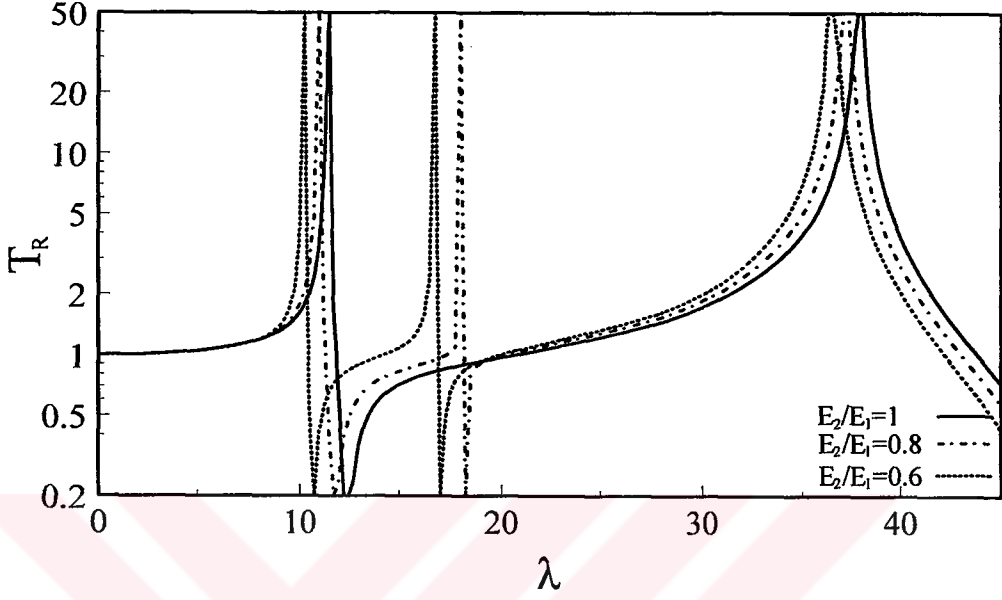
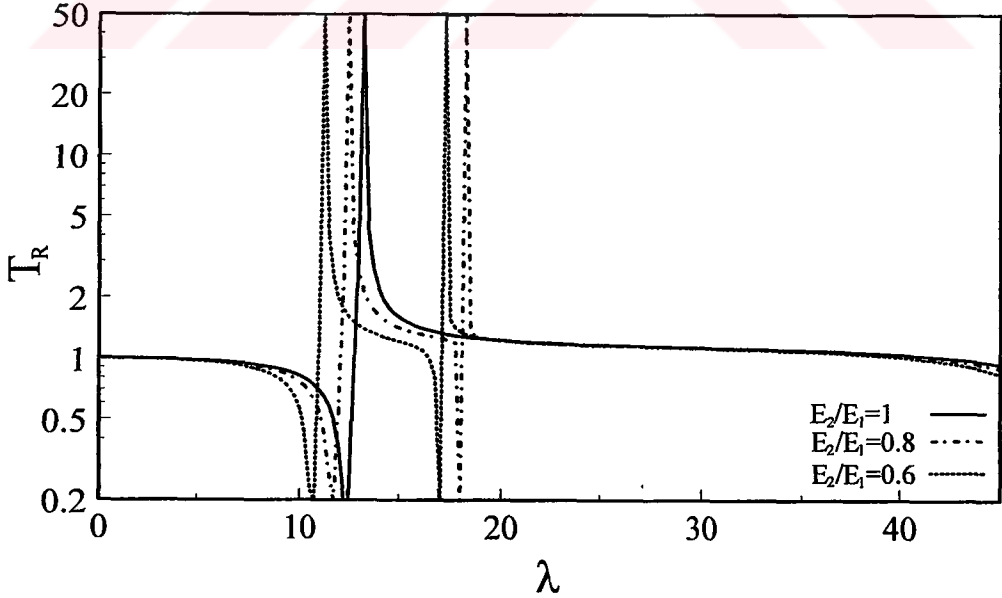


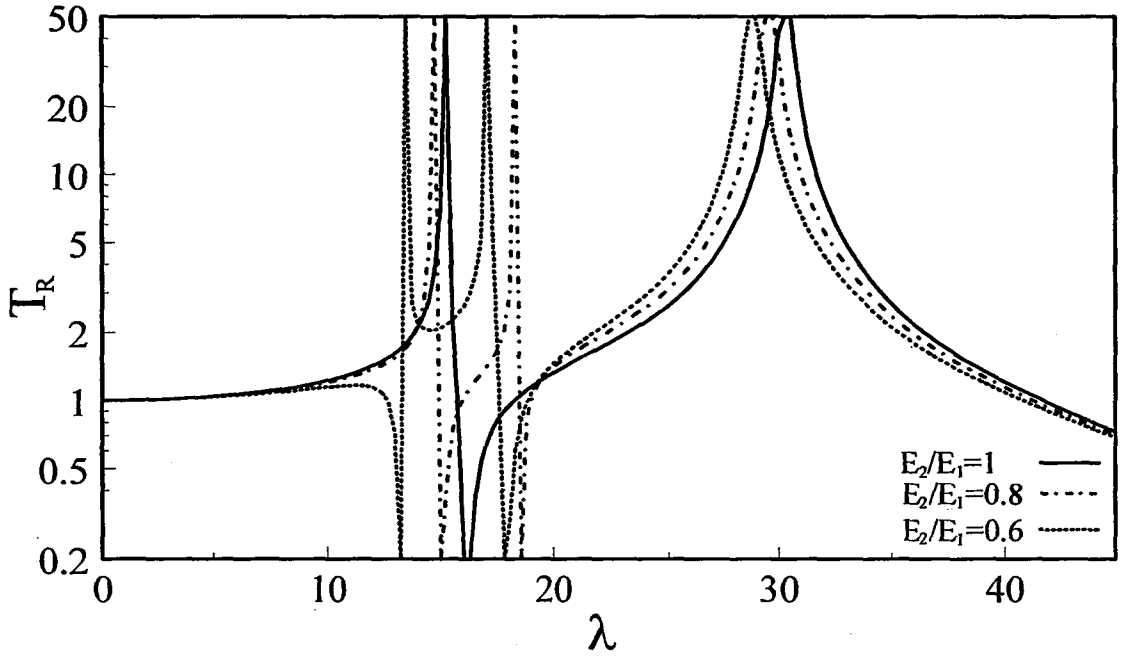
aralıkların genişliği ve sayısı eşit olmak üzere 31X31 adet elamanın olduğu bir sonlu fark ağına bölünmüştür. Bu bölümde yapılan analizde plak, $\gamma_s=0$ olması durumunda mesnetler elastik yay katsayısı 100 olan elastik nokta mesnetli, $\gamma_s \rightarrow \infty$ içinse basit nokta mesnetli olarak davranmaktadır.



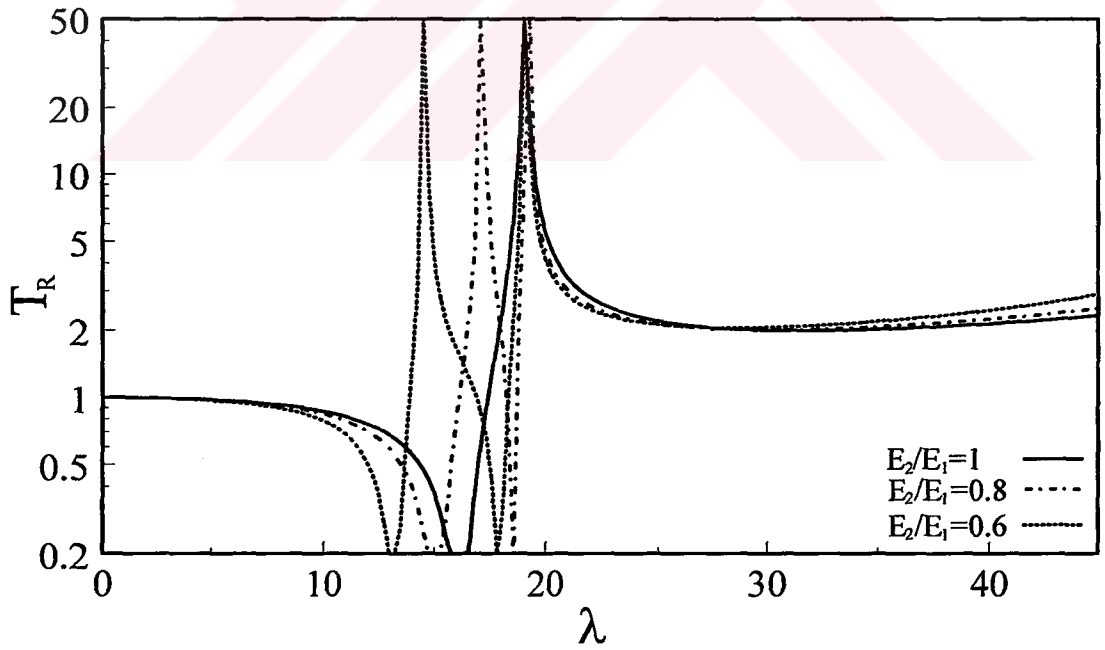
Şekil 4.23 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi, ($\gamma_s=0$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.1$)



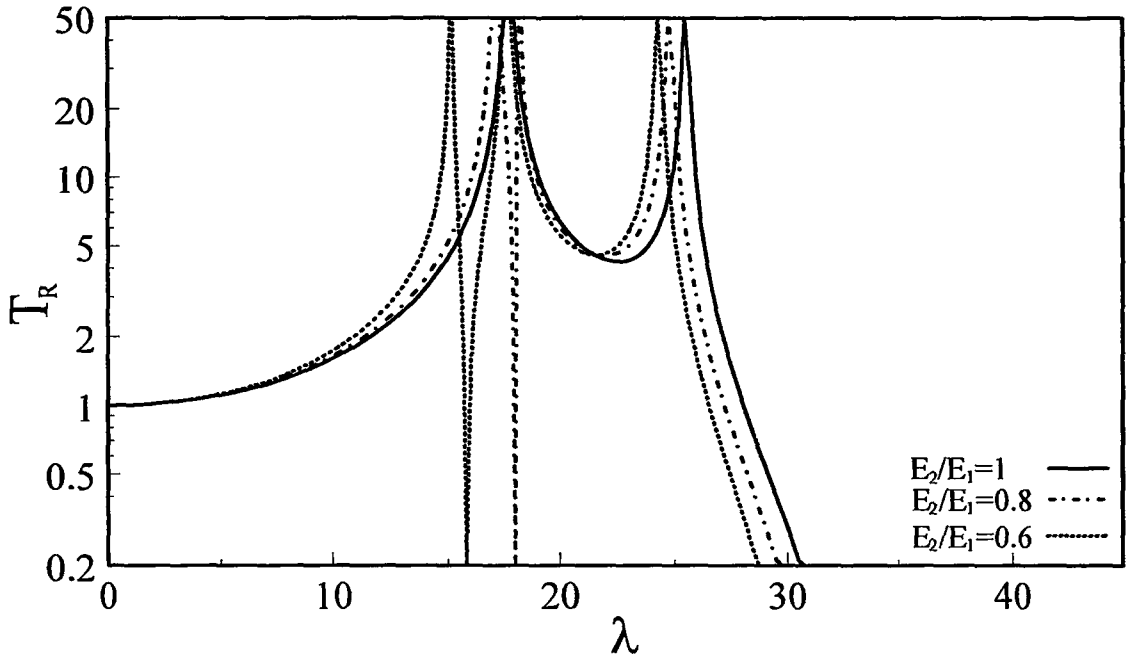
Şekil 4.24 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi, ($\gamma_s \rightarrow \infty$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.1$)



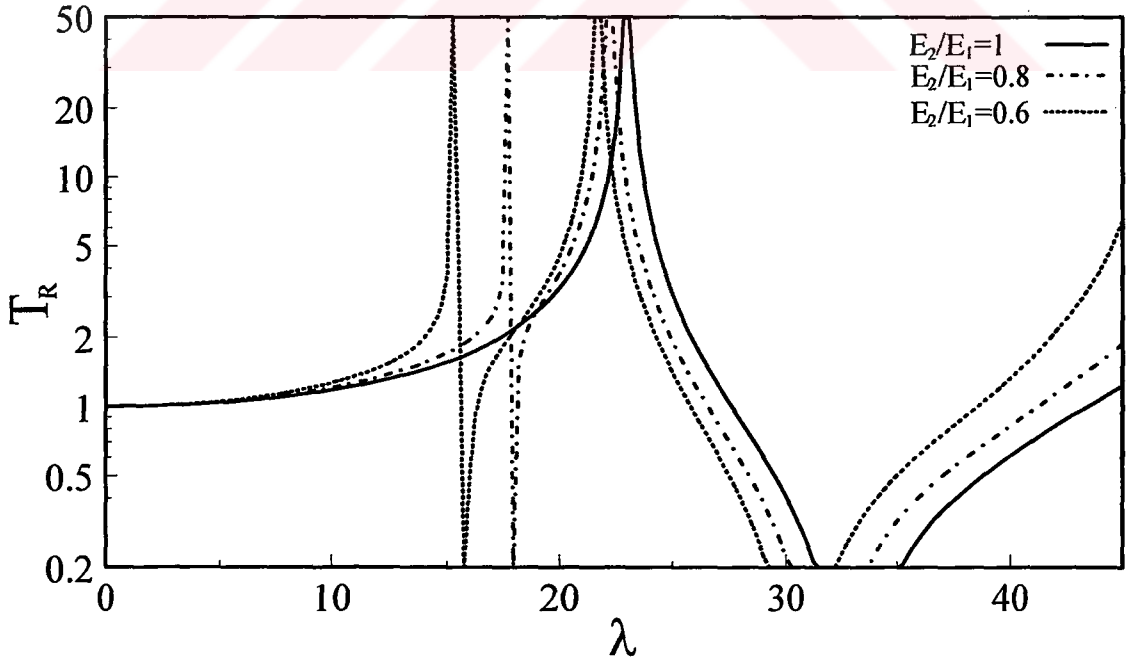
Şekil 4.25 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi,
($\gamma_s=0$, $\kappa_s=100$, $x_{1s}=x_{2s}=0.2$)



