

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİNAMİK YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ PROBLEMİNDE BİR YAPIDAKİ
BAĞIL DEPLASMANLAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Saruhan YENİHAN**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİNAMİK YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ PROBLEMİNDE BİR YAPIDAKİ
BAĞIL DEPLASMANLAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Saruhan YENİHAN
(501091123)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Abdul HAYIR (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ünal ALDEMİR (İTÜ)
Doç. Dr. İrfan COŞKUN (YTÜ)**

OCAK 2011

Anneme, Babama ve Oğuzhan'a

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve hoşgörüsünü esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Abdul HAYIR' a gösterdiği yakın ilgi ve değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Öğrenim hayatım boyunca maddi desteğini esirgemeyen kardeşim Oğuzhan'a ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim Annem ve Babam'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2011

Mehmet Saruhan YENİHAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı	1
1.2 SH Dalgalarının Etkisi Altında Yapı-Zemin Etkileşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	2
2. MODEL.....	3
2.1 Koordinat Sisteminin Seçilmesi	3
2.2 Model	3
3. PROBLEMİN MATEMATİKSEL TANIMI	5
3.1 Zeminde ve Kabukta Oluşan Hareket	5
3.2 İstinat Duvarında Oluşan Hareket	7
3.3 Yapı, Temel ve Tabaka Etkileşimi	8
4. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ	11
4.1 $a_n, b_n, c_n, d_n, e_n, g_n$ Karmaşık Katsayılarının Hesaplanması	11
4.1.1 Denklem takımlarının elde edilmesi	11
4.1.2 Denklem takımlarının çözümü.....	14
4.2 Rijit Temelde Oluşan Yerdeğiştirmenin Hesaplanması	14
4.2.1 c_0, d_0 karmaşık katsayılarının hesaplanması	15
4.2.2 Kuvvet denge denkleminin yazılması ve yerdeğiştirme genliğinin hesaplanması	16
5. SAYISAL ANALİZLER.....	19
5.1 Tabakanın Zeminden Daha Esnek Olma Durumu İçin Sonuçlar	19
5.2 Tabakanın Zemin ile Eşit Rijitlikte Olma Durumu İçin Sonuçlar	30
5.3 Tabakanın Zeminden Daha Sert Olma Durumu İçin Sonuçlar	40
5.4 Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	50
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67
EKLER.....	69

KISALTMALAR

yy. : Yüzyıl

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Model	3
Şekil 3.1	: Birim Temel Uzunluğu için Kuvvet Dengesi.....	9
Şekil 5.1	: Farklı ϵ Değerlerinde ξ Değişiminin Genliğe Etkisi	20
Şekil 5.2	: Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi	22
Şekil 5.3	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	23
Şekil 5.4	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	25
Şekil 5.5	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	26
Şekil 5.6	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	28
Şekil 5.7	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	29
Şekil 5.8	: Farklı ϵ Değerlerinde ζ Değişiminin Genliğe Etkisi	31
Şekil 5.9	: Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi	32
Şekil 5.10	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	34
Şekil 5.11	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	36
Şekil 5.12	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	37
Şekil 5.13	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	38
Şekil 5.14	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi.....	39
Şekil 5.15	: Farklı ϵ Değerlerinde ξ Değişiminin Genliğe Etkisi	41
Şekil 5.16	: Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi	42
Şekil 5.17	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	44
Şekil 5.18	: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	45
Şekil 5.19	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	47
Şekil 5.20	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	48
Şekil 5.21	: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi	49
Şekil 5.22	: Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Eşit Rijitlikte ve Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	51
Şekil 5.23	: Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	52
Şekil 5.24	: Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	53
Şekil 5.25	: Farklı ξ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	55
Şekil 5.26	: Farklı ξ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	56
Şekil 5.27	: Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	58

Şekil 5.28 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	59
Şekil 5.29 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	60
Şekil 5.30 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	62
Şekil 5.31 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	63
Şekil 5.32 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması	64

SEMBOL LİSTESİ

a	: Yarı dairesel kesitli temelin yarıçapı
b	: Yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın yarıçapı
a_n, b_n	: Yapı için karmaşık katsayılar
c_n, d_n, e_n, g_n	: Tabaka için karmaşık katsayılar
C_x, C_y	: x ve y yönlerindeki hızlar
f_z^b	: Yapının birim uzunluğuna etkileyen kuvvet
f_z^k	: Tabakanın birim uzunluğuna etkileyen kuvvet
H	: Yapının yüksekliği
$H_p^{(1)}(x)$	: Birinci nevi Hankel fonksiyonu
$H_p^{(2)}(x)$	: İkinci nevi Hankel fonksiyonu
i	: Sanal birim
$J_p(x)$	: Birinci nevi Bessel fonksiyonu
k	: Topraktaki dalga sayısı
k_b	: Yapıdaki dalga sayısı
k_k	: Tabakadaki dalga sayısı
M_0	: Temelin birim uzunluğunun kütlesi
M_b	: Yapının birim uzunluğunun kütlesi
M_k	: Tabakanın birim uzunluğunun kütlesi
r	: Kutupsal koordinatlarda mesafe
t	: Tabaka kalınlığı
u_z^{g+y}	: Gelen ve serbest yüzeyden yansıyan SH dalgaları için yerdeğiştirme alanı
u_z^k	: Tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı
u_z^s	: Temelden saçılan SH dalgaları için yerdeğiştirme alanı
u_z^t	: Zeminde oluşan toplam yerdeğiştirme alanı
x	: Kartezyen koordinat
y	: Kartezyen koordinat
z	: Kartezyen koordinat
α	: Zeminin rijitliğinin tabakanın rijitliğine oranı
β_b	: SH dalgalarının yapıdaki hızı
β_k	: SH dalgalarının tabakadaki hızı
β_t	: SH dalgalarının zemindeki hızı
γ	: SH dalgalarının geliş açısı
Δ	: Temelin yerdeğiştirme genliği
ϵ	: Boyutsuz parametre
ξ	: Temel yarıçapı ile tabaka kalınlığı arasındaki oran
θ	: Kutupsal koordinatta açı
μ_b	: Yapının rijitliği
μ_k	: Tabakanın rijitliği
μ_t	: Zeminin rijitliği
ρ_b	: Yapının özkütlesi
ρ_k	: Tabakanın özkütlesi
ρ_t	: Zeminin özkütlesi
ω	: Açısal frekans

DİNAMİK YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİ PROBLEMİNDE BİR YAPIDAKİ BAĞIL DEPLASMANLAR

ÖZET

Bu çalışmada, γ geliş açılı SH dalgalarının etkidiği, yarım uzay yüzeyinde bulunan yarı dairesel kesitli temele oturtulmuş bir yapının, temel dış yüzeyine yapışık olan yarı dairesel kesitli silindirik bir tabakanın zeminden daha esnek, daha sert ve zemin ile eşit rijitlikte olma durumlarındaki analizi yapılmış ve bu etkiler sonucunda yapının temeli ile üst noktası arasındaki rölatif yer değiştirme incelenmiştir. Burada ele alınan problem bir dinamik yapı zemin etkileşimi problemidir.

Gelen ve serbest yüzeyden yansıyan SH dalgalarından dolayı oluşan yerdeğiştirme alanı kartezyen koordinatlarda,

$$u_z^{g+y} = e^{i\omega t - i\left(\frac{\omega x}{C_x}\right)} \cos\left(\frac{\omega y}{C_y}\right) \quad (\text{A.1})$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada;

$$C_x = \frac{\beta}{\sin(\gamma)} \quad \text{ve} \quad C_y = \frac{\beta}{\cos(\gamma)} \quad (\text{A.2})$$

olmaktadır.

Bu problemdeki yapının temelinin yarı dairesel kesitli olması ve sonsuz seri çözümünün kullanılacak olmasından dolayı, koordinat sistemi kutupsal koordinat sistemi olarak seçilmiştir. Ayrıca kutupsal koordinat sisteminde temel etrafındaki sınır koşullarını oluşturmakta kolaylaşmaktadır.

Kutupsal koordinat sisteminde (A.1) ifadesi,

$$u_z^{g+y} = e^{i\omega t} \left\{ J_0(kr) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n}(kr) \cos(2n\gamma) \cos(2n\theta) \right. \\ \left. - 2i \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n J_{2n+1}(kr) \sin((2n+1)\gamma) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.3})$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

$$k = \frac{\omega}{\beta} \quad (\text{A.4})$$

topraktaki dalga sayısı, $J_p(kr)$, p. dereceden (k r) argümanlı birinci nevi Bessel fonksiyonudur.

Tabakadan yansıyan SH dalgaları “saçılma” olarak adlandırılabilir ve bu dalgalar,

$$u_z^S = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_n H_{2n}^{(2)}(kr) \cos(2n\theta) + b_n H_{2n+1}^{(2)}(kr) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.5})$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, a_n ve b_n bilinmeyen katsayılar; $H_p^{(2)}(kr)$, p. dereceden (k r) argümanlı ikinci nevi Hankel fonksiyonudur.

Zemindeki toplam yerdeğiştirme alanı, gelen ve serbest yüzeyden yansıyan SH dalgalarından dolayı oluşan yerdeğiştirme alanı ile temelden saçılan SH dalgalarından dolayı oluşan yerdeğiştirme alanlarının toplanması ile elde edilir.

$$u_z^t = u_z^{g+y} + u_z^S \quad (\text{A.6})$$

Tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı,

$$u_z^k = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \left[c_n H_{2n}^{(1)}(k_k r) + d_n H_{2n}^{(2)}(k_k r) \right] \cos(2n\theta) + \left[e_n H_{2n+1}^{(1)}(k_k r) + g_n H_{2n+1}^{(2)}(k_k r) \right] \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.7})$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada, c_n , d_n , e_n , g_n bilinmeyen katsayılar; $H_p^{(1)}(k_k r)$, p. dereceden ($k_k r$) argümanlı birinci nevi Hankel fonksiyonudur.

Toplam yerdeğiştirme alanı u_z^t aşağıdaki yönetici denklemi $r \geq b$ ve $|\theta| \leq \pi/2$ için, tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı u_z^k ise, $b \geq r \geq a$ ve $|\theta| \leq \pi/2$ için aşağıdaki yönetici denklemi sağlamalıdır:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} = \frac{1}{\beta^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (\text{A.8})$$

Ayrıca u_z^t , serbest yüzeyde şu sınır şartını da sağlamalıdır:

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_t}{r} \frac{\partial u_z^t}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad r > b \quad (\text{A.9})$$

Kabuktaki yerdeğiştirme alanı u_z^k , serbest yüzeyde aşağıdaki sınır şartını sağlamalıdır:

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_k}{r} \frac{\partial u_z^k}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad a \leq r \leq b \quad (\text{A.10})$$

Temel ile tabakanın birleşme yüzeyi olan $r=a$ ' da,

$$u_z^k = \Delta e^{i\omega t} \quad r = a \quad (\text{A.11})$$

sınır şartı sağlanmalıdır. Burada Δ , rijit temelin bilinmeyen yerdeğiştirme genliğidir.

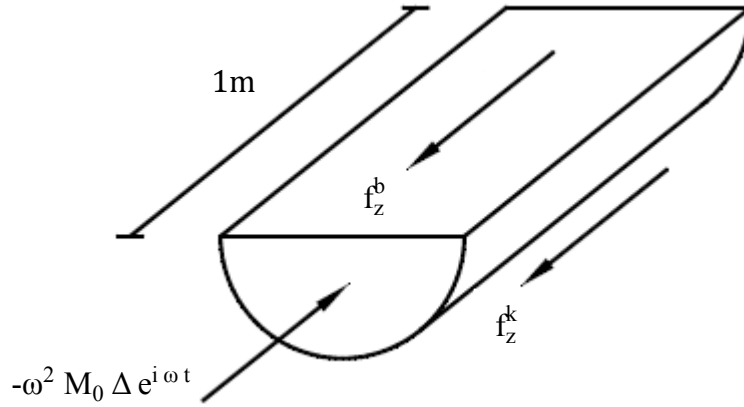
Ayrıca tabaka dış yüzeyi $r = b$ ' de,

$$\sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} = \mu_t \frac{\partial u_z^t}{\partial r} \quad r = b \quad (\text{A.12})$$

$$u_z^t = u_z^k \quad r = b \quad (\text{A.13})$$

sınır şartları da sağlanmalıdır.

Burada Δ , bilinmeyen rijit temel hareketidir. Bilinmeyen a_n, b_n, c_n, d_n, e_n ve g_n katsayıları, (A.11), (A.12) ve (A.13) sınır şartlarını sağlayacak şekilde bulunurlar. Rijit temel için Luco tarafından verilen hareket denklemini yazarak bilinmeyen Δ yerdeğiştirme genliği bulunabilir.



Şekil A.1 : Birim Temel Uzunluğu İçin Kuvvet Dengesi

$$-\omega^2 M_0 \Delta e^{i\omega t} = -(f_z^k + f_z^b) \quad (\text{A.14})$$

Burada M_0 temelin birim uzunluğunun kütlesini, f_z^k temeli çevreleyen yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvvetini ifade etmektedir.

$$f_z^k = -a \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sigma_{rz}|_{r=a} d\theta \quad \rightarrow \quad \sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} \quad (\text{A.15})$$

Yapının birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvveti,

$$f_z^b = -\omega^2 M_b \frac{\tan(k_b H)}{k_b H} \Delta e^{i\omega t} \quad (\text{A.16})$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Burada,

$$M_b = \rho_b 2 a H \quad (\text{A.17})$$

yapının birim uzunluğunun kütlesini göstermektedir.

Bu durumda, kuvvet denge denklemleri ve sınır şartları kullanılarak Δ bilinmeyenini içeren denklem takımı elde edilir. Denklem takımının çözülmesi ile Δ rijit temelin yerdeğiştirme genliği elde edilmiş olacaktır.

Bulunan Δ ile temel ile yapının tepe noktası arasındaki rölatif yer değiştirme hesaplanır.

$$u_z = \Delta e^{i\omega t} [\cos(k_b x) + \tan(k_b H) \sin(k_b x)] \quad (\text{A.18})$$

$$|R u_z| = |u_z x'=H - \Delta| = |\Delta * \left(\frac{1}{\cos k_b H} - 1 \right)| \quad (\text{A.19})$$

Sayısal sonuçlar, temel dış yüzeyine yapışık olan tabakanın zeminden daha esnek, daha sert ve zemin ile eşit rijitlikte olma durumlarını, yapının, zeminin ve tabakanın farklı özelliklerine göre elde edilmektedir. Tabakanın rijitliğinin zeminden daha az olması durumunda temeldeki yerdeğiştirme artarken, tabakanın rijitliğinin zeminden daha fazla olması durumunda temeldeki yerdeğiştirme azalmaktadır. Δ yerdeğiştirme genliğinin γ geliş açısından bağımsız olduğu da görülmektedir.

RELATIVE DISPLACEMENTS IN A STRUCTURE WITH DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION PROBLEM

SUMMARY

In this study, a structure resting on the soil and excited by SH waves having incident angle γ is analyzed while the half-circular and cylindrical layer, welded to foundation, is flexible, stiff or as rigid as soil and with this effects, relative response is analyzed between structure foundation and top point. The problem considered here is a dynamic soil-structure interaction problem.

Incident and reflected SH waves can be expressed in cartesian coordinates as

$$u_z^{g+y} = e^{i\omega t - i\left(\frac{\omega x}{C_x}\right)} \cos\left(\frac{\omega y}{C_y}\right) \quad (\text{A.1})$$

where

$$C_x = \frac{\beta}{\sin(\gamma)} \quad \text{ve} \quad C_y = \frac{\beta}{\cos(\gamma)} \quad (\text{A.2})$$

In this problem, polar coordinate system is considered due to the half-circular foundation therefore, infinite series solutions will be used. Also, it is easy to apply boundary conditions around the foundation.

Eq(A.1) can be expressed in polar coordinate system as

$$u_z^{g+y} = e^{i\omega t} \left\{ J_0(kr) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n}(kr) \cos(2n\gamma) \cos(2n\theta) - 2i \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n J_{2n+1}(kr) \sin((2n+1)\gamma) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.3})$$

where

$$k = \frac{\omega}{\beta} \quad (\text{A.4})$$

is wave number in the soil and $J_p(kr)$ is the Bessel function of the first kind with argument (kr) and order p .

The waves reflecting from the half-circular foundation are called scattering waves and can be expressed as follows

$$u_z^S = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_n H_{2n}^{(2)}(kr) \cos(2n\theta) + b_n H_{2n+1}^{(2)}(kr) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.5})$$

where a_n , b_n are unknown coefficients and $H_p^{(2)}(kr)$ is the Hankel function of the second kind with argument (kr) and order p .

Total displacement in the soil is sum of incident and reflected waves and scattering waves.

$$u_z^t = u_z^{s+y} + u_z^S \quad (\text{A.6})$$

The displacement in the layer can be expressed as

$$u_z^k = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \left[c_n H_{2n}^{(1)}(k_k r) + d_n H_{2n}^{(2)}(k_k r) \right] \cos(2n\theta) + \left[e_n H_{2n+1}^{(1)}(k_k r) + g_n H_{2n+1}^{(2)}(k_k r) \right] \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (\text{A.7})$$

where c_n , d_n , e_n , g_n are unknown coefficients and $H_p^{(1)}(k_k r)$ is the Hankel function of the first kind with argument $(k_k r)$ and order p .

Total displacement u_z^t and the displacement in the layer u_z^k must satisfy the following governing differential wave equation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} = \frac{1}{\beta^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (\text{A.8})$$

for $r \geq a$ and $|\theta| \leq \pi/2$.

Also these boundary conditions must be ensured

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_t}{r} \frac{\partial u_z^t}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad r > b \quad (\text{A.9})$$

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_k}{r} \frac{\partial u_z^k}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad a \leq r \leq b \quad (\text{A.10})$$

$$u_z^k = \Delta e^{i\omega t} \quad r = a \quad (\text{A.11})$$

$$\sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} = \mu_t \frac{\partial u_z^t}{\partial r} \quad r = b \quad (\text{A.12})$$

$$u_z^t = u_z^k \quad r = b \quad (\text{A.13})$$

where Δ is the unknown movement of rigid foundation. The unknown $a_n, b_n, c_n, d_n, e_n, g_n$ unknown coefficients are determined as satisfying boundary conditions given by (A.11), (A.12) and (A.13). The unknown movement of rigid foundation Δ is determined by the equation given by Luco for rigid foundation.

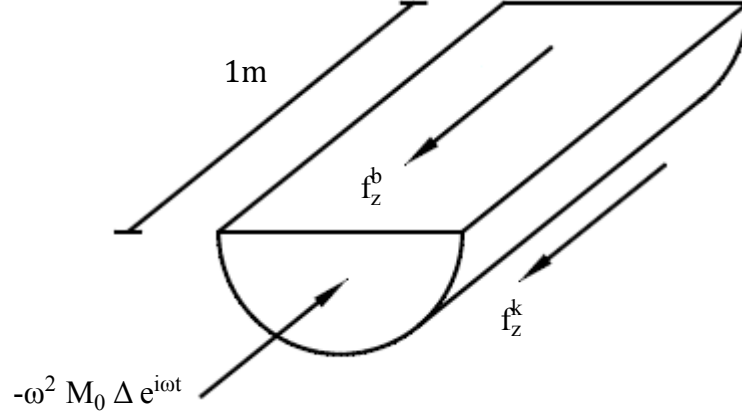


Figure A.1 : Force Equilibrium for Foundation per Unit Length

$$-\omega^2 M_0 \Delta e^{i\omega t} = -(f_z^k + f_z^b) \quad (\text{A.14})$$

where M_0 is mass of foundation per unit length, f_z^k is the force of the layer on the foundation.

$$f_z^k = -a \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sigma_{rz}|_{r=a} d\theta \quad \rightarrow \quad \sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} \quad (\text{A.15})$$

The action per unit length of the structure on the foundation can be expressed as

$$f_z^b = -\omega^2 M_b \frac{\tan(k_b H)}{k_b H} \Delta e^{i\omega t} \quad (\text{A.16})$$

where

$$M_b = \rho_b 2 a H \quad (\text{A.17})$$

is the mass of structure per unit length.

In this case, equation that includes Δ is determined by using equation of motion on the foundation. After the solution of that equation Δ is determined.

With determined Δ , relative displacement between the foundation and top of the structure is calculated.

$$u_z = \Delta e^{i\omega t} [\cos(k_b x) + \tan(k_b H) \sin(k_b x)] \quad ; \quad (\text{A.18})$$

$$|R u_z| = |u_z x'=H - \Delta| = |\Delta * \left(\frac{1}{\cos kb H} - 1 \right)| \quad (\text{A.19})$$

Numerical results are obtained for different parameters of structure, soil and layer while the layer is more flexible than soil, stiffer than soil and as rigid as soil. In this case, the amplitude increases when the layer is flexible and the amplitude decreases when the layer is stiff. Also it is seen that, the amplitude is independent of angle of the incident SH waves.

1. GİRİŞ

1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı

Dalga kırınım ve saçılım araştırmaları günümüzde giderek ön plana çıkmaktadır. Deprem mühendisliğinde, petrol araştırmaları teknolojisinde ve yer fiziğinde, gelen dalganın kırılımı ve saçılımı ile ilgili problemler büyük önem taşımaktadır [1].

Düzlem SH dalgalarının kırınım ve saçılım problemlerinin incelenmesi 20 yy.'ın ikinci yarısına dayanmaktadır. Bu alanda yapılan ilk çalışmalar, sonsuz bir ortamdaki delikten saçılan dalgaların kapalı çözümlerini içermektedir [2]. Bu çalışmada çeşitli frekanslar için delik etrafındaki dinamik gerilme yığılmaları, saçılan dalganın şiddetinin açısal dağılımı ve saçılma güçleri elde edilmiştir.

Daha sonraki yıllarda yarım uzay için bu tür problemler incelenmeye başlamış ve yarım uzayda, gelen SH dalgalarının değişik bir malzemeden saçılımı ve kırınımının kapalı çözümleri dairesel bir tünel için verilmiştir [3]. Kapalı çözümler yarım uzayda iki boyutlu bir dairesel delik için [4] ve yarım uzayda dönel elipsoit dolgu malzemeli cisim için de verilmiştir [5].

Farklı türdeki analitik çözümler Gregory [6] tarafından verilmiş ve yarım uzayda dairesel şekilli oyuklara uygulanmıştır [7]. Datta aynı problemi karşılaştırmalı asimptotik açılım yöntemi ile çözmüştür [8].

Rijit temele oturtulmuş elastik istinat duvarının homojen yarı uzaydaki yapı-zemin etkileşimi literatürde bilinmektedir. Bu çalışmada elastik, homojen yarı uzaydaki ve SH dalgaları etkisi altındaki bir yapının yapı-zemin etkileşimi sonucu yapıda oluşan bağıl deplasmanlar, temele yapışık olan yarı dairesel kesitli silindirik bir tabakanın farklı rijitlik değerlerine göre analiz edilmektedir.

1.2 SH Dalgalarının Etkisi Altında Yapı-Zemin Etkileşimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Sismik dalgalar esnasındaki dinamik yapı-zemin etkileşimi mühendislerin ilgisini çeken bir konu olmaktadır [9, 10]. Bu etkileşim yapıda meydana gelen gerilimlerle ilişki içinde olduğu kadar, oluşan yer hareketinin analizinde de büyük rol oynamaktadır.

Yapı-zemin etkileşiminin bazı önemli noktalarını ispat etmek amacıyla Luco, rijit yarı silindirik temele oturtulmuş ve dikey olarak gelen SH dalgalarına maruz kalmış sonsuz uzunluktaki bir istinat duvarını incelemiştir [11]. Trifunac, Luco'nun bu çalışmasına açı değişimlerini de ekleyerek problem geliştirmiş ve temel yakınında oluşan yüzey hareketlerinin doğasını incelemiştir [12]. Yapı-zemin etkileşiminin deneysel çalışmaları ise serbest yüzeydeki yer hareketi ve bina temelinin eşzamanlı ölçümlerine dayanılarak Housner [10] ve Duke [13] tarafından yapılmıştır.

