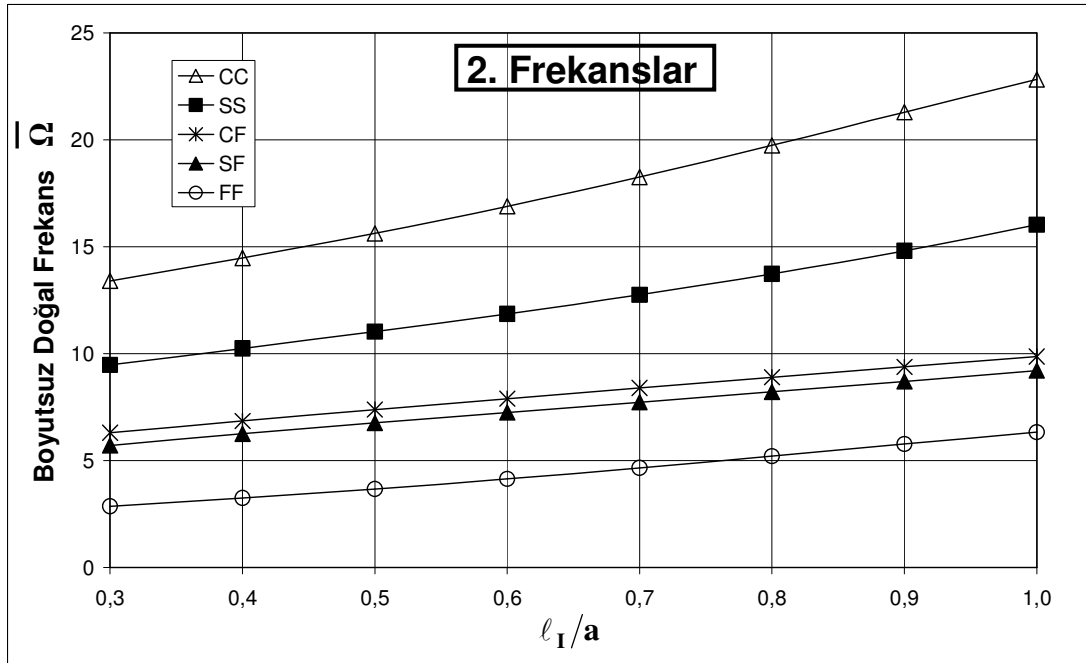


Şekil 6.98. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I =, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

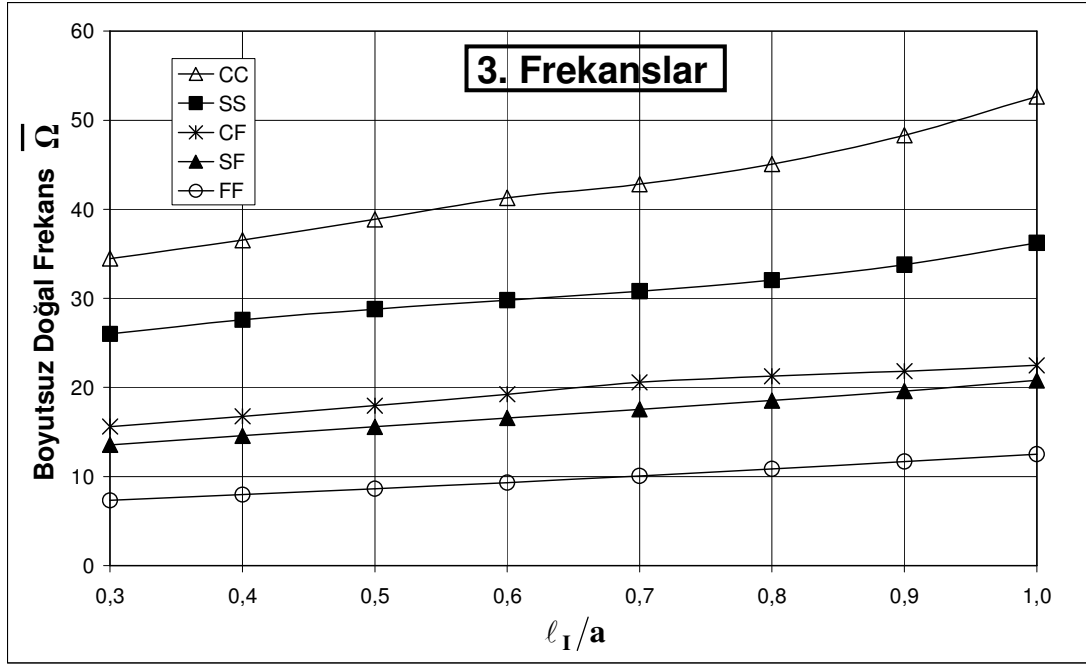


Şekil 6.99. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

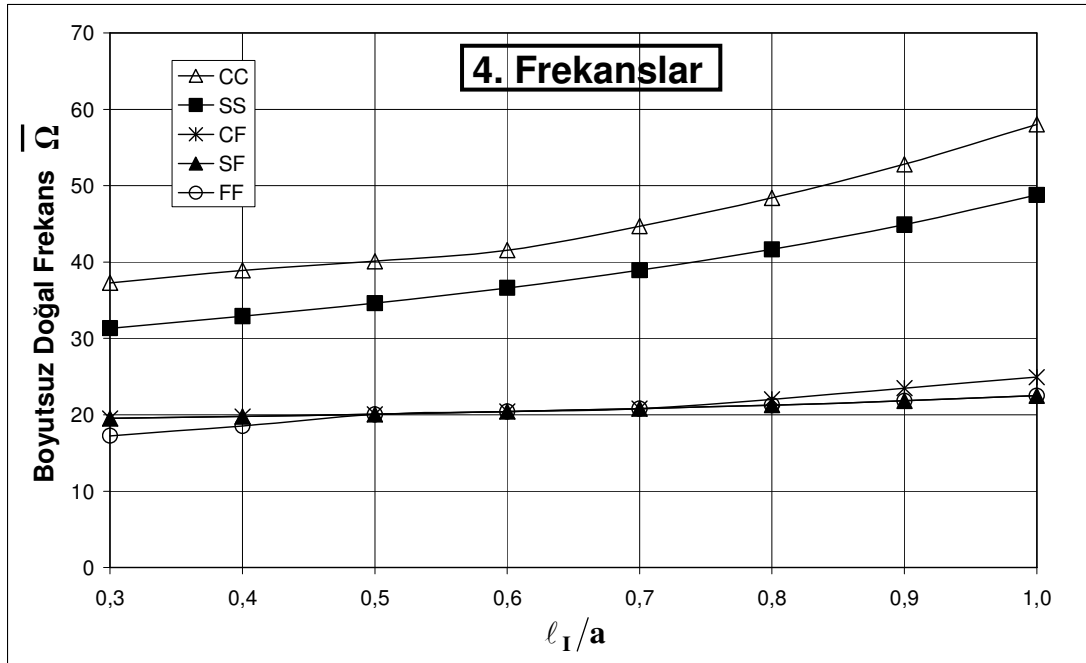


Şekil 6.100. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=$ l_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

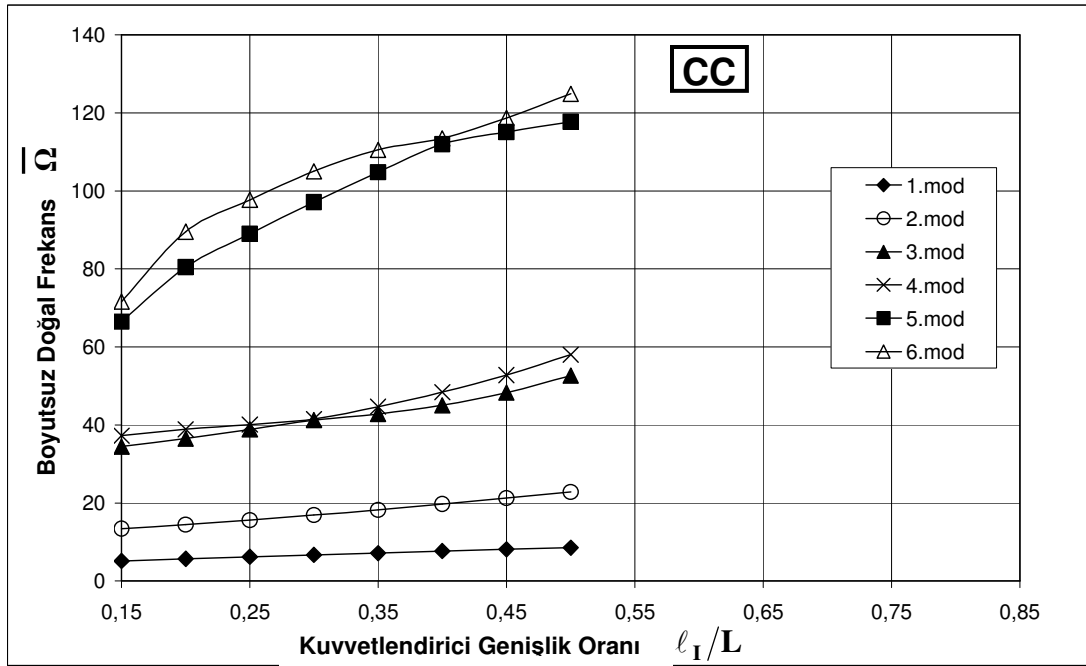
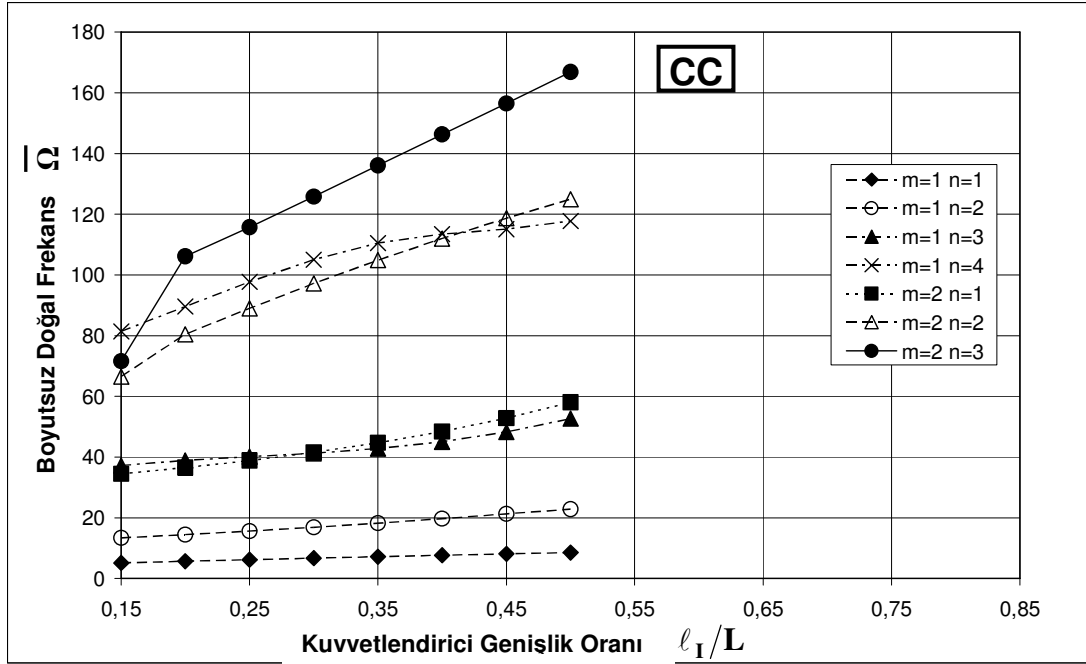


Şekil 6.101. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



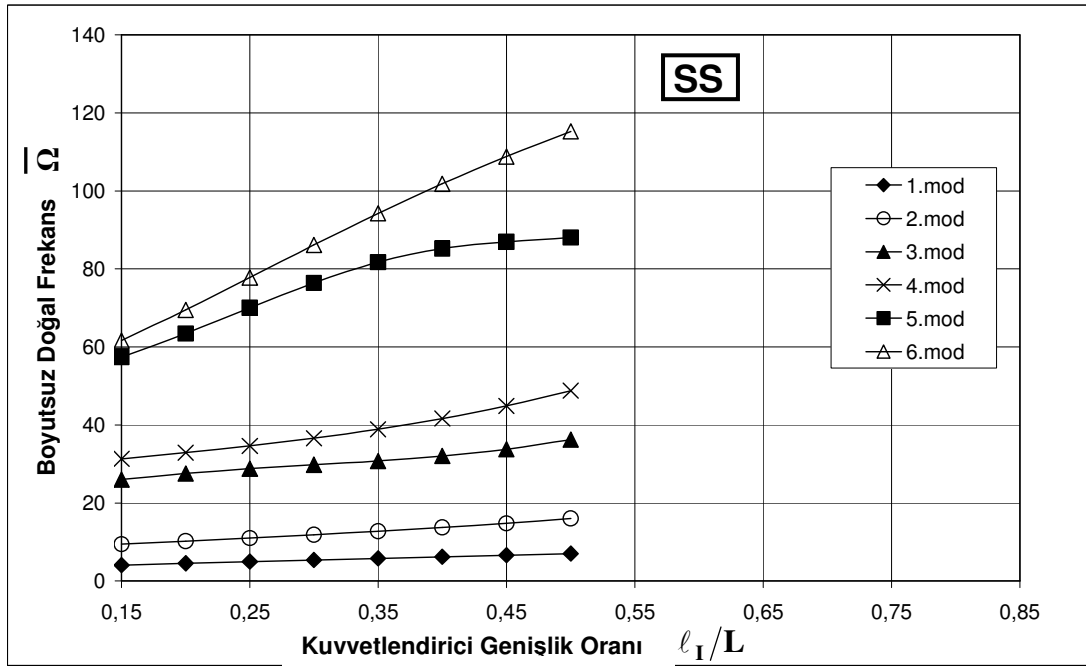
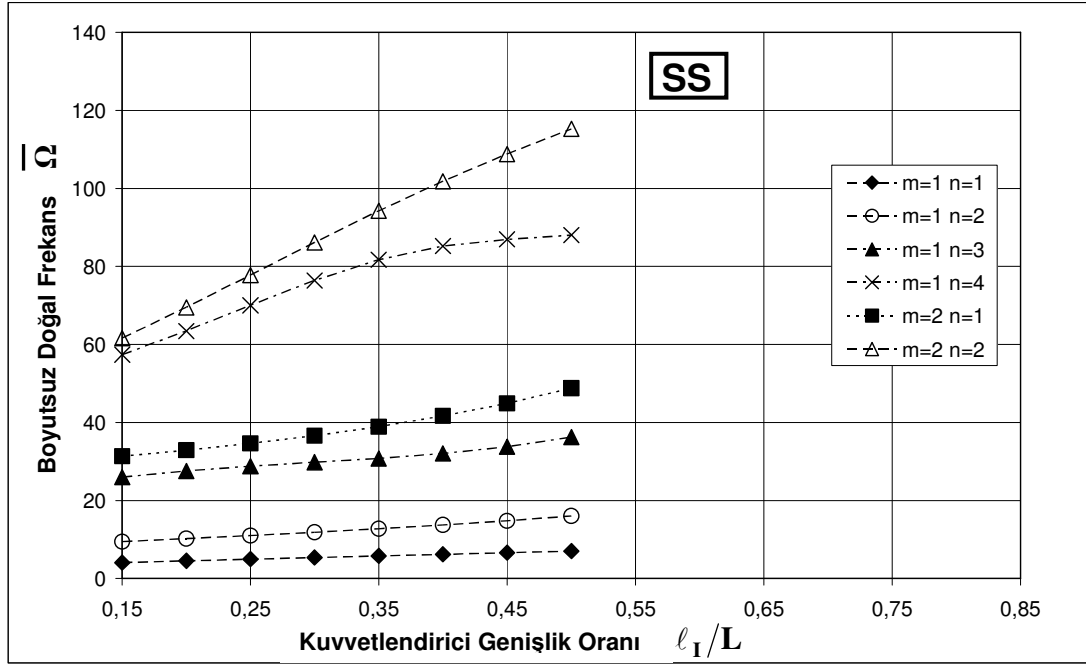
Şekil 6.102. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)



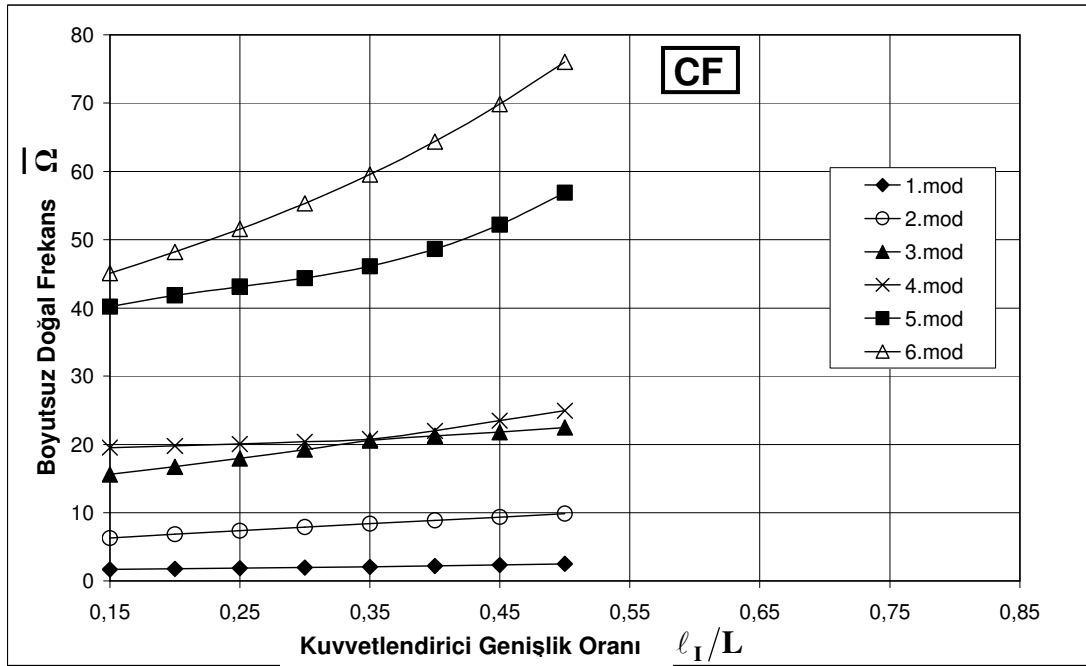
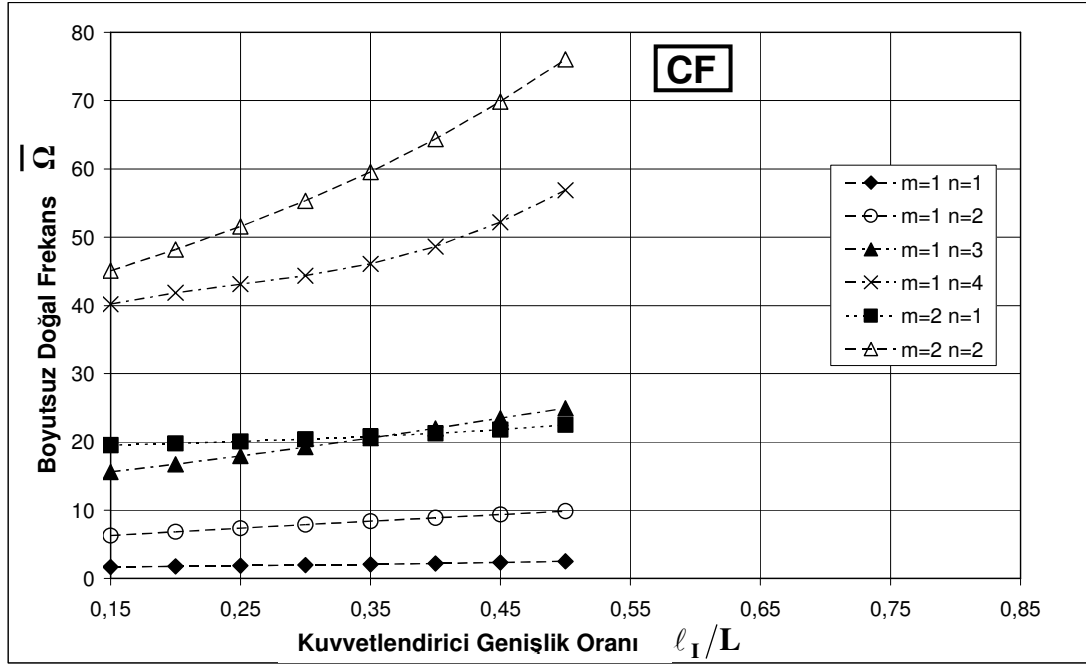
Şekil 6. 103. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I =, ℓ_{II} = ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



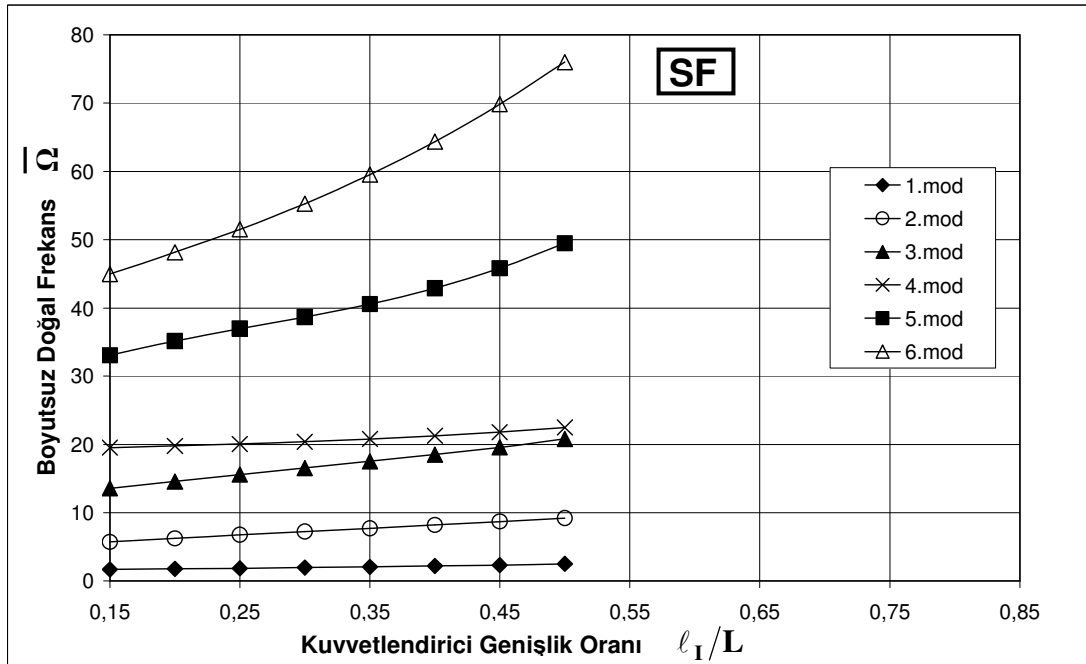
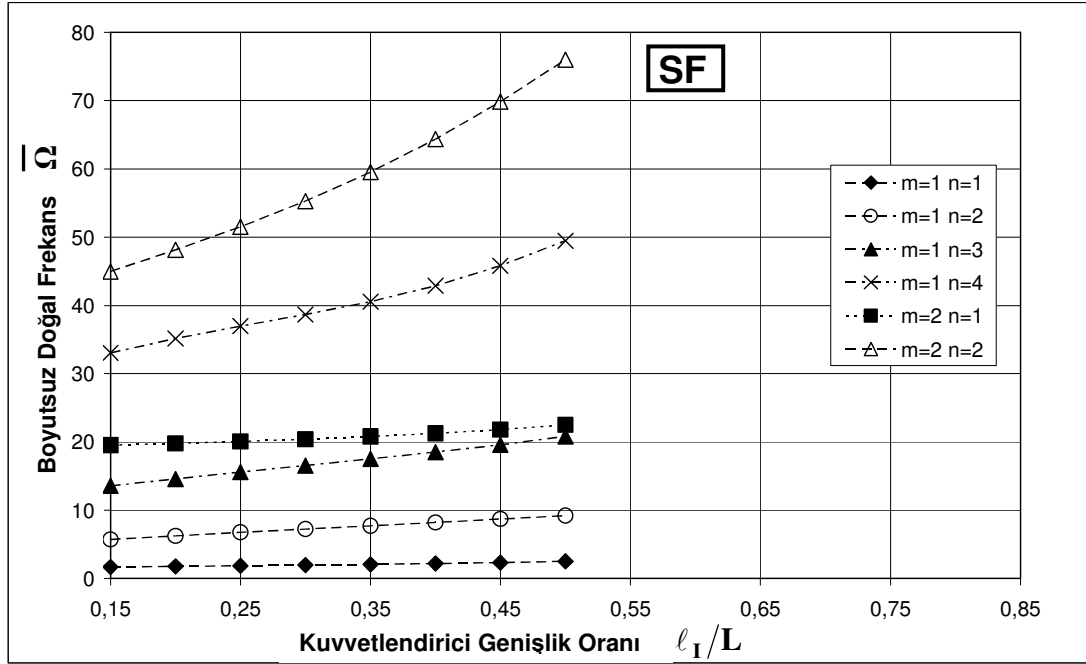
Şekil 6.104. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} = ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



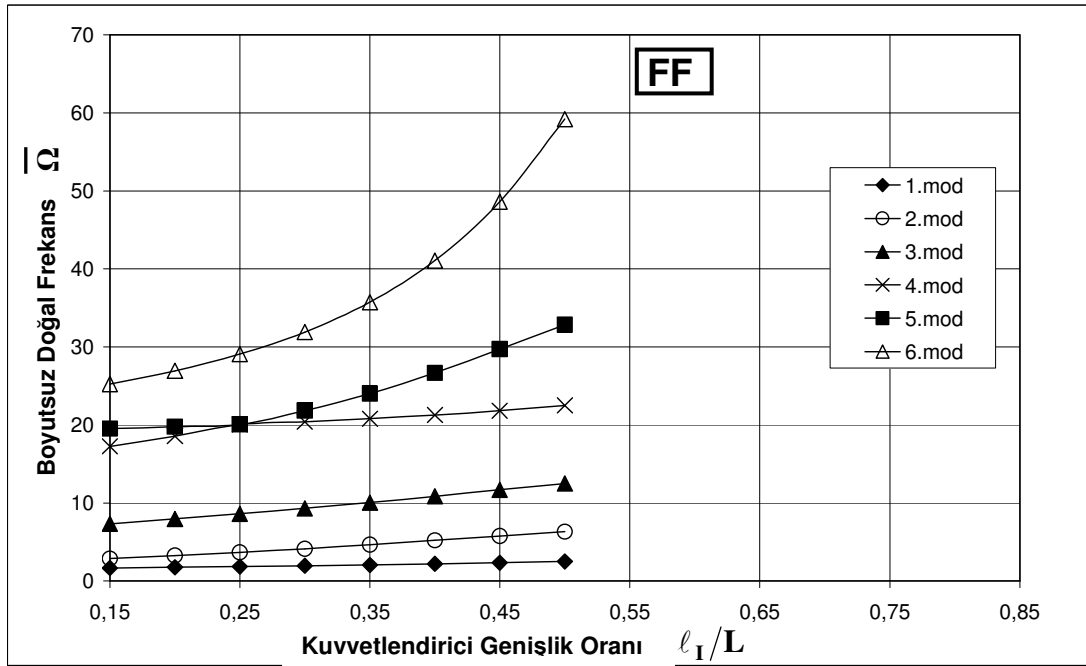
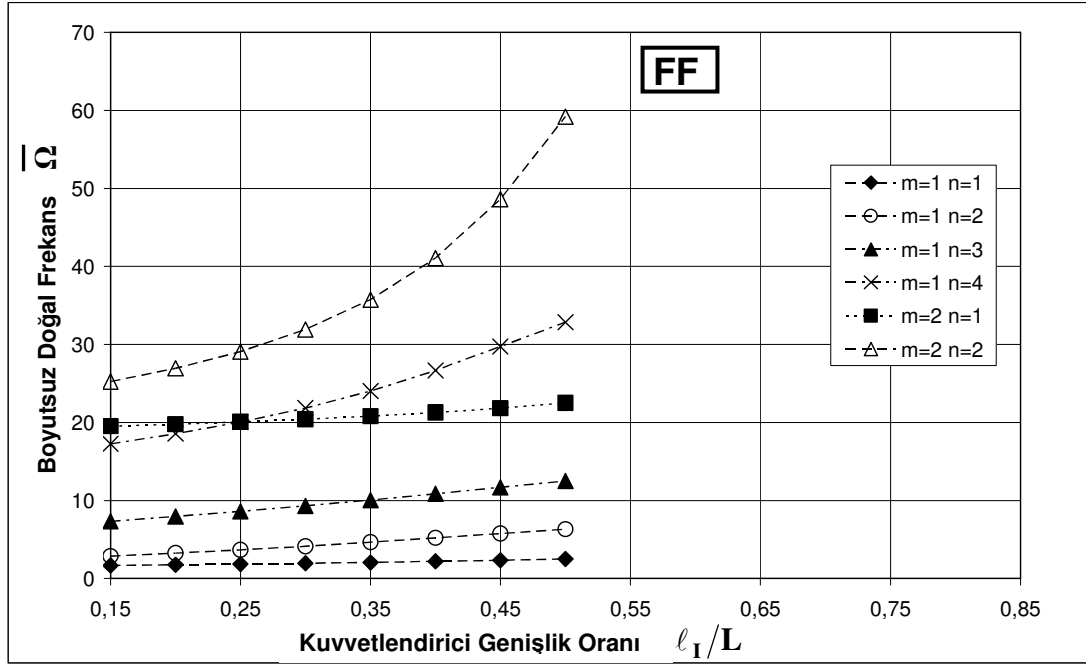
Şekil 6.105. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



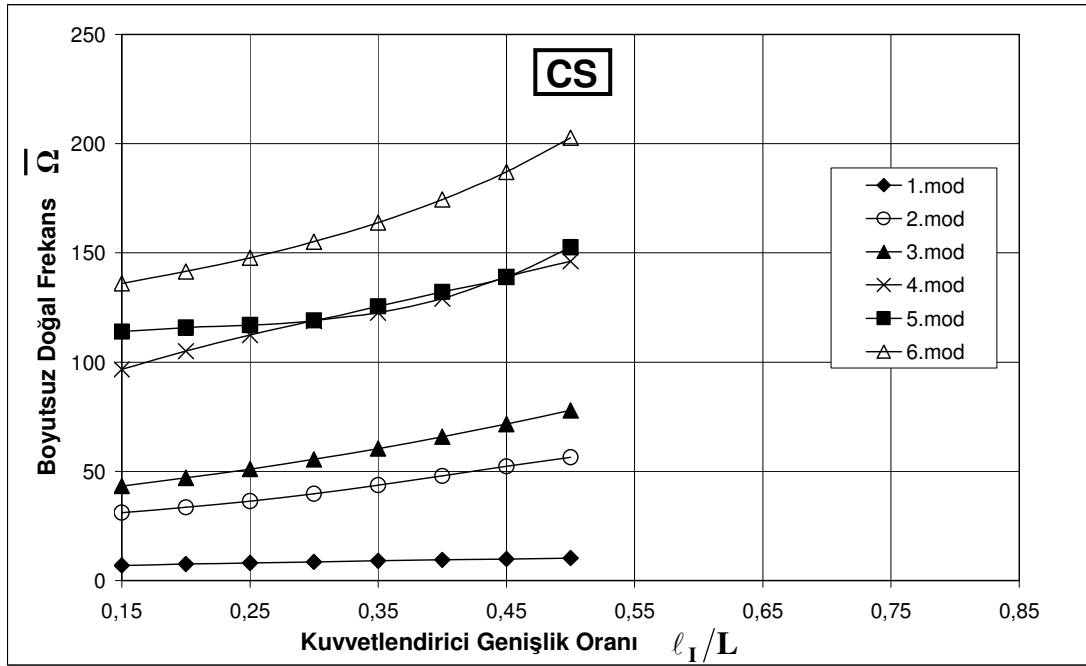
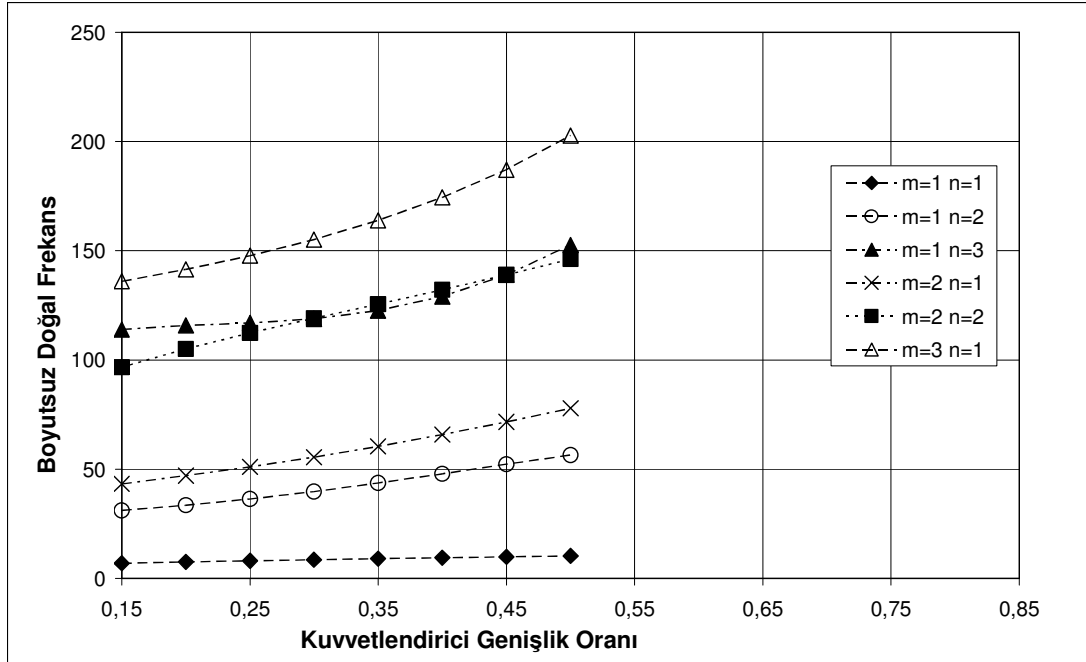
Şekil 6.106. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



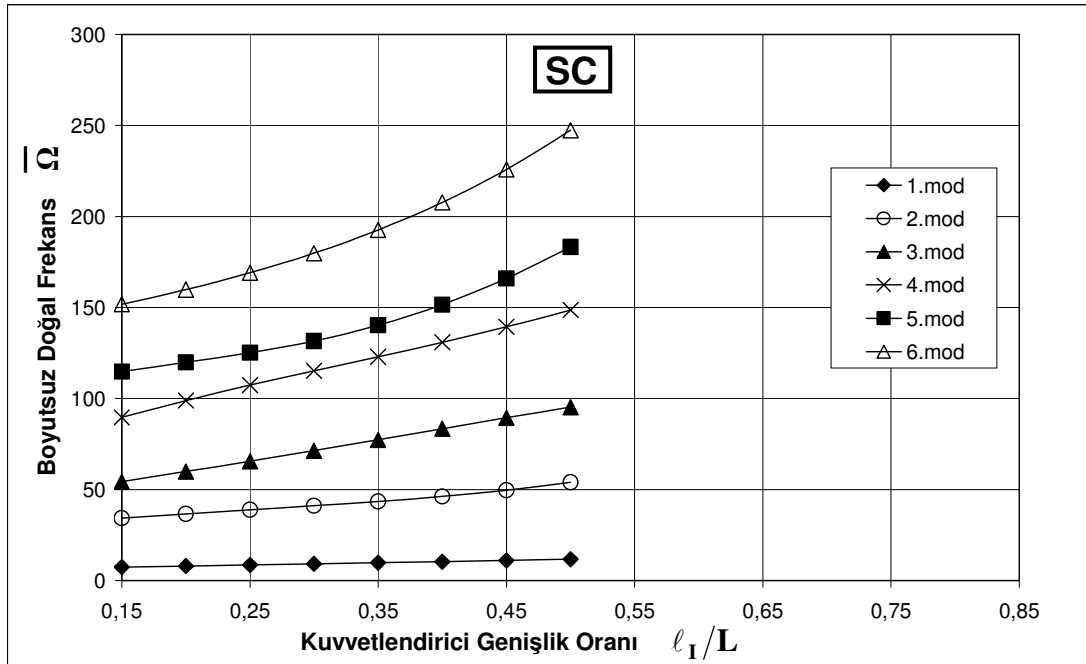
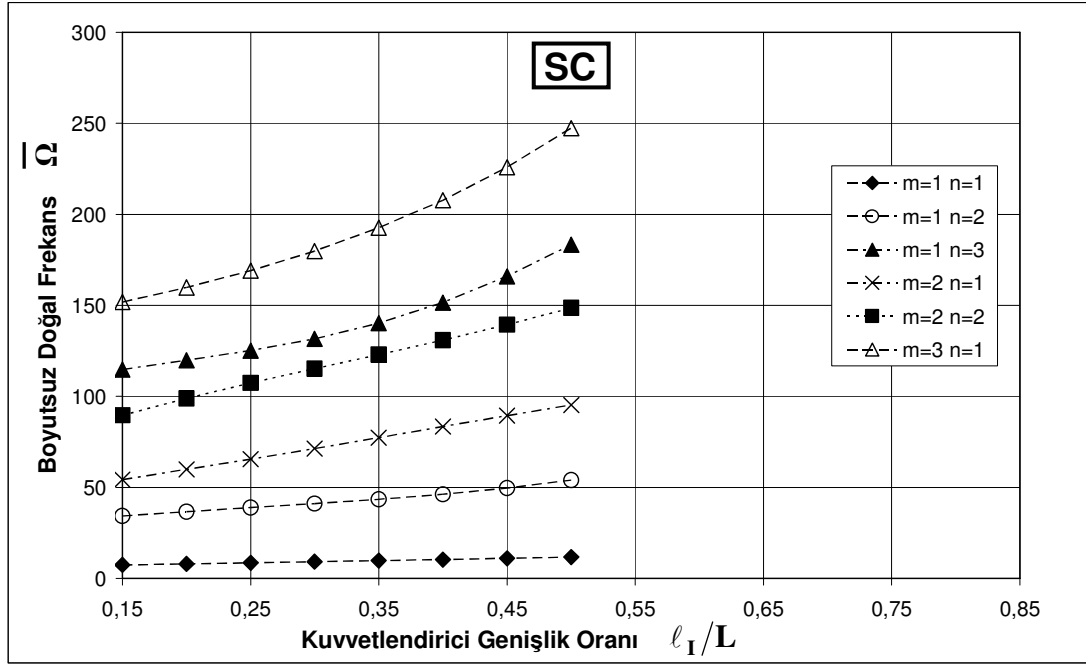
Şekil 6.107. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 (ℓ_I , ℓ_{II} , ℓ_{III} =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



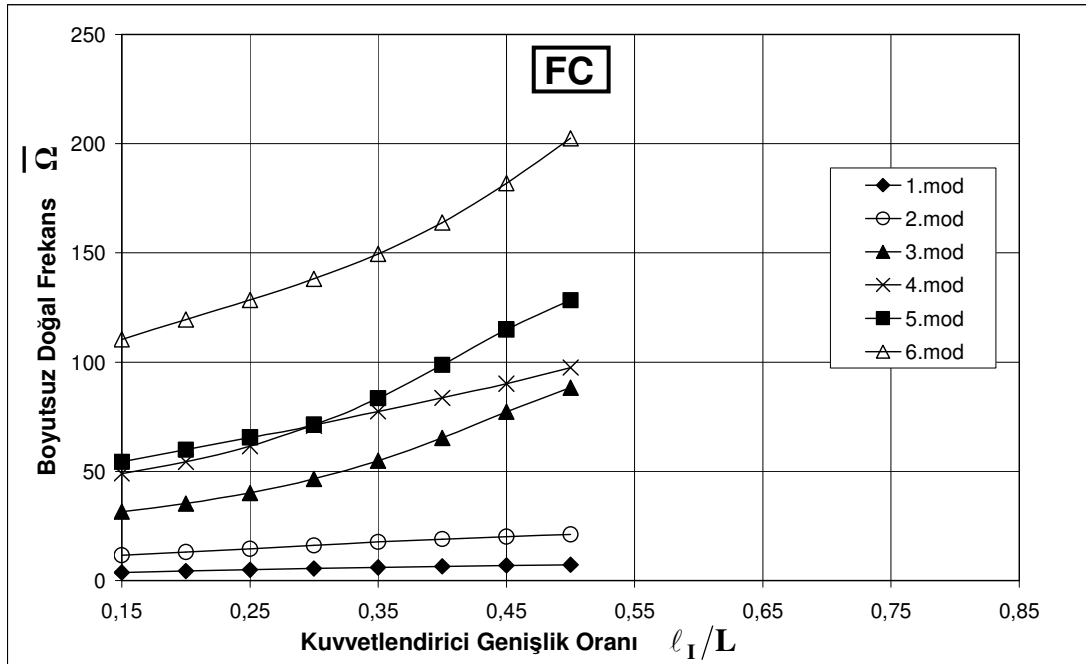
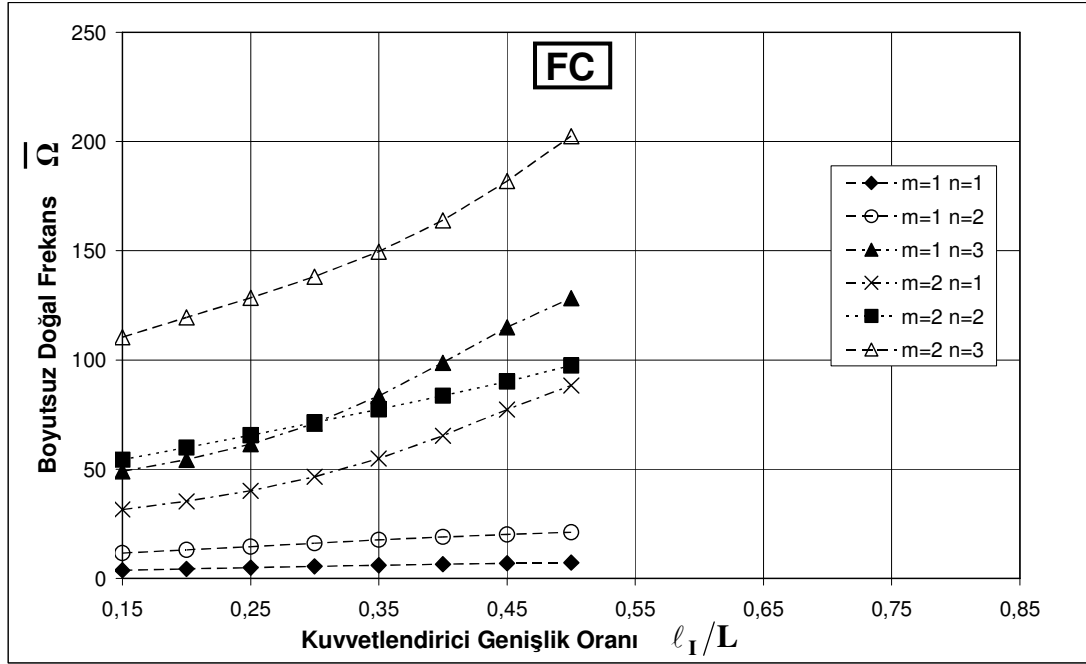
Şekil 6. 108. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



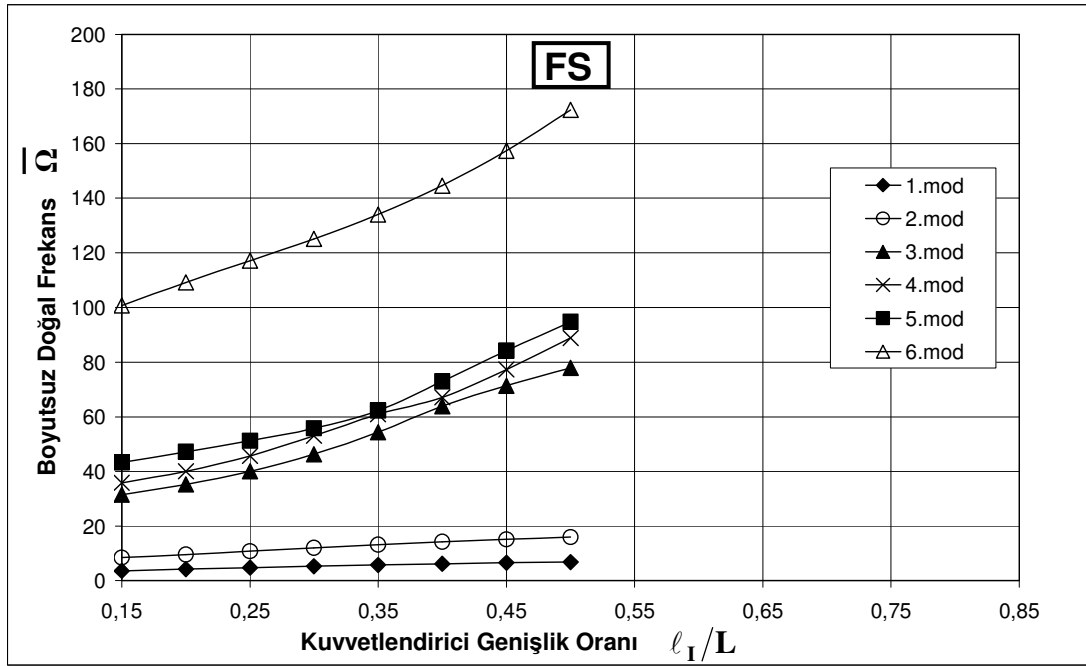
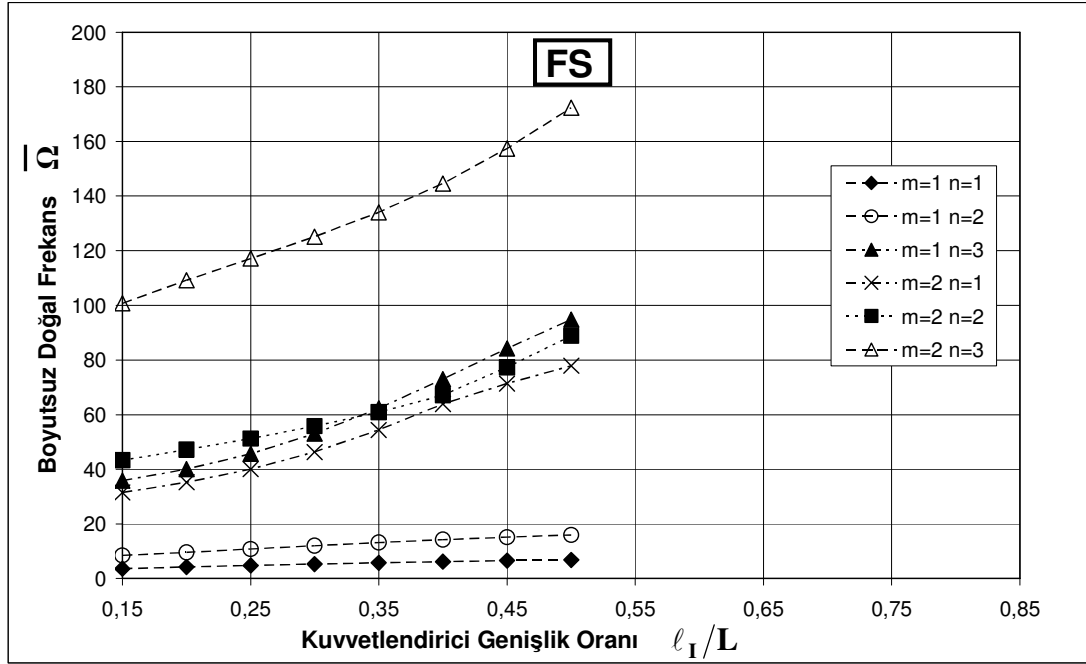
Şekil 6. 109. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)



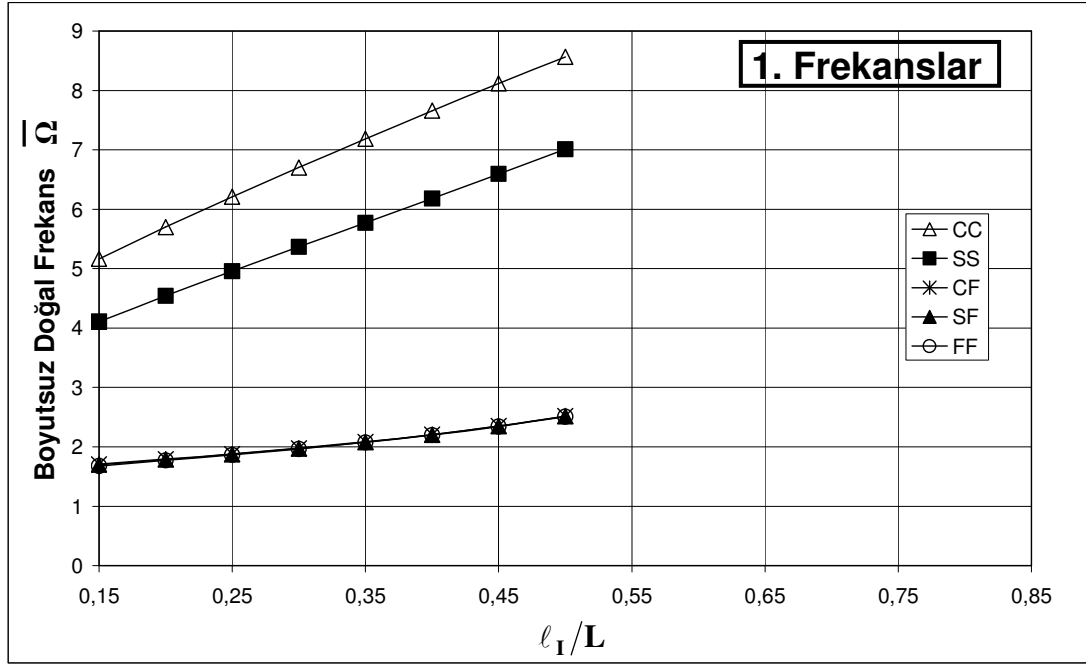
Şekil 6. 110. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)

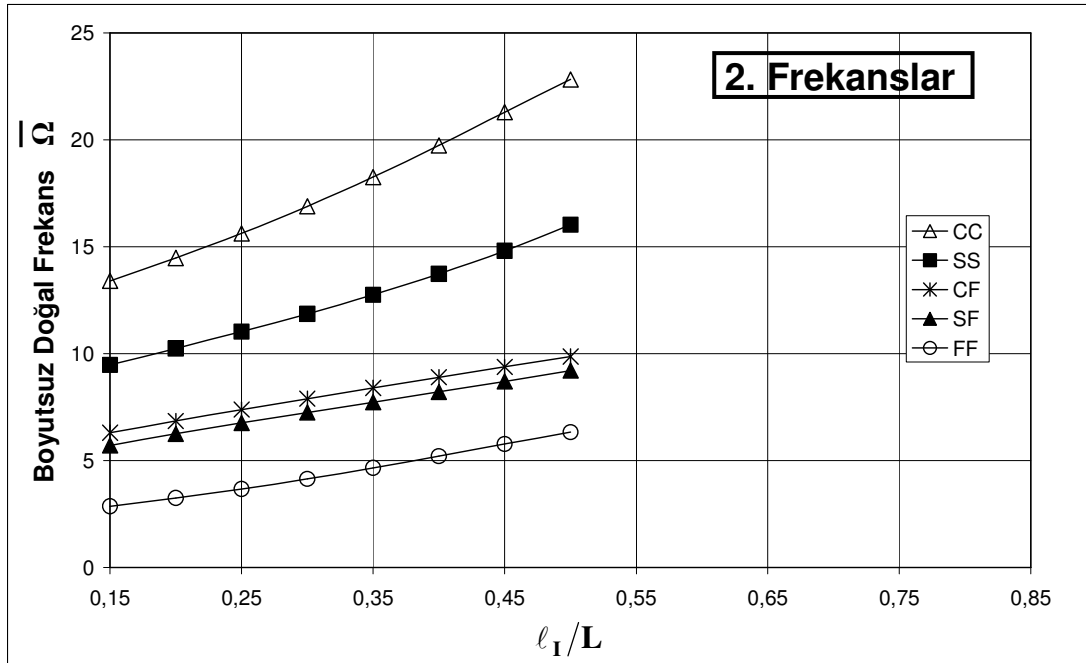


Şekil 6. 111. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=, \ell_{II}= \ell_{III}=$ değişken, $\tilde{b}'=0.375m, a=0.50m, h_1=0.04m, h_2=h_3=0.02m, L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

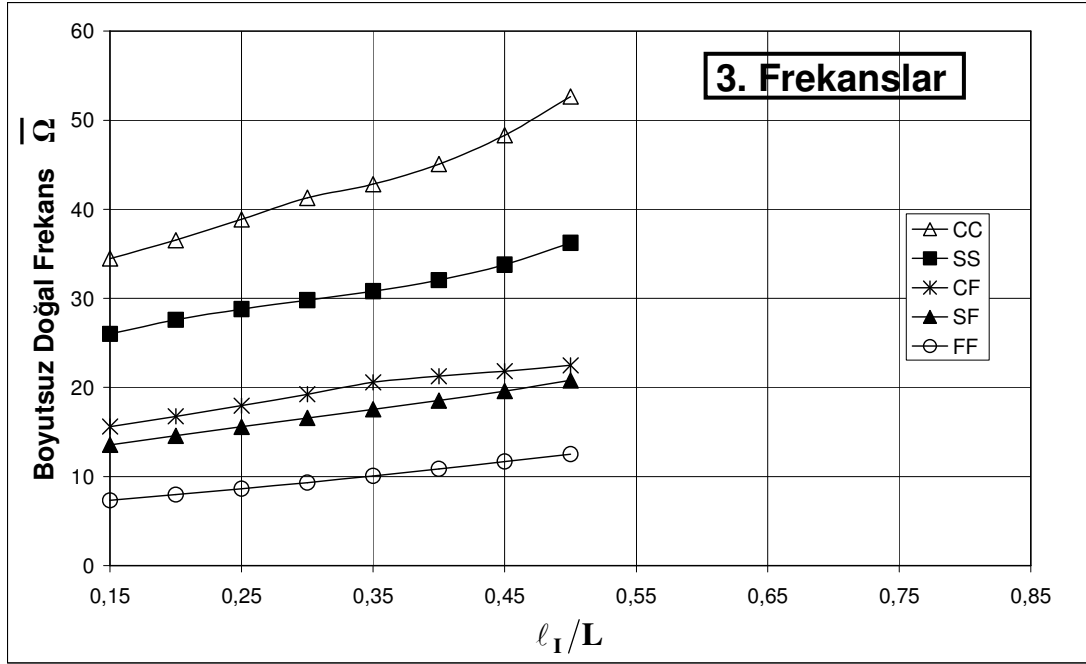


Şekil 6.112. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

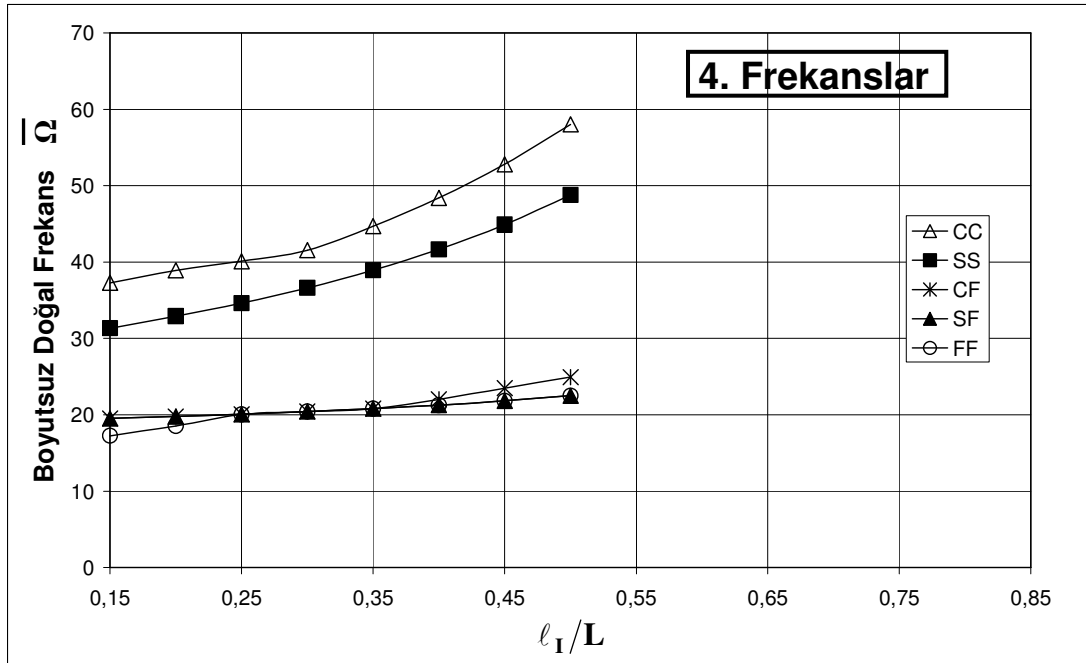


Şekil 6.113. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

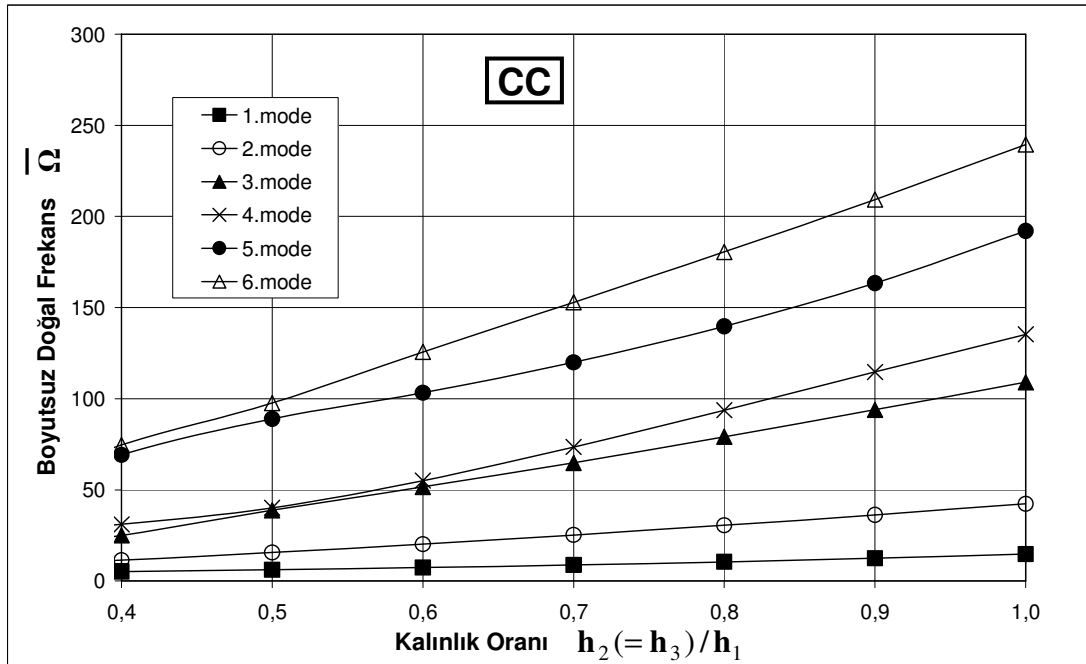
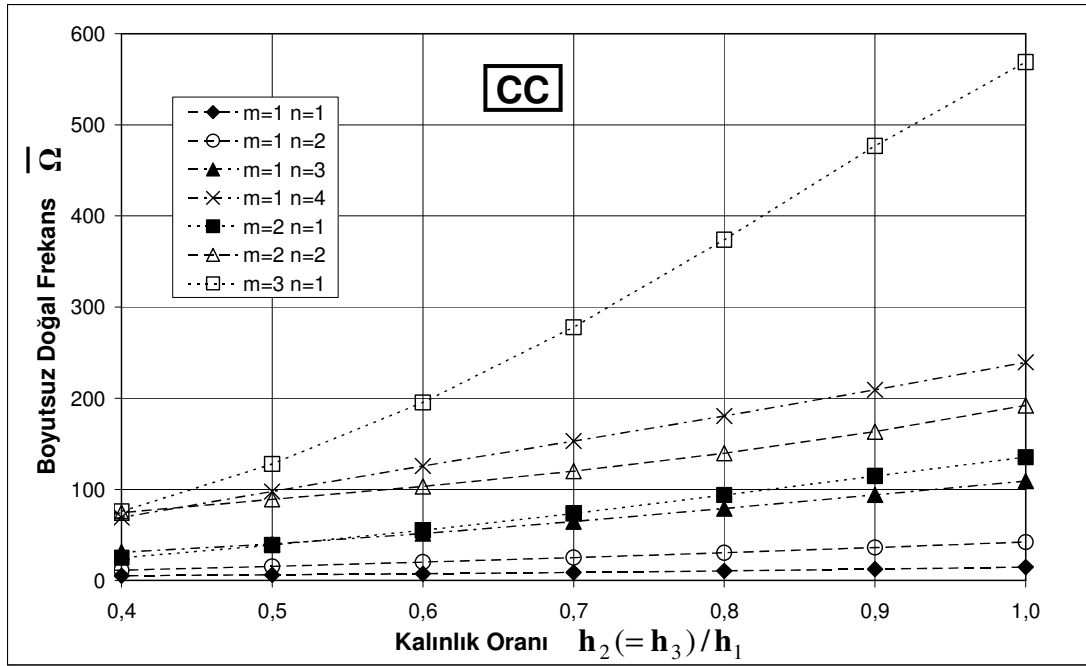