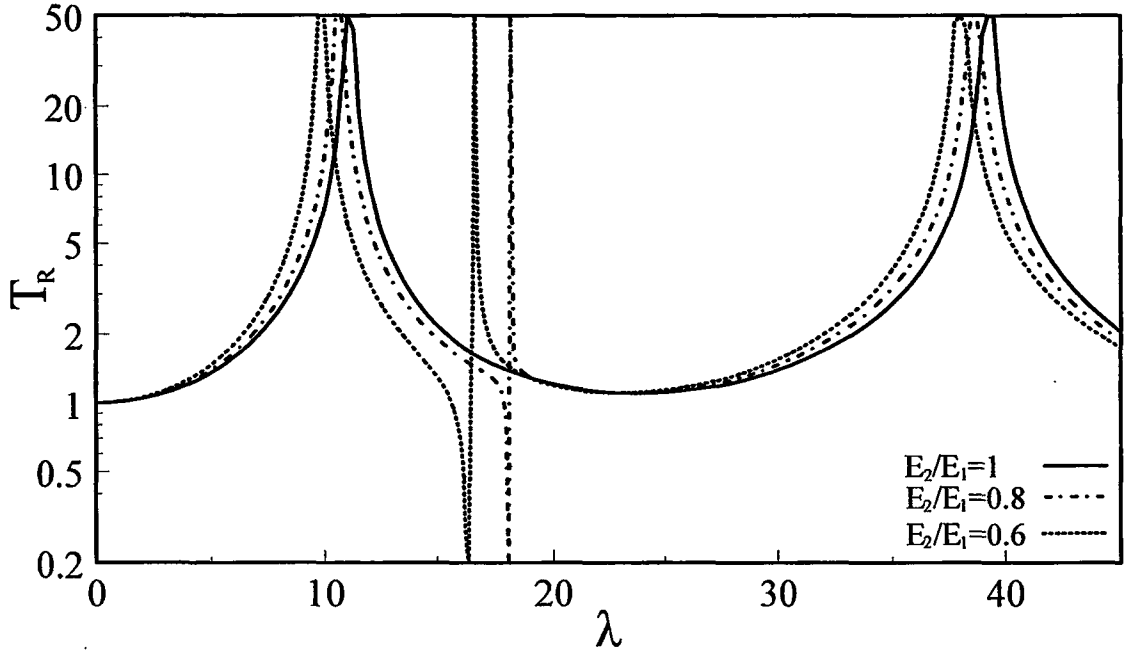
Şekil 4.26 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine Bağlı Olarak Değişimi,
($\gamma_s \rightarrow \infty$, $\kappa_s=100$, $x_{1s}=x_{2s}=0.2$)



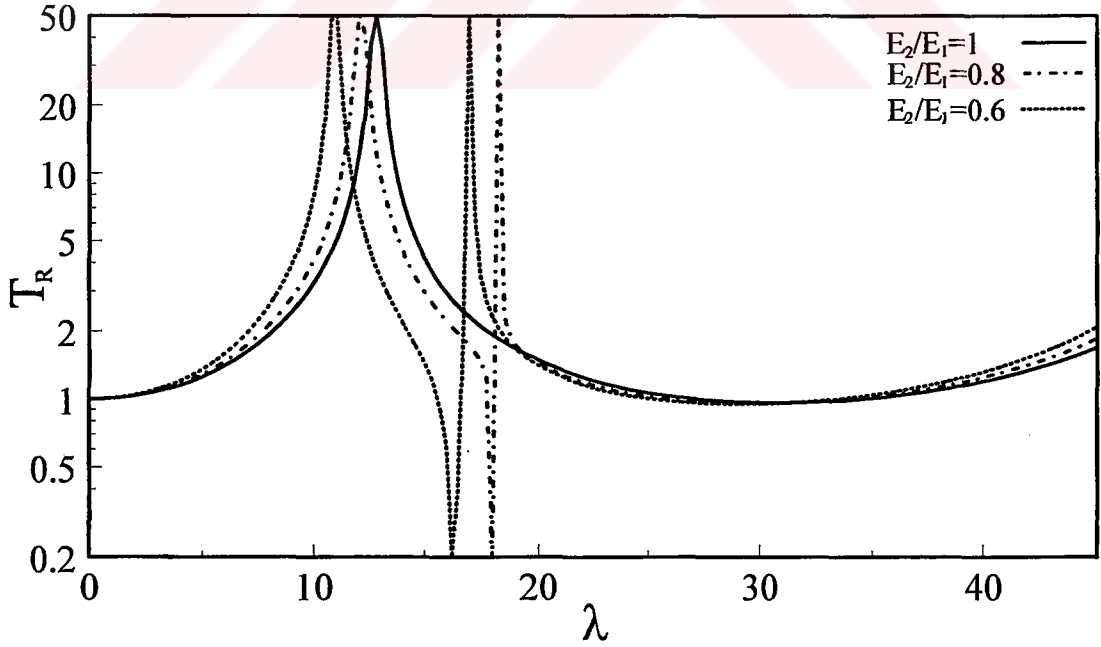
Şekil 4.27 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi,
($\gamma_s=0$, $\kappa_s=100$, $x_{1s}=x_{2s}=0.3$)



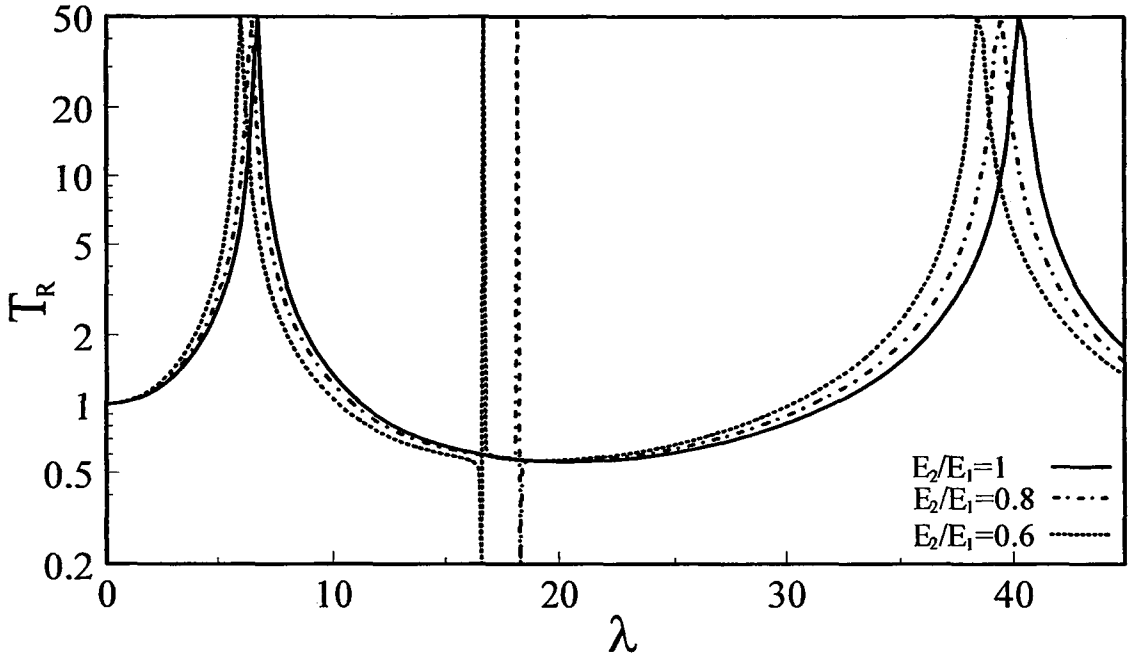
Şekil 4.28 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi,
($\gamma_s \rightarrow \infty$, $\kappa_s=100$, $x_{1s}=x_{2s}=0.3$)



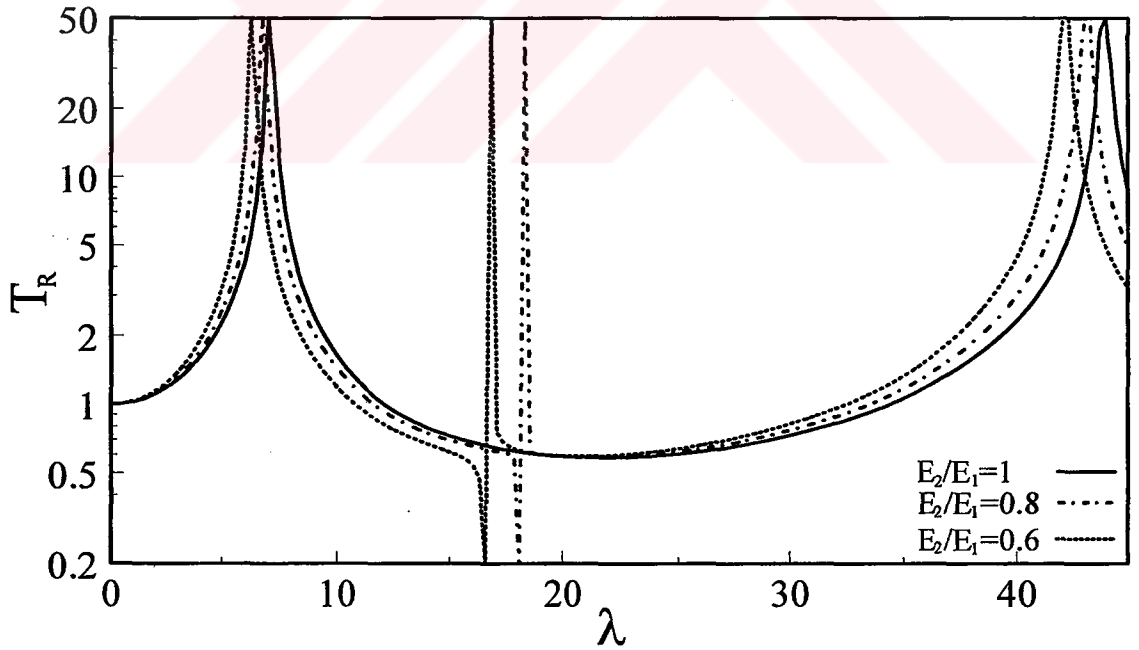
Şekil 4.29 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi, ($\gamma_s=0$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.4$)



Şekil 4.30 Yük iletim katsayılarının, boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi, ($\gamma_s \rightarrow \infty$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.4$)



Şekil 4.31 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi,
($\gamma_s=0$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



Şekil 4.32 Yük iletim katsayılarının boyutsuz frekans parametresine bağlı olarak değişimi,
($\gamma_s \rightarrow \infty$, $\kappa_s=100$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)

Grafikler genel olarak incelendiğinde önceki bölümlerde belirtilen bazı özellikler bu

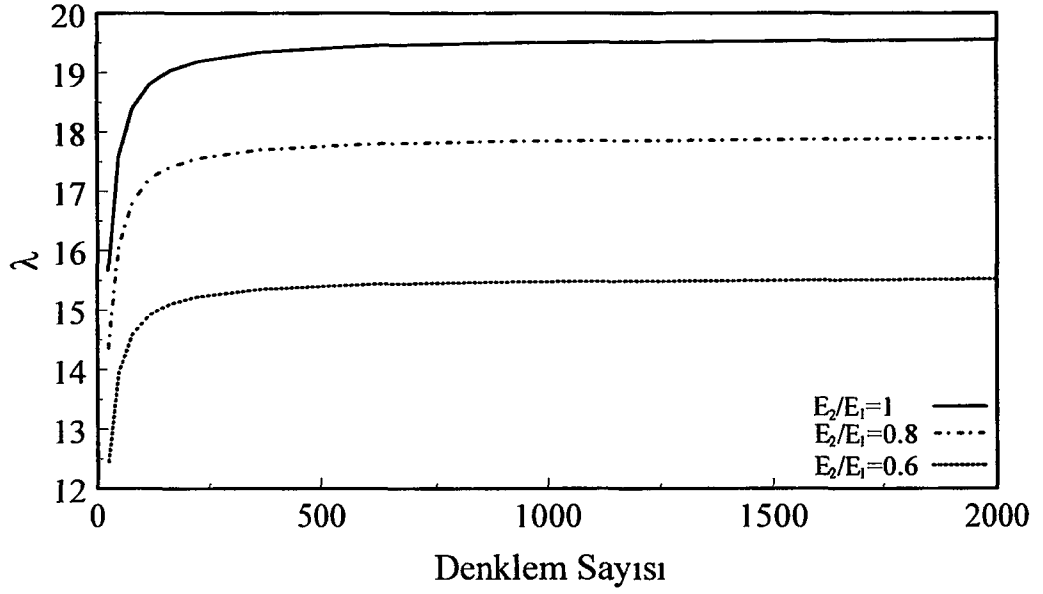
bölümlerde de gözlemlenmektedirler. Tüm mesnet konumları için oluşan modlar E_2/E_1 oranının artmasına bağlı olarak daha yüksek λ değerlerinde oluşmaktadır. Düz çizgi ile gösterilen izotrop malzemenin yük iletim katsayısı eğrisinde farklı mesnet konumları ve sönüm katsayısı değerleri için çizilen grafiklerin hiç birisinde ikinci mod bölgesine karşı gelen kısımlarda rezonans tepesi oluşumu görülmemektedir. Sönüm katsayısının çok büyük olması yani basit mesnet durumu için de hiçbir mod bölgesinde sönüm olmamaktadır. κ_s 'nın veya γ_s 'in çok büyük olması basit mesnet durumuna karşılık geldiği için her iki halde de modlar aynı değerlerde oluşmaktadır.

Çizelge 4.3'de ise enerji tabanlı sonlu farklar metodu ile elde edilmiş olan modların oluştuğu λ değerleri verilmiştir. Bu çizelgedeki mod değerleri Poisson oranı $\nu_{21}=0.3$, sönüm katsayısı $\gamma_s=0$ ve mesnetlerin köşelerde olması durumunda elde edilmiştir. $\kappa=0$ olan sutundaki değerler serbest plak, $\kappa \rightarrow \infty$ olan sutundaki değerler ise basit nokta mesnetli plak durumlarına karşılık gelmektedir.