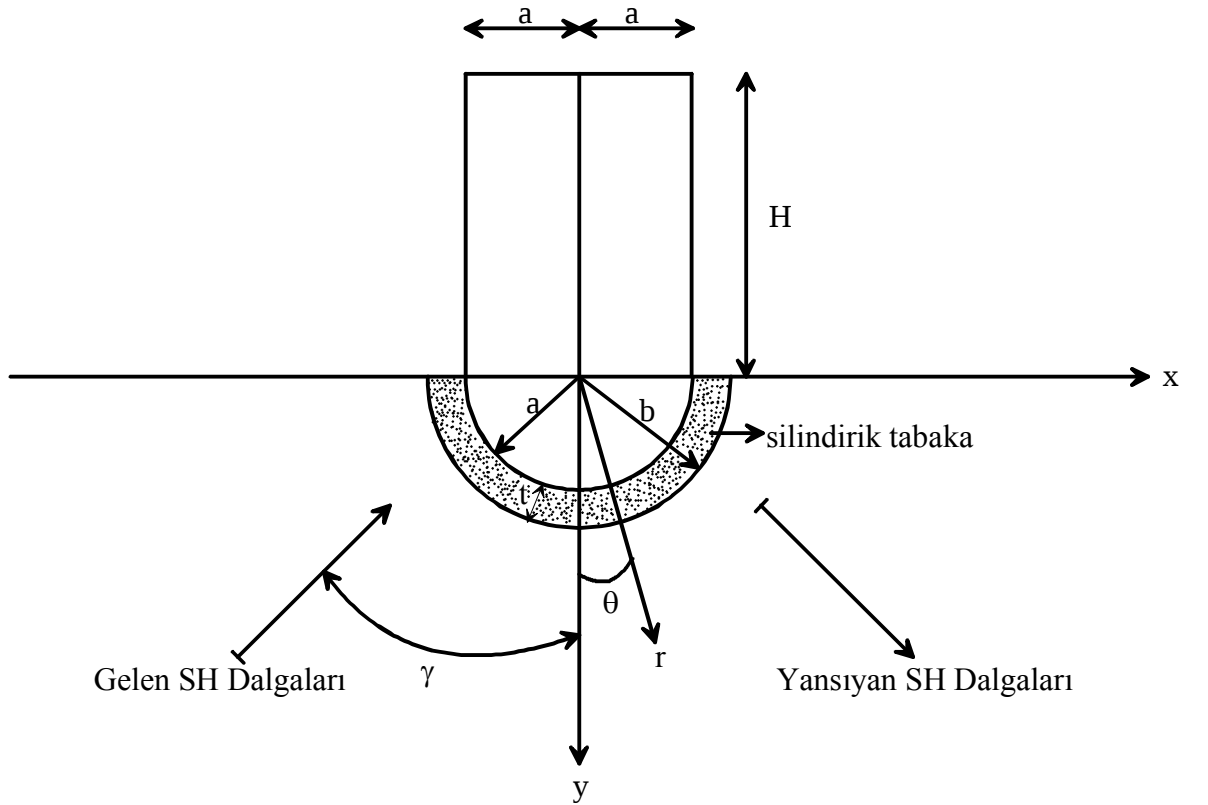
Daha sonraki yıllarda Luco, sonsuz uzunluktaki ve dairesel kesitli bir kabuğun yarım uzayda bulunması ve harmonik düzlem dalgalarına maruz kalması durumunda, kabuğun üç boyutlu harmonik tepkisini analiz etmek için bir model oluşturmuştur [14]. Bu model, yarım uzaydaki alan için oluşturulan dolaylı integral tanımı ile tünel tabanlı Donnell kabuk teorisini birleştirmektedir. Hasheminejad ve Rajabi, ilerleyen düzlem sismik dalgaları ile keyfi kalınlıktaki, izotropik ve fonksiyonel olarak düzenlenmiş olan, sıvıya doymuş, gözenekli ve elastik ortamdaki silindirik kabuğun iki boyutlu dinamik etkileşimini incelemişlerdir [15]. Bizim çalışmamızda yeni bir uygulama diyebileceğimiz, SH dalgalarının etkisi altında bulunan bir yapının temel dış yüzeyine yapışık yarı dairesel kesitli silindirik bir tabakanın farklı rijitlik değerlerinde yapı-zemin etkileşiminden dolayı yapı ile temel arasında oluşan rölatif yer değiştirme incelenmektedir.

2. MODEL

2.1 Koordinat Sisteminin Seçilmesi

Bu problemde, kullanılan yarı dairesel kesitli temelin analizini kolaylaştırmak ve sonsuz seri çözümünü elde edebilmek amacıyla, kutupsal koordinat sistemi seçilmiştir.

2.2 Model



Şekil 2.1: Model

Buradaki model, elastik, homojen yarı uzayda, dış yüzeyine yapışık yarı dairesel kesitli silindirik bir tabakanın bulunduğu yarı dairesel kesitli temel üzerine inşa edilmiş bir yapıdan oluşmaktadır.

Yarı dairesel kesitli temelin yarıçapı a , temelin üzerine yapışık olan yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın kalınlığı $t=(b-a)$ ' dır. Temelin üzerine inşa edilmiş yapının genişliği $2a$, yüksekliği H ' dir.

Homojen, izotrop kabul edilen yapının rijitliği μ_b , özkütlesi ρ_b , SH dalgalarının yapıdaki hızı β_b ile gösterilmektedir.

Tabakanın elastik, homojen ve izotrop olduğu kabul edilmekte, SH dalgalarının tabakadaki hızı β_k , rijitliği μ_k , özkütlesi ρ_k ile gösterilmektedir.

Zeminin elastik, homojen ve izotrop olduğu kabul edilmekte, SH dalgalarının zemindeki hızı β_t , rijitliği μ_t , özkütlesi ρ_t ile gösterilmektedir.

3. PROBLEMİN MATEMATİKSEL TANIMI

3.1 Zeminde ve Tabakada Oluşan Hareket

SH dalgalarının γ geliş açısı ile serbest yüzeye etkidiği varsayılırsa, gelen ve yansıyan dalganın hareketi,

$$u_z^{g+y} = e^{i\omega t - i\left(\frac{\omega x}{C_x}\right)} \cos\left(\frac{\omega y}{C_y}\right) \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

$$C_x = \frac{\beta}{\sin(\gamma)} \quad \text{ve} \quad C_y = \frac{\beta}{\cos(\gamma)} \quad (3.1)$$

sırasıyla x ve y yönündeki dalga hızlarını temsil etmektedirler.

Burada, (3.1) denklemindeki z alt indisi, hareketin z yönünde, x ve y düzlemlerine dik ve z' den bağımsız olduğunu göstermektedir. Üst indisler g ve y, serbest yüzeyde oluşan hareketin gelen (g) ve yansıyan (y) dalgalardan dolayı oluştuğunu göstermektedir. Bu denklemde x yönünde üretilen dalgalar C_x , y yönünde üretilen dalgalar ise $\cos(\omega y/C_y)$ ile ifade edilmektedir.

Temelden saçılan dalgalardan dolayı oluşan yerdeğiştirmeler u_z^S ile ifade edilmektedir. Yapının bitişiğinde zeminde oluşan toplam yer değiştirme, gelen ve yansıyan dalgalar ile temelden saçılan dalgaların toplanması sonucunda elde edilmektedir.

$$u_z^t = u_z^{g+y} + u_z^S \quad (3.3)$$

Tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı ise u_z^k ile ifade edilmektedir. Toplam yerdeğiştirme alanı u_z^t aşağıdaki yönetici denklemi $r \geq b$ ve $|\theta| \leq \pi/2$ için, tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı u_z^k ise aynı yönetici denklemi $b \geq r \geq a$ ve $|\theta| \leq \pi/2$ değerlerinde sağlamalıdır:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} = \frac{1}{\beta^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (3.4)$$

Ayrıca u_z^t , serbest yüzeyde şu sınır şartını da sağlamalıdır:

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_t}{r} \frac{\partial u_z^t}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad r > b \quad (3.5)$$

Tabakada meydana gelen yerdeğiştirme alanı u_z^k , aşağıdaki sınır şartını tabaka sınırları içinde sağlamalıdır:

$$\sigma_{\theta z} = \frac{\mu_k}{r} \frac{\partial u_z^k}{\partial \theta} = 0 \quad \theta = \pm \frac{\pi}{2} \quad a \leq r \leq b \quad (3.6)$$

Ayrıca tabaka dış yüzeyi $r=b$ ’ de, zeminde meydana gelen yerdeğiştirme ve oluşan gerilme, tabakada oluşan ile eşit olmak durumundadır.

$$\sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} = \mu_t \frac{\partial u_z^t}{\partial r} \quad r = b \quad (3.7)$$

$$u_z^t = u_z^k \quad r = b \quad (3.8)$$

Temel ile tabakanın birleşme yüzeyi olan $r=a$ ’ da,

$$u_z^k = \Delta e^{i \omega t} \quad r = a \quad (3.9)$$

sınır şartı sağlanmalıdır. Burada Δ , rijit temelin bilinmeyen yerdeğiştirme genliğidir.

Tüm bu sınır şartları altında kartezyen koordinat takımındaki (3.1) ifadesini tekrar kutupsal koordinat takımında ifade edersek:

$$u_z^{g+y} = e^{i \omega t} \left\{ J_0(k r) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n}(k r) \cos(2n \gamma) \cos(2n \theta) \right. \\ \left. - 2i \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n J_{2n+1}(k r) \sin((2n+1)\gamma) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (3.10)$$

elde edilir. Burada,

$$k = \frac{\omega}{\beta} \quad (3.11)$$

topraktaki dalga sayısı, $J_p(kr)$, p. dereceden (kr) argümanlı birinci nevi Bessel fonksiyonudur.

Temelden saçılan dalgalardan dolayı oluşan yerdeğiştirmeler u_z^S kutupsal koordinatlarda,

$$u_z^S = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_n H_{2n}^{(2)}(kr) \cos(2n\theta) + b_n H_{2n+1}^{(2)}(kr) \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, a_n ve b_n bilinmeyen katsayılar; $H_p^{(2)}(kr)$, p. dereceden (kr) argümanlı ikinci nevi Hankel fonksiyonudur.

Tabakada oluşan yerdeğiştirme alanı u_z^k ise,

$$u_z^k = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \left[c_n H_{2n}^{(1)}(k_k r) + d_n H_{2n}^{(2)}(k_k r) \right] \cos(2n\theta) + \left[e_n H_{2n+1}^{(1)}(k_k r) + g_n H_{2n+1}^{(2)}(k_k r) \right] \sin((2n+1)\theta) \right\} \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir [16]. Burada, c_n , d_n , e_n , g_n bilinmeyen katsayılar; $H_p^{(1)}(k_k r)$, p. dereceden $(k_k r)$ argümanlı birinci nevi Hankel fonksiyonudur.

Buradaki bilinmeyen katsayılar, a_n , b_n , c_n , d_n , e_n ve g_n (3.7), (3.8) ve (3.9) sınır şartlarını sağlayacak şekilde bulunurlar.

3.2 Yapıda Oluşan Hareket

Yapıda oluşan yerdeğiştirme ifadesi (3.14) diferansiyel denklemini, (3.15) ve (3.16) sınır şartlarını sağlamalıdır.

$$\frac{\partial^2 u_z^b}{\partial x^2} = \frac{1}{\beta_b^2} \frac{\partial^2 u_z^b}{\partial t^2} \quad 0 \leq x \leq H \quad (3.14)$$

$$\sigma_{xz} = \mu_b \frac{\partial u_z}{\partial x} = 0 \quad x = H \quad (3.15)$$

$$u_z^b = \Delta e^{i\omega t} \quad x = 0 \quad (3.16)$$

Denklem (3.14)' deki y kartezyen koordinatına bağılılık temelini rijit olduğu varsayımı ile yok edilmiştir. (3.14), (3.15) ve (3.16) ifadelerinin çözümü ile,

$$u_z^b = \Delta e^{i\omega t} [\cos(k_b x) + \tan(k_b H) \sin(k_b x)] \quad (3.17)$$

elde edilir. Burada,

$$k_b = \frac{\omega}{\beta_b} \quad (3.18)$$

yapıdaki dalga sayısını belirtmektedir. Yapının birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvveti,

$$f_z^b = -\omega^2 M_b \frac{\tan(k_b H)}{k_b H} \Delta e^{i\omega t} \quad (3.19)$$

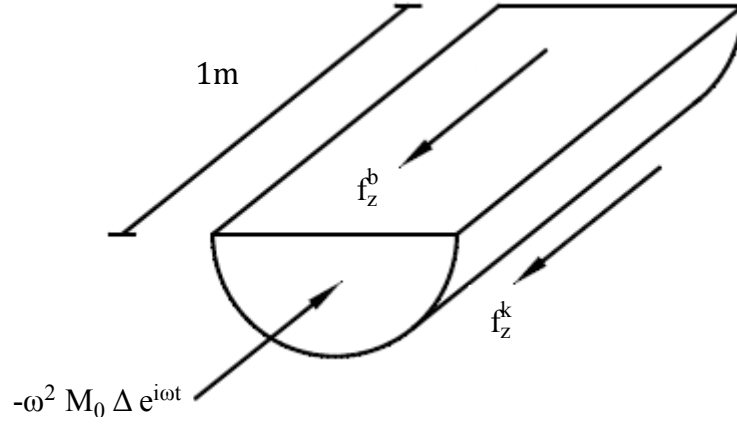
şeklinde ifade edilmektedir [11]. Burada,

$$M_b = \rho_b 2 a H \quad (3.20)$$

yapının birim uzunluğunun kütlesini göstermektedir.

3.3 Yapı, Temel ve Tabaka Etkileşimi

Gelen SH dalgalarının rijit temel üzerine yapışık olan tabakadan geçerek temele etkimesi doğrultusunda temelde meydana gelen yerdeğiştirme genliği Δ , rijit temel için hareket denklemi yazılarak bulunabilir [11].



Şekil 3.1 : Birim Temel Uzunluğu İçin Kuvvet Dengesi

$$-\omega^2 M_0 \Delta e^{i\omega t} = -(f_z^k + f_z^b) \quad (3.21)$$

$$f_z^k = -a \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sigma_{rz}|_{r=a} d\theta \quad \rightarrow \quad \sigma_{rz} = \mu_k \frac{\partial u_z^k}{\partial r} \quad (3.32)$$

Burada, M_0 temelin birim uzunluğunun kütlesi olurken, f_z^k temeli çevreleyen yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvvetini ifade etmektedir.

4. PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

4.1 a_n, b_n, c_n, d_n, e_n ve g_n Karmaşık Katsayılarının Hesaplanması

Bilinmeyen a_n, b_n, c_n, d_n, e_n ve g_n karmaşık katsayıları (3.7), (3.8) ve (3.9) sınır şartlarında yerlerine koyularak elde edilecek denklem takımları yardımı ile hesaplanacaktır.

4.1.1 Denklem takımlarının elde edilmesi

(3.7) sınır şartının tekrar yazılmasında kolaylık sağlayacağından dolayı,

$$\frac{\mu_t}{\mu_k} = \alpha \quad (4.1)$$

eşitliğini tanımlarsak burada,

$$\alpha = \alpha_1 \alpha_2 \quad (4.2)$$

$$\alpha_1 = \frac{\beta_t}{\beta_k} \quad (4.3)$$

$$\alpha_2 = \frac{\rho_t}{\rho_k} \quad (4.4)$$

α_1 , topraktaki SH dalgalarının hızının tabakadaki SH dalgalarının hızına oranını, α_2 ise toprağın özkütlesinin tabakanın özkütlesine oranını ifade etmektedir. Buradaki tanımlar yardımı ile sonuç bölümünde, tabakanın zeminden daha esnek, zemin ile eşit rijitlikte ve zeminden daha sert olma durumlarının varsayılması kolaylaşacaktır. Buradaki tanımlar ile (3.7) sınır şartı tekrar yazılırsa,

$$\begin{aligned}
& e^{i \omega t} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \left(c_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n-1}^{(1)}(k_k b) - H_{2n+1}^{(1)}(k_k b) \right] \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + d_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n-1}^{(2)}(k_k b) - H_{2n+1}^{(2)}(k_k b) \right] \right) \cos(2n\theta) \right. \\
& \quad \left. + \left(e_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n}^{(1)}(k_k b) - H_{2n+2}^{(1)}(k_k b) \right] \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + g_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n}^{(2)}(k_k b) - H_{2n+2}^{(2)}(k_k b) \right] \right) \sin((2n+1)\theta) \right\} \\
& = e^{i \omega t} \alpha \left\{ -k J_1(k b) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ (-1)^n \frac{k}{2} [J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b)] \right. \right. \\
& \quad \left. \left. \cos(2n\gamma) \sin(2n\theta) \right\} \right. \\
& \quad \left. - 2i \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ (-1)^n \frac{k}{2} [J_{2n}(k b) - J_{2n+2}(k b)] \right. \right. \\
& \quad \left. \left. \sin((2n+1)\gamma) \sin((2n+1)\theta) \right\} \right. \\
& \quad \left. + \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_n \frac{k}{2} \left[H_{2n-1}^{(2)}(k b) - H_{2n+1}^{(2)}(k b) \right] \cos(2n\theta) \right. \right. \\
& \quad \left. \left. + b_n \frac{k}{2} \left[H_{2n}^{(2)}(k b) - H_{2n+2}^{(2)}(k b) \right] \sin((2n+1)\theta) \right\} \right\}
\end{aligned} \tag{4.5}$$

eşitliği elde edilmektedir. Sadeleştirmeler yapılarak $\sin((2n+1)\theta)$ ve $\cos(2n\theta)$ terimleri taraf tarafa eşitlenerek tekrar yazılırsa,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \left(c_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n-1}^{(1)}(k_k b) - H_{2n+1}^{(1)}(k_k b) \right] + d_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n-1}^{(2)}(k_k b) - H_{2n+1}^{(2)}(k_k b) \right] \right) \right\}$$

$$-2\alpha \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ (-1)^n \frac{k}{2} \left[J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b) \right] \cos(2n\gamma) \right\} \quad (4.6)$$

$$-\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_n \frac{k}{2} \left[H_{2n-1}^{(2)}(k b) - H_{2n+1}^{(2)}(k b) \right] \right\} = 0$$

ve

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \left(e_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n}^{(1)}(k_k b) - H_{2n+2}^{(1)}(k_k b) \right] + g_n \frac{k_k}{2} \left[H_{2n}^{(2)}(k_k b) - H_{2n+2}^{(2)}(k_k b) \right] \right) \right\}$$

$$+2i\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ (-1)^n \frac{k}{2} \left[J_{2n}(k b) - J_{2n+2}(k b) \right] \sin((2n+1)\gamma) \right\} \quad (4.7)$$

$$-\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ b_n \frac{k}{2} \left[H_{2n}^{(2)}(k b) - H_{2n+2}^{(2)}(k b) \right] \right\} = 0$$

denklem takımları elde edilmektedir.

(3.8) sınır şartı, gerekli sadeleştirmeler yapılarak $\sin((2n+1)\theta)$ ve $\cos(2n\theta)$ terimleri taraf tarafa eşitlenmiş bir şekilde tekrar yazılırsa,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left\{ c_n \left[H_{2n}^{(1)}(k_k b) \right] + d_n \left[H_{2n}^{(2)}(k_k b) \right] \right\} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ (-1)^n \left[J_{2n}(k b) \right] \cos(2n\gamma) \right\}$$

$$- \sum_{n=0}^{\infty} a_n H_{2n}^{(2)}(k b) = 0 \quad (4.8)$$

ve

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left\{ e_n \left[H_{2n+1}^{(1)}(k_k b) \right] + g_n \left[H_{2n+1}^{(2)}(k_k b) \right] \right\} + 2i \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ (-1)^n \left[J_{2n+1}(k b) \right] \sin((2n+1)\gamma) \right\} - \sum_{n=0}^{\infty} b_n H_{2n+1}^{(2)}(k b) = 0 \quad (4.9)$$

denklem takımları elde edilmektedir.

(3.9) sınır şartı, gerekli sadeleştirmeler yapılarak $\sin((2n+1)\theta)$ ve $\cos(2n\theta)$ terimleri taraf tarafa eşitlenmiş bir şekilde tekrar yazılırsa,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left\{ c_n \left[H_{2n}^{(1)}(k_k a) \right] + d_n \left[H_{2n}^{(2)}(k_k a) \right] \right\} = 0 \quad (4.10)$$

ve

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left\{ e_n \left[H_{2n+1}^{(1)}(k_k a) \right] + g_n \left[H_{2n+1}^{(2)}(k_k a) \right] \right\} = 0 \quad (4.11)$$

denklem takımları elde edilir.

4.1.2 Denklem takımlarının çözümü

Bilinmeyen a_n , b_n , c_n , d_n , e_n ve g_n katsayıları, (4.6), (4.7), (4.8), (4.9), (4.10) ve (4.11) denklem takımlarının yardımı ile hesaplanmış olur [Ek 1]. Çözümlerde Mathematica programı kullanılmaktadır.

4.2 Rijit Temelde Oluşan Yerdeğiştirmenin Hesaplanması

(3.9) sınır şartını $n=0$ için yazarsak,

$$\left[c_0 H_0^{(1)}(k_k a) + d_0 H_0^{(2)}(k_k a) \right] + \left[e_0 H_1^{(1)}(k_k a) + g_0 H_1^{(2)}(k_k a) \right] \sin(\theta) = \Delta \quad (4.12)$$

eşitliği elde edilmektedir. **(4.12)** eşitliğinden de görüldüğü gibi, Δ bilinmeyen rijit temel yerdeğiştirme genliği sadece $n=0$ değeri için hesaplanabilmekte ve c_0 ile d_0 karmaşık katsayılarına bağlı olmaktadır. Bununla birlikte Δ , SH dalgalarının geliş açısı olan γ' dan da bağımsızdır. Çözüm $n=0$ değeri için yapılacağından dolayı, c_0 ve d_0 karmaşık katsayıları hesaplanacak ve kuvvet denge denklemi yazılarak Δ yerdeğiştirme genliği bulunacaktır.

4.2.1 c_0 , d_0 bilinmeyen katsayılarının hesaplanması

(4.6) ifadesi $n=0$ için tekrar yazılacak olursa,

$$c_0 k_k H_1^{(1)}(k_k b) + d_0 k_k H_1^{(2)}(k_k b) - a_0 \alpha k H_1^{(2)}(k b) - k \alpha J_1(k b) = 0 \quad (4.13)$$

elde edilmektedir.

(4.8) ifadesi $n=0$ için tekrar yazılacak olursa,

$$c_0 H_0^{(1)}(k_k b) + d_0 H_0^{(2)}(k_k b) - a_0 H_0^{(2)}(k b) - J_0(k b) = 0 \quad (4.14)$$

elde edilmektedir.

(4.10) ifadesi $n=0$ için tekrar yazılacak olursa,

$$c_0 H_0^{(1)}(k_k a) + d_0 H_0^{(2)}(k_k a) = \Delta \quad (4.15)$$

ifadesi elde edilmektedir. Buradan c_0 bilinmeyen katsayısı d_0 cinsinden yazılırsa,

$$c_0 = \frac{\Delta - d_0 H_0^{(2)}(k_k a)}{H_0^{(1)}(k_k a)} \quad (4.16)$$

ifadesi elde edilir.

Böylece **(4.13)**, **(4.14)** ve **(4.16)** ifadelerinden c_0 ve d_0 hesaplanır.

$$\begin{aligned}
c_0 = & \left\{ k \alpha H_1^{(2)}(k b) \left[J_0(k b) H_0^{(2)}(k_k a) - \Delta H_0^{(2)}(k_k b) \right] \right. \\
& \left. + H_0^{(2)}(k b) \left[-k \alpha J_1(k b) H_0^{(2)}(k_k a) + k_k \Delta H_1^{(2)}(k_k b) \right] \right\} / \\
& \left\{ k \alpha H_1^{(2)}(k b) \left[H_0^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k_k a) - H_0^{(1)}(k_k a) H_0^{(2)}(k_k b) \right] \right. \\
& \left. - k_k H_1^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k b) H_0^{(2)}(k_k a) + k_k H_0^{(1)}(k_k a) H_0^{(1)}(k b) H_1^{(2)}(k_k b) \right\}
\end{aligned} \tag{4.17}$$

$$\begin{aligned}
d_0 = & \left\{ \Delta \left[k_k H_1^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k b) - k \alpha H_0^{(1)}(k_k b) H_1^{(2)}(k b) \right] \right. \\
& \left. + k \alpha H_0^{(1)}(k_k a) \left[J_0(k b) H_1^{(2)}(k b) - J_1(k b) H_0^{(2)}(k b) \right] \right\} / \\
& \left\{ H_0^{(1)}(k_k a) \left[H_0^{(2)}(k_k b) k \alpha H_1^{(2)}(k b) - k_k H_1^{(2)}(k_k b) H_0^{(2)}(k_k b) \right] \right. \\
& \left. - H_0^{(2)}(k_k a) \left[H_0^{(1)}(k_k b) k \alpha H_1^{(2)}(k b) - k_k H_1^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k b) \right] \right\}
\end{aligned} \tag{4.18}$$

4.2.2 Kuvvet denge denkleminin yazılması ve yerdeğiştirme genliğinin hesaplanması

Kuvvet denge denklemini yazabilmek için, temeli çevreleyen yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvvetini $n=0$ değeri için yazılırsa,

$$f_z^k = a \mu_k \pi e^{i\omega t} \left[c_0 k_k H_1^{(1)}(k_k a) + d_0 k_k H_1^{(2)}(k_k a) \right] \tag{4.19}$$

şeklinde elde edilmektedir.