Şekil 6.114. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



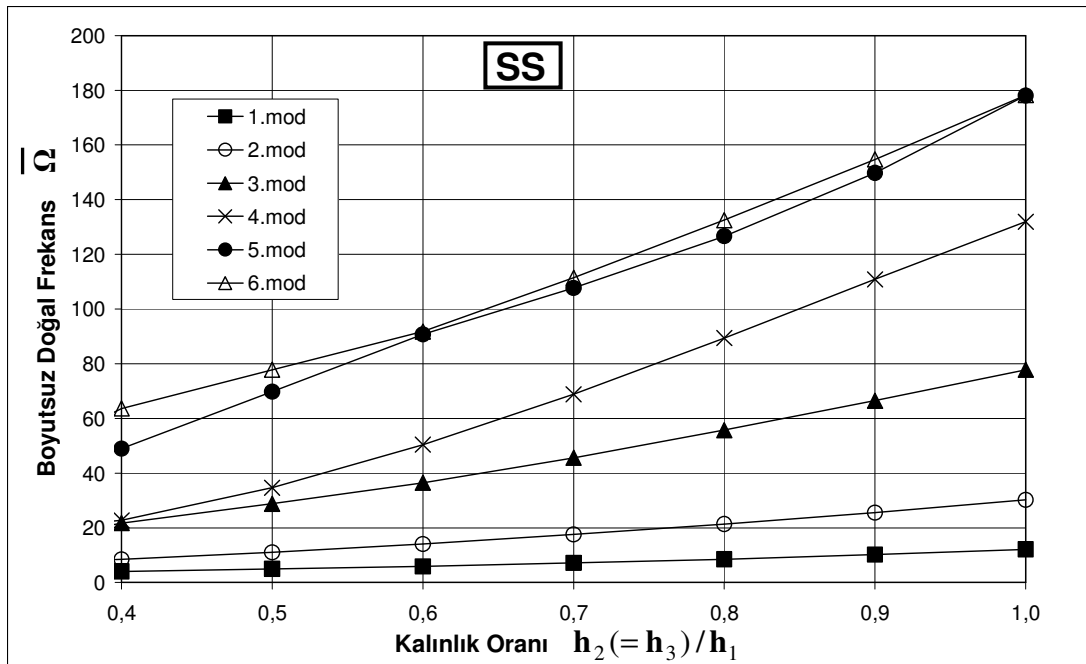
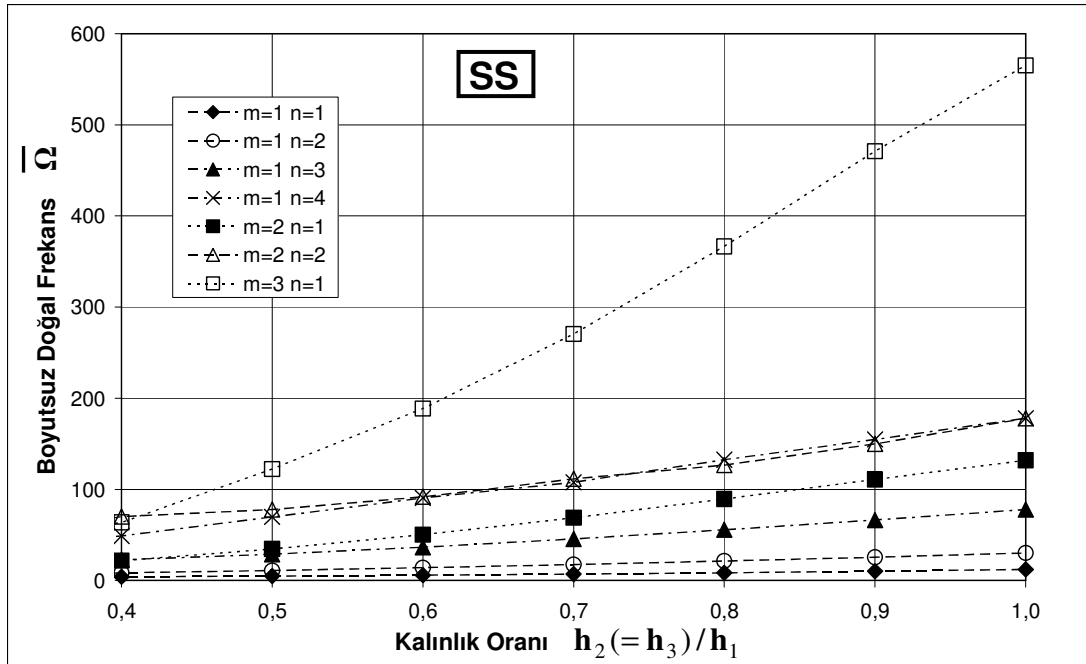
Şekil 6.115. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($l_I=$, $l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)



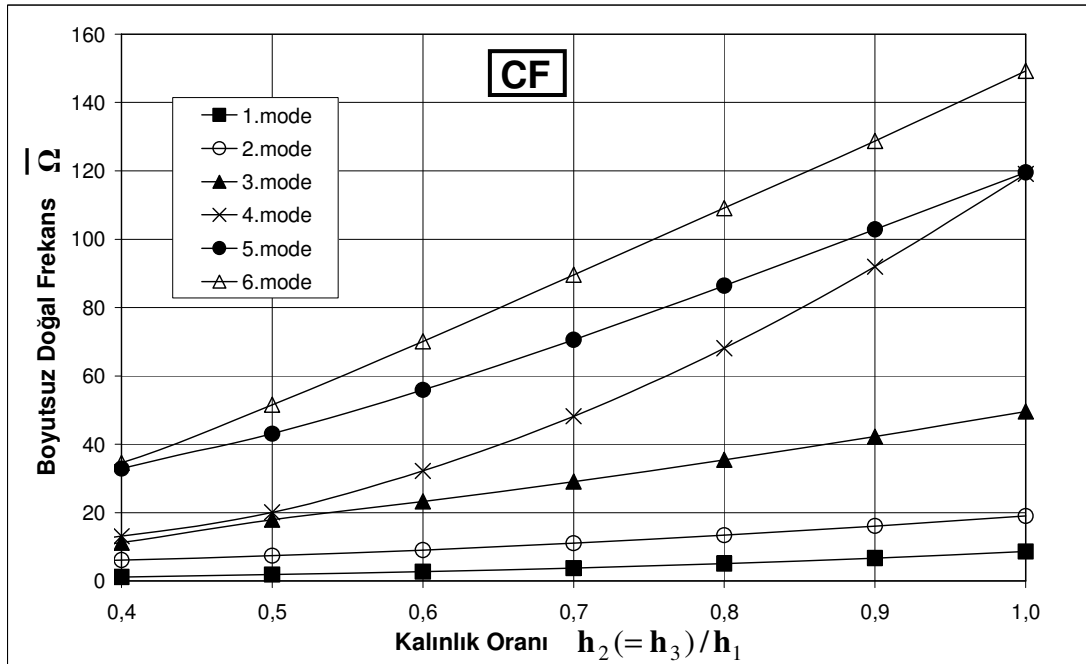
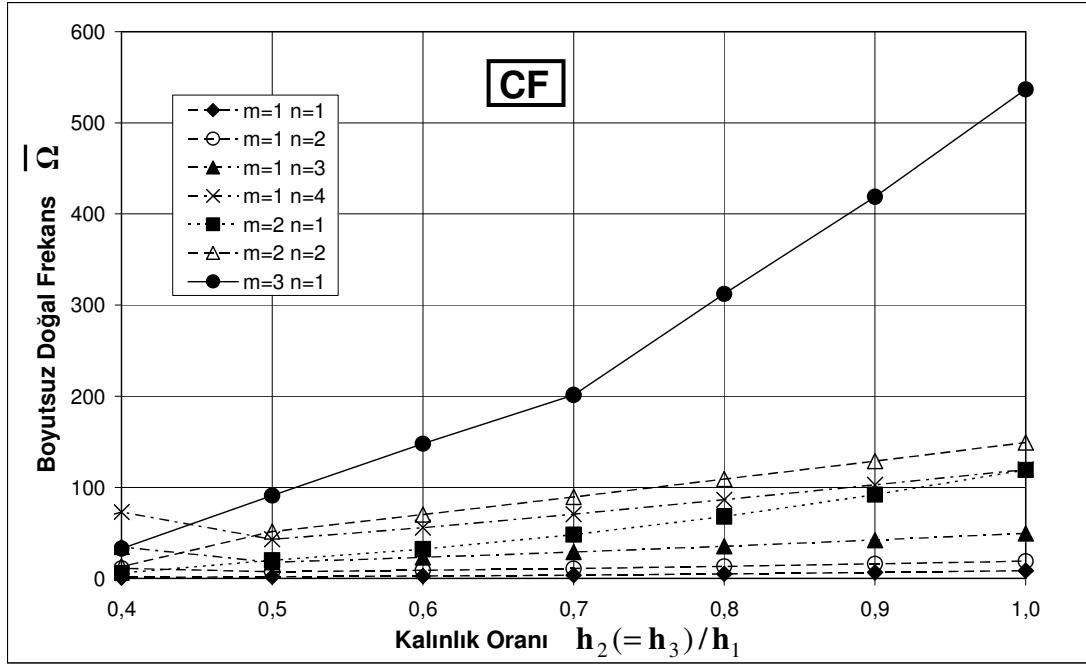
Şekil 6.116. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



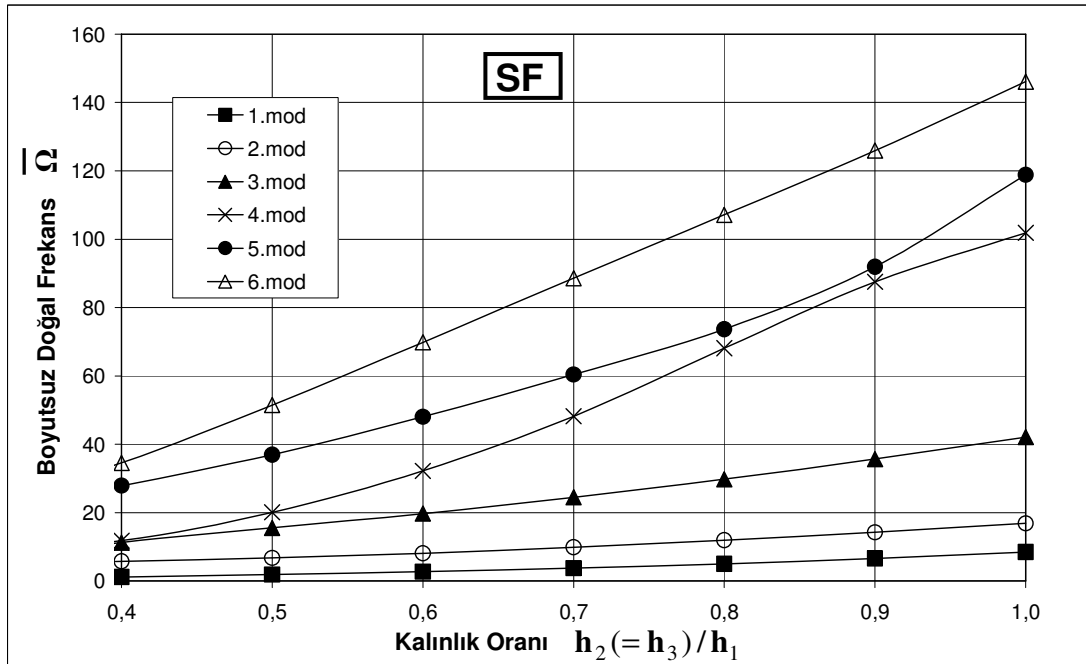
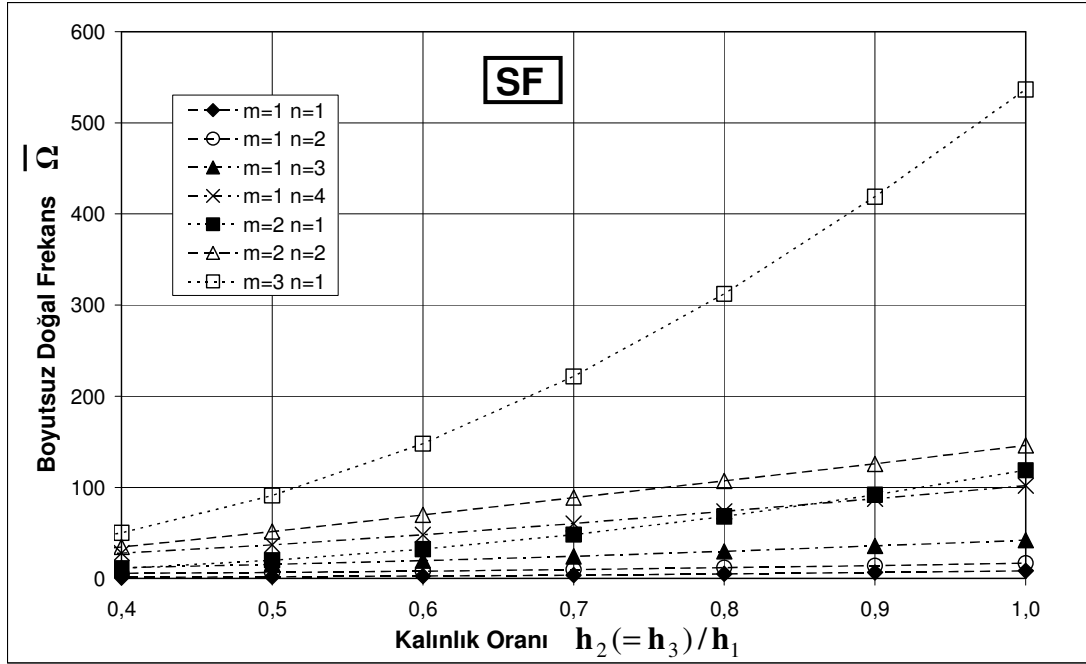
Şekil 6.117. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



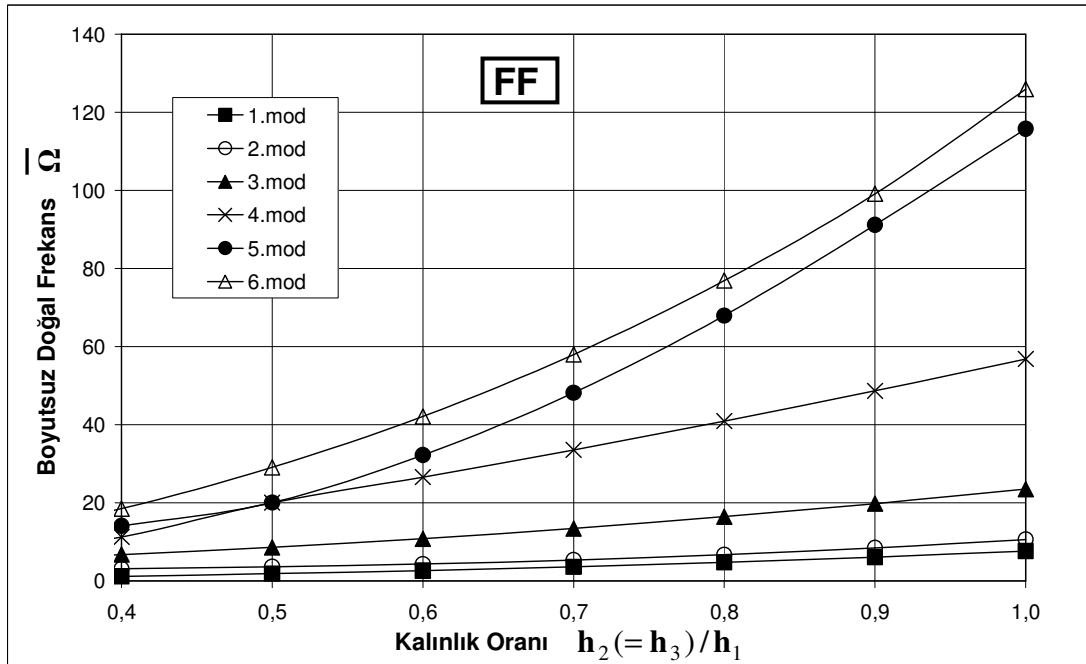
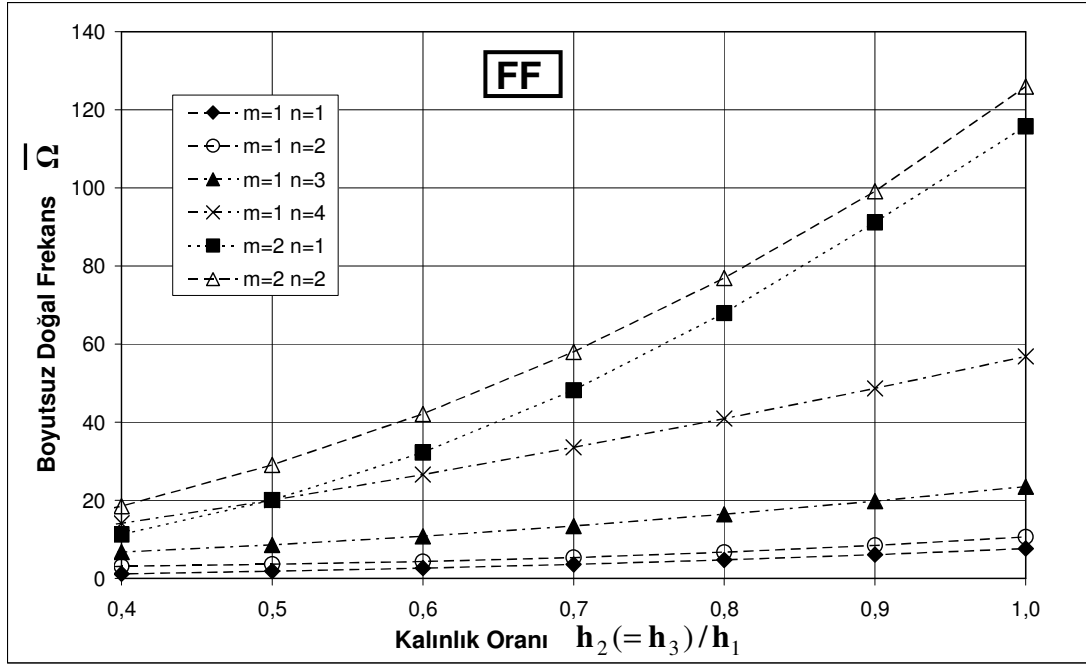
Şekil 6. 118. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



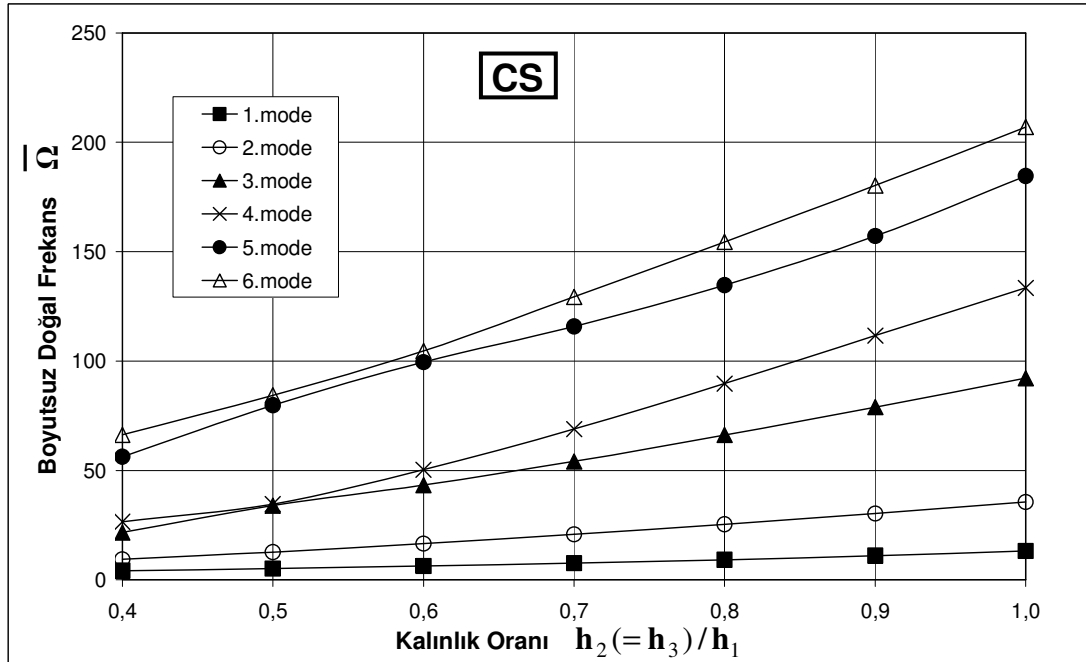
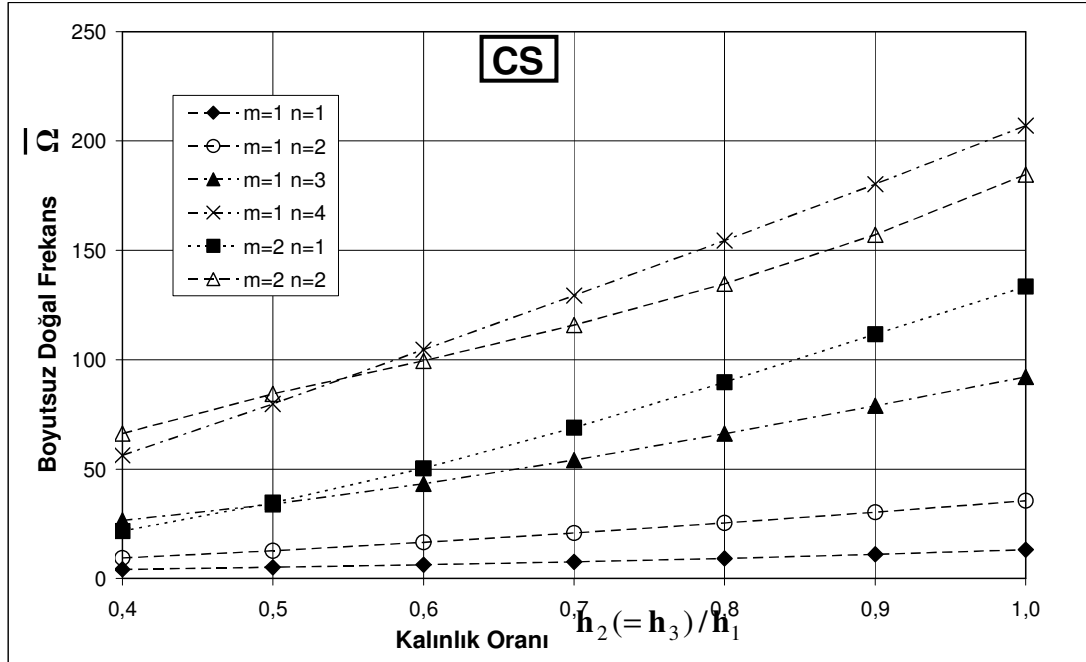
Şekil 6.119. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



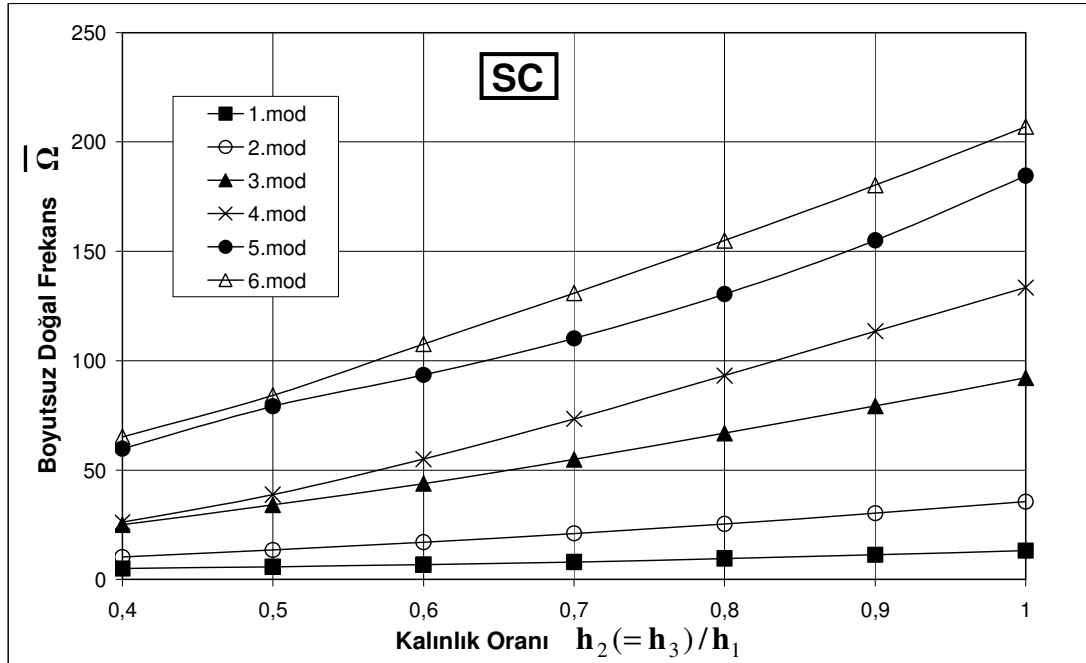
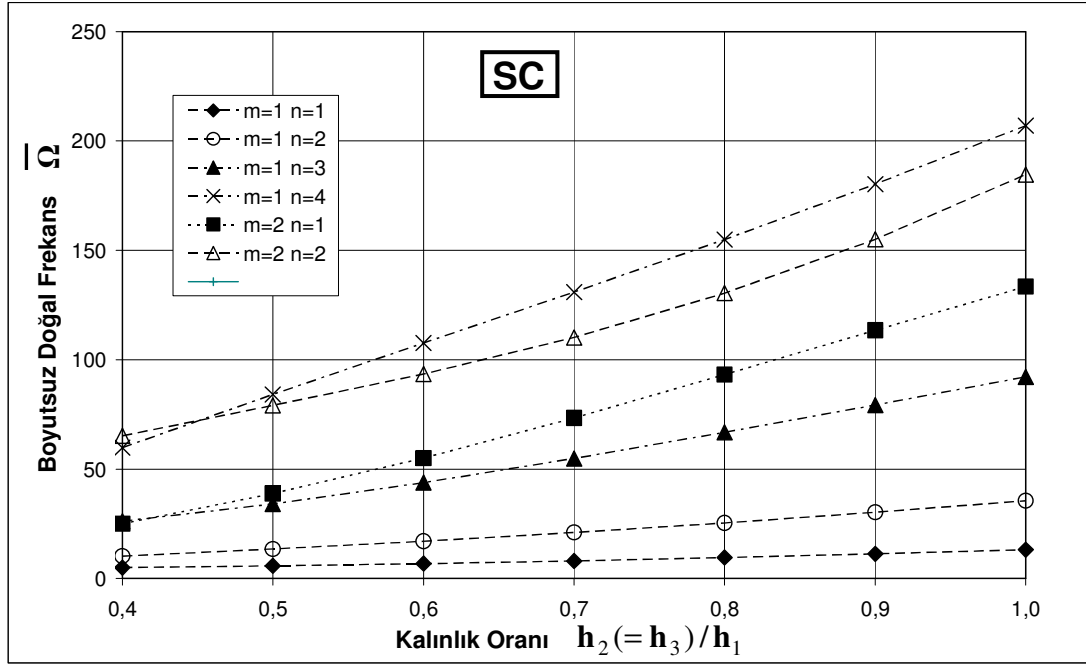
Şekil 6.120. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



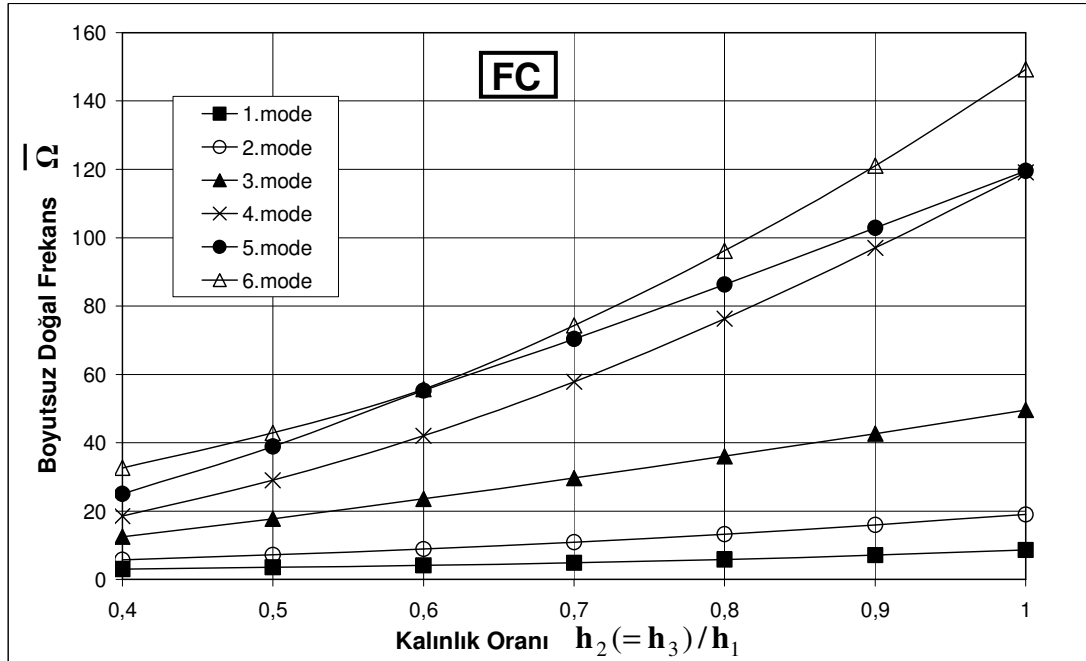
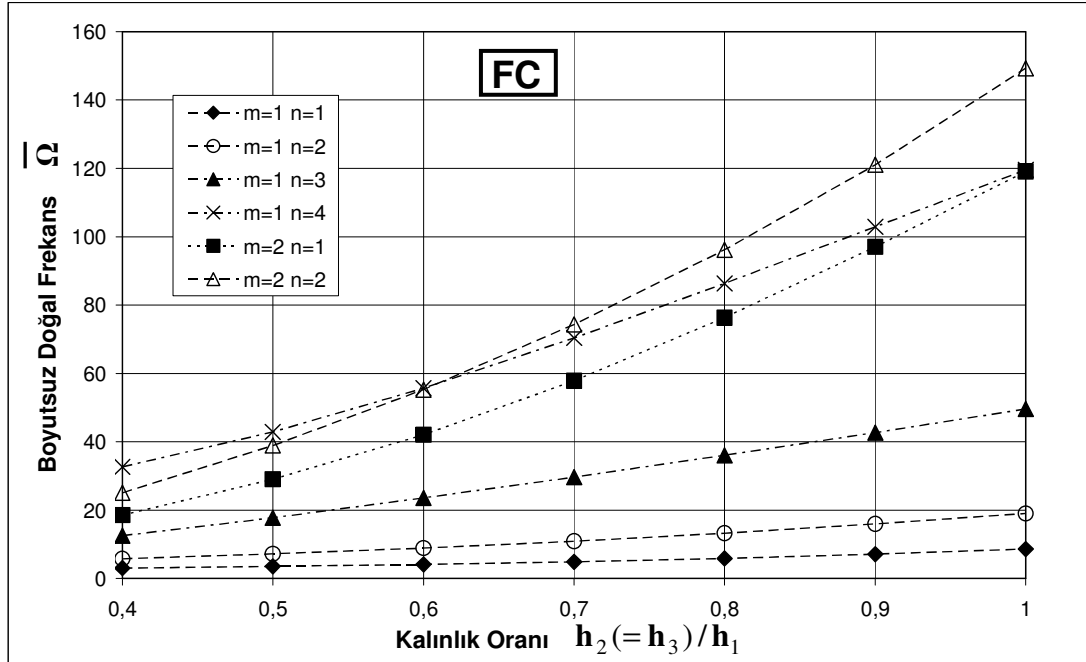
Şekil 6. 121. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



Şekil 6. 122. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)

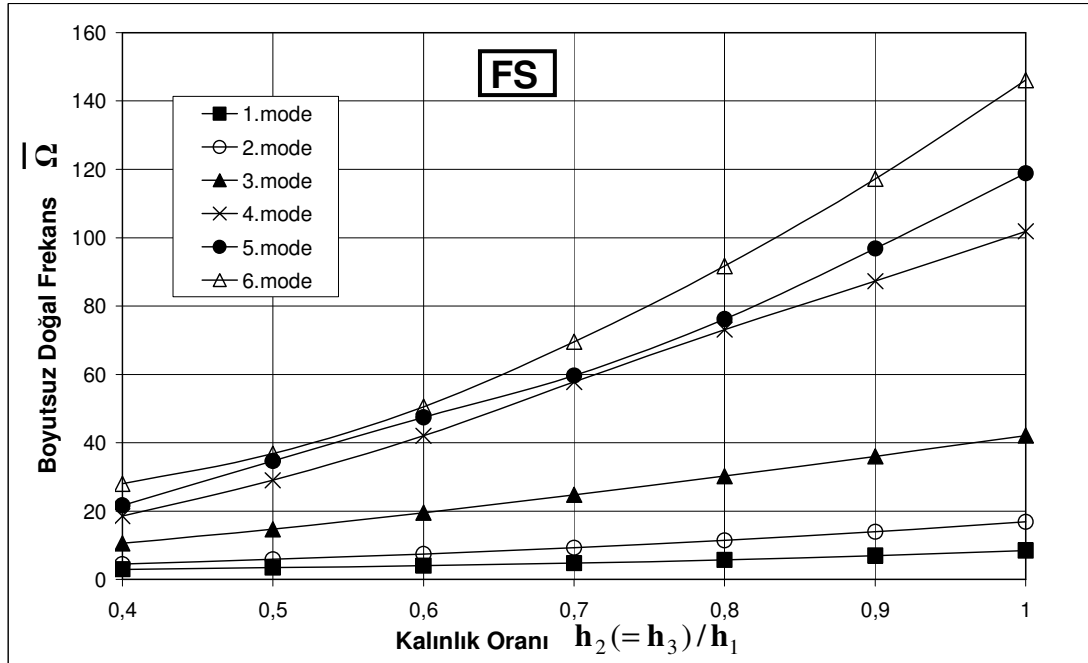
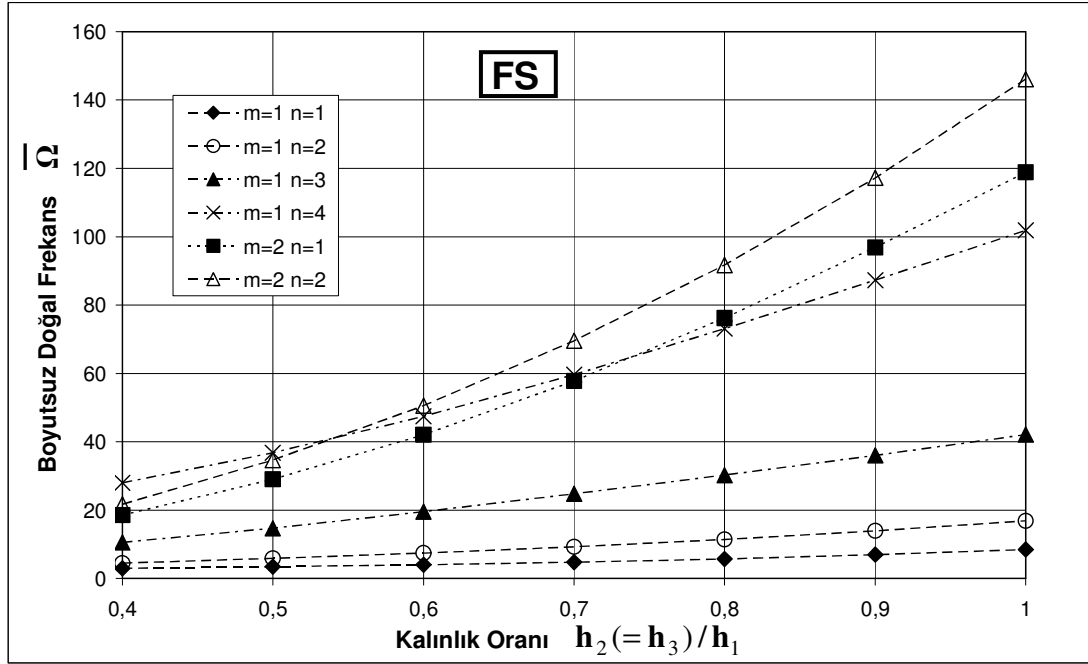


Şekil 6. 123. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)

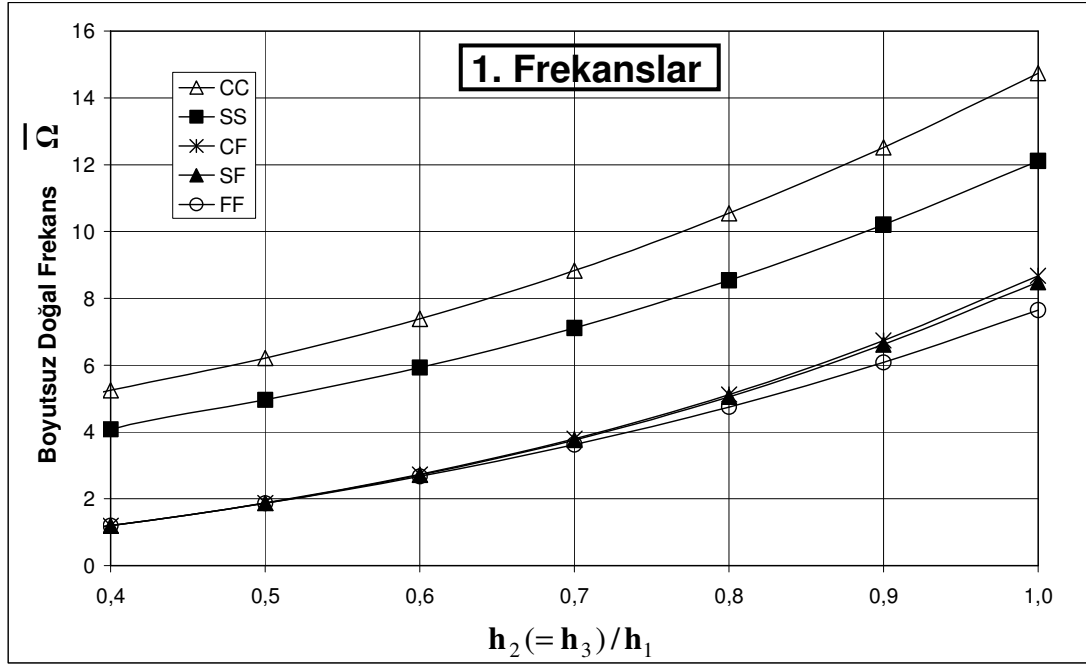


Şekil 6. 124. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

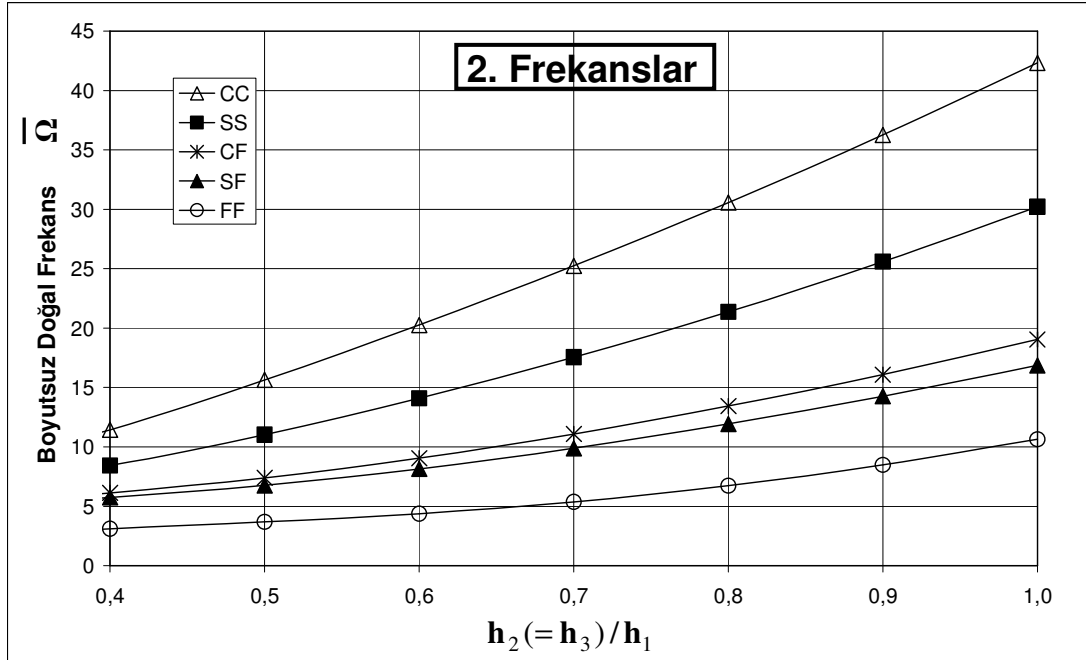
“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”

(Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

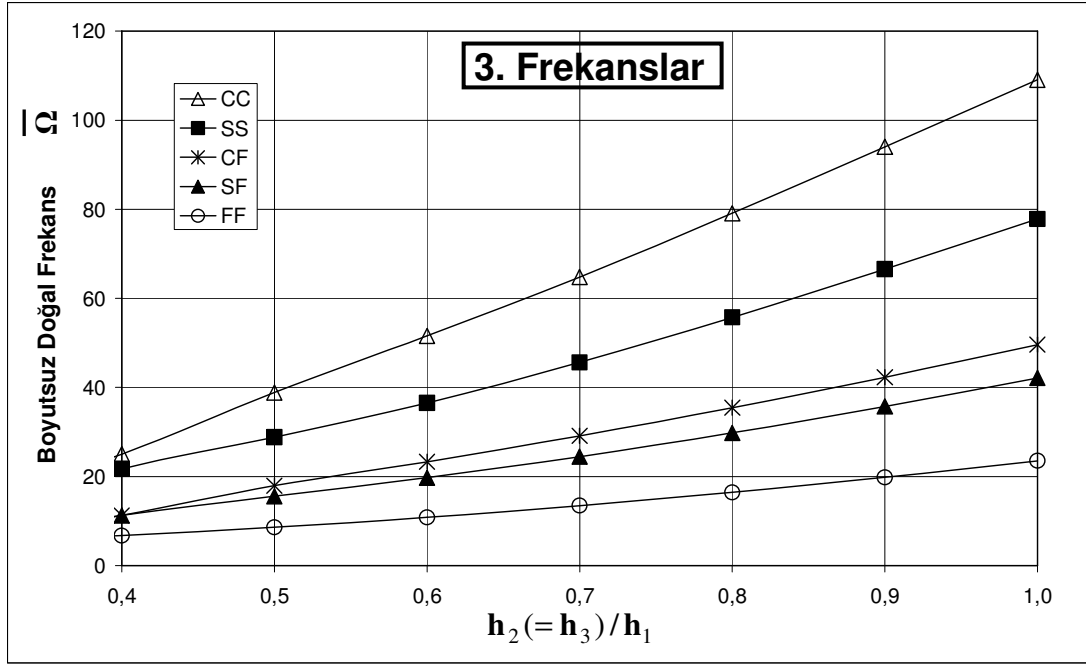


Şekil 6.125. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

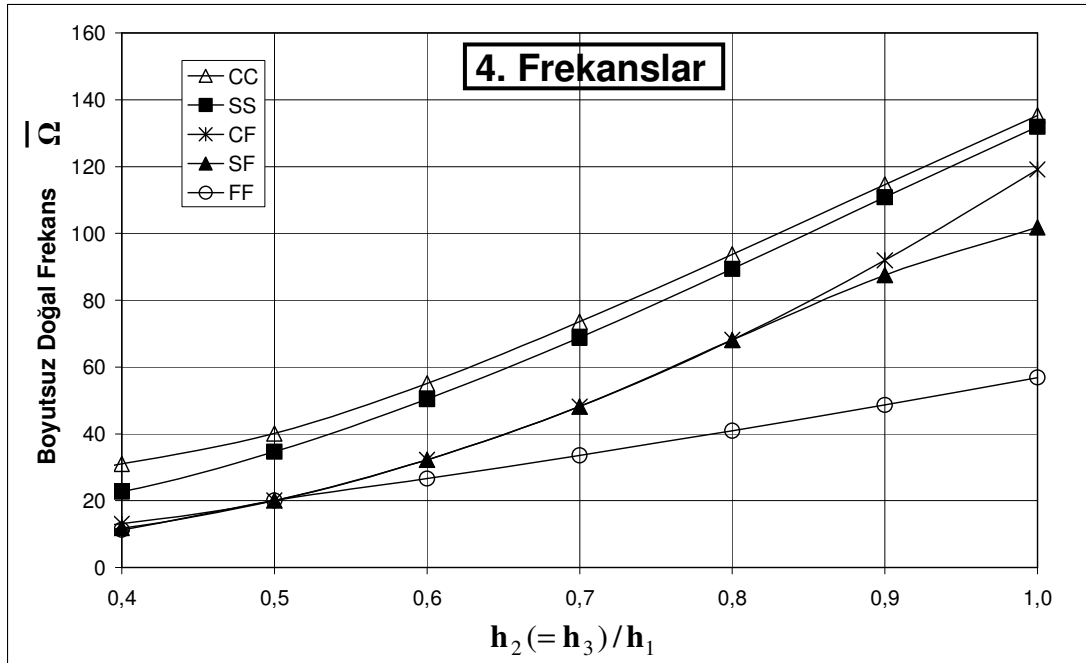


Şekil 6.126. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

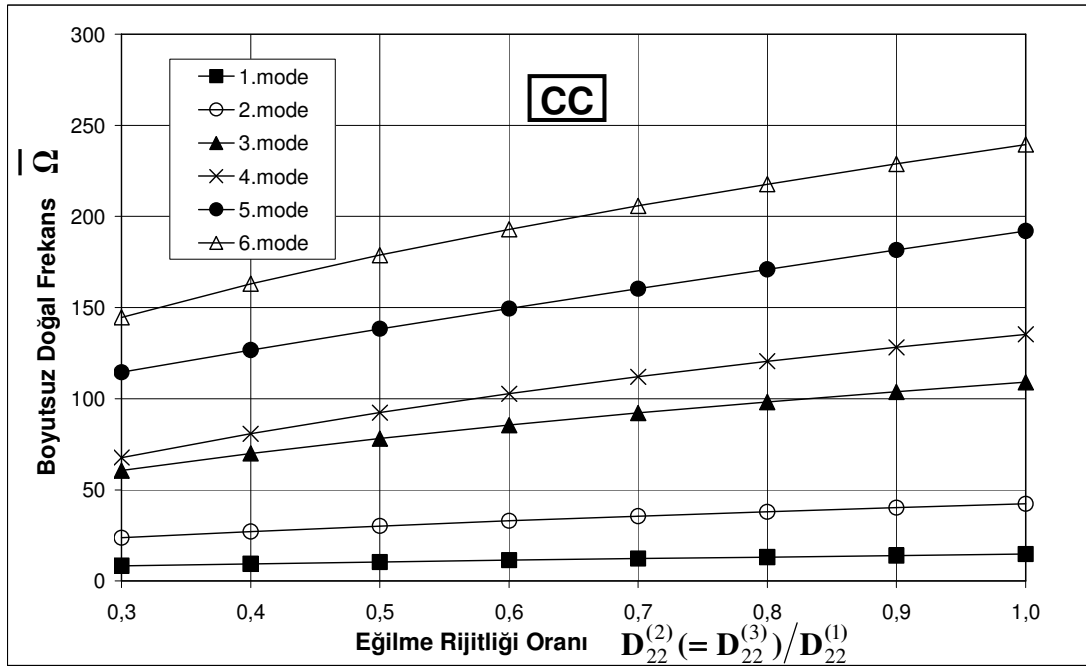
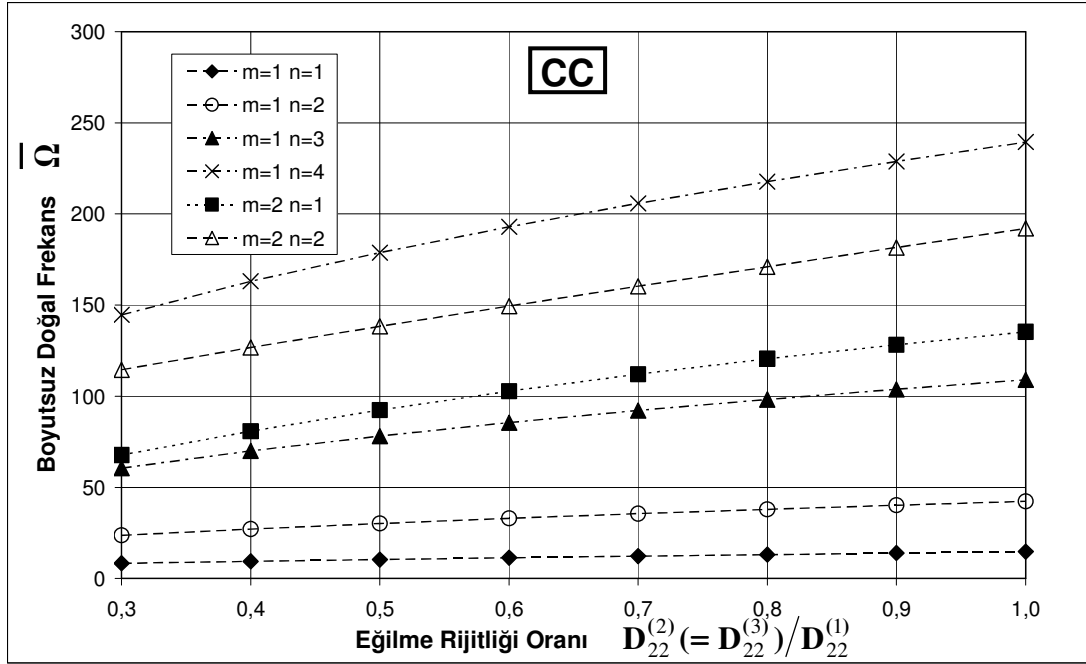


Şekil 6.127. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



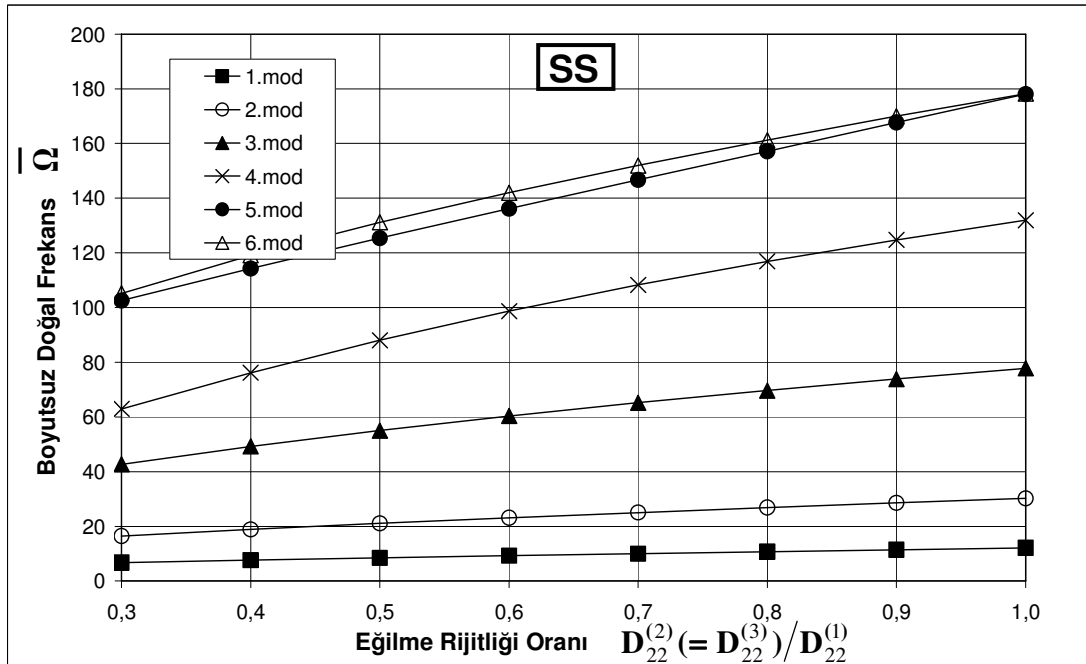
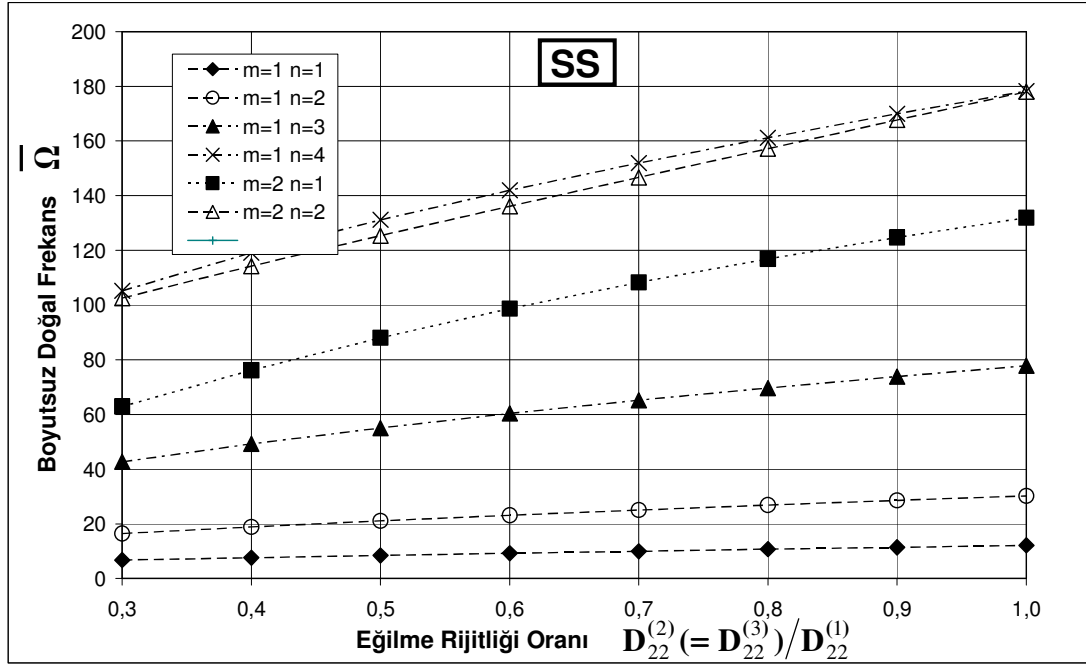
Şekil 6.128. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)



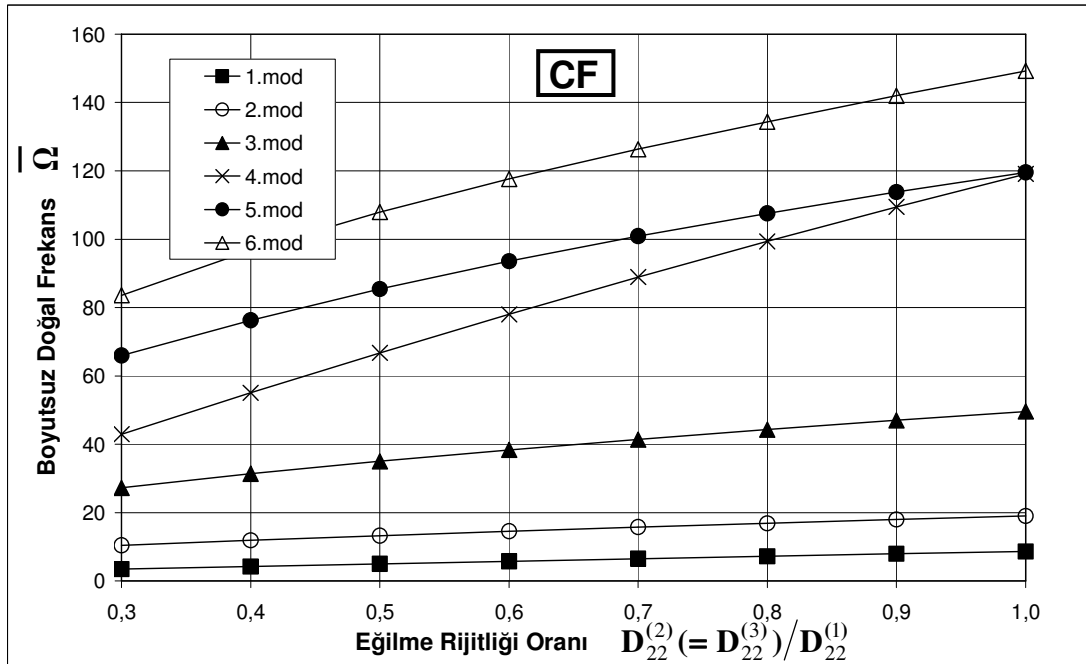
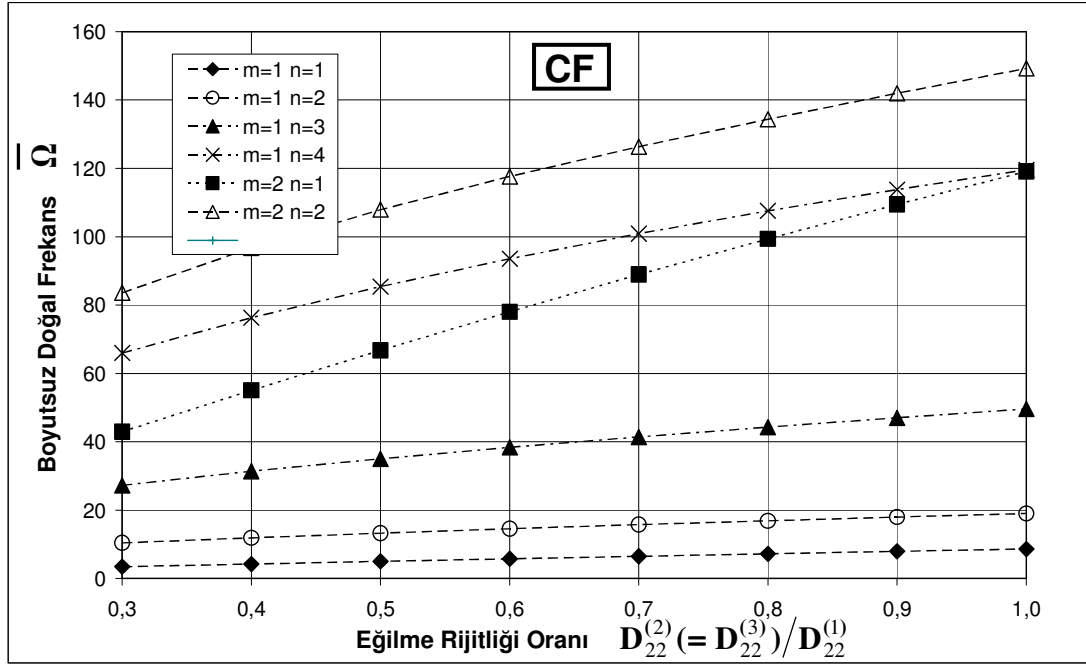
Şekil 6.129. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



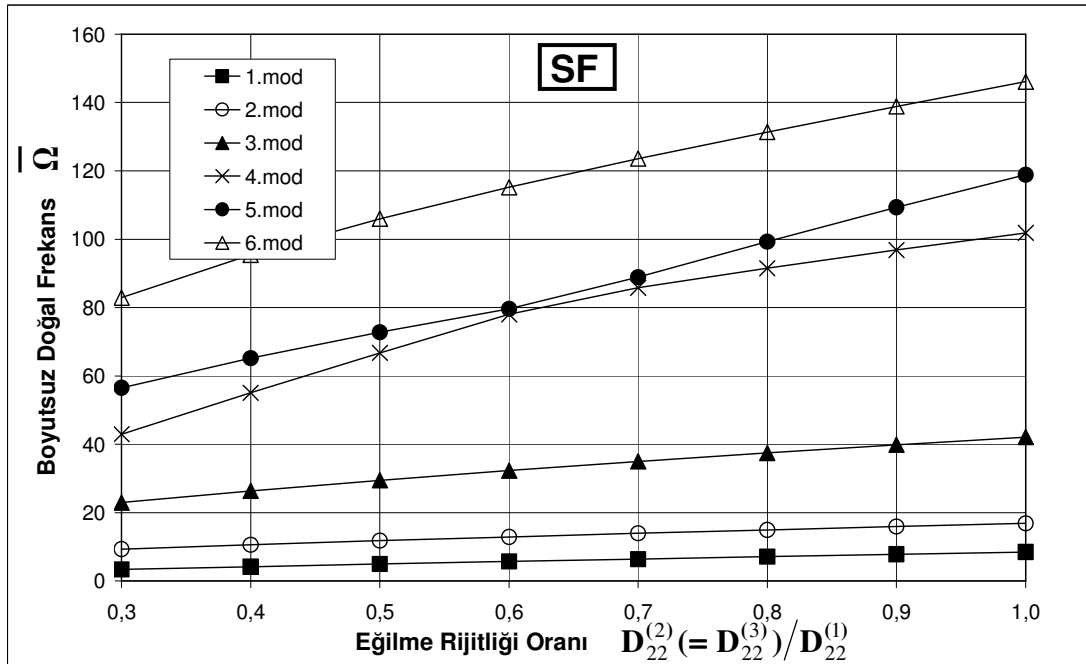
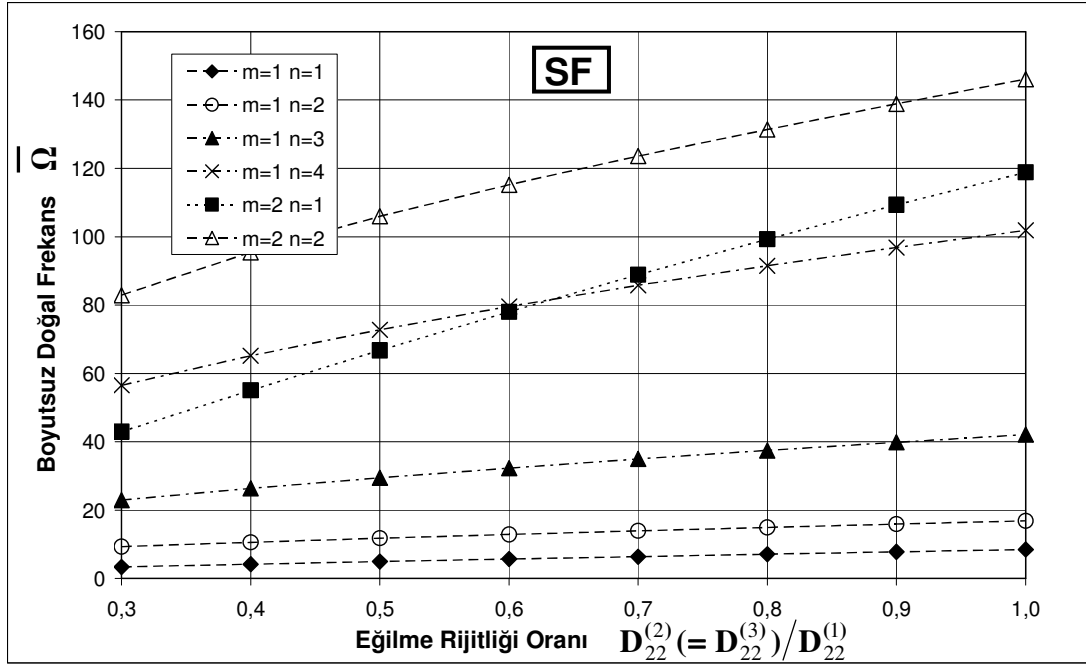
Şekil 6.130. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 =$ değişken, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