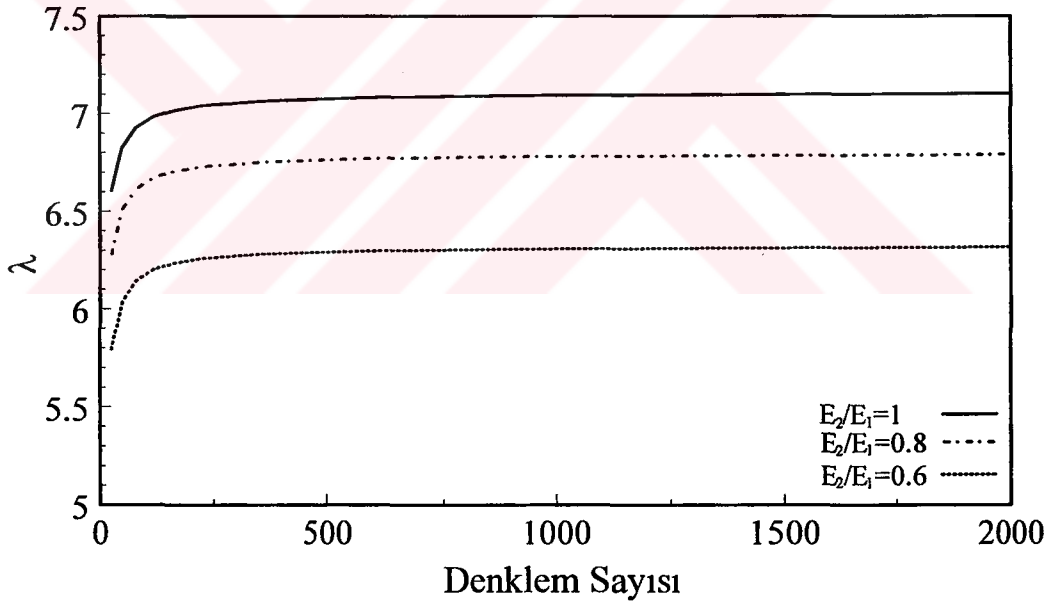
Çizelge 4.3 Serbest titreşim modları, ($v_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)

Doğal Titreşim Modu	E_2/E_1	Kocatürk (1998) $\kappa_s = 0$	Kocatürk (1998) $\kappa_s \rightarrow \infty$	Enerji Tabanlı Sonlu F. Kullanılarak Elde Edilen $\kappa_s = 0$	Fark %	Enerji Tabanlı Sonlu F. Kullanılarak Elde Edilen $\kappa_s \rightarrow \infty$	Fark %
SS-1	1.0		7.139			7.107	-0.45
	0.8		6.815			6.686	-1.93
	0.6		6.326			6.083	-3.99
SS-2	1.0	19.684	19.684	19.579	-0.54	19.579	-0.54
	0.8	18.033	18.329	17.877	-0.87	18.212	-0.64
	0.6	15.674	16.839	15.496	-1.15	16.643	-1.18
SS-3	1.0	24.347	44.383	24.248	-0.41	44.292	-0.21
	0.8	23.508	43.237	23.339	-0.72	41.642	-3.83
	0.6	22.981	41.786	22.757	-0.98	38.447	-8.68

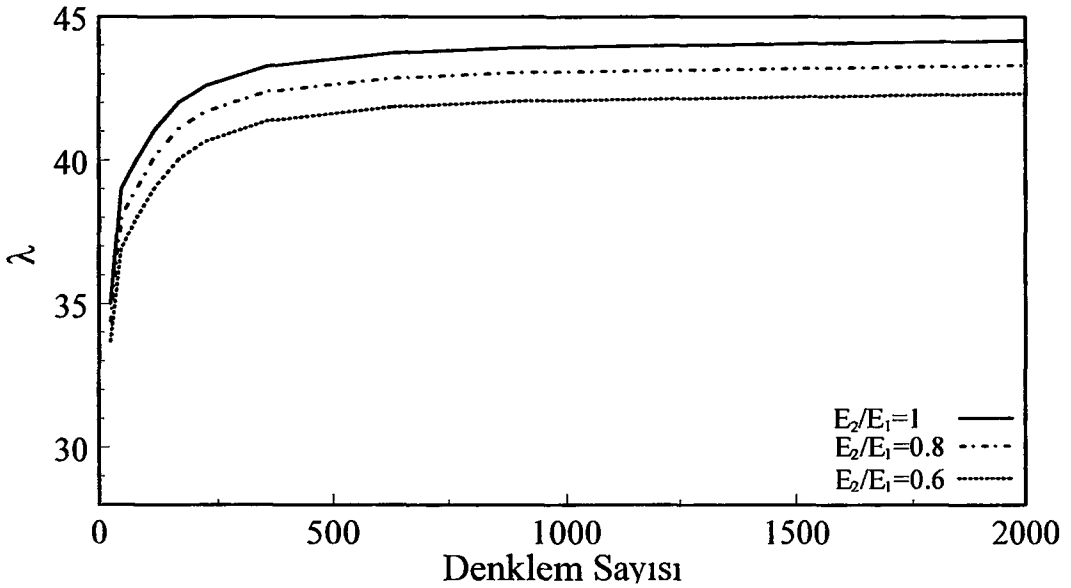
Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’de ilk üç simetrik mod için köşe noktalarından basit mesnetli plak haline karşı gelen modlara ait boyutsuz frekans parametreleri değerlerine, plaktaki düğüm sayısına veya cebrik denklem adedine bağlı olarak yakınsamalar gösterilmiştir.



Şekil 4.33 İkinci mod'a ait yakınsama grafiği, ($x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)



Şekil 4.34 Birinci mod'a ait yakınsama grafiği, ($x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)



Şekil 4.35 Üçüncü mod'a ait yakınsama grafiği, ($x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

Her üç mod için de yakınsama aşağıdan yukarıya doğru olmuştur. Yakınsamalar hakkında Johns ve Nagaraj (1969) yayınlarında enerji metodlarında yakınsamanın yukarıdan aşağıya doğru olmakta bunun tersi olarak sonlu farklar metodunda yakınsama düğüm noktalarının artması ile aşağıdan yukarıya doğru olduğunu belirtmişlerdir. Enerji metodunun sonlu farklar tekniği ile kullanılması durumunda ise yakınsamanın her iki şekilde de olabileceğini belirtmişlerdir.

4.6 Enerji Tabanlı Sonlu Farklar Metodu Kullanılarak Kromm Plâğının Serbest Titreşim Modlarının Plak Kalınlığının Değişimine Bağlı Olarak İncelenmesi

Viskoelastik nokta mesnetli h kalınlığına sahip plâğın serbest titreşim modlarının incelenmesi amacı ile bölüm 3.3 ve bölüm 3.3.1' de açıklandığı şekli ile Kromm'un plaklar için önerdiği yer değiştirme fonsiyonu kullanılarak hazırlanmış olan bilgisayar programı kullanılmıştır. Serbest titreşim modlarının Kirchhoff plâğı kullanılarak analizlerinin yapıldığı durumlarda olduğu gibi nokta mesnetlerin viskoelastik sönüm katsayısı sıfır, nokta mesnetlerin elastik yay katsayısı ise basit mesnet karakterinde davranacak kadar yüksek bir değerde seçilmesi durumunda serbest titreşim modları incelenmiştir. Sayısal hesaplamalarda $G_{12}/E_1=G_{13}/E_1=G_{23}/E_1=0.385$ olarak alınmışlardır.

Çizelge 4.4'de izotrop Kromm plâğı için elde edilmiş serbest titreşim modları Aksu ve Felemban'ın (1992) izotrop Mindlin Plâğı için elde ettiği sonuçlarla birlikte verilmiştir. Bu kısımda yapılan analizlerde plak 41X41 adet düğüm noktasına sahip sonlu fark ağı ile

bölünmüştür.

Çizelge 4.4 İzotrop kromm plağı serbest titreşim modları, ($E_2/E_1=1$, $\nu_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

(h/a)	1.Mod	1.Mod	Fark	2.Mod	2.Mod	Fark	3.Mod	3.Mod	Fark
	$\kappa_s \rightarrow \infty$	$\kappa_s \rightarrow \infty$		$\kappa_s \rightarrow \infty$	$\kappa_s \rightarrow \infty$		$\kappa_s \rightarrow \infty$	$\kappa_s \rightarrow \infty$	
	G.Aksu (1992)	Tez		G.Aksu (1992)	Tez		G.Aksu (1992)	Tez	
0.2000	6.101	5.912	-3.2	17.283	16.810	-2.8	31.906	31.132	-2.5
0.1000	6.788	6.654	-2.0	18.807	18.474	-1.8	39.241	38.762	-1.3
0.0500	7.034	6.948	-1.2	19.279	19.076	-1.0	42.601	42.251	-0.8
0.0200	7.118	7.074	-0.6	19.421	19.365	-0.3	43.867	43.584	-0.7
0.0100	7.131	7.087	-0.6	19.441	19.406	-0.2	44.068	43.816	-0.6
0.0050	7.134	7.091	-0.6	19.446	19.411	-0.2	44.120	43.963	-0.4
0.0010	7.135	7.093	-0.6	19.448	19.417	-0.2	44.136	43.979	-0.4
0.0005	7.135	7.095	-0.6	19.448	19.423	-0.1	44.137	43.979	-0.4

Sonuçlar incelendiğinde plak kalınlığının artması ile birlikte serbest titreşim modlarını daha düşük frekans değerlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durumun yüksek modlarda düşük modlarda olduğundan çok daha belirgin olduğu görülmektedir. Plak kalınlığının azalması ile birlikte serbest titreşim modlarının önceki bölümlerde Kirchhoff plağı için elde edilmiş sonuçlara aşağıdan yaklaştığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar Aksu ve Felemban' ın (1992) elde ettiği sonuçlarla karşılaştırıldığında plak kalınlığının kenar uzunluğuna oranının düşük olması durumlarında sonuçlar birbirine son derece yakın olup yapılan analizde plak kalınlığının en kalın olduğu durum olan ($h/a=0.2$) değerinde ise elde edilen sonuçlar arasındaki farklılık %5'in altında olmaktadır.

Çizelge 4.5 Anizotrop kromm plağı serbest titreşim modları, ($E_2/E_1=0.8$, $\nu_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

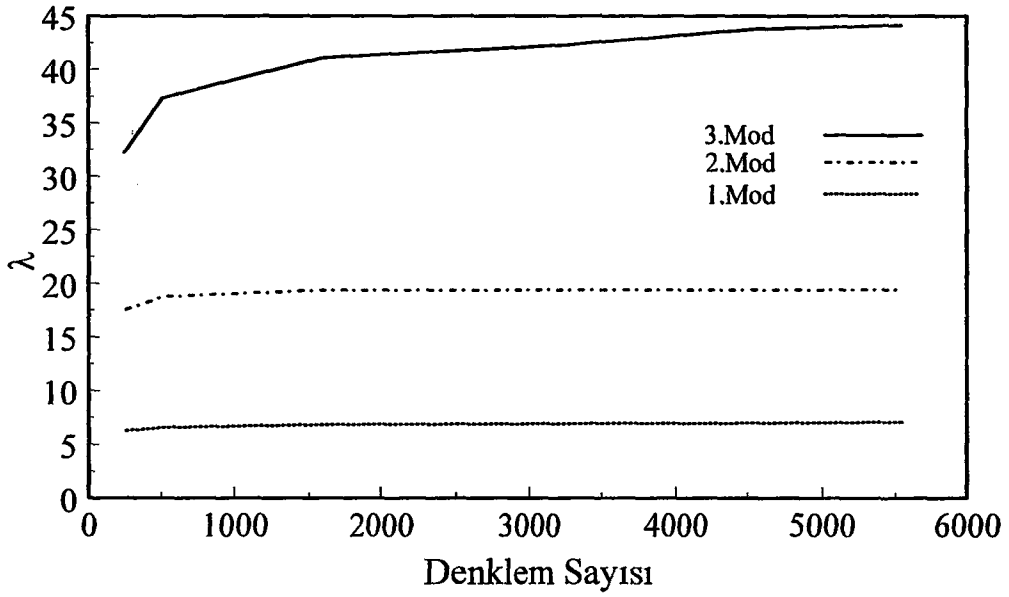
Plak KalınlığınınKenar Uzunluğuna Oranı, (h/a)	1.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması	2.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması	3.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması
0.2000	5.646	15.621	29.001
0.1000	6.348	17.167	36.398
0.0500	6.634	17.729	39.654
0.0200	6.749	17.998	40.921
0.0100	6.761	18.035	41.146
0.0050	6.766	18.037	41.288
0.0010	6.770	18.045	41.301
0.0005	6.775	18.047	41.302

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6' de anizotrop Kromm Plağı için orthotropi oranının (E_2/E_1) 0.8 ve 0.6 olması durumları için elde edilmişlerdir. Elde edilen sonuçlar bu çalışmaya özgü olup literatürde bu konuda elde edilmiş değerlere rastlanmamıştır. Söz konusu çizelgeler incelendiğinde izotrop Kromm plağında olduğu gibi kalınlığın artması ile serbest titreşim modlarının olduğu frekans değerleri de daha düşük olmaktadır. Kirchhoff plağı için önceki bölümlerde elde edilen sonuçlarda olduğu gibi orthotropi oranının (E_2/E_1) azalması ile kalınlığın artması durumunda olduğu gibi serbest titreşim modları izotrop duruma göre daha düşük frekans değerlerinde ortaya çıkmaktadırlar.

Çizelge 4.6 Anizotrop kromm plağı serbest titreşim modları, ($E_2/E_1=0.6$, $\nu_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

Plak KalınlığınınKenar Uzunluğuna Oranı, (h/a)	1.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması	2.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması	3.Mod $\kappa_s \rightarrow \infty$ Tez Çalışması
0.2000	5.051	14.271	27.051
0.1000	5.688	15.688	33.697
0.0500	5.945	16.200	36.725
0.0200	6.041	16.445	37.891
0.0100	6.054	16.478	38.089
0.0050	6.067	16.481	38.218
0.0010	6.068	16.485	38.235
0.0005	6.068	16.487	38.236

Şekil 4.36'da verilen denklem sayısına göre yakınsamaları gösteren grafik incelendiğinde Kirchhoff plağının yakınsamasına benzer şekilde her üç mod için de denklem sayısının artması ile yakınsamalar alttan olmuştur. Düşük modlarda yakınsamanın daha hızlı olduğu şekilde göze çarpan bir diğer noktadır.