Temele yapışık yarı dairesel kesitli silindirik tabakanın alanı,

$$A = \frac{\pi(b^2 - a^2)}{2} \tag{4.20}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada, $b=a \xi$ tanımı yapılarak devam edilirse tabakanın alanı,

$$A = \frac{\pi}{2} a^2 (\xi^2 - 1) \tag{4.21}$$

şeklini almaktadır. Böylece tabakanın kalınlığı $t=a(\xi-1)$ olarak ifade edilebilmekte ve tabakanın kalınlığının artması veya azalması ξ terimine bağlı olmaktadır. Bununla birlikte tabakanın birim uzunluğunun kütlesi,

$$M_k = A \rho_k l \quad (4.22)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada,

$$\rho_k = \frac{\omega^2}{k_k^2} \mu_k \quad (4.23)$$

eşitliğinden yararlanılarak f_z^k ifadesi tekrar yazıldığında,

$$f_z^k = \frac{2 \omega^2 M_k e^{i \omega t}}{k_k (\xi^2 - 1)} \left[c_0 H_1^{(1)}(k_k a) + d_0 H_1^{(2)}(k_k a) \right] \quad (4.24)$$

elde edilmektedir.

Yapının birim uzunluğuna etki eden taban kesme kuvveti olan f_z^b ,

$$k_b H = \epsilon k_k a \quad (4.25)$$

eşitliğinden yararlanılarak tekrar yazılırsa,

$$f_z^b = -\omega^2 M_b \frac{\tan(\epsilon k_k a)}{\epsilon k_k a} \Delta e^{i \omega t} \quad (4.26)$$

elde edilmektedir. Bu durumda kuvvet denge denklemi gerekli sadeleştirmeler yapılarak ve her iki tarafı da M_k 'ya bölünerek yazılırsa,

$$-\frac{M_0}{M_k} \Delta = -\frac{2}{k_k a (\xi^2 - 1)} \left[c_0 H_1^{(1)}(k_k a) + d_0 H_1^{(2)}(k_k a) \right] + \frac{M_b}{M_k} \frac{\tan(\epsilon k_k a)}{\epsilon k_k a} \Delta \quad (4.27)$$

elde edilmektedir.

Böylece (4.27) ifadesindeki denklem takımının Mathematica programı ile çözülmesiyle rijit temelin yerdeğiştirme genliği Δ bulunmaktadır.

$$\begin{aligned}
\Delta = & \left\{ k M_k \alpha \in \left\{ H_1^{(1)}(k_k a) H_0^{(2)}(k_k a) \left[-2 J_1(k b) H_0^{(2)}(k b) + 2 J_0(k b) H_1^{(2)}(k b) \right] \right. \right. \\
& \left. \left. + H_0^{(1)}(k_k a) \left[2 J_1(k b) H_0^{(2)}(k b) - 2 J_0(k b) H_1^{(2)}(k b) H_1^{(2)}(k_k a) \right] \right\} / \right. \\
& \left\{ k \alpha \in H_1^{(2)}(k b) \left[\left[k_k a M_0 (1 - \xi^2) H_0^{(1)}(k_k a) + 2 M_k H_1^{(1)}(k_k a) \right] H_0^{(2)}(k_k b) \right. \right. \\
& \left. \left. + H_0^{(1)}(k_k b) \left[k_k a M_0 (-1 + \xi^2) H_0^{(2)}(k_k a) - 2 M_k H_1^{(2)}(k_k a) \right] \right] \right\} \quad (4.28) \\
& + k_k \in \left[k_k a M_0 (-1 + \xi^2) H_0^{(1)}(k_k a) - 2 M_k H_1^{(1)}(k_k a) \right] H_0^{(2)}(k b) H_1^{(2)}(k_k b) \\
& + M_b \left[k \alpha \left[(-1 + \xi^2) H_0^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k_k a) + (1 - \xi^2) H_0^{(1)}(k_k a) H_0^{(2)}(k_k b) \right] H_1^{(2)}(k b) \right. \\
& \left. + k_k (-1 + \xi^2) H_0^{(1)}(k_k a) H_0^{(2)}(k b) H_1^{(2)}(k_k b) \right] \tan(k_k a \epsilon) + k_k H_1^{(1)}(k_k b) H_0^{(2)}(k b) \\
& \left. \left[2 M_k \epsilon H_1^{(2)}(k_k a) + (1 - \xi^2) H_0^{(2)}(k_k a) (k_k a M_0 \epsilon + M_b \tan(k_k a \epsilon)) \right] \right\}
\end{aligned}$$

Bulunan Δ genlik, (4.29) rölâtif yerdeğiştirme denkleminde bütün sınır şartları altında çözülür ve sonuçlar değerlendirilir.

$$|R u_z| = |u_{z \ x'=H} - \Delta| = |\Delta * \left(\frac{1}{\cos k b H} - 1 \right)| \quad (4.29)$$

5. SAYISAL ANALİZLER

Burada ele alınan dinamik yapı-zemin etkileşimi probleminde bir yapıdaki bağıl deplasmanlar probleminin sayısal sonuçları, temele yapışık olan tabakanın zeminden daha esnek, zemin ile aynı rijitlikte ve zeminden daha sert olma durumlarında, yapı, zemin ve tabakanın özelliklerine ve boyutlarına göre elde edilmiştir. Grafikler yapının mutlak genliğinin dalga sayısına göre değişimlerini göstermektedirler.

5.1 Tabakanın Zeminden Daha Esnek Olma Durumu İçin Sonuçlar

Burada analiz edilmiş sonuçlar tabakanın zeminden daha esnek olma durumunu içermektedir. Tabakanın zeminden daha esnek olduğu,

$$\alpha_1 = \frac{\beta_t}{\beta_k} = 3$$

ve

$$\alpha_2 = \frac{\rho_t}{\rho_k} = 1.5$$

varsayımlarıyla ifade edilmektedir.

Şekil 5.1(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon = 2$, $t = a(\xi - 1)$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.1(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon = 4$, $t = a(\xi - 1)$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte bütün ϵ değerlerine göre tabaka kalınlığı arttığında genlikler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

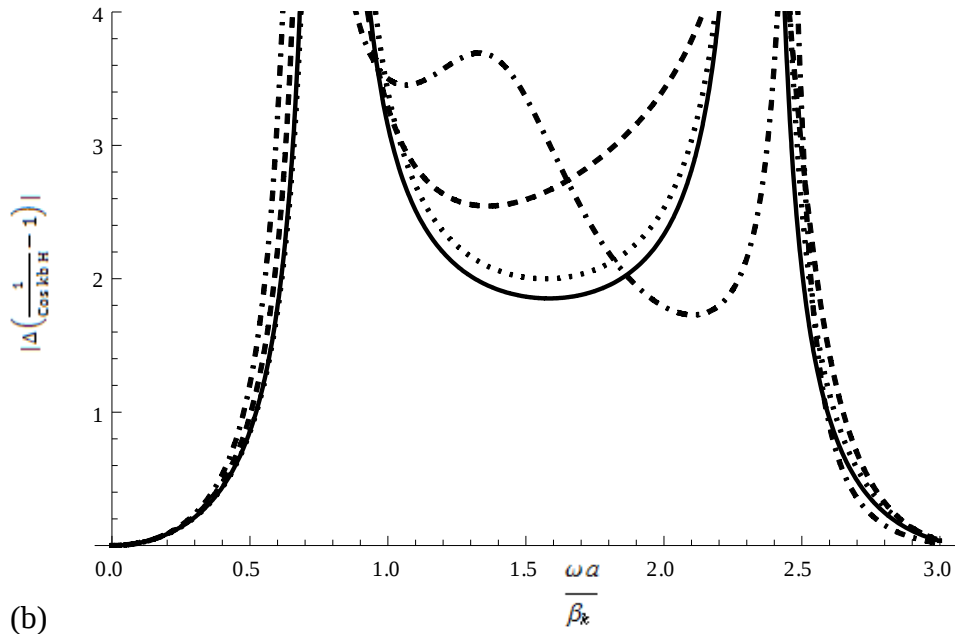
$\xi=1.1$

$\xi=1.3$

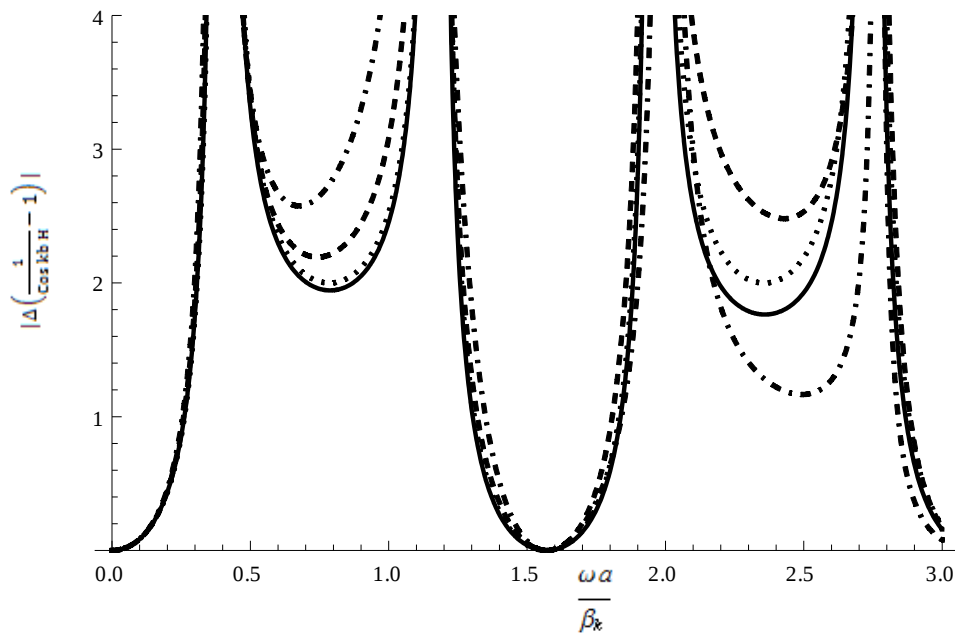
$\xi=1.5$

$|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

(a)



(b)



Şekil 5.1 : Farklı ϵ Değerlerinde ξ Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.2(a)' da, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir

Şekil 5.2(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\xi = 1.3$, $t = 0.3a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.2(c)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\xi = 1.5$, $t = 0.5a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.3(a)' da, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.3(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.3$, $t = 0.3a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.3(c)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.5$, $t = 0.5a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

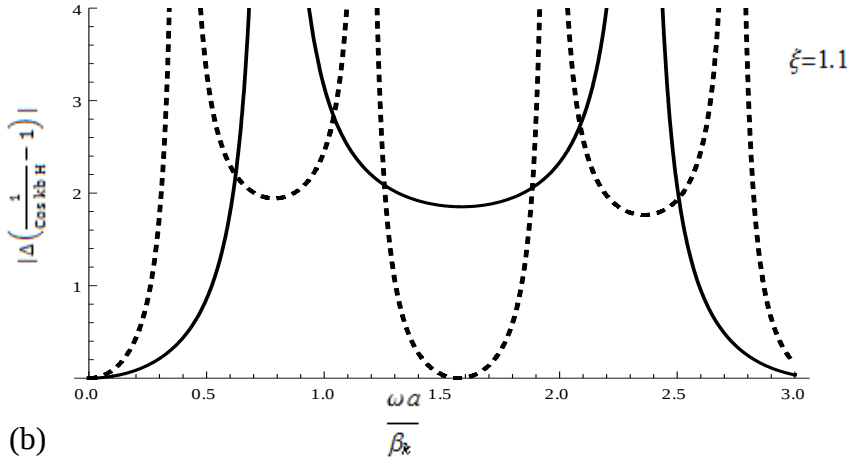
Bu grafikte tabaka kalınlığının arttığı durumlarda genlikte azalma olduğu görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

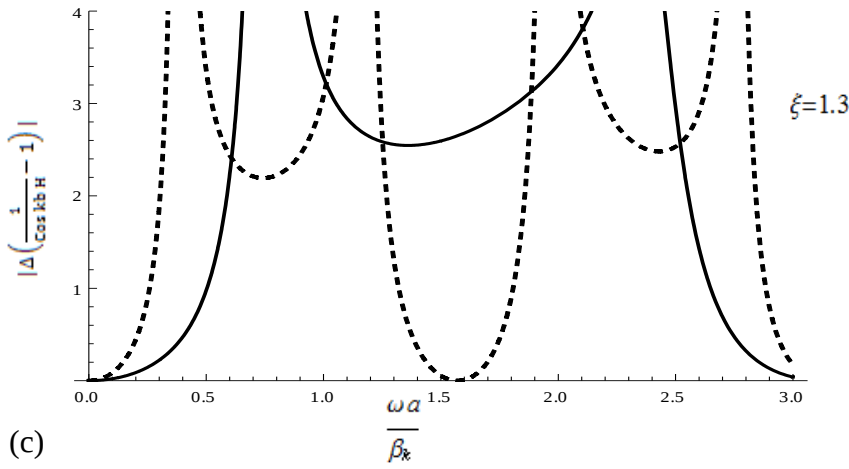
$\epsilon=2$ —————

$\epsilon=4$ - - - - -

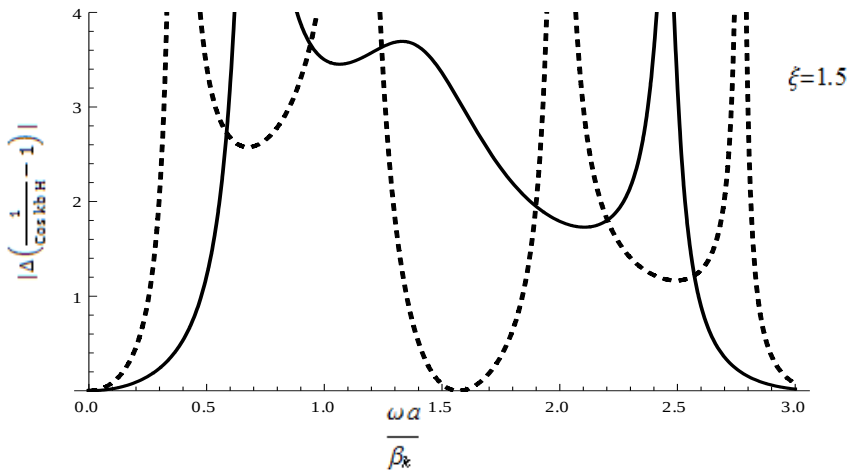
(a)



(b)



(c)

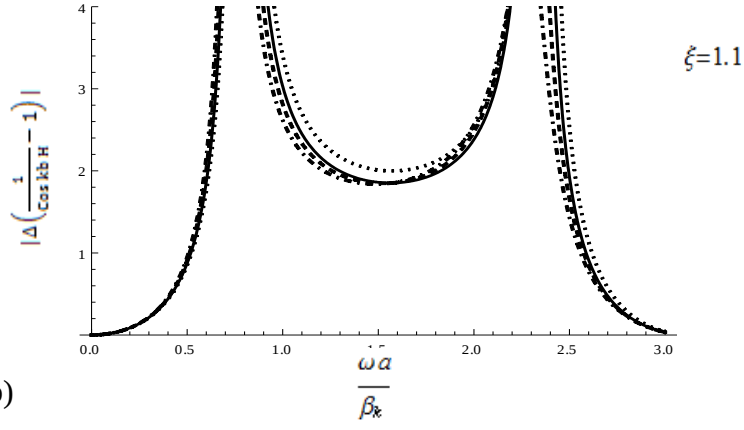


Şekil 5.2 : Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi

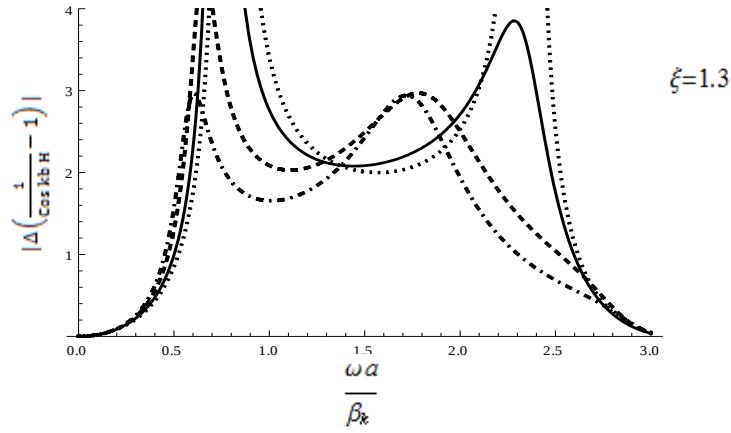
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	2

$$\begin{aligned}
 M_b/M_k=2 & \quad \text{—————} \\
 M_b/M_k=4 & \quad \text{-----} \\
 M_b/M_k=6 & \quad \text{-.-.-.-.} \\
 \left| \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right| & \quad \text{.....}
 \end{aligned}$$

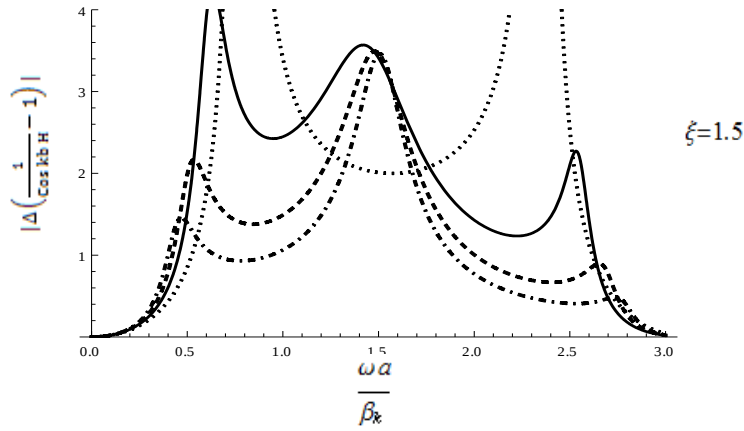
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.3: Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.4(a)' da, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.4(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.3$, $t = 0.3a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.4(c)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.5$, $t = 0.5a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu üç grafikte de görüldüğü gibi temele yapışık tabakanın genişliğinin artması ile genlikler arasındaki fark daha belirgin olmakta ve $\Delta = 1$ grafiğinin altına doğru ilerlemektedir.

Şekil 5.5(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

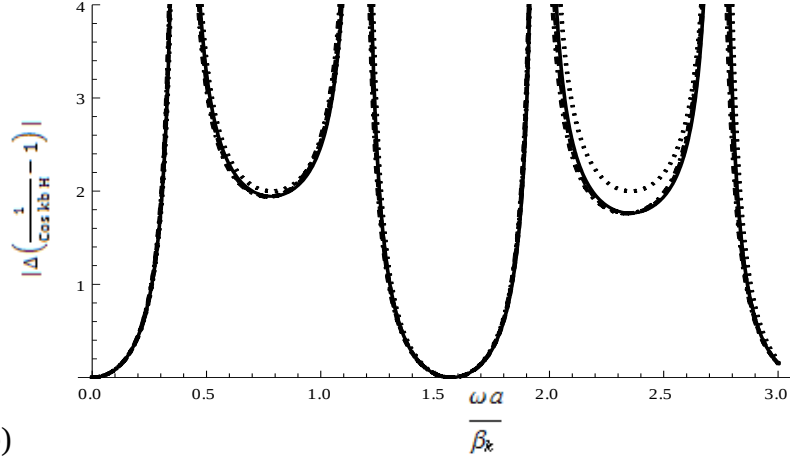
Şekil 5.5(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte yapının birim uzunluğunun kütesinin tabakanın birim uzunluğunun kütesinin iki, dört ve altı katı olmasına rağmen genlikler arasındaki farkın çok az olduğu görülebilmektedir.

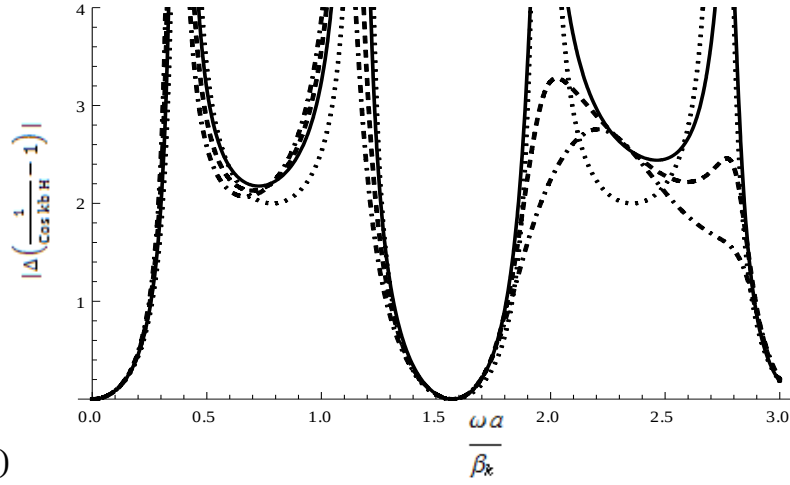
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	4

$$\begin{array}{ll}
 M_b/M_k=2 & \text{—} \\
 M_b/M_k=4 & \text{---} \\
 M_b/M_k=6 & \text{- . - . - .} \\
 \left| \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right| & \cdots
 \end{array}$$

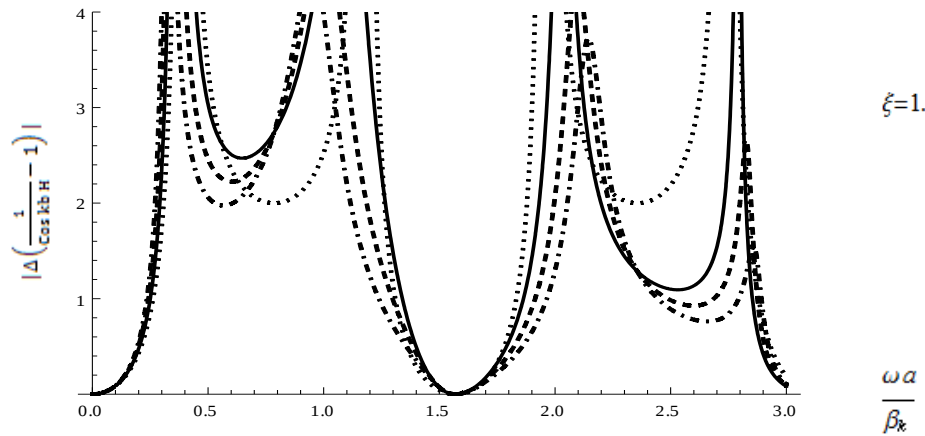
(a)



(b)



(c)

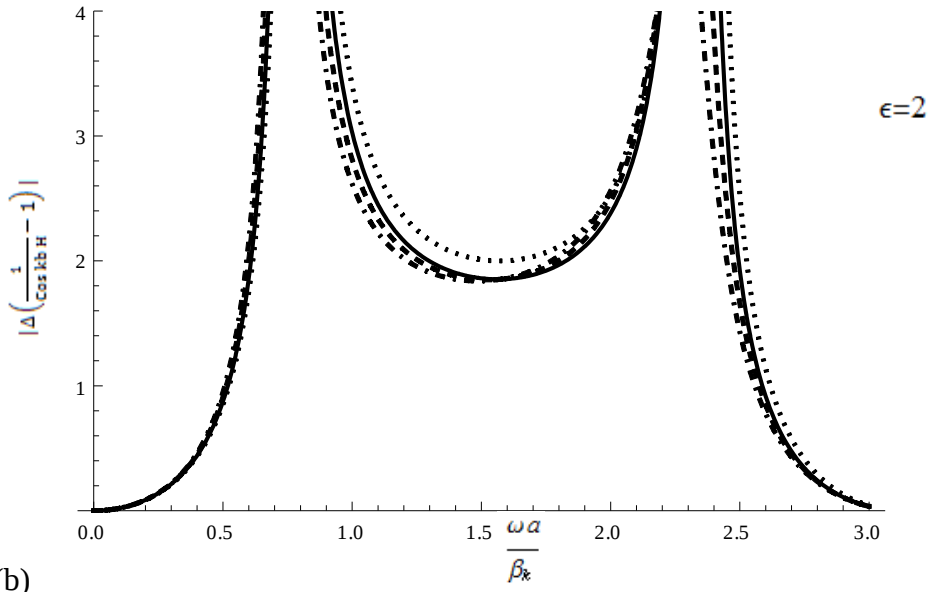


Şekil 5.4 : Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

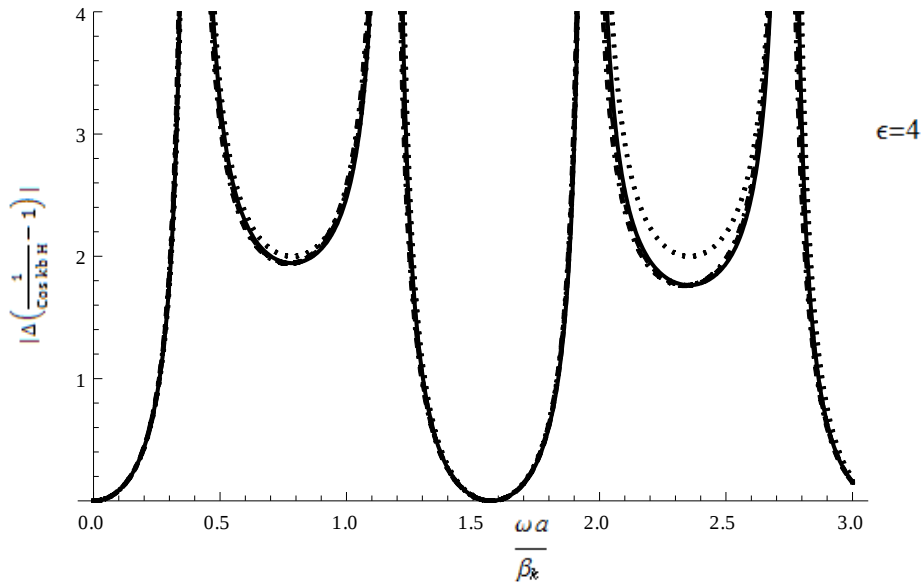
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$1.1a$	$0.1a$	1.1

$M_b/M_k=2$	—
$M_b/M_k=4$	- - -
$M_b/M_k=6$	- . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)



Şekil 5.5 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.6(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.3$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.6(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.3$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte farklı ϵ değerlerinde kütle farklılıklarının artması ile genliklerin azaldığı görülmektedir.