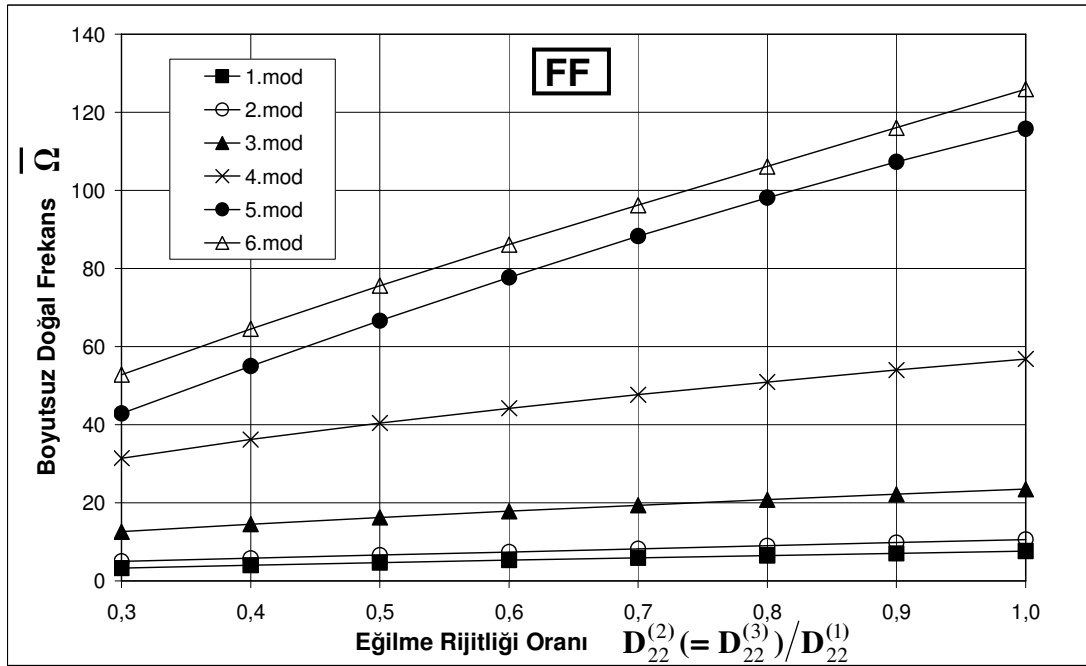
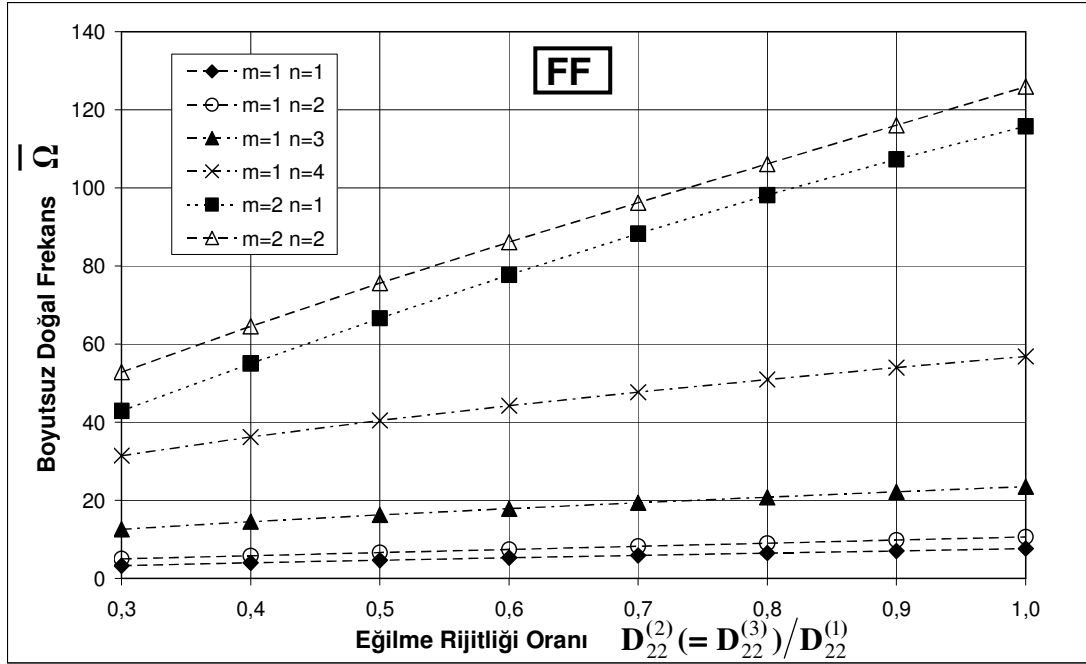
Şekil 6.131. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



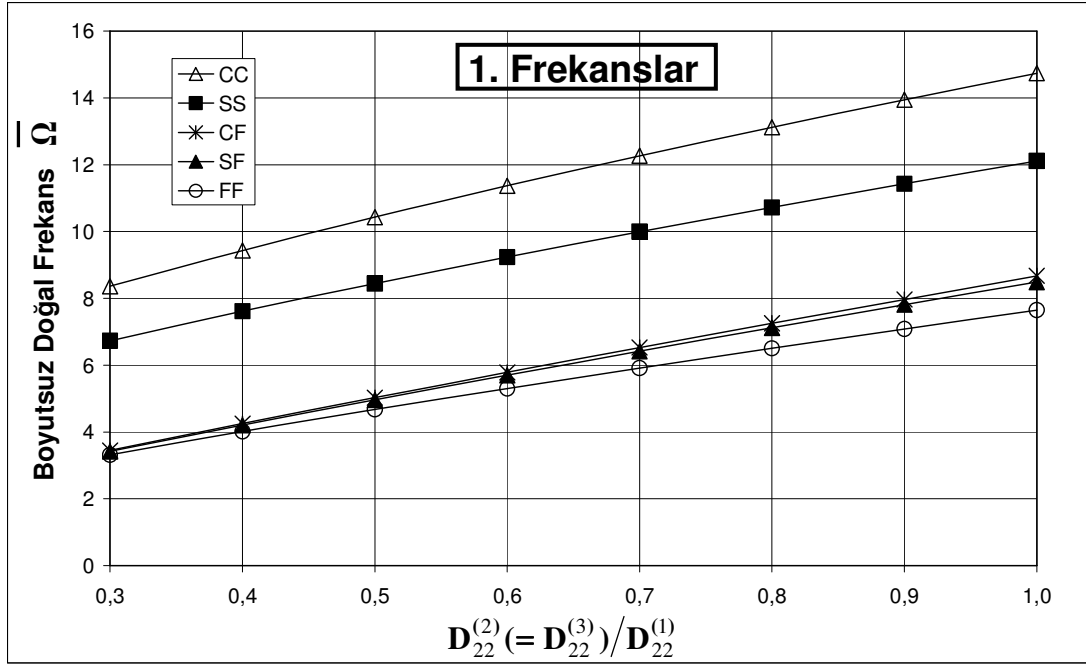
Şekil 6.132. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

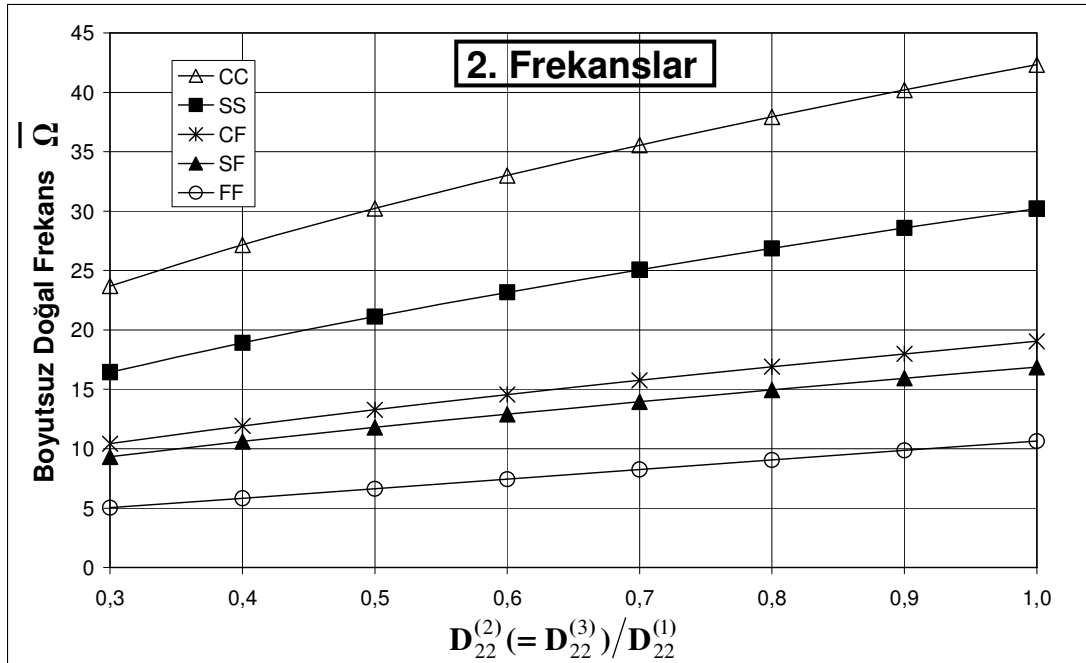


Şekil 6.133. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller ((Kuvvetl. Yanda))”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

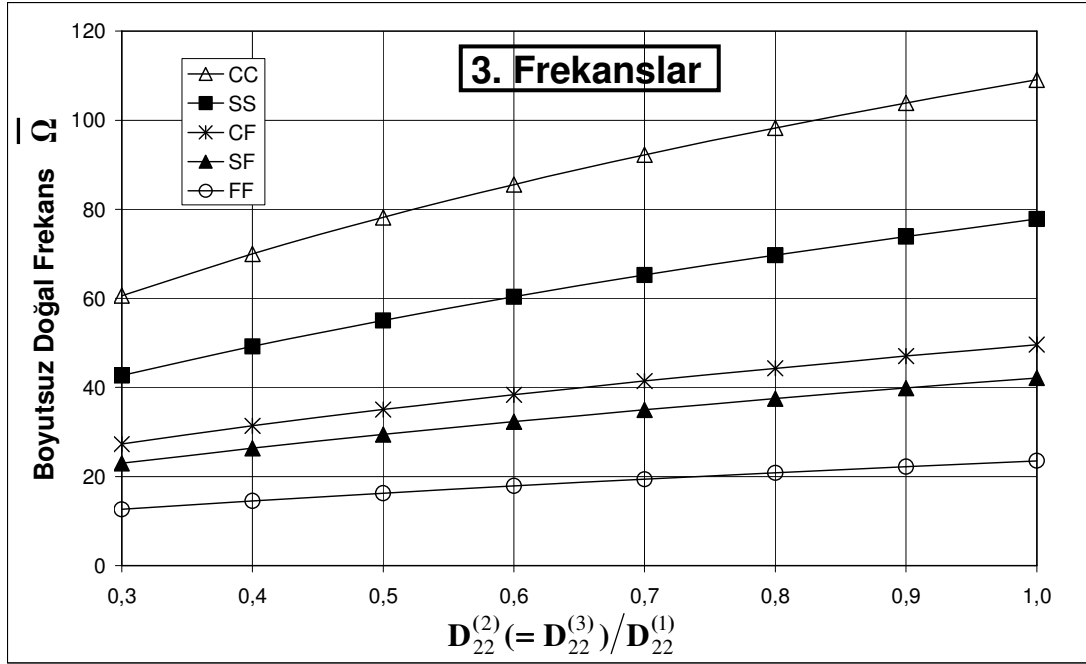


Şekil 6. 134. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

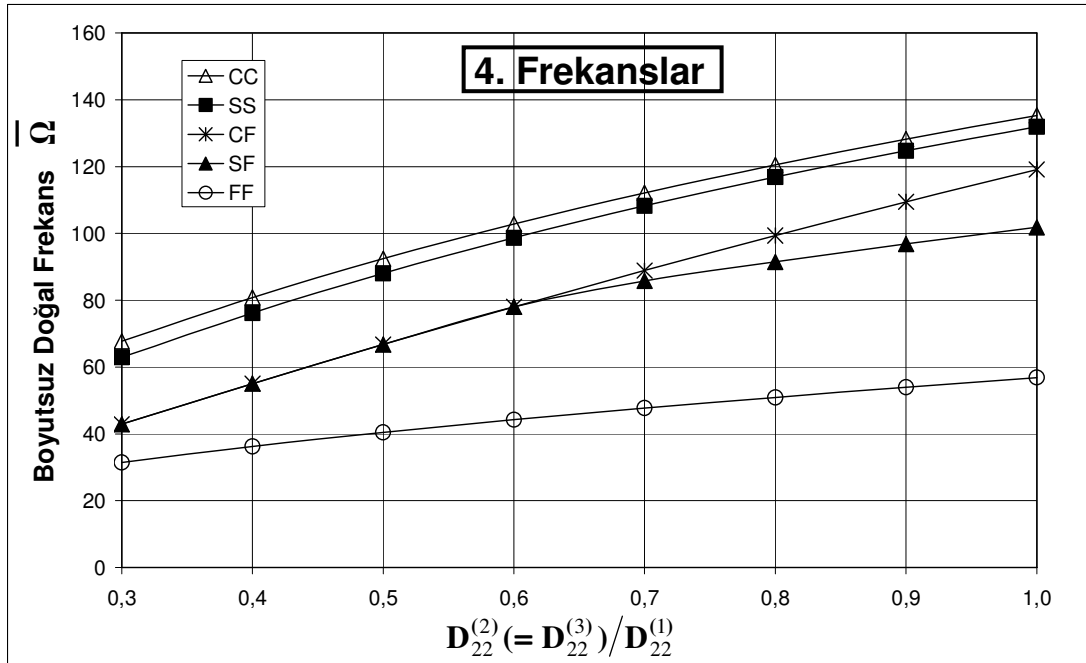


Şekil 6.135. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetli. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 =$ değişken, $L = 1.00m$)

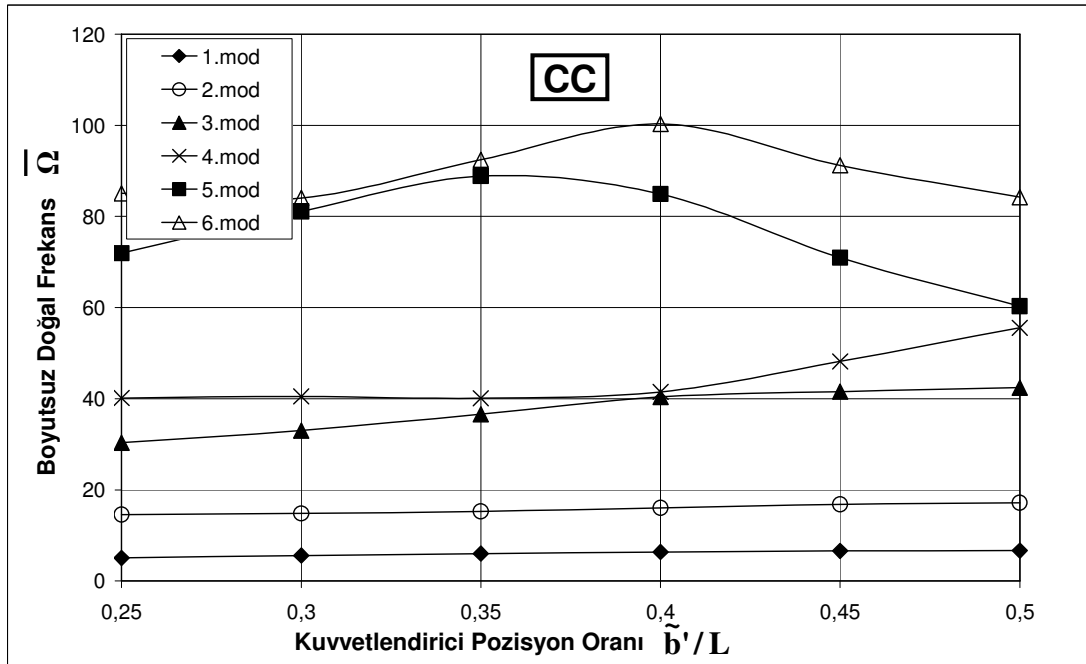
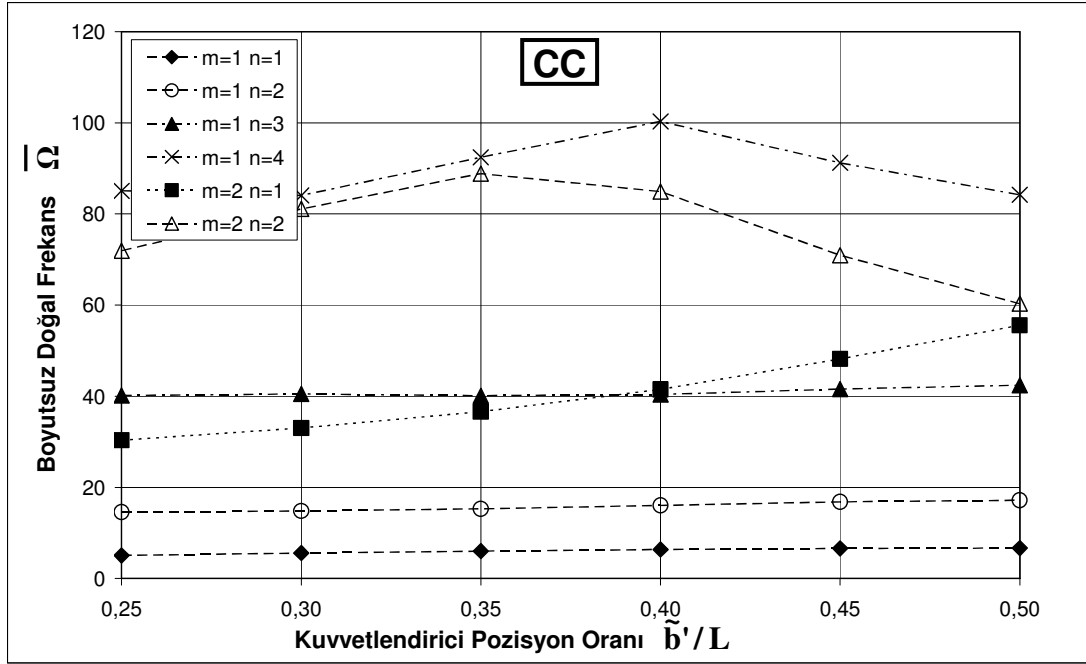


Şekil 6.136. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



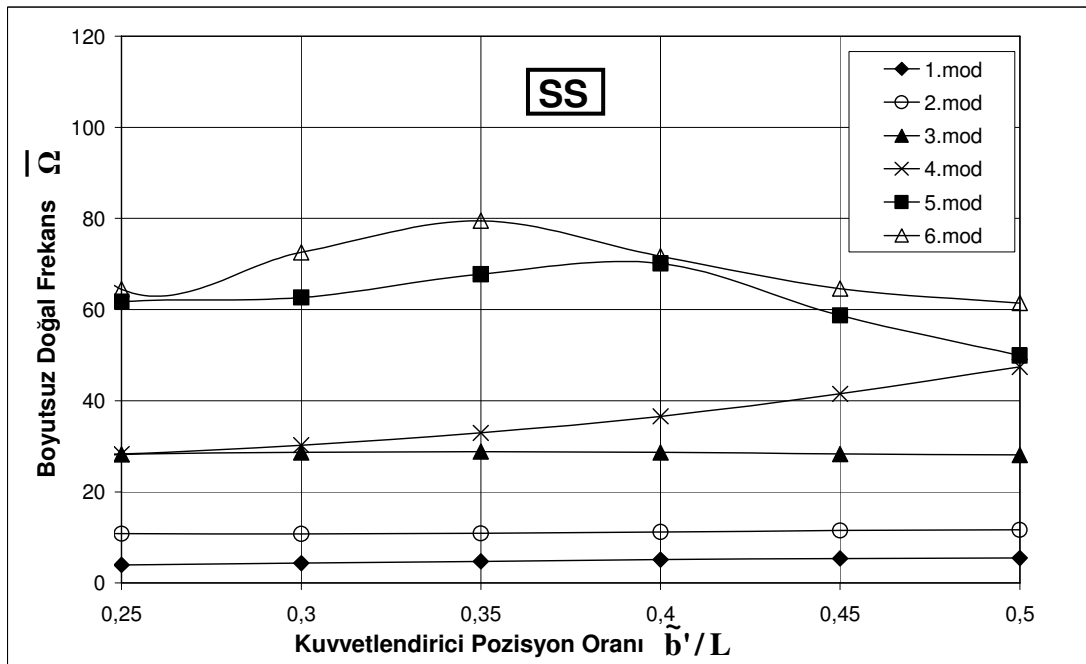
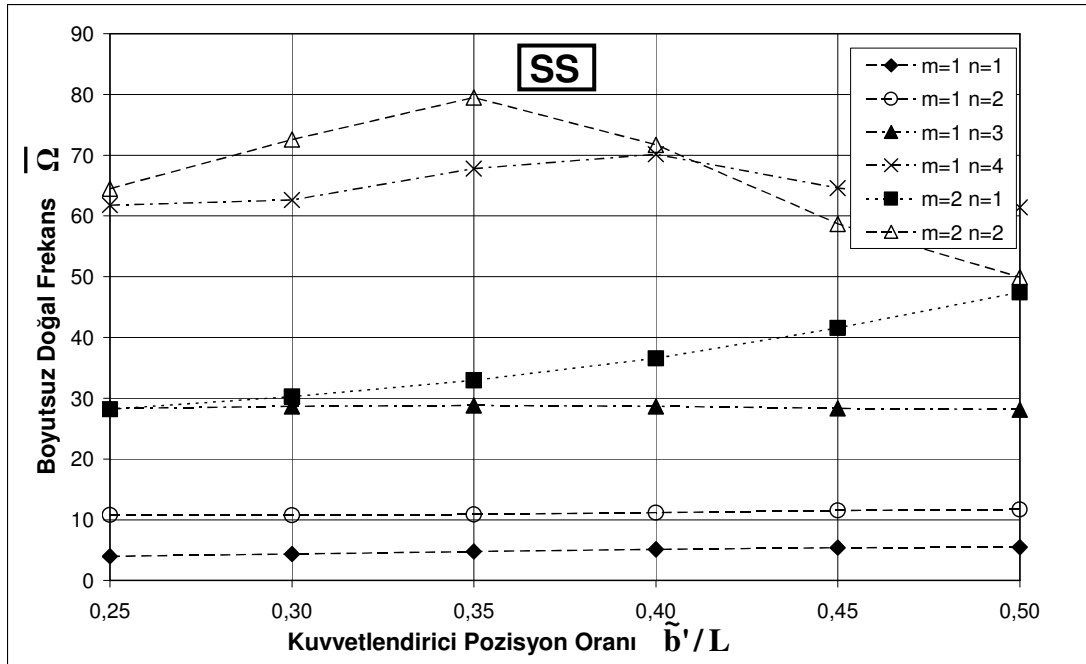
Şekil 6.137. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetli. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 =$, $h_2 = h_3 =$ değişken, $L = 1.00m$)



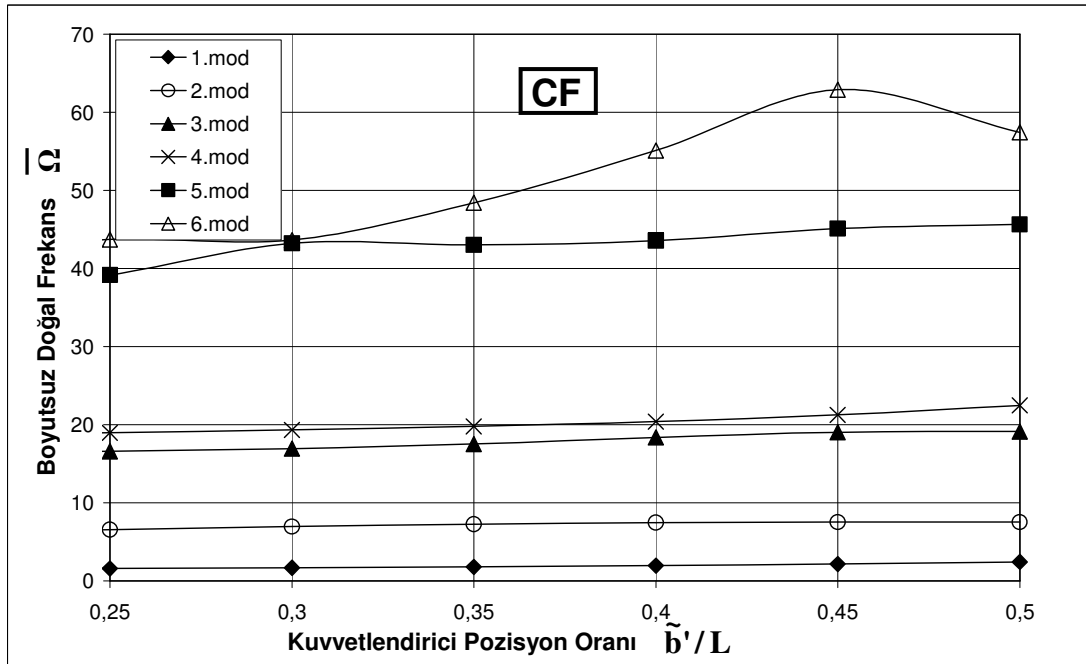
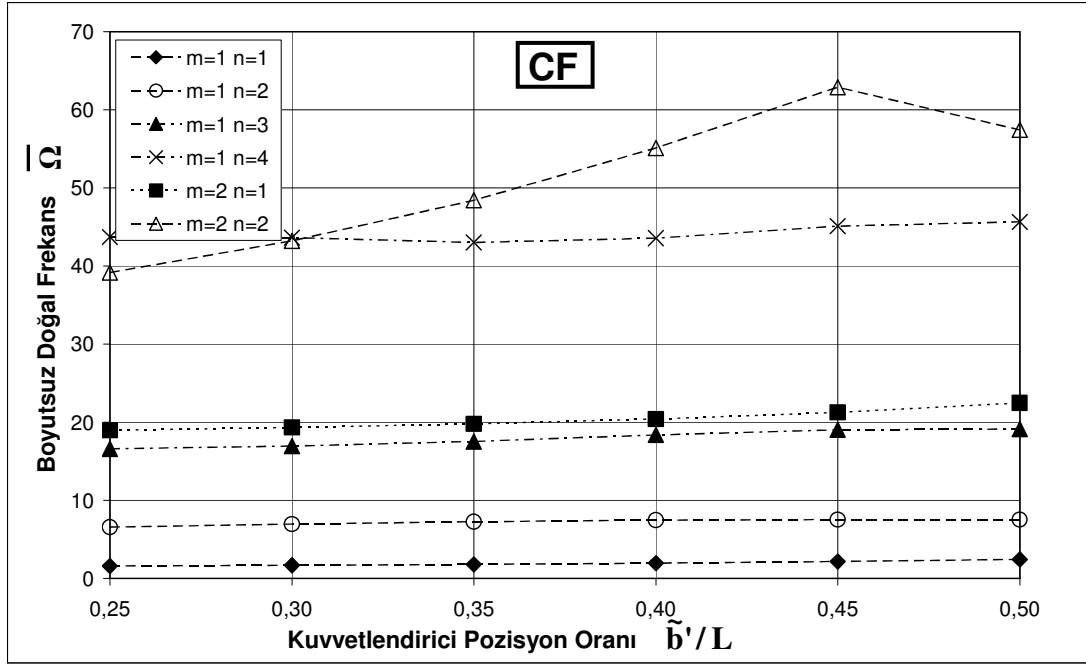
Şekil 6.138. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



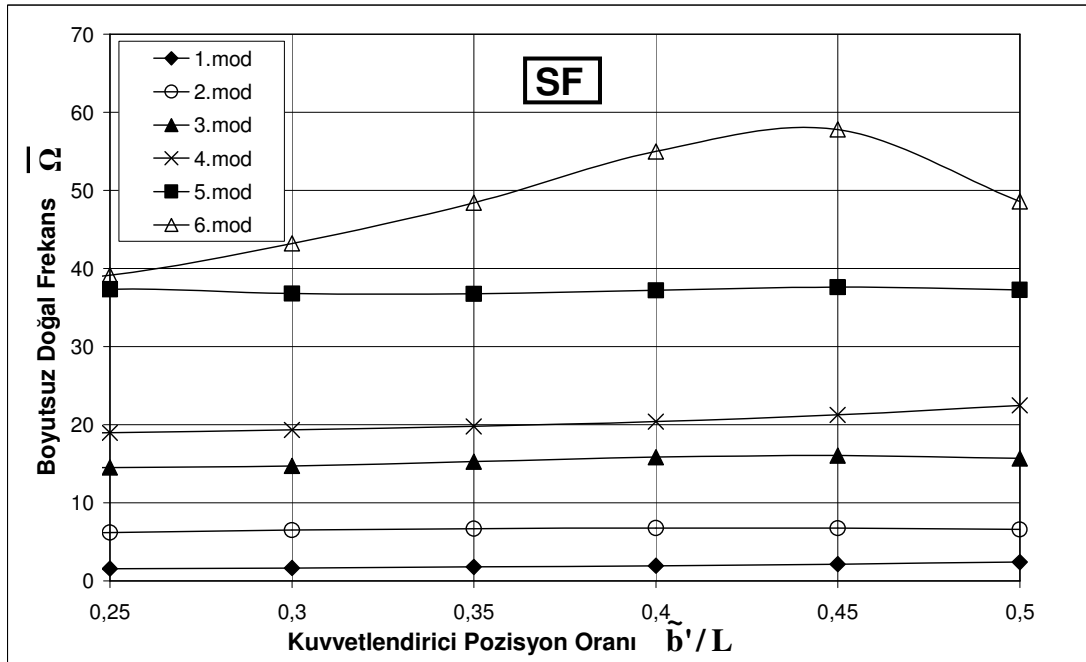
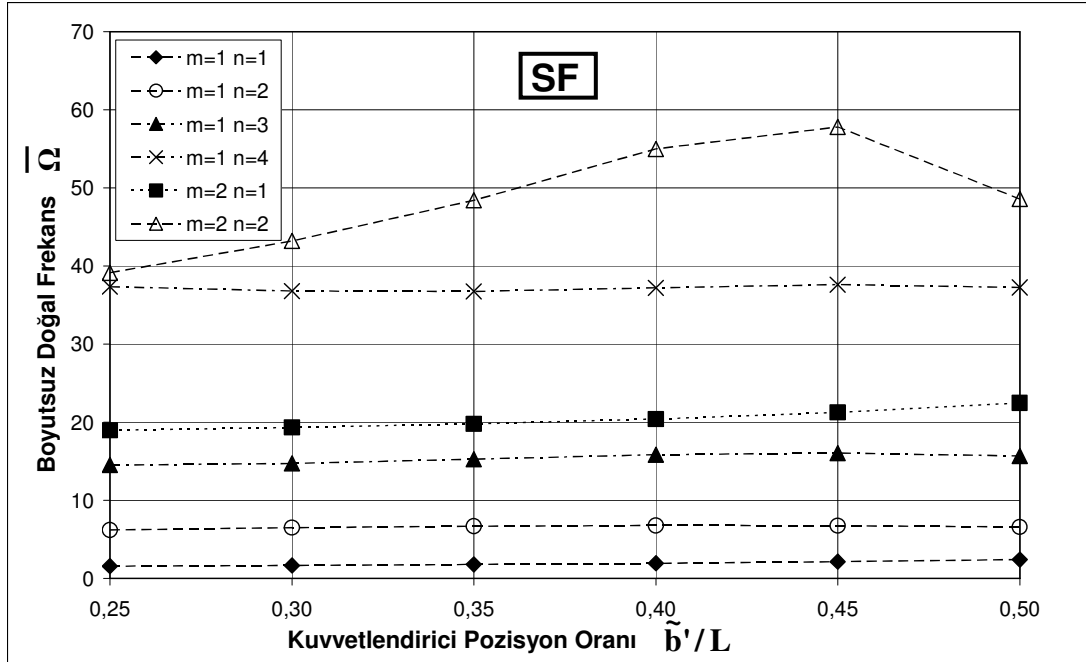
Şekil 6.139. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



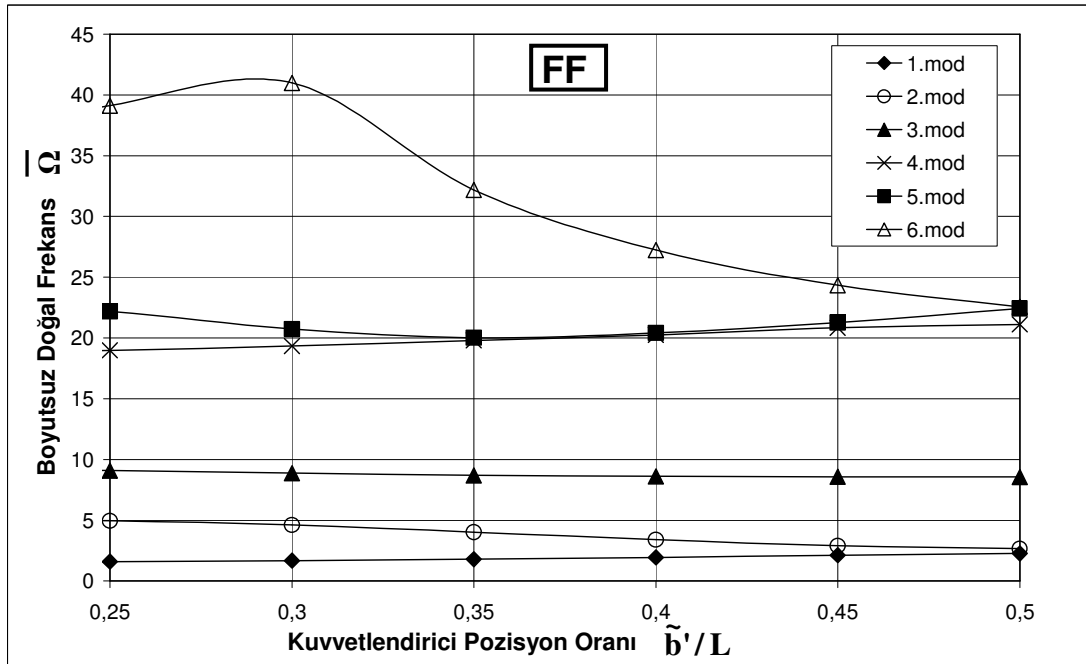
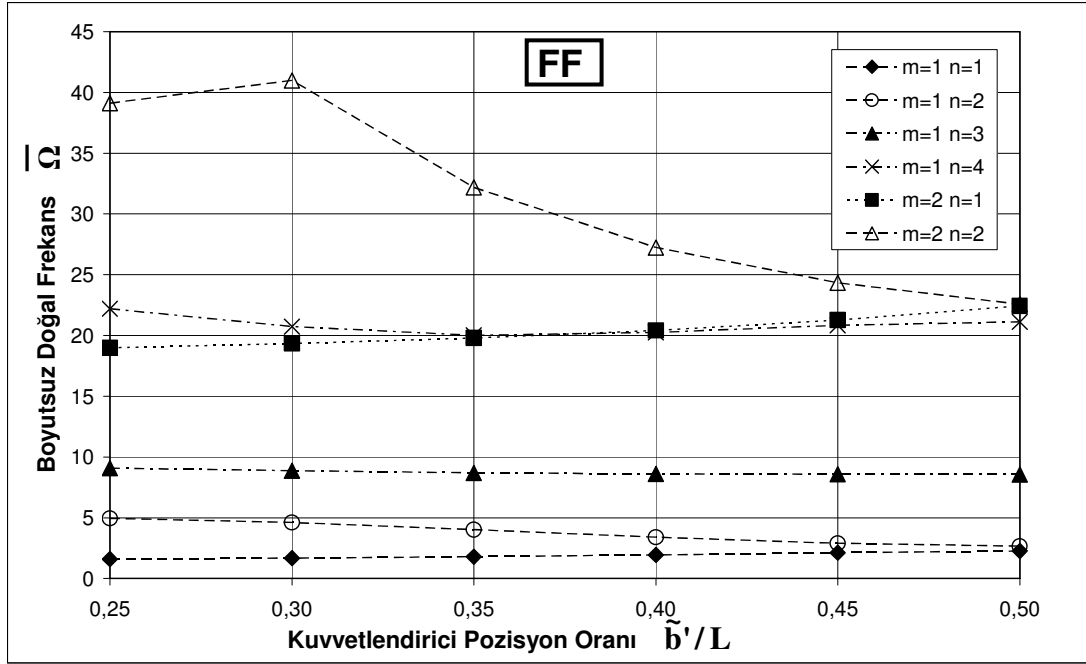
Şekil 6.140. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'$ =değişken, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



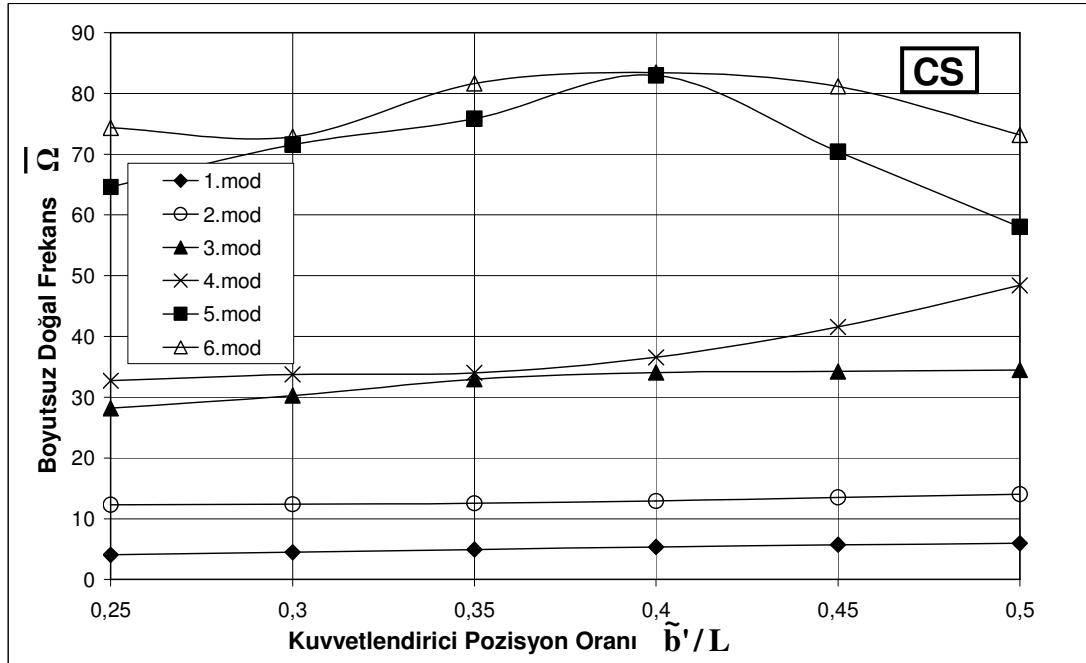
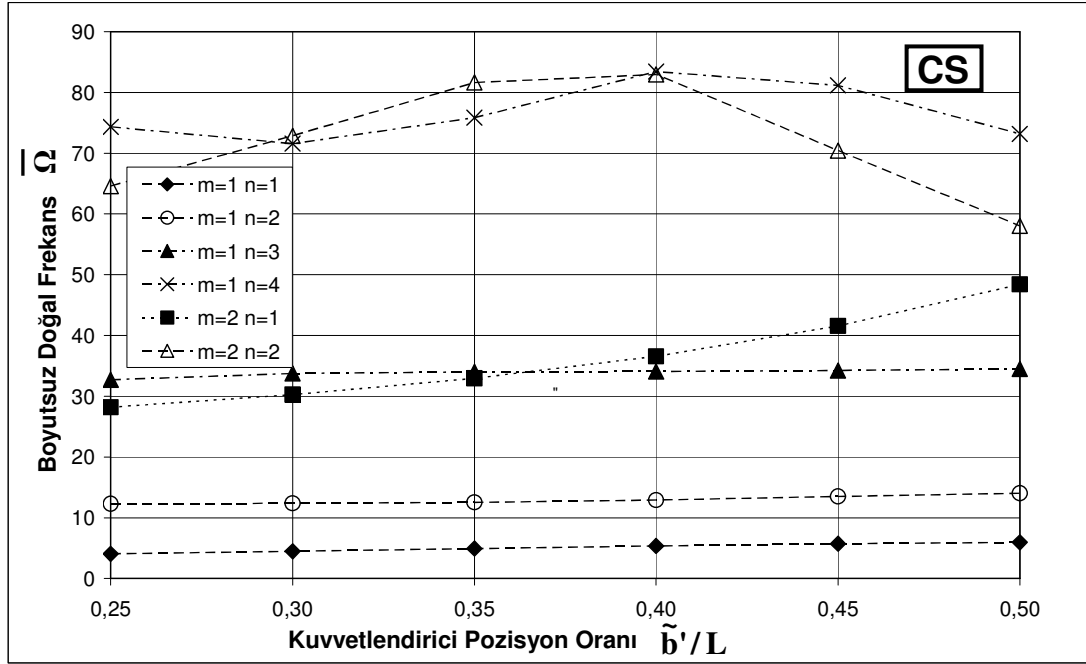
Şekil 6.141. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



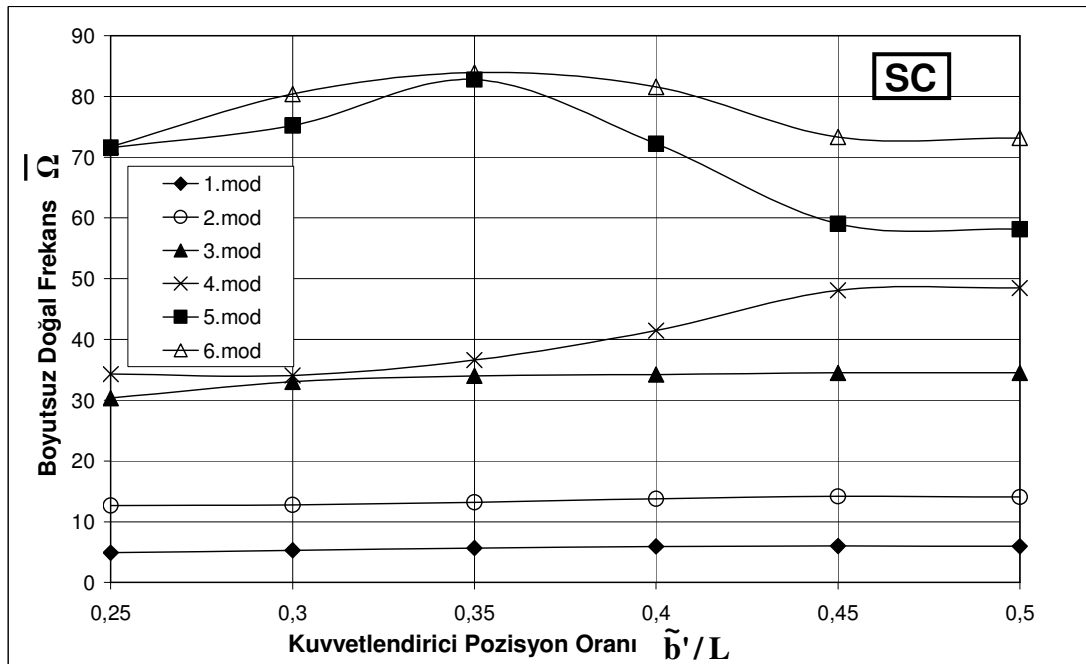
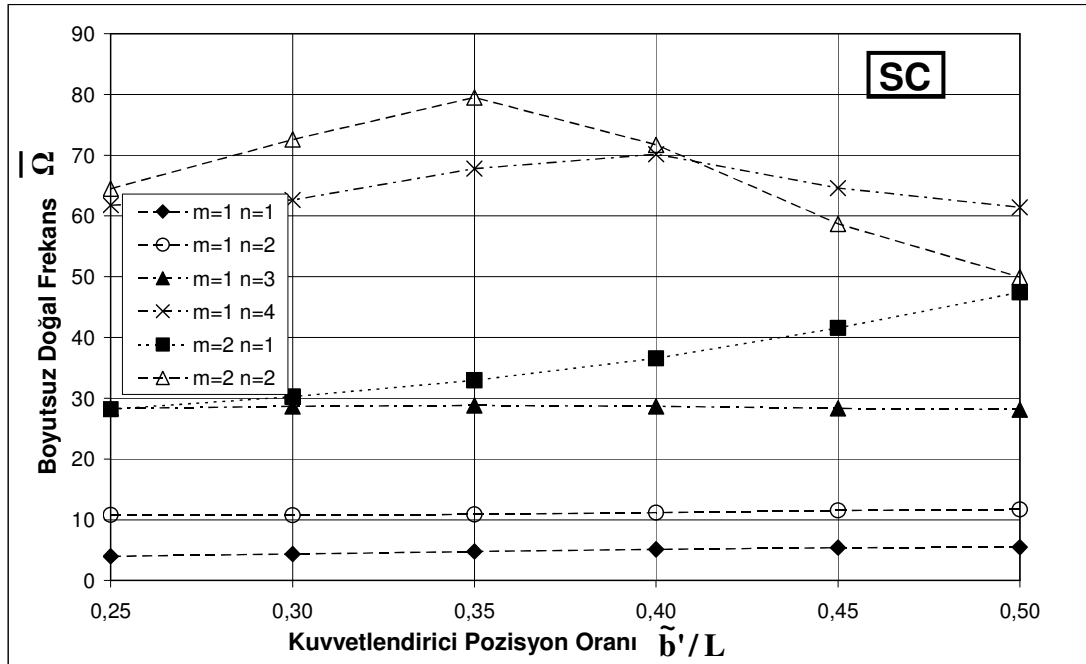
Şekil 6. 142. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



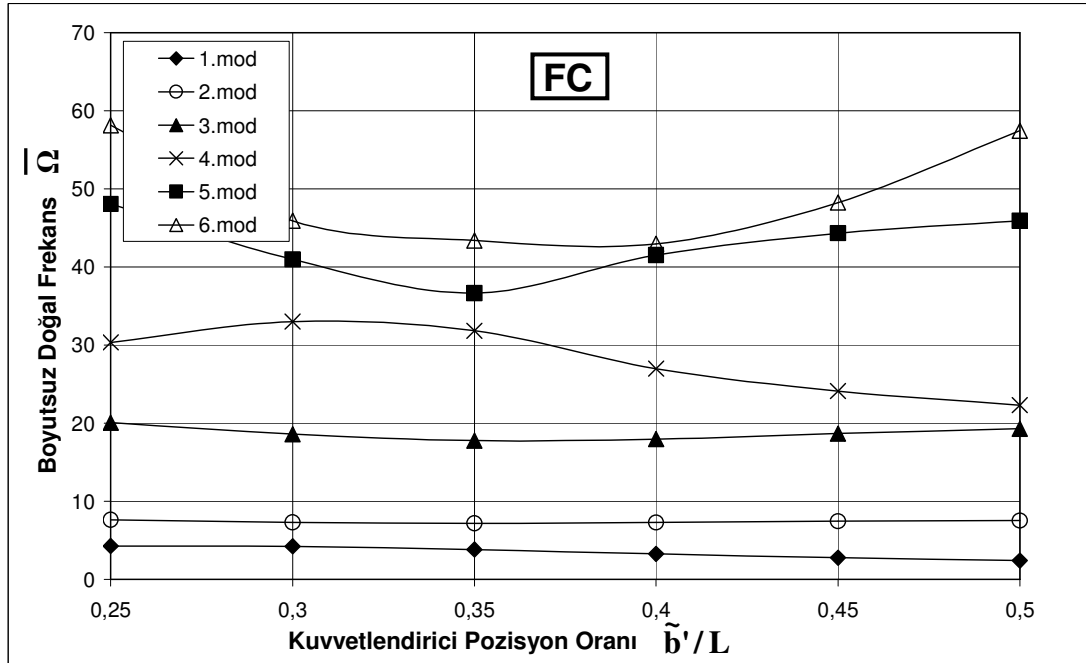
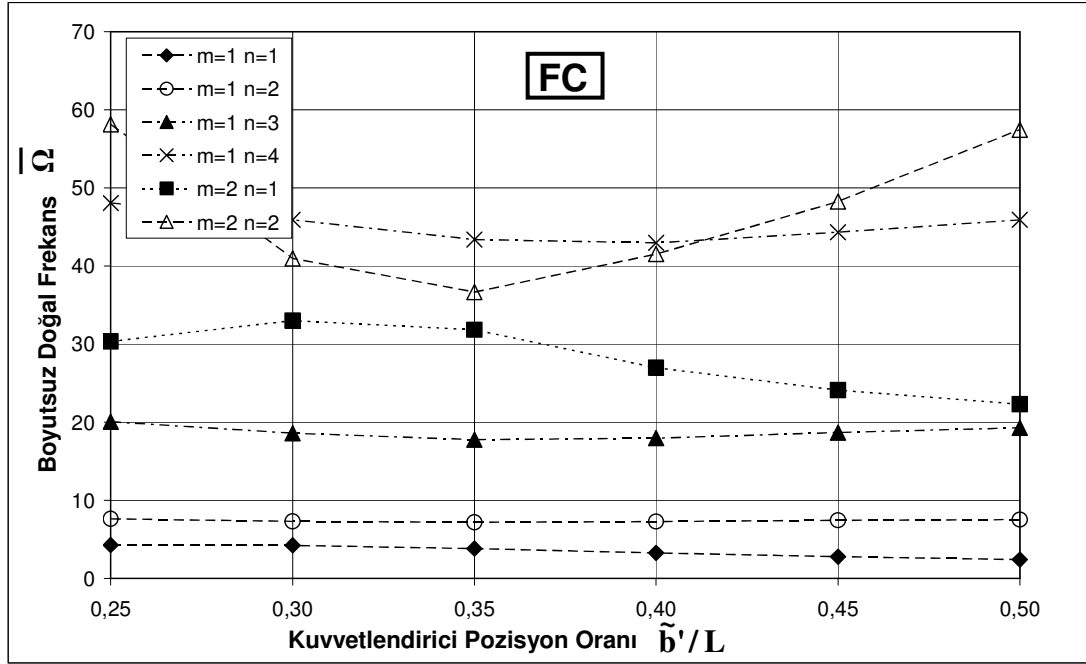
Şekil 6. 143. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'$ =değişken, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



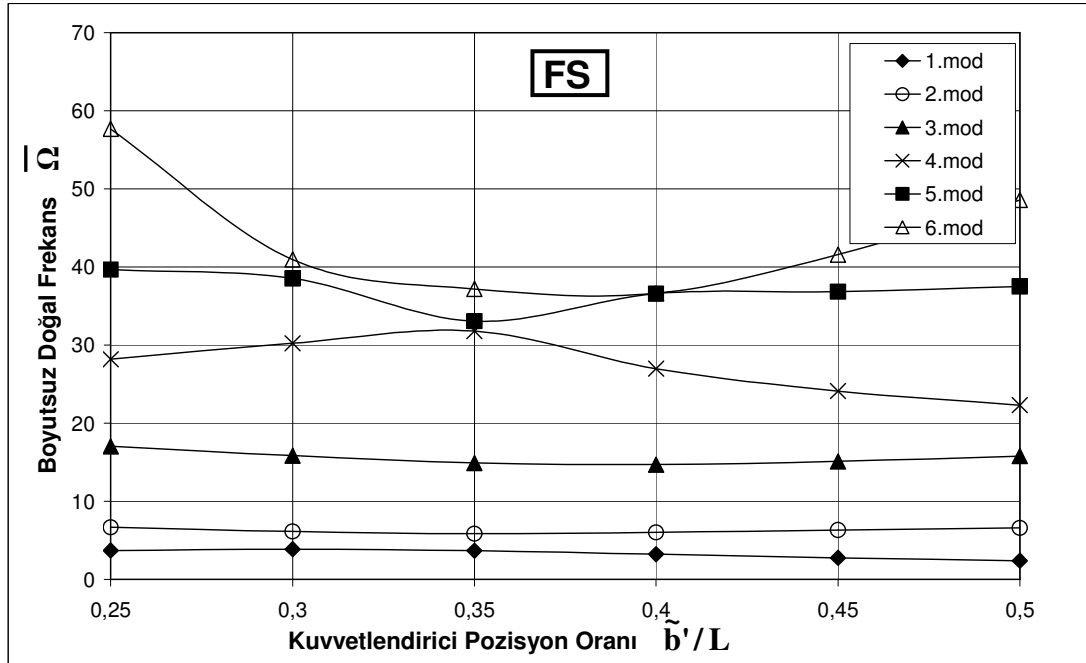
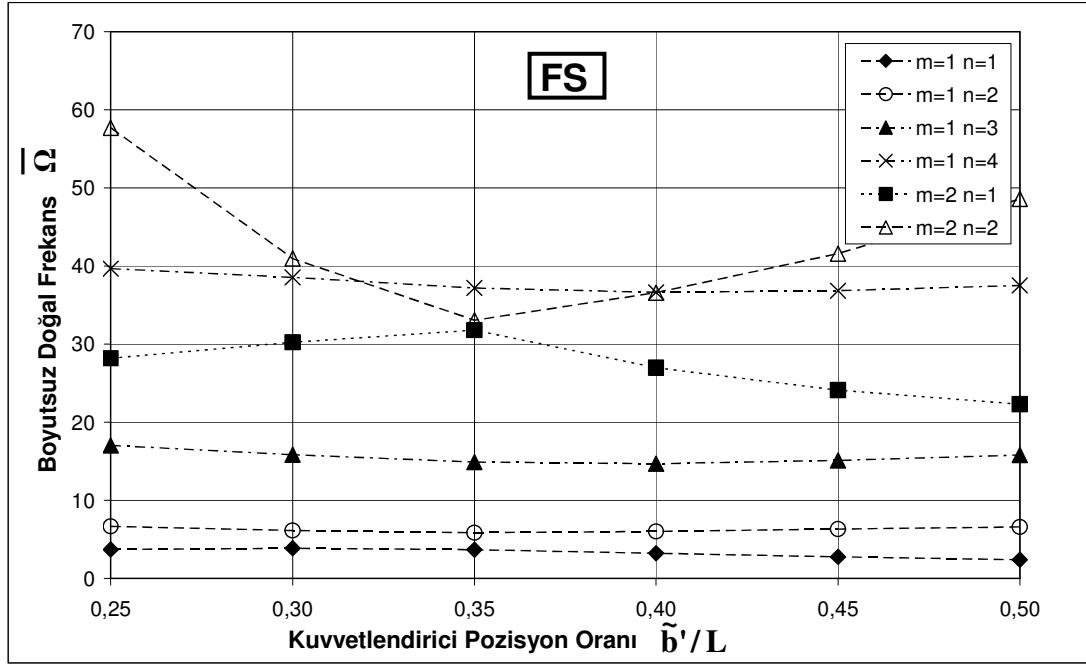
Şekil 6. 144. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'$ =değişken, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)



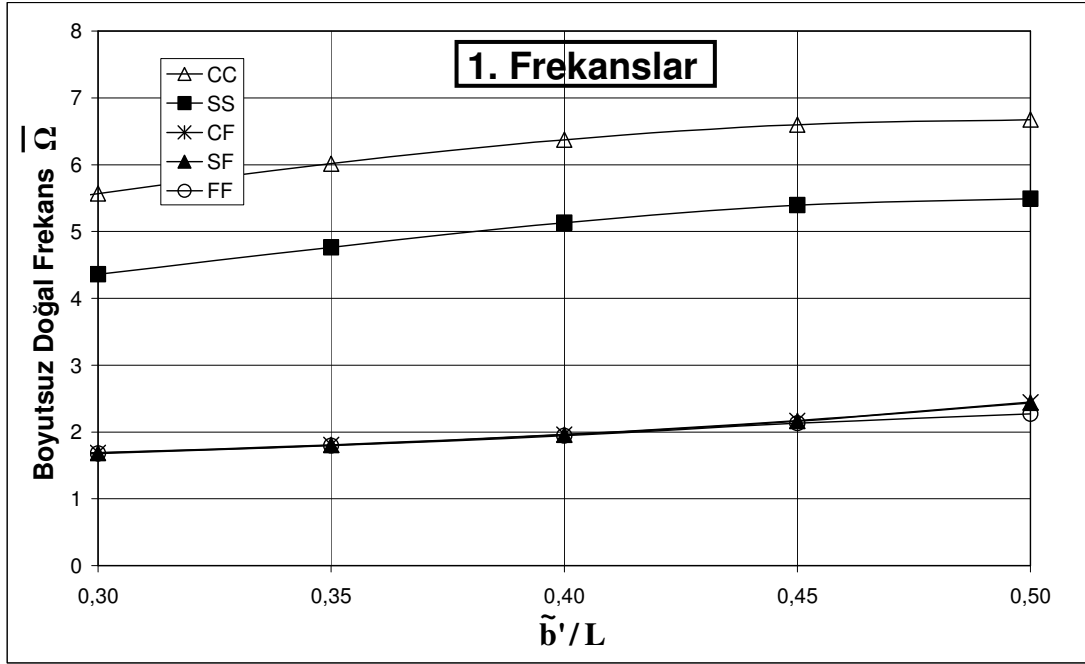
Şekil 6. 145. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)

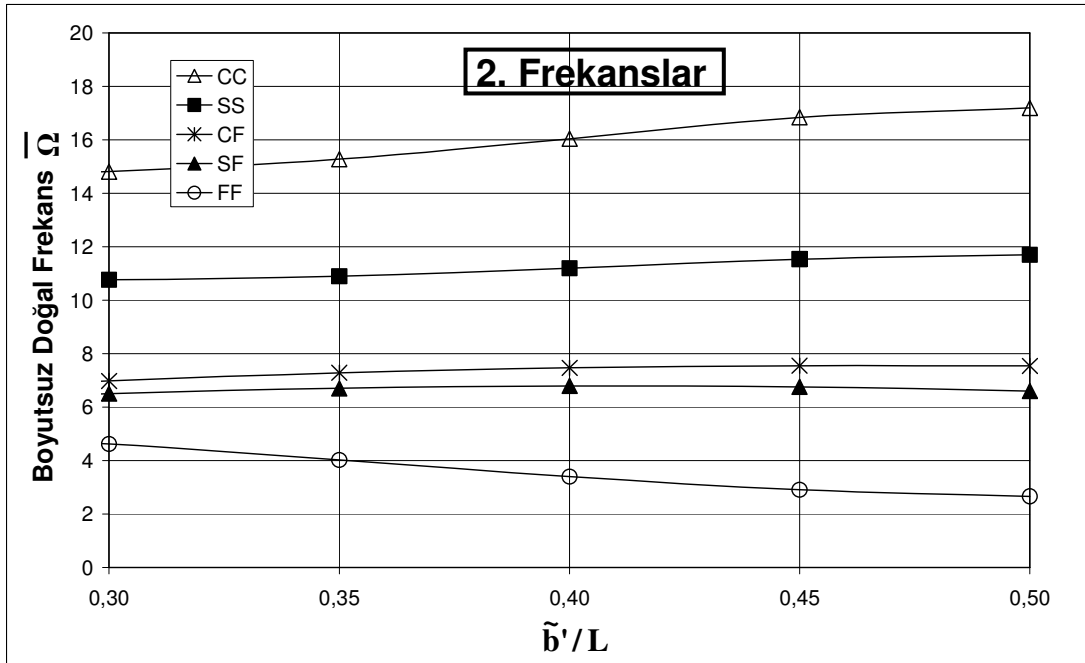


Şekil 6. 146. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)”
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

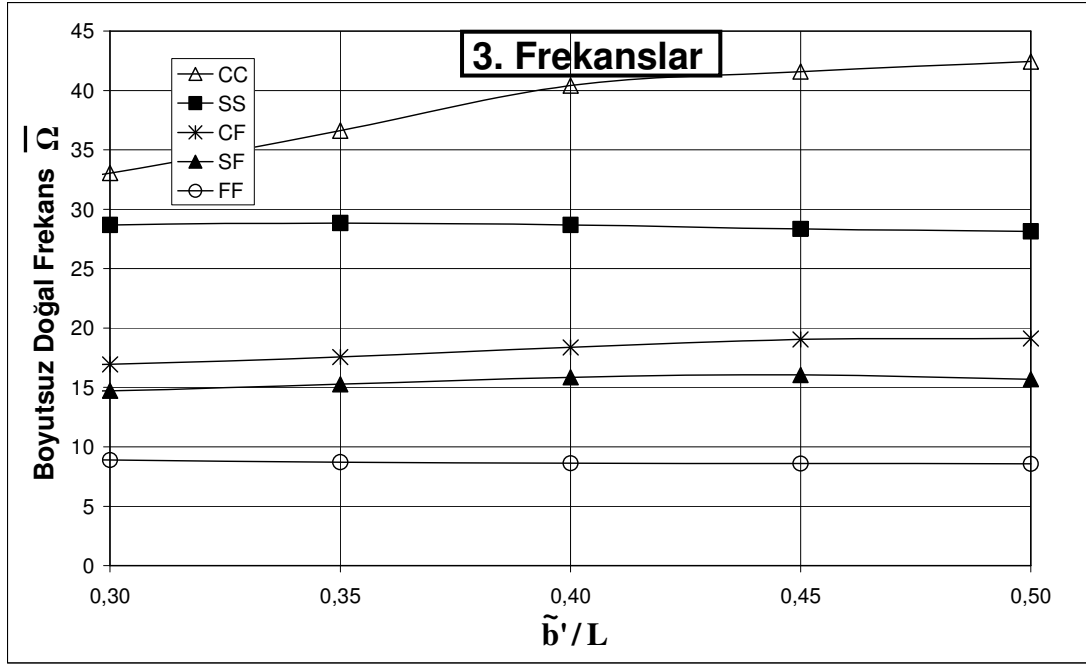


Şekil 6.147. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

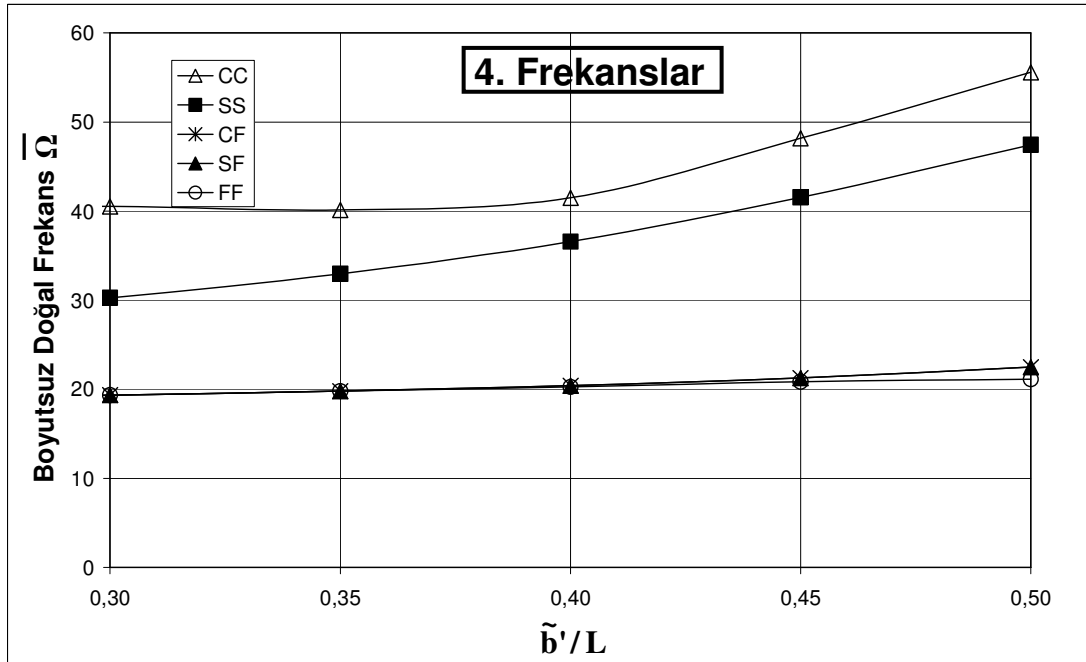


Şekil 6.148. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



Şekil 6.149. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.150. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Isot.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1=Al-Alloy, Plaka 2= Al-Alloy, Plaka 3= Al-Alloy)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

6.5. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma (“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”ye ait Mod Şekilleri ve Parametrik çalışma)

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”un Mod Şekilleri ve Parametrik Çalışmaları takip eden bölümde detaylı olarak verilmiştir. Kısaca yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; Şekil 6.151. ve Şekil 6.159. arasında değişken sınır şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF, FF ve ayrıca (CS, SC, FC, FS)) ilişkin Mod Şekilleri (1’den 6’ya kadar) ve şekil altlarında Boyutsuz Doğal Frekanları verilmiştir. Bununla birlikte, malzeme özellikleri, geometri özellikleri de belirtilmiştir.