Şekil 4.36 Yakınsama grafiği, ($x_{1S}=x_{2S}=0.5$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $h/a=0.000005$)

4.7 Anizotrop Kromm Plâğı Kayma Modülü Değişiminin Serbest Titreşim Modlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Nokta mesnetli h kalınlığına sahip anizotrop Kromm plâğının G_{13} ve G_{23} kayma modüllerinin değişimine bağlı olarak serbest titreşim modlarının incelenmesi için yapılan çalışmada elastik yay katsayısı $\kappa \rightarrow \infty$ viskoz sönüm katsayısı $\gamma = 0$ olarak alınmıştır. Kalınlığın değişen değerleri için $G_{13}/E_1=G_{23}/E_1=0.35$ ve $G_{13}/E_1=G_{23}/E_1=0.40$ için Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda $G_{12}/E_1=0.385$ ve E_2/E_1 anizotropi oranı ise 0.8 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.7 Serbest titreşim modları, ($G_{13}/E_1=G_{23}/E_1=0.35$, $G_{12}/E_1=0.385$, $E_2/E_1=0.8$, $\nu_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

h/a	1.Mod	2.Mod	3.Mod
0.1000	6.380	17.112	36.187
0.0500	6.641	17.648	39.548
0.0050	6.756	18.016	41.266
0.0005	6.773	18.041	41.298

Çizelge 4.8 Serbest titreşim modları, ($G_{13}/E_1=G_{23}/E_1=0.40$, $G_{12}/E_1=0.385$, $E_2/E_1=0.8$, $\nu_{21}=0.3$, $\gamma_s=0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$)

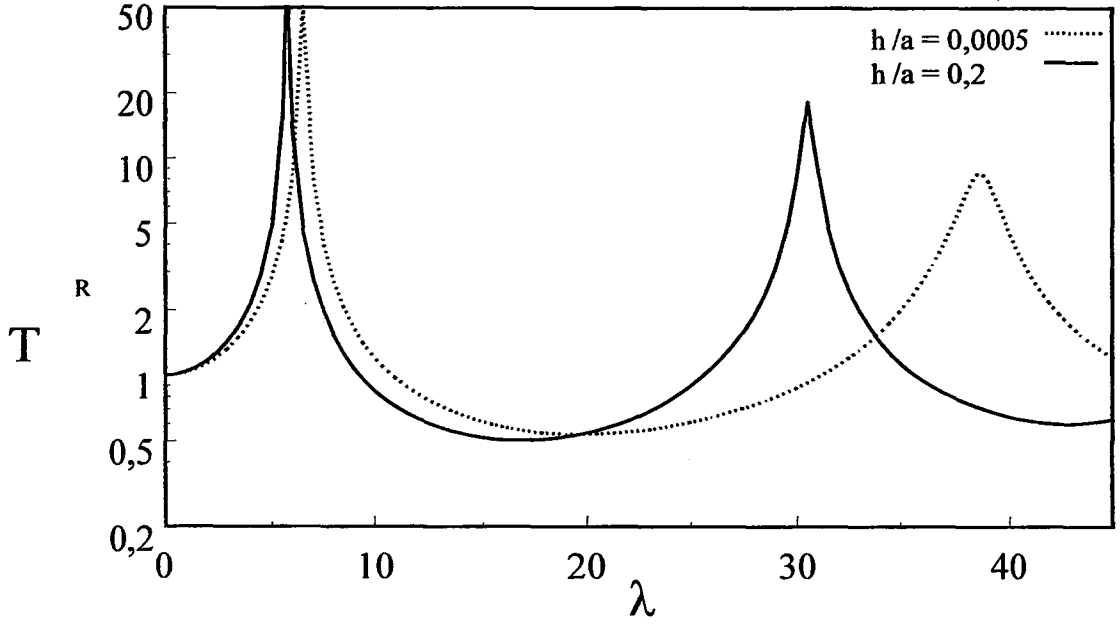
h/a	1.Mod	2.Mod	3.Mod
0.1000	6.426	17.254	36.498
0.0500	6.663	17.763	39.691
0.0050	6.768	18.040	41.290
0.0005	6.775	18.048	41.302

Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 incelendiğinde kalınlığın kenar uzunluğuna göre azaldığı durumlarda farklı G_{23} ve G_{13} değerleri için modlar aynı frekans değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Bir başka deyişle G_{23} ve G_{13} kayma modülü değerlerinin serbest titreşim modları üzerinde etkili olabilmesi için plağın belli bir kalınlık değerine sahip olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.8’de $G_{23}/E_1=G_{13}/E_1=0.40$ ’dır ve Çizelge 4.7’deki $G_{23}/E_1=G_{13}/E_1=0.35$ değerinden daha büyük olup serbest titreşim modlarında Çizelge 4.8’de Çizelge 4.7’dekine göre daha yüksek frekans değerlerinde oluştuğu görülmüştür.

Sonuç olarak G_{23} ve G_{13} kayma modüllerinin artımı modların oluştuğu serbest titreşim frekans değerlerinin de artımına sebep olmuştur. Bu bölümde yapılan çalışmada plak 31X31 boyutunda sonlu farklar ağı kullanılarak incelenmiştir.

4.8 Enerji Tabanlı Sonlu Farklar Metodu Kullanılarak Farklı Plak Kalınlıkları İçin Yük İletim Katsayılarının Elde Edilmesi

Köşe noktalarından visko elastik nokta mesnetli a kenar uzunluğuna ve h kalınlığına sahip izotrop Kromm plağı köşegenlerinin kesişme noktasından tekil yük ile yüklenmiştir. Plağın köşe noktalarında bulunan nokta mesnetlerin boyutsuz elastik yay katsayısı için $\kappa=100$ ve boyutsuz sönüm katsayısı içinse $\gamma=1$ değerleri kabul edilmiştir. Yük iletim katsayıları iki farklı kalınlığa sahip plak için elde edilmiştir. Söz konusu plakların h/a oranları için 0.2 ve 0.0005 değerleri kullanılmıştır. Bu kabuller altında Şekil 4.36’da gösterilen yük iletim katsayısı grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 4.37 Yük iletim katsayılarının değişimi, ($\gamma_s=1$, $\kappa_s=100$, $x_{1s}=x_{2s}=0.5$)

Şekil 4.37 incelendiğinde Çizelge 4.3’de verilen değerlere uygun olarak birinci ve üçüncü mod bölgelerinde yük iletim katsayılarının aldıkları değerlerin serbest titreşim modlarının oldukları bölgelerde büyüdükleri görülmüştür. Şekil 4.37 Çizelge 4.3’de elde edilen değerlerden farklı olarak elastik yay katsayısının sonsuz değil, $\kappa=100$ için elde edildiğinden sebebi ile mod bölgelerindeki λ değerleri Çizelge 4.3’deki değerlerden bir miktar daha küçüktür.

Birinci mod bölgesinde her iki plak için de sönüm etkili olmamış ve rezonans tepeleri grafiğin dışına taşmıştır. Üçüncü mod bölgesinde ise sönüm her iki plak içinde etkili olmuştur. Bu etki kalın plakta bir miktar daha az olmuştur. Bu bölümde yapılan sayısal çalışmalarda plak, 21X21 boyutunda sonlu farklar ağı kullanılarak incelenmiştir.

5. SONUÇLAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Kirchhoff-Love plak teorisi çerçevesinde yapılan çalışmalar:

- Viskoelastik nokta mesnetli plakların serbest ve zorlanmış titreşimlerinin analizi literatürdeki çalışmalarda yapılmış olan kabuller ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.
- Yük iletim katsayılarının değişiminde etkili olan parametrelerin değişimine bağlı olarak ve literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak yük iletim katsayıları için çok sayıda grafik verilmiştir.
- Zorlanmış titreşim analizinde yükün frekansının sistemin serbest titreşim frekansı ile çakışması halinde yük iletim katsayısının sonsuza doğru artan değerler alması durumu dizayn ve uygulama açısından istenmediği için söz konusu bölgeler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yük iletim katsayısının sonsuza gittiği farklı bölgeler ayrıntılı olarak ele alınıp söz konusu bölgelerde grafikler küçük frekans artımları ile tekrar çizilmiş ve her bölgedeki tepenin oluşum formu ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu tepelerin oluşmasının engellenmesi amacı ile analizler yapılmış ve sönümde etkili olan sönüm katsayısı değerleri elde edilmiştir. Her bölge için elde edilen etkili sönüm katsayılarının diğer tepe bölgelerinde de etkili olup olmadığı karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve yorumlanmıştır.
- Viskoelastik nokta mesnetli plağın özel durumları olan elastik ve basit nokta mesnetli plak durumları için zorlanmış titreşim analizleri yapılmıştır.

- Kromm plak teorisi çerçevesinde yapılan çalışmalar:

- Gelişmiş plak teorilerinden olan Kromm teorisi esas alınarak hazırlanmış olan program kullanılarak plak kalınlığının serbest titreşim modları üzerindeki etkisi incelenmiştir.
- Ortotrop Kromm plağının serbest titreşim modları kayma modülleri ve h/a değerlerinin değişimine bağlı olarak elde edilmiştir. Kayma modüllerinin serbest titreşim modlarına etkisi ve bu etkinin kalınlığın değişimi ile nasıl değiştiği ortaya konmuştur.
- Yük iletimi katsayıları boyutsuz frekans parametrelerinin yanı sıra farklı h/a değerleri için elde edilmiş ve plak kalınlığının değişiminin yük iletim katsayıları üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

Tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Viskoelastik nokta mesnetlerin elastik ve viskoz davranış özelliklerini sergileyebilmeleri için elastik yayın ve viskoz sönümleyicinin katsayılarının belli değerlerin arasında kalmaları gerektiği elde edilen sonuçlardan anlaşılmıştır. Elastik yay katsayısının veya viskoz sönüm katsayısının beraberce veya ayrı olarak çok büyük değerler alması basit nokta mesnet durumuna karşılık gelmiştir. Zorlanmış titreşimde yükün frekansının serbest titreşim modu frekansına yakın olması durumunda artan yerdeğiştirmelerin sönümlenmesi için kullanılan viskoz elemanın sönüm katsayısının etkili olduğu bir optimum değerinin olduğu görülmüştür.
- Ortotropinin serbest ve zorlanmış titreşim durumlarına ait çeşitli karakteristikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda E_2 / E_1 oranı küçüldükçe serbest titreşim modlarının daha düşük frekans değerlerinde ortaya çıktıkları görülmüştür. Köşegen üzerindeki noktalarından nokta mesnetli ortotropik malzemeden imal edilmiş plağa ait yük iletim katsayıları için çizilmiş olan grafiklerde, izotrop durumda ortaya çıkmayan SS-2 rezonans tepelerinin oluştuğu görülmüştür.
- Yüksek mertebeden hassas teori kullanıldığında plak kalınlığının serbest ve zorlanmış titreşim durumlarına ait çeşitli karakteristikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Plak h/a oranının artması ile serbest titreşim modlarının daha düşük frekans değerlerinde ortaya çıktıkları görülmüştür. h/a oranının küçülmesi ile sonuçlar Kirchhoff teorisinin sonuçlarına yaklaşmaktadır. Bunun sonucu olarak yükün frekansının değişimi ile yük iletimi eğrilerinin tepe noktalarının yerleri de değişmektedir. Bu durumda, Kirchhoff teorisi ile tasarlanan bir nokta mesnetli plağın, yük altındaki gerçek davranışı öngörüldüğü şekilde olmayacaktır.
- G_{13} ve G_{23} 'ün büyümesi ile yüksek mertebeden hassas teorisinin sonuçları Kirchhoff teorisinden elde edilen sonuçlara yaklaşmaktadır.
- Yüksek mertebeden teorilerle çözüm, statik analizlerde sadece yerdeğiştirmelerin değerlerini daha büyük vermesine karşın, dinamik analizlerde hem yerdeğiştirmeler daha büyük hem de modların frekansları daha küçük olarak elde edilir. Bu yüzden yüksek mertebeden hassas teorilerle çözüm yapılması dinamik analizde, statik analize göre çok daha önemli ve gereklidir sonucuna varılabilir.
- Sonlu fark ağının düğüm noktası sayısına bağlı olarak yakınsama grafikleri çizilmiştir. Grafikler incelenmiş, yakınsamanın yeterince hızlı olduğu ve eleman sayısını belli

değerlerin üzerinde arttırmanın pratikte çok fazla önemli olmadığı görülmüştür.

Yukarıda anlatılanlara ek olarak tez çalışmasında elde edilmiş olan çok sayıda sonuç ve grafik viskoelastik nokta mesnetli plakların özel durumları olan elastik nokta mesnetli ve basit nokta mesnetli plaklar da dahil olmak üzere günümüze kadar yapılmış çalışmalarda verilmemiş olup tez çalışmasına özgüdür.



KAYNAKLAR

- Akbarov, S. D. ve Kocatürk, T., (1997), "On the Bending Problems of Anisotropic(Orthotropic) Plates Resting on Elastic Foundations That React in Compression Only", *International Journal of Solids and Structures*, 34(28):3673-3689.
- Aksu, G. ve Felemban, M. B., (1992), "Frequency Analysis of Corner Point Supported Mindlin Plates by a Finite Difference Energy Method", *Journal of Sound and Vibration*, 158(3):531-544.
- Aksu, G., (1993), "Vibration of Mindlin Plates Symmetrically Column-Supported at Four Points", *Computers and Structures*, 48(6):1163-1166.
- Aksu, G. ve Al-Kaabi, S. A., (1987), "Free Vibration Analysis of Mindlin Plates with Linearly Varying Thickness", *Journal of Sound and Vibration*, 119(2):189-205.
- Altus, E., Rotem, A. ve Shmueli, M., (1980), "Free Edge Effect in Angle Ply Laminates-A New Three Dimensional Finite Difference Solution", *Journal of Composite Materials*, 14:21-30.
- Arad, M., Segev, R., Ben-Dor, G., (1995), "Improved Finite Difference Method For Equilibrium Problems Based On Differentiation Of The Partial Differential Equations And The Boundary Conditions", *International Journal for Numerical Methods In Engineering*, 38:1831-1853.
- Bache, T. C. ve Hegemier, G. A., (1974), "On Higher-Order Elastodynamic Plate Theories", *Journal of Applied Mechanics*, June:423-428.
- Bambill, D. V., Laura, P. A. A. ve Rossi, R. E., (1997), "On The Effect Of Different Co-Ordinate Functions When Employing The Rayleigh-Ritz Method In The Case Of A Vibrating Rectangular Plate With A Free Edge", *Journal of Sound and Vibration*, 201(2):258-261.
- Beslin, O. ve Nicolas, J., (1997), "A Hierarchical Functions Set for Predicting Very High Order Plate Bending Modes with Any Boundary Conditions", *Journal of Sound and Vibration*, 202(5):633-655.
- Bhat, R. B. ve Mundkur, G., (1993), "Vibration of Plates Using Plate Characteristic Functions Obtained by Reduction of Partial Differential Equation", *Journal of Sound and Vibration*, 161(1):157-171.
- Bhattacharya, M. C., (1986), "Static and dynamic Deflections of Plates Arbitrary Geometry by a New Finite Difference Approach", *Journal of Sound and Vibration*, 107(3):507-521.
- Biggs, J. M., (1964), "Structural Dynamics", McGraw-Hill, NewYork.
- Celep, Z., (1988), "Rectangular Plates Resting on Tensionless Elastic Foundation", *Journal of Engineering Mechanics*, 114(12):2083-2089.
- Chakravorty, D. ve Bandyopadhyay, J. N., (1995), "Finite Element Free Vibration Analysis of Point Supported Laminated Composite Cylindrical Shells", *Journal of Sound and Vibration*, 181(1):43-52.
- Chandrashekhara, K. ve Tenneti, R., (1994), "Large Amplitude Flexural Vibration of Laminated Plates Using a Higher Order Shear Deformation Theory", *Journal of Sound and Vibration*, 176(2):279-285.