Şekil 5.7(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.5$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

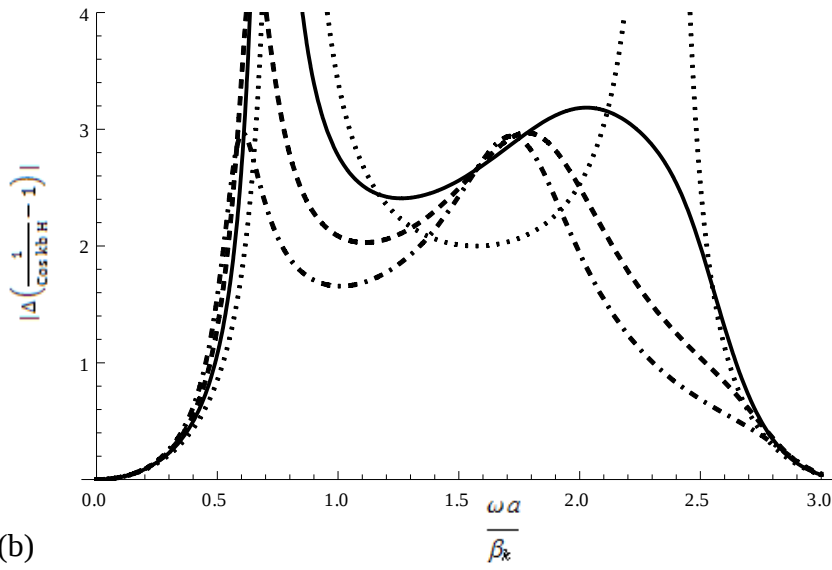
Şekil 5.7(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.5$, $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 1.5$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte kütle farklılıklarının artması ile rezonans bölgelerinde genlik artışı görülmekte ve genliğin sıfır olduğu bölgelere gidildiğinde ise kütle farklılığının ters orantılı olarak etki ettiği görülmektedir.

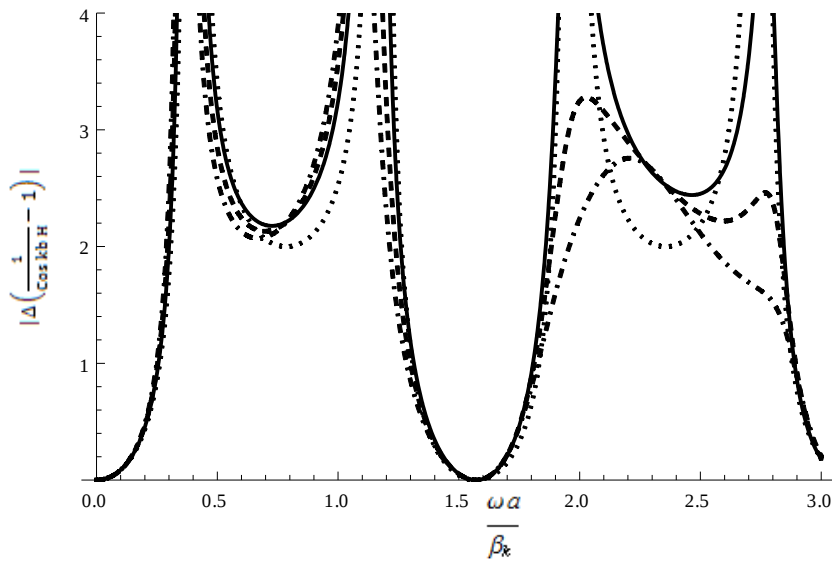
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$1.3a$	$0.3a$	1.3

$M_b/M_k=2$ —————
 $M_b/M_k=4$ -----
 $M_b/M_k=6$ - . - . - .
 $|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

(a)



(b)

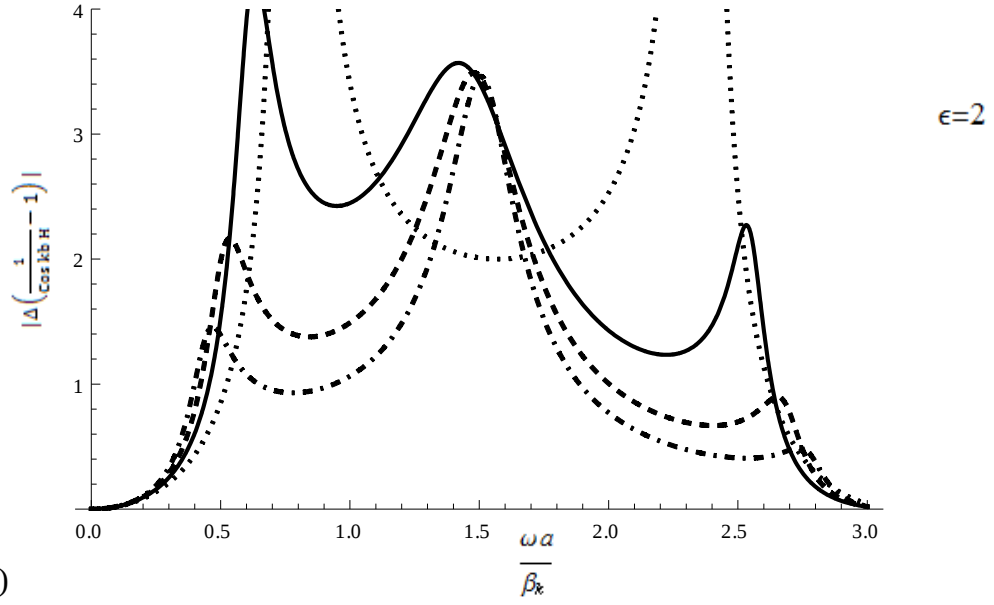


Şekil 5.6 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

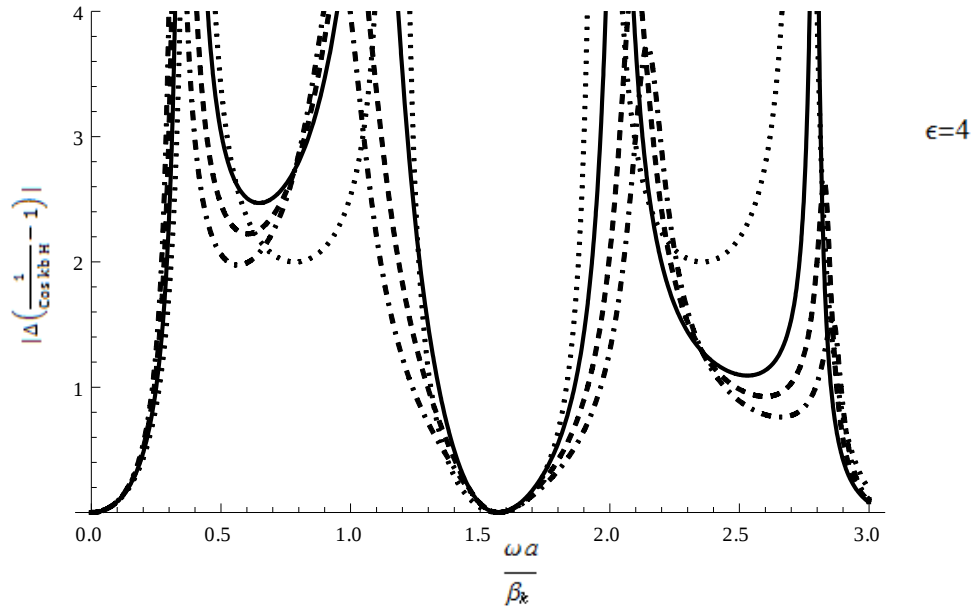
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$1.5a$	$0.5a$	1.5

$M_b/M_k=2$	—
$M_b/M_k=4$	- - -
$M_b/M_k=6$	- . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)



Şekil 5.7 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

5.2 Tabakanın Zemin ile Eşit Rijitlikte Olma Durumu İçin Sonuçlar

Burada analiz edilmiş sonuçlar tabakanın zemin ile eşit rijitlikte olma durumunu içermektedir. Tabakanın zemin ile eşit rijitlikte olduğu,

$$\alpha_1 = \frac{\beta_t}{\beta_k} = 1$$

ve

$$\alpha_2 = \frac{\rho_t}{\rho_k} = 1$$

varsayımlarıyla ifade edilmektedir.

Şekil 5.8(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon=2$, $t=a(\xi-1)$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.8(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon=4$, $t=a(\xi-1)$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte tabaka kalınlığının artması ile genliğin azaldığı fakat birbirlerine yakın oldukları görülmektedir.

Şekil 5.9(a)' da, $r_1 = a$, $r_2=1.1a$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.9(b)' de, $r_1 = a$, $r_2=1.3a$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.9(c)' de, $r_1 = a$, $r_2=1.5a$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte farklı ϵ değerlerinde tabaka kalınlığının artması ile genliklerin azaldığı görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

$\xi=1.1$

————

$\xi=1.3$

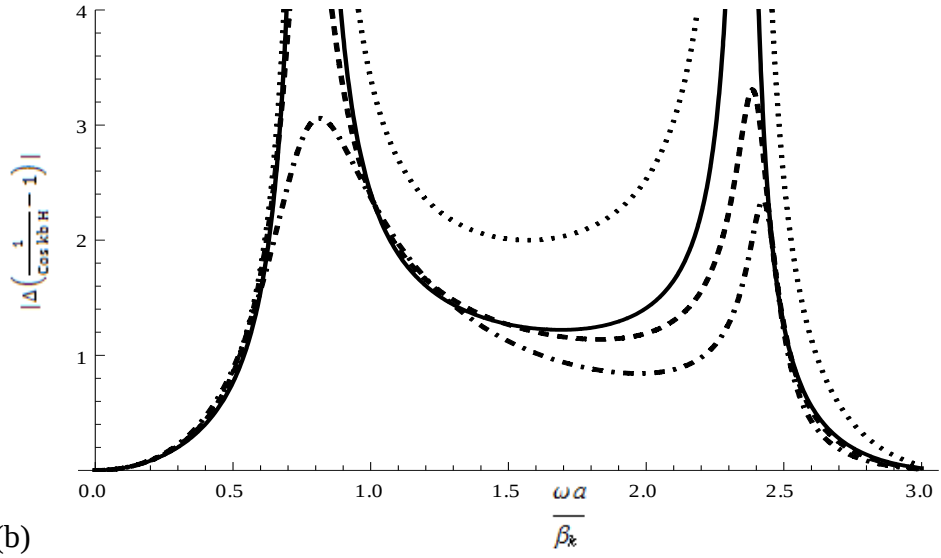
$\xi=1.5$

- . - . - .

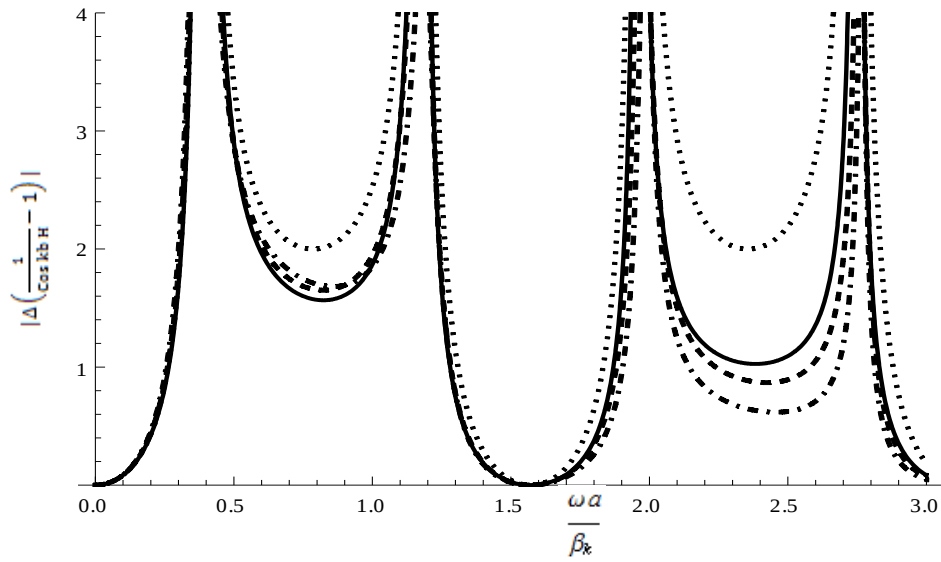
$|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

.....

(a)



(b)



Şekil 5.8 : Farklı ϵ Değerlerinde ξ Değişiminin Genliğe Etkisi

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

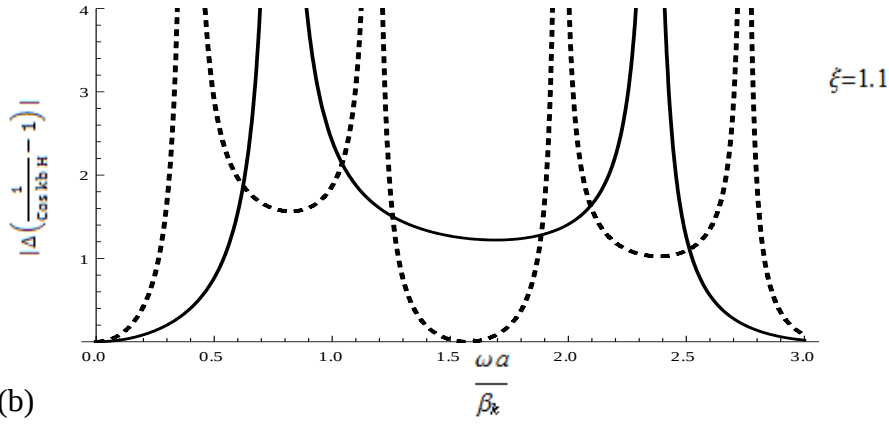
$\epsilon=2$

—————

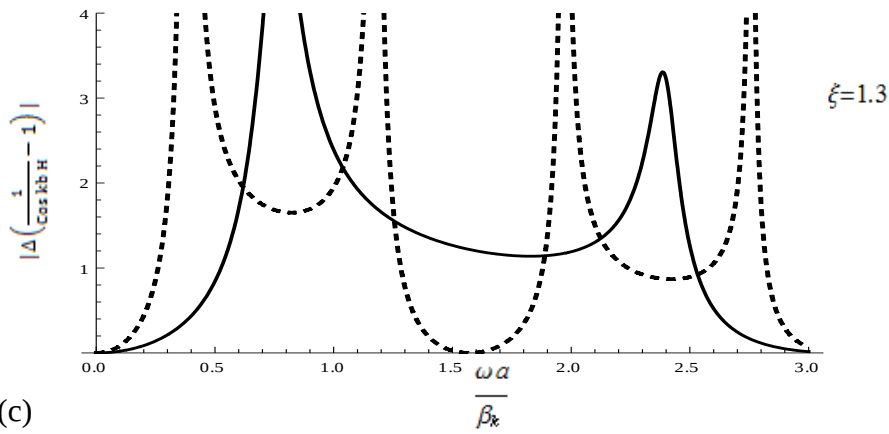
$\epsilon=4$

- - - - -

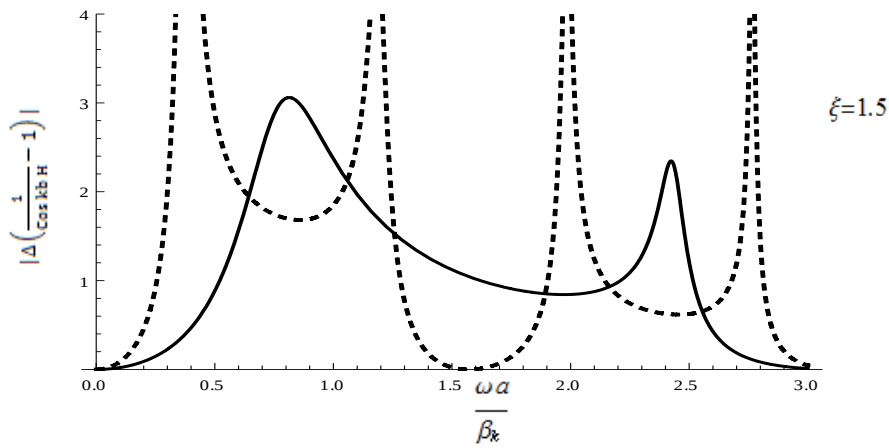
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.9 : Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.10(a)' da, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.10(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.3$, $t = 0.3a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

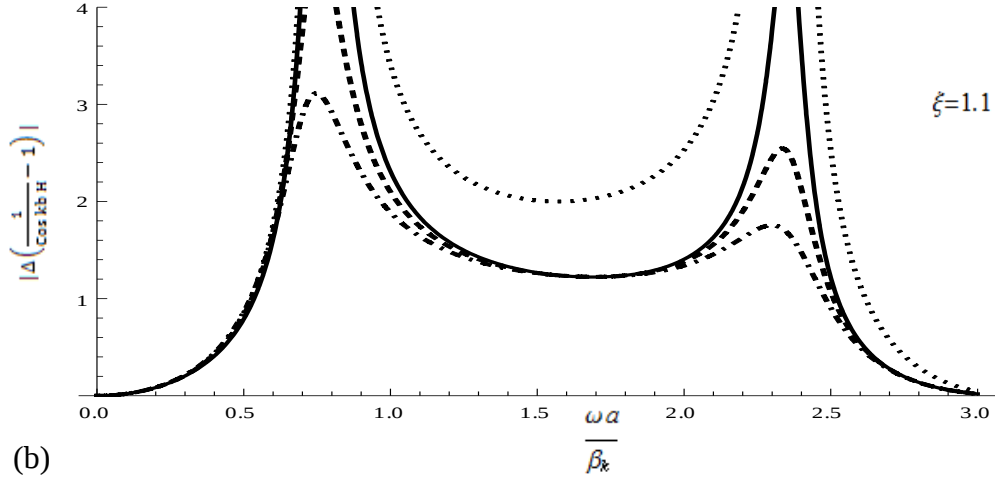
Şekil 5.10(c)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.5$, $t = 0.5a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte tabaka kalınlığının artması ile genliğin azaldığı ve kütle farklılıklarının arttıkça genliği azalttığı görülmektedir.

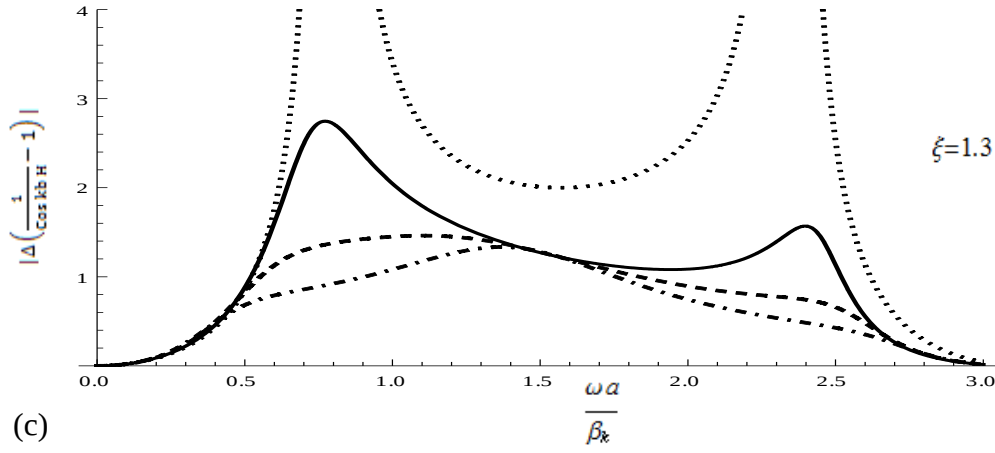
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	2

$M_b/M_k=2$ —————
 $M_b/M_k=4$ - - - - -
 $M_b/M_k=6$ - . - . - .
 $|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

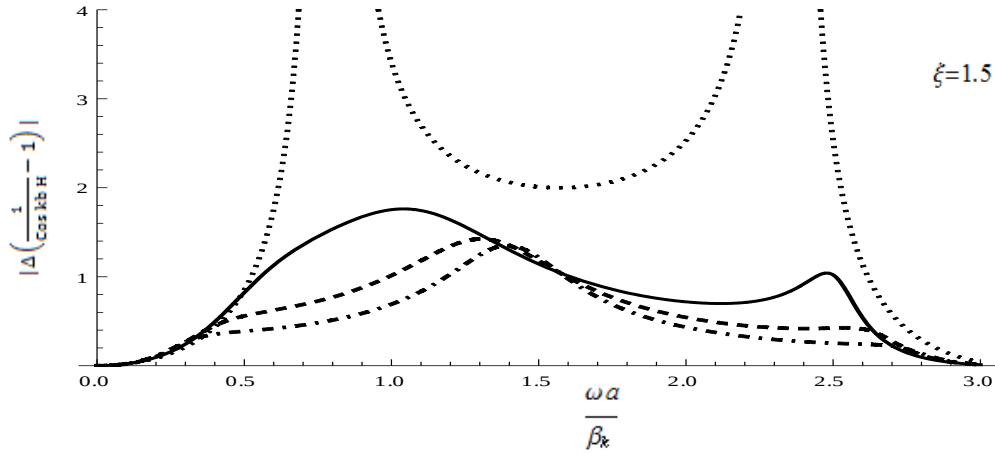
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.10 : Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.11(a)' da, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.11(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.3$, $t = 0.3a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.11(c)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.5$, $t = 0.5a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte kütle farklılıklarının ve tabaka kalınlığının artması ile genliklerin azalarak birbirine yakınlaştığı görülmektedir.

Şekil 5.12(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir..

Şekil 5.12(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.1a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.1$, $t = 0.1a$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte tabakanın zeminden daha esnek olma durumuna göre genliklerin biraz daha belirginleştiği ve kütle farklılıklarının artmasıyla genliklerin azaldığı görülmektedir.

Şekil 5.13(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.3$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.13(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.3a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.3$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte farklı ϵ durumlarına göre kütle farklılıklarının artmasıyla genliklerin azaldığı görülmektedir.