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”un (kuvvetlendirici plakanın yanda olması durumunda), Plaka I; 12 istasyona, Plaka II; 7 istasyona ve Plaka III; 8 istasyona ayrılmıştır. Bunlar mod şekillerine bakılarakda görülebilir.

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”, Ortotropik malzeme olduğu için ve kuvvetlendirici plakanın yanda ($\tilde{b}'=0.375m$) bulunmasından ötürü, simetrik sınır şartlarında (CC, SS, FF gibi) mod şekillerinin simetrik veya çapraz simetrik (skew symmetric) olarak görülmez. Sınır şartları simetrik olmadığında (CF, SF gibi) ise, yukarıda belirtildiği gibi, ne simetriden (symmetric) nede çapraz simetriden (skew symmetric) bahsedilebilir. Mod Şekillerinde hareketsiz bölgeler (örneğin, Şekil 6.151.f ve Şekil 6.153.c’de görüldüğü gibi) oluşur.

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”, için yapılan parametrik çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz; “Aspek Oranı (ℓ_1/a)”, “Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_1/L)”, “Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)”, “Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)}(=D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$)” ve “Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{b}'/L$)” olarak sıralanır. Sınır Şartları sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF (ve ayrıca bazı parametrik çalışmalar CS, SC, FC, FS belirtilen Sınır Şartların içinde yapılmıştır) olarak parametrik çalışmalar oluşturulmuştur. Bu sayfalarda ikişer şekil bulunmaktadır,

bunlardan yukarıda olan şekil “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ın m’ye ve n’ye bağlı değerleri, altta bulunan şekilse “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ın sıralanması sonucu elde edilen değerleridir.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)” Şekil 6.160’dan Şekil 6.168’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.160.’dan Şekil 6.164’e kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekansları”nı gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.165’den Şekil 6.168’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Aspek Oranı (ℓ_I/a)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.165-166-167-168’de görüldüğü gibi). Burada bazı durumlarda Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir (Şekil 6.165. CF, SF, FF değerleri birbirlerine çok yakındır),

olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_I/L)” Şekil 6.169’dan Şekil 6.181’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.169’dan Şekil 6.177’ye kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.178’den Şekil 6.181’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen

Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kuvvetlendirici Genişlik Oranı (ℓ_1/L)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.178-179-180-181’de görüldüğü gibi). Buradaki “Boyutsuz Doğal Frekans” değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir,
- CC, CF ve FF’de mod değerleri birbirine çok yakın değerler çıkan noktalar bulunmuştur (ama aynı değerler değildir),
- Parametrik çalışmada grafikler çizilirken; x-ekseni 0,85’e kadar devam ederken, değerler 0,50’de sonlamaktadır. “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”de kuvvetlendirici pozisyonu gereği ($\tilde{b}'=0,375m$), kuvvetlendirici daha fazla büyütülememektedir. “Ana PROBLEM I.a (Orto.)” ile daha kolay mukayesesinin yapılabilmesi içinde x-ekseni 0,85’de bırakıldı, olduğundan bahsedebiliriz.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” Şekil 6.182’den Şekil 6.194’e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.182’den Şekil 6.190’a kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.191’den Şekil 6.194’e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Kalınlık Oranı ($h_2(=h_3)/h_1$)” nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,

- CC ve SS'nin, CF ve SF'nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.191-192-193-194'de görüldüğü gibi). Burada, CF, SF, FF (Şekil 6.161) değerleri birbirine çok yakın değerler olarak başlayıp (aynı değerler değildir) yan plaka kalınlıkları (Plaka II, Plaka III'ün kalınlığı) arttıkça birbirlerinden ayrılmaya başladığı görülmektedir. Benzer durum Şekil 6.194'de de görülmektedir, olduğundan bahsedebiliriz.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$)” Şekil 6.195'den Şekil 6.203'e kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.195'den Şekil 6.199'a kadar olan şekiller, “Sınır Şartları”na (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF'ye bağlı) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.200'den Şekil 6.203'e kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

“Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$)”nında;

- genel olarak frekans değerleri artış göstermektedir,
- CC ve SS'nin, CF ve SF'nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.200-201-202-203'de görüldüğü gibi, burada ilk üç frekans değerleri için benzerlik olduğu daha sonra bu benzerliğin kaybolduğu görülmektedir). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
- “Burada Eğilme Rijitliği Oranı ($D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$)”nı hesaplarken, malzemenin ortotropik olmasından dolayı Eğilme Rijitliği Oranı hesaplanırken $D_{22}^{(1)}$ değerini sabit olarak alıp, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ değerlerini değişken olarak kabul ettik. Daha detaylı söylemek gerekirse, $D_{22}^{(1)}$ 'nin hesaplanmasında kullanılan ν_{12} , ν_{21} , $E_y^{(1)}$ değerleri ve $E_x^{(1)}$ değeri sabit

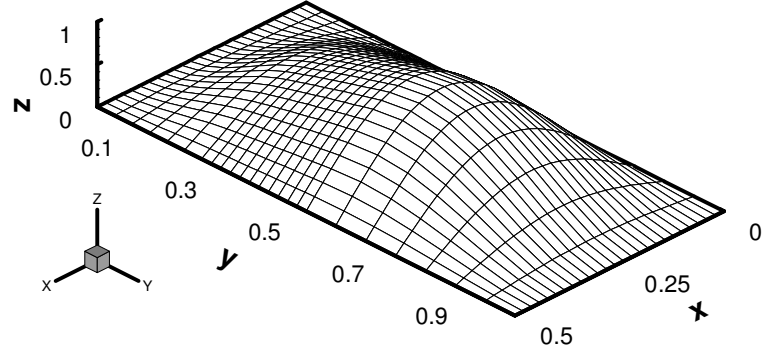
olarak kabul edilmiştir. Buna karşılık $\mathbf{D}_{22}^{(2)} (= \mathbf{D}_{22}^{(3)})$ değeri değiştirilmiştir. Değişen ve değişmeyen değerleri şöyle sıralayabiliriz; $\mathbf{v}_{12}$, $\mathbf{v}_{21}$, $\mathbf{E}_x^{(2)} (= \mathbf{E}_x^{(3)})$ değerleri sabit olarak alınırken, $\mathbf{E}_y^{(2)} (= \mathbf{E}_y^{(3)})$ değerleri değişken olarak seçildi, olduğundan bahsedebiliriz.

“Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{\mathbf{b}}'/\mathbf{L}$)” Şekil 6.204’den Şekil 6.216’ya kadar olan kısımda incelenmiştir. Şekil 6.204’den Şekil 6.212’ye kadar olan şekiller, Sınır Şartlarına (sırasıyla; CC, SS, CF, SF ve FF’ye bağlı (ve ilaveten CS, SC, FC ve FS parametrik çalışmalarıda)) bağlı olarak değişen “Boyutsuz Doğal Frekanslar”ını gösteriyor (Burada şekil altında yazılan açıklamalarda, “Boyutsuz Doğal Frekanslar” bulunurken değişen parametreler ve sabit parametreler belirtilmiştir.). Şekil 6.213’den Şekil 6.216’ya kadar olan kısımda ise 1. Frekans, 2. Frekans, 3. Frekans ve 4. Frekans değerlerinin değişen Sınır Şartlarında nasıl değiştiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuştur.

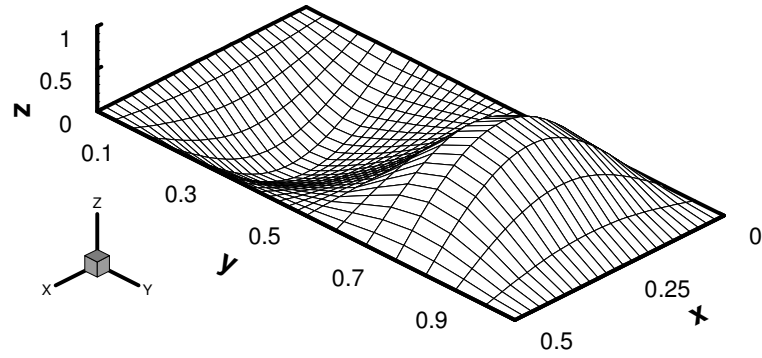
“Kuvvetlendirici Pozisyon Oranı ($\tilde{\mathbf{b}}'/\mathbf{L}$)”nında;

- genel olarak frekans değerleri (birinci üçüncü frekanslar için) artış göstermektedir, ama ikinci, dördüncü, beşinci ve altıncı frekans değerlerinde dalgalanmalar görülmektedir,
 - CC ve SS’nin, CF ve SF’nin Şekillerdeki artış trendleri birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 6.213-214-215-216’ya görüldüğü gibi). Buradaki Boyutsuz Doğal Frekans değerleri birbirine yakındır ama aynı değerler değildir.
 - FF’de ise, 2. ve 3. frekans değerlerinde azda olsa azalış görülürken, 6. frekans değerinde bu azalış daha belirgindir ve 5. frekans değerinde ise kuvvetli bir düşüş olmaktadır,
- olduğundan bahsedebiliriz.

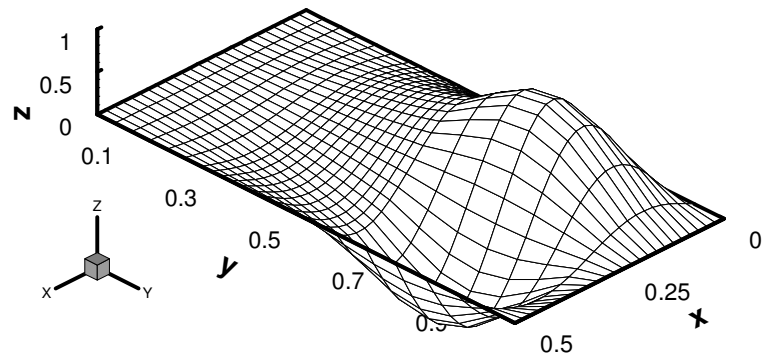
6.5.1. “Ana PROBLEM I.b (Orto.)”nun Mod Şekilleri ve karşılık gelen boyutsuz doğal frekans değerleri “Çeşitli Sınır Şartları” için



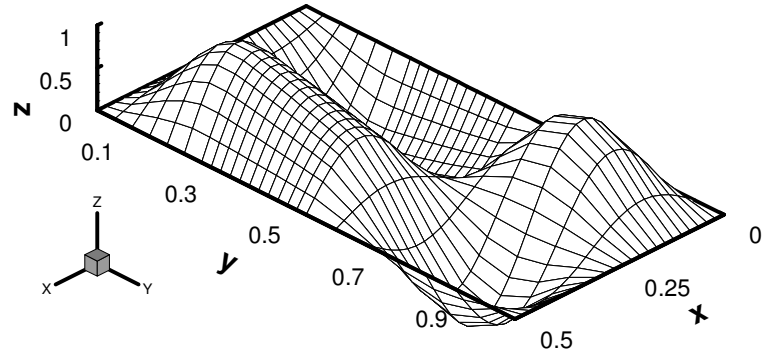
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 10,781$



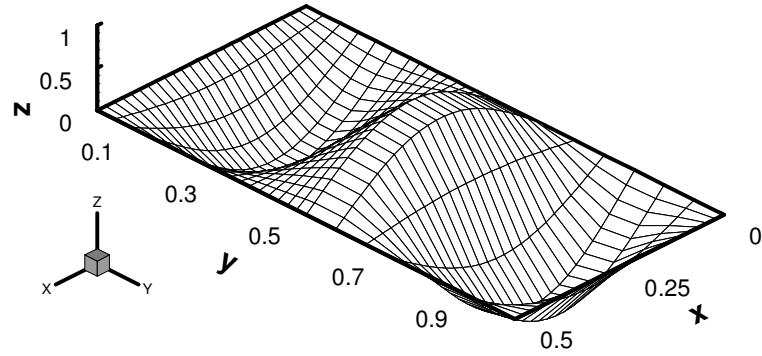
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 50,457$



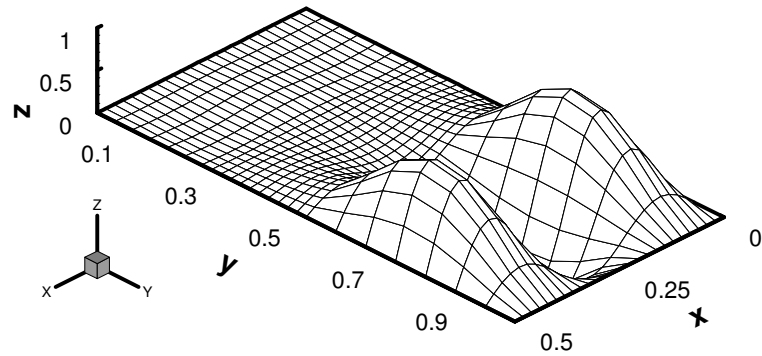
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 65,645$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 121,506$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 144,486$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 169,134$

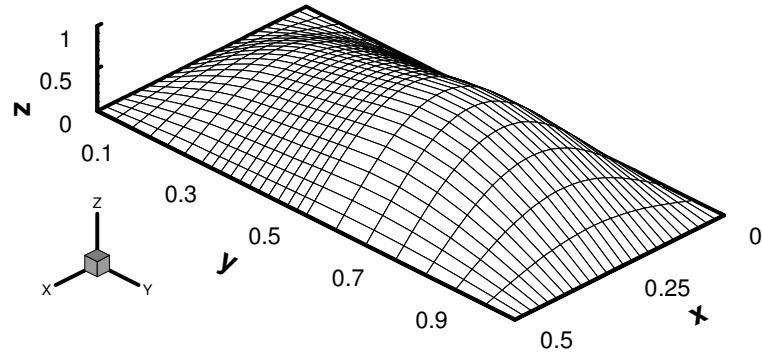
Şekil 6.151. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

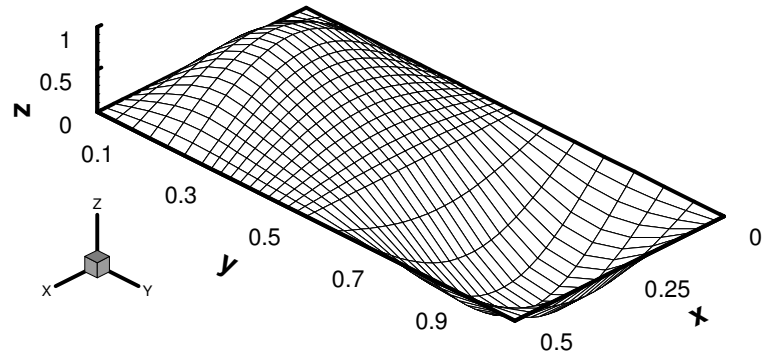
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

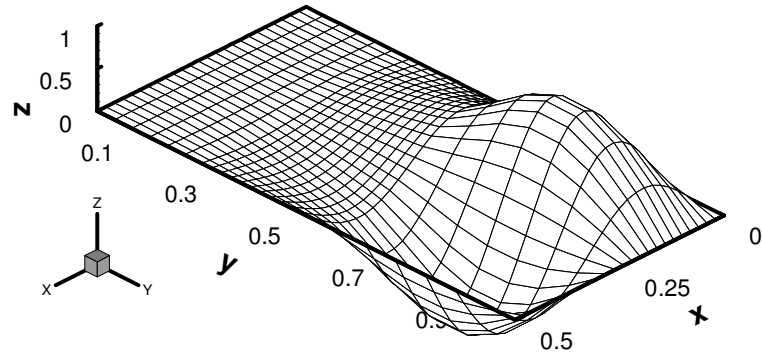
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CC)



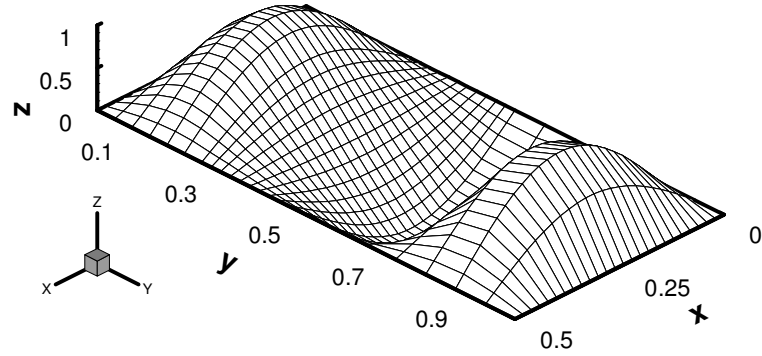
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 6,911$



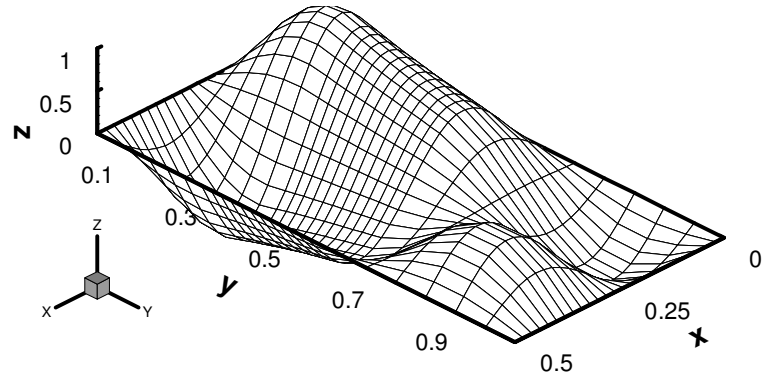
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 28,178$



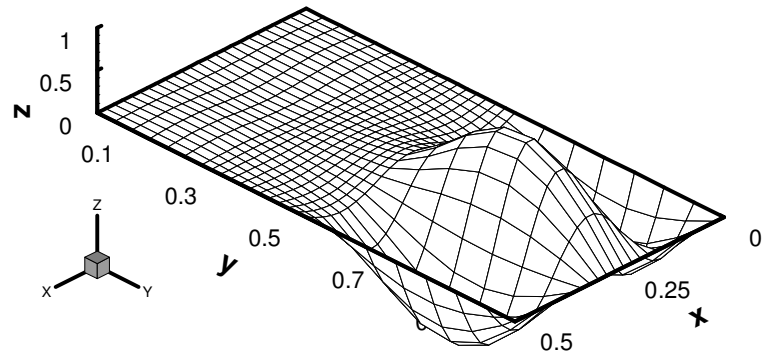
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 51,114$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 97,211$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 101,633$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 147,726$

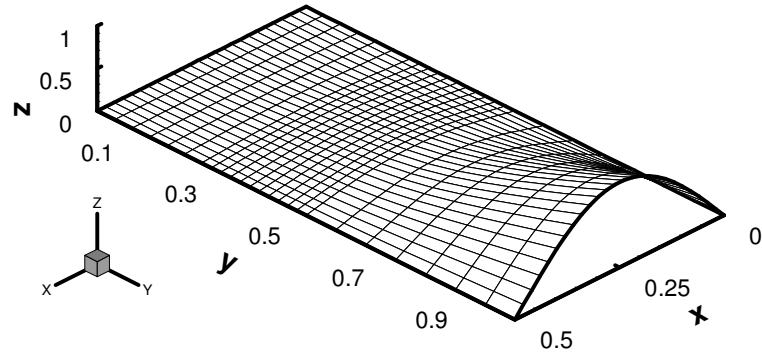
Şekil 6.152. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mode Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

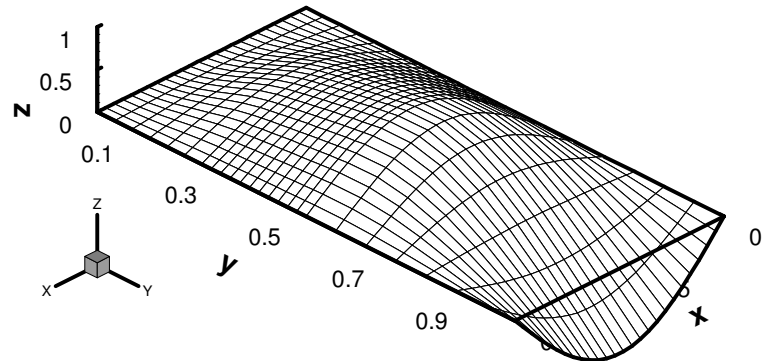
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

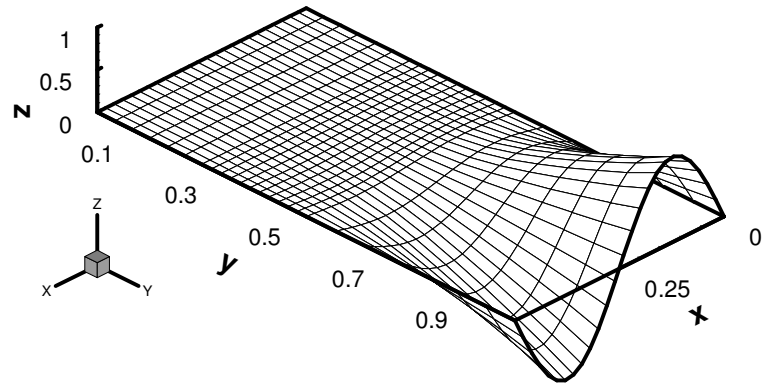
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SS)



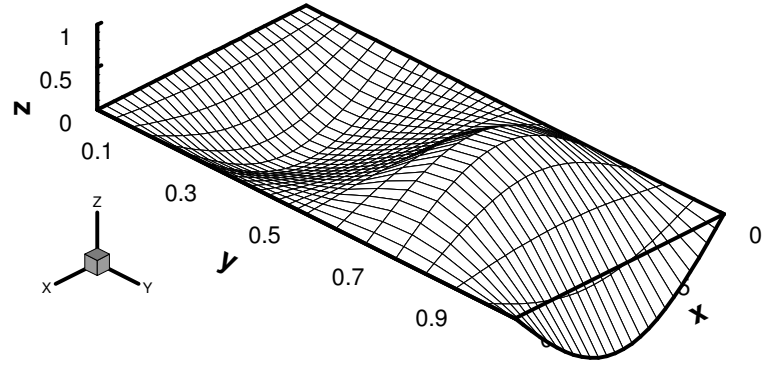
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,549$



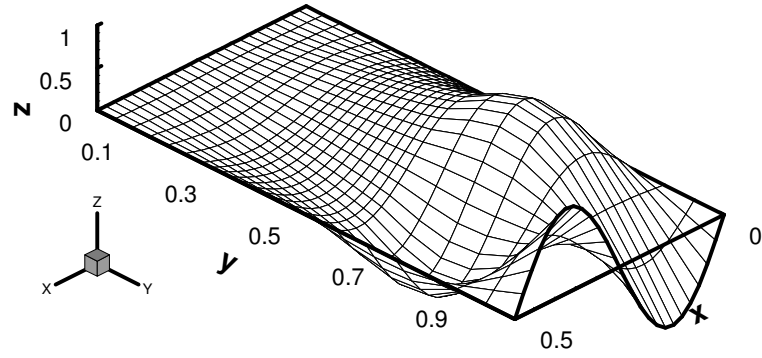
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 11,573$



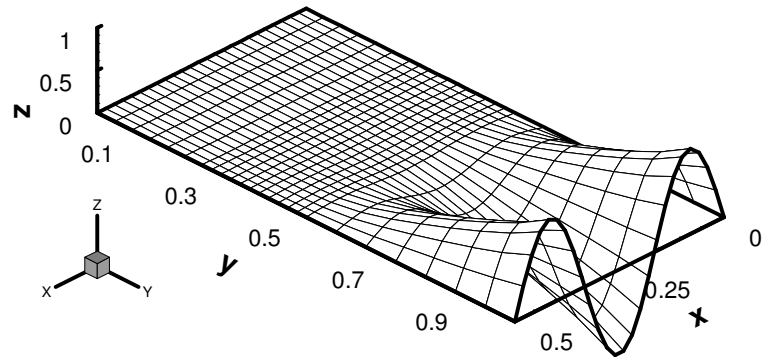
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 23,015$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 53,221$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 72,608$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 101,237$

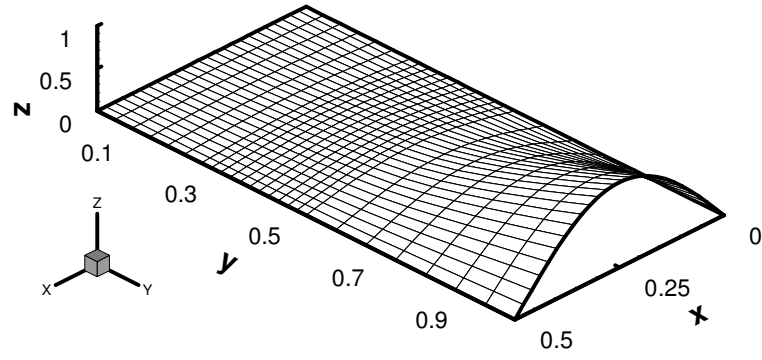
Şekil 6.153. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

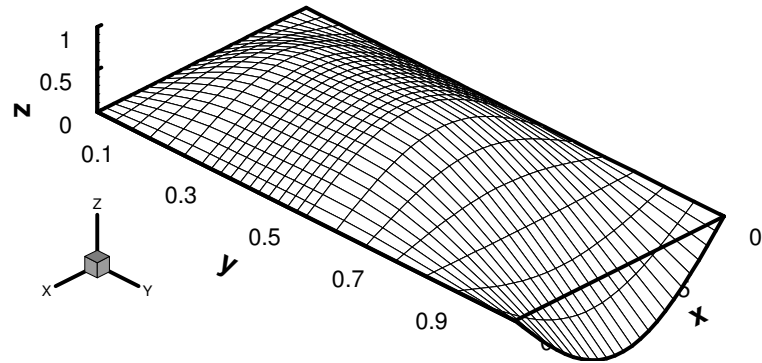
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

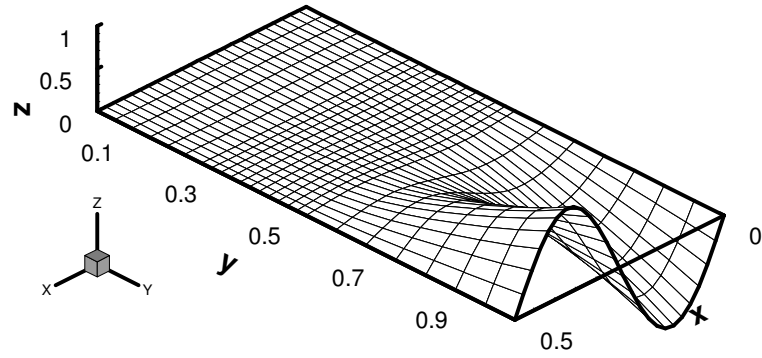
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CF)



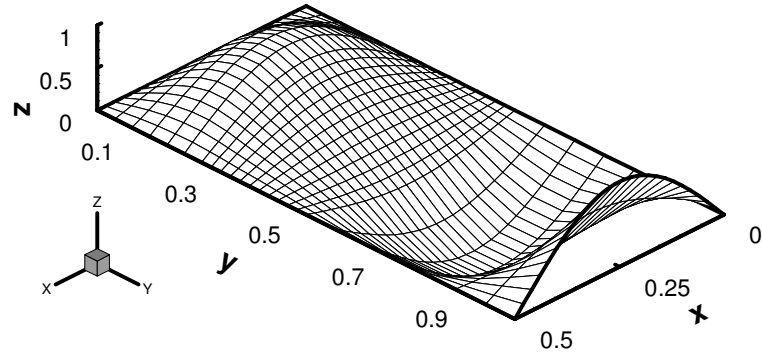
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,520$



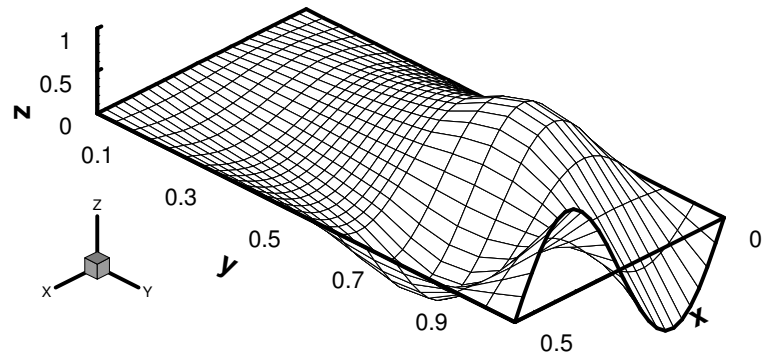
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 9,302$



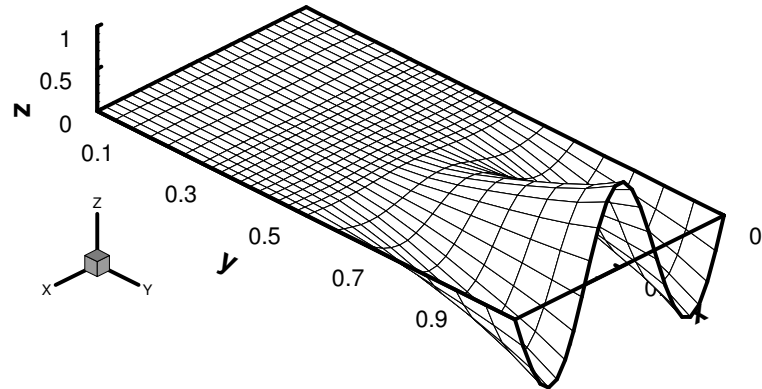
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 23,011$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 40,975$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 72,303$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 101,235$

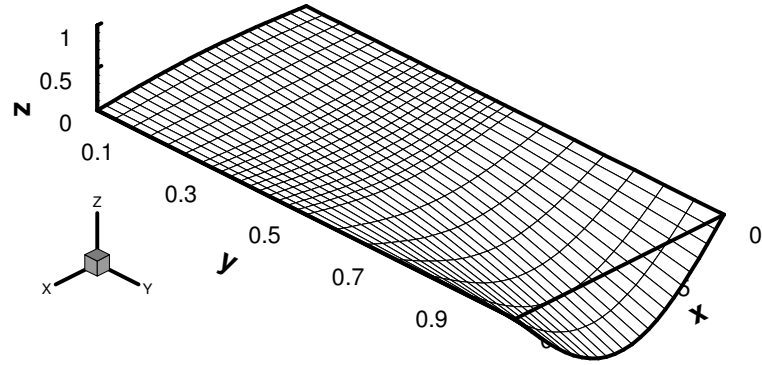
Şekil 6.154. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

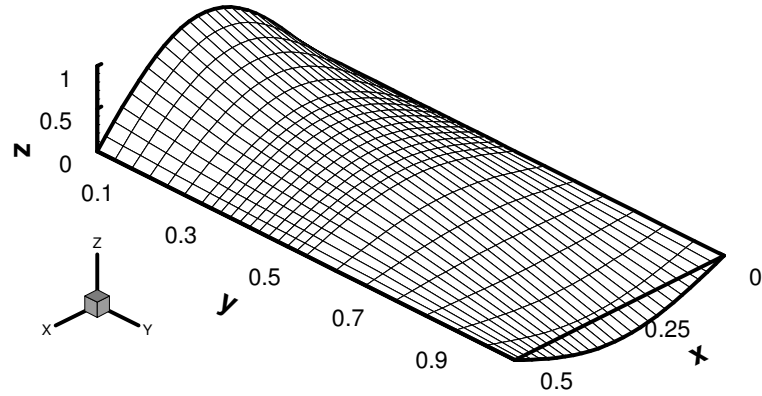
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

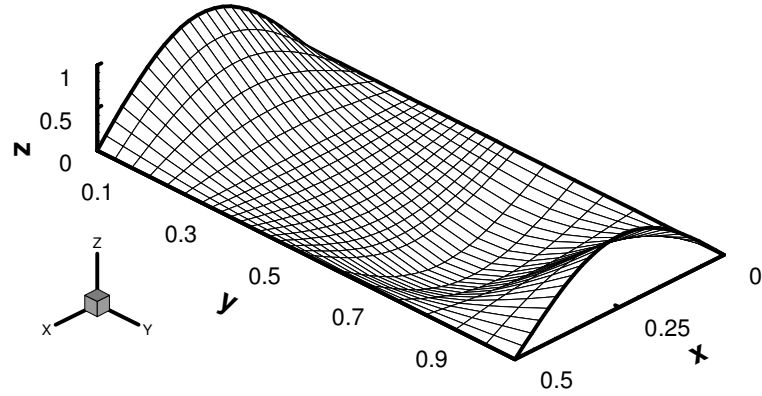
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SF)



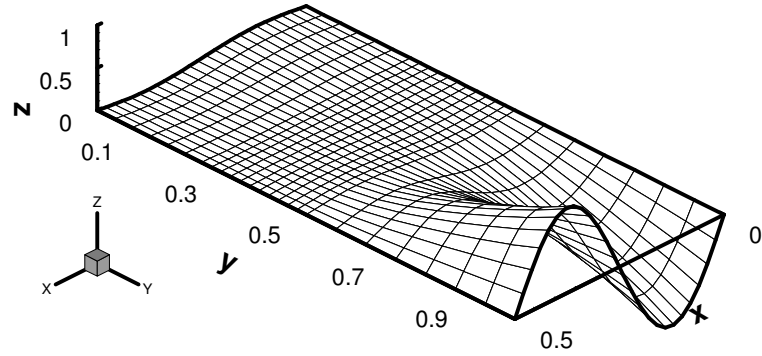
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 2,507$



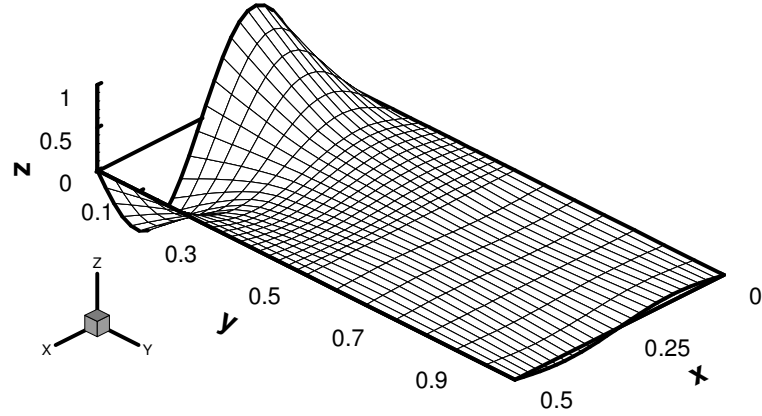
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 5,049$



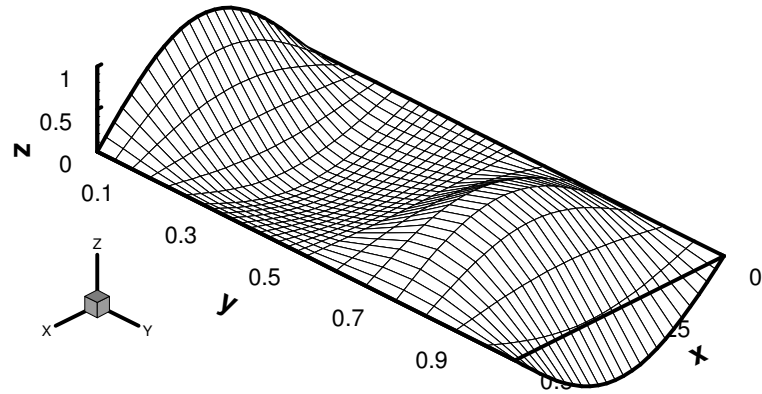
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{13} = 15,733$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{21} = 22,979$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 40,252$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{14} = 64,772$

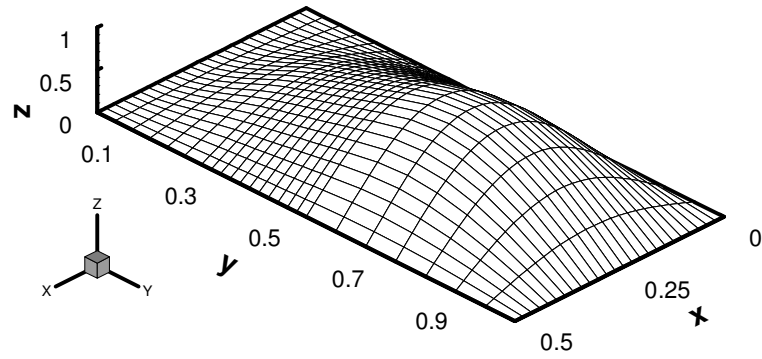
Şekil 6.155. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

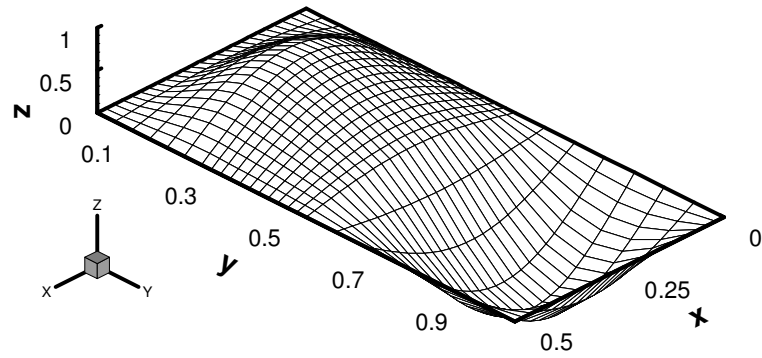
(Plaka1=Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

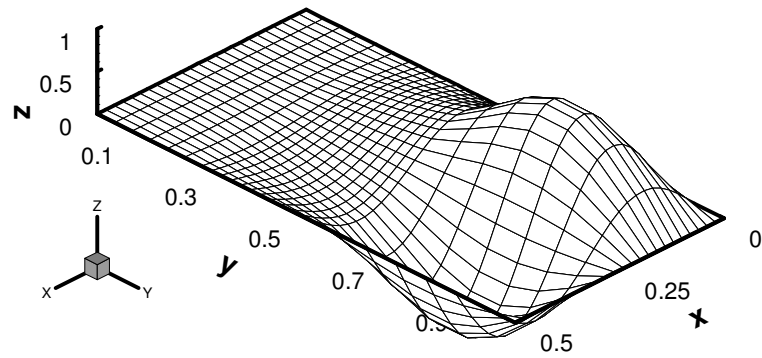
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FF)



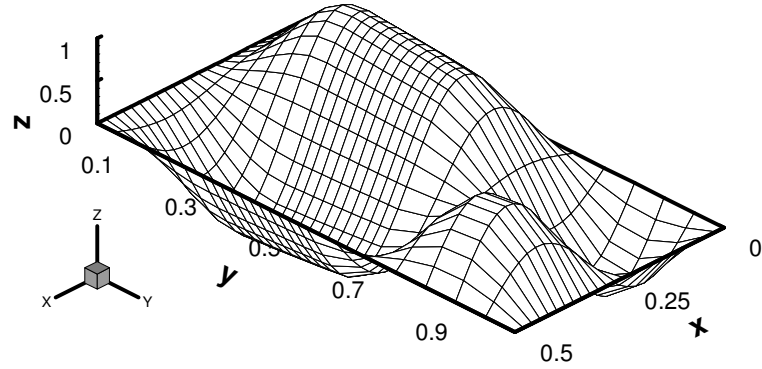
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 8,145$



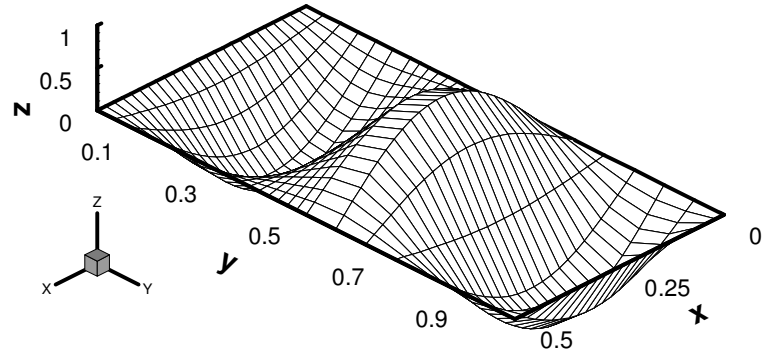
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 36,419$



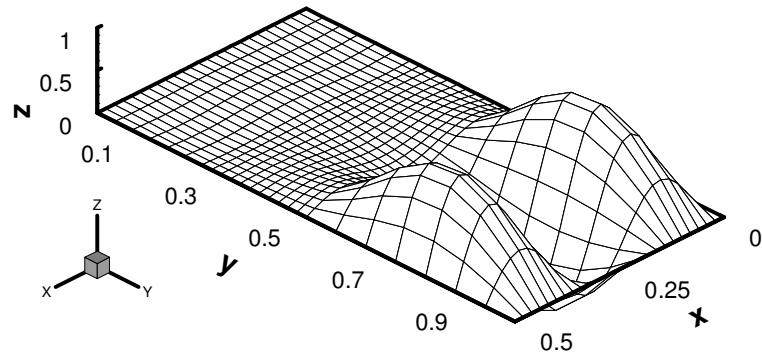
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 51,114$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 112,356$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 116,980$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 147,748$

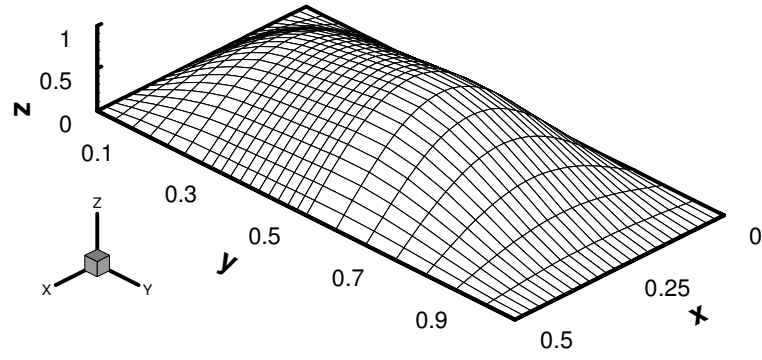
Şekil 6. 156. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

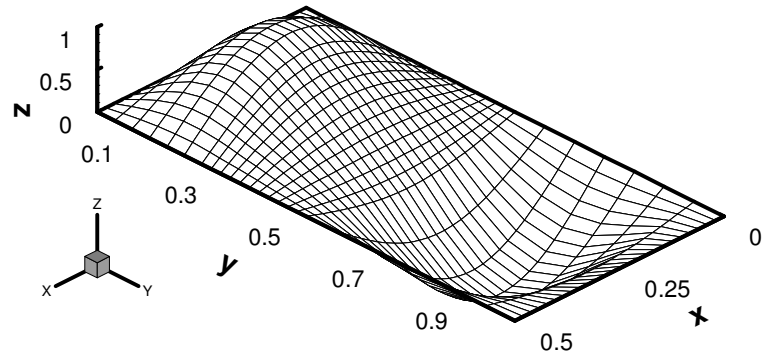
(Plaka1=Grafite-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.50\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

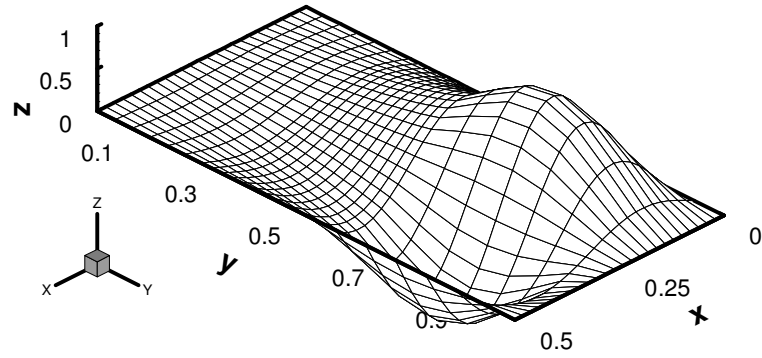
(Sınır Şartları y-doğrultusunda CS)



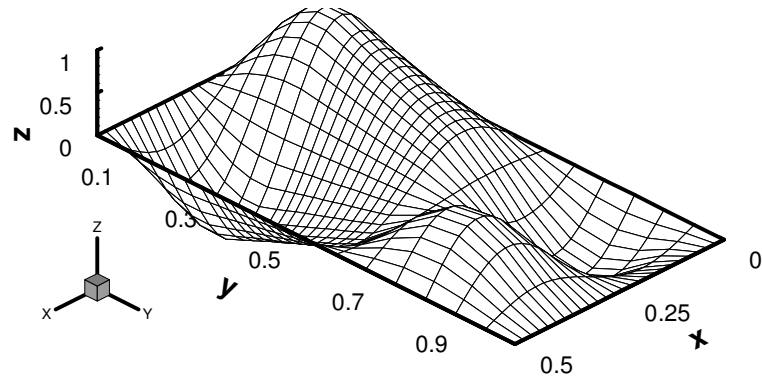
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 8,682$



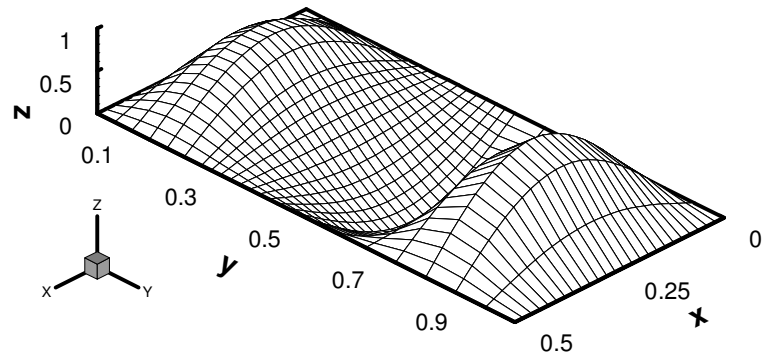
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 38,965$



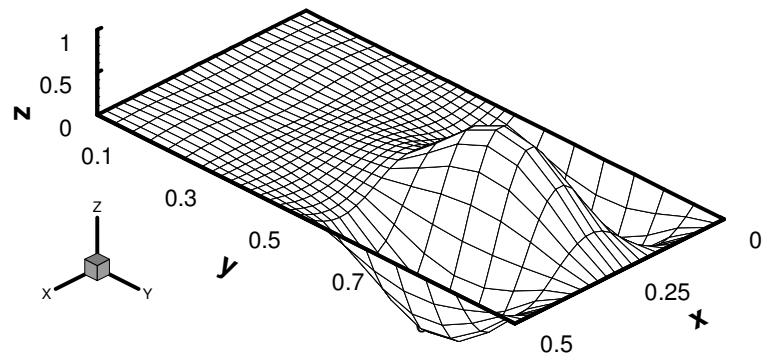
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 65,557$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{22} = 107,338$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{13} = 125,183$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{31} = 169,097$

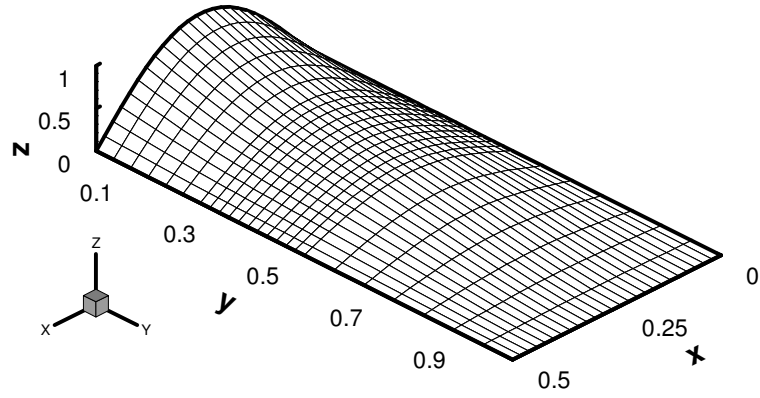
Şekil 6. 157. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

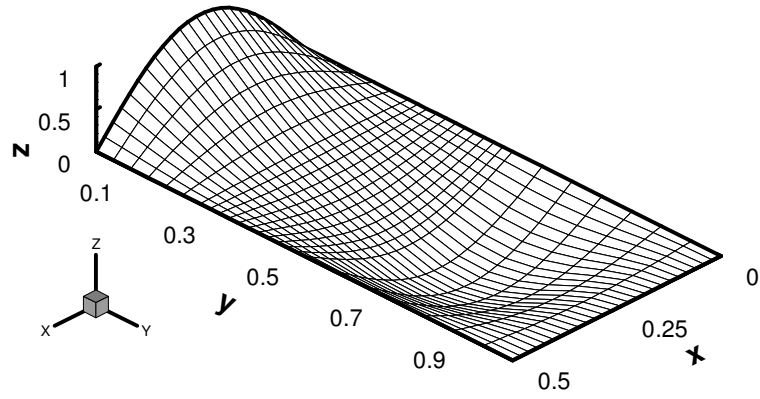
(Plaka1=Grafite-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

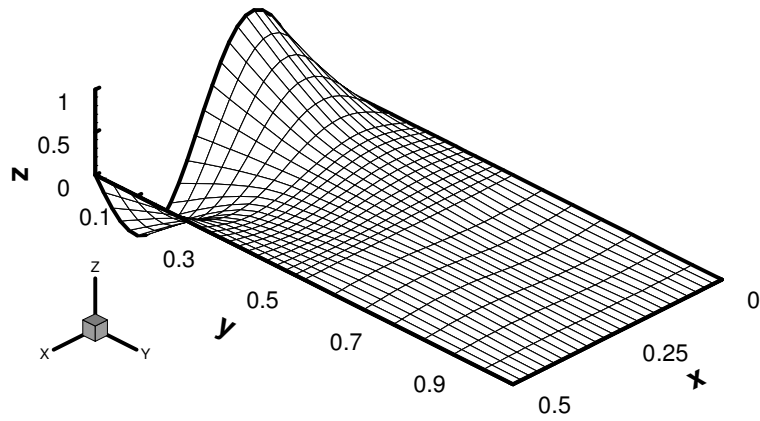
(Sınır Şartları y-doğrultusunda SC)



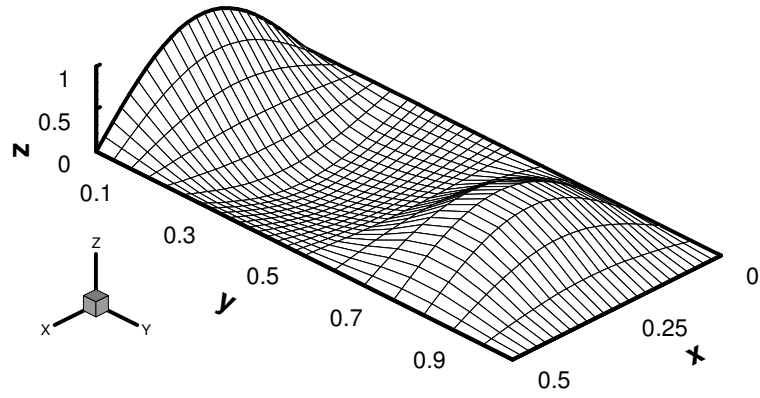
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 5,041$



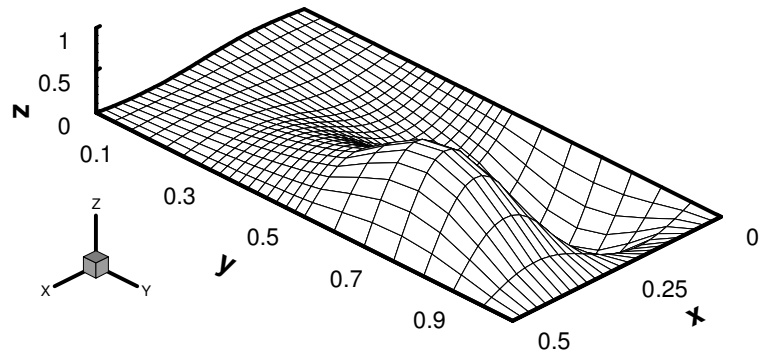
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 14,622$



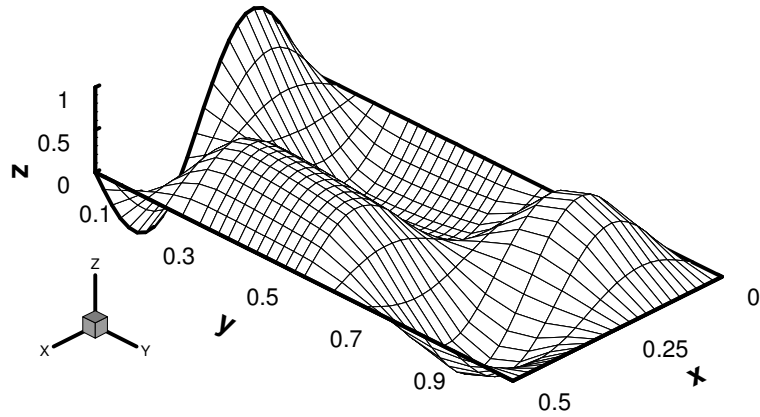
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 40,178$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 61,483$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 65,570$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{23} = 128,427$

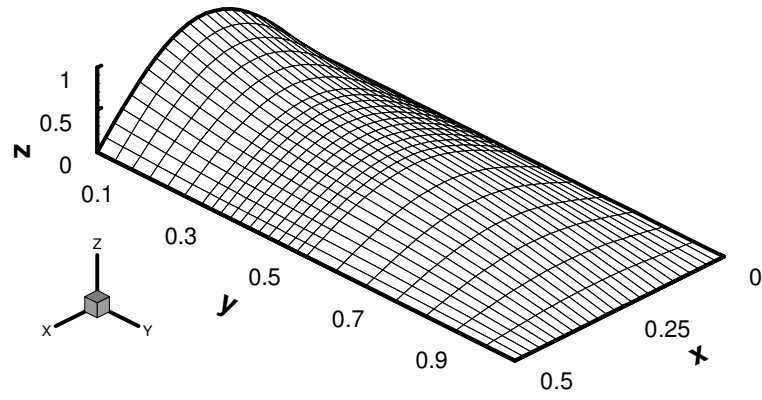
Şekil 6. 158. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

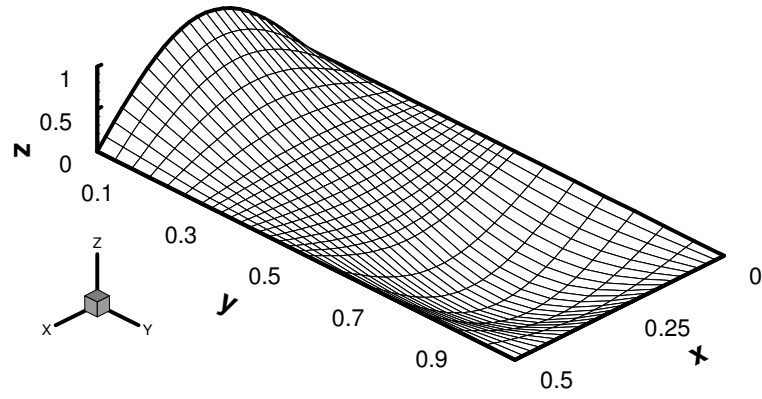
(Plaka1=Grafite-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

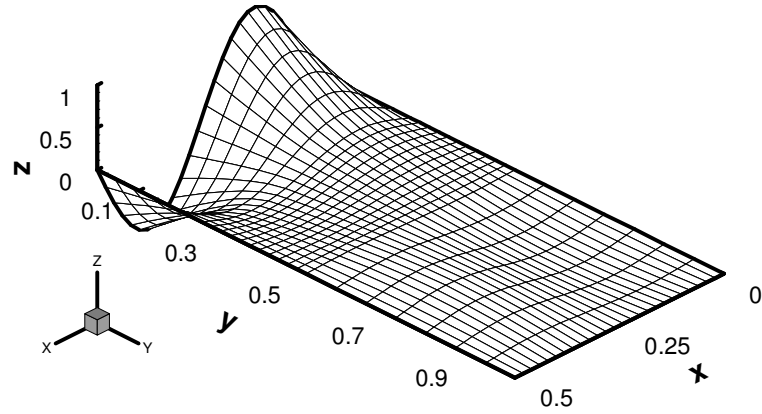
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FC)



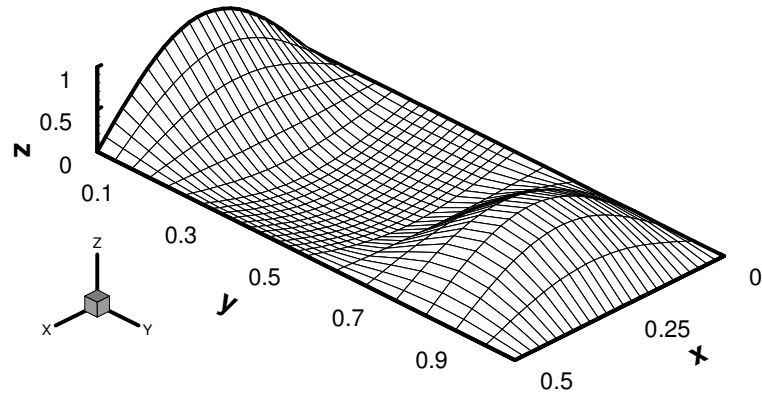
a) Birinci Mod, $\bar{\Omega}_1 = \bar{\omega}_{11} = 4,808$



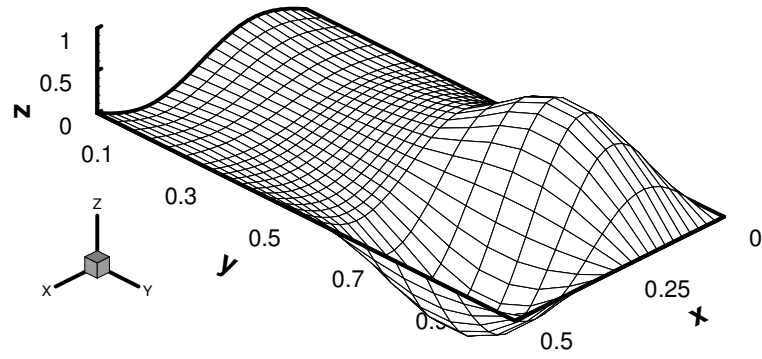
b) İkinci Mod, $\bar{\Omega}_2 = \bar{\omega}_{12} = 10,805$



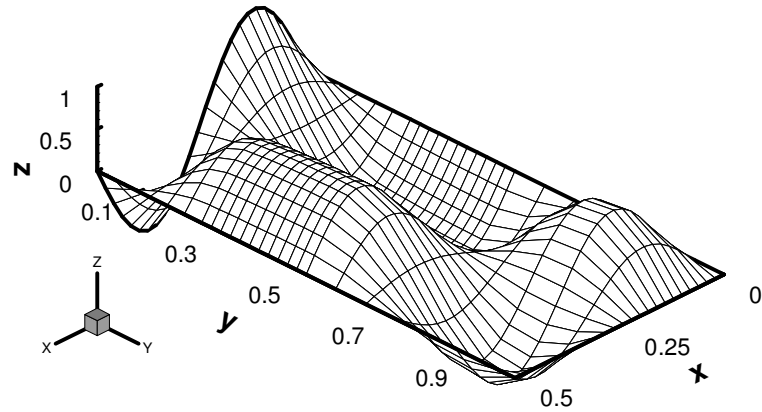
c) Üçüncü Mod, $\bar{\Omega}_3 = \bar{\omega}_{21} = 40,022$



d) Dördüncü Mod, $\bar{\Omega}_4 = \bar{\omega}_{13} = 45,639$



e) Beşinci Mod, $\bar{\Omega}_5 = \bar{\omega}_{22} = 51,270$



f) Altıncı Mod, $\bar{\Omega}_6 = \bar{\omega}_{23} = 117,134$

Şekil 6. 159. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani Değişken-Kalınlıklı (Kuvvetli. Yanda) Plaka ve Paneller” de Mod Şekilleri ve Doğal Frekanslar