- Chen, C. S., Lai, J. Y. ve Doong, J. L., (1995), "Large Amplitude Vibration of Plates According to a Higher Order Deformation Theory", *Journal of Sound and Vibration*, 188(2):149-166.
- Chen, Y. Z., (1998), "Evaluation of Fundamental Vibration Frequency of an Orthotropic Bending Plate by Using an Iterative Approach", *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 161:289-296.
- Chia, C. Y., (1980), "Nonlinear Analysis of Plates", McGraw-Hill, New York.
- Chu, H. N. Ve Herrman, G., (1956), "Influence of Large Amplitudes on Free Flexural Vibrations of Rectangular elastic Plates", *Journal of Applied Mechanics*, 23:523-540.
- Clough, R. W. Ve Penzien, J., (1993), "Dynamics of Structures", McGrawHill, NewYork.
- Cox, H. L., (1955), "Vibration of a Square Plate, Point-Supported at Mid-Points of Sides", *Journal of the Acoustical Society of America*, 27:791-792.
- Cox, H. L. ve Boxer, J., (1955), "Vibrations of Rectangular Plates Point-Supported at the Corners", *Aeronautical Quarterly*, 11:41-50.
- Craig, J., (1987), "Finite Difference Solutions of Reissner's Plate Equations", *Journal of Engineering Mechanics*, 113(1):31-48.
- Dawe, D. J. ve Raoufaeil, O. L., (1980), "Rayleigh-Ritz Vibration Analysis of Mindlin Plates", *Journal of Sound and Vibration*, 69:345-359.
- Deshun, Z., Haugher, W., Matthes, M. ve Schreiber, S., (1999), "A Dynamic Model for Thick Elastic Plates", *Journal of Sound and Vibration*, 221(2):187-203.
- Dow, J. O., Jones, M. S., Harwood, S. A., (1990), "A New Approach to Boundary Modelling for Finite Difference Applications in Solid Mechanics", *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 30:99-113.
- Dowell, E. H., (1971), "Free Vibrations of a Linear Structure with Arbitrary Support Conditions", *Transactions of ASME*, September:595-600.
- Dowell, E. H., (1974), "Comments on : Vibration of Point Supported Plates", *Journal of Sound and Vibrations*, 32:524-529.
- Fan, S. C. ve Cheung, Y. K., "Flexural Free Vibrations of Rectangular Plates with Complex Support Conditions", *Journal of Sound and Vibration*, 93:81-94.
- Filipich, C. P. ve Rosales, M., B., (2000), "Arbitrary Precision Frequencies of a Free Rectangular Thin Plate", *Journal of Sound and Vibration*, 230(3):521-539.
- Filipich, C. P., Rosales, M. B. ve Bellés, P. M., (1998), "Natural Vibration of Rectangular Plates Considered as Tridimensional Solids", *Journal of Sound and Vibration*, 212:599-610.
- Frederiksen, P. S., (1995), "Single Layer Plate Theories Applied to the Flexural Vibration of Completely Free Thick Laminates", *Journal of Sound and Vibration*, 186(5):743-759.
- Gorman, D. J. ve Ding, W., (1996), "The Superposition-Galerkin Method for Free Vibration Analysis of Rectangular Plates", *Journal of Sound and Vibration*, 194(2):187-198.
- Gorman, D. J., (1995), "Accurate Free Vibration Analysis of the Orthotropic Cantilaver Plate", *Journal of Sound and Vibration*, 181(4):605-618.

- Gorman, D. J., (1980), "Free Vibration Analysis of Rectangular Plates with Symmetrically Distributed Point Supports Along The Edges", *Journal of Sound and Vibration*, 73(4):563-574.
- Gorman, D. J., (1978), "Free Vibration Analysis of The Completely Free Rectangular Plate by The Method of Superposition", *Journal of Sound and Vibration*, 57(3):437-447.
- Gorman, D. J., (1989), "A Note on The Free Vibration of Rectangular Plates Resting on Symetrically Distributed Point Supports", *Journal of Sound and Vibration*, 131:515-519.
- Gorman, D. J., (1981), "Analytical Solution for the Free Vibration Analysis of Rectangular Plates Resting on Symetrically Disturbuted Point Supports", *Journal of Sound and Vibration*, 79:561-574.
- Gorman, D. J., (1994), "Free-Vibration Analysis of Point Supported Orthotropic Plates", *Journal of Engineering Mechanics*, 120(1):58-74.
- Guitierrez, R. H. ve Laura, P. A. A., (1994), "Vibrations Of Rectangular Plates With Linearly Varying Thickness And Non-Uniform Boundary Conditions", *Journal of Sound and Vibration*, 178(4):563-566.
- Hanna, N. F. ve Leissa, A. W., (1994), " A Higher Order Deformation Theory for The Vibration of Thick Plates", *Journal of Sound and Vibration*, 170(4):545-555.
- He, J. F. ve Ma, B. A., (1994), "Vibration Analysis of Laminated Plates Using a Refined Shear Deformation Theory", *Journal of Sound and Vibration*, 275(1):10-19.
- Hurty, W. C. ve Rubinstein M. F., (1967), "Dynamics of Structures", Prentice-Hall, New Delhi.
- Inan, M., (1984), "Cisimlerin Mukavemeti", Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Johns, D. J. ve Nagaraj, V. T., (1969), "On The Fundamental Frequency af a Square Plate Symmetrically Supported at Four Points", *Journal of Sound and Vibration*, 10:404-410.
- Johns, D. J. ve Nataraja, R., (1972), "Vibration of a Square Plate Symmetrically Supported at Four Points", *Journal of Sound and Vibration*, 25:75-82.
- Kelly, S. G., (1993), "Fundamentals of Mechanical Vibrations", McGraw-Hill, NewYork.
- Kenney, J. T. ve Calif, P., (1954), "Steady-State Vibrations of Beam on Elastic Foundation for Moving Load", *Journal of Applied Mechanics*, December:359-364.
- Kerstens, J. G. M., Laura, P. A. A., Grossi, R. O. ve Ercoli, L., "Vibrations of Rectangular Plates with Point Supports: Comparison Results", *Journal of Sound and Vibration*, 89:291-293.
- Kersterns, J. G. M., (1979), "Vibration of a Rectangular Plate Supported at an Arbitrary Number of Points", *Journal of Sound and Vibration*, 65(4):493-504.
- Kim, C. S. ve Dickinsen, S. M., (1987), "The Flexural Vibration Of Rectangular Plates With Point Supports", *Journal of Sound and Vibration*, 117(2):249-261.
- Kocatürk, T., (1995), "Rectangular Anisotropic(Orthotropic) Plates On a Tensionless Elastic Foundation", *Mechanics of Composite Materials*, 31(3):378-386.
- Kocatürk, T., (1998), "Determination of the Steady State Response of Viscoelastically Point-

Supported Rectangular Anisotropic (Orthotropic) Plates”, *Journal of Sound and Vibration*, 213(4):665-672.

Laura, P. A. A., Bambill, D. V., Rossi, R. E., Rossit, C. A., (1997), “Vibrations of an Orthotropic Rectangular Plate with a Free Edge in the Case of Discontinuously Varying Thickness”, *Journal of Sound Vibration*, 206(1):109-113.

Laura, P. A. A. ve Gutierrez, R. H., (1994), “Analysis of Vibrating Rectangular Plates with Non-Uniform Boundary Conditions by Using The Differential Quadrature Method”, *Journal of Sound and Vibration*, 173(5):702-706.

Laura, P. A. A. ve Gutierrez, R. H., (1980), “Transverse Vibrations Of Thin Elastic Plates With Concentrated Mass And Internal Elastic Supports”, *Journal of Sound and Vibration*, 75(1):135-143.

Laura, P. A. A. ve Cortinez, V. H., (1985), “Fundamental Frequency of Point-Supported Square Plates Carrying Concentrated Masses”, *Journal of Sound and Vibrations*, 100:456-458.

Laura, P. A. A., Utjes, J. C. ve Sarmiento, G. S., (1984), “Comments on Flexural Free Vibrations of Rectangular Plates with Complex Support Conditions”, *Journal of Sound and Vibration*, 97:176-178.

Leuner, T. R., (1974), “An Experimental –Theoretical Study of Free Vibrations of Plates On Elastic Point Supports”, *Journal of Sound and Vibration*, 32:481-490.

Lim, C. W., Liew, K. M. Ve Kitipornchai, S., (1998), “Numerical Aspects For Free Vibration Of Thick Plates Part I: Formulation And Verification”, *Computer Methods In Applied Mechanics And Engineering*, 156:15-29.

Lim, C. W., Liew, K. M. Ve Kitipornchai, S., (1998), “Numerical Aspects For Free Vibration Of Thick Plates Part II: Numerical Efficiency And Vibration Frequencies”, *Computer Methods In Applied Mechanics And Engineering*, 156:31-44.

Mace, B. R., (1996), “The Vibration Of Plates On Two Dimensionally Periodic Point Supports”, *Journal of Sound and Vibration*, 192(3):629-643.

Mindlin, R. D., (1951), “Influence of Rotary Inertia and Shear on Flexural Motions of Isotropic Elastic Plates”, *Journal of Applied Mechanics*, 18:31-38.

Mirza, W. H. ve Petty, M., (1971), “On the Vibration of Point-Supported Plates”, *Journal of Sound and Vibrations*, 15:143-145.

Mizusawa, T., (1986), “Natural Frequencies of Rectangular Plates with Free Edges”, *Journal of Sound and Vibration*, 105:451-459.

Mizusawa, T. ve Kajita, T., (1987), “Vibration of Skew Plates Resting on Point Supports”, *Journal of Sound and Vibration*, 115(2):243-251.

Morita, C., Matsuda, H., Sakiyama, T. ve Hagino, T., (1995), “A Free Vibration of Anisotropic Rectangular Plates with Various Boundary Conditions”, *Journal of Sound and Vibration*, 187(5):757-770.

Mukhopadhyay, M., (1989), “Vibration and Stability Analysis of Stiffened Plates by Semi-Analytic Finite Difference Method, Part I: Consideration of Bending Displacements Only”, *Journal of Sound and Vibration*, 130(1):27-39.

- Mulcahy, T. M., (1973), "Steady-State Responses of a Beam on Idealized Strain-Hardening Foundations for a Moving Load", Transactions of the ASME, December:1040-1044.
- Narita, Y., (1984), "Note on Vibrations of Point Supported Rectangular Plates", Journal of Sound and Vibration, 93:593-597.
- Raju, I. S. ve Rao, C. L. A., (1983), "Free Vibration of a Square Plate Symmetrically Supported at Four Points on The Diagonals", Journal of Sound and Vibration, 90:291-297.
- Rao, G. V., Raju, I. S. ve Amba-Rao, C. L., (1973), "Vibrations of Point Supported Plates", Journal of Sound and Vibration, 29:387-391.
- Rao, G. V., (1975), "Fundamental Frequency of a Square Panel with Multiple Point Supported Plates", Journal of Sound and Vibration, 38:271-279.
- Rao, G. V., Amba-Rao, C. L. ve Murthy, T. V. K., (1975), "On the Fundamental Frequency of Point Supported Plates", Journal of Sound and Vibration, 40:561-562.
- Rajalingham, C., Bhat, R. B. ve Xistris, G. D., (1996), "Vibration of Rectangular Plates Using Plate Characteristic Functions as Shape Functions in Rayleigh-Ritz Method", Journal of Sound and Vibration, 193(2):497-509.
- Reddy, N. J. ve Phan, N. D., (1985), "Stability and Vibration of Isotropic, Orthotropic and Laminated Plates According to a Higher-Order Shear Deformation Theory", Journal of Sound and Vibration, 98(2):157-170.
- Reddy, N. J., Phan, N. D., (1985), "Stability and Vibration of Isotropic, Orthotropic and Laminated Plates According To a Higher-Order Shear Deformation Theory", Journal of Sound and Vibration, 98(2):157-170.
- Reddy, N. J., (1982), "Large Amplitude Flexural Vibrations of Layered Composite Plates with Cutouts", Journal of Sound and Vibrations, 83:1-10.
- Reissner, E., (1954), "The Effect of Transverse Shear Deformation on the Bending of Elastic Plates", Journal of Applied Mechanics, 67:69-77.
- Petyt, M. ve Mirza, W. H., (1972), "Vibration Column-Supported Floor Slabs", Journal of Sound and Vibrations, 21:355-364.
- Sadasiva-Rao, Y. V. K., Rao, G. V. ve Amba-Rao, C. L., (1974), "Experimental Study of Vibrations of a Point Supported Square Plate", Journal of Sound and Vibration, 32:286-289..
- Sathyamoorthy, M., (1987), "Nonlinear Vibration Analysis of Plates: a Review and Survey of Current Developments", Applied Mechanics Review, 40:1553:1561.
- Singh, G., Rao, G.V., Iyengar, H. G. R., (1995), "Finite Element Analysis of The Non-Linear Vibrations Of Moderately Thick Unsymmetrical Laminated Composite Plates", Journal of Sound and Vibration, 181(2):315-329.
- Singh, J. P. Ve Dey, S. S., (1992), "Parametric Instability of Rectangular Plates by The Energy Based Finite Difference Method", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 97:1-21.
- Soldatos, K. P., (1995), "Generalization of Variationally Consistent Plate Theories on The Basis of a Vectorial Formulation", Journal of Sound and Vibration, 183(5):819-839.
- Spilker, R. L., (1980), "Edge Effects in Symetric Composite Laminates: Importance of

- Satisfying the Traction-Free-Edge Condition”, *Journal of Composite Materials*, 14:2-20.
- Spiegel, M. R., (1964), “Complex Variables”, McGraw-Hill, New York.
- Srinivasan, R. S. ve Munaswamy, K., (1975), “Frequency Analysis Of Skew Orthotropic Point Supported Plates”, *Journal Of Sound And Vibrations*, 39(2):207-216.
- Szilar, R., (1974), “Theory and Analysis of Plates”, Prentice-Hall, New Jersey.
- Tessler, A., Salther, E. ve Tsui, T., (1995), “Vibration of Thick Laminated Composite Plates”, *Journal of Sound and Vibration*, 179(3):475-498.
- Timoshenko, S. P., (1955), “Vibration Problems in Engineering”, Van-Nostrand, Toronto.
- Timoshenko, S. P. Ve Woinowsky-Krieger, S., (1959), “Theory of Plates and Shells”, McGraw-Hill, New York.
- Villagio, P., (1983), “A Free Boundary Value Problem in Plate Theory”, *Journal of Applied Mechanics*, 50:297-302.
- Yamada, G., Irie, T. ve Takahashi, M., (1985), “Determination of Steady State Response of a Viscoelastically Point-Supported Rectangular Plate” , *Journal of Sound and Vibration*, 102(2):285-295.
- Yin, W. L., (1994), “Free-Edge Effects in Anisotropic Laminates Under Extension, Bending and Twisting, Part I: A Stres-Function-Based Variational Approach”, *Transactions of the ASME*, 61:410-415.
- Yin, W. L., (1994), “Free-Edge Effects in Anisotropic Laminates Under Extension, Bending and Twisting, Part II: Eigenfunction for Symetric Laminates”, *Transactions of the ASME*, 61:416-421.
- Whitney, M. L. ve Sun, C. T., (1973), “A Higher Order theory for Extensional Motion of Laminated Composites”, *Journal of Sound and Vibration*, 30:85-97.
- Whitney, M. L. ve Leissa, A. W., (1969), “Analysis of Heterogenous Anisotropic Plates”, *Journal of Applied Mechanics*, 36:261-266.
- Wu, C. I. ve Vinson, J. R., (1969), “On Nonlinear Oscillations of Plates Composed of Composite Materials”, 3:548-561.
- Wu, C. P. ve Chen, W. Y., (1994), “Vibration and Stability of Laminated Plates Based on a Local High Order Plate Theory”, *Journal of Sound and Vibration*, 177(4):503-520.