Şekil 5.14(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 2$, $\xi = 1.5$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

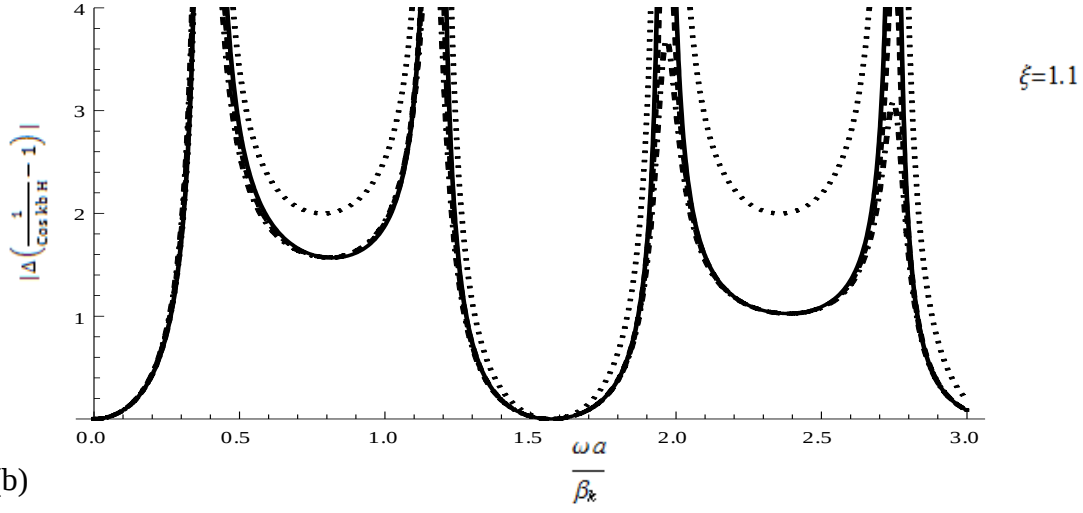
Şekil 5.14(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = 1.5a$, $\epsilon = 4$, $\xi = 1.5$, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a / \beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.12-13-14'de tabaka kalınlığının artmasıyla genliğin azaldığı görülmektedir.

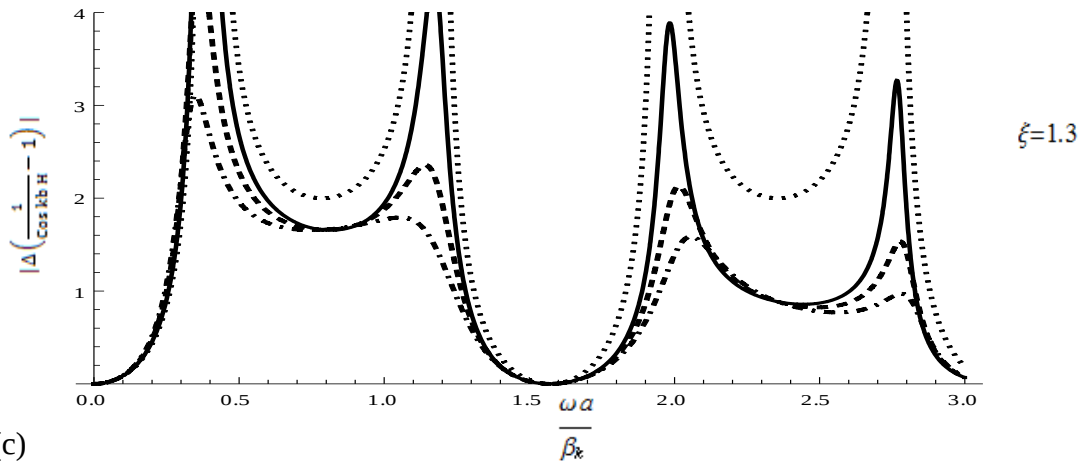
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	4

$M_b/M_k=2$ —————
 $M_b/M_k=4$ - - - - -
 $M_b/M_k=6$ - . - . - .
 $|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

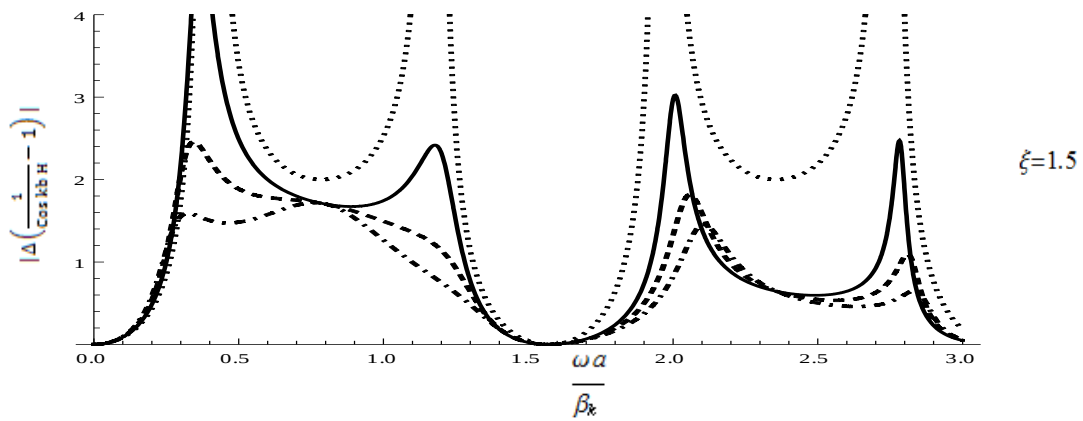
(a)



(b)



(c)

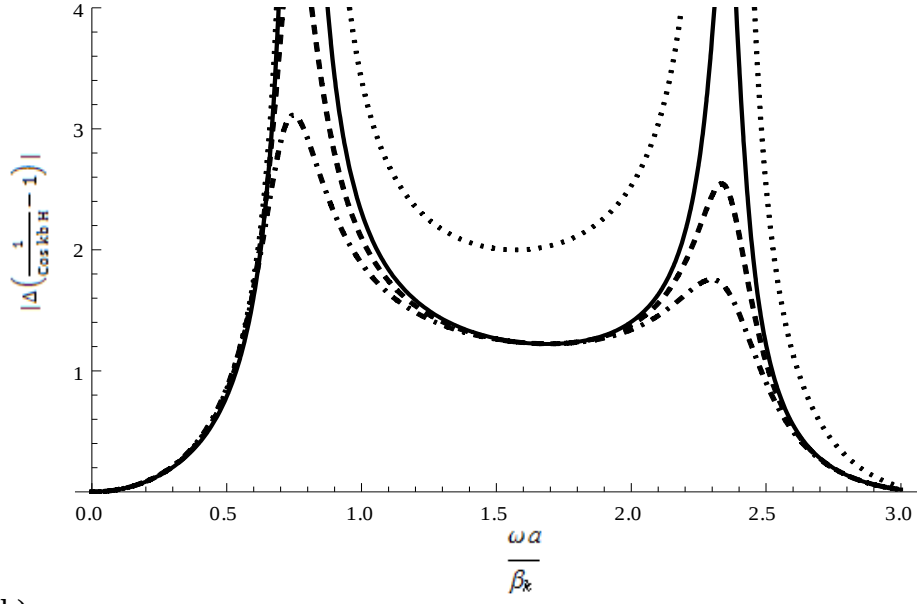


Şekil 5.11 : Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

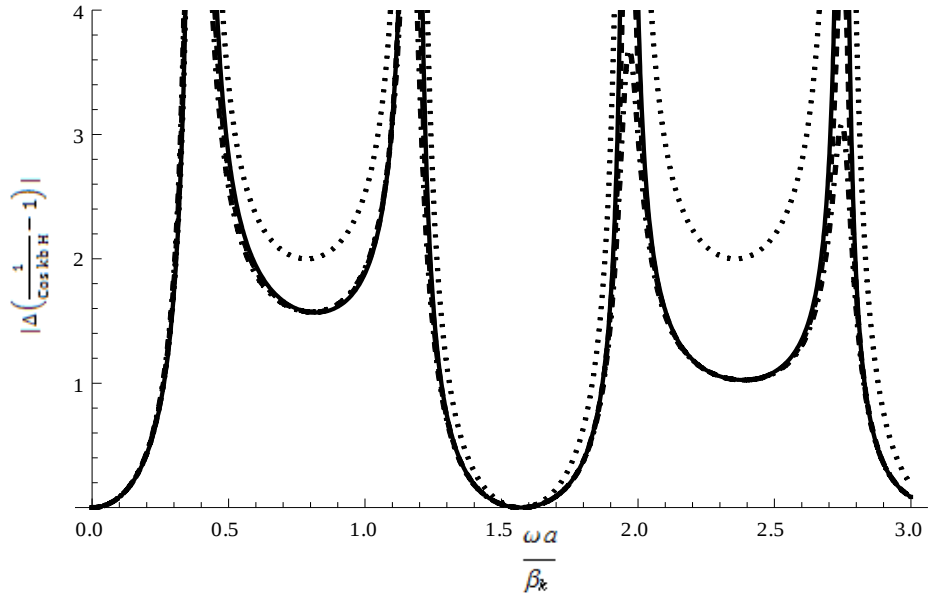
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.1

$$\begin{aligned}
 M_b/M_k=2 & \quad \text{—} \\
 M_b/M_k=4 & \quad \text{---} \\
 M_b/M_k=6 & \quad \text{- . - . - .} \\
 \left| \left(\frac{1}{\cos kb H} - 1 \right) \right| & \quad \cdots
 \end{aligned}$$

(a)



(b)

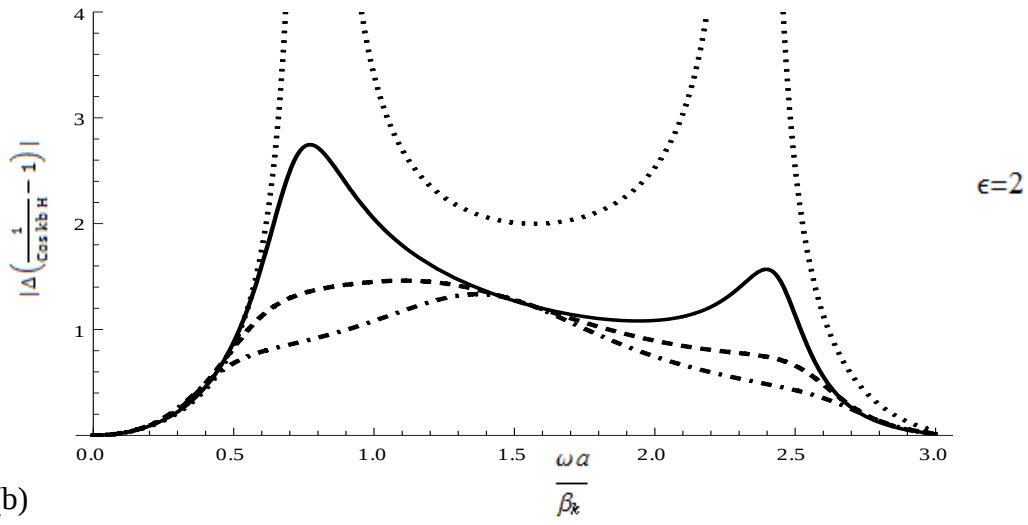


Şekil 5.12 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

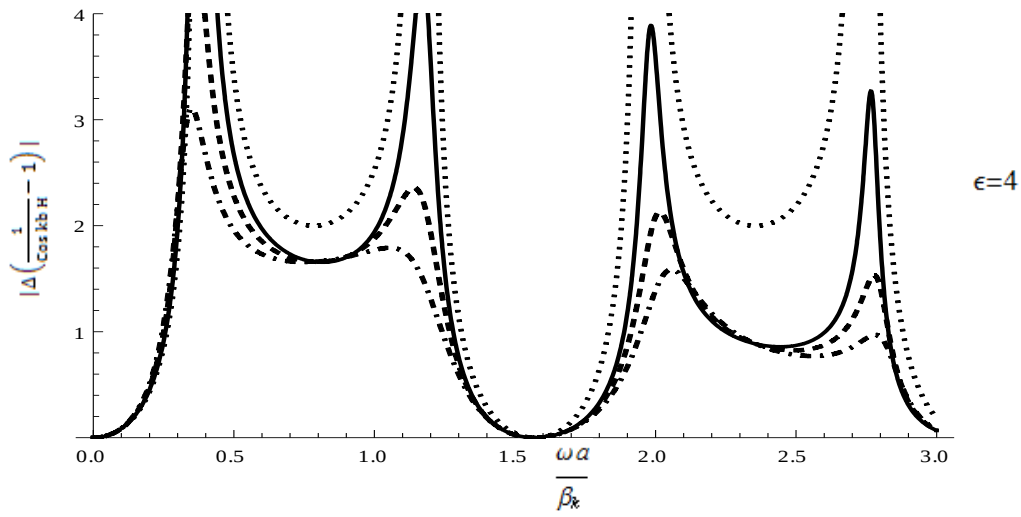
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.3

$M_b/M_k=2$	—
$M_b/M_k=4$	- - -
$M_b/M_k=6$	- . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)

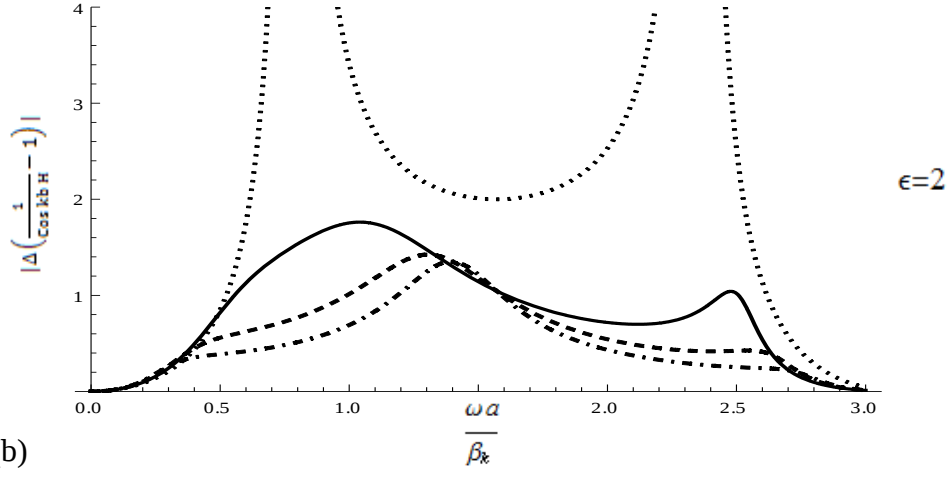


Şekil 5.13 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

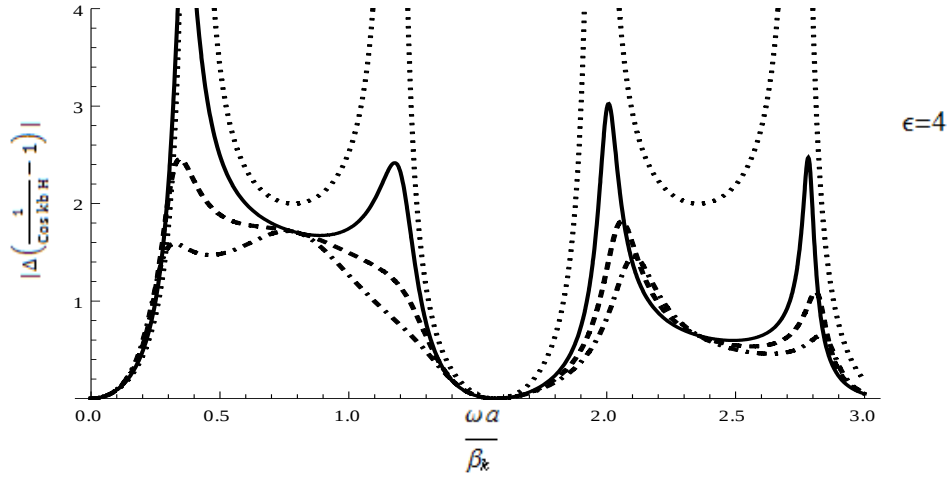
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.5

$$\begin{aligned}
 M_b/M_k=2 & \quad \text{—————} \\
 M_b/M_k=4 & \quad \text{-----} \\
 M_b/M_k=6 & \quad \text{-.-.-.-.} \\
 \left| \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right| & \quad \text{.....}
 \end{aligned}$$

(a)



(b)



Şekil 5.14 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

5.3 Tabakanın Zeminden Daha Sert Olma Durumu İçin Sonuçlar

Burada analiz edilmiş sonuçlar tabakanın zeminden daha sert olma durumunu içermektedir. Tabakanın zeminden daha sert olduğu,

$$\alpha_1 = \frac{\beta_t}{\beta_k} = \frac{1}{4}$$

ve

$$\alpha_2 = \frac{\rho_t}{\rho_k} = \frac{1}{3}$$

varsayımlarıyla ifade edilmektedir.

Şekil 5.15(a)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon=2$, $t=a(\xi-1)$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ 'ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.15(b)' de, $r_1 = a$, $r_2 = a$ ξ , $\varepsilon=4$, $t=a(\xi-1)$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ 'ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte genliklerin $\Delta=1$ durumunda oluşan eğrinin çok altında olduğu ve bu nedenle de genliklerin birbirlerine çok yaklaştığı görülmektedir.

Şekil 5.16(a)' da, $r_1 = a$, $r_2=1.1a$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ 'ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.16(b)' de, $r_1 = a$, $r_2=1.3a$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ 'ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.16(c)' de, $r_1 = a$, $r_2=1.5a$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$, $M_b/M_k = 1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ 'ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu grafikte kütle farklılıklarının artmasıyla genliklerde azalma olduğu görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

$$\xi=1.1$$

—————

$$\xi=1.3$$

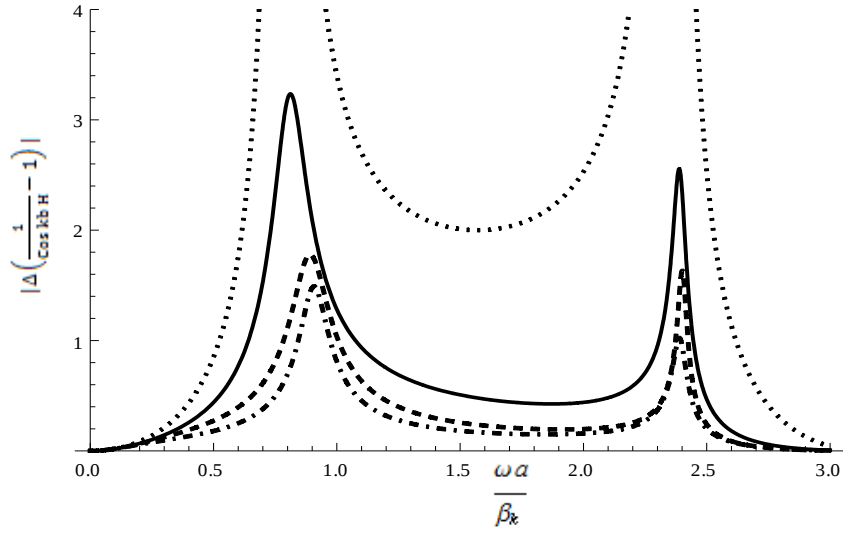
$$\xi=1.5$$

- . - . - . - .

$$\left| \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right|$$

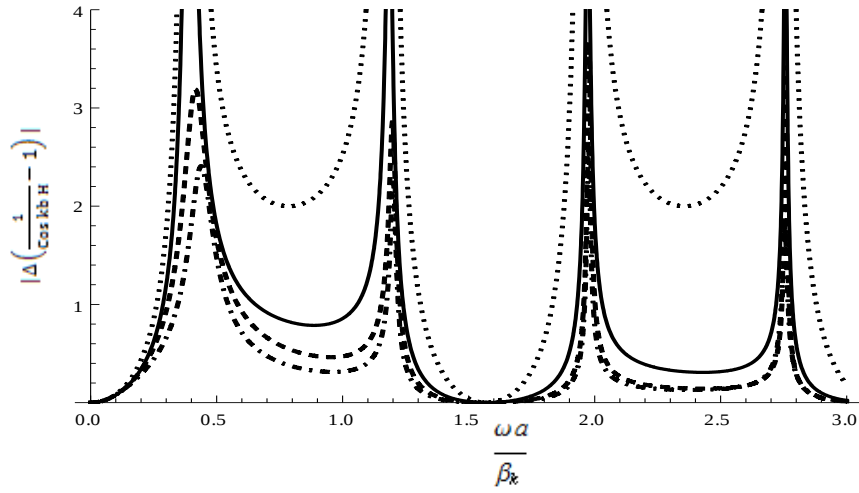
.....

(a)



$\epsilon=2$

(b)



$\epsilon=4$

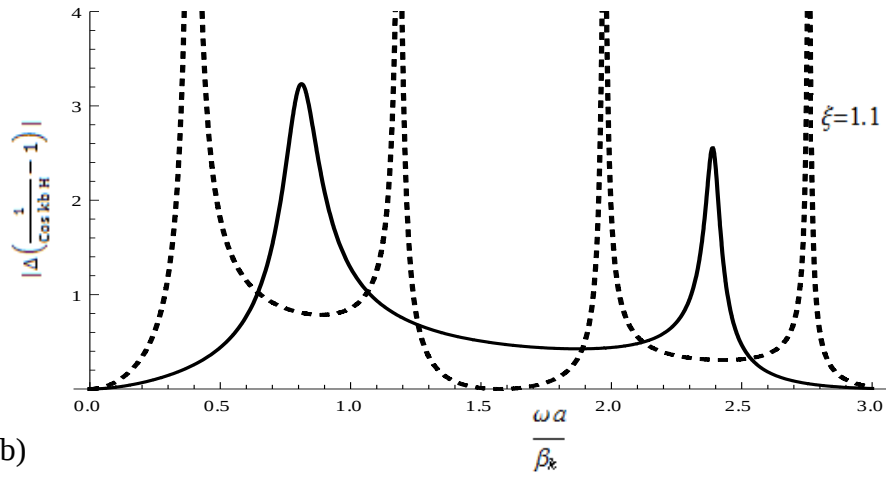
Şekil 5.15 : Farklı ϵ Değerlerinde ξ Değişiminin Genliğe Etkisi

r_1	r_2	b	t	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1	1

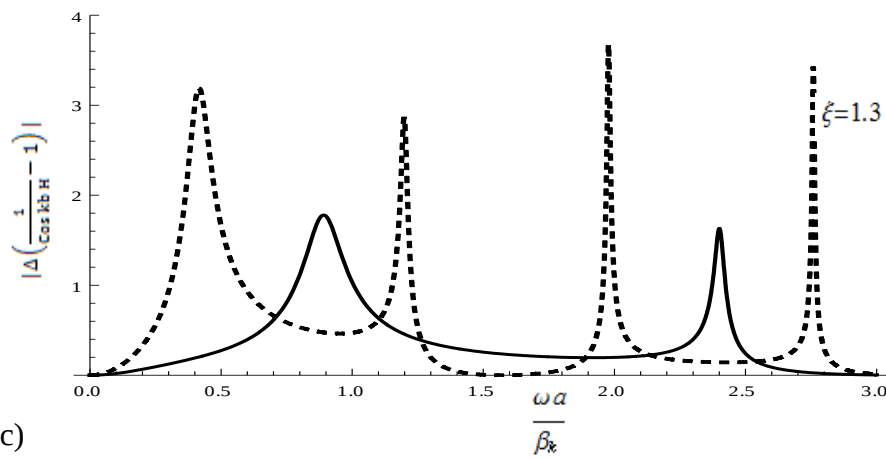
$\epsilon=2$ —————

$\epsilon=4$ - - - - -

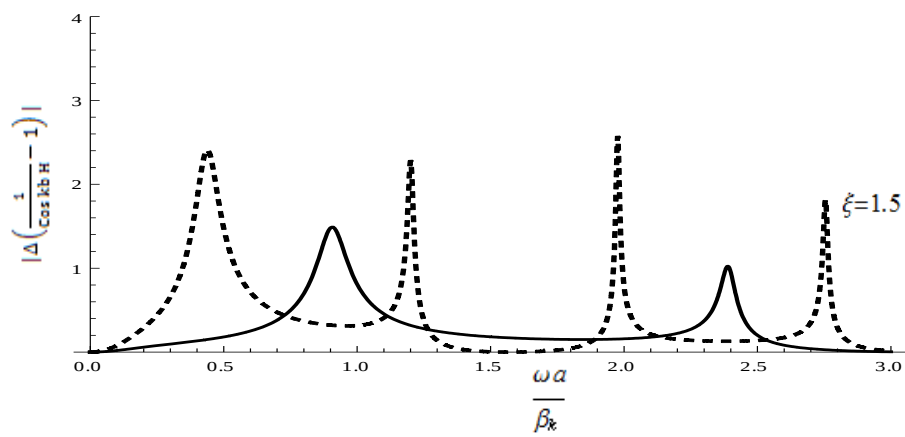
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.16 : Farklı ξ Değerlerinde ϵ Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.17(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.17(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.17(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.18(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.18(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

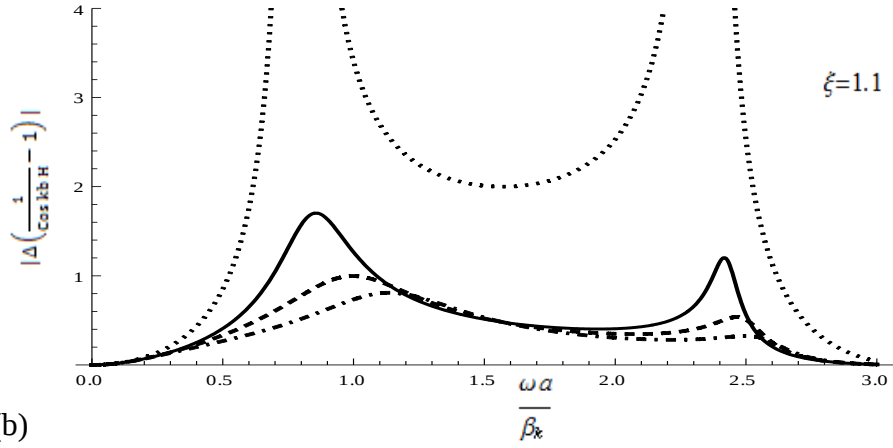
Şekil 5.18(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=1$, için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu iki grafikte ϵ değerinin artması ile genliklerin arttığı görülmekte fakat tabaka kalınlığının artması durumuna göre kütle farklılıklarından dolayı oluşan genliklerin azaldığı görülmektedir.