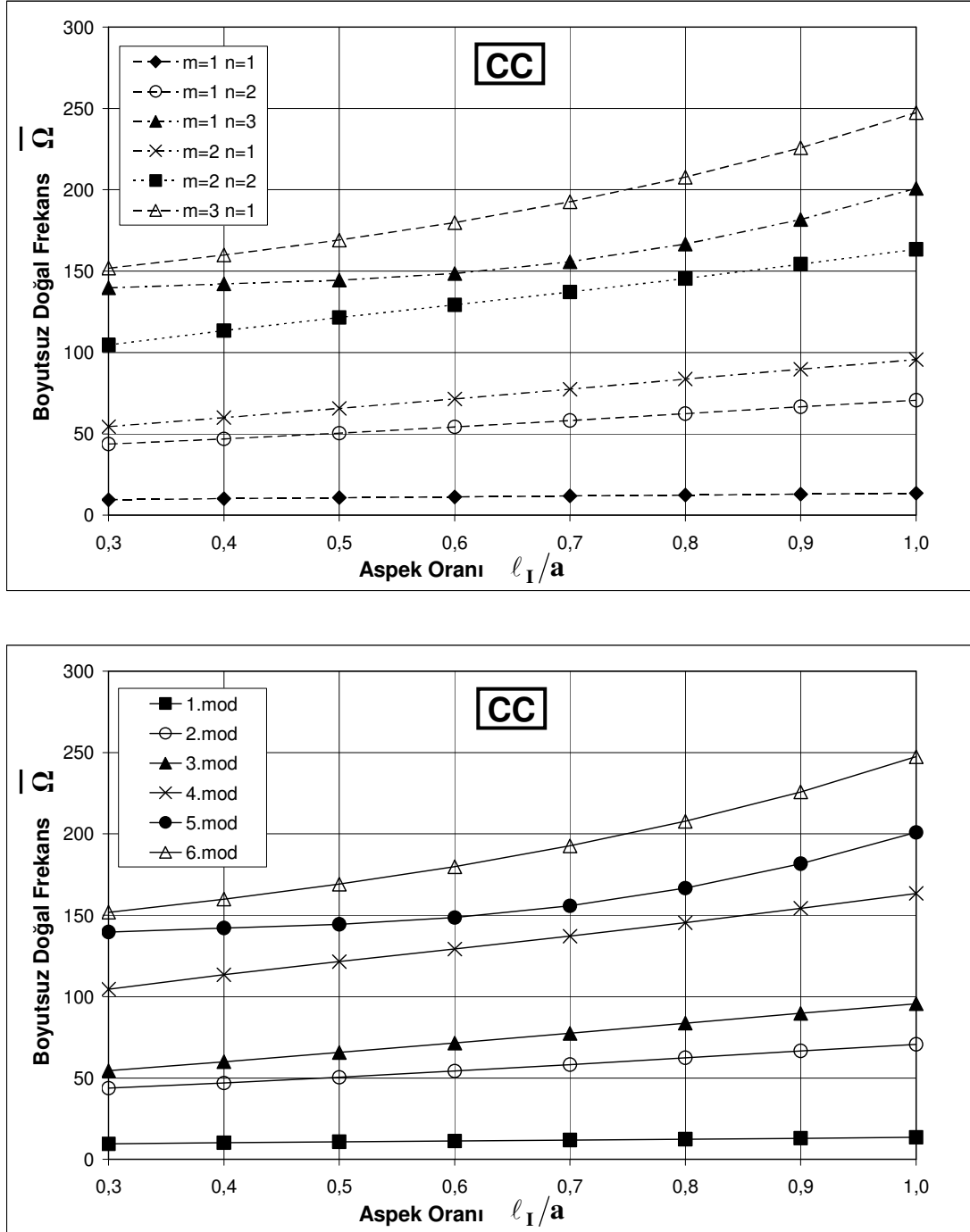
“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1=Grafite-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.5\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)

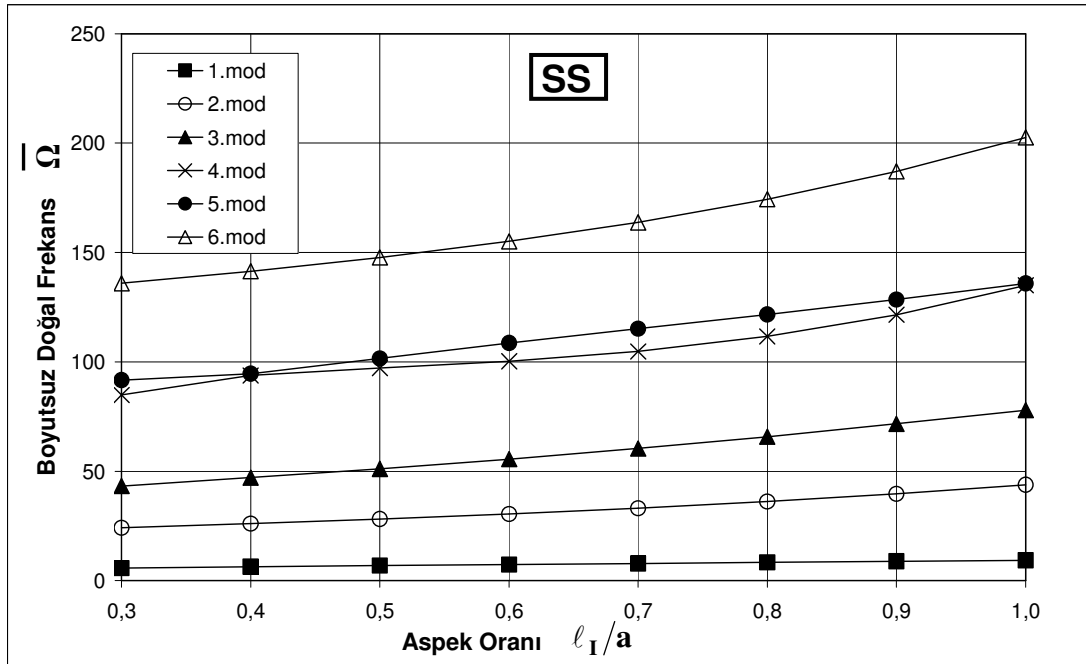
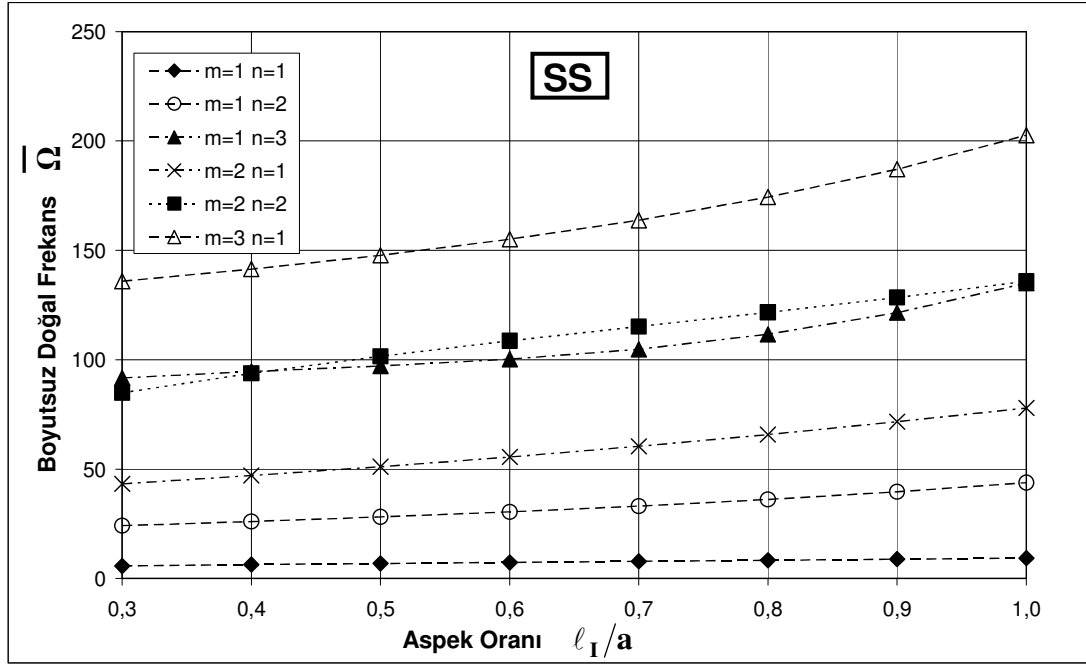
(Sınır Şartları y-doğrultusunda FS)

6.5.2. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)” için Parametrik Çalışma



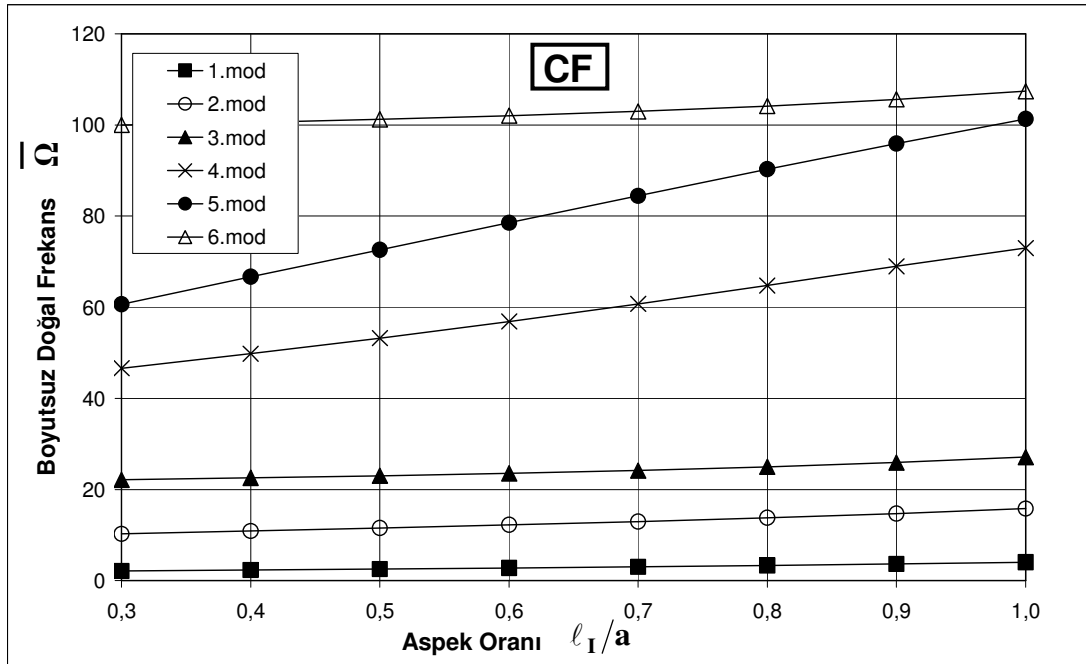
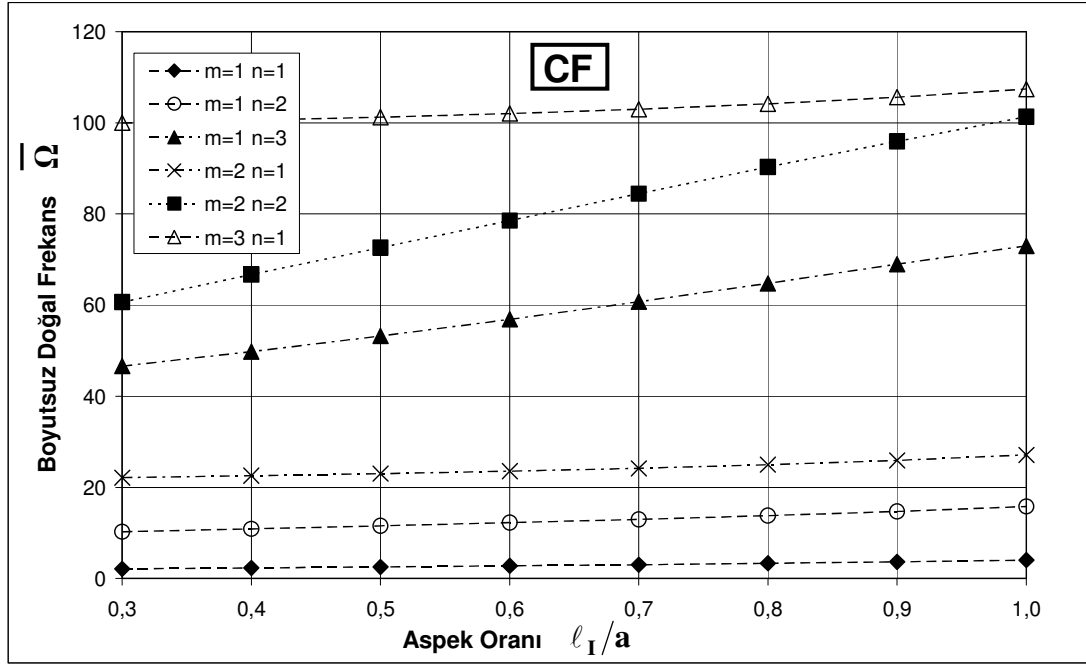
Şekil 6.160. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



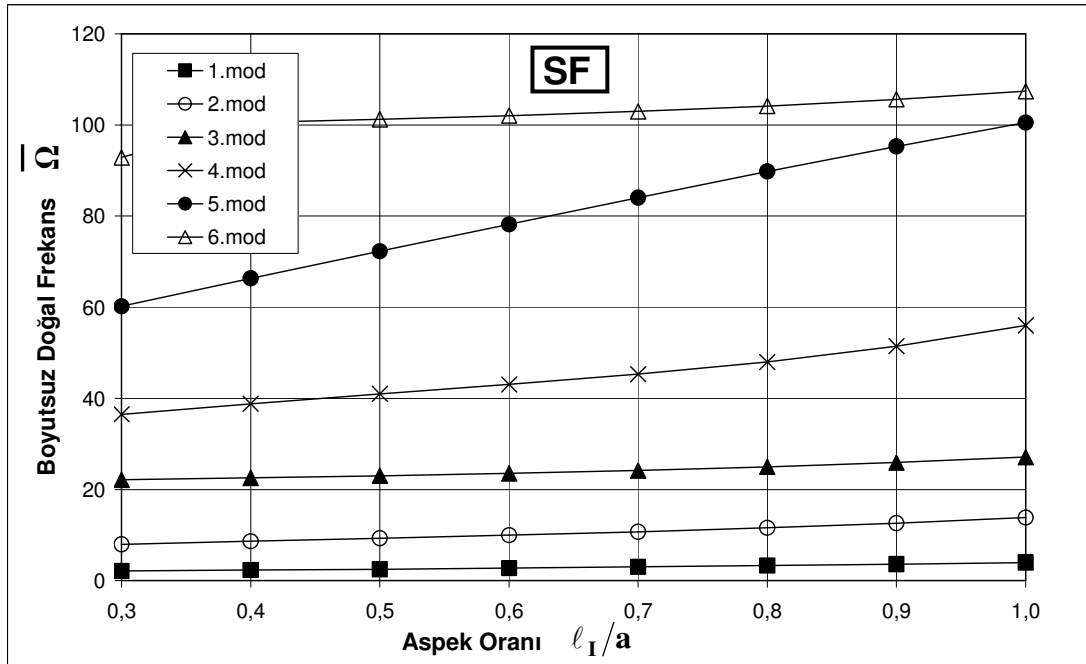
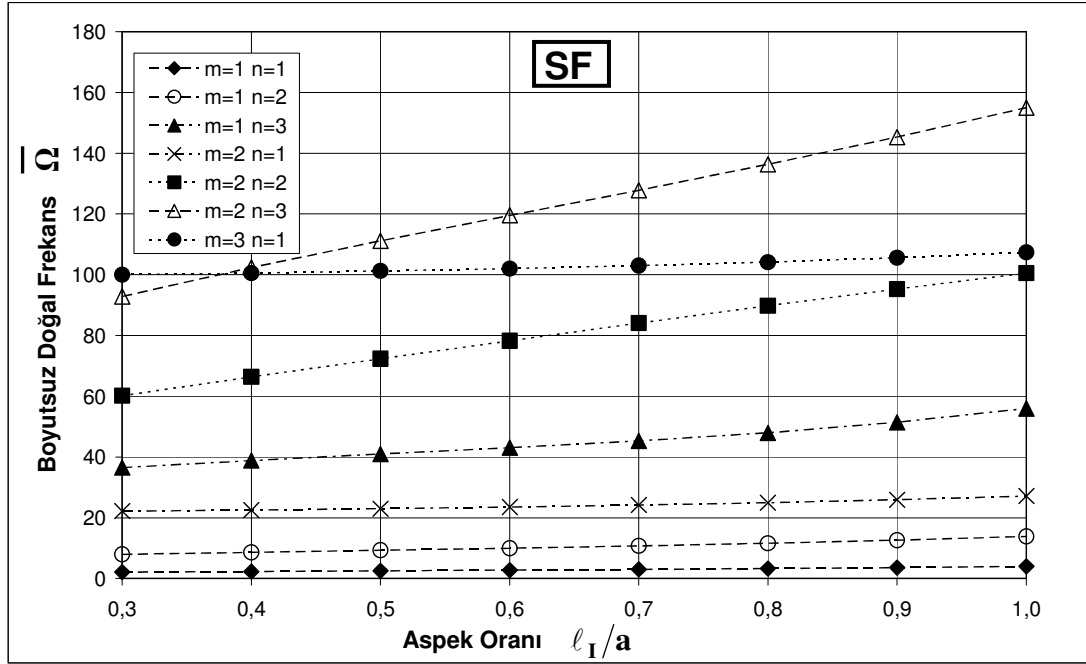
Şekil 6.161. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı l_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



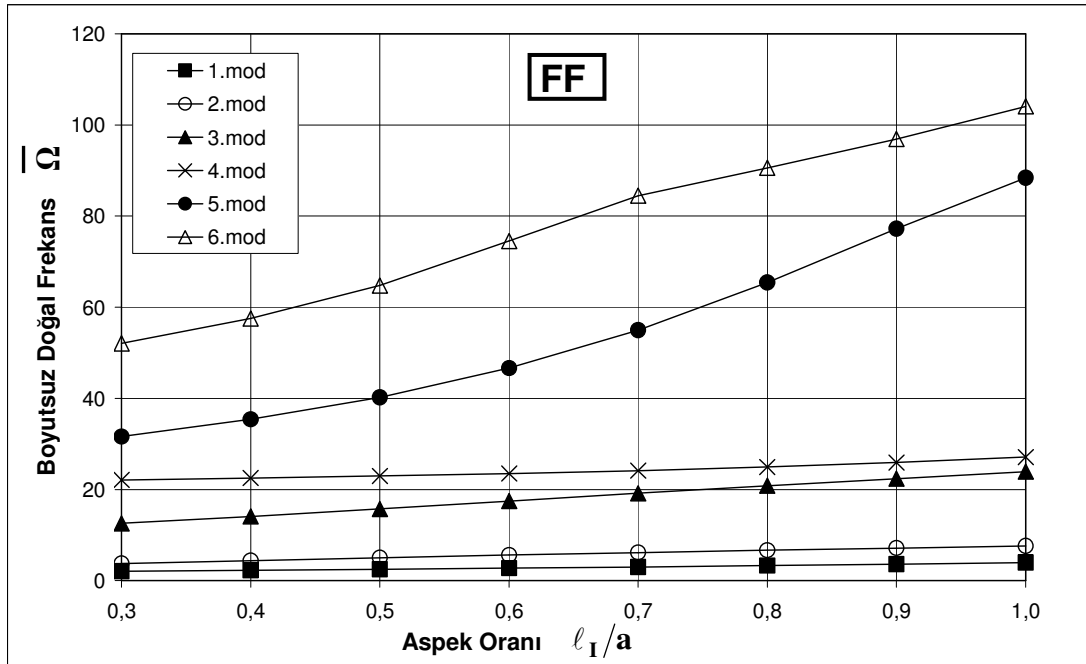
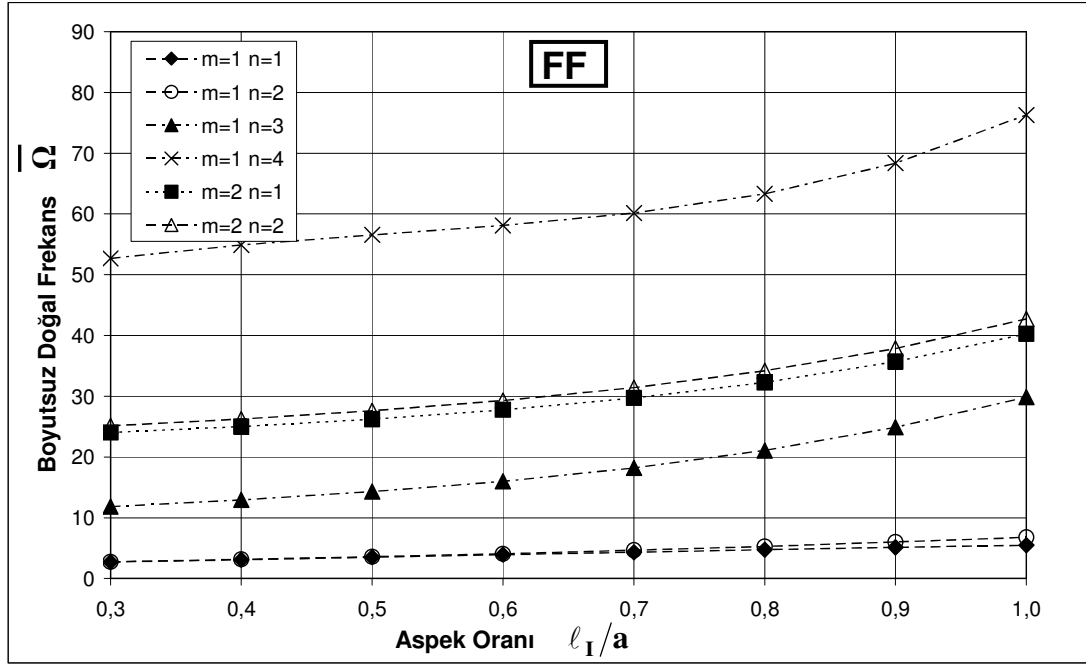
Şekil 6.162. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Aspek Oranı ℓ_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



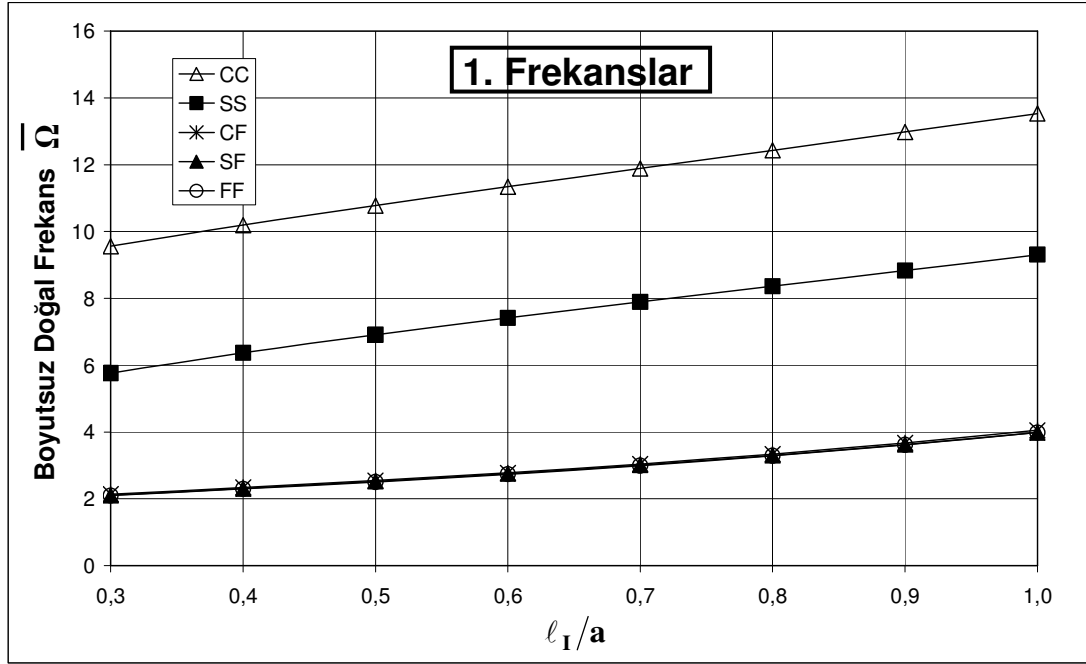
Şekil 6.163. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Aspek Oranı l_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)

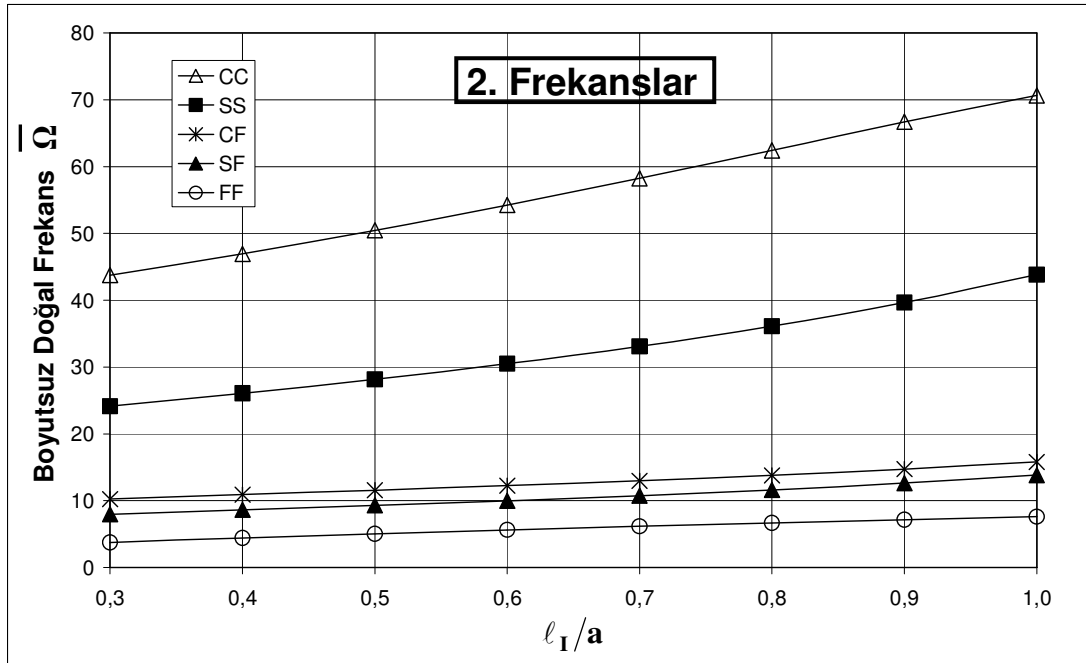


Şekil 6.164. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Aspek Oranı l_I/a ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m, a=0.50m, h_1=0.04m, h_2=h_3=0.02m, L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

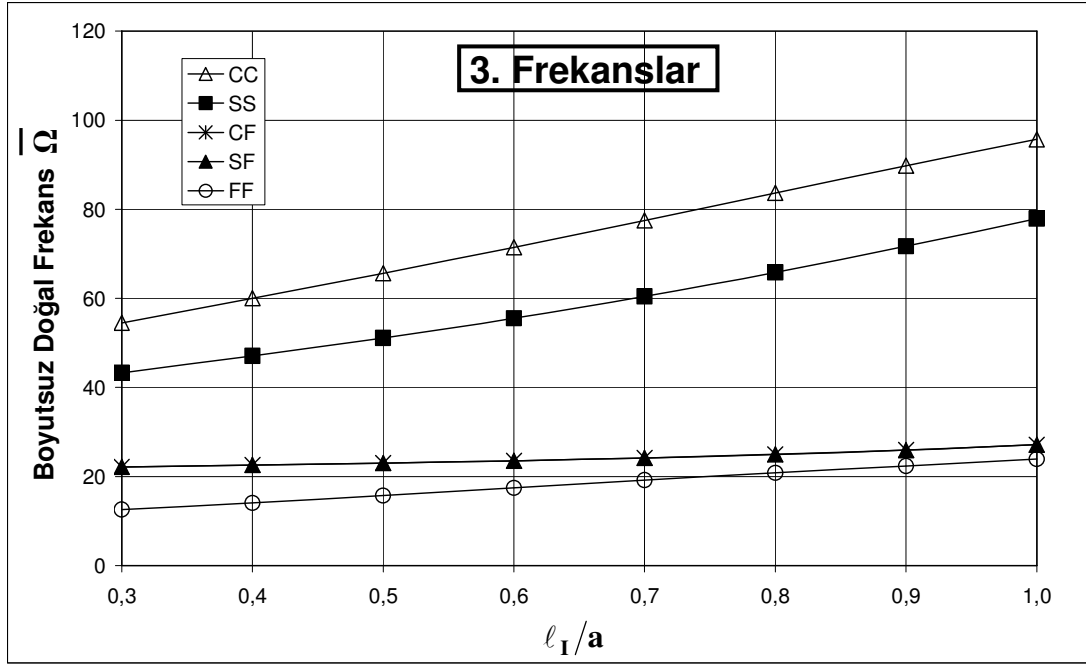


Şekil 6.165. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

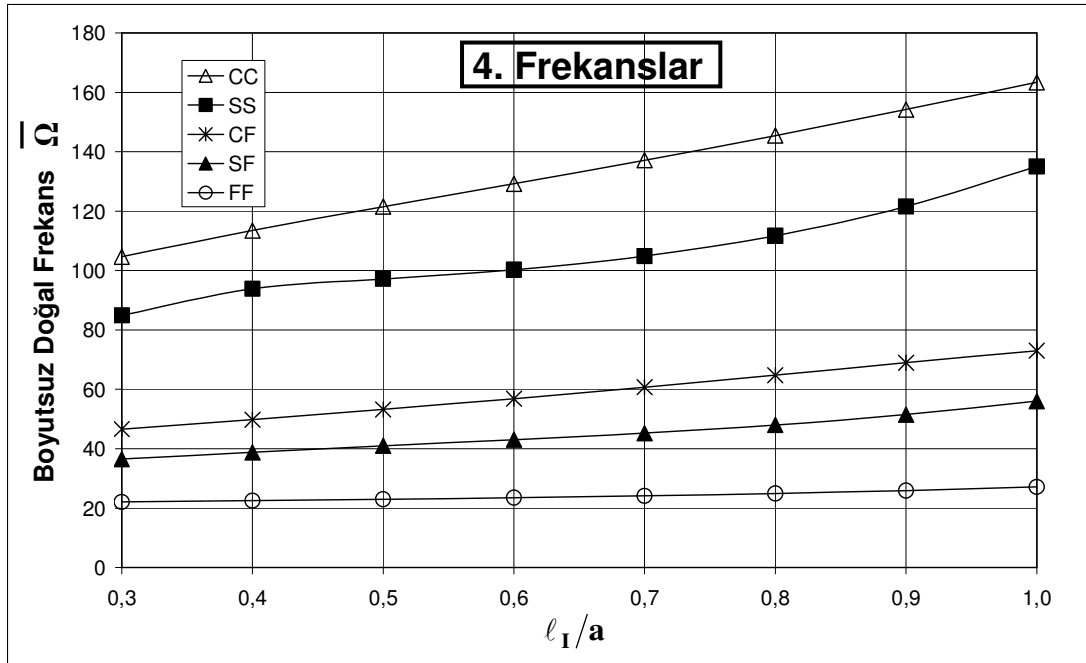


Şekil 6.166. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 (l_I , l_{II} = l_{III} = değişken, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = 0.02m$, $L = 1.00m$)

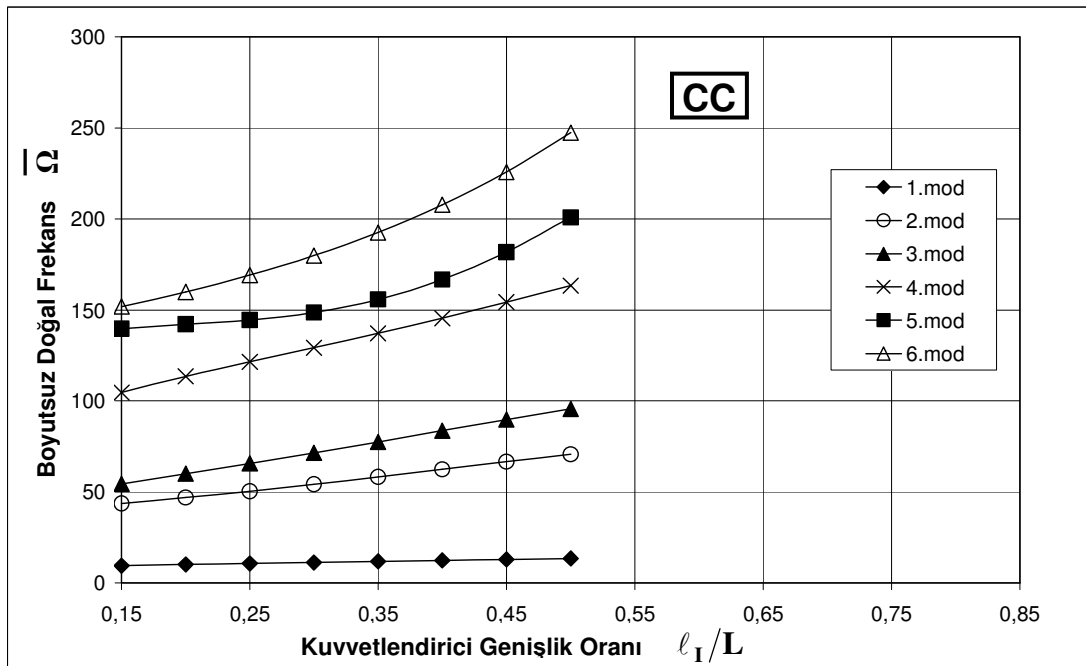
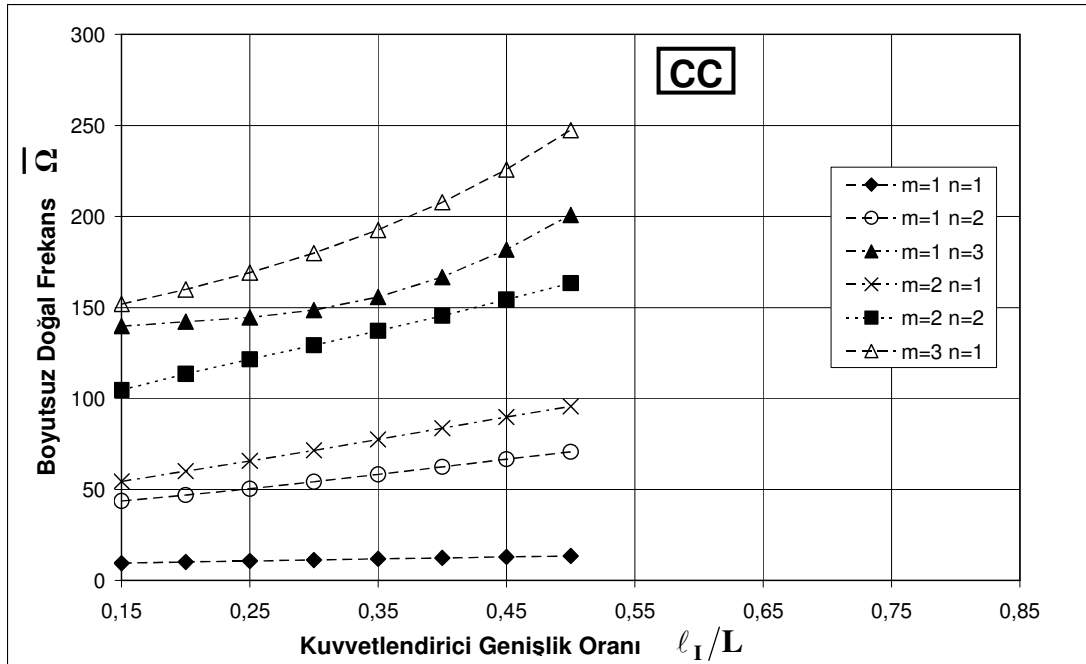


Şekil 6.167. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



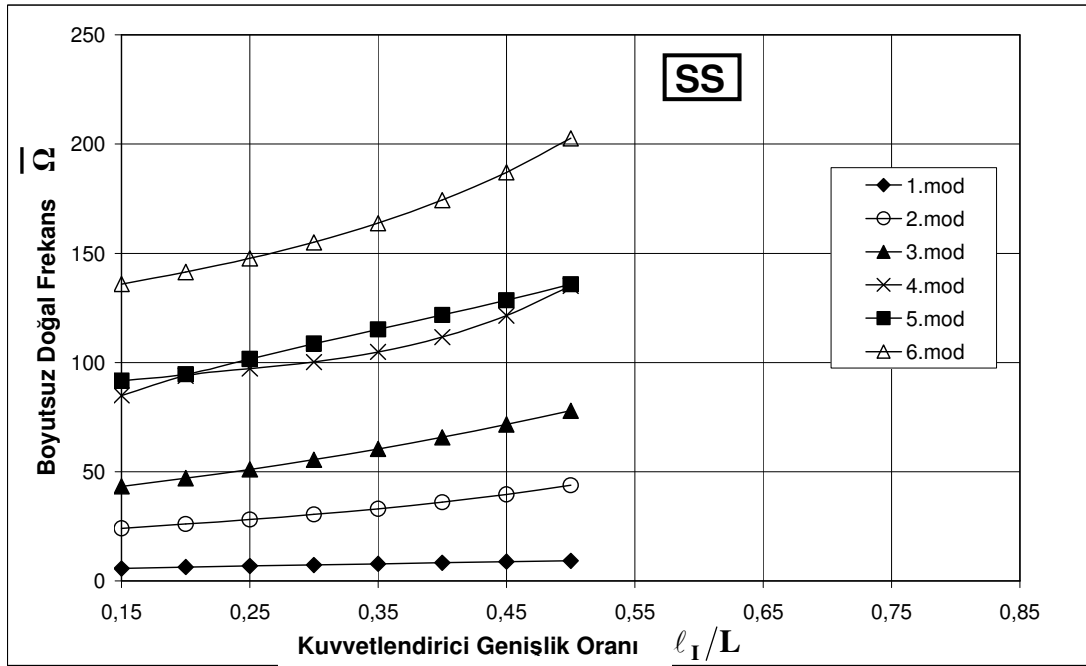
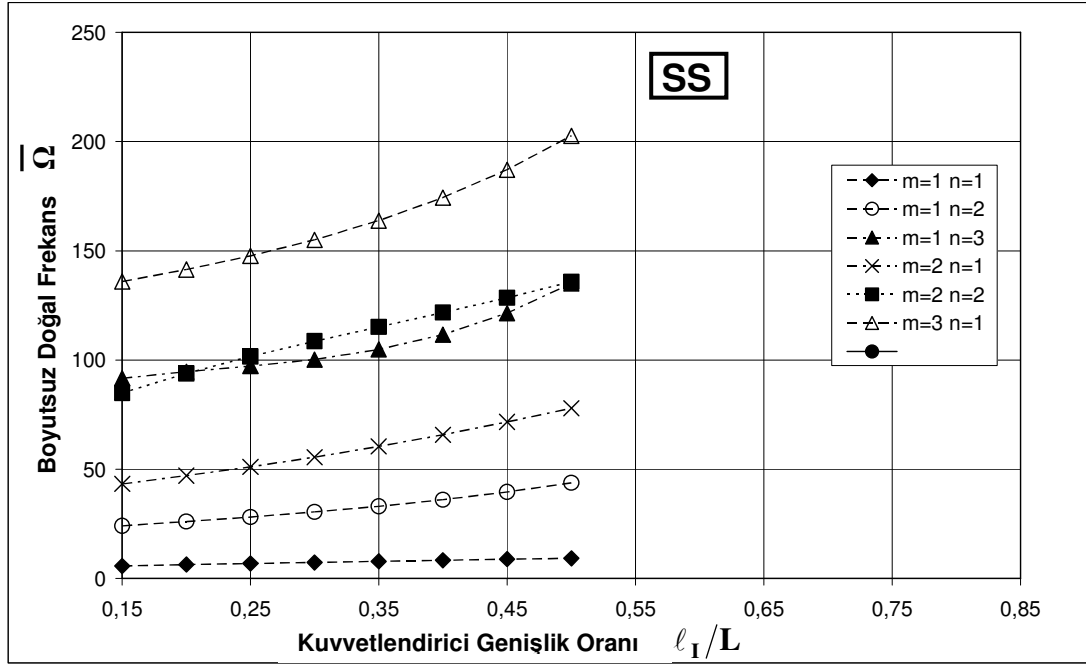
Şekil 6.168. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m, a=0.50m, h_1=0.04m, h_2=h_3=0.02m, L=1.00m$)



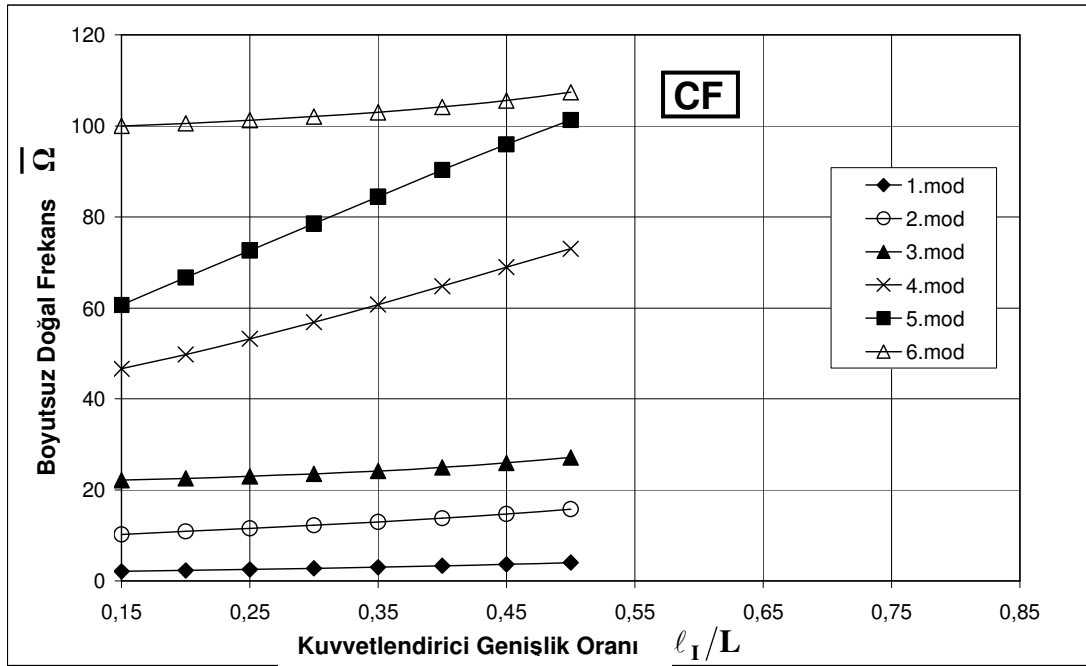
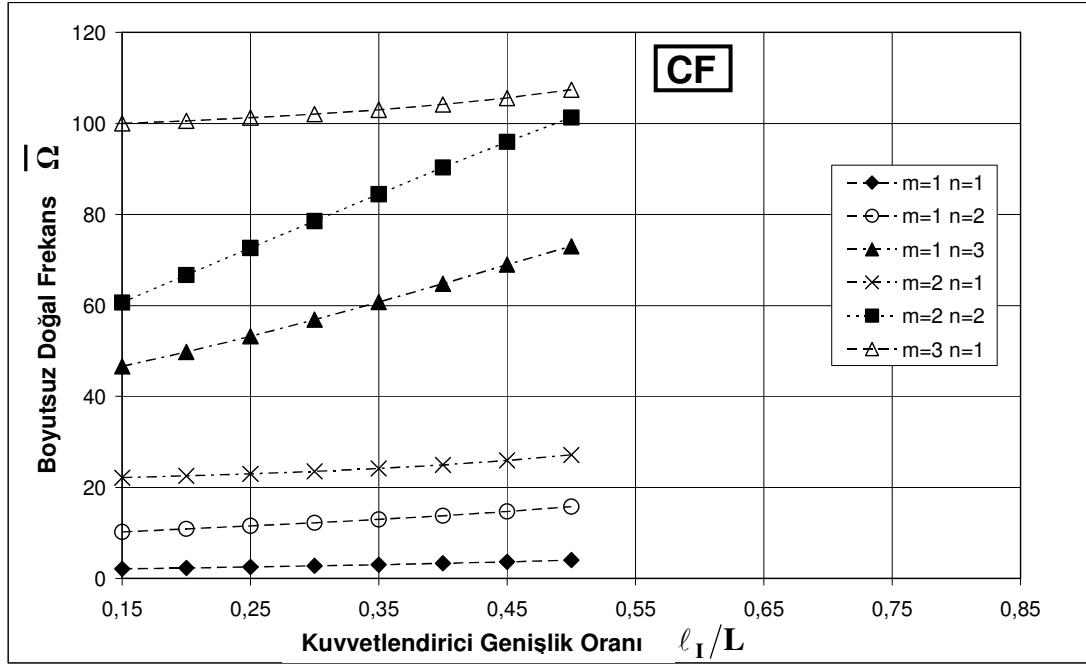
Şekil 6.169. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



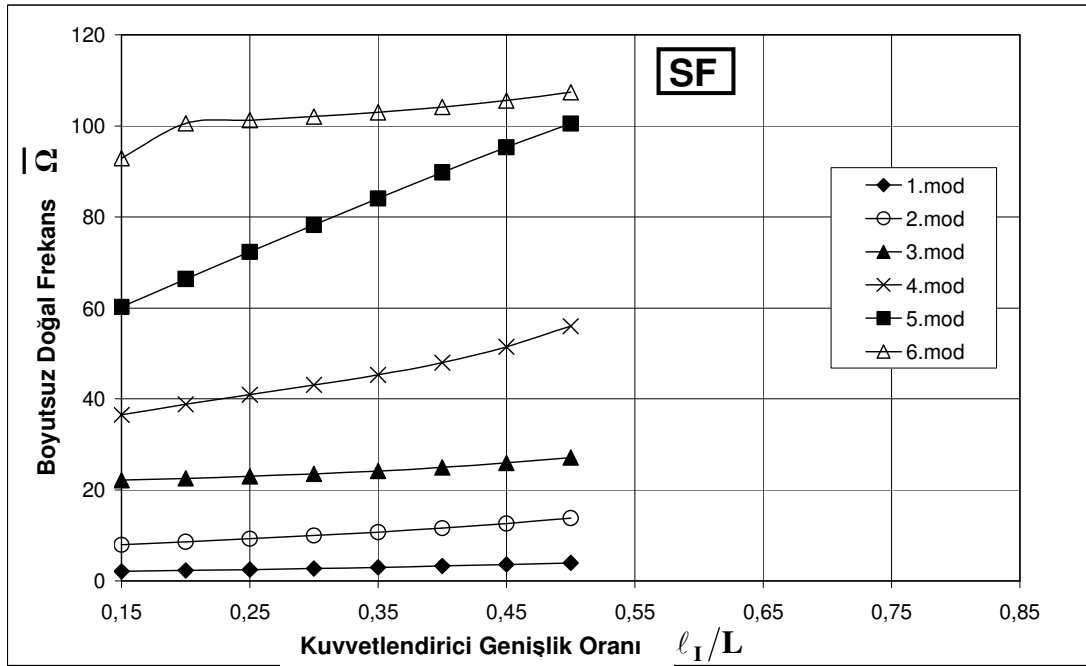
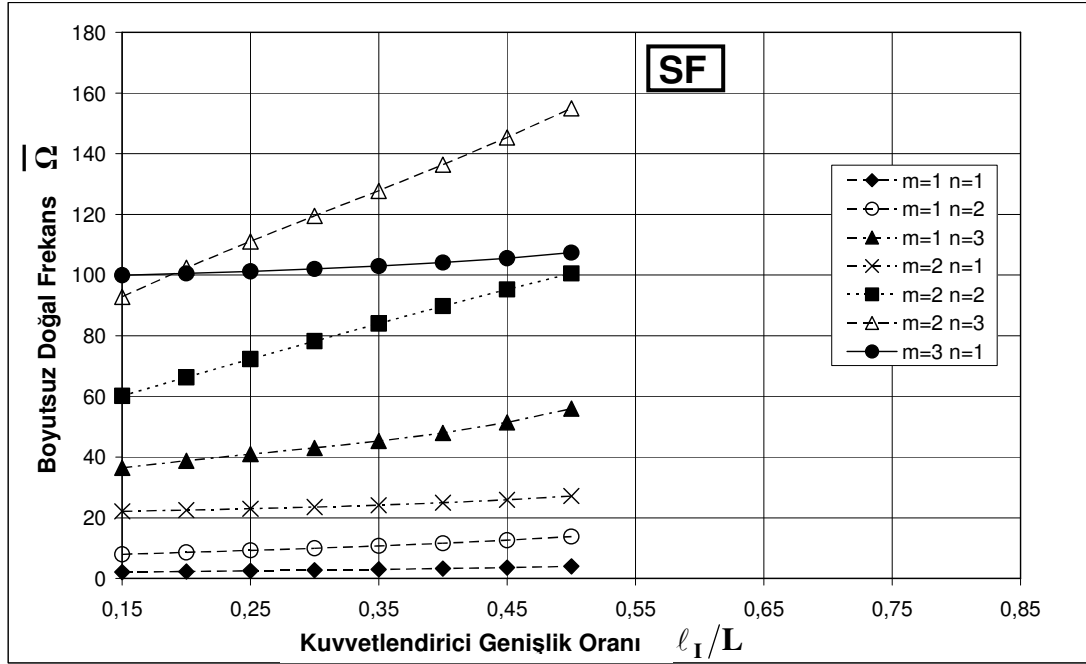
Şekil 6.170. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



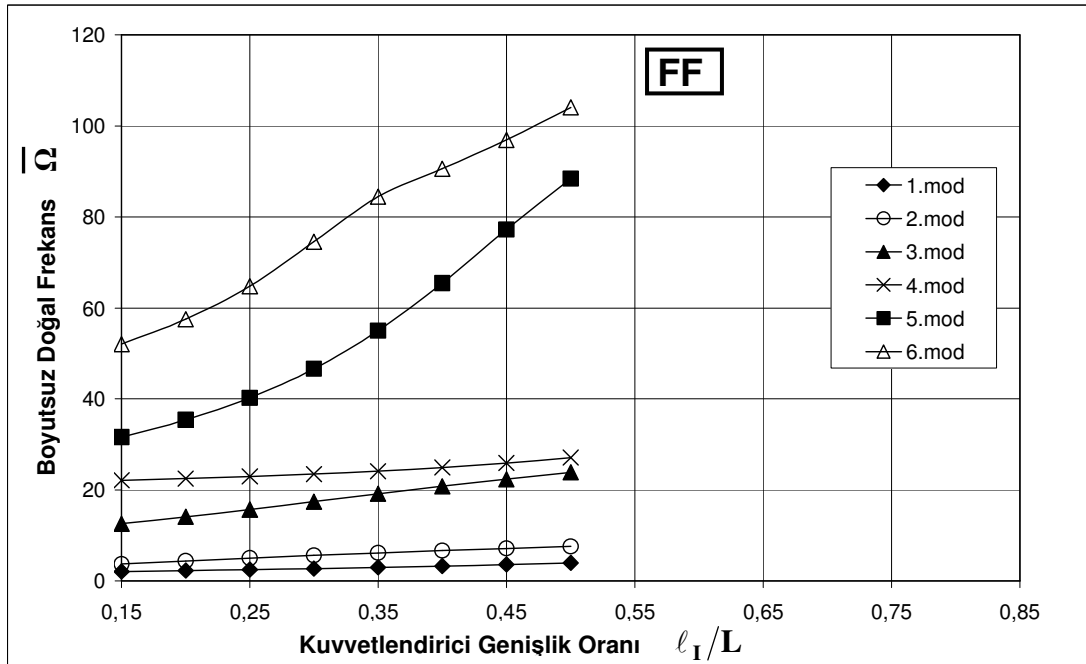
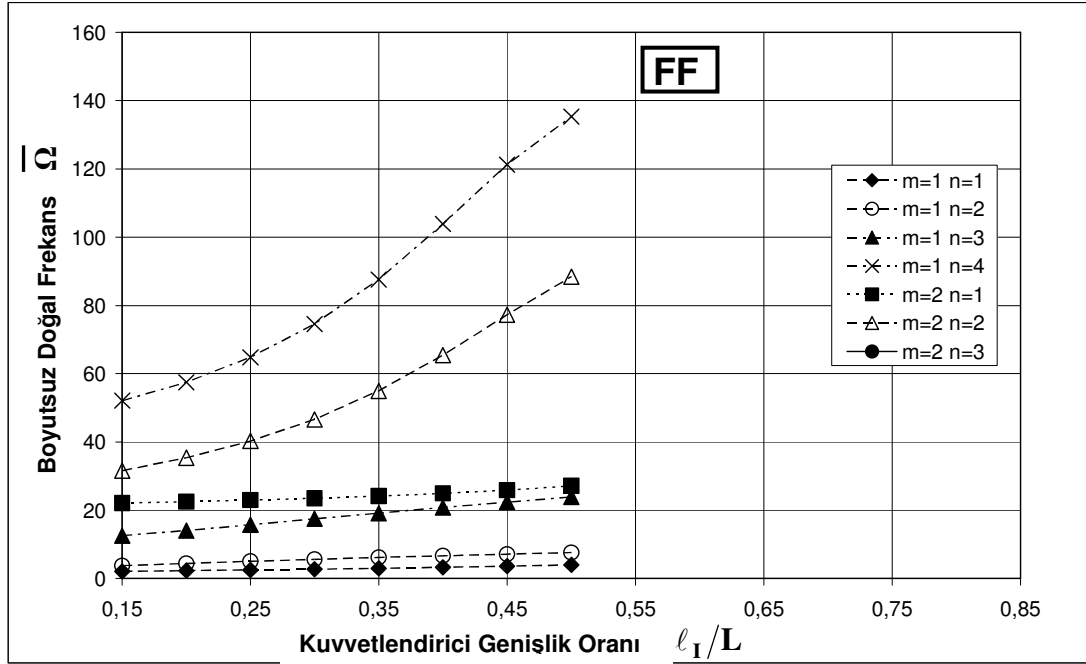
Şekil 6.171. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



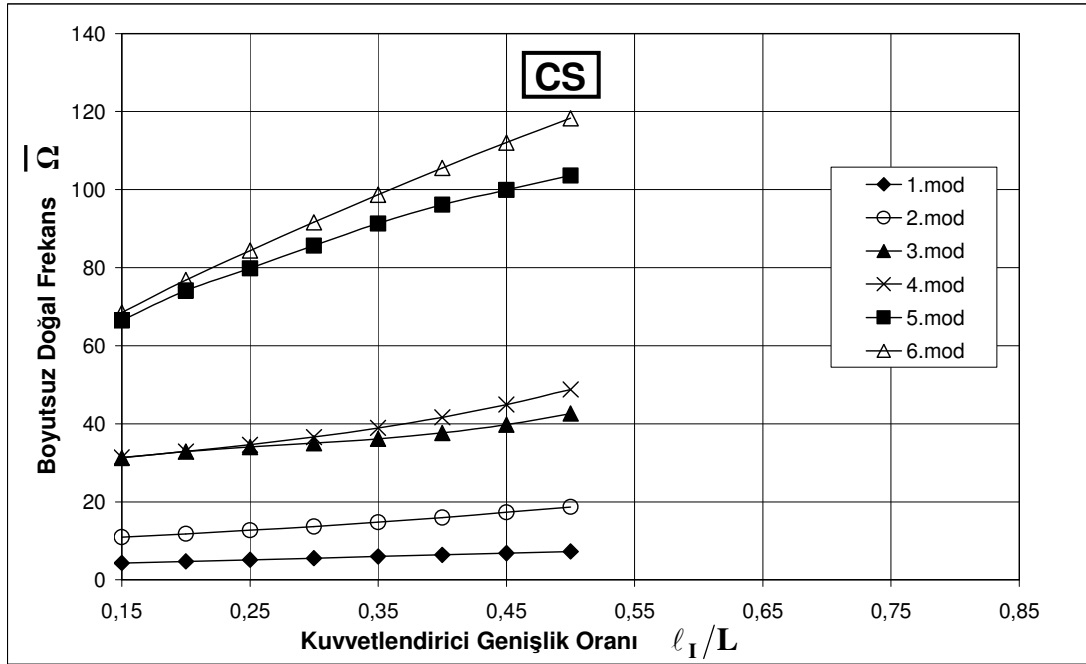
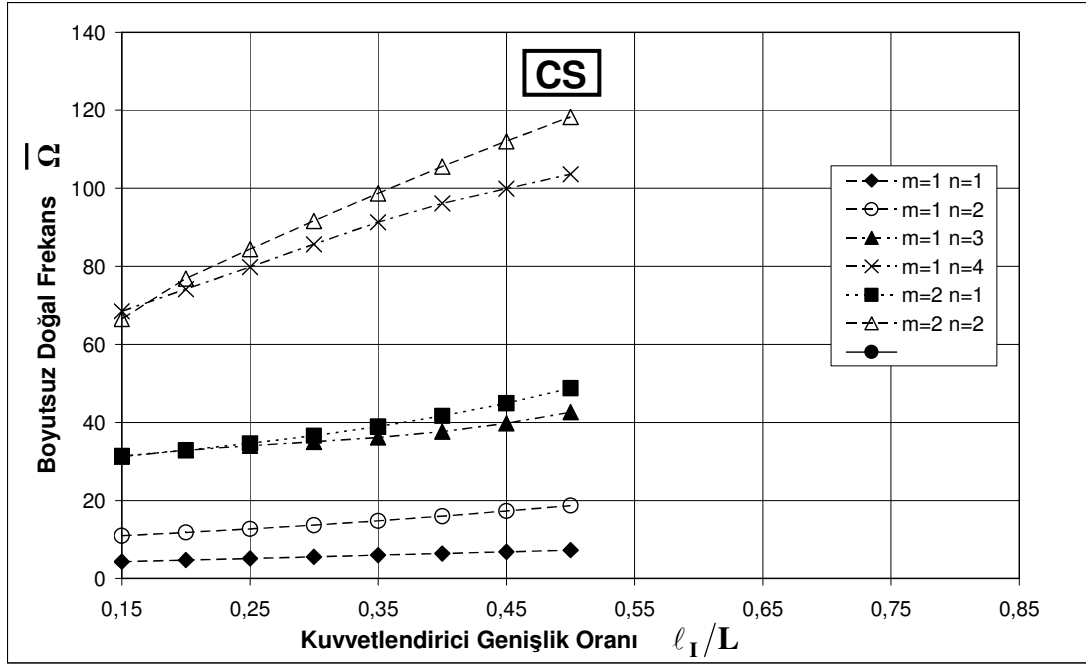
Şekil 6.172. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



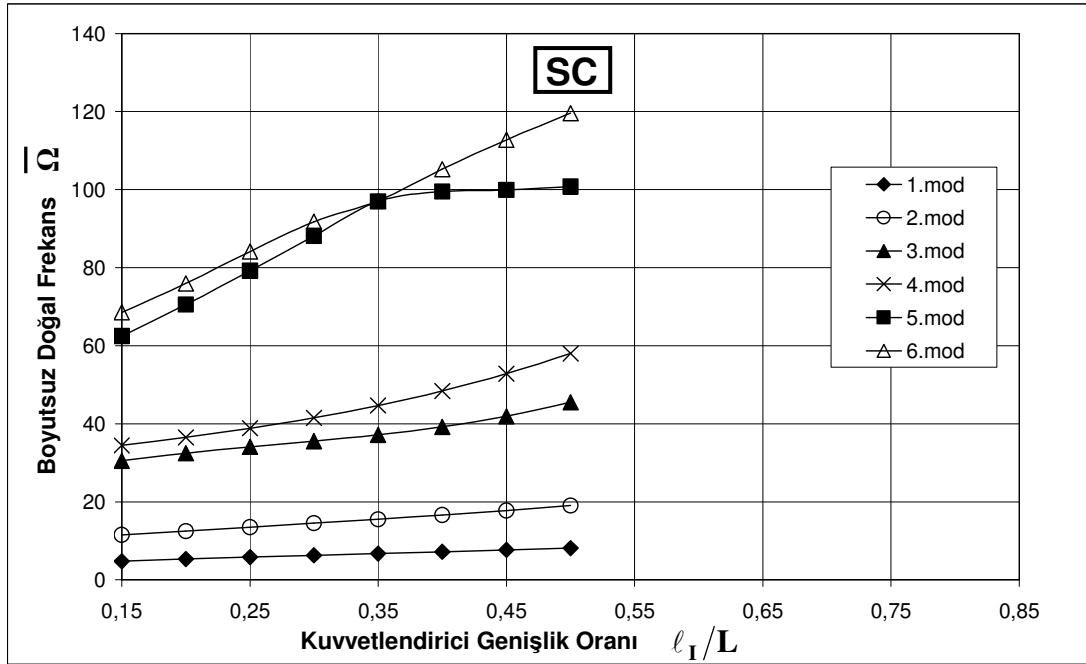
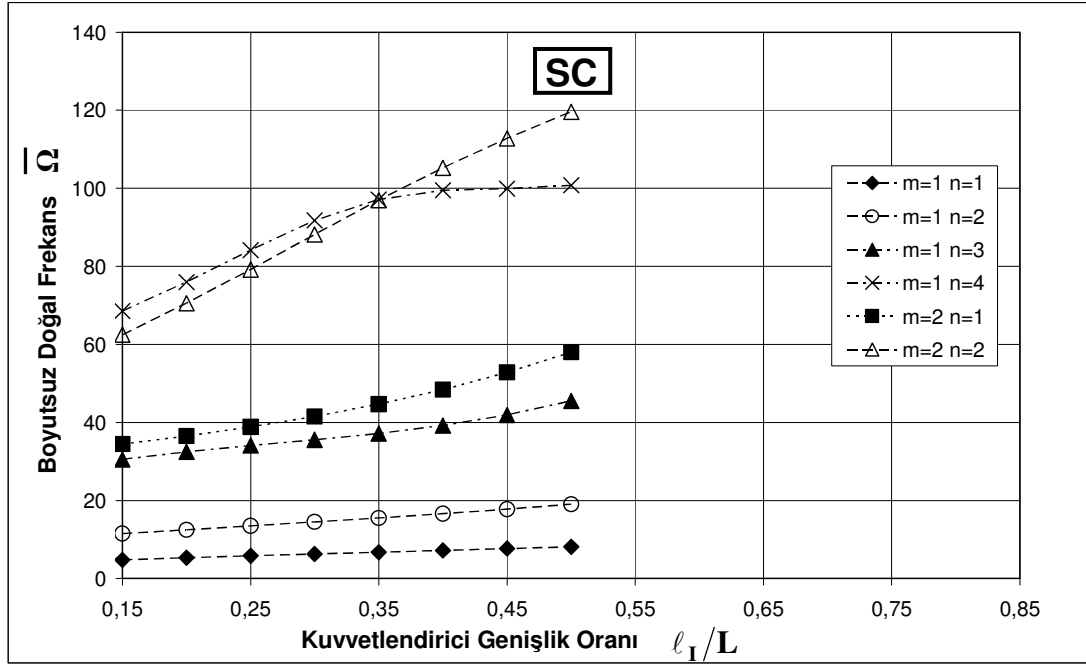
Şekil 6.173. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