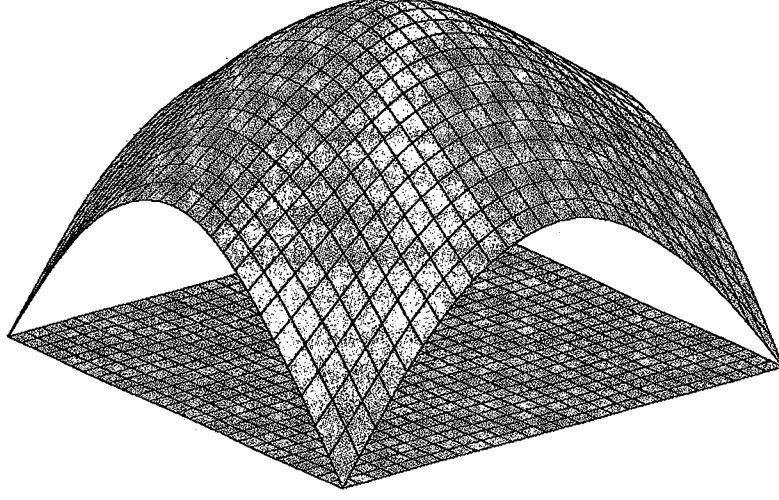
EKLER

- Ek 1 Simetrik Mod Şekilleri
- Ek 2 Anizotropi Etkisi-I-
- Ek 3 Anizotropi Etkisi-II-
- Ek 4 Yükün Etki Noktasının Plak Formu Üzerine Etkisinin İncelenmesi
- Ek 5 Kromm Yerdeğiştirme Fonksiyonu Kullanılan Plak için Şekil Değiştirme Enerjisi ve Şekildeğiştirme Enerjisinin Çökme ve Ortalama Dönmelere Göre Değişim İfadeleri

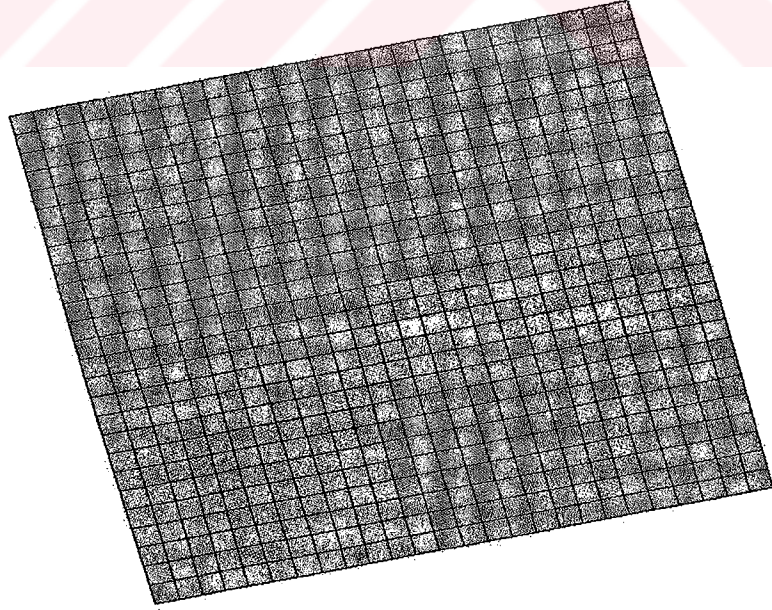


Ek 1 Simetrik Mod Şekilleri

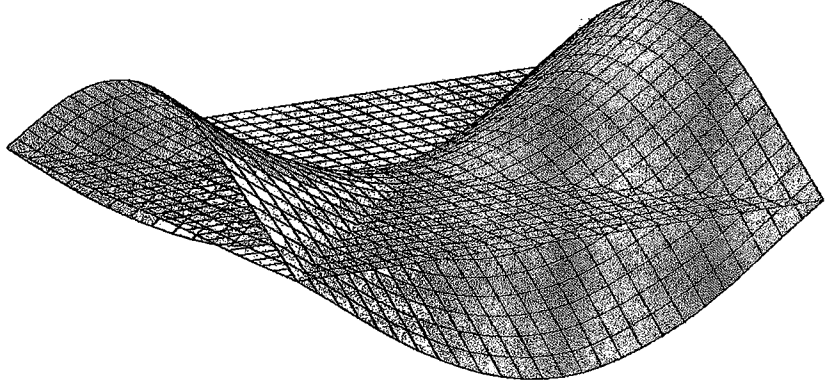
Bu bölümde nokta mesnetli plakların simetrik serbest titreşim modları gösterilmiştir.



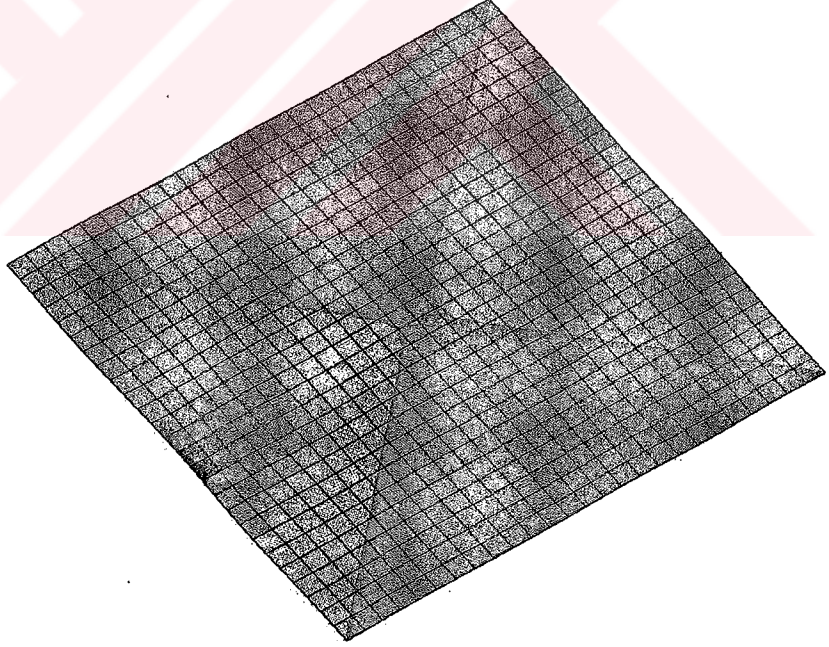
Şekil E1.1 Birinci mod, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



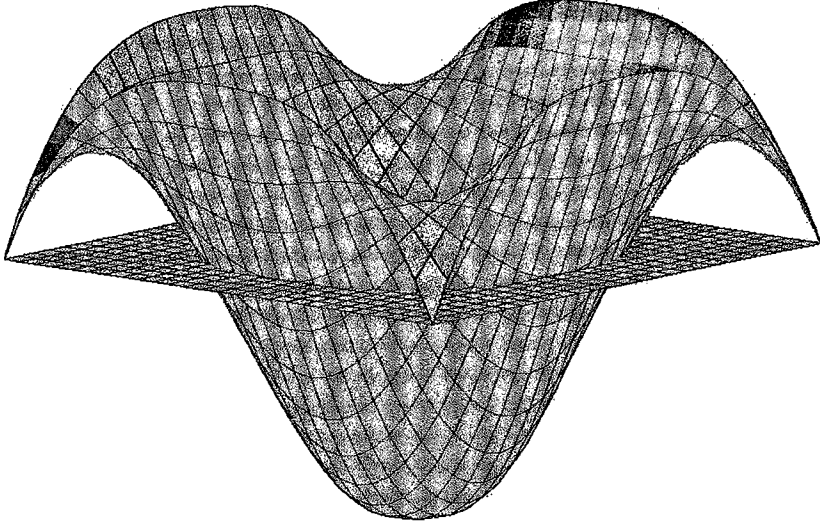
Şekil E1.2 Birinci mod üstten görünüş, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



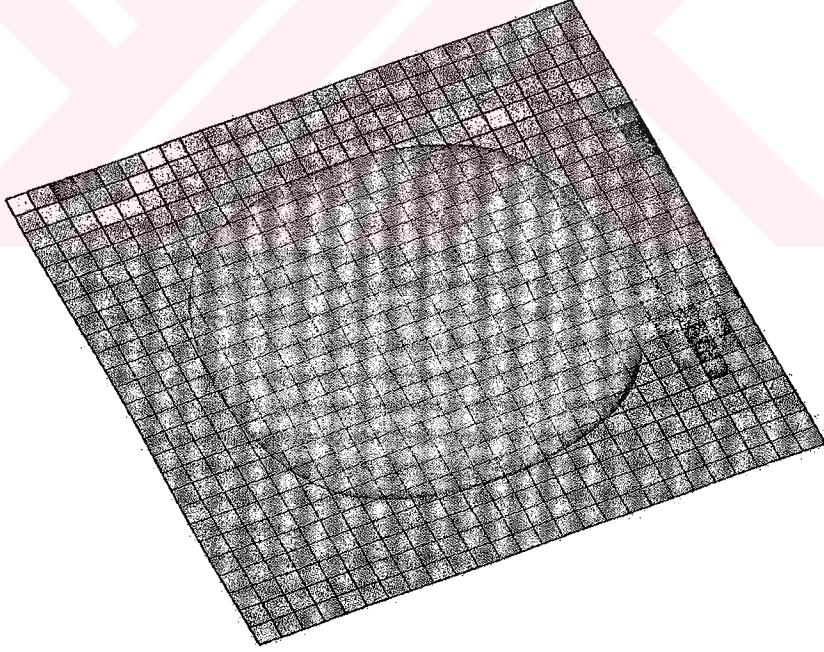
Şekil E1.3 İkinci mod, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



Şekil E1.4 İkinci mod üstten görünüş, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



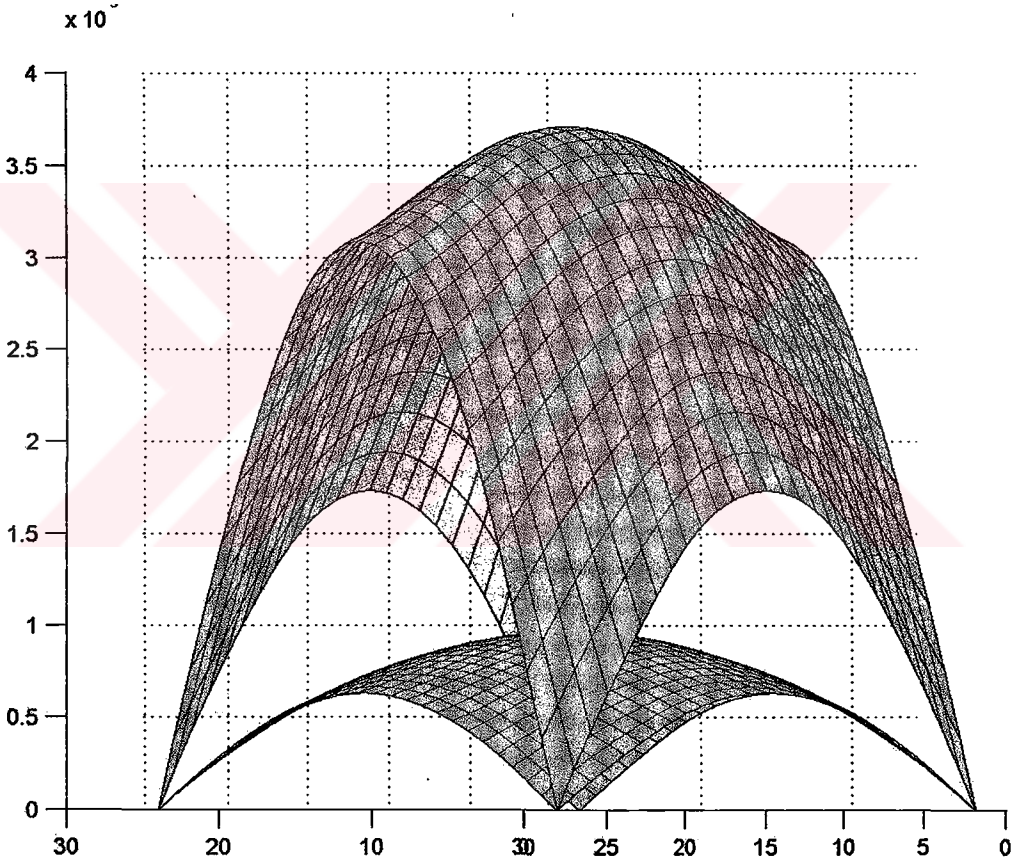
Şekil E1.5 Üçüncü mod, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1s}=x_{2s}=0.5$)



Şekil E1.6 Üçüncü mod üstten görünüş, ($E_2/E_1=1.0$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1s}=x_{2s}=0.5$)