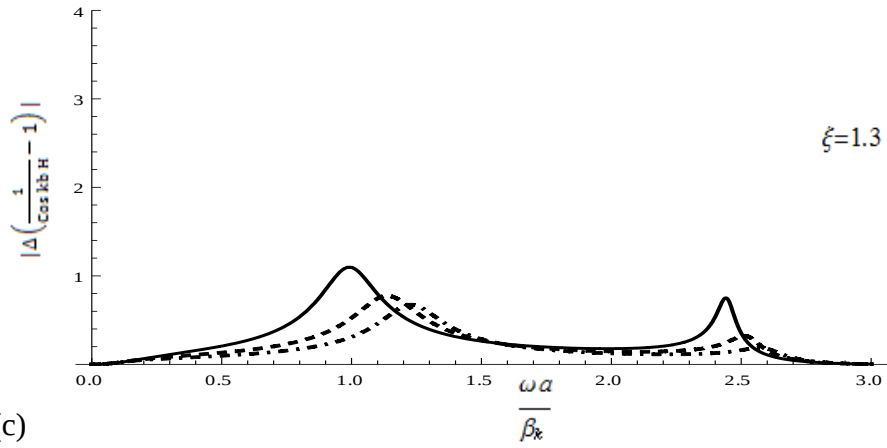
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	2

$M_b/M_k=2$ —————
 $M_b/M_k=4$ - - - - -
 $M_b/M_k=6$ - . - . - .
 $|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

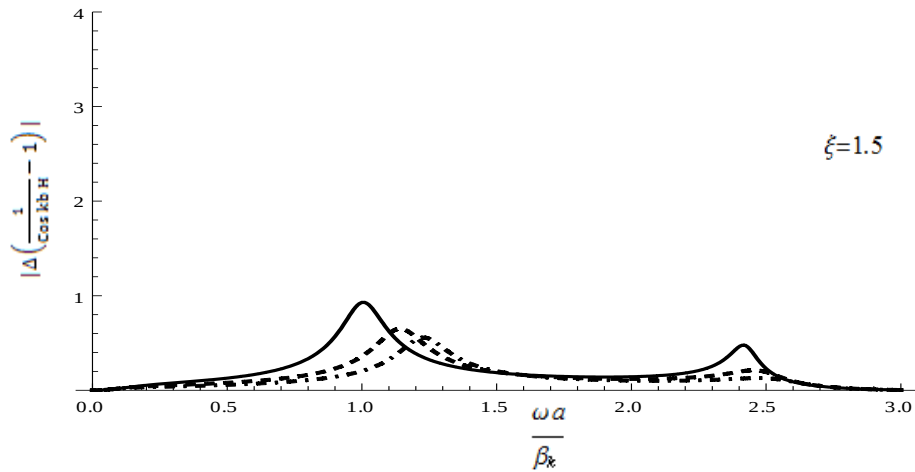
(a)



(b)



(c)

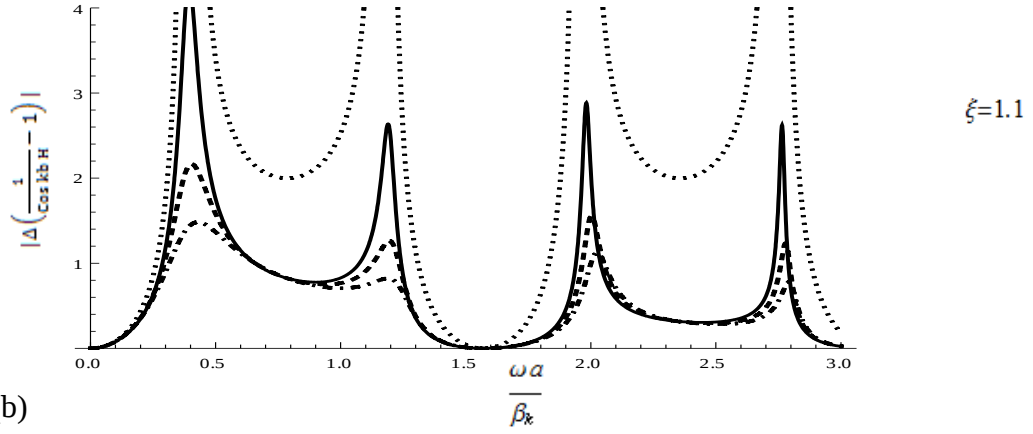


Şekil 5.17 : Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

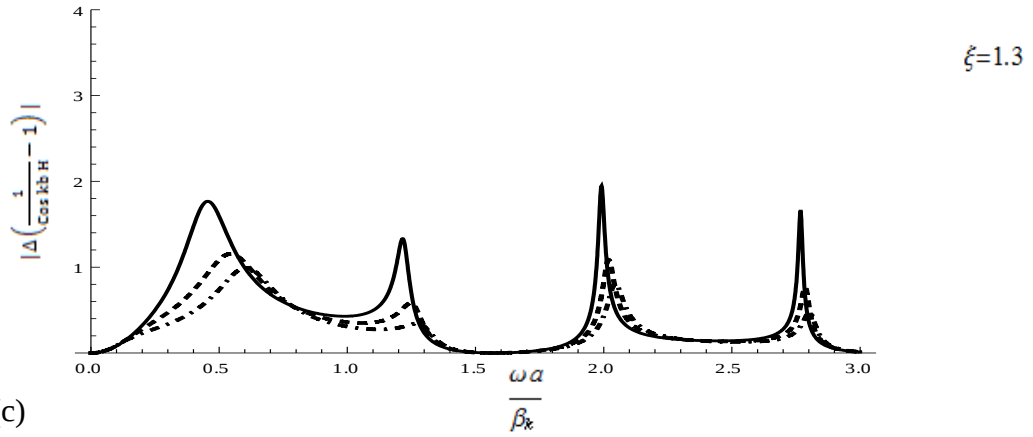
r_1	r_2	b	t	ϵ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	4

$M_b/M_k=2$ —————
 $M_b/M_k=4$ - - - - -
 $M_b/M_k=6$ - . - . - .
 $|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$

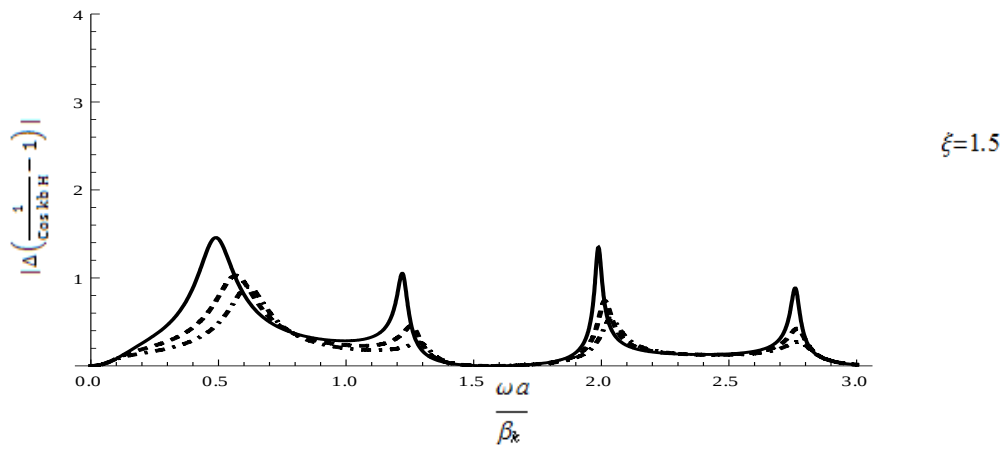
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.18 : Farklı ξ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

Şekil 5.19a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir..

Şekil 5.19(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.20(a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.20(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.21(a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

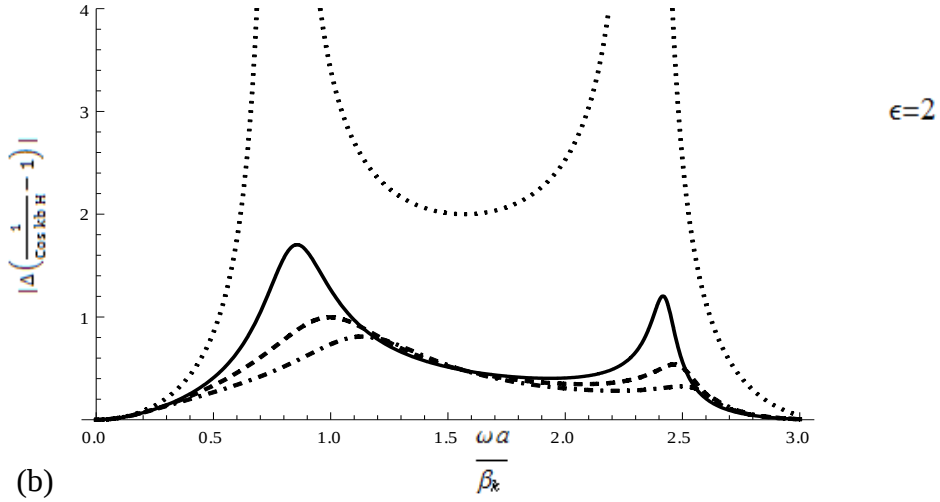
Şekil 5.21(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $\alpha_1=1/4$, $\alpha_2=1/3$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu üç grafikte kütle farklarının ve tabaka kalınlığının artması durumlarında genliğin azaldığı görülmektedir.

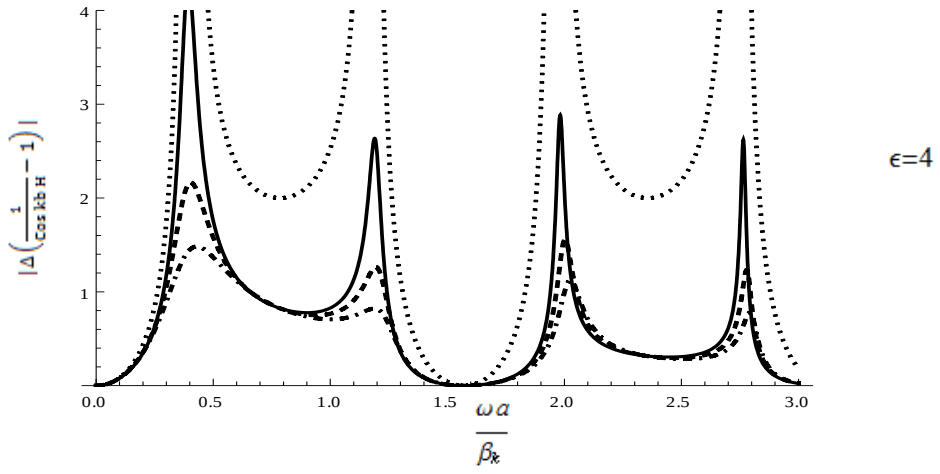
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.1

$M_b/M_k=2$	—
$M_b/M_k=4$	- - -
$M_b/M_k=6$	- . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)

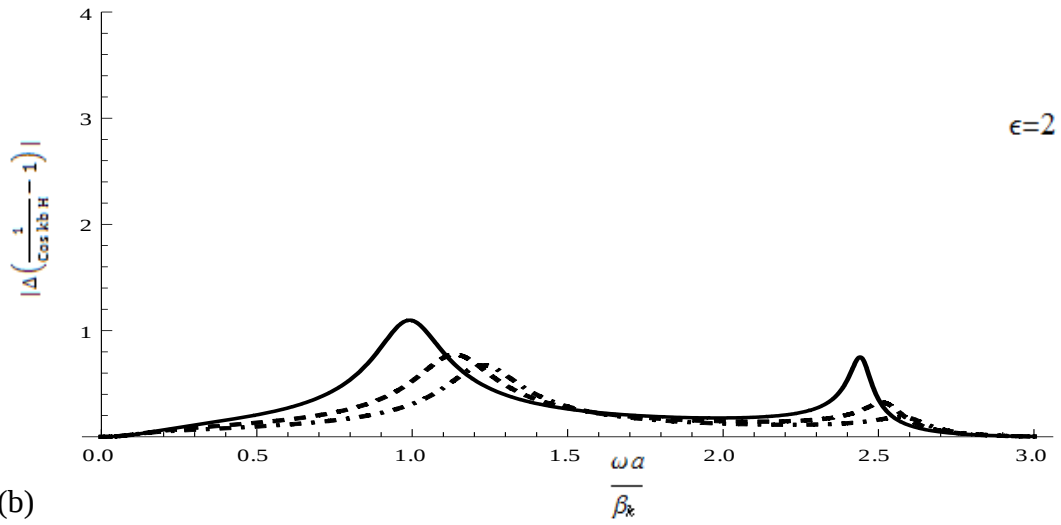


Şekil 5.19 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

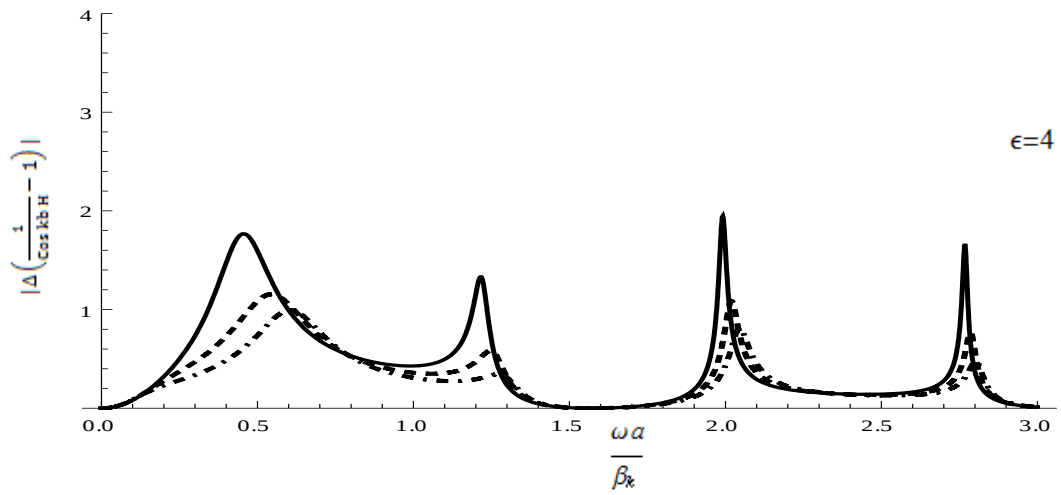
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.3

$M_b/M_k=2$	—
$M_b/M_k=4$	- - -
$M_b/M_k=6$	- . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)

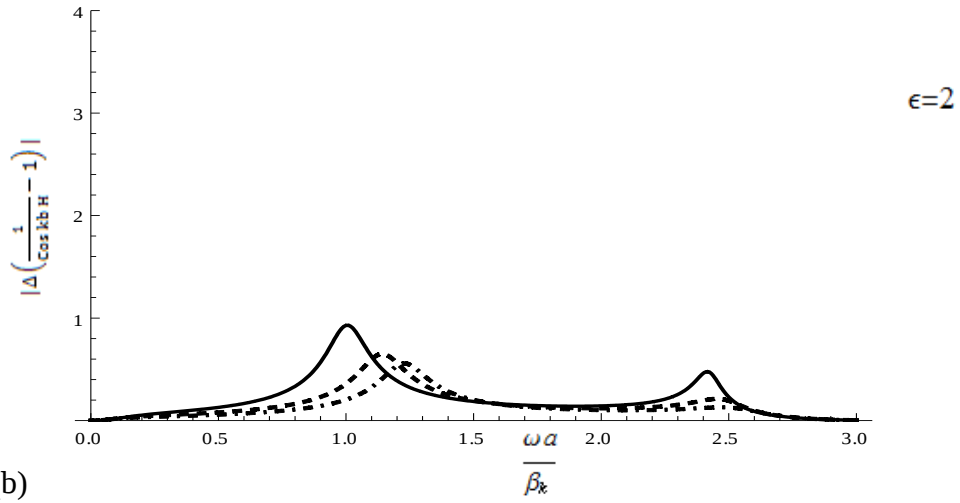


Şekil 5.20: Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

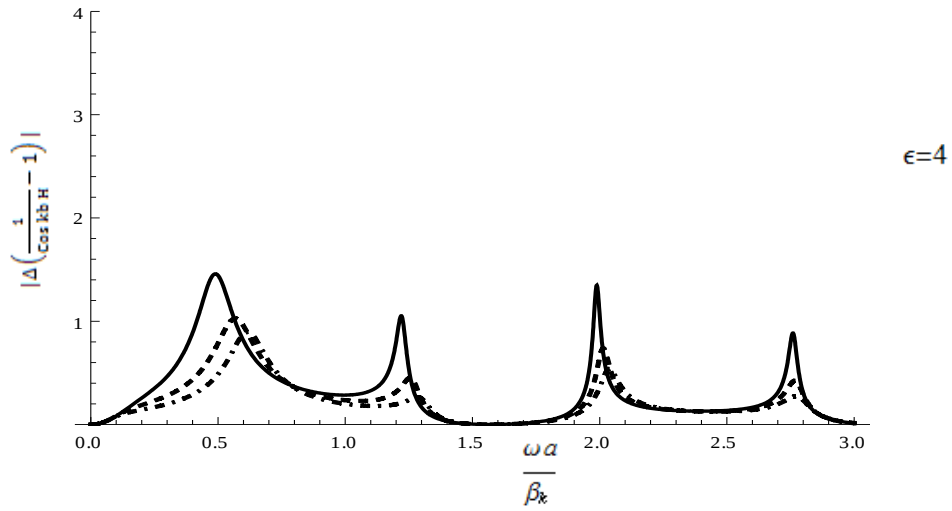
r_1	r_2	b	t	ξ
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	1.5

$M_b/M_k=2$	—————
$M_b/M_k=4$	-----
$M_b/M_k=6$	- . - . - . - .
$ \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right) $	

(a)



(b)



Şekil 5.21 : Farklı ϵ Değerlerinde M_b/M_k Değişiminin Genliğe Etkisi

5.4 Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

Burada analiz edilmiş sonuçlar tabakanın zeminden daha esnek, zemin ile eşit rijitlikte ve zeminden daha sert olma durumlarının karşılaştırılmalarını içermektedir.

Şekil 5.22(a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.22(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.23(a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.23(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.24(a)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.24(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu üç grafikte tabaka kalınlığının artması ile genliklerin birbirlerine yaklaştığı ve azaldığı görülmektedir. Esnek tabakanın diğer tabaka koşullarına göre daha fazla genliğe sahip olduğu görülmüş ve $\Delta=1$ konumuna yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tabaka kalınlığının artması ile rezonans bölgesinin genişlediği fark edilmiştir.

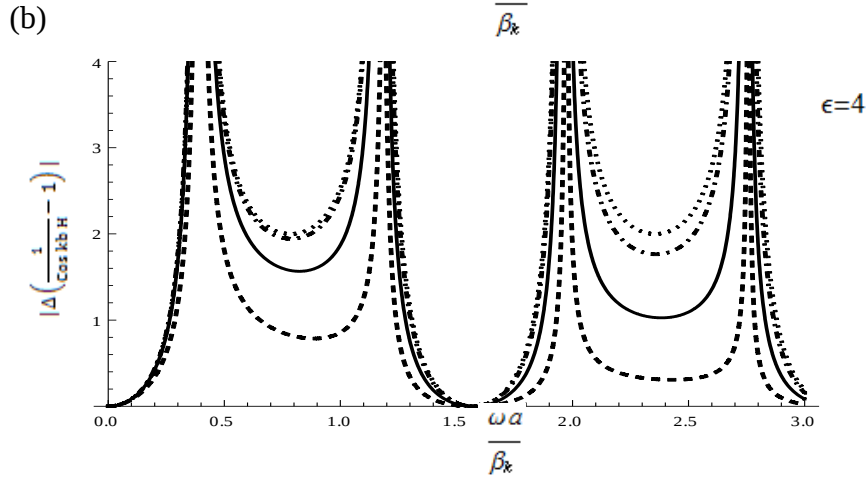
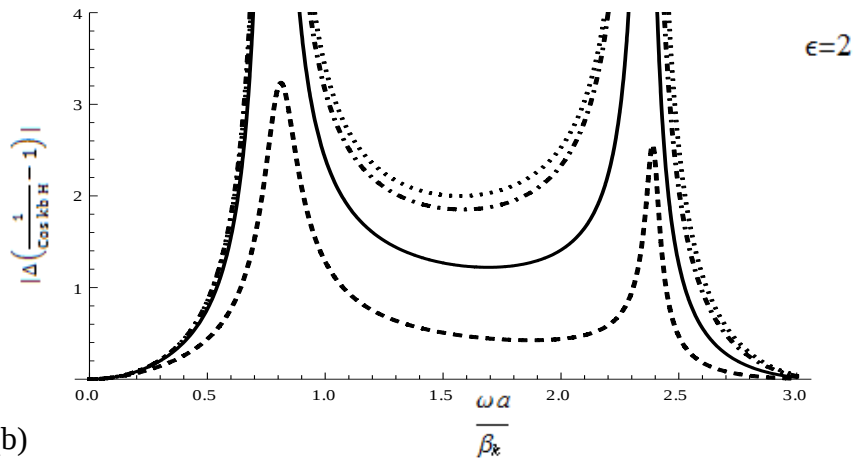
r_1	r_2	b	t	ξ	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$1.1a$	$0.1a$	1.1	1	1

Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (a)



Şekil 5.22 : Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

r_1	r_2	b	t	ξ	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$1.3a$	$0.3a$	1.3	1	1

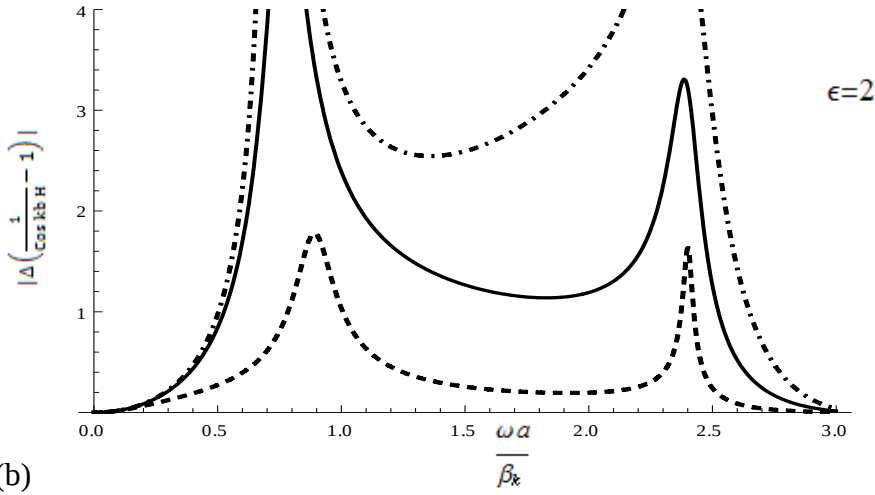
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

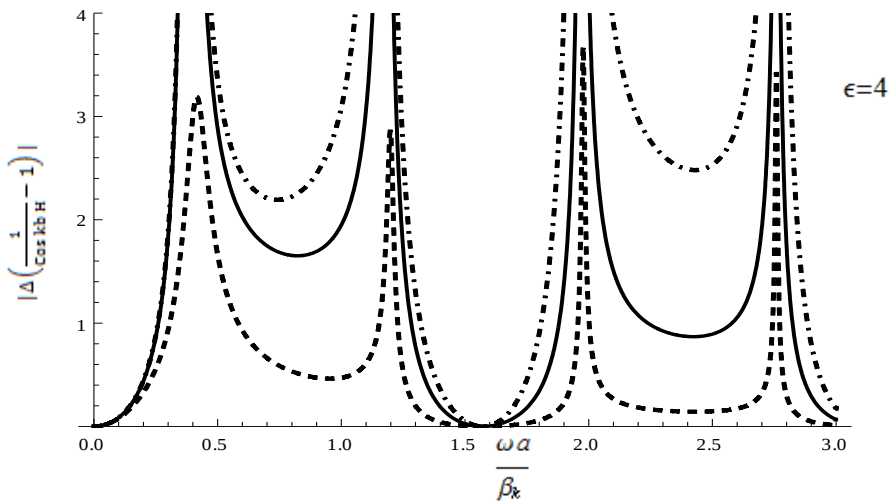
Zeminden daha esnek tabaka -

$\left| \Delta \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right|$
.....