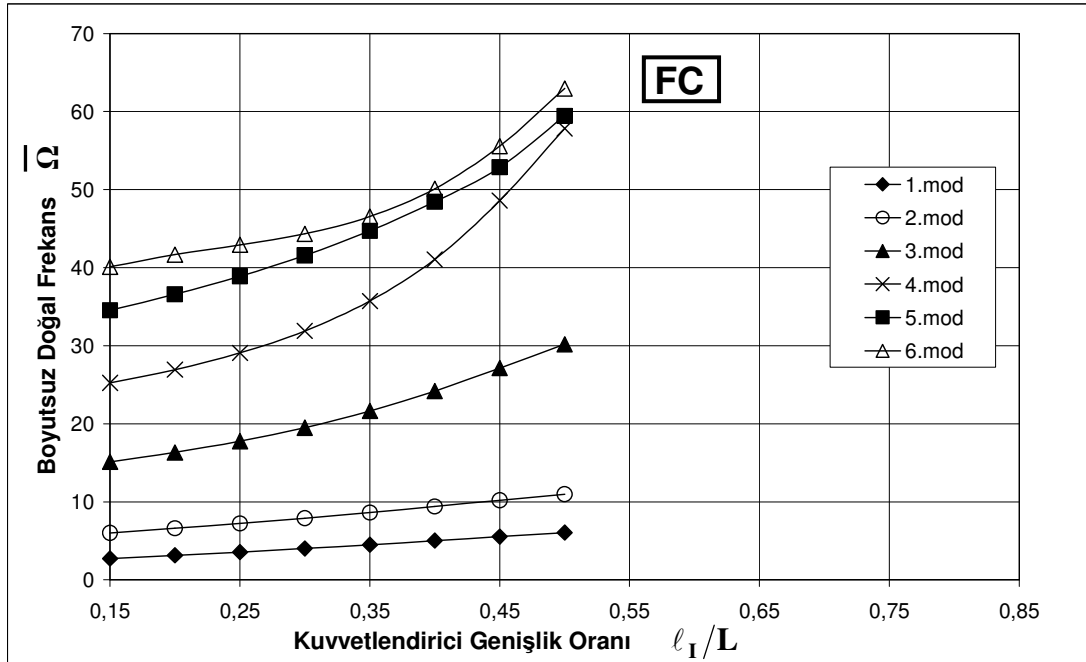
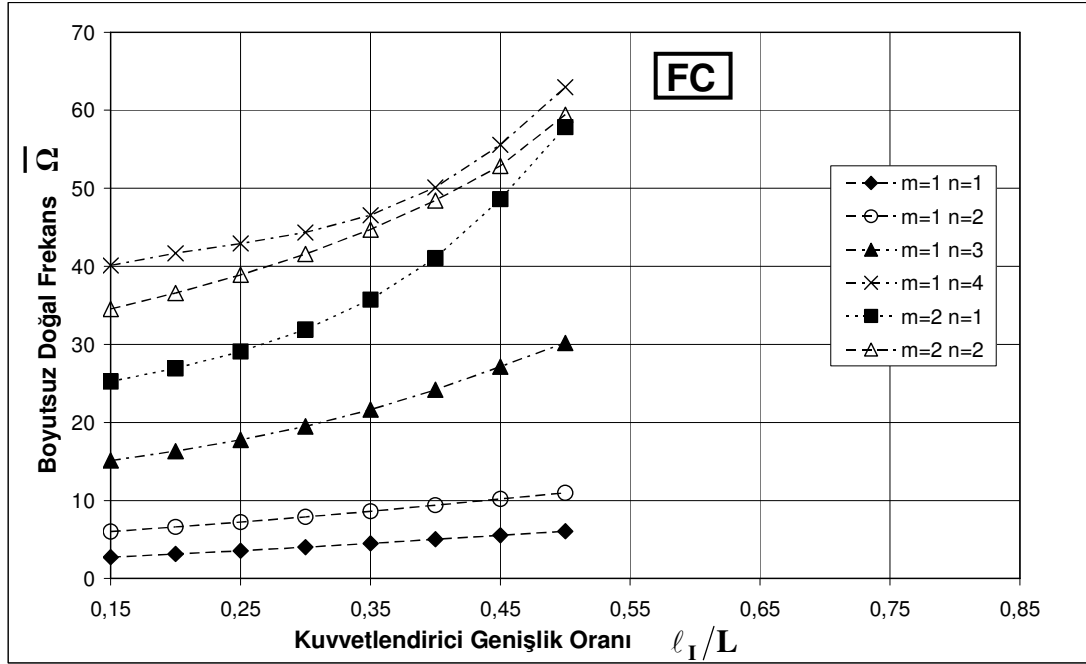
Şekil 6. 174. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



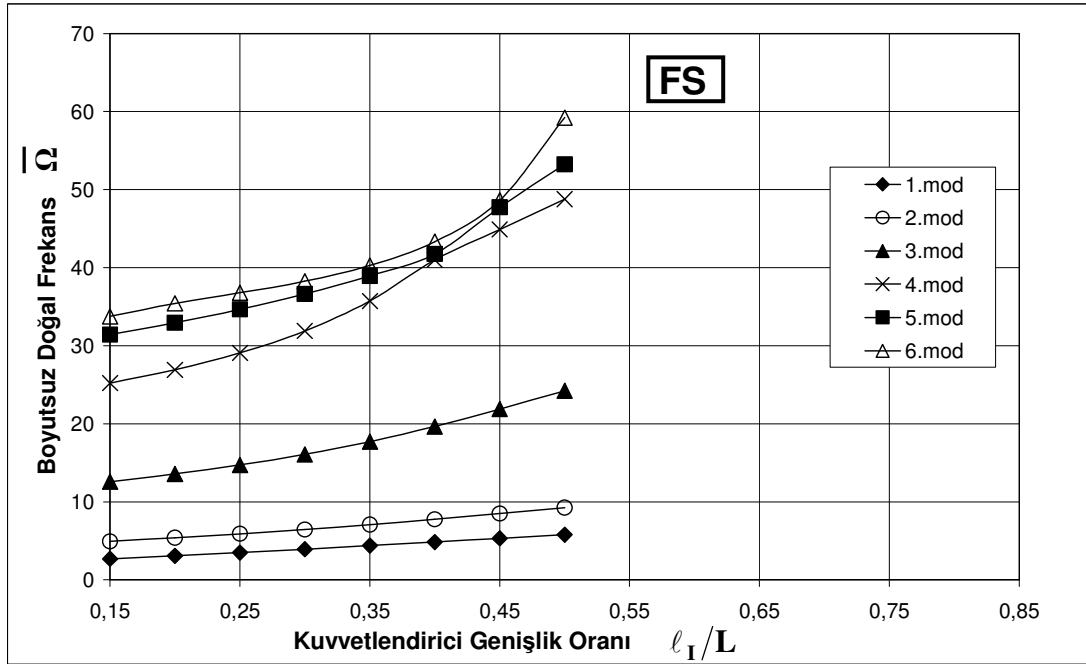
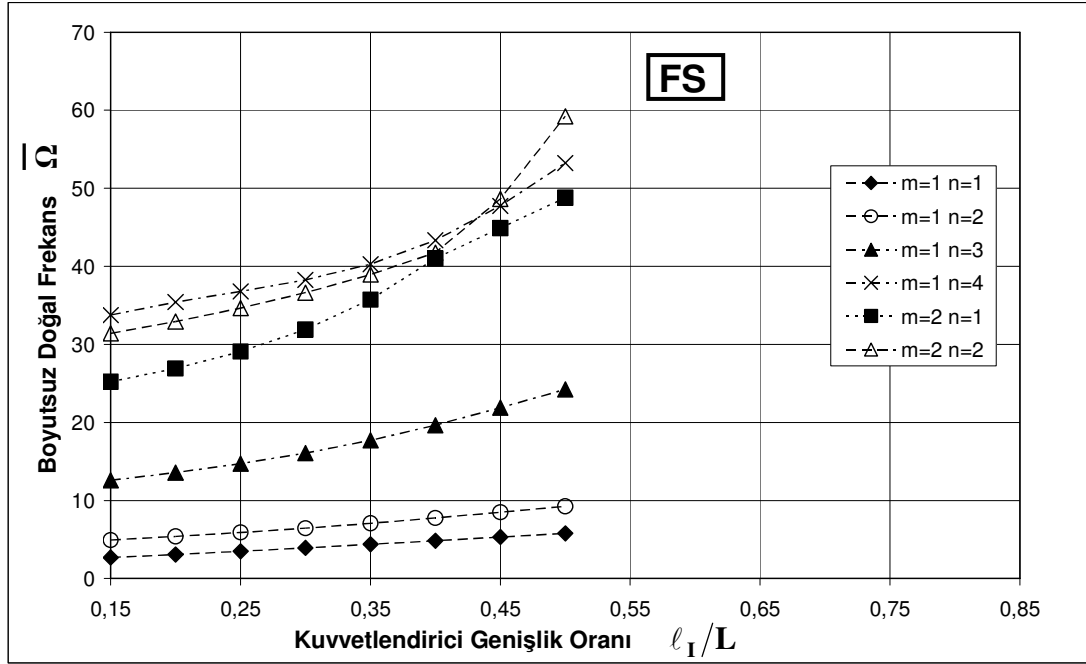
Şekil 6. 175. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)



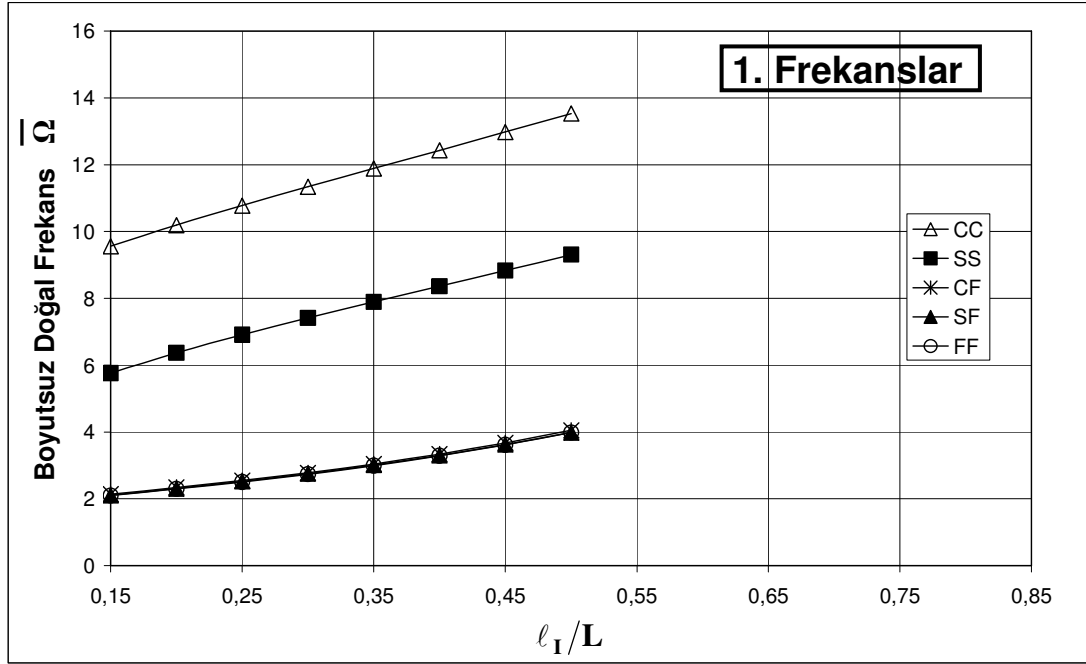
Şekil 6. 176. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=0.375\text{m}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02\text{m}$, $L=1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)

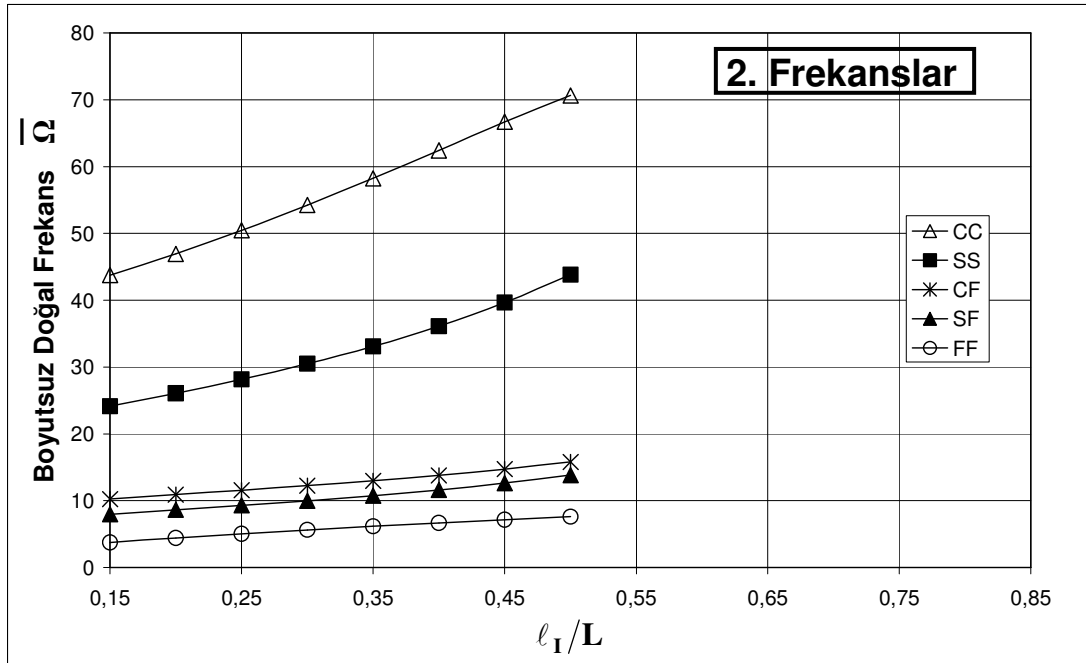


Şekil 6. 177. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kuvvetl. Genişlik Oranı ℓ_I/L ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I, \ell_{II} = \ell_{III} = \text{değişken}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = 0.02\text{m}$, $L = 1.00\text{m}$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

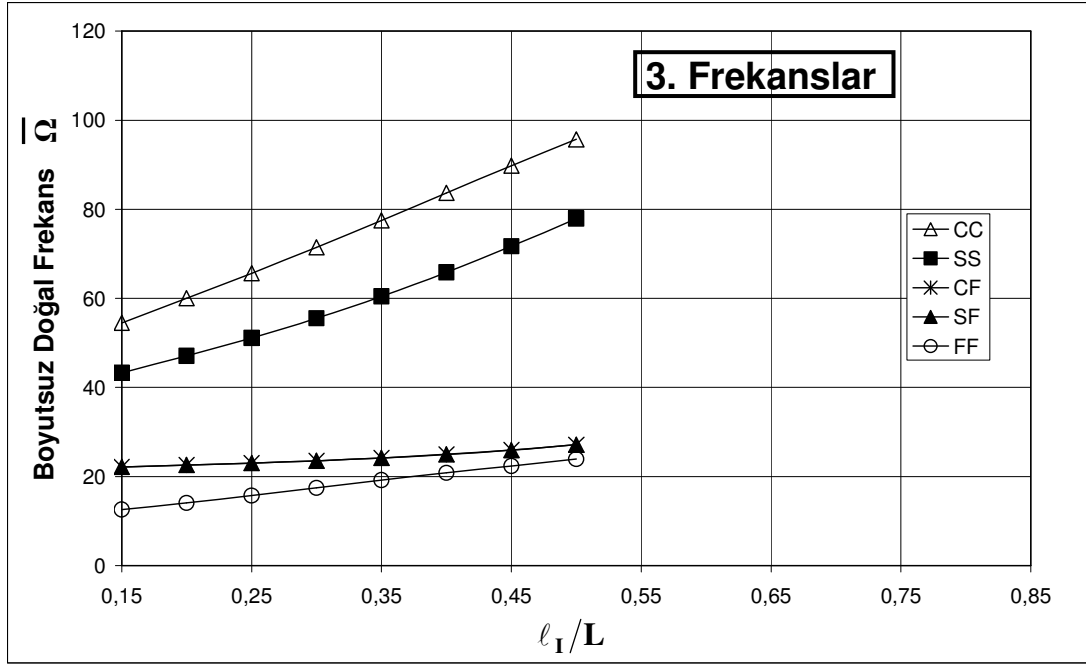


Şekil 6.178. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

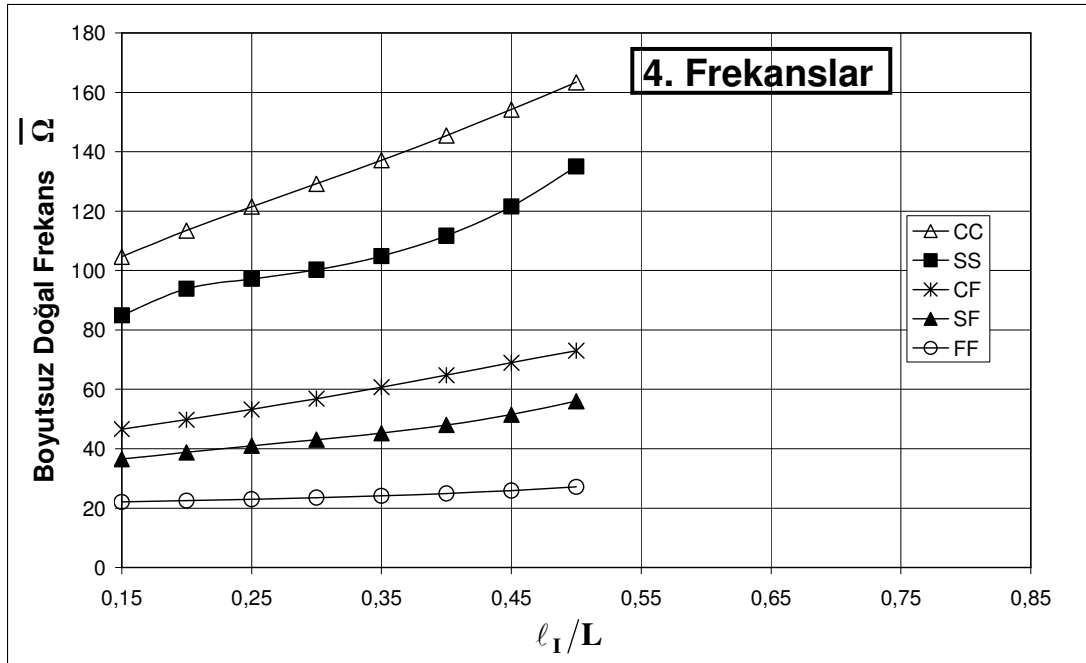


Şekil 6.179. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)

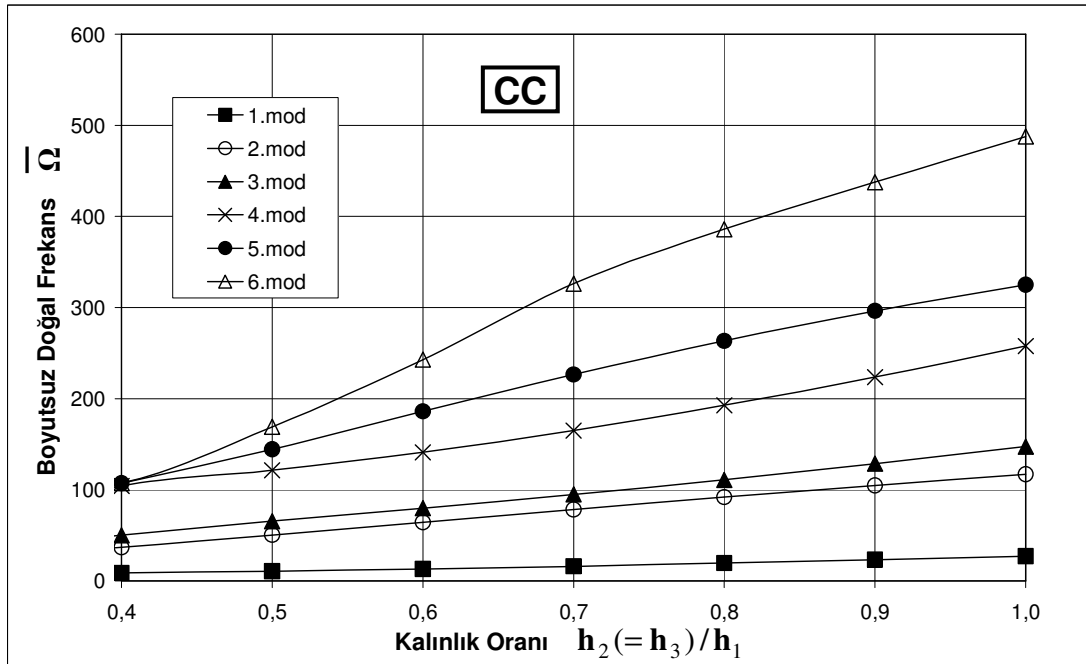
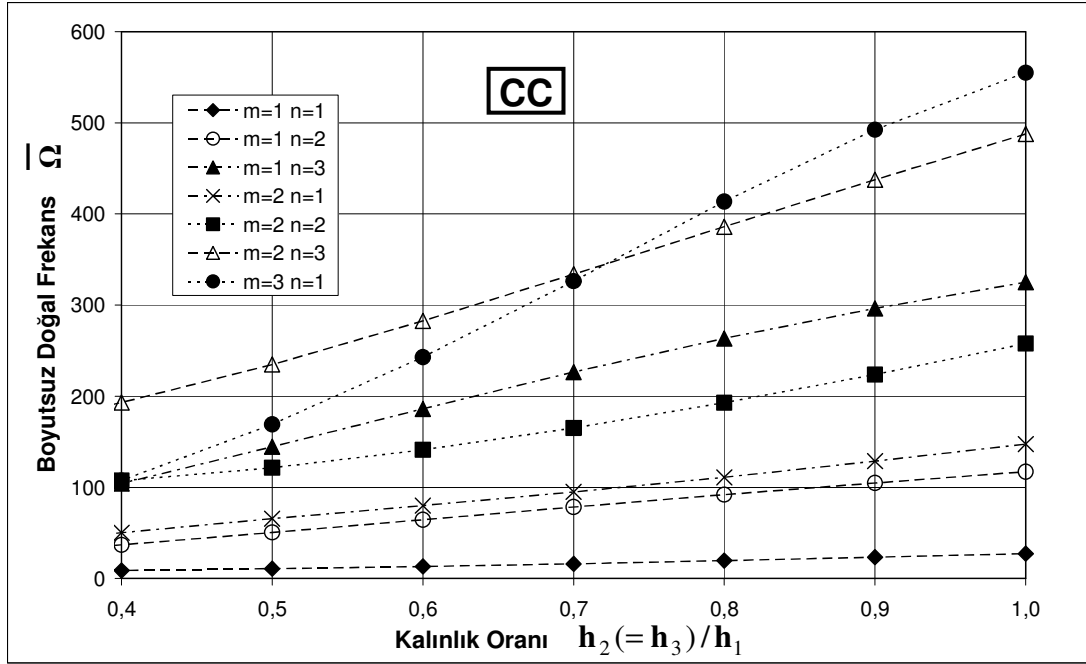


Şekil 6.180. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.181. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($l_I, l_{II}=l_{III}$ =değişken, $\tilde{b}'=0.375m$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02m$, $L=1.00m$)



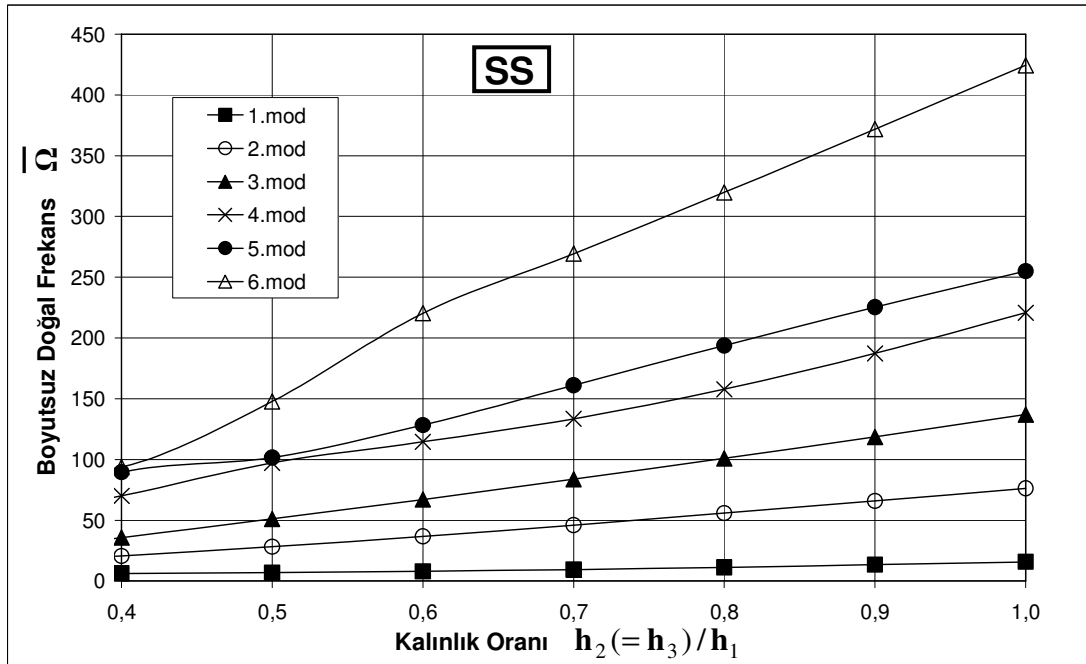
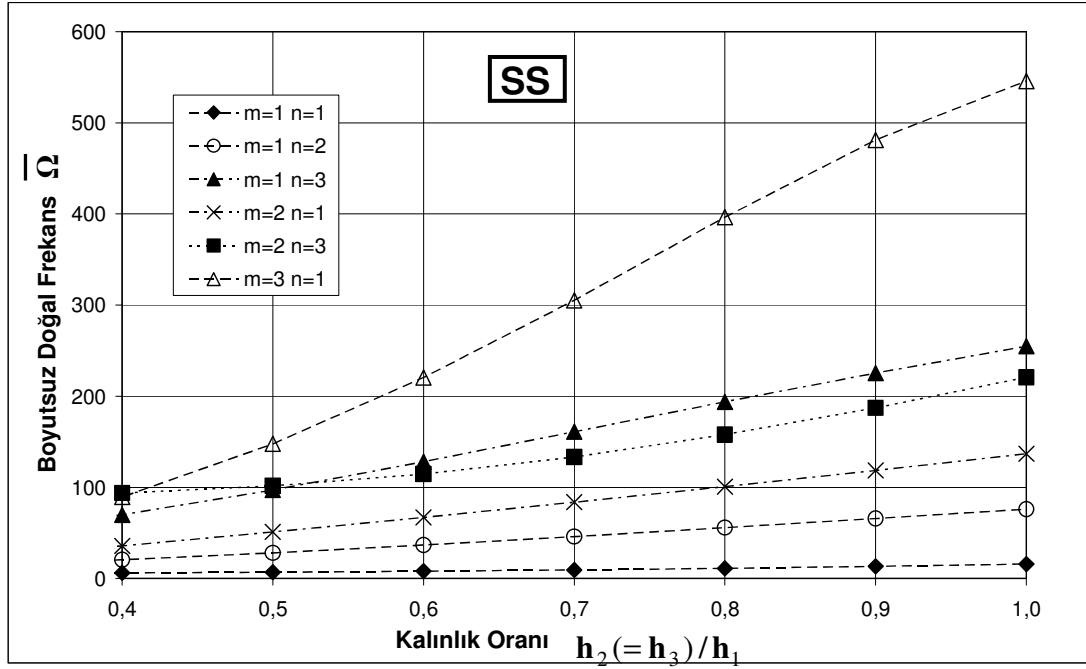
Şekil 6.182. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

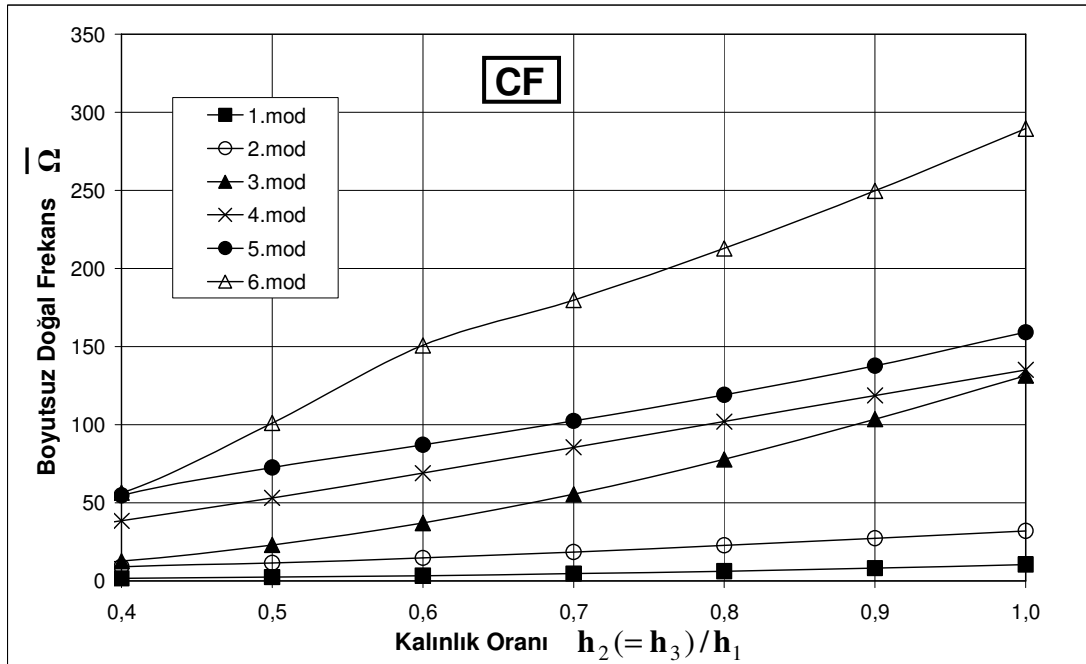
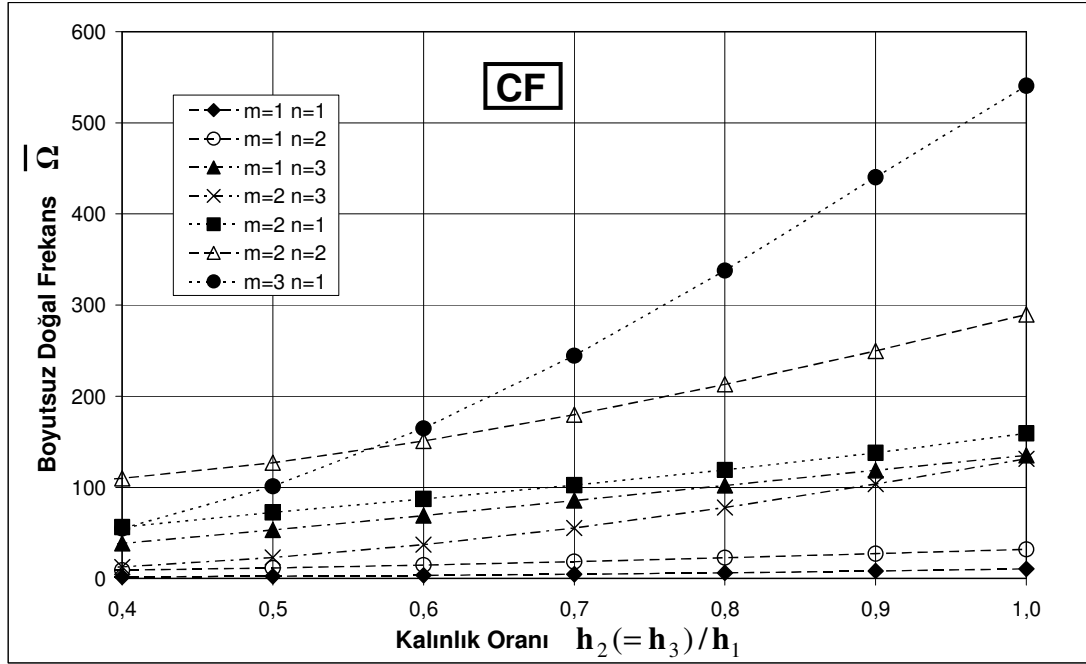
($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



Şekil 6.183. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



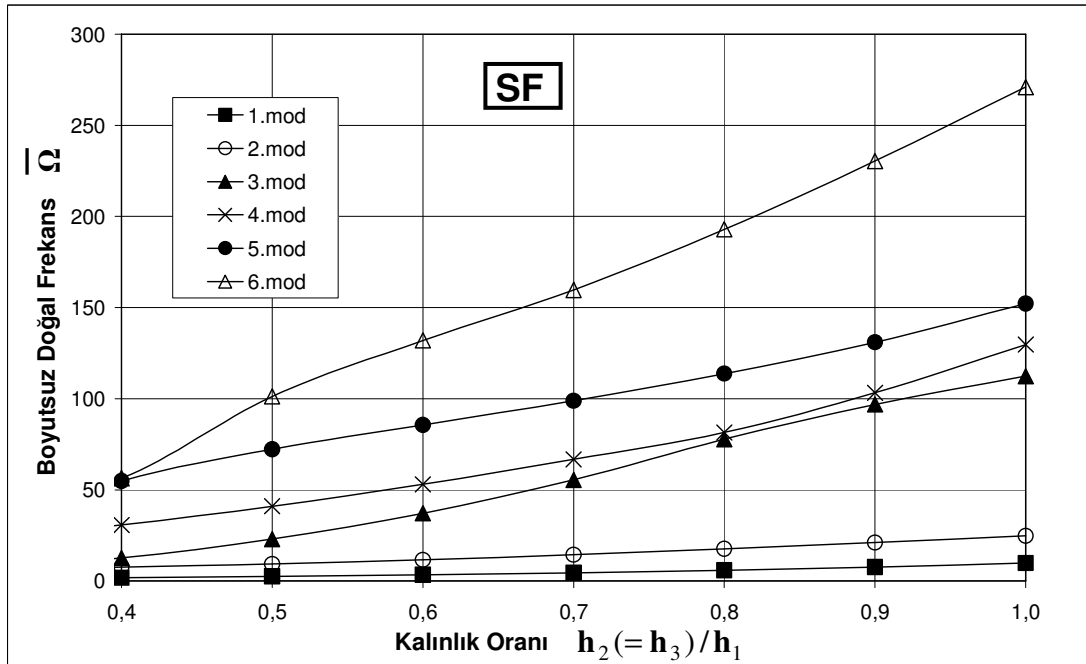
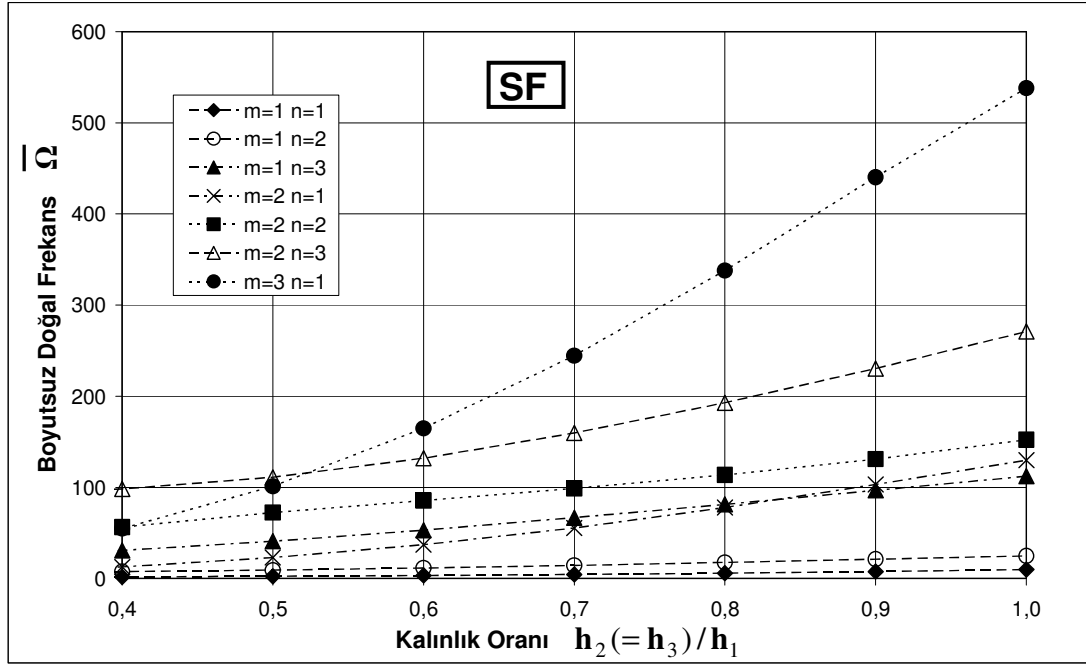
Şekil 6.184. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



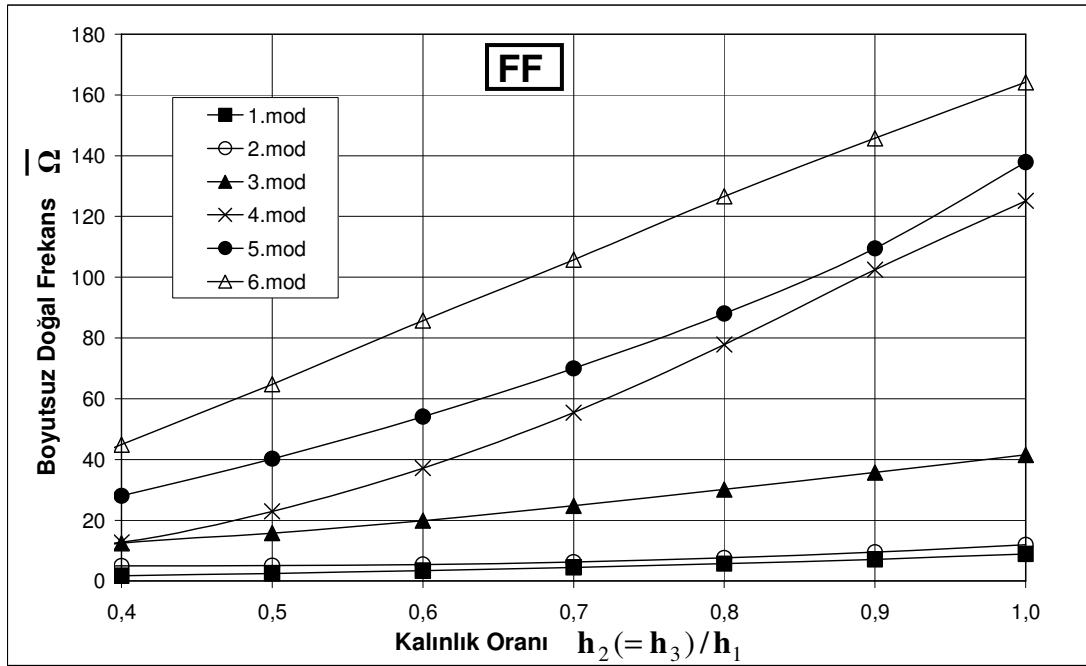
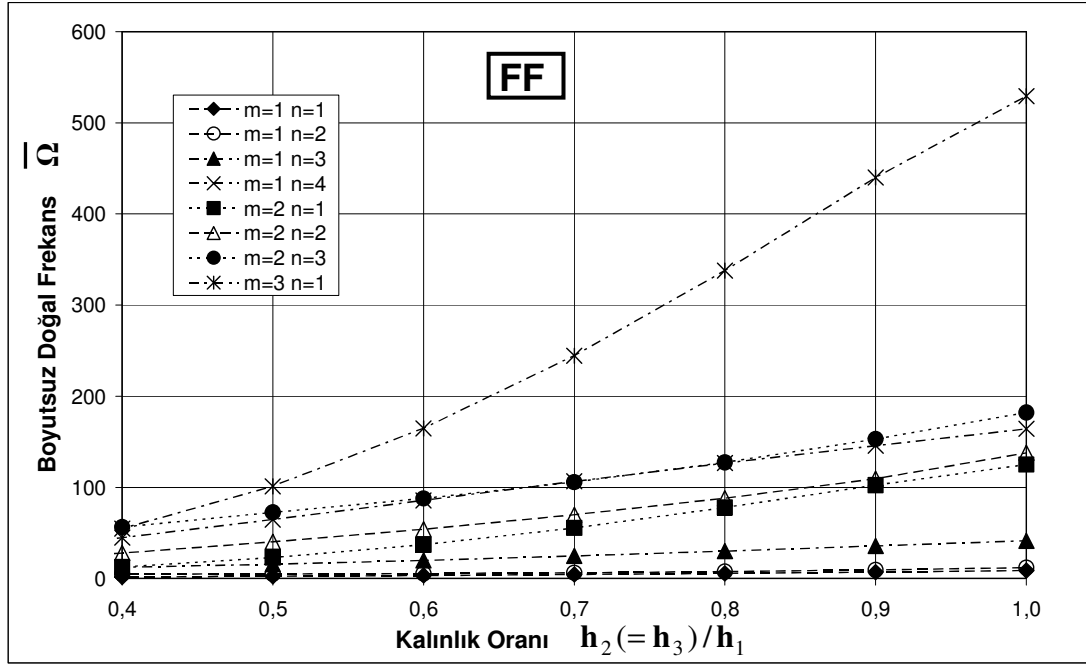
Şekil 6.185. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



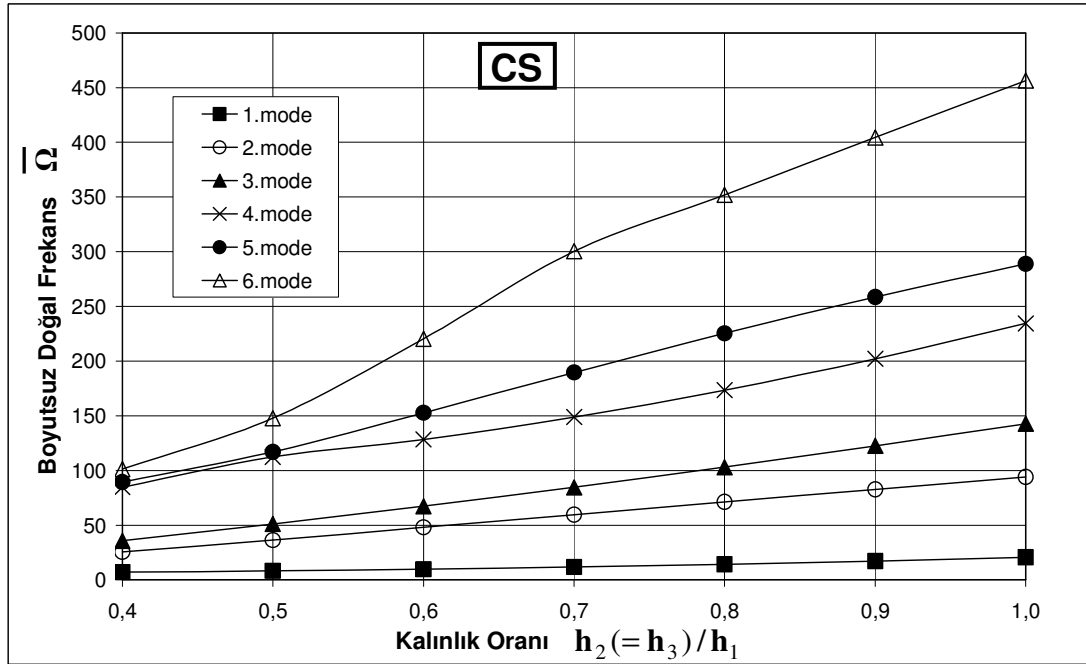
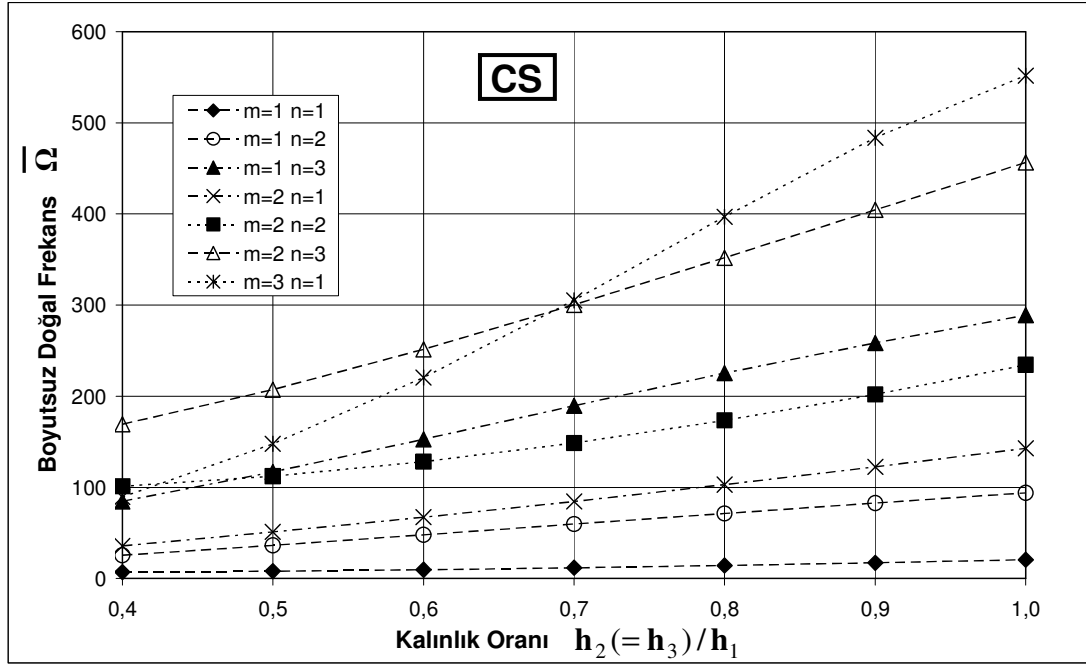
Şekil 6.186. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

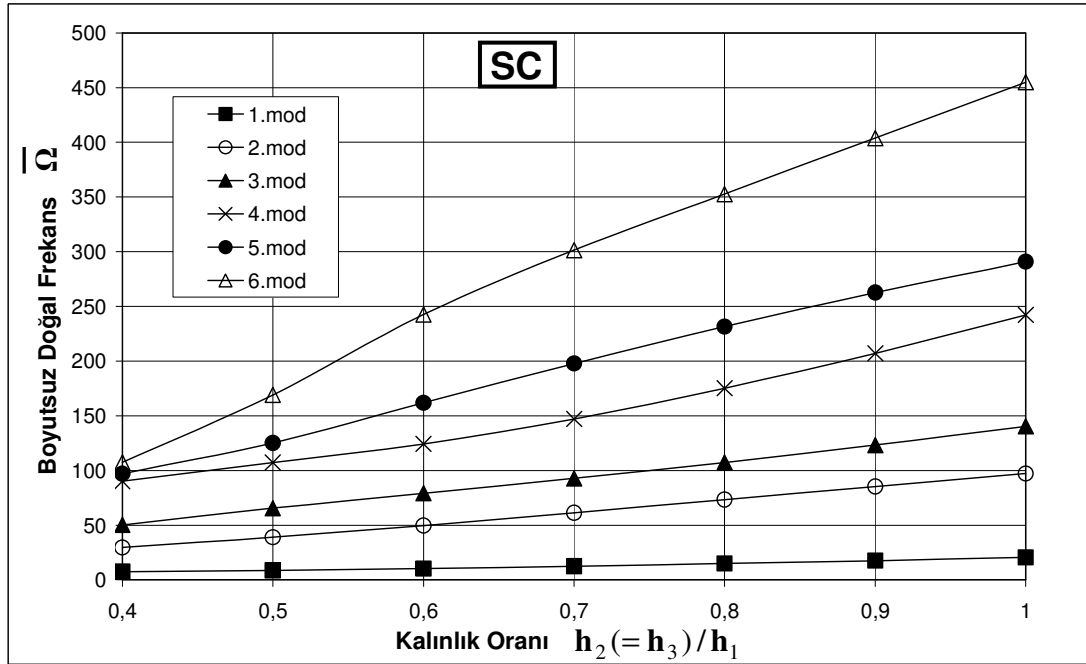
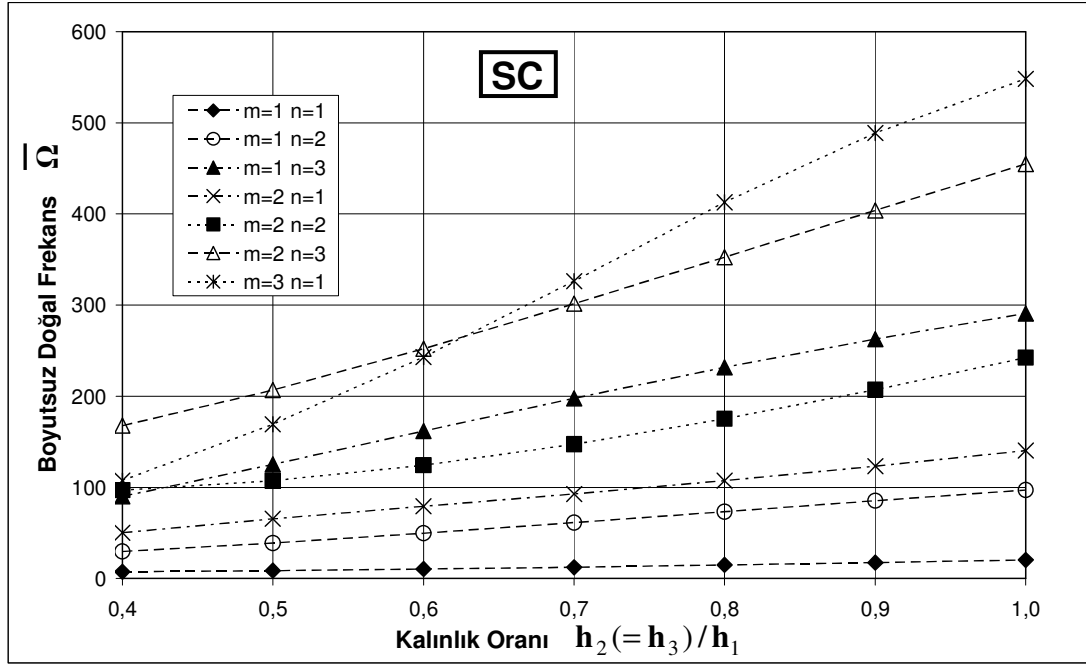
($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



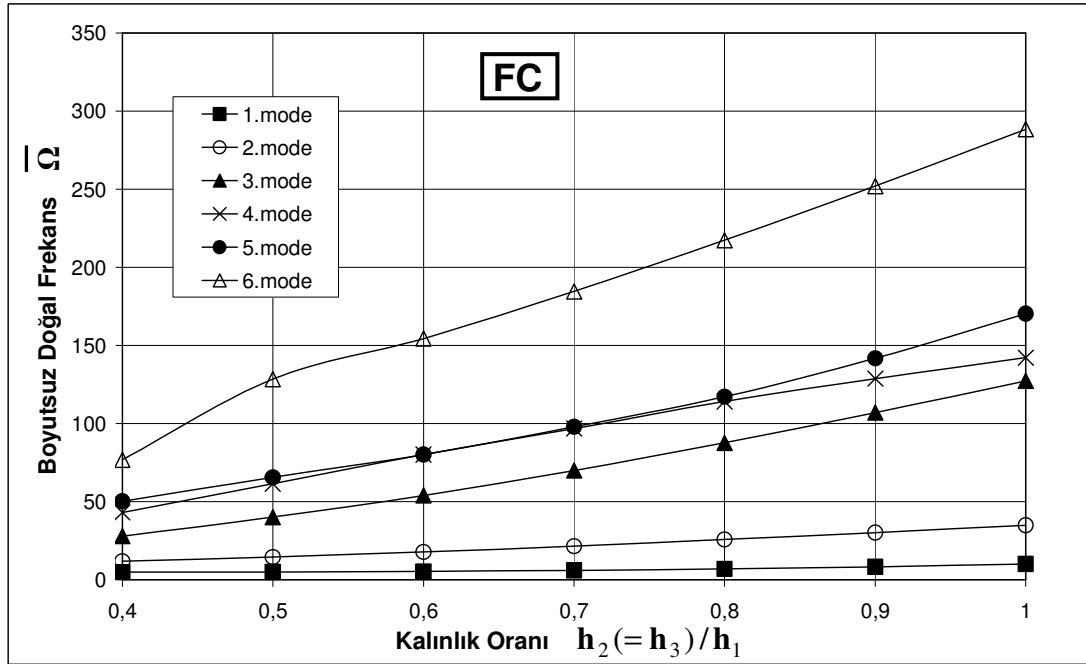
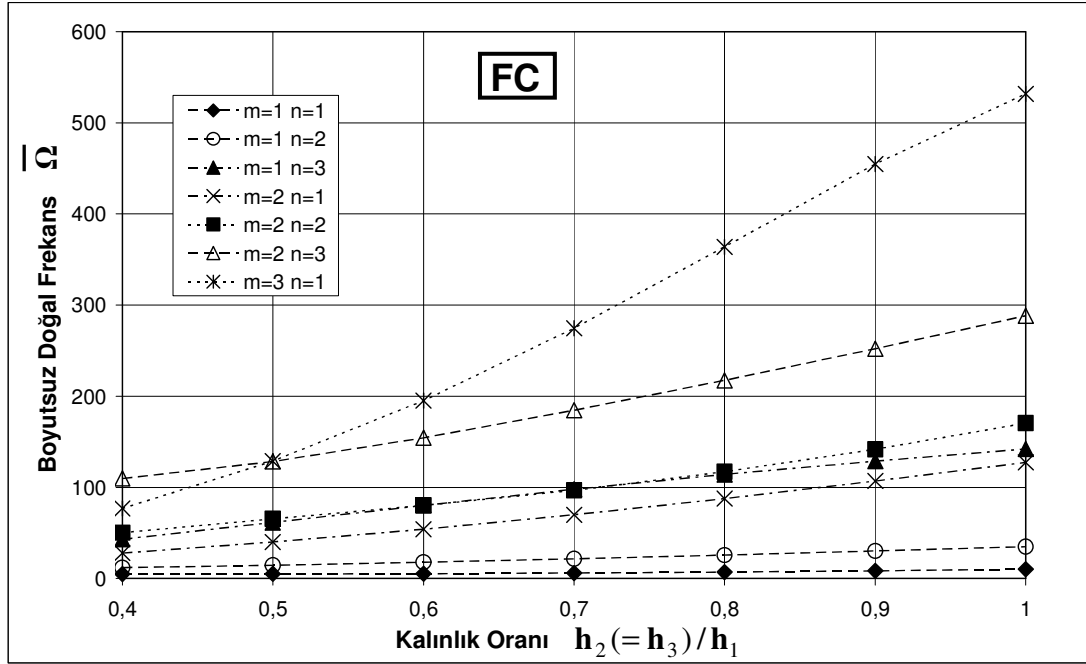
Şekil 6. 187. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



Şekil 6. 188. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)



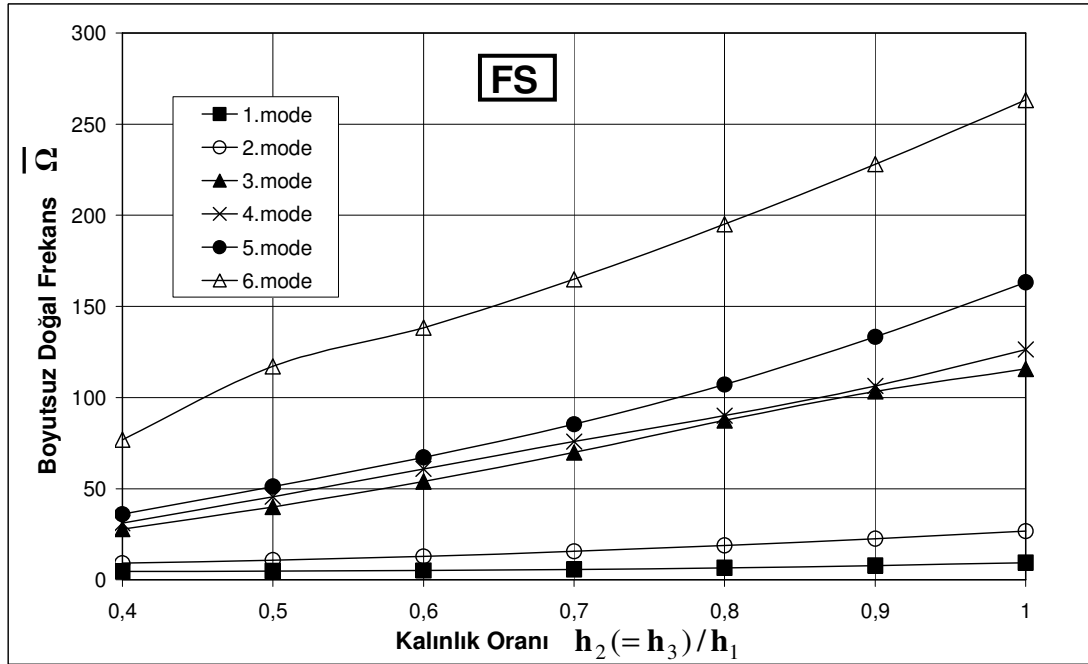
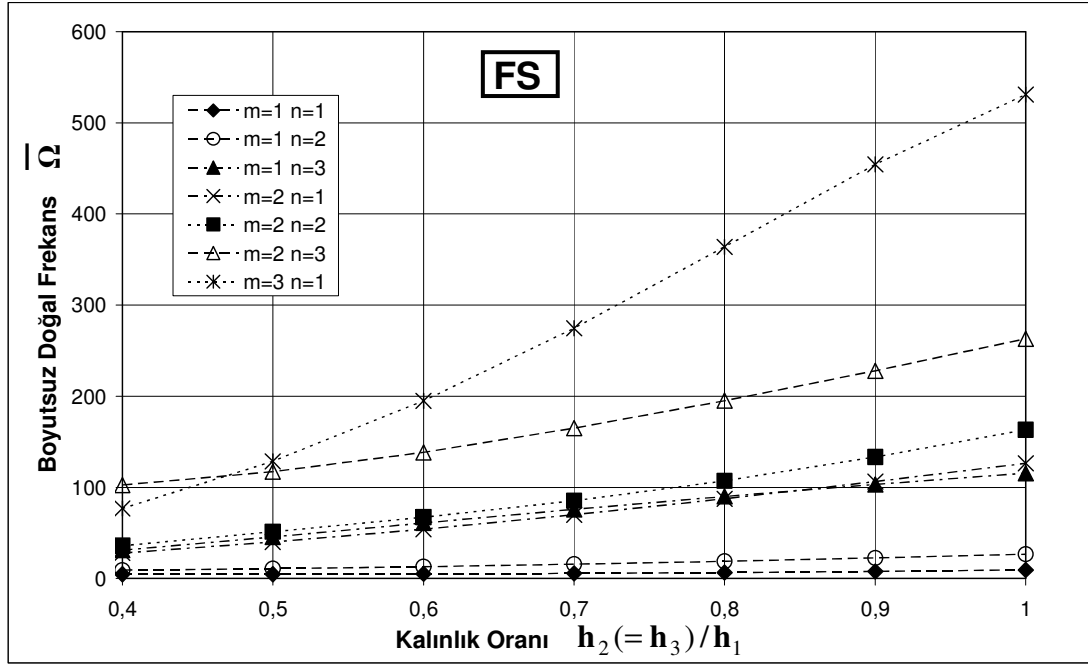
Şekil 6. 189. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2 (= h_3) / h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)



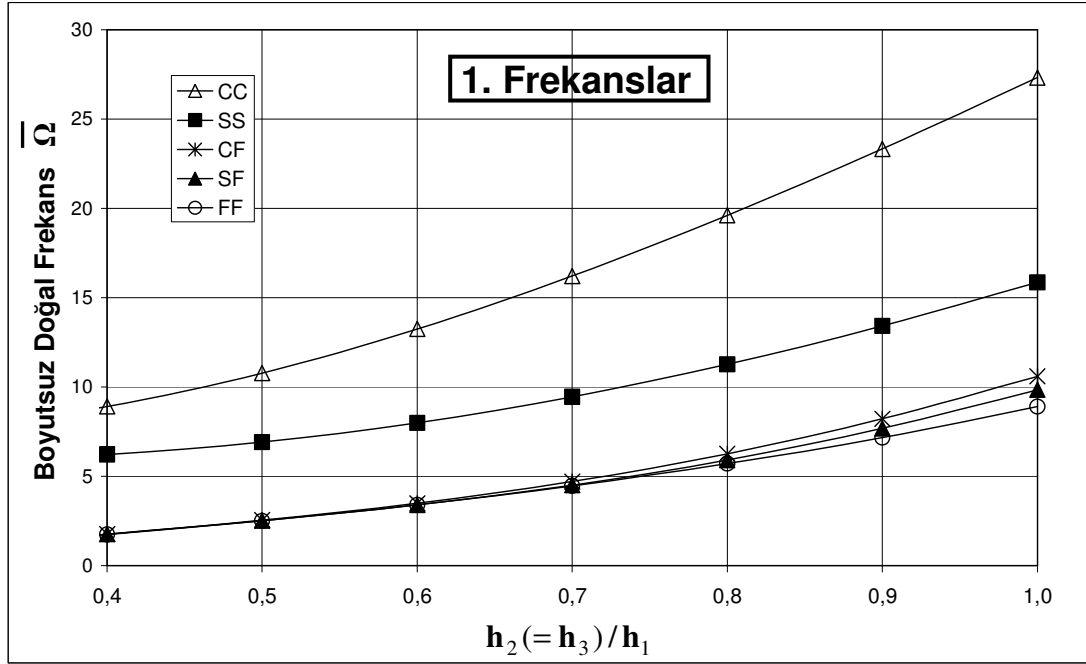
Şekil 6. 190. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kalınlık Oranı $h_2(=h_3)/h_1$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