Ek 2 Anizotropi Etkisi-I-

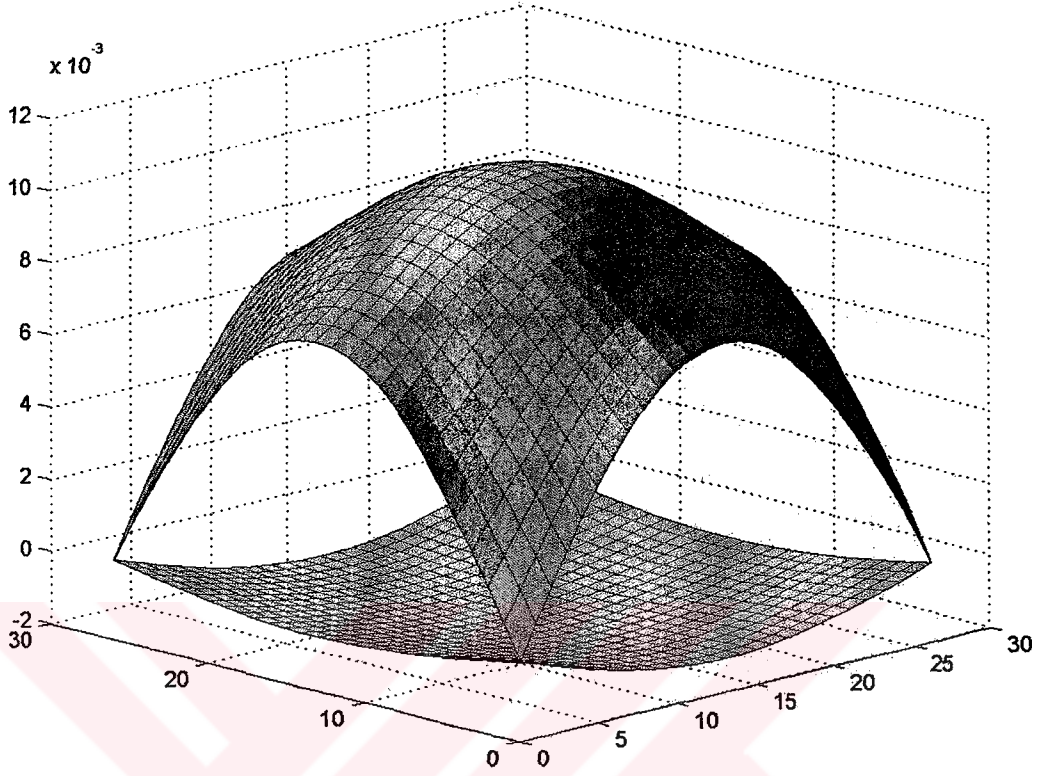
Bu kısımda her birisi farklı anizotropi oranına sahip malzemeden imal edilmiş iki ayrı plağın λ 'nın birinci mod bölgesi yakın civarında değişmesi durumunda plakların davranışı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Böylece iki farklı plağın aynı λ değerlerinde farklı mod bölgelerinde olabilmesi durumu bu iki plağın aynı şekil üzerinde gösterildikleri şekillerden daha iyi anlaşılmaktadır. λ boyutsuz frekans parametresi 6, 7 ve 7.5 olan üç farklı frekanstaki yükle yüklenen izotrop ve yönlere bağlı Young modulleri oranı 0.6 olan malzemeden imal edilmiş plakların aldıkları formlar Şekil E2.1, Şekil E2.2 ve Şekil E2.3' de gösterilmiştir. Söz konusu frekans aralığı ($6 < \lambda < 7.5$) izotrop ve anizotrop malzemeden imal edilmiş plakların birinci modlarının olduğu λ değerlerini kapsar.



Şekil E2.1 $\lambda_{YÜK}=6, \kappa_s \rightarrow \infty, \gamma_s=0$ değerleri için plak formu

Şekil E2.1' de aynı şekil üzerinde gösterilen iki plakta $\lambda=6$ değerinde birinci mod bölgesinin altında kaldıkları için aynı forma sahiptirler. Ancak izotrop malzemeden imal edilmiş plağın formundaki simetri anizotrop malzemeden imal edilmiş plakta mevcut değildir. Aynı büyüklükteki yük ile yüklenmiş olmasına rağmen anizotrop plağın izotrop plağa göre daha fazla deplasman yaptığı Şekil E2.1'de gözükmektedir. Bunun sebebi yükün frekansı olan $\lambda=6$

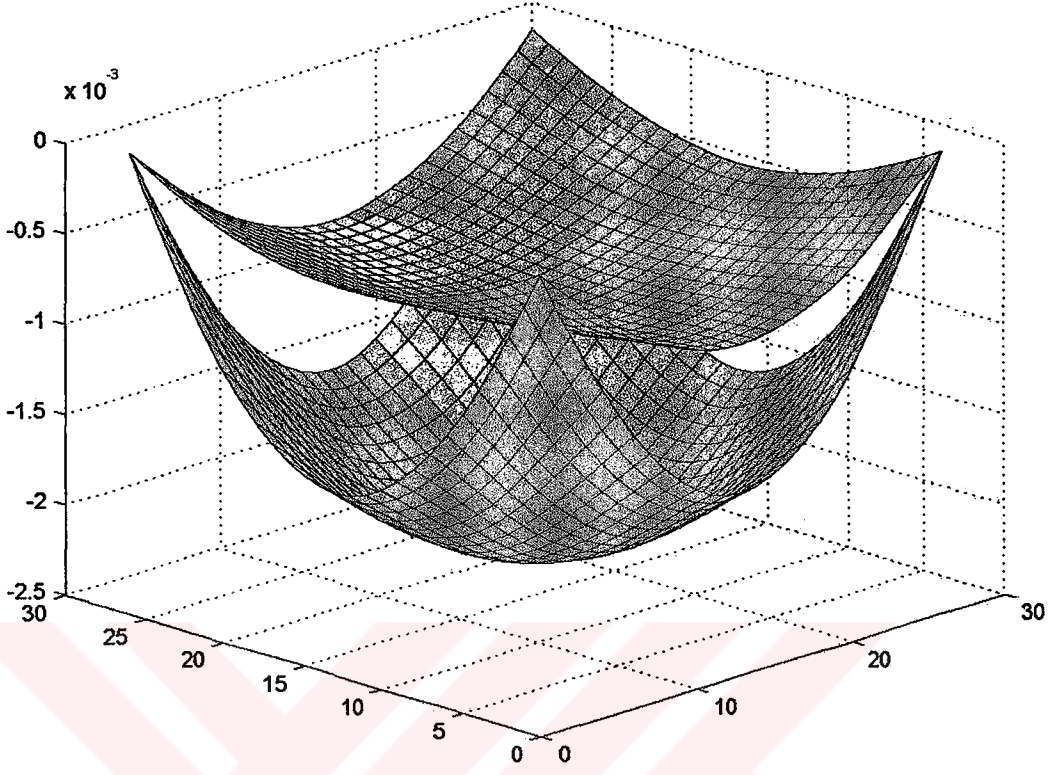
değerinin anizotrop plağın birinci modu olan $\lambda=6.687'$ ye ($E_2/E_1=0.6$ için) daha yakın olmasıdır.



Şekil E2.2 $\lambda_{YÜK}=7, \kappa_s \rightarrow \infty, \gamma_s=0$ değerleri için plak formu

Şekil E2.2' ise $\lambda=7$ değerine sahip yük ile yüklü yüklenmiş plaklardan anizotrop olanı için birinci mod değeri aşılmış olup plağın tamamı sıfır düzleminin altında kalacak şekilde bir form almıştır. $\lambda=7$ değeri izotrop malzemeden imal edilmiş olan plağın birinci modu olan $\lambda=7.110$ değerine çok yakın olması sebebi ile izotrop plağın deplasmanı anizotrop olanına göre daha fazladır. Anizotropinin etkisi aynı yükleme altında iki farklı formun oluşumunun görüldüğü Şekil E2.2' den açıkça görülmektedir.

Son olarak Şekil E2.3' de her iki plakta birinci modun oluştuğu λ değerinden daha büyük olan $\lambda=7.5$ boyutsuz frekansına sahip yük ile yüklenmiş olan plakların formları görülmektedir.



Şekil E2.3 $\lambda_{YÜK}=7.5$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$ değerleri için plak formu

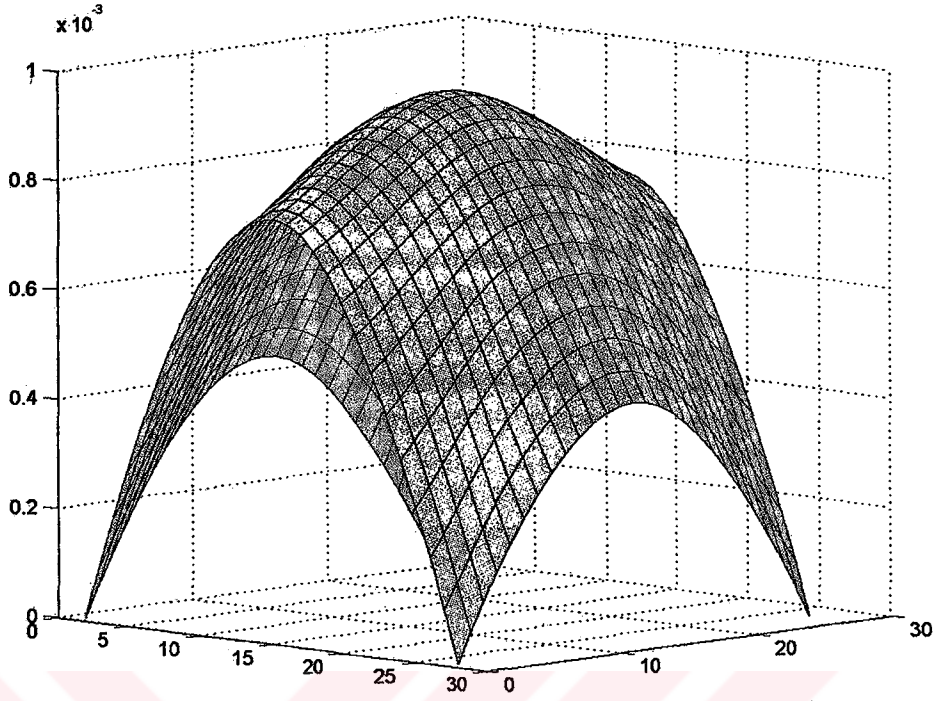
Ek 3 Anizotropi Etkisi-II-

Bu kısımda Ek 2' de yapılmış olan çalışmada olduğu gibi izotrop ve anizotrop ($E_2/E_1=0.6$) malzemeden imal edilmiş plaklar köşegenlerinin kesiştiği noktadan tekil yükle yüklenmişlerdir. Yükle frekansının her iki malzeme içinde ilk üç simetrik modu içine alacak aralıkta değişmesi durumunda plakların aldıkları formlar aşağıdaki şekillerde gösterilmişlerdir. Yapılan analizlerde nokta mesnetlerin viskoz sönüm katsayısı sıfır, elastik nokta mesnet katsayısı ise çökme yapmayan nokta mesnet durumu sağlanacak kadar yüksek bir değerde alınmış olup nokta mesnetler plağın köşelerine yerleştirilmişlerdir.

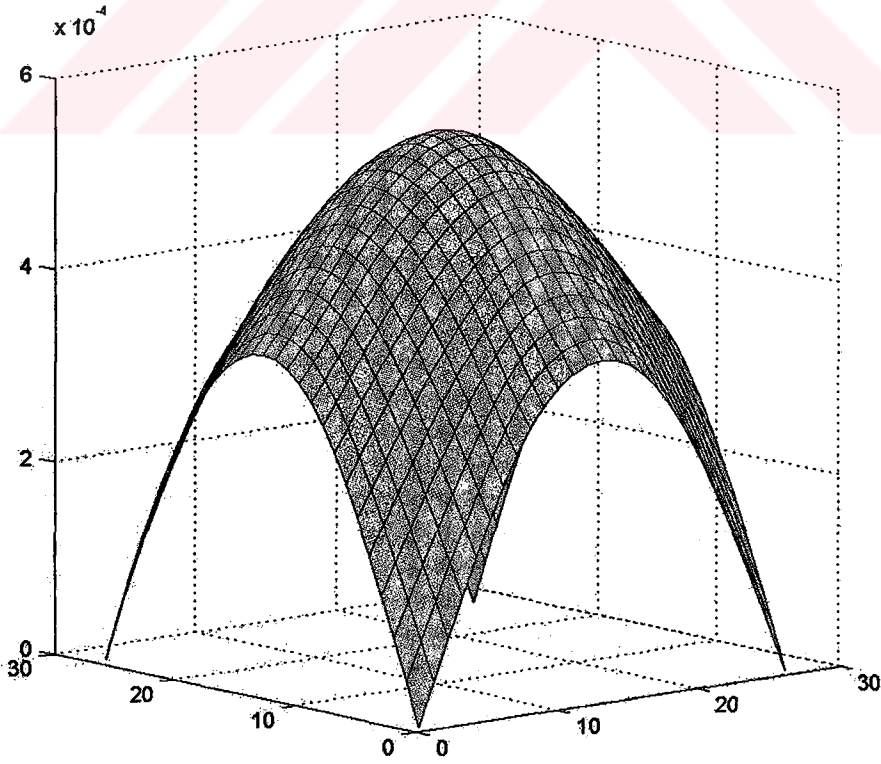
Çizelge E3.1 ($\kappa_s=\infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)

Serbest Titreşim Modları	λ
SS-I ($E_2/E_1=1$)	7.107
SS-I ($E_2/E_1=0.6$)	6.322
SS-II ($E_2/E_1=1$)	19.579
SS-II ($E_2/E_1=0.6$)	18.205
SS-III ($E_2/E_1=1$)	44.292
SS-III ($E_2/E_1=0.6$)	42.527

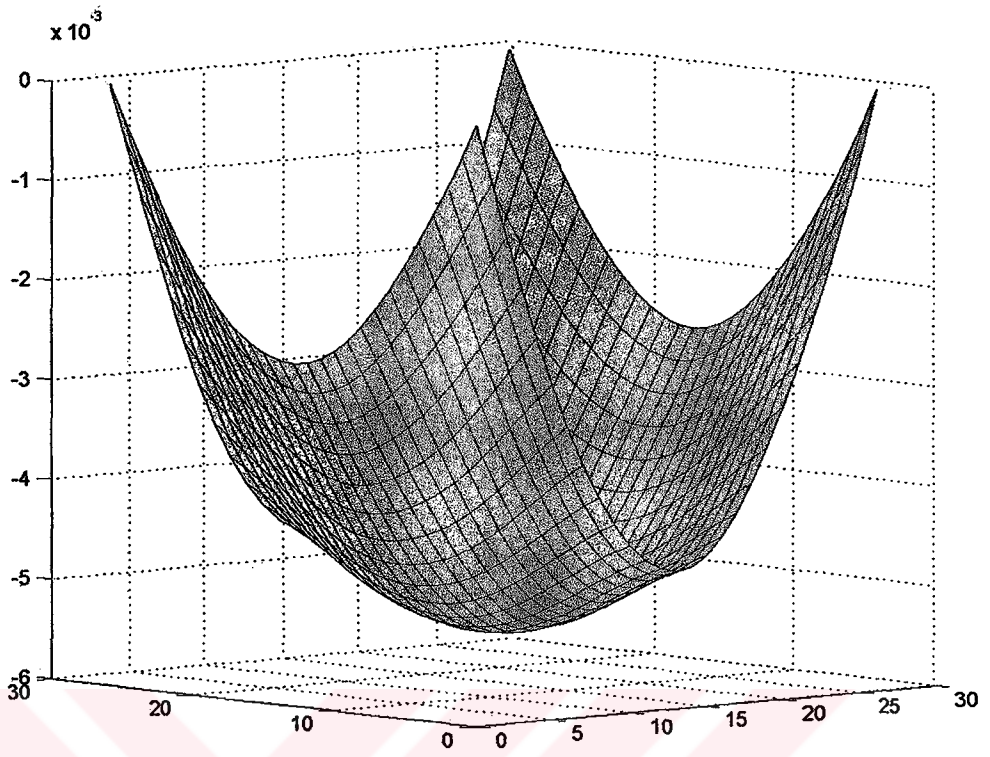
Her sayfada resimlerden üstte olanı anizotrop malzemeden imal edilmiş altta olanı ise izotrop malzemeden imal edilmiş olan plaklara aittir. Yükleme kare plağın köşegenlerinin kesiştiği noktadan yapılmasına rağmen anizotrop malzeme ile imal edilmiş plağın birbirlerine komşu olan kenarlarının deplasmanlarındaki eşitsizlik hemen göze çarpmaktadır aynı durum izotrop malzemeden imal edilmiş plak için geçerli değildir. Çizelge E3.1' de görüldüğü gibi anizotrop malzeme ile imal edilmiş plağın serbest titreşim modları izotrop malzemeden imal edilmiş plağa göre daha düşük değerlerde olması zorlanmış titreşim için elde edilmiş olan şekillerde açıkça görülmektedir. Köşegenlerinin kesişme noktasından tekil yük ile yüklenen izotrop ve anizotrop plakların arka arkaya gelen mod bölgelerinde plağın köşegenlerinin kesişme noktasının plak sıfır düzleminin altında ve üstünde veya üstünde ve altında kaldıkları gözlemlenmiştir.