(a)



(b)



Şekil 5.23 : Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

r_1	r_2	b	t	ξ	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$1.5a$	$0.5a$	1.5	1	1

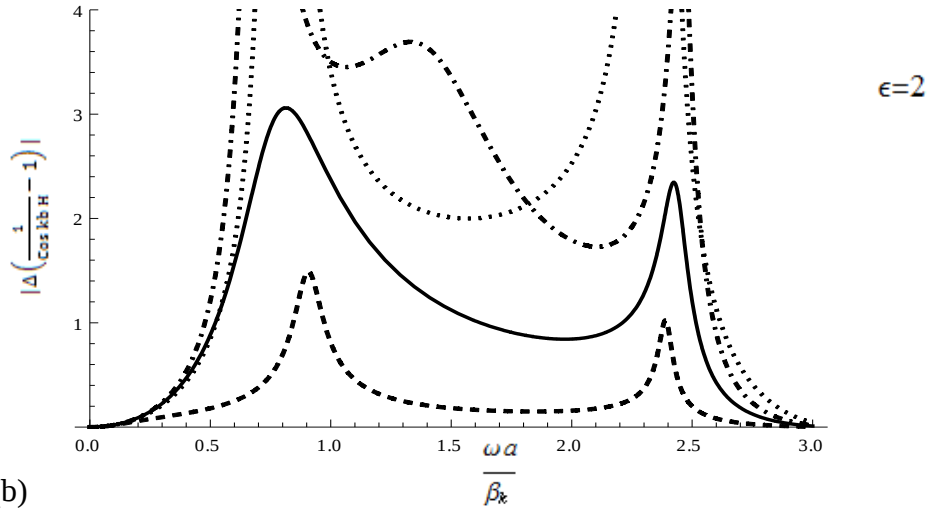
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

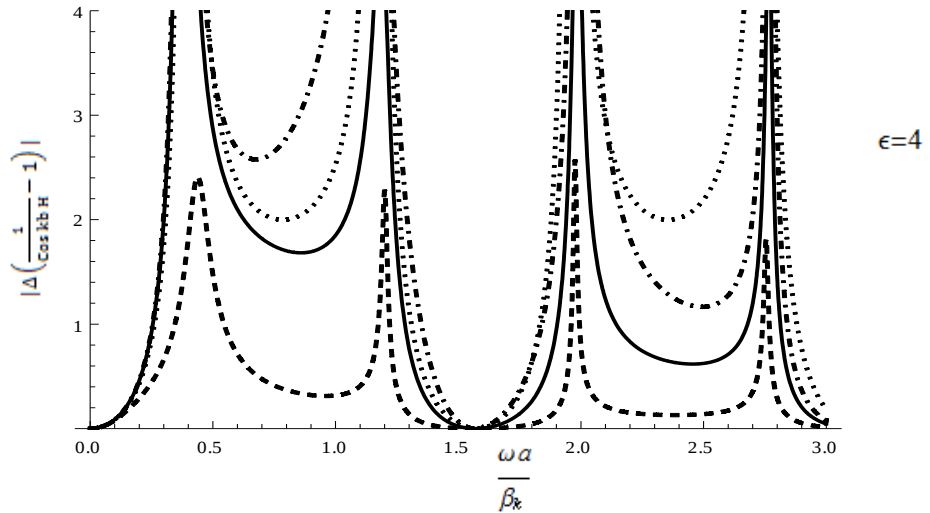
Zeminden daha esnek tabaka -

$|\left(\frac{1}{\cos kbH} - 1\right)|$ (Note: The original image has a dotted line for this expression, but it is not explicitly defined in the legend. It likely represents a reference or a specific case.)

(a)



(b)



Şekil 5.24 : Farklı ϵ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

Şekil 5.25(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.25(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.25(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Tabaka kalınlığının azalması ile genlikler arasındaki düzensizliğin azaldığı görülmüştür.

Şekil 5.26(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.26(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.26(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=1$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin ω/β_k ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu iki grafikte tabaka kalınlığının artması ile genliklerin azaldığı fakat genlikleride oluşan düzensizliklerin belirginleştiği görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	ϵ	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	$a \xi$	$a(\xi-1)$	2	1	1

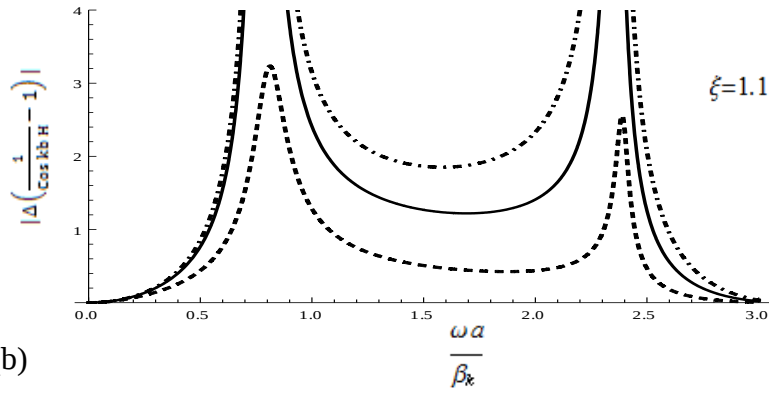
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

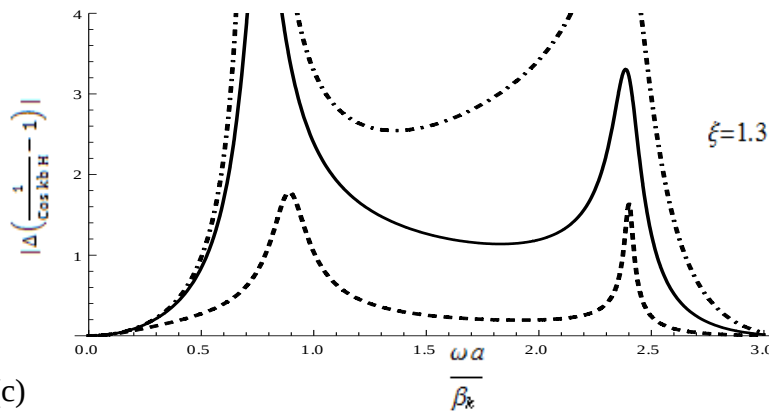
Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (Note: The original image has a typo here, it should be $|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$)

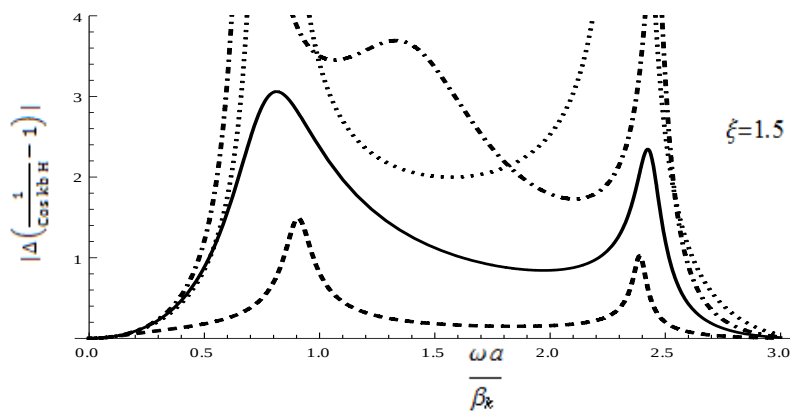
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.25 : Farklı ξ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

r_1	r_2	b	t	ϵ	M_b/M_k	M_0/M_k
a	b	a ξ	a($\xi-1$)	4	1	1

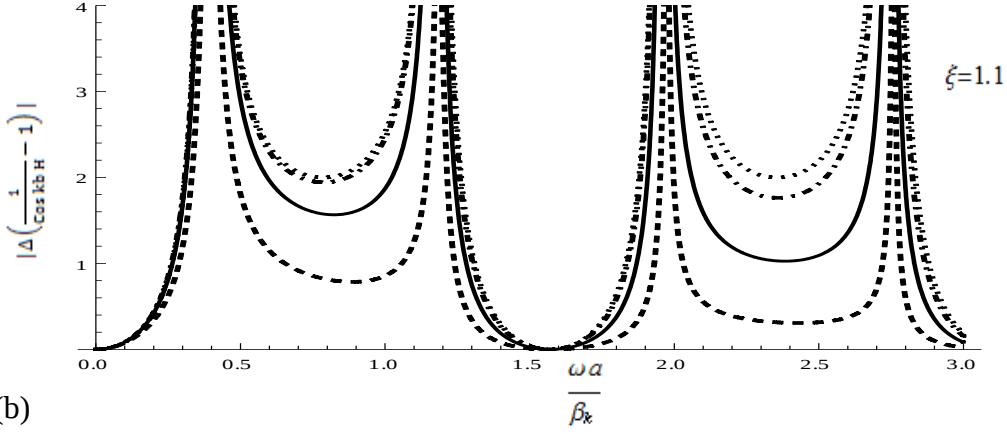
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

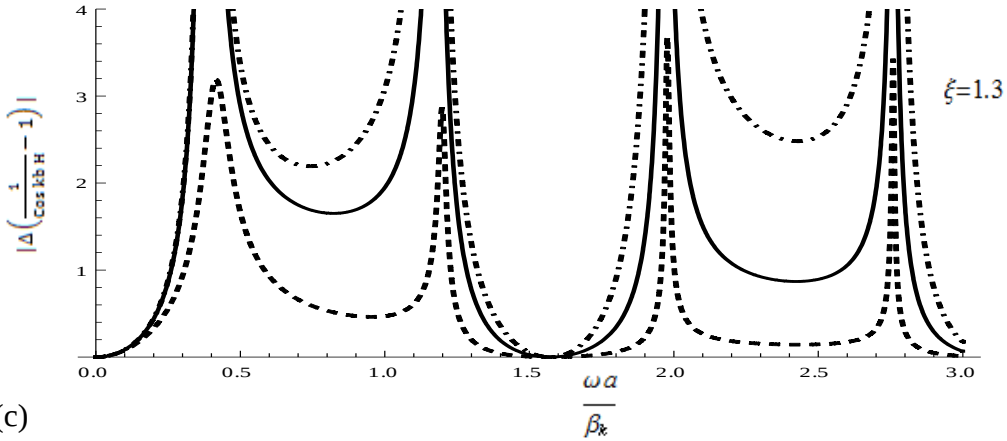
Zeminden daha esnek tabaka -

$\left| \left(\frac{1}{\cos kbH} - 1 \right) \right|$ (dotted line)

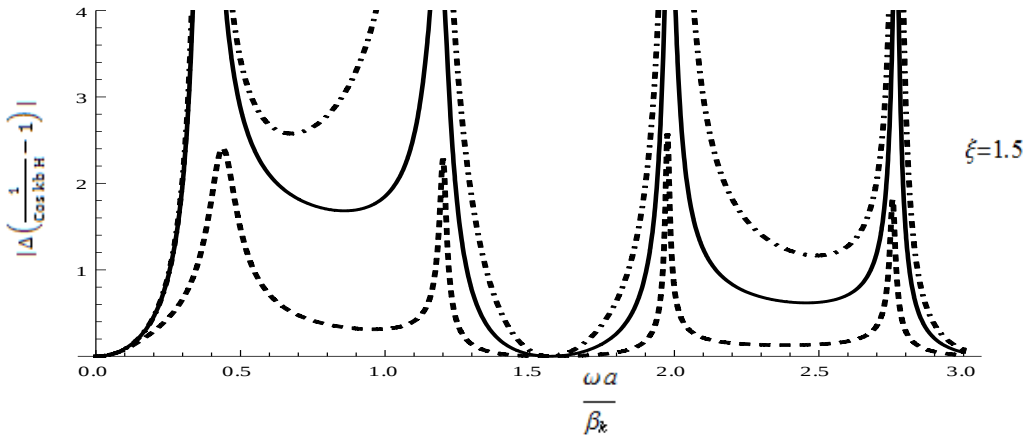
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.26 : Farklı ξ Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

Şekil 5.27(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.27(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.27(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.28(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.28(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.28(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.29(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.29(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.29(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=2$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu üç grafikte $\epsilon=2$ değeri için tabaka kalınlığının artması ile genliklerdeki azalma görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	1.1a	0.1a	1.1a	2	1

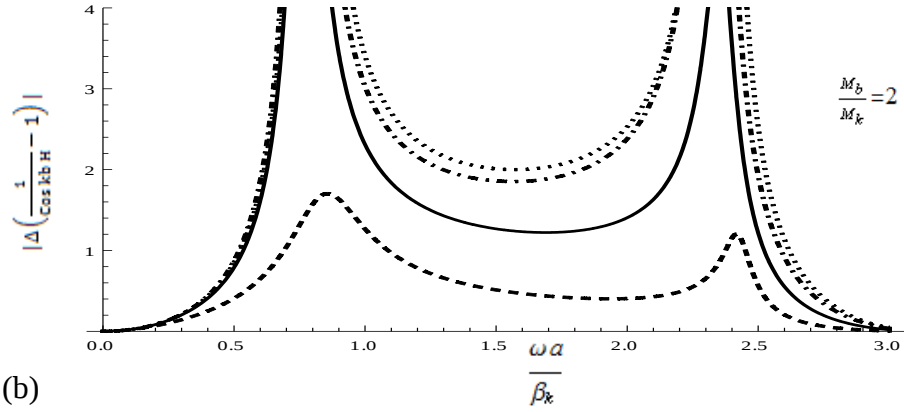
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

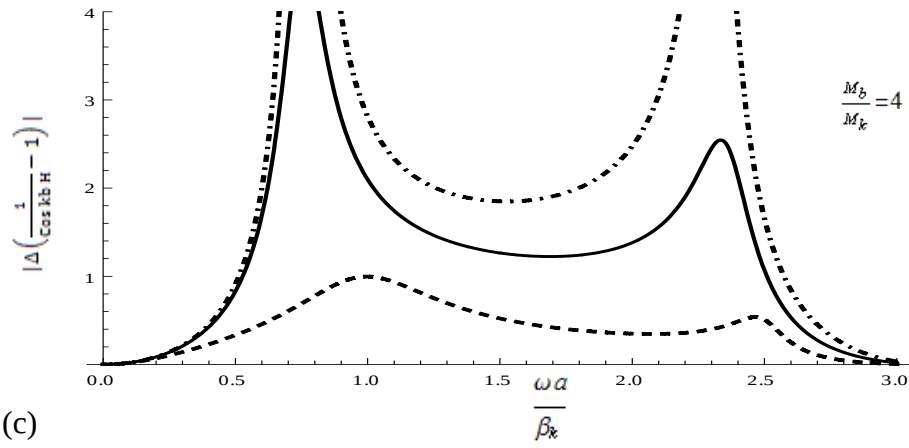
Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (dotted line)

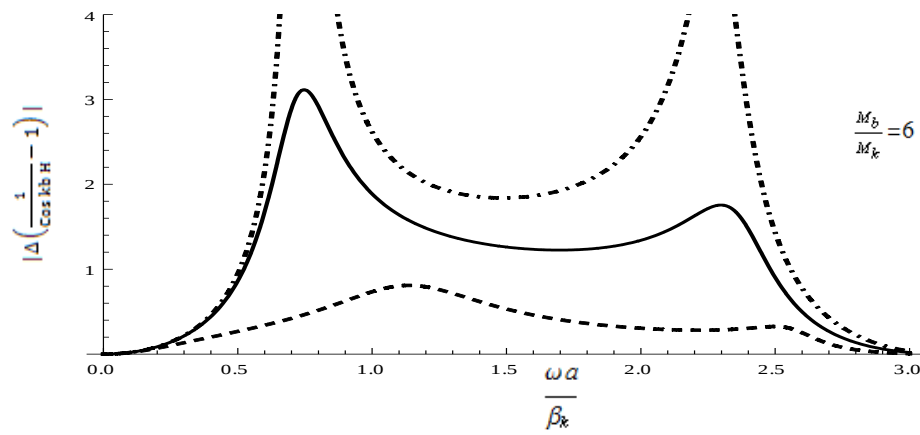
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.27 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	$1.3a$	$0.3a$	$1.3a$	2	1

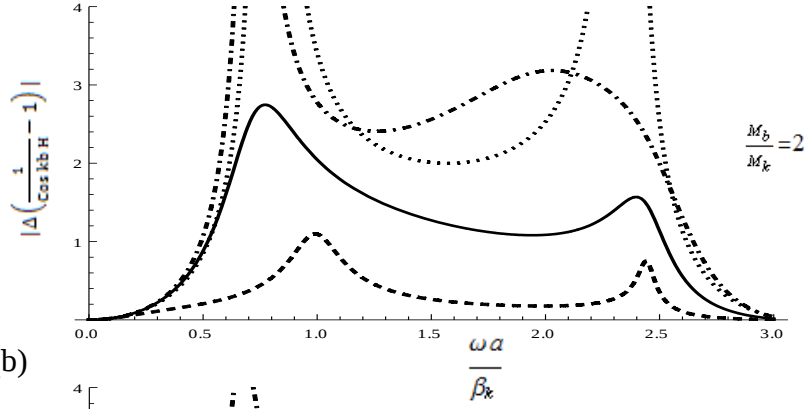
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

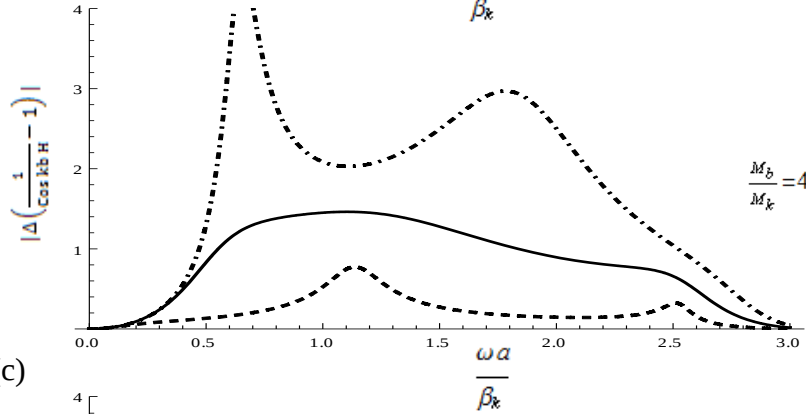
Zeminden daha esnek tabaka - . . . - . . .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (dotted line)

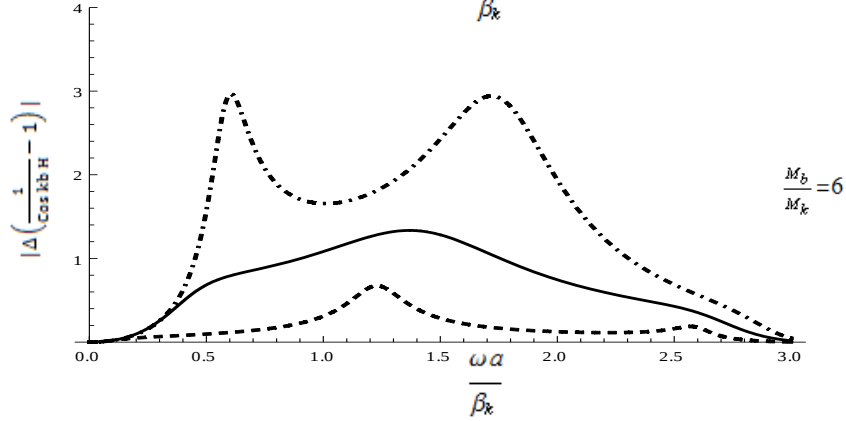
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.28 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

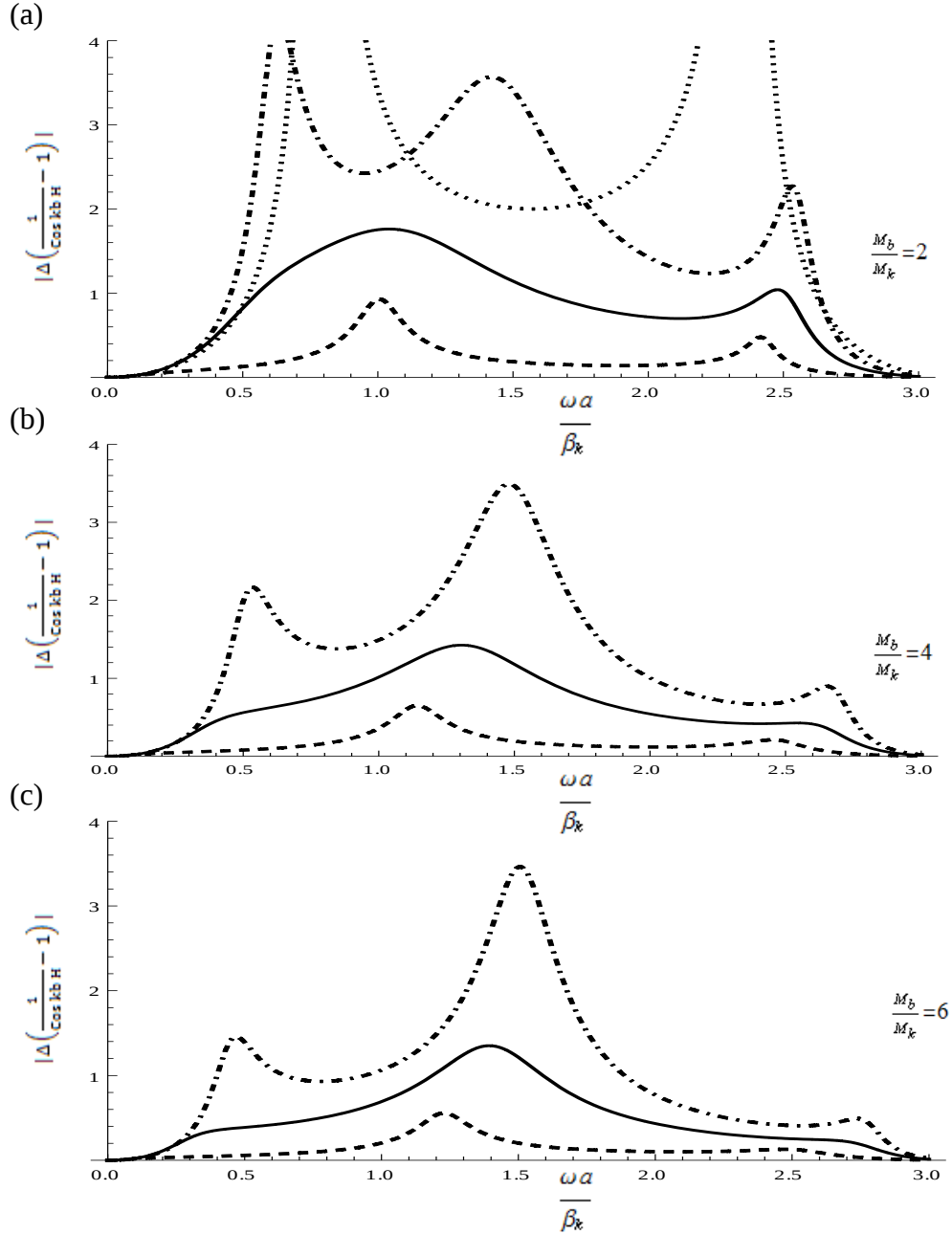
r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	$1.5a$	$0.5a$	$1.5a$	2	1

Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (dotted line)



Şekil 5.29 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

Şekil 5.30(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.30(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.30(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.1a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.1$, $t=0.1a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.31(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.31(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.31(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.3a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.3$, $t=0.3a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.32(a)' da, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=2$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.32(b)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=4$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 5.32(c)' de, $r_1=a$, $r_2=1.5a$, $\epsilon=4$, $\xi=1.5$, $t=0.5a$, $M_b/M_k=6$, $M_0/M_k=1$ için $|\Delta|$ genliğinin $\omega a/\beta_k$ ' ya göre değişimi gösterilmektedir.