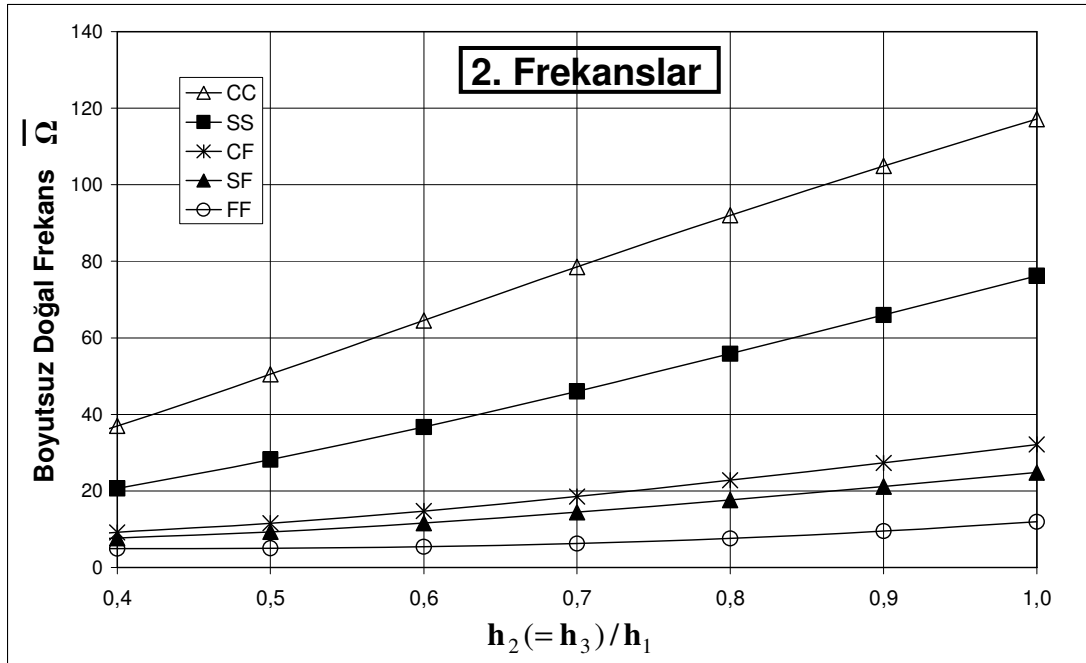
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I = \ell_{II} = 0.25m$, $\ell_{III} = 0.50m$, $\tilde{b}' = 0.375m$, $a = 0.50m$, $h_1 = 0.04m$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

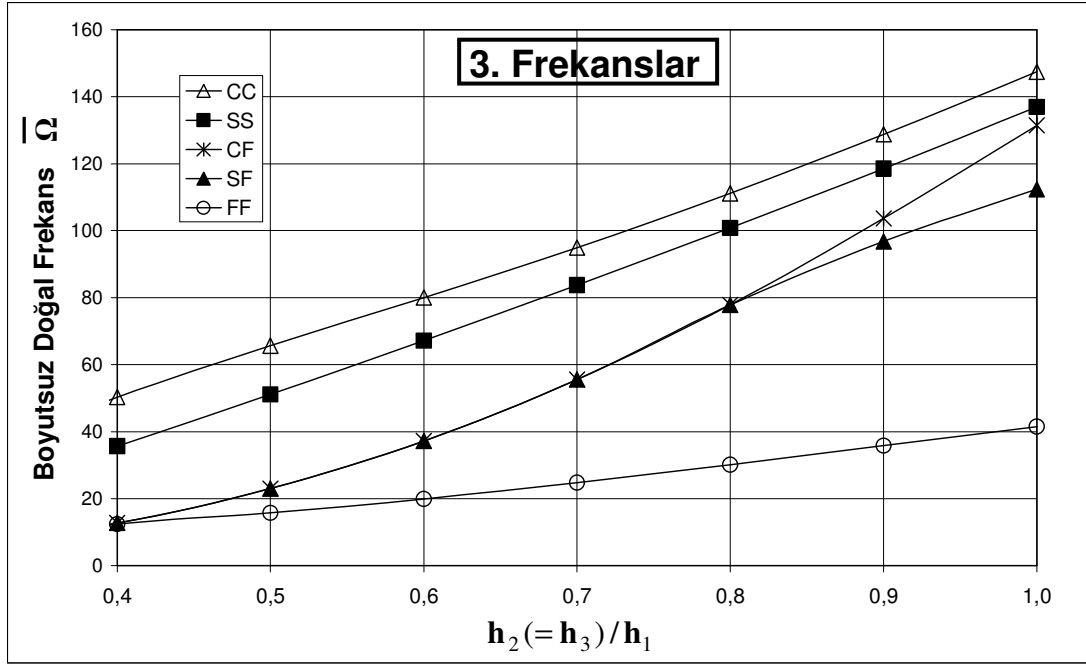


Şekil 6.191. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

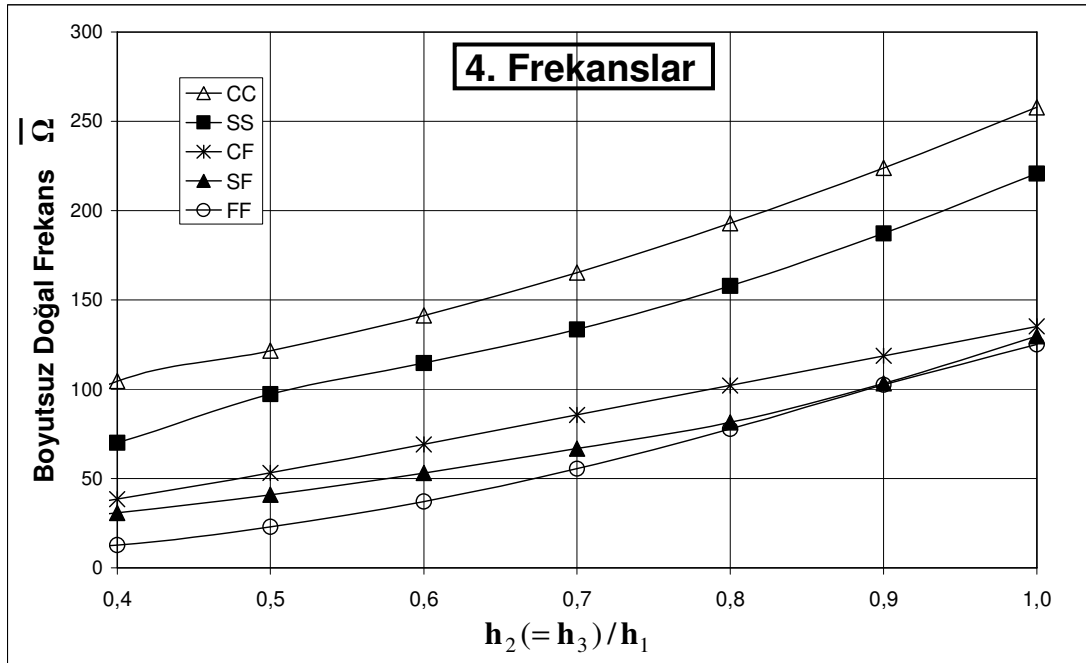


Şekil 6. 192. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)

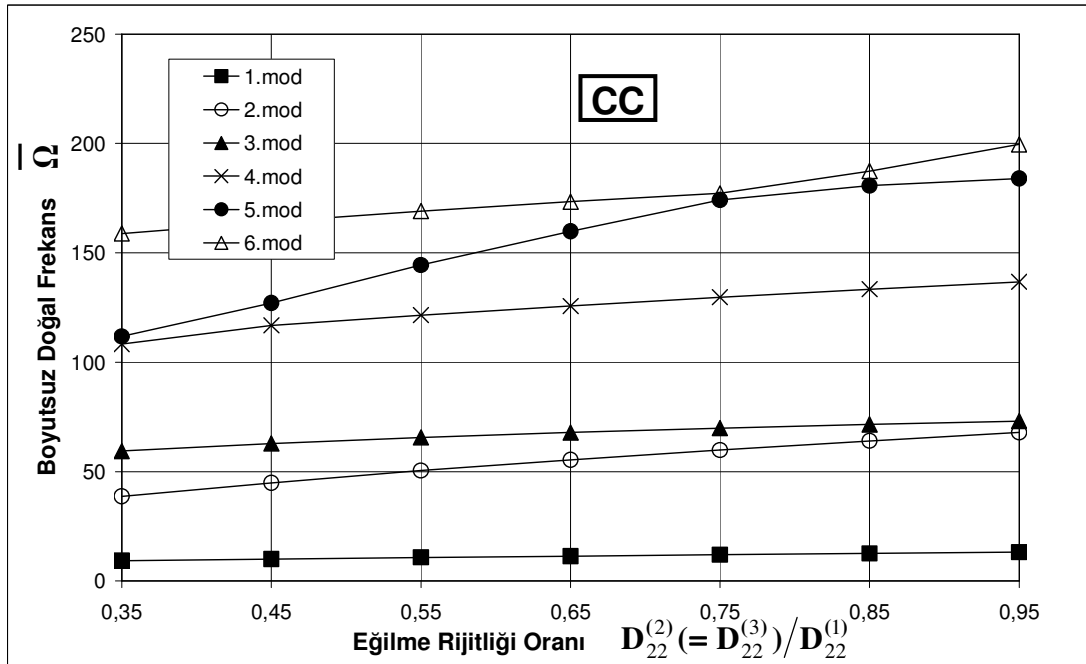
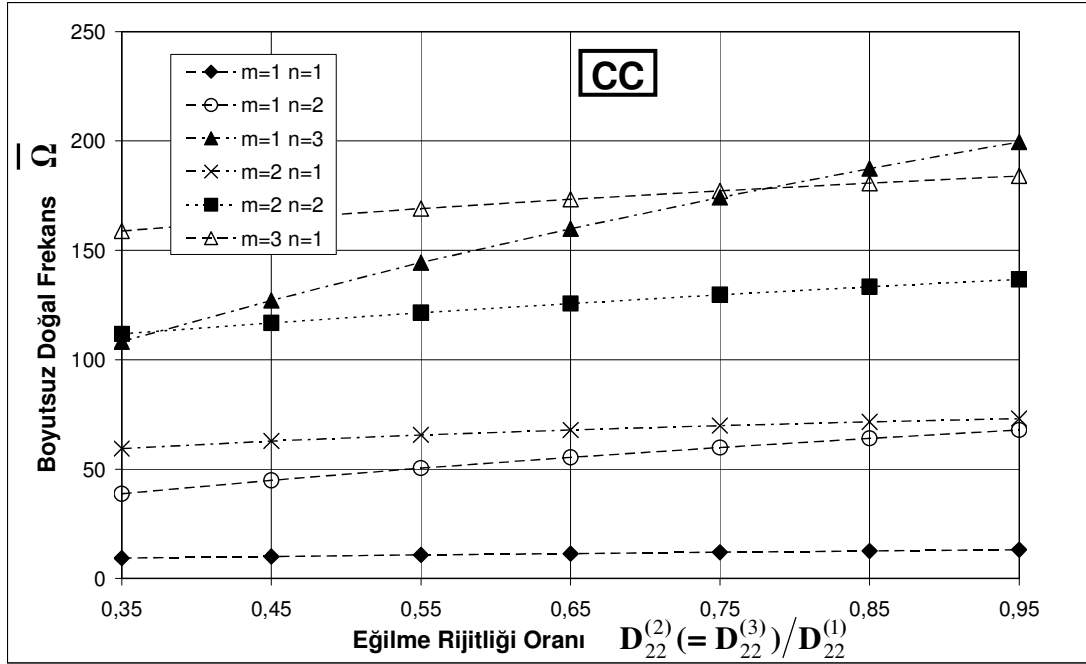


Şekil 6.193. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.194. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I = \ell_{II} = 0.25\text{m}$, $\ell_{III} = 0.50\text{m}$, $\tilde{b}' = 0.375\text{m}$, $a = 0.50\text{m}$, $h_1 = 0.04\text{m}$, $h_2 = h_3 = \text{değişken}$, $L = 1.00\text{m}$)



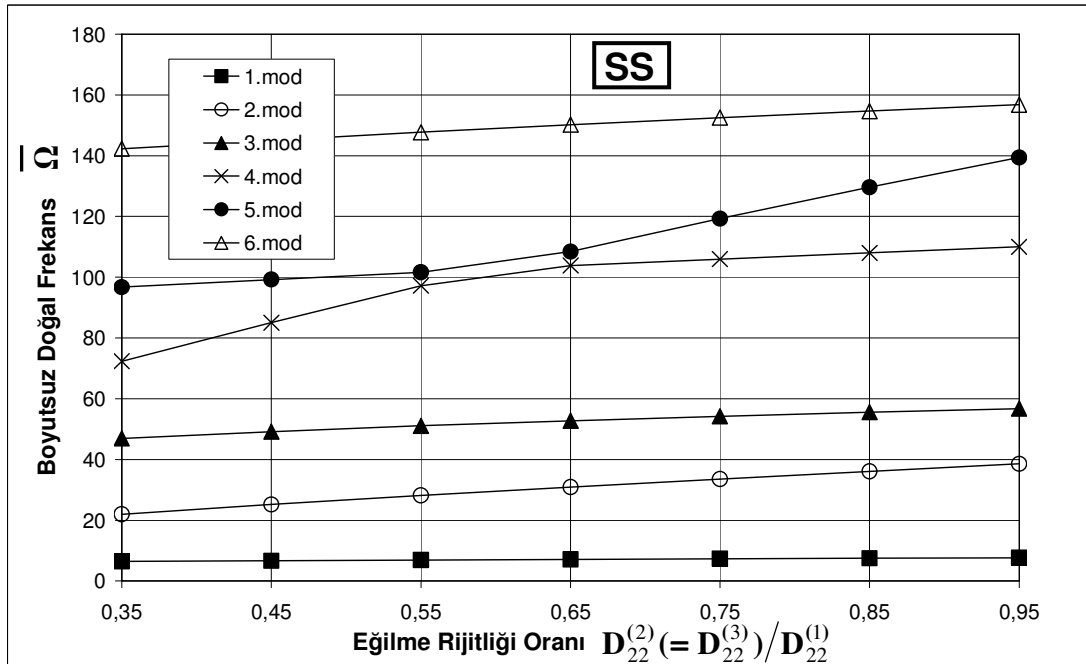
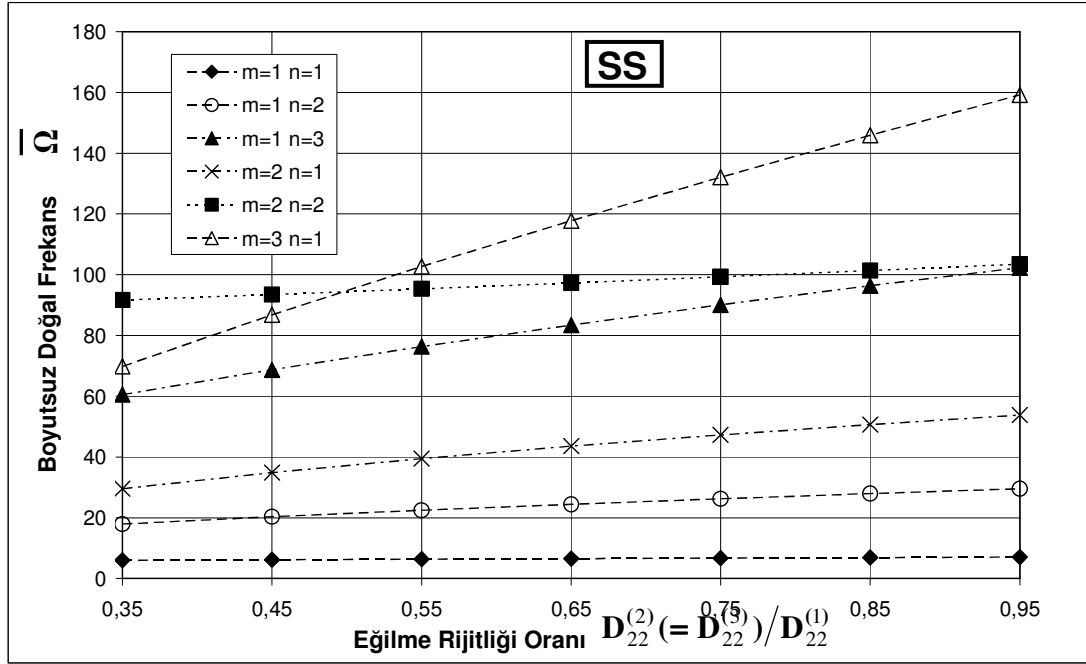
Şekil 6.195. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğışkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğışkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



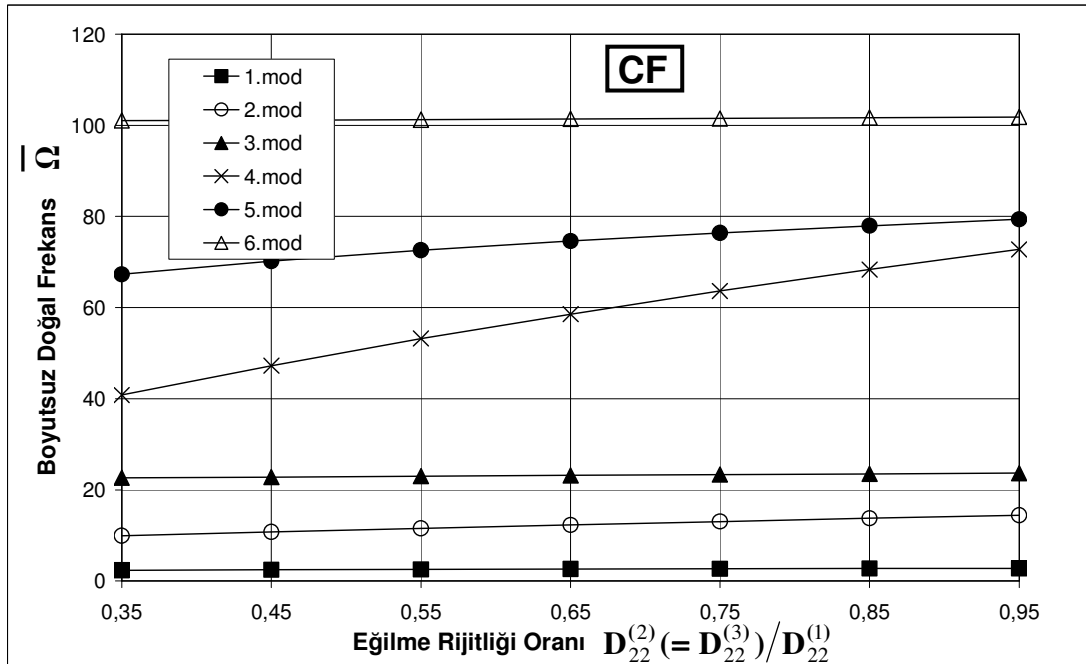
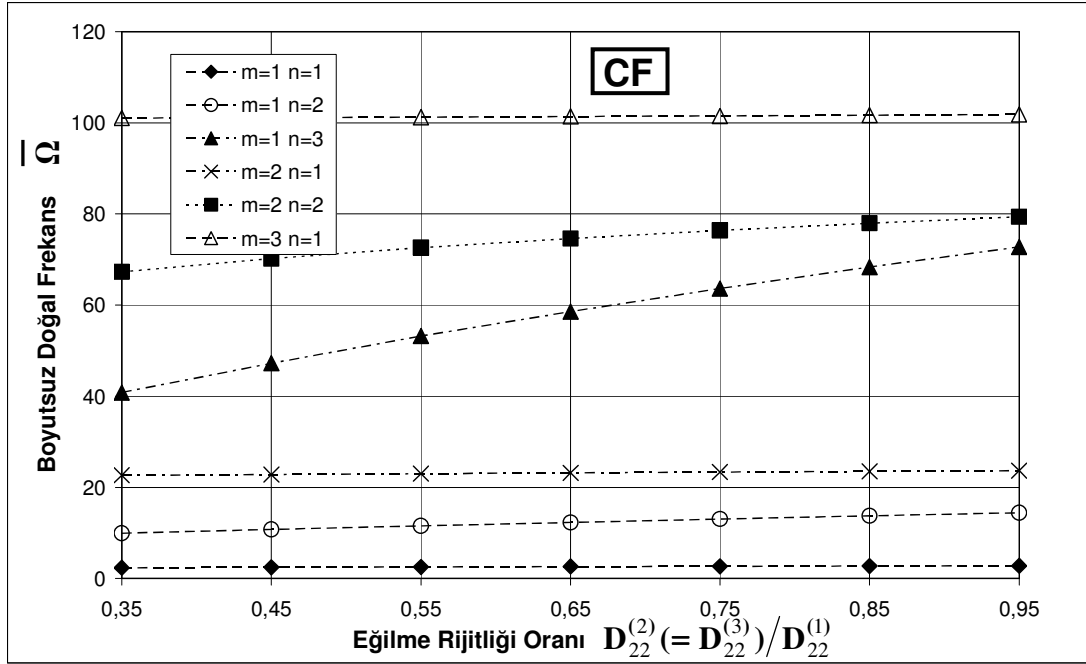
Şekil 6.196. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. Ω ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})/D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğşkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğşkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



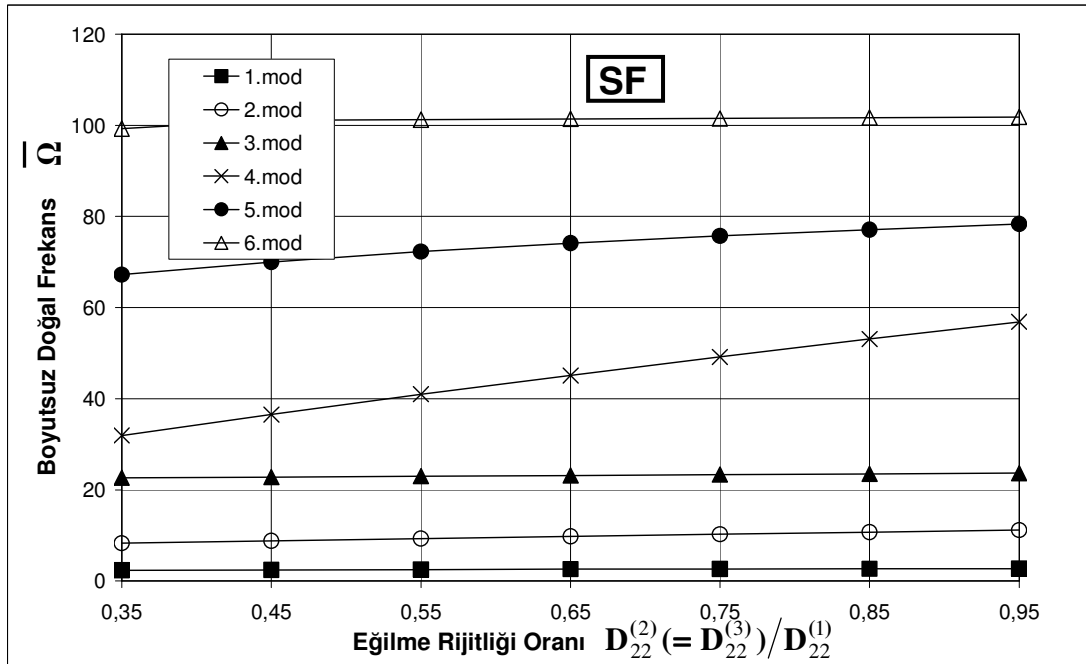
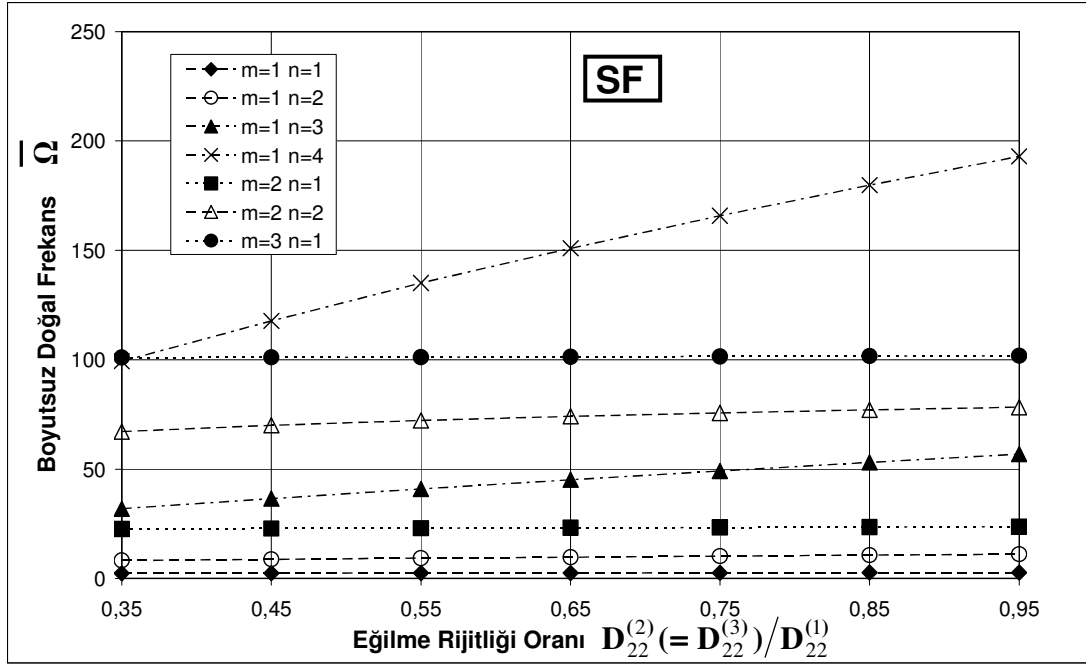
Şekil 6.197. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğışkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğışkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



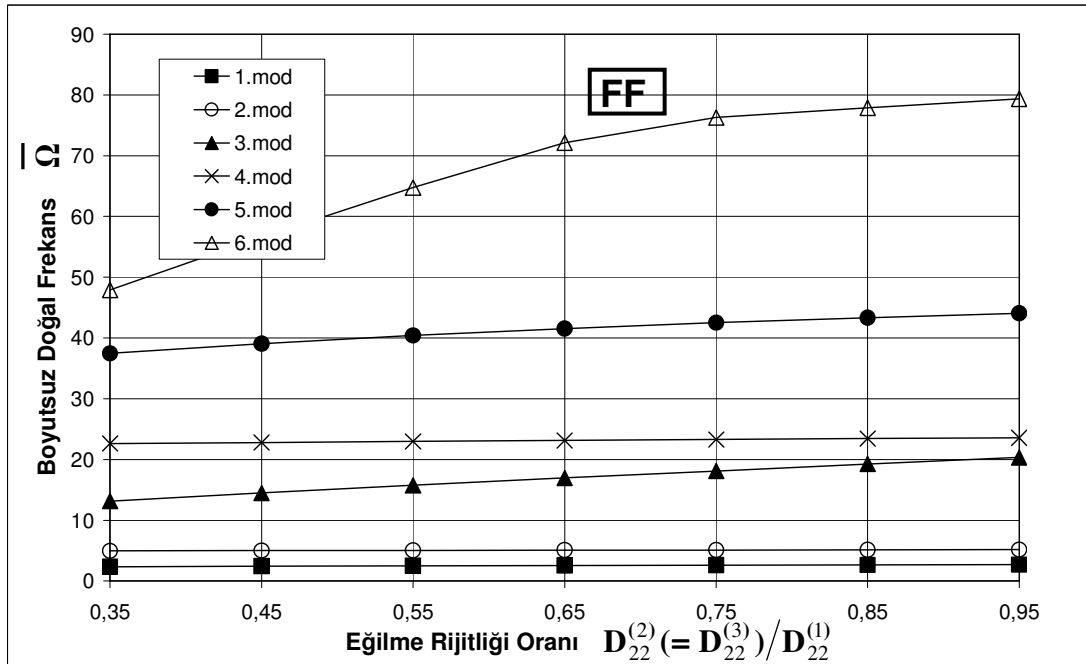
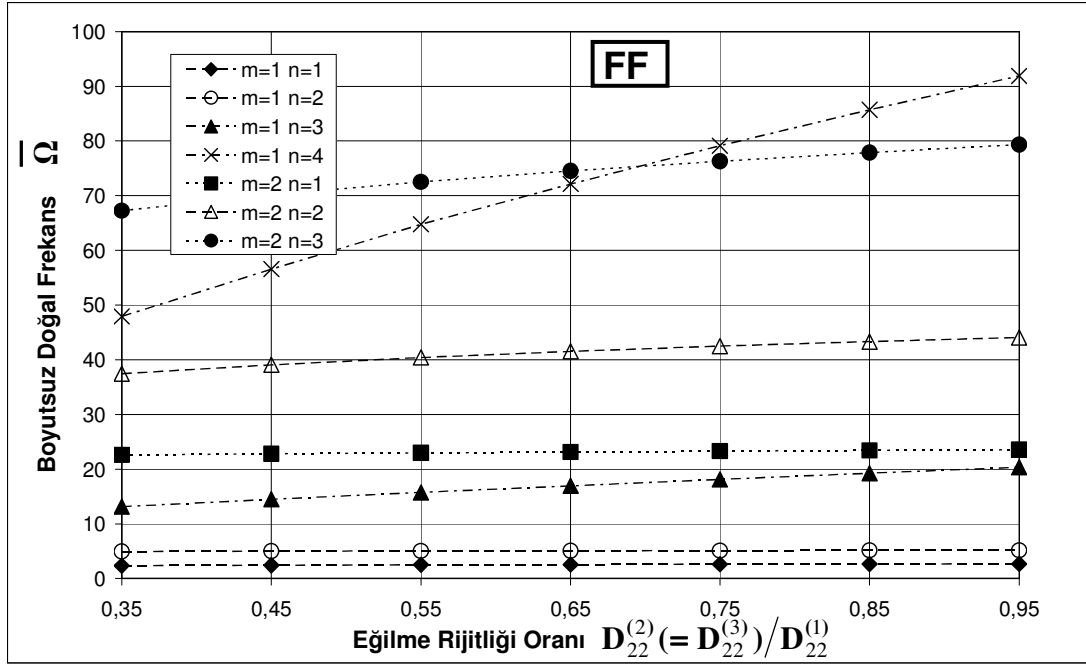
Şekil 6.198. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)} = \text{sbt}$, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) = \text{dğışkn}$; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)}) = \text{sbt}$, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)}) = \text{dğışkn}$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



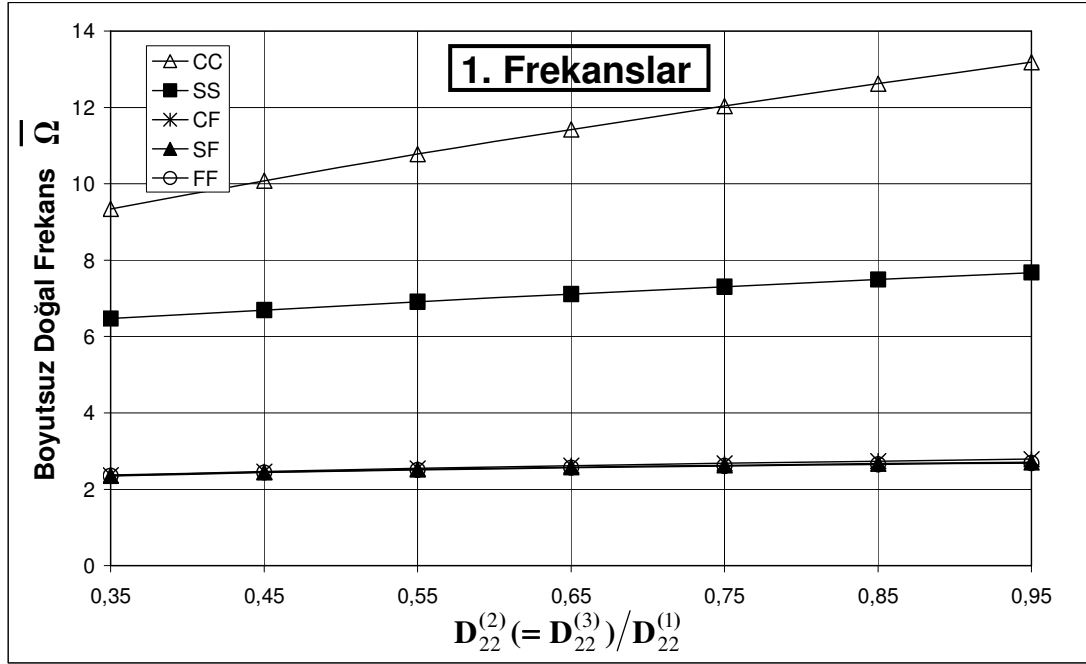
Şekil 6.199. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)”de “Boyutsuz Doğ. Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Eğilme Rijitliği Oranı $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)}) / D_{22}^{(1)}$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

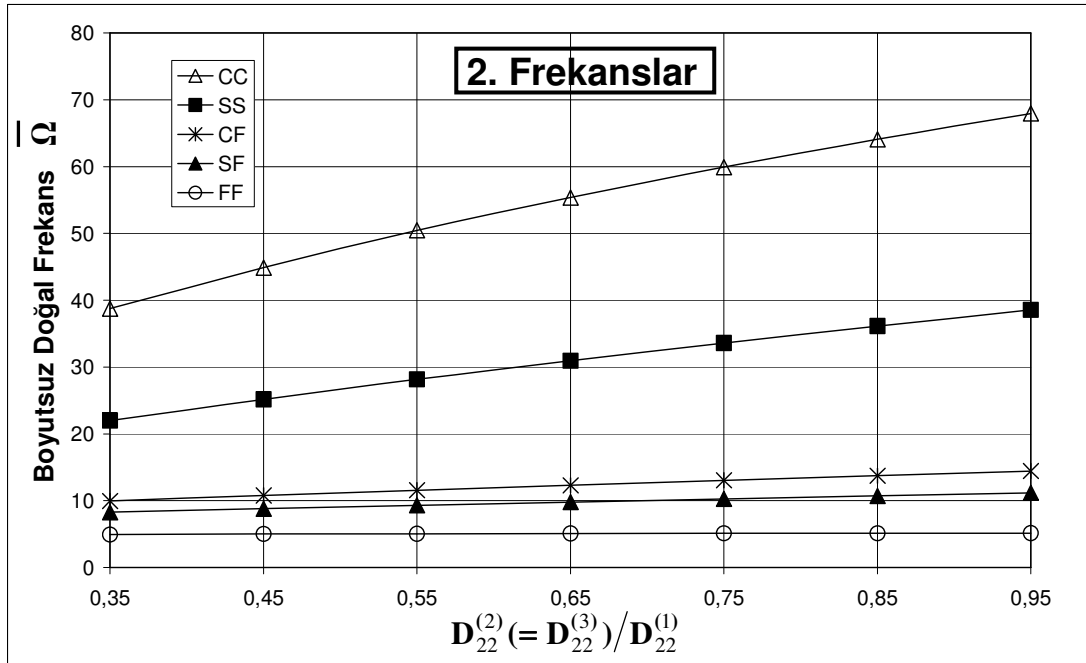
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğşkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğşkn)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)

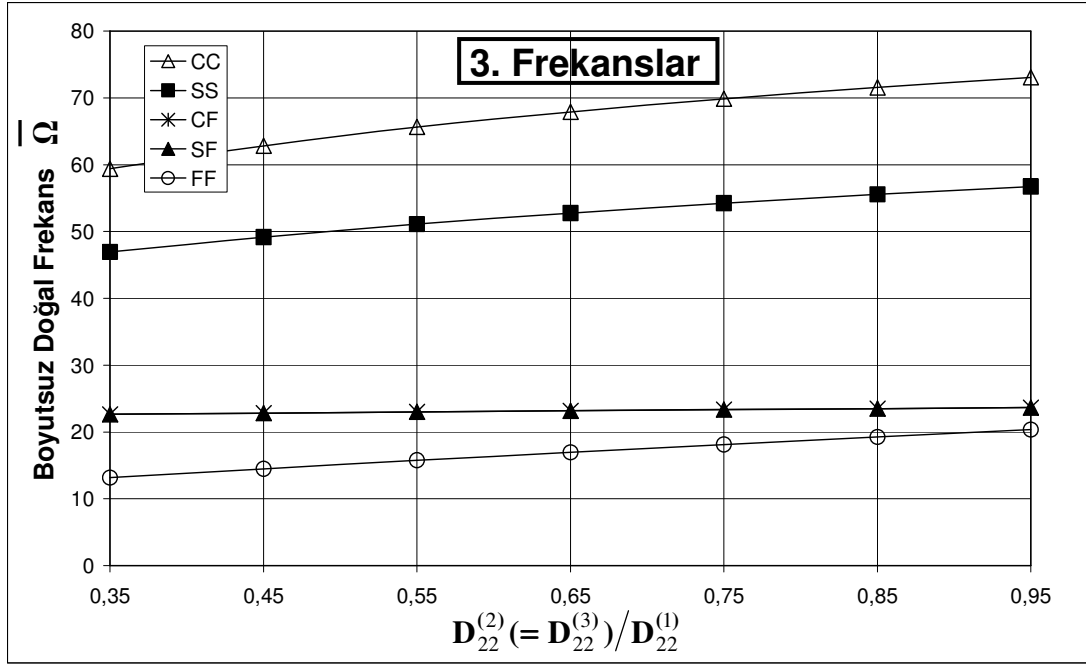


Şekil 6.200. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

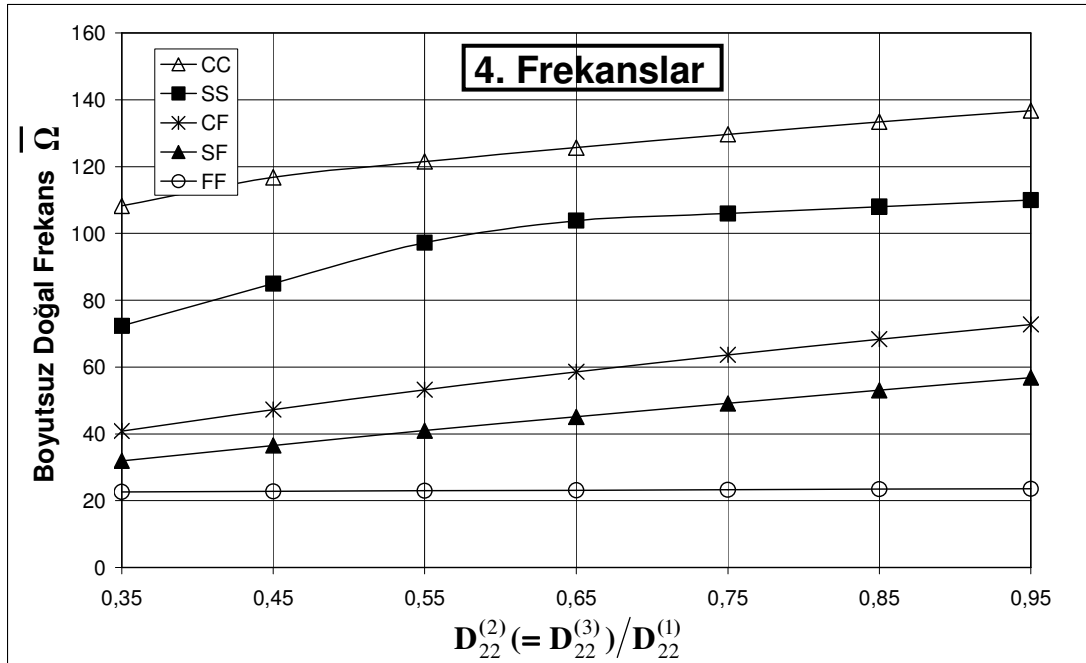


Şekil 6.201. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
($D_{22}^{(1)}$ =sbt, $D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})$ =dğışkn; $E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})$ =sbt, $E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})$ =dğışkn)

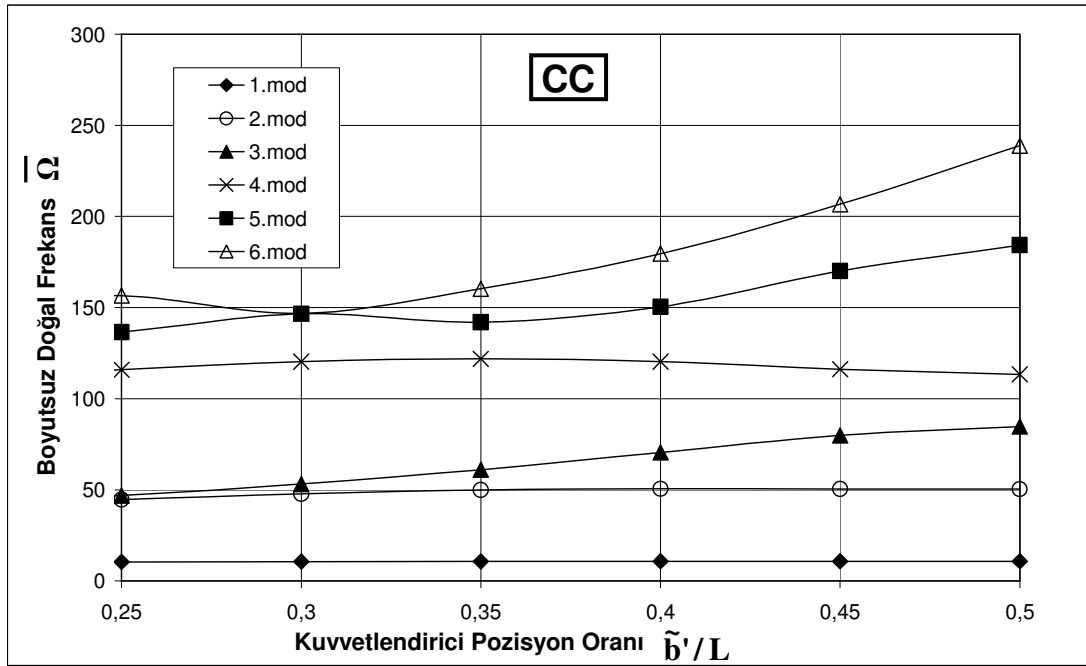
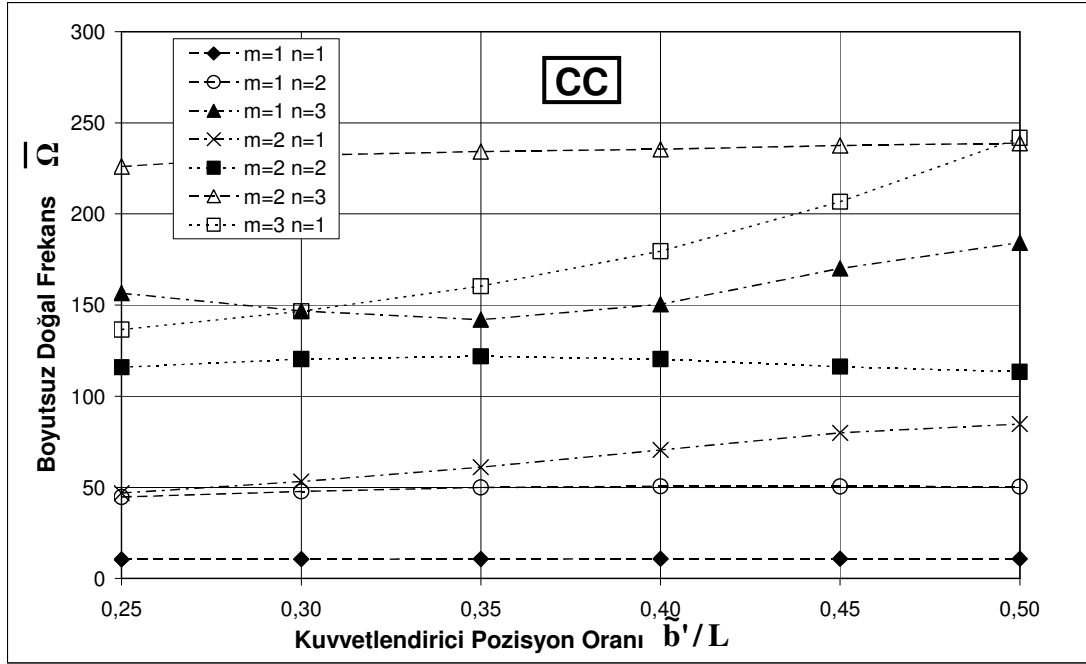


Şekil 6.202. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.203. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 $(D_{22}^{(1)}=sbt, D_{22}^{(2)} (= D_{22}^{(3)})=dğşkn; E_x^{(1)}, E_y^{(1)}, E_x^{(2)} (= E_x^{(3)})=sbt, E_y^{(2)} (= E_y^{(3)})=dğşkn)$



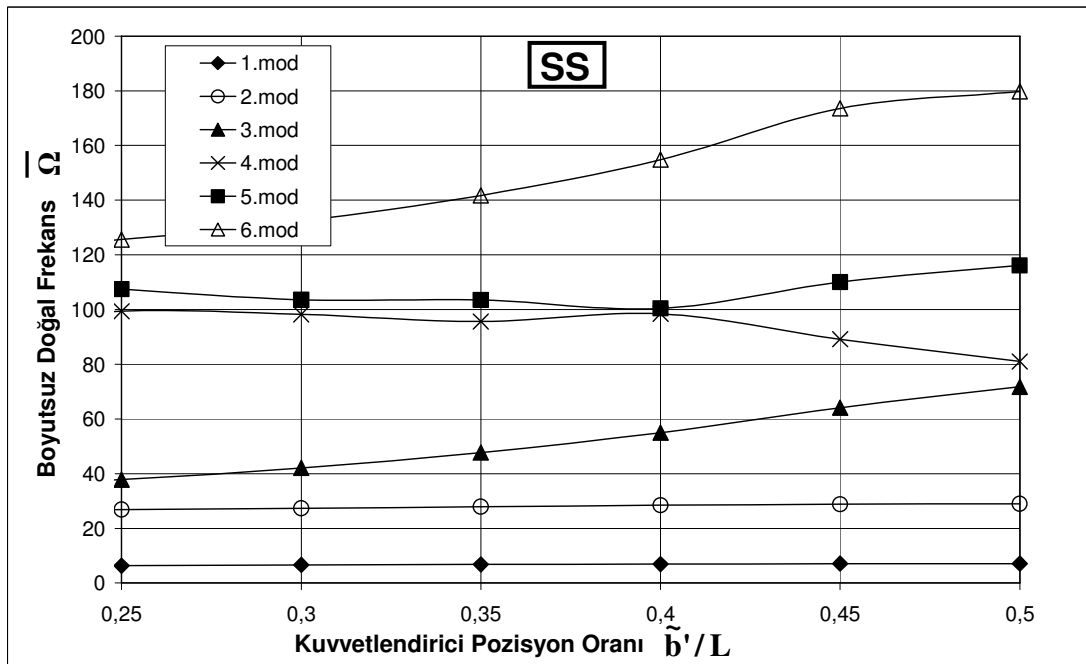
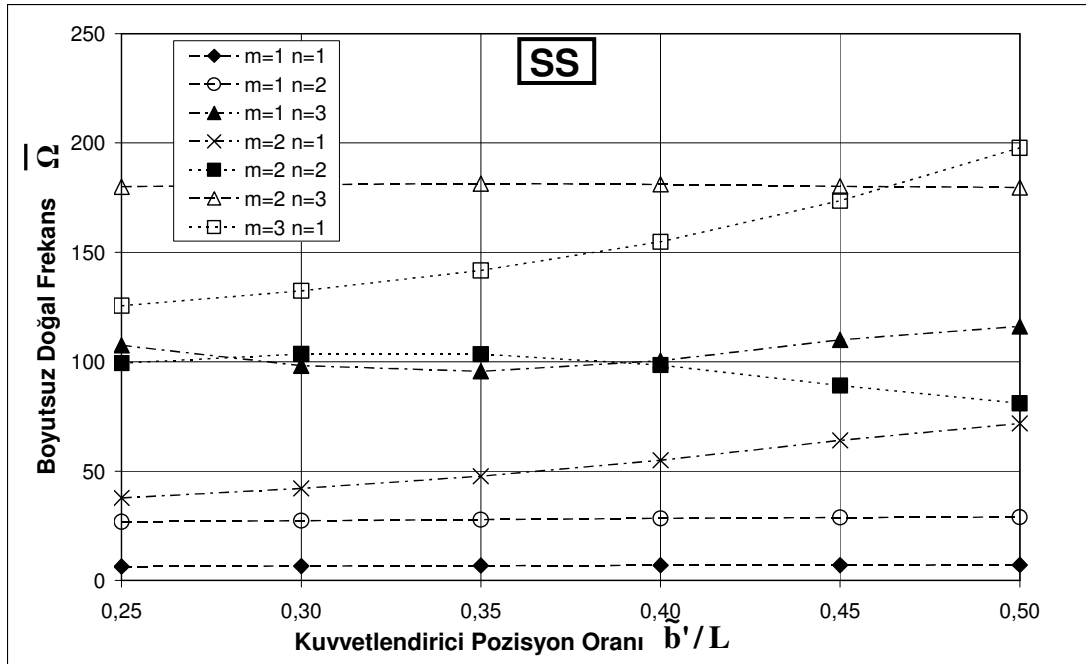
Şekil 6.204. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_1=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00\text{m}$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CC)



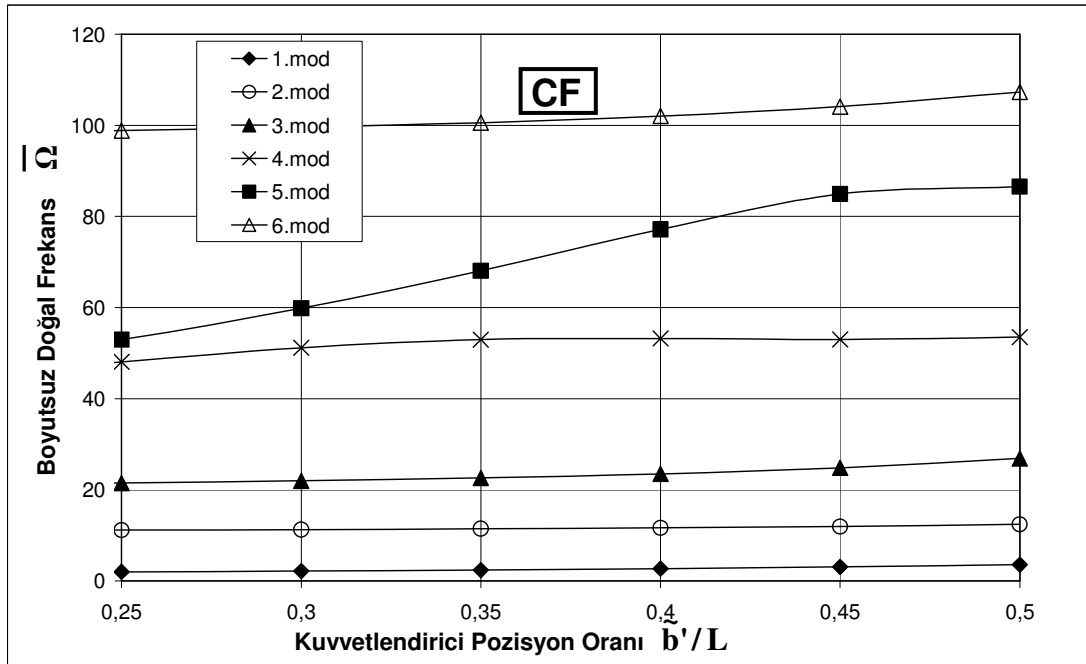
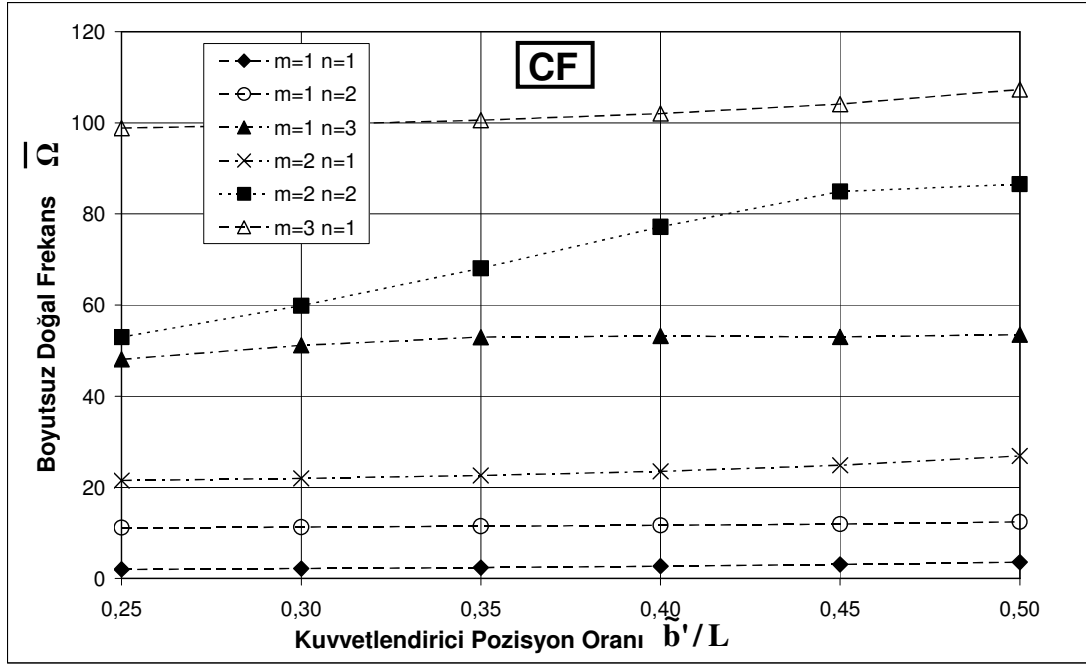
Şekil 6.205. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SS)



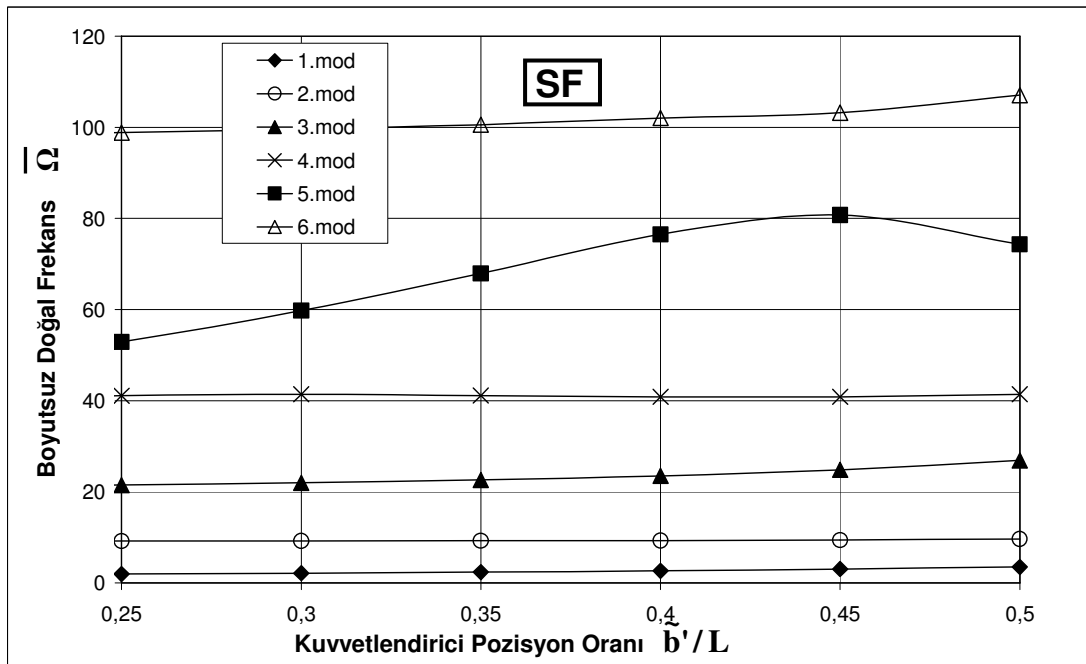
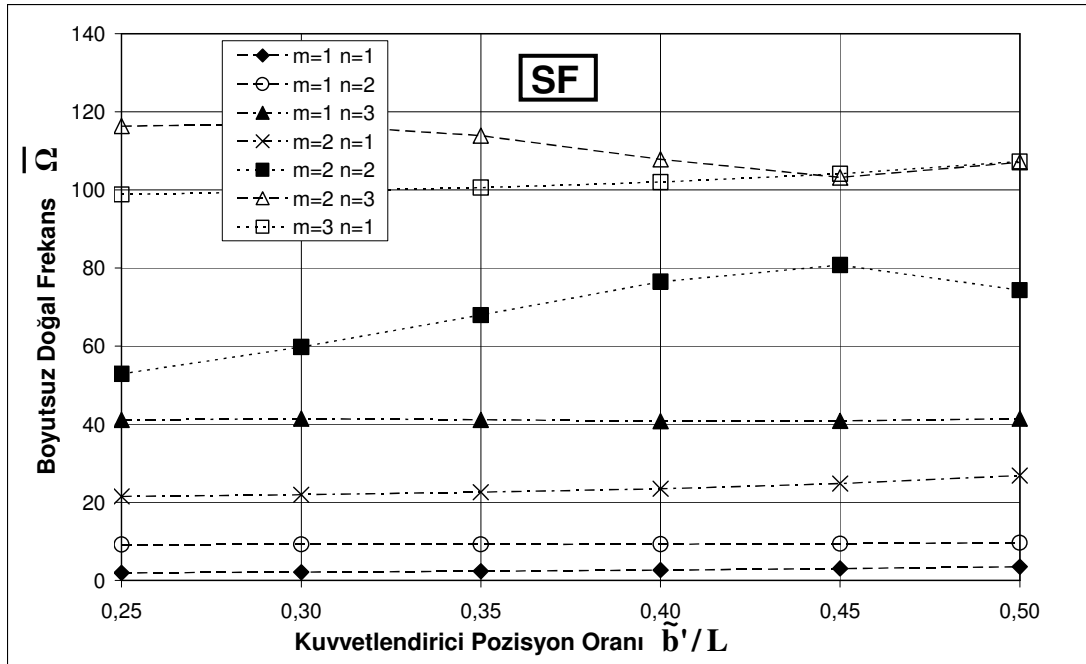
Şekil 6.206. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetli. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetli. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda CF)



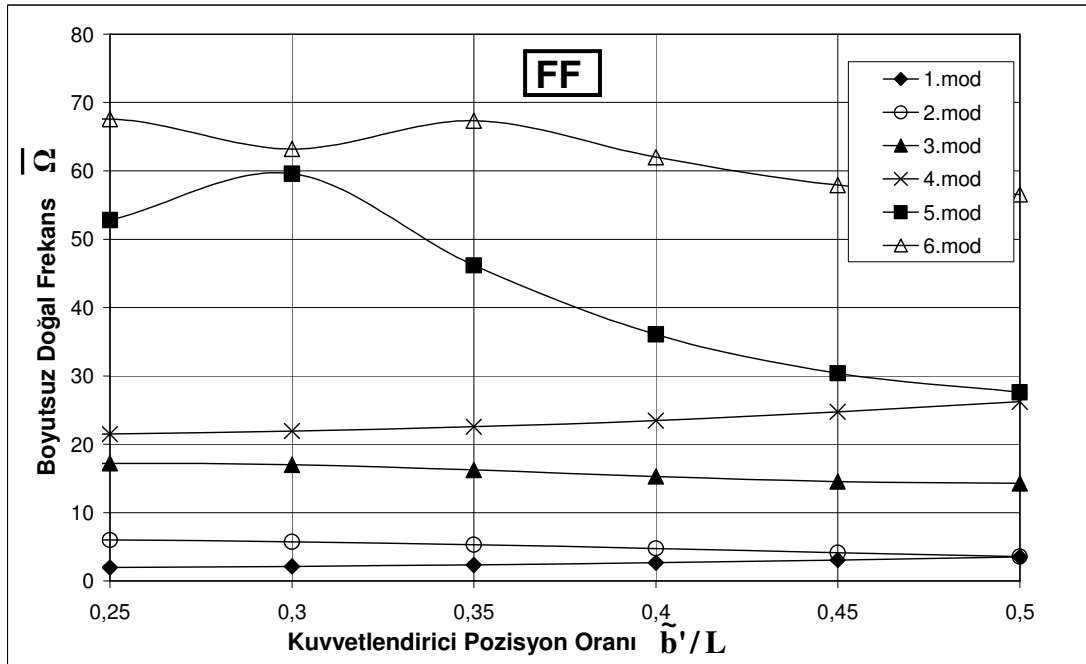
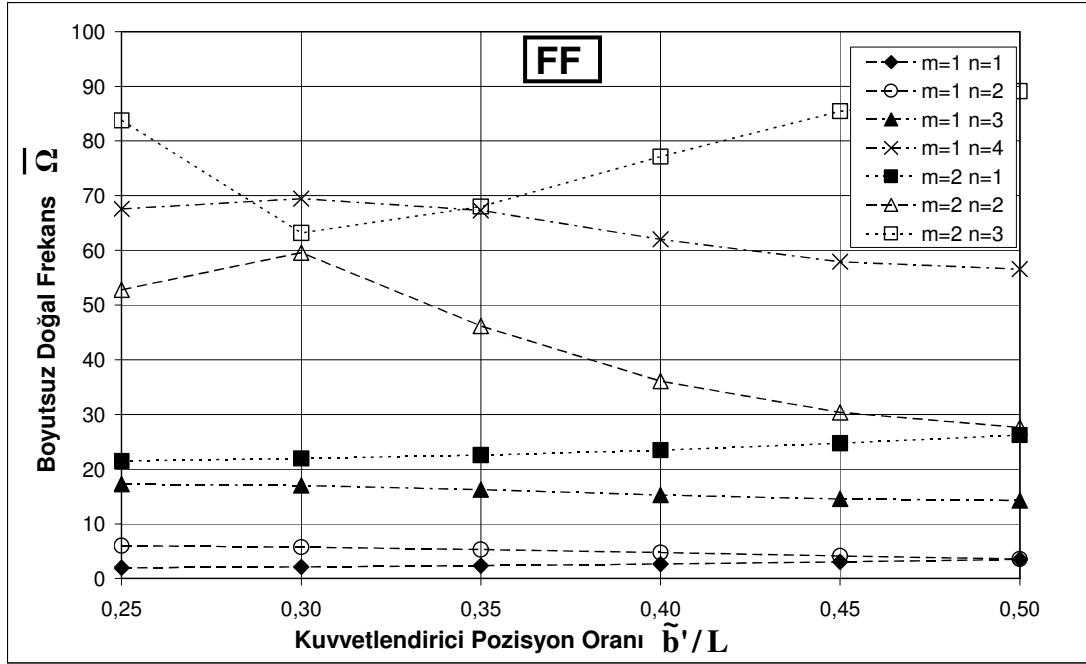
Şekil 6.207. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. Ω ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_1=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00\text{m}$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda SF)



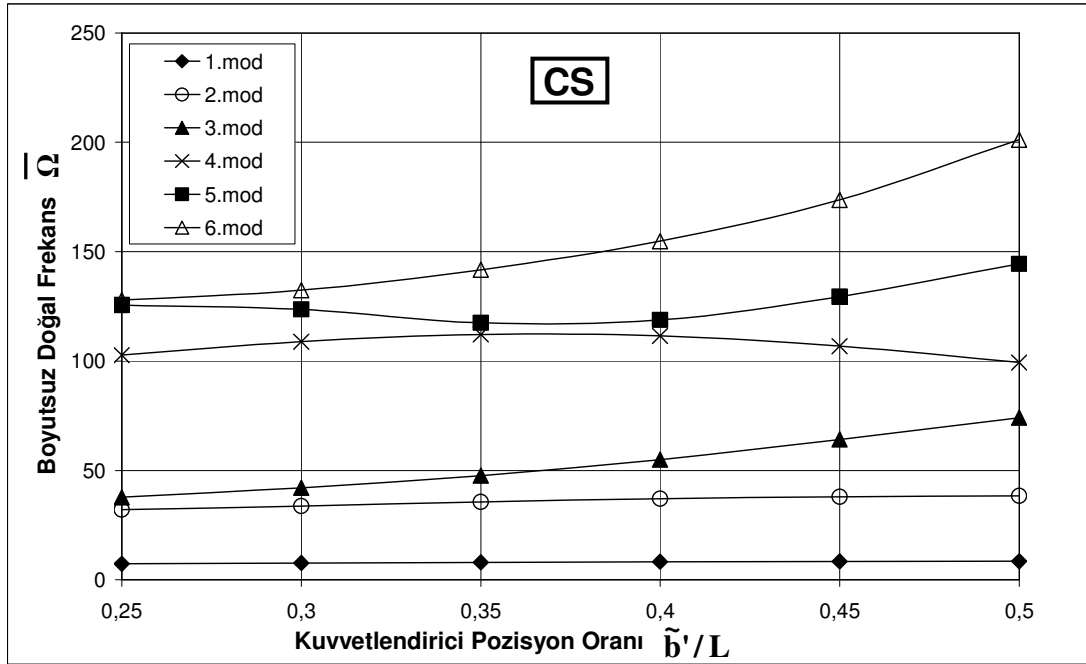
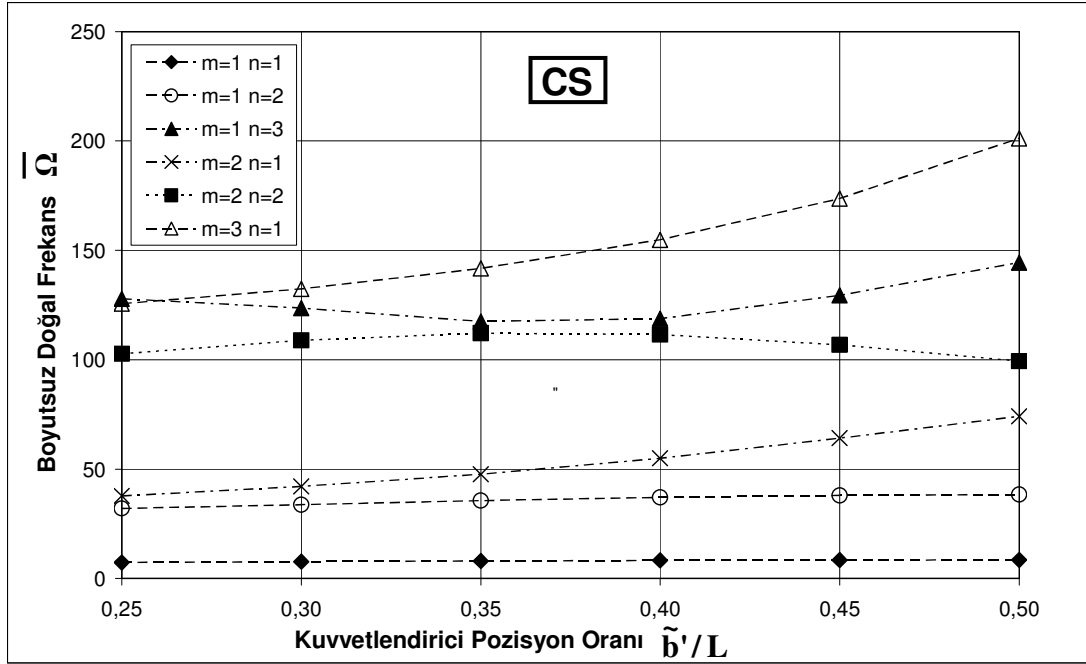
Şekil 6.208. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

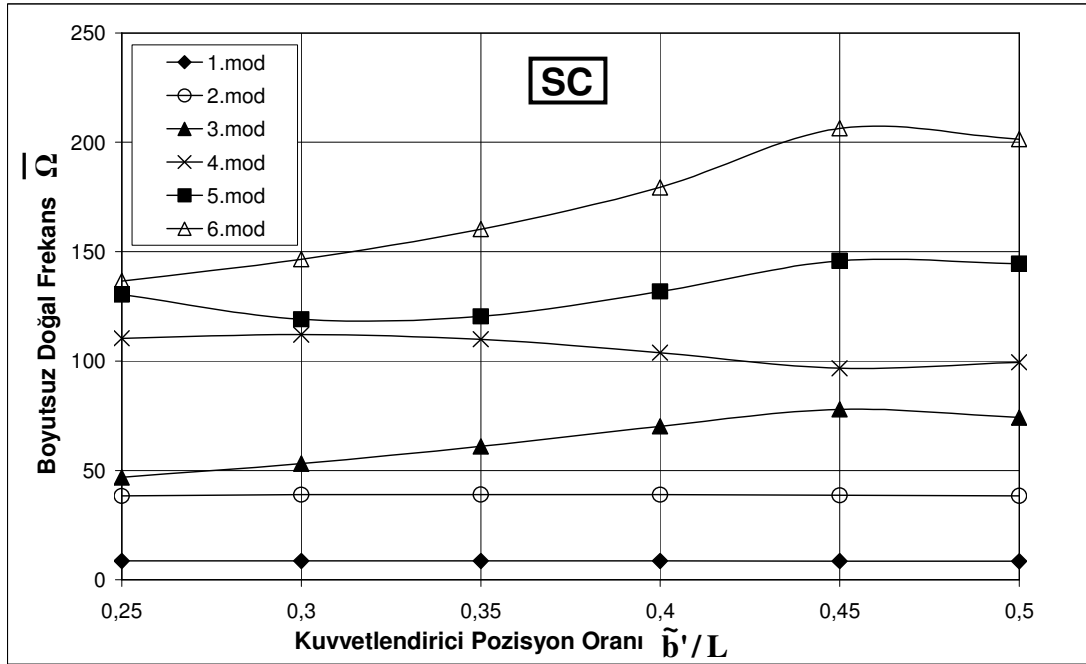
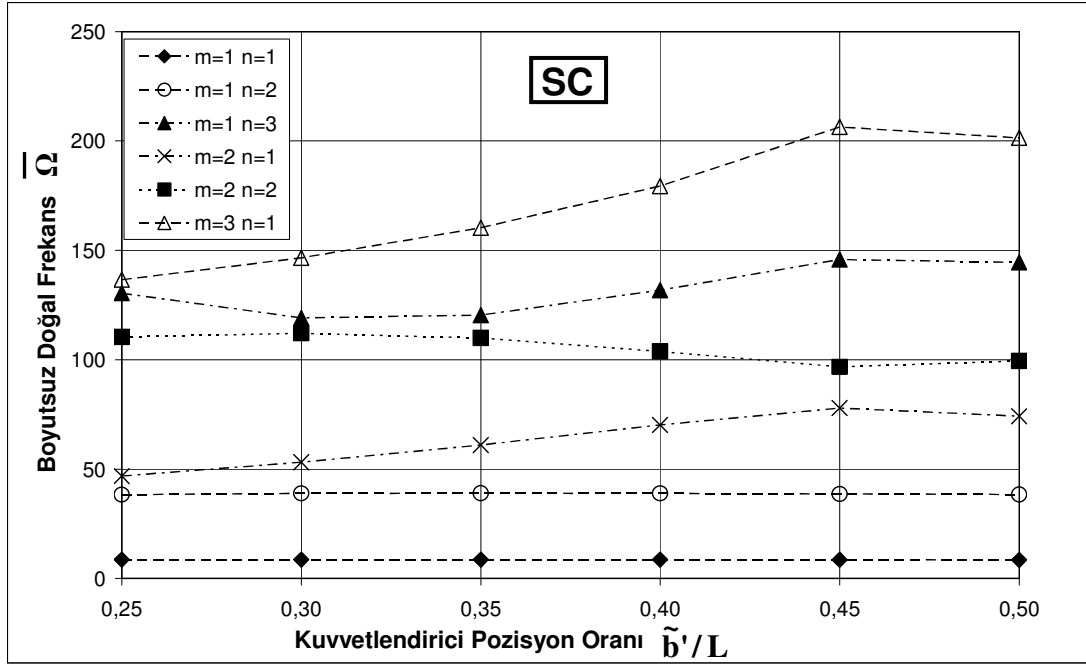
($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FF)



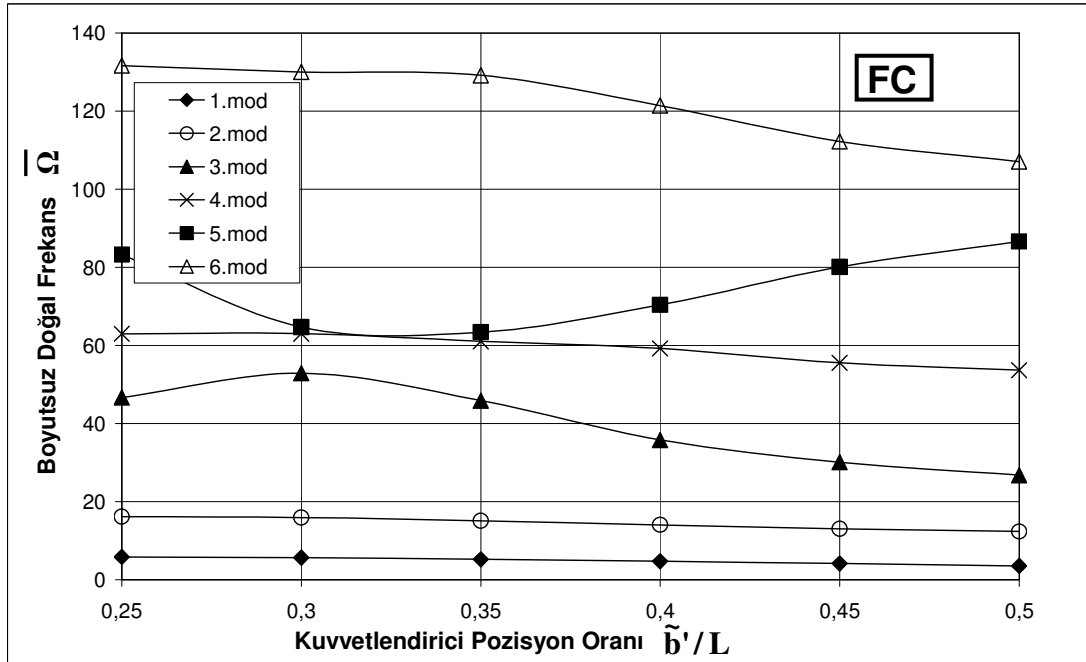
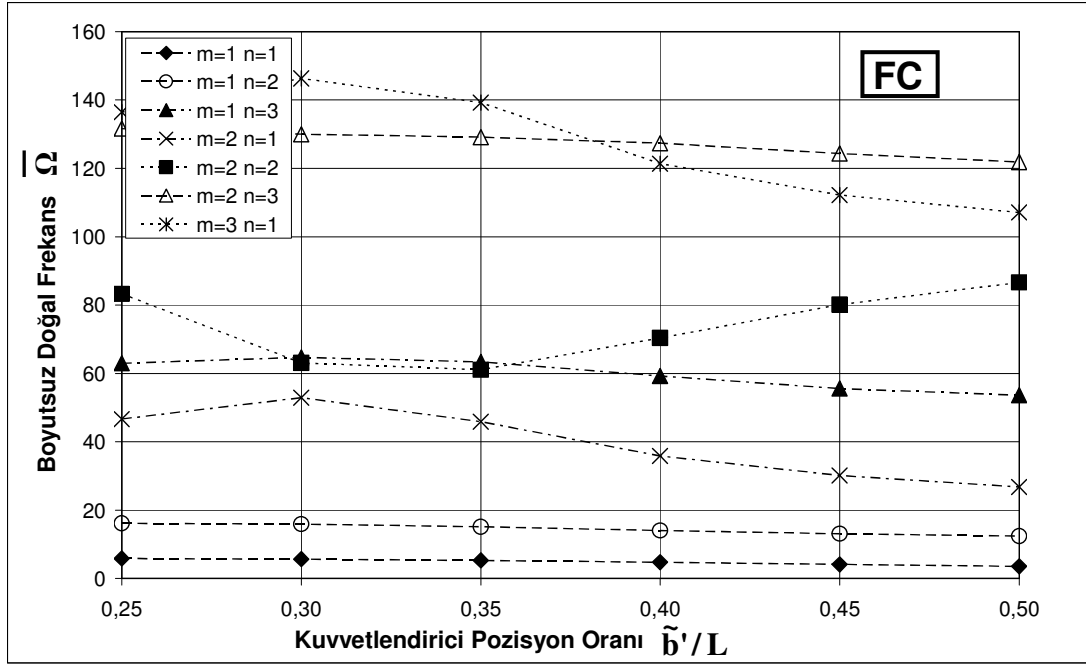
Şekil 6. 209. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda CS)



Şekil 6. 210. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)
 (Sınır Şartları, y-doğrultusunda SC)



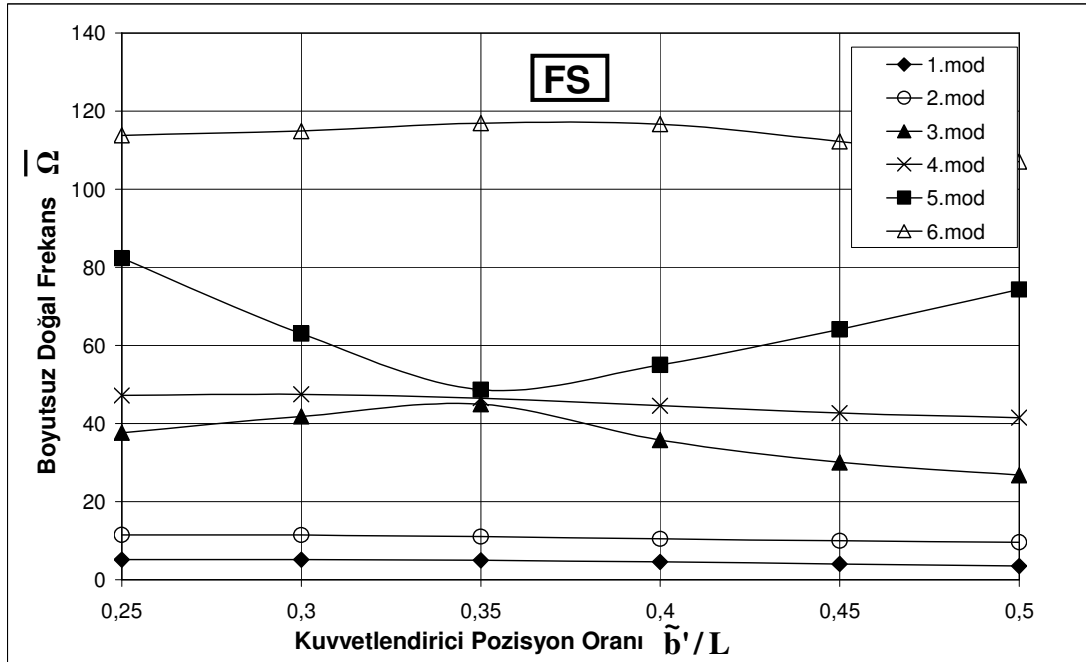
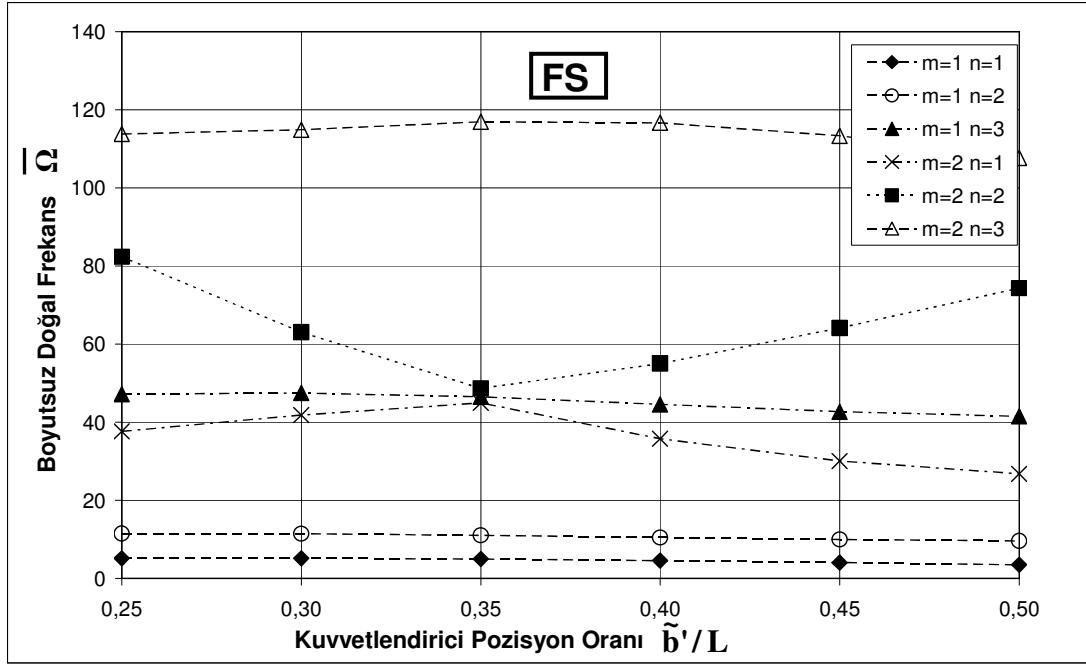
Şekil 6. 211. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00m$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FC)



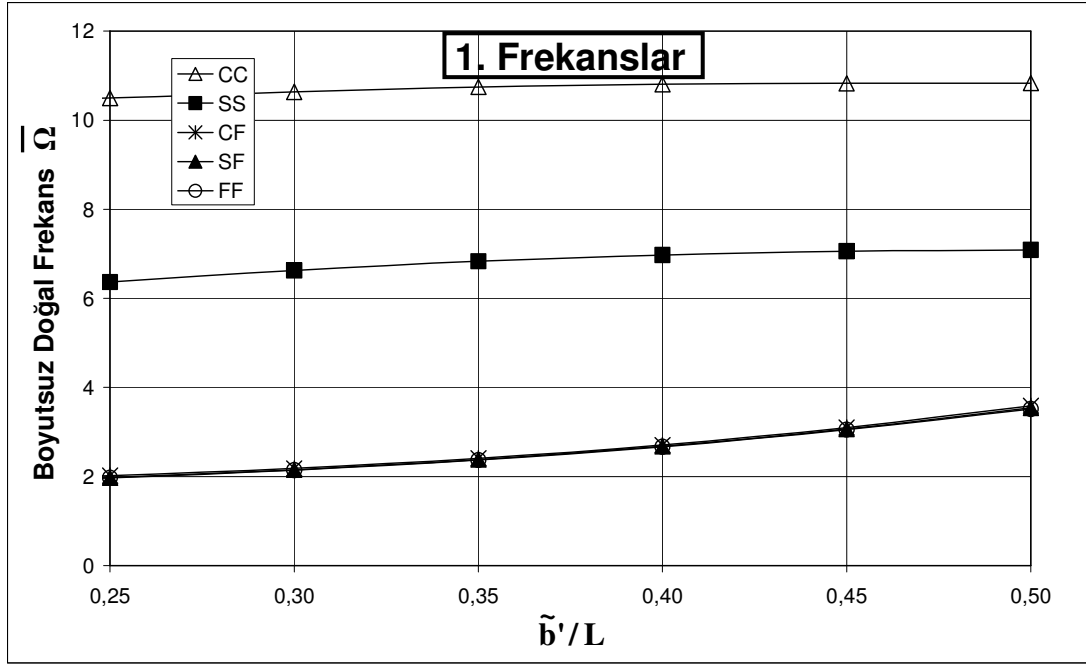
Şekil 6. 212. “Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller (Kuvvetl. Yanda)” de “Boyutsuz Doğal Frek. $\bar{\Omega}$ ” versus “Kuvvetl. Pozisyon Oranı $\tilde{b}'/L$ ”

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)”

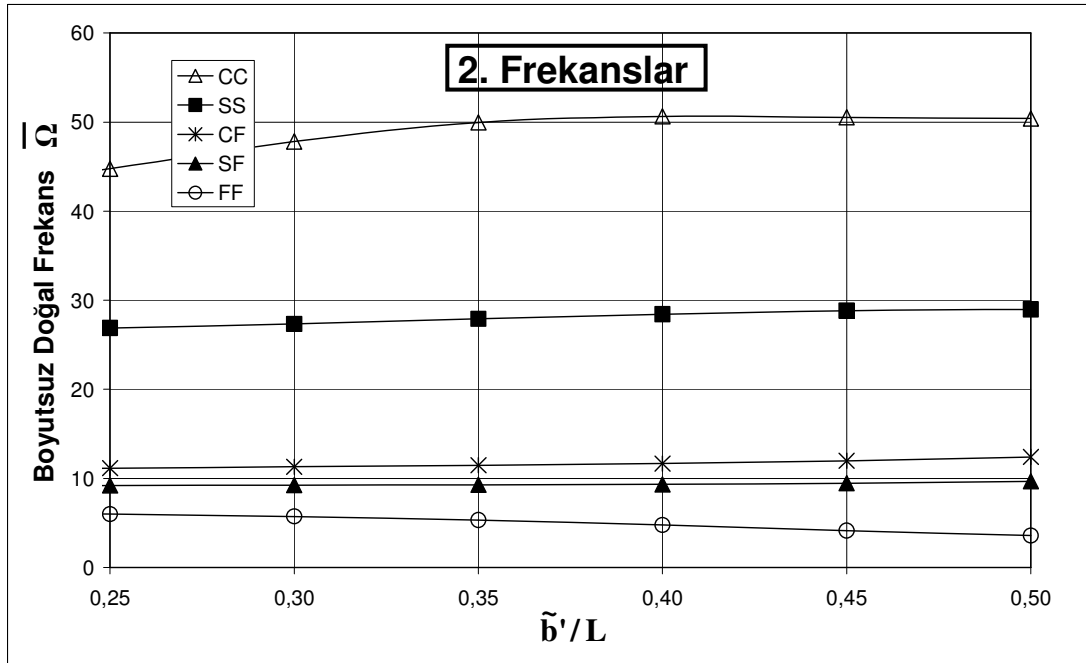
(Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)

($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00\text{m}$)

(Sınır Şartları, y-doğrultusunda FS)

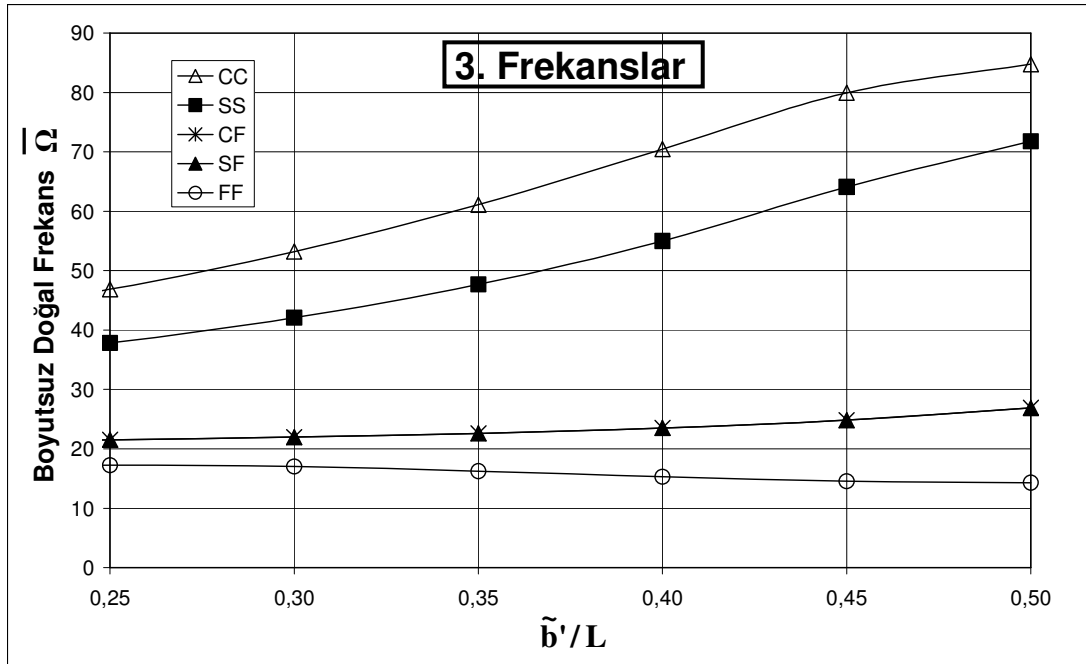


Şekil 6.213. Değişken Sınır Şartları için Birinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

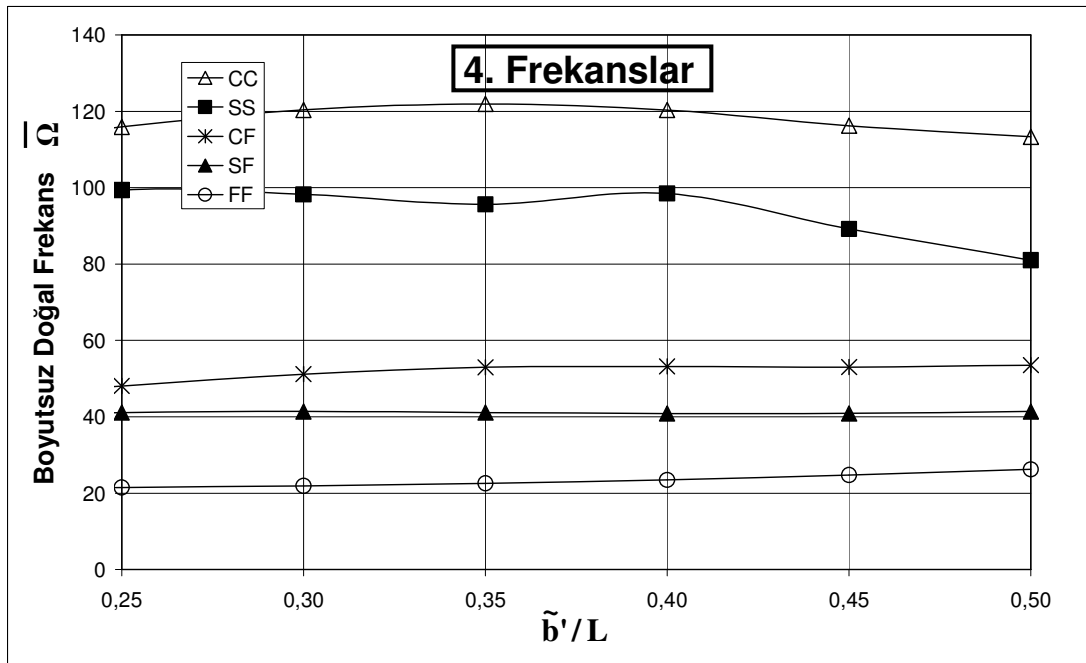


Şekil 6.214. Değişken Sınır Şartları için İkinci Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25\text{m}$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50\text{m}$, $h_1=0.04\text{m}$, $h_2=h_3=0.02$, $L=1.00\text{m}$)



Şekil 6.215. Değişken Sınır Şartları için Üçüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar



Şekil 6.216. Değişken Sınır Şartları için Dördüncü Boyutsuz Doğal Frekanslar

“Ana PROBLEM I.b (Orto.)” (Kuvvetl. Yanda)
 (Plaka1= Grafit-Epoksi, Plaka 2= Kevlar-Epoksi, Plaka 3= Kevlar-Epoksi)
 ($\ell_I=0.25m$, $\ell_{II}=\ell_{III}=\text{değişken}$, $\tilde{b}'=\text{değişken}$, $a=0.50m$, $h_1=0.04m$, $h_2=h_3=0,02$, $L=1.00m$)

7. “Ana PROBLEMLER” için ÖZET GENEL SONUÇLAR

Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller’in Serbest Eğilme Titreşimleri Problemlerinin analitik modellenmesinde Mindlin Plaka Teorisi [27,34] temel alındı. Çözüm metodu olarak “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)” kullanıldı. Bu metot, “Klasik Lévy Metodu”, “İntegral Matris Metodu” ve “Transfer Matris Metodu”nun bir kombinasyonudur.

Analitik formülasyon ve çözüm prosedürü, “Modifiye Transfer Martix Metodu (MTMM)” oldukça geneldir. Benzer bir formülasyon ve çözüm metodu, diğer değişken kalınlıklı plaka konfigürasyonlarına da uygulanabilir.

7.1. “Ana PROBLEM I.a” için Genel Sonuçlar

“Ana PROBLEM I.a” iki farklı malzeme için incelenmiştir. “Ana PROBLEM I.a (Isot.)”, Plaka I, Plaka II ve Plaka III’ün Al-Alloy olma durumunu içerirken, “Ana Problem I.a (Orto.)” Plaka I; Grafit-Epoksi, Plaka II ve Plaka III’ün Kevlar Epoksi olması durumu için incelenmiştir. Kuvvetlendiricinin ortada olmasından çıkan sonuçları kısaca şöylesiralaya biliriz;

- Eğer y-yönündeki geometri ve malzeme özelliği plaka sisteminin ortasından geçen düzleme göre simetrikse; Sınır Şartının simetrik olması (CC, SS, FF) durumunda birbirini takip eden mod şekilleri, simetrik ve aykırı simetrik (skew-symmetric) olarak oluşuyor. Sınır Şartının simetrik olmadığı (CF, SF) durumunda simetri oluşmuyor.
- Bazı mod şekillerinde, plaka sisteminin sol tarafında durağan bir bölge görülmektedir. Bu durum, sol ve sağ Sınır Şartlarının (CF, SF) aynı olmaması bağlı olarak, Sınır Şartlarının plakanın mod şekillerine nasıl etkideğini göstermektedir (bkz. Şekil.6.3.d, Şekil.6.45.a).

- Mod şekilleri ve onların doğal frekansları, y-yönündeki sınır şartlarına ve kuvvetlendirici plakanın konumuna bağlı olarak direkt etkilenmektedir.
- Ortotropik malzemenin bulunan frekans değerleri, İzotropik malzemenin bulunan frekans değerlerinden daha yüksektir.

7.2. “Ana PROBLEM I.b” için Genel Sonuçlar

“Ana PROBLEM I.b” iki farklı malzeme için incelenmiştir. “Ana PROBLEM I.b (Isot.)”, Plaka I, Plaka II ve Plaka III’ün Al-Alloy olma durumunu içerirken, “Ana PROBLEM I.b (Orto.)” Plaka I; Grafit-Epoksi, Plaka II ve Plaka III’ün Kevlar-Epoksi olması durumu için incelenmiştir. Kuvvetlendiricinin yanda olmasından çıkan sonuçları kısaca şöyle sıralayabiliriz;

- “Ana PROBLEM I.b”de kuvvetlendiricinin yanda olmasından dolayı mod şekillerinde, simetrik veya aykırı simetrikden (skew-symmetric) söz edilemez.
- Bazı mod şekillerinde, plaka sisteminin sol tarafında durağan bir bölge görülmektedir. Bu durum, sol ve sağ Sınır Şartlarından (CF, SF) bağımsız olarak oluşmaktadır, kuvvetlendirici plaka yerinin mod şekillerine nasıl etkidiğini göstermektedir (bkz. Şekil.6.86.d, Şekil.6.87.a, Şekil.6.151.a).
- Mod şekilleri ve onların doğal frekansları, y-yönündeki sınır şartlarına ve kuvvetlendirici plakanın konumuna bağlı olarak direkt etkilenmektedir.
- Ortotropik malzemenin bulunan frekans değerleri, İzotropik malzemenin bulunan frekans değerlerinden daha yüksektir.

8. MEVCUT ÇÖZÜM METODU ve NÜMERİK SONUÇLARIN DOĞRULUK TAYİNİ (Verification and Accuracy)

Xiang ve Wang, [11] 2002 yılında, yapmış oldukları çalışmada ani-değişken kalınlıklı (bir basamak ve iki basamak kalınlıklı) plaka ve panellerin titreşim analizini yapmışlardır. “Modifiye Transfer Matris Metodu (MTMM)”i ile elde edilen nümerik sonuçlar, Xiang ve Wang [11] sonuçları ile karşılaştırılmak istenmiştir. Boyutsuzlaştırma parametre değerlerinin farklı olması ve kullanılan malzeme sabitlerine ulaşamamasından dolayı bu karşılaştırılma yapılamamıştır. Literatürde mevcut çok az sayıda benzer problemler “Klasik İnce Plaka Teorisi (CLTPT)”ye dayandığı için buldukları sonuçlarla bu “Tez” çalışmasındakiler karşılaştırılmamıştır.

Son yıllarda, Soedel [7]’in kitabında “Birinci Derece Kesme Deformasyonu Teorisi (FSDPT)”ye dayanan ve uniform kalınlıklı izotropik dikdörtgen şeklinde bir plaka doğal frekansları için “analitik çözüm” verilmiştir. Bu “analitik çözüm”de “sınır şartları” dört mesnet için “basit mesnet” şartlarıdır.

Bu durumda Soedel [7]’deki “Analitik Çözüm” ile bu “Tez”de kullanılan “MTMM” metodu ile aynı plaka için “nümerik çözüm” olarak doğal frekanslar hesaplanmıştır. “Analitik Çözüm” [7], “Klasik Navier Çözümü”dür ve dikdörtgen plakada dört mesnet, basit mesnet olarak kabul edilmiştir. Plak kalınlığında uniform (veya tek kalınlıklı) kalınlıklıdır. “MTMM” Metodu ile bulduğumuz frekans değerlerinin Soedel [7]’den “Analitik Çözümle” bulunan frekans değerleriyle karşılaştırması Çizelge 8.1. de verilmiştir.

Frekans karşılaştırması için Al-Alloy malzemedan, $h=0,02$ m kalınlığında, $a=0,50$ m genişliğinde ve $L=1,00$ m uzunluğunda bir plaka seçilmiştir ve 6’ya kadar olan doğal frekans değerleri “Analitik Çözüm” ile hesaplanmıştır. Benzer şekilde aynı kalınlık ve aynı dış ebatlar ve aynı malzemedan (fakat üç parçadan oluşan) bir plakanın doğal frekansları “MTMM” ile “Nümerik Çözüm”

olarak hesaplanmıştır. “Nümerik Çözüm”de kullanılan üç parçadan ibaret plakada $\ell_I=0,25$ m, $\ell_{II}=\ell_{III}=0,375$ m ve $L=\ell_I+\ell_{II}+\ell_{III}=1,00$ m, $a=0,50$ m $h=0,02$ m’dir (bkz. Şekil 3.2).

“Analitik Çözüm” ve “MTMM” Metodunda “Nümerik Çözüm” ile elde edilen 6ncı’ya kadar doğal frekanslar Çizelge 8.1.’de (*) sembolü ile belirtilen rakamlar aynı kalınlık ve aynı dış boyutlardan ve üç plakadan oluşan plaka sisteminin nümerik çözümünde y-yönünde istasyon sayılarını göstermektedir. Bu sembol (*) ile belirtilen yan yana üç rakam, sırasıyla, Plaka 1, Plaka 2, Plaka 3’deki (bkz. Şekil 3.2) y-yönündeki istasyon sayılarını (“MTMM” metodunda) göstermektedir. “Nümerik Çözüm”, daha önce ki 5inci Bölümde belirtildiği gibi, y-yönünde istasyon sayılarına az çok bağlıdır. Bu durum Çizelge 8.1.’de açıkça görülmektedir.

“Analitik Çözüm” ve “Nümerik Çözüm” arasındaki % Hata, Çizelge 8.1’de ayrıca sağ tarafta gösterilmiştir. Hata miktarı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\frac{("Analitik\ Deger"- "Nümerik\ Deger")}{"Analitik\ Deger"} \times 100 = \%Hata \quad (8.1)$$

Çizelge 8.1’de, % hata miktarından görülebileceği gibi “MTMM” Metodu ile elde edilen “Nümerik Çözüm” göreceli olarak çok iyi nümerik sonuçlar (verification) vermektedir.

Bu bağlamda, ayrıca Çizelge 8.2’de “MTMM” Metodu’nun verdiği “Nümeik Çözüm”de göz önüne alınan plakanın y-yönünde “sağ mesnet”te veya “sağ en uç nokta”da “Basit Mesnet” şartlarının hangi mertebede nümerik olarak sıfır olduğu yani $\bar{\Psi}_x$, $\bar{w}$, $\bar{M}_y$ değerlerinin sıfıra ulaştığı açıkça görülmektedir.

Bu sonuçlar da, göz önüne alınan plaka için, “MTMM” Metodu’nda “Nümerik Çözüm” ile elde edilen doğal frekansların hassasiyet (accuracy) durumunu göstermektedir.

Çizelge 8.1. “Analitik Çözüm (Soedel [7])” ve “Nümerik Çözüm (“MTMM” Metodu)” karşılaştırılması

Frekans (Boyutlu)		Analitik Çözüm [7]	Nümerik Çözüm “MTMM” Metodu ile					Nümerik Çözümde % Hata				
			7-7-7 ^(*)	9-7-7 ^(*)	12-7-7 ^(*)	12-8-8 ^(*)	12-7-8 ^(**)	7-7-7 ^(*)	9-7-7 ^(*)	12-7-7 ^(*)	12-8-8 ^(*)	12-7-8 ^(**)
1	m=1, n=1	481.793	478.158	478.158	478.158	478.158	478.158	0.7545	0.7545	0.7545	0.7545	0.7545
2	m=1, n=2	769.069	760.031	760.031	760.031	760.031	760.031	1.1752	1.1752	1.1752	1.1752	1.1752
3	m=1, n=3	1244.915	1232.629	1232.622	1232.622	1232.562	1232.667	0.9869	0.9875	0.9875	0.9923	0.9838
4	m=2, n=1	1622.986	1618.828	1618.828	1618.828	1618.828	1618.828	0.2562	0.2562	0.2562	0.2562	0.2562
5	m=2, n=2	1905.043	1890.954	1890.954	1890.954	1890.949	1890.954	0.7396	0.7396	0.7396	0.7398	0.7396
6	m=1, n=4	1905.043	1891.870	1891.851	1891.851	1891.290	1892.056	0.6915	0.6925	0.6925	0.7219	0.6817

Çizelge 8.2. “Nümerik Çözüm”de (“MTMM” Metodu) “Sınır Şartları”nın sağlanması
(y-yönünde sağ mesnette veya “sağ en uç nokta”da “Basit Mesnet” Şartları)

Frekans (Boyutsuz)	7-7-7 ^(*)	9-7-7 ^(*)	12-7-7 ^(*)	12-8-8 ^(*)	12-7-8 ^(**)
	$\bar{\Psi}_x, \bar{w}, \bar{M}_y$	$\bar{\Psi}_x, \bar{w}, \bar{M}_y$	$\bar{\Psi}_x, \bar{w}, \bar{M}_y$	$\bar{\Psi}_x, \bar{w}, \bar{M}_y$	$\bar{\Psi}_x, \bar{w}, \bar{M}_y$
1	$10^{-9}, 10^{-15}, 10^{-13}$	$10^{-9}, 10^{-15}, 10^{-12}$	$10^{-9}, 10^{-14}, 10^{-12}$	$10^{-11}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-9}, 10^{-13}, 10^{-12}$
2	$10^{-11}, 10^{-14}, 10^{-13}$	$10^{-10}, 10^{-14}, 10^{-12}$	$10^{-12}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-11}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-10}, 10^{-14}, 10^{-12}$
3	$10^{-10}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-10}, 10^{-14}, 10^{-11}$	$10^{-11}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-10}, 10^{-13}, 10^{-11}$	$10^{-10}, 10^{-13}, 10^{-11}$
4	$10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-10}$	$10^{-10}, 10^{-12}, 10^{-9}$	$10^{-10}, 10^{-12}, 10^{-9}$	$10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-9}$	$10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-9}$
5	$10^{-11}, 10^{-11}, 10^{-9}$	$10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-9}$	$10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-10}$	$10^{-11}, 10^{-12}, 10^{-9}$	$10^{-13}, 10^{-11}, 10^{-10}$
6	$10^{-10}, 10^{-12}, 10^{-10}$	$10^{-11}, 10^{-12}, 10^{-10}$	$10^{-11}, 10^{-12}, 10^{-10}$	$10^{-10}, 10^{-12}, 10^{-10}$	$10^{-10}, 10^{-12}, 10^{-10}$

Not: Yukarıdaki Çizelgelerde MTMM metodu ile hesaplamalarda 6ncı dereceden polinom kullanılmıştır.

9. İLERİDE ARAŞTIRMA için ÖNERİLER

Kendinden Kuvvetlendirilmiş ve/veya Ani-Değişken-Kesitli Plaka ve Paneller'in Serbest Eğilme Titreşimleri Problemlerinin değişik türleri, mevcut olan "Modifiye Transfer Martix Metodu (MTMM)" ile çözülebilir. Metot üzerinde bazı değişiklikler yapılarak aşağıda belirtilen problemlerde çözümlenebilir.

- Plaka sistemine sönümleme (damping) etkisi ilave edilebilir.
- y-yönünde, sınır şartlarında, mekanik yay terimleri cinsinden elastik mesnetler kullanılabilir.
- Kendinden kuvvetlendirme durumundan, dikdörtgen plaka yerine hafifi eğri yüzeye sahip panellerin (kabukların) analizleri yapılabilir.
- Anizotropik plaka ve panellerin analizleri yapılabilir.
- Serbest titreşim yerine zorlamalı titreşim dahil edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] ASM International Handbook Committee, "Engineered Material Handbook", **ASM publication**, 1990.
- [2] Lubin, G., "Handbook of Composites", **Van Nostrand Reinhold Company**, 1982.
- [3] Schwartz, M., "Composite Materials Handbook", **Mc Graw-Hill, N.Y.** , 1992.
- [4] Hoskins, B.C. and Baker, A. A., "Composite Materials for Aircraft Structures", **AIAA Educational Series, New York**, 1986.
- [5] Marshall, I.H., and Demuts, E., (Editors), "Supportability of Composite Airframes and Aero-Structures", **Elsevier Applied Science Publihers, New York**, 1988.
- [6] Niu, M.C.-Y., "Airframe Structural Design", **Commilit Pres Ltd., Hong Kong.** , 1988.
- [7] Werner Soedel, "Vibrations of Shells and Plates", **Marcel Dekker, Inc.**, New York, Second Edition, 1993.
- [8] Chopra, I., "Vibration of Stepped-Thickness Plates", **Inter. Jour. of Mechanical Science** Vol.16, pp., 337-344 (1974).
- [9] Warburton, G.B., Comment on "Vibration of Stepped-Thickness Plates" by I.Chopra. **Inter. Jour. of Mechanical Sciences** Vol. 16, pp. 239 (1975).
- [10] Harik, I.E., Liu, X., and Balakrishnan, N., "Analytied Solution for Free Vibration of Rectangular Plates", **Journal of Sound and Vibration**, Vol153, No.1. pp. 51-62 (1992).
- [11] Xiang, Y. and Wang C.M., "Exact Buckling and Vibration Analysis for Stepped Rectangular Plates", **Jour. of Sound and Vibration**, Vol.250, No.3, pp.503-517 (2002).
- [12] Bose, P. (Texas A&M Univ); Reddy, J.N., "Analysis of composite plates using various plate theories. Part 1: Formulation and analytical solutions", **Structural Engineering and Mechanics**, v 6, n 6, Sep, pp 583-612 (1998).

- [13] Laura, O.A.A., and Filipich, A., "Fundamental Frequency of Vibration of Stepped-Thickness Plates", **Jour. of Sound and Vibration**, Vol.50, No.1, pp157-158 (1977).
- [14] Bambil, D.V. et.al, "Fundamental Frequency of Transverse Vibration of Symmetrically Stepped Simply Supported Rectangular Plates", **Jour. of Sound and Vibration**, Vol. 150, pp. 167-169 (1991).
- [15] Yuan, J.,and Dickson, S.M., "The Flexural Vibration of Rectangular Plate Systems Approached by Artificial Springs in The Rayleigh-Ritz Method", **Journal of Sound and Vibration** Vol. 159, No.1, pp 39-55 (1992)
- [16] Takabatake, H., Imaizumi, T., Okatomi, K., "Simplified Analysis of Rectangular Plates with Stepped Thickness", **ASCE Jour. of Struct. Engineering**, Vol.117, pp. 1759-1779 (1995).
- [17] Bambill, D.V., Rossi, R.E. et al, "Vibrations of a Rectangular Plate with Free Edge in the Case of Discontinuously Varying Thickness", **Ocean Engineering**, Vol.29, No.1, pp.45-49 (1996).
- [18] Shen H.-S., Chen Y., Yang J., "Bending and vibration characteristics of a strengthened plate under various boundary conditions", **Engineering Structures** 25 1157–1168 (2003).
- [19] Yuan J. ve Dickinson S.M., "The Flexural Vibration of Rectangular Plate Systems Approached by Using Artifical Springs in The Rayleigh-Ritz Method", **Journal of Sound Vibration** 159(1), 39-55 (1992).
- [20] Hull, P.V. and Buchanan, G.R., "Vibration of Moderately Thick Square Orthotropic Stepped-Thickness Plates", **Jour. of Applied Acoustics**, Vol.64, pp753-763 (2003).
- [21] Laura P. A. A., Bambill D. V., Rossi R. E. ve Rossit C. A., "Vibrations of an orthotropic rectangular plate with a free edge in the case of discontinuously varying thickness", **Journal of Sound and Vibration**, Volume 206, Issue 1, 11 September 1997, Pages 109-113
- [22] Gorman, D.J. and Singhal, R., "Free Vibration Analysis of Catilever Plates with Step Discontinuities in Properties by Superposition Method", **Jour. of Sound and Vibration**, Vol.253, No.3, pp.631-652 (2002).

- [23] Guo, S.J., Keane, A.J., and Moshreff-Torbati, M., "Vibration Analysis of Stepped-Thickness Plates", **Jour. of Sound and Vibration**, Vol.204, No.4, pp. 645-657 (1997).
- [24] Li, Q.S., , "Exact Solutions for Free Vibration of Multi-Step Orthotropic Shear Plates.", **Jour. of Struct. Engineering and Mechanics**, Vol.9, pp. 269-288 (2000).
- [25] Cheung, Y.K., Au, F.T.K., Zheng, D.V., "Finite Strip Method for the Free Vibrations and Buckling Analysis of Plates with Abrupt Changes in Thickness", **Thin Walled Structures**, Vol. 36, pp. 89-110 (2000).
- [26] Cortinez, V.H. and Laura, P.A.A., "Analysis of Vibrating Rectangular Plates of Discontinuously varying thickness by the Cantorovich Method", **Jour. of Sound and Vibrations**, Vol.137, No.3. pp. 457-461. (1990)
- [27] Mindlin, R.D., "Influence of Rotatory Inertia and Shear on Flexural Motions of Isotropic, Elastic Plates", **ASME Journal of Applied Mechanics**, Vol.18, pp.31-38 (1951).
- [28] Reissner, E., "The Effect of Transverse Shear Deformations on the Bending of Elastic Plates", **ASME Journal of Applied Mechanics**, Vol.12 (No.2), pp A.69-A.77 (1945).
- [29] Y. Xiang ve G. W. Wei, "Exact solutions for buckling and vibration of stepped rectangular Mindlin plates", **International Journal of Solids and Structures**, Volume 41, Issue 1, pp 279-294 (2004).
- [30] Wang C.M., LIM G.T., Reddy J.N., Lee K.H., "Relationships Between Bending Solutions of Reissner And Mindlin Plate Theories", **Engineering structures** 23 838-849 (2001).
- [31] Reissner, E., "On the Theory of Bending of Elastic Plates", **Jour. Of Math. Physics**, Vol. 23.,pp.184 - ,1944
- [32] Reissner, E., "The Effect of Transverse of Shear Deformation on the Bending of Elastic Plates", **ASME Jour. of Applied Mechanics**, Vol. 12, No. 2, pp.69-77 (1945).
- [33] Reddy, J., N. and Robbins, D., H., "Theories for Computational Models for Composite Laminates", **Applied Mechanics Reviews**, Vol. 47, No. 6, pp.147-169 (1994).

- [34] Mindlin, R.D, Shacknow, A., Deresiewicz, H., "Flexural Vibrations of Rectangular Plates", **ASME Jour. of Applied Mechanics**, Vol., pp. 430 (1956).
- [35] Reissner, E., "On Transverse Bending of Plates, Including The Effect of Transverse Shear Deformations", **Int. J. Solids Structures**, Vol.11., pp.569-573 (1975).
- [36] Reddy, J., N., "Energy Variational Methods in Applied Mechanics", **John Wiley, Inc. N.Y., N.Y.**(1984).
- [37] Wittrick, W. H., "Analytical 3-D Elasticity Solutions to Some Plate Problems and Some Observations on Mindlin's Plate Theory", **Inter. Jour. of Solids and Structures**, Vol. 23, pp. 441-464 (1987).
- [38] Reddy, J.N. (Texas A&M Univ), "Overview of shear deformation theories and their relationships to the classical theory", **American Society of Mechanical Engineers, Materials Division (Publication) MD/**, v 84, /Mechanical Behavior of Advanced Materials/, 1998, p 245
- [39] Shufrin I., Eisenberger M., "Vibration of shear deformable plates with variable thickness—first-order and higher-order analyses", **Journal of Sound and Vibration**, Volume 290, Issues 1-2, 21, Pages 465-489 (2006).
- [40] Subramanian, P., "Flexural Analysis of Laminated Composite Plates", **Composite Structures**, Vol.45, pp. 51-69 (1999).
- [41] Whitney, J.M. and Pagano, N.J., "Shear Deformation in Heterogeneous Anisotropic Plates", **ASME Journal of Appl. Mechanics**, Vol. 37, pp.1031-1036 (1970).
- [42] Khdeir, A.A., Librescu, L., and Reddy, J.N., "Analytical solution of a Refind Shear Deformation Plate Theory for Rectangular Composite Plates" **Inter. Jour. of Solids and Structures**. Vol.23, No. 10, pp.1447-1463 (1987).
- [43] Phan, N. D., Reddy, J. N., "Analysis of Laminated Composite Plates Using a Higher-Order Shear Deformation Theory", **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, v 21, n 12, p 2201-2219 (1985).
- [44] Batra R.C. ve Aimmanee S., "Vibrations of thick isotropic plates with higher order shear and normal deformable Plate theories", **Computers & Structures**, Volume 83, Issues 12-13, Pages 934-955 (2005)

- [45] Khdeir A. A. ve Reddy J. N., "Free vibrations of laminated composite plates using second-order shear deformation theory", **Computers & Structures**, Volume 71, Issue 6, Pages 617-626 (1999).
- [46] Kapania, R.K. and Raciti, S., "Recent Advances in Analysis of Beams and Plates -Part I ", **AIAA Journal**, Vol. 27, pp 923-934 (1989).
- [47] Kapania, R.K. and Raciti, S., "Recent Advances in Analysis of Beams and Plates -Part II. Vibration and Wave Propagation ", **AIAA Journal**, Vol. 27, pp. 935-946 (1989).
- [48] Messina, A. and Soldatos K., P., "Vibration of Completely Free Composite Plates and Cylindrical Shell Panels by a Higher-Order Theory", **International Journal of Mechanical Sciences**, Vol.41, pp. 891-918 (1999).
- [49] Attia, O. and El-Zafrany, A., "A Higher-Order Shear Element for Nonlinear Vibration Analysis of Composite Layered Plates and Shells", **International Journal of Mechanical Sciences**, Vol.41, pp. 461-486 (1999).
- [50] Singh, B.N., Yadav, D. and Iyengar, N.G.R, "Natural Frequencies of Composite Plates with Random Material Properties Using Higher-Order Shear Deformation Theory", **International Journal of Mechanical Sciences**, Vol.43, pp. 2193-2214 (2001).
- [51] Kant, T. and Swaminathan, K., "Free Vibration of Isotropic, Orthotropic, and Multilayer Plates Based on Higher Order Refined Theories", **Journal of Sound and Vibration**, 241(2), pp. 319-327 (2001).
- [52] Yuceoglu, et al, "Kayseri VI Havacılık Sempozyumu (VI th Kayseri Symposium on Aeronautics and Astronautics)", May 12-14, 2006, Erciyes University, Kayseri, TURKEY.
- [53] Yuceoglu, U., Gemalmazan, N., Sunar, O., "Free Flexural Vibrations of Integrally-Stiffened and/or Stepped-Thickness Rectangular Plates or Panels with a Central Plate Stiffener" "**48th AIAA/ASME/ASCE/ASC/AHS, Structures, Struc. Dynamics and Materials (SDM) Conference and Exhibit**", April 21-23, 2007, Waikiki, Hawaii, (AIAA Paper No: AIAA-2007-2113).
- [54] Yuceoglu, U., Gemalmazan, N., Sunar, O., "Free Bending Vibrations of Integrally-Stiffened and/or Stepped-Thickness Rectangular Plates or Panels with a Non-Central Plate Stiffener", "**2007 Inter. Mech.**

Engineering Congress and Exposition (IMECE-2007)", November 10-16, 2007, Seattle, Washington, (ASME Paper No: IMECE 2007-41066)

- [55] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Free Bending Vibrations of Partially-Stiffened, Stepped-Thickness Composite Plates", in the ASME- Noise Control and Acoustics Div. "**Advanced Materials for Vibro-Acoustic Applications NCAD- Vol. 23**", pp.191-202, (1996) (an ASME publication).
- [56] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Natural Frequencies and Mode Shapes of Composite Plates or Panels with a Central Stiffening Plate Strip", in the ASME-Noise Control and Acoustics Div. "**Symposium on Vibroacoustic Methods in Processing and Characterization of Advanced Materials and Structures**, NCAD-Vol. 24", pp.185-196, (1997) (an ASME publication).
- [57] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Free Bending Vibrations of Composite Base Plates or Panels Reinforced with a Non-Central Stiffening Plate Strip", in the ASME- Noise Control and Acoustics Div. "**Vibroacoustic Characterization of Advanced Materials and Structures**" NCAD-Vol. 25", pp. 233-243 (1998) (an ASME publication).
- [58] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., " Sudden Drop Phenomena in Natural Frequencies of Partially Stiffened, Stepped-Thickness. Composite Plates or Panels", Proceed. of the "40th AIAA/ ASME/ ASCE/ AHS/ ASC/ "**Structures, Struct. Dynamics, Materials (SDM) Conference and Exhibit**", (Paper No. AIAA-1999-1483), pp. 2336-2347 (1999).
- [59] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Natural Frequencies and Modes in Free Transverse Vibrations of Stepped-Thickness and/or Stiffened Plates and Panels", Proceed. of the "**41st AIAA/ ASME/ ASCE/ AHS/ ASC/ SDM Conference**", (Paper No. AIAA-2000-1348), pp. (2000)
- [60] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Sudden Drop Phenomena in Natural Frequencies of Composite Plates or Panels with a Central Stiffening Plate Strip", **Inter. Journal of Computers and Structures**, 76 (1-3) (Special Issue), pp.247-262 (2000).
- [61] Yuceoglu U and Özericiyes,V., " Free Flexural Vibration Solutions of Plate Initial and Boundary Value Problems by "Modified Transfer Matrix Method", Proceed. of ECCOMAS-2000, **European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering**, Sept. 11-14, (2000), Barcelona, Spain

- [62] Yuceoglu U and Özericiyes,V., "Sudden Drop Phenomena in Natural Frequencies of Composite Plate or Panels with a Central Stiffening Strip", **Inter. Jour. of Computers and Structures**, Vol. 76, (1-3) (special issue), pp. 247-262 (2000).
- [63] Yuceoglu, U. and Özericiyes, V., "Orthotropic Composite Base Plates or Panels with a Bonded Non-Central (or Eccentric) Stiffening Plate Strip". **ASME Journal of Vibration and Acoustics** Vol.125, pp. 228-243 (2003).
- [64] Yuceoglu, U. ,Özericiyes, V.and Çil, K., " Free Flexural Vibrations of Bonded Centrally Doubly Stiffened Composite Base Plates or Panels", "**2004 ASME Inter. Mech. Engineering Congress and Exposition**", Nov. 13-19, 2004, Anaheim, California, (ASME Paper No. IMECE-2004-59769).
- [65] Yuceoglu, U., Güvendik, Ö., and Özericiyes, V., "Free Flexural Vibrations Response of Composite Mindlin Plates or Panels with a Centrally Bonded Symmetric Double Lap Joint (or Symmetric Double Doubler Joint)", **2005 ASME Inter. Mech. Engineering Congress and Expo.** Nov. 5-11, 2006 Orlando, Florida, (ASME Paper No. IMECE. 2005-79233).
- [66] Yuceoglu, U., and Özericiyes, V., "Free Vibrations of Bounded Single Lap Joints in Composite Shallow Cylindrical Shell Panels," **AIAA Journal**, Vol.43, No.12, pp.2537-2548 (2005).
- [67] Yuceoglu, U., Güvendik, Ö., and Özericiyes, V. "Free Flexural Vibrations of Orthotropic Composite Plates or Panels with a Centrally Bonded Symmetric Lap Joint (Symmetric Doubler Joint)", 46th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC "Struc., Struc. Dyn. And Materials (SDM) Conference and Exhibit", April 2005, Texas, (AIAA Paper No:AIAA-2005-26174) (2005).
- [68] Yuceoglu, U., and Güvendik, Ö., "Free Transverse Vibrations of Centrally Bonded Symmetric Lap Joint (or Symmetric Doubler Joint) with a Gap in Mindlin Plates or Panels" **47th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Struct., Struct. Dyn., and Materials (SDM) Conference and Exhibit**, May.1-4, Newport, Rhode Island (AIAA Paper No:AIAA-2006-2109) (2006).
- [69] Yuceoglu, U., Güvendik, Ö., "FreeTransverse Vibrations of Orthotropic Composite Mindlin Plates or Panels with a Non-Centrally Bonded Symmetric Lap Joint (or Symmetric Doubler Joint)" **2006 ASME Inter.**

Mech. Engineering Congress and Exhposition “Joining Technologies for Advanced Materials and Structures Symposium” (ASME Paper No:IMECE-2006-14013) (2006).

- [70] Yuceoglu, U., Güvendik, Ö., and Özericiyes, V., “Free Bending Vibrations of a Centrally Bonded Symmetric Double Lap Joint (or Symmetric Double Doubler Joint) with a Gap in Mindlin Plates or Panels” **2007 ASME Inter. Mech. Engineering Congress and Exhposition** (ASME Paper No:IMECE-2007-41073) (2007).
- [71] Yuceoglu, U., Toghi, F., and Tekinalp, O., “Free Bending Vibrations of Adhesively-Bonded, Orthotropic Plates with a Single Lap Joint”, **ASME Journal of Vibration and Acoustics**, Vol. 118, pp. 122-134 (1996).
- [72] Toghi, F., MSc Thesis, “Free Bending Vibration of Adhesively Bonded Orthotropic Plates and Panels”, Aeronautical Engineering Department, **Middle East Technical University** (1992) (Adviser: U. Yuceoglu).
- [73] Hunter, W., F., “Integrating Matrix Method for Determining The Natural Vibration Characteristics of Propeller Blades”, **NASA TND-6064** (1970).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SUNAR, Orkun
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.02.1982 / İskenderun
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : -
 GSM : 0 (532) 796 64 14
 e-mail : orkunsunar@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniv. / Mak. Müh. Böl.	2005
Lise	Ankara Gazi Lisesi	1998

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Yuceoglu, U., Gemalman, N., Sunar, O., 2007, "Free Flexural Vibrations of Integrally-Stiffened and/or Stepped-Thickness Rectangular Plates or Panels with a Central Plate Stiffener" "**48th AIAA/ASME/ASCE/ASC/AHS, Structures, Struc. Dynamics and Materials (SDM) Conference and Exhibit**", April 21-23, 2007, Waikiki, Hawaii, (AIAA Paper No: AIAA-2007-2113).
2. Yuceoglu, U., Gemalman, N., Sunar, O., 2007, "Free Bending Vibrations of Integrally-Stiffened and/or Stepped-Thickness Rectangular Plates or Panels with a Non-Central Plate Stiffener", "**2007 Inter. Mech.**

Engineering Congress and Exposition (IMECE-2007), November 10-16, 2007, Seattle, Washington, (ASME Paper No: IMECE 2007-41066)

3. E.Utku Şenses, Orkun Sunar, E.Burak Korçak, Nihat Gemalman, Serpil Erol, Cengiz Taplamacıoğlu, “Seri Üretim Bandında Robot Kolu ile Malzeme Sınıflandırma ve Depolama Otomasyonu” **2007 Emo-IV.Otomasyon Sempozyumu**, 23-25 Mayıs 2007, Samsun, Türkiye

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Fotoğrafçılık.