Bu üç grafikte $\epsilon=4$ değeri için tabaka kalınlığının artması ile genliklerdeki azalma görülmektedir.

r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	1.1a	0.1a	1.1a	4	1

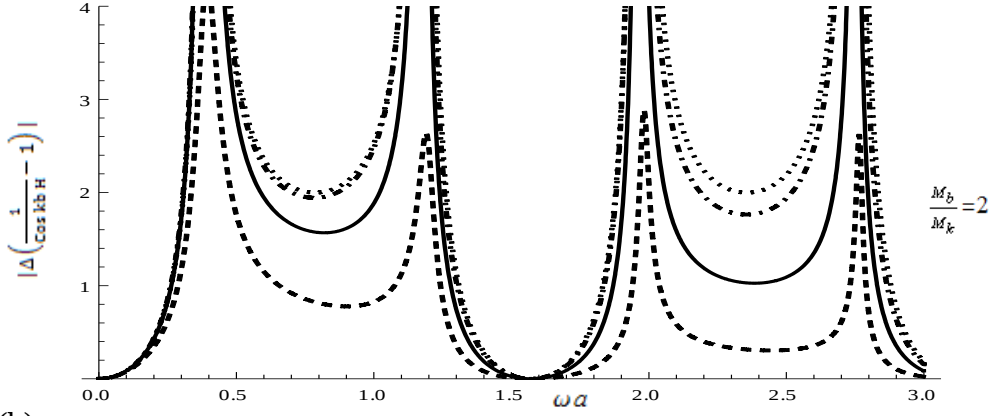
Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

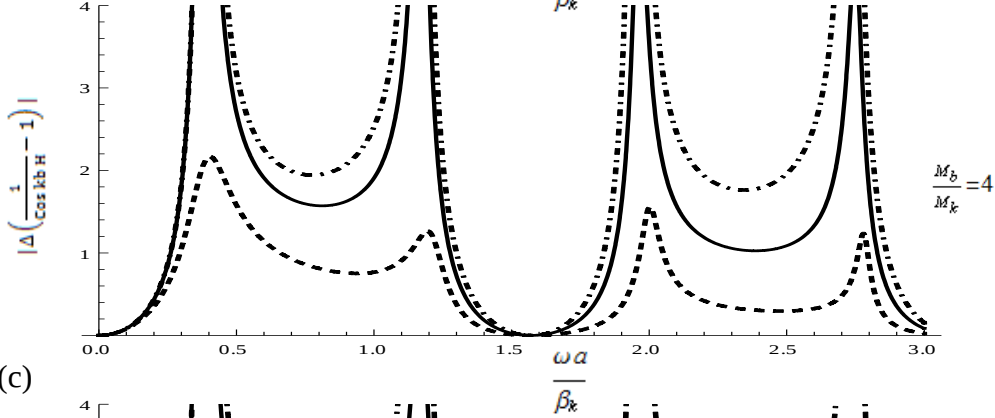
Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (dotted line)

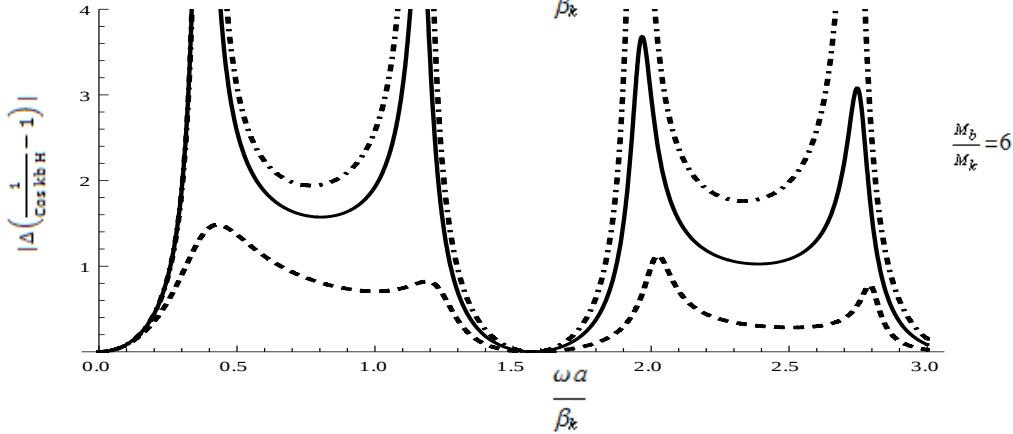
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.30 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

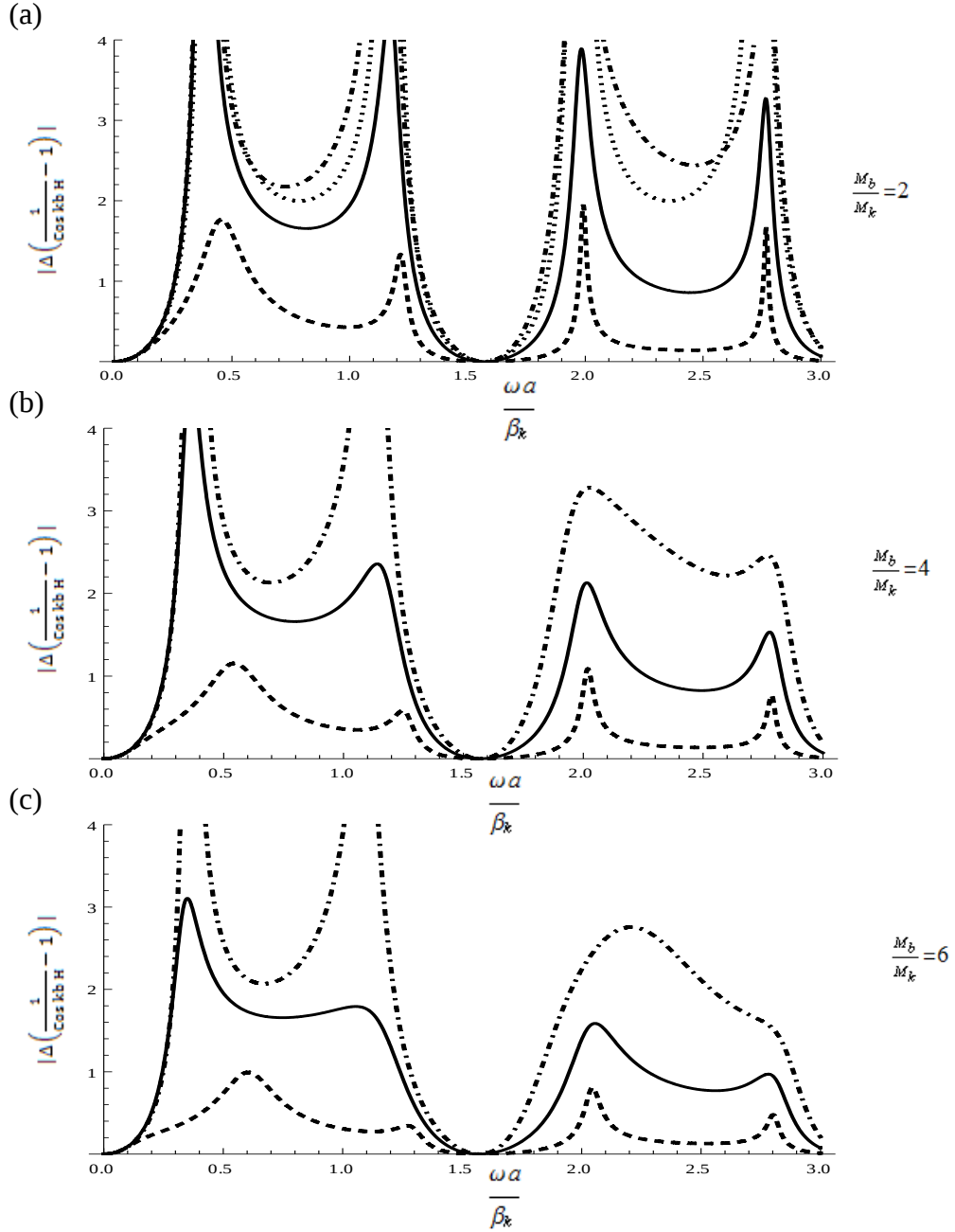
r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	$1.3a$	$0.3a$	$1.3a$	4	1

Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

Zeminden daha esnek tabaka -

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (Note: The original image has a dotted line for this expression, but it is not explicitly defined in the legend. It likely represents a fourth case or a specific boundary condition.)



Şekil 5.31 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

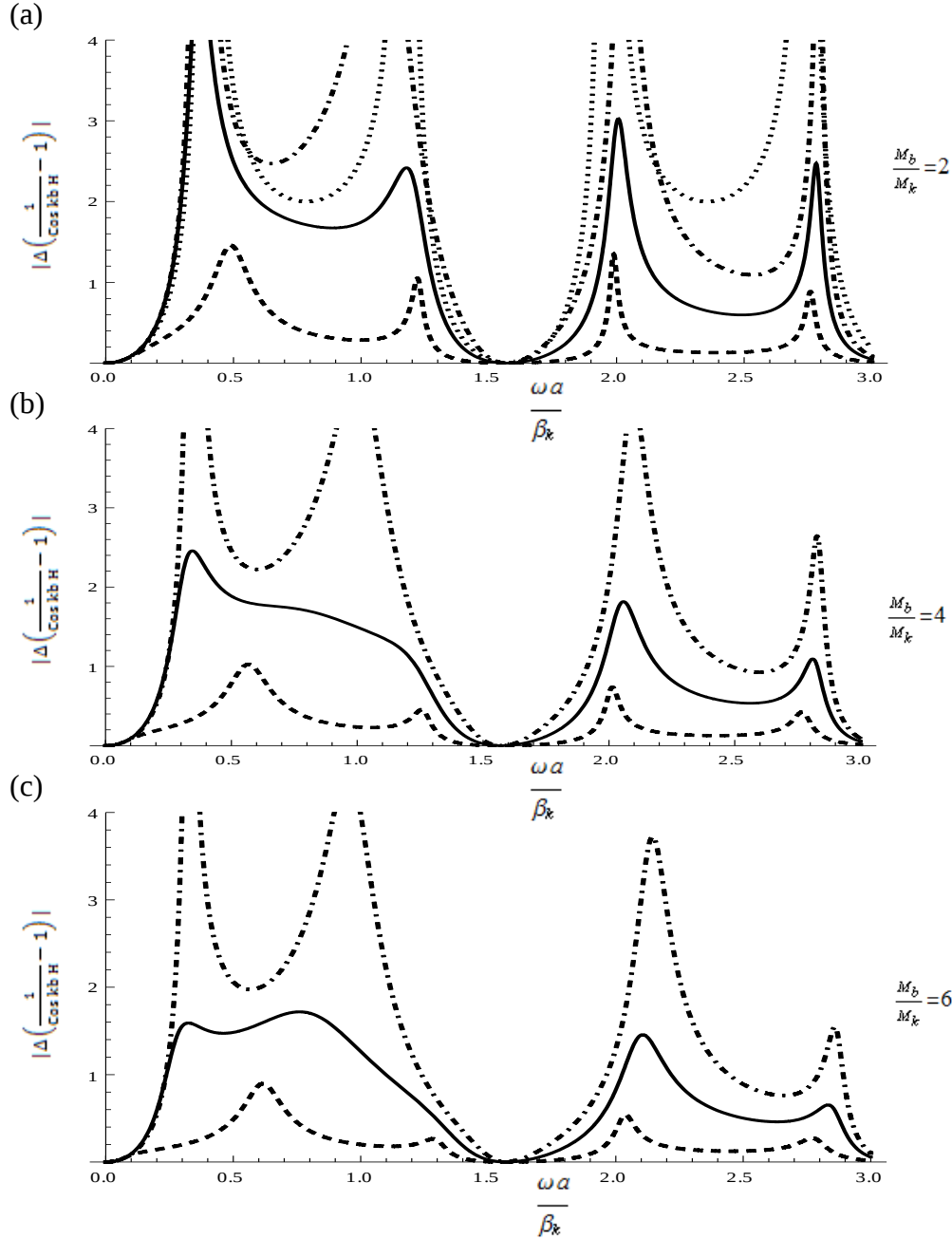
r_1	r_2	b	t	ξ	ϵ	M_0/M_k
a	b	1.5a	0.5a	1.5a	4	1

Zemin ile eşit rijitlikteki tabaka —————

Zeminden daha sert tabaka - - - - -

Zeminden daha esnek tabaka - . - . - .

$|\Delta(\frac{1}{\cos kbH} - 1)|$ (Note: The original image shows a dotted line for this expression, but the legend above it shows a dotted line for the 'Zeminden daha esnek tabaka' case. The expression itself is shown in blue in the plots.)



Şekil 5.32 : Farklı M_b/M_k Değerlerinde Tabakanın Zeminden Daha Esnek, Zemin ile Eşit Rijitlikte ve Zeminden Daha Sert Olma Durumlarının Karşılaştırılması

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapının, zeminin ve temele yapışık olan tabakanın farklı özelliklerine göre uygulanan analizler neticesinde, tabakanın zeminden daha esnek olması durumunda yapının genliği tabakanın zemin ile eşit rijitlikte olması durumundaki yapının genliğinden daha büyük olmaktadır. Tabakanın zeminden daha sert rijitlikte olduğu durumlarda ise yapının genliği azalmaktadır.

Yapının genliği, tabakanın zeminden daha esnek, zemin ile eşit rijitlikte ve zeminden daha sert olması durumlarında incelendiğinde, zeminden daha esnek olan tabakanın yapıda oluşturduğu genlik en yüksek çıkarken, zemin ile eşit rijitlikte olan tabakanın genliği daha az çıkmakta ve zeminden daha sert olan tabakanın genliği ise en az çıkmaktadır. Ele alınan problem geometrik açıdan basit olmasına karşın elde edilen sonuçlar açısından oldukça önemlidir. Bu sonuçlardan en önemlisi, lokal olarak esnek zeminler üzerinde bulunan yapılar daha sert zeminlere göre daha fazla enerji çekmekte ve etkilenmektedirler. Bu durum temel genliklerinin karşılaştırılmasından anlaşılabilir. Bu nedenle yapının fazla genlikten dolayı iç deplasmanlar oluşturmaması ve rezonans gibi özel durumlara girmemesi ve de yapı ömrünün uzun kalması amacıyla zeminden daha sert bir tabakanın kullanılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında ele alınan problemin literatürdeki problemlere göre daha zor olması ve elde edilen sonuçların yapının fiziksel davranışı ile ilgili önemli bilgiler vermesinden dolayı, ileride farklı geometriye sahip yapılar için uygulanacak olan sayısal yöntemlere öncülük edebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Graff, K.**, 1991. Wave Motion in Elastic Solids, Dover Publications, Inc, New York.
- [2] **Pao, Y. H., Mow, C. C.**, 1973. Diffraction of Elastic Waves and Dynamic Stress Concentrations, Crane, Russak and Co. Inc., New York.
- [3] **Lee, V. W., Trifunac M. D.**, 1979. Response of Tunnels to Incident SH Waves, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE* **Vol. 105-4**, 643-659.
- [4] **Lee, V. W.**, 1977. On Deformations Near Circular Underground Cavity Subjected to Incident SH Waves, Proceedings of the Applications of Computer Methods in Engineering Conference, Vol. II, University of Southern California, Los Angeles, Calif., 951-962.
- [5] **Lee, V. W., Manoogain, M. E.**, 1996. Diffraction of SH Waves by Subsurface Inclusions, *Journal of Engineering Mechanics*, **Vol. 122-2**, 123-128
- [6] **Gregory, R. D.**, 1967. An Expansion Theorem Applicable to Problems of Wave Propagation in an Elastic Half-Space, Proc., Camb. Philos Soc., Vol. 63, 1341-1367.
- [7] **Gregory, R. D.**, 1970. The Propagation of Waves in an Elastic Half-Space Containing a Circular Cylindrical Cavity, Proc., Camb. Philos Soc., Vol. 67, 689-710
- [8] **Datta, S. K.**, 1978. Scattering of Elastic Waves, Mech. Today, Vol. 4, 149-208.
- [9] **Housner, G. W.**, 1954. Effect of Foundation Compliance of Earthquake Stresses in Multistory Buildings, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **44**, 551-569.
- [10] **Housner, G. W.**, 1957. Interaction of Building and Ground During an Earthquake, *Bulletin of Seismological Society of America*, **47**, 179-186.
- [11] **Luco, J. E.**, 1969. Dynamic Interaction of a Shear Wall with the Soil, *J. Eng. Mech. Division, ASCE*, **95**, 333-346.
- [12] **Trifunac, M. D.**, 1972. Interaction of a Shear Wall with the Soil for Incident Plane SH-Waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **62-1**, 63-83.
- [13] **Duke, C. M., J.E. Luco, A. R. Carriveau, P. J. Hradilek, R. Lastricp and D. Ostrom**, 1970. Strong Earthquake Motion and Site Conditions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **60**, 1271-1289.
- [14] **Luco J.E.**, 1994. Seismic Response of a Cylindrical-Shell Embedded in a Layered Viscoelastic Half-Space, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **23**, 553-567.

- [15] **Hasheminejad S. M., Rajabi M.**, 2008. Effect of FGM Core on Dynamic Response of a Buried Sandwich Cylindrical Shell in Poroelastic Soil to Harmonic Body Waves, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, **85**, 762-771.
- [16] **Hayır. A.**, 2009. Dynamic Response of the Long Channel Resting on the Soil and Excited by SH Waves, *Structures 2009 : Don' t Mess with Structural Engineers*, ASCE, Texas, USA, 2625-2630.

EKLER

EK 1 : $a_n, b_n, c_n, d_n, e_n, g_n$ katsayıları

EK 1

a_n, b_n, g_n ve e_n katsayıları $n=0, 1, 2, 3, \dots$ için hesaplanmıştır. c_n ve d_n katsayıları ise $n=1, 2, 3, \dots$ için hesaplanmıştır.

$$a_n = - \left\{ 2 (-1)^n \cos(2n\gamma) \left[k \alpha \left[J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b) \right] H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \right. \\ \left. \left. - k_k J_{2n}(k b) H_{2n-1}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) + k_k J_{2n}(k b) H_{2n+1}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \right. \\ \left. \left. - k \alpha J_{2n-1}(k b) H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) + k \alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) \right. \right. \\ \left. \left. + k_k J_{2n}(k b) H_{2n}^1(k_k a) H_{2n-1}^2(k_k b) - k_k J_{2n}(k b) H_{2n}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k_k b) \right] \right\} / \\ \left\{ -k_k H_{2n-1}^1(k_k b) H_{2n}^2(k b) H_{2n}^2(k_k a) + k_k H_{2n+1}^1(k_k b) H_{2n}^2(k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \\ \left. + k \alpha H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) H_{2n-1}^2(k b) - k \alpha H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) H_{2n-1}^2(k b) \right. \\ \left. + k_k H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) H_{2n-1}^2(k_k b) - k \alpha H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) H_{2n+1}^2(k b) \right. \\ \left. + k \alpha H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) H_{2n+1}^2(k b) - k_k H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k b) \right\}$$

$$b_n = \left\{ 2 (-1)^n k_k \alpha \cos(2n\gamma) H_{2n}^1(k_k a) \left[J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b) \right] H_{2n}^2(k b) \right. \\ \left. + J_{2n}(k b) \left[-H_{2n-1}^2(k b) + H_{2n+1}^2(k b) \right] \left[H_{2n}^2(k_k b) - H_{2n+2}^2(k_k b) \right] / \right. \\ \left\{ -k_k \left[H_{2n-1}^1(k_k b) - H_{2n+1}^1(k_k b) \right] H_{2n}^2(k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \\ \left. + k \alpha H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) \left[H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b) \right] \right. \\ \left. - k \alpha H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) \left[H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b) \right] \right. \\ \left. + k_k H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) \left[H_{2n-1}^2(k_k b) - H_{2n+1}^2(k_k b) \right] + i \left[J_{2n}(k b) - J_{2n+2}(k b) \right] \sin(\gamma + 2n\gamma) \right. \\ \left. - i k_k H_{2n}^1(k_k b) - H_{2n+2}^1(k_k b) \right] H_{2n+1}^2(k_k a) \left[\alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n}^2(k b) \right. \\ \left. + \left[-J_{2n}(k b) + J_{2n+2}(k b) \right] H_{2n+1}^2(k b) - \alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n+2}^2(k b) \right] \sin(\gamma + 2n\gamma) / \\ \left\{ 2 H_{2n}^1(k_k a) H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k b) - k_k \left[H_{2n}^1(k_k b) - H_{2n+2}^1(k_k b) \right] \right. \\ \left. H_{2n+1}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k a) + k \alpha H_{2n+1}^1(k_k b) H_{2n+1}^2(k_k a) \left[H_{2n}^2(k b) - H_{2n+2}^2(k b) \right] \right. \\ \left. \left. - k \alpha H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k_k b) \left[H_{2n}^2(k b) - H_{2n+2}^2(k b) \right] \right\} \right\} / \alpha \left[H_{2n}^2(k b) - H_{2n+2}^2(k b) \right]$$

$$\begin{aligned}
c_n = & -\{H_{2n}^2(k_k a) [(-1)^n k \alpha [J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b)] \cos(2n\gamma) H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) \\
& - (-1)^n k \alpha J_{2n}(k b) \cos(2n\gamma) H_{2n}^1(k_k a) [H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b)]\} / \\
& \left\{ H_{2n}^1(k_k a) \left[-\frac{1}{2} k_k [H_{2n-1}^1(k_k b) - H_{2n+1}^1(k_k b)] H_{2n}^2(k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \right. \\
& + \frac{1}{2} k \alpha H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) [H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b)] \\
& - \frac{1}{2} k \alpha H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) [H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b)] \\
& \left. \left. + \frac{1}{2} k_k H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) [H_{2n-1}^2(k_k b) - H_{2n+1}^2(k_k b)] \right] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_n = & \left\{ 2 (-1)^n k \alpha \cos(2n\gamma) H_{2n}^1(k_k a) [J_{2n-1}(k b) - J_{2n+1}(k b)] H_{2n}^2(k b) \right. \\
& \left. + J_{2n}(k b) [-H_{2n-1}^2(k b) + H_{2n+1}^2(k b)] \right\} / \\
& \left\{ -k_k [H_{2n-1}^1(k_k b) - H_{2n+1}^1(k_k b)] H_{2n}^2(k b) H_{2n}^2(k_k a) \right. \\
& + k \alpha H_{2n}^1(k_k b) H_{2n}^2(k_k a) [H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b)] \\
& - k \alpha H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k_k b) [H_{2n-1}^2(k b) - H_{2n+1}^2(k b)] \\
& \left. + k_k H_{2n}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) [H_{2n-1}^2(k_k b) - H_{2n+1}^2(k_k b)] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
g_n = & \left\{ 2 i (-1)^n k H_{2n+1}^1(k_k a) [\alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n}^2(k b) \right. \\
& \left. - J_{2n}(k b) + J_{2n+2}(k b)] H_{2n+1}^2(k b) - \alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n+2}^2(k b) \right\} \sin(\gamma + 2n\gamma) / \\
& \left\{ 2 H_{2n}^1(k_k a) H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k b) \right. \\
& - k_k [H_{2n}^1(k_k b) - H_{2n+2}^1(k_k b)] H_{2n+1}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k a) \\
& + k \alpha H_{2n+1}^1(k_k b) H_{2n+1}^2(k_k a) [H_{2n}^2(k b) - H_{2n+2}^2(k b)] \\
& \left. - k \alpha H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k_k b) [H_{2n}^2(k b) - H_{2n+2}^2(k b)] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e_n = & \{2 i (-1)^n k H_{2n+1}^2(k_k a) [\alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n}^2(k b)] \} \\
& + [-J_{2n}(k b) + J_{2n+2}(k b)] H_{2n+1}^2(k b) - \alpha J_{2n+1}(k b) H_{2n+2}^2(k b) \sin(\gamma + 2n\gamma) \} / \\
& \{ -2 H_{2n}^1(k_k a) H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k b) + k_k H_{2n}^1(k_k b) H_{2n+1}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k a) \\
& - k_k H_{2n+2}^1(k_k b) H_{2n+1}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k a) + k \alpha H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n}^2(k b) H_{2n+1}^2(k_k b) \\
& - k \alpha H_{2n+1}^1(k_k a) H_{2n+1}^2(k_k b) H_{2n+2}^2(k b) \\
& + k \alpha H_{2n+1}^1(k_k b) H_{2n+1}^2(k_k a) [-H_{2n}^2(k b) + H_{2n+2}^2(k b)] \}
\end{aligned}$$

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Mehmet Saruhan YENİHAN
Doğum Yeri : Erbaa
Doğum Tarihi : 20/06/1987
Adres : Mecidiyeköy / İstanbul
Lisans Üniversite : İstanbul Teknik Üniversitesi