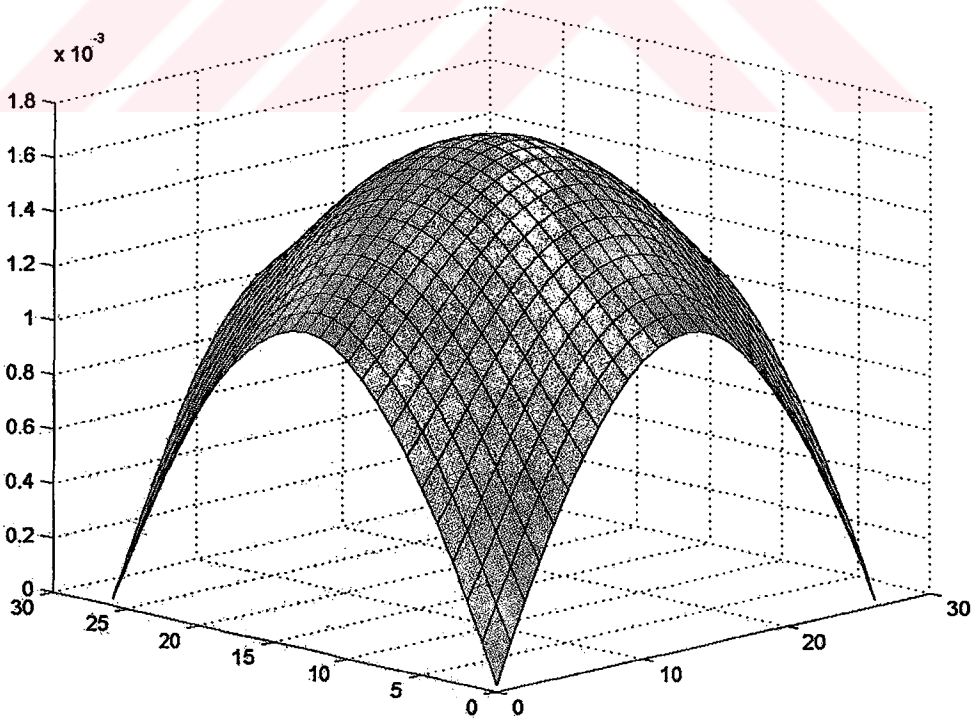
Şekil E3.1 $\lambda_{YOK} = 5$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



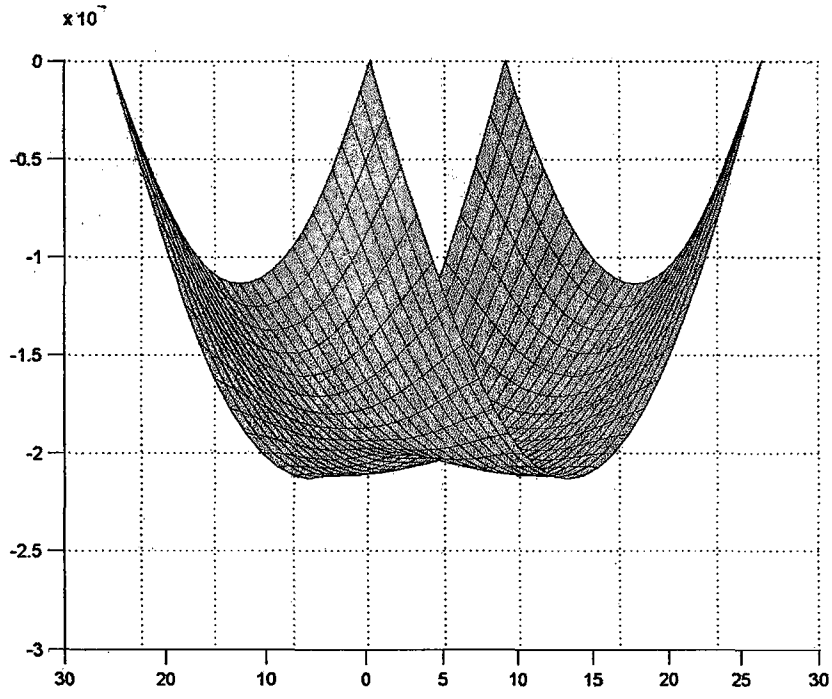
Şekil E3.2 $\lambda_{YOK} = 5$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



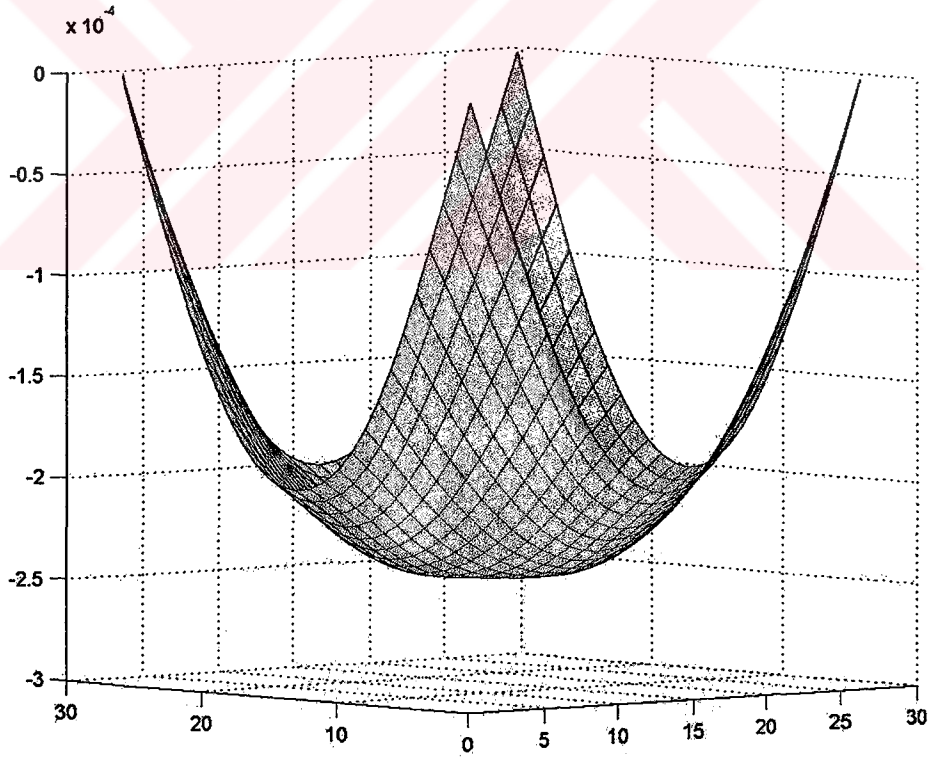
Şekil E3.3 $\lambda_{YÜK} = 6.5$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



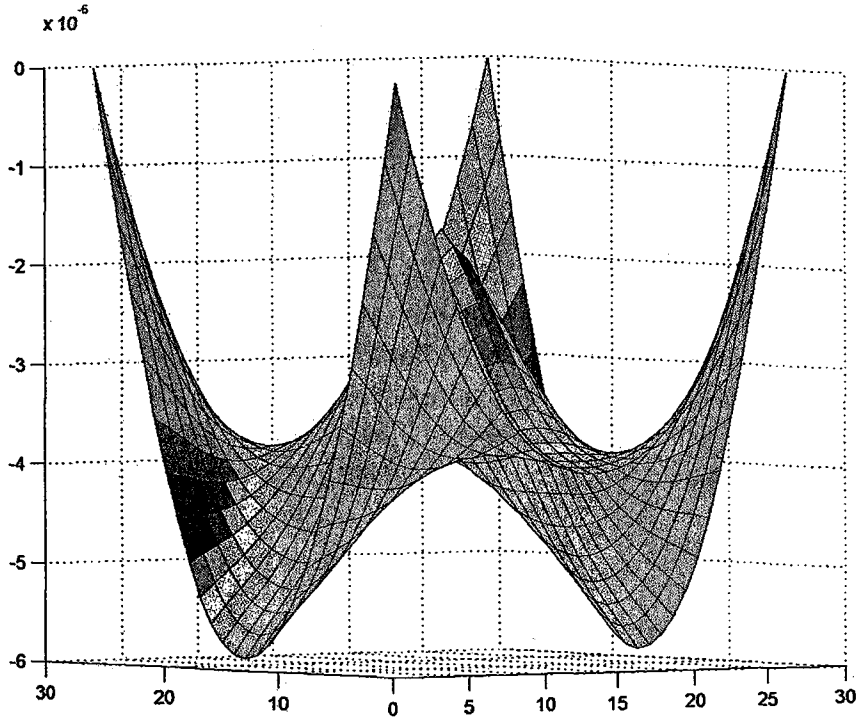
Şekil E3.4 $\lambda_{YÜK} = 6.5$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



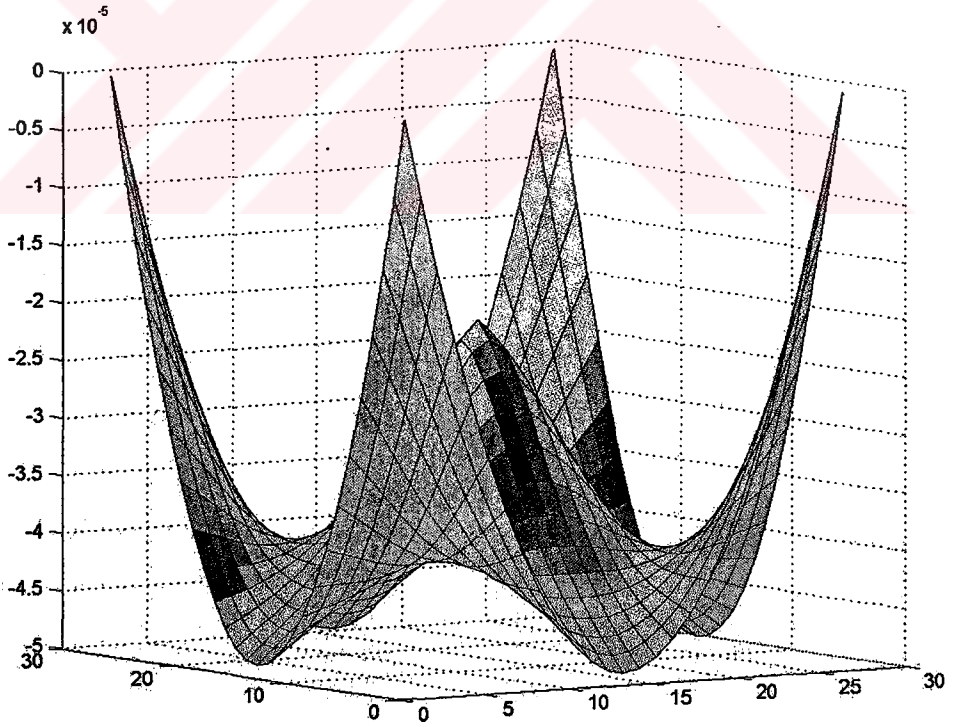
Şekil E3.5 $\lambda_{YÜK} = 10$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



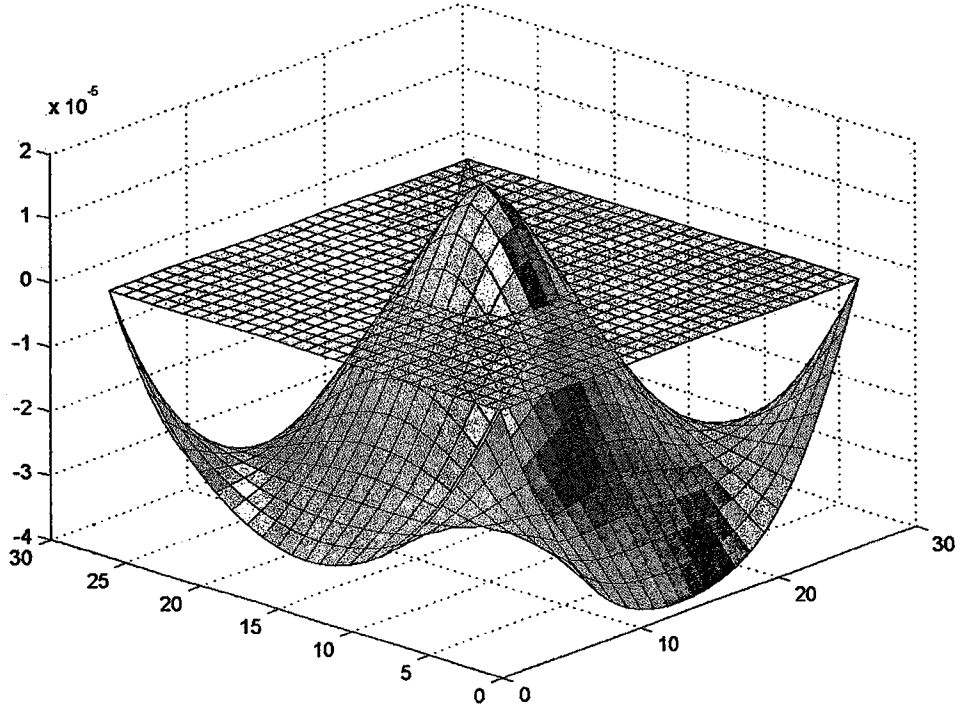
Şekil E3.6 $\lambda_{YÜK} = 10$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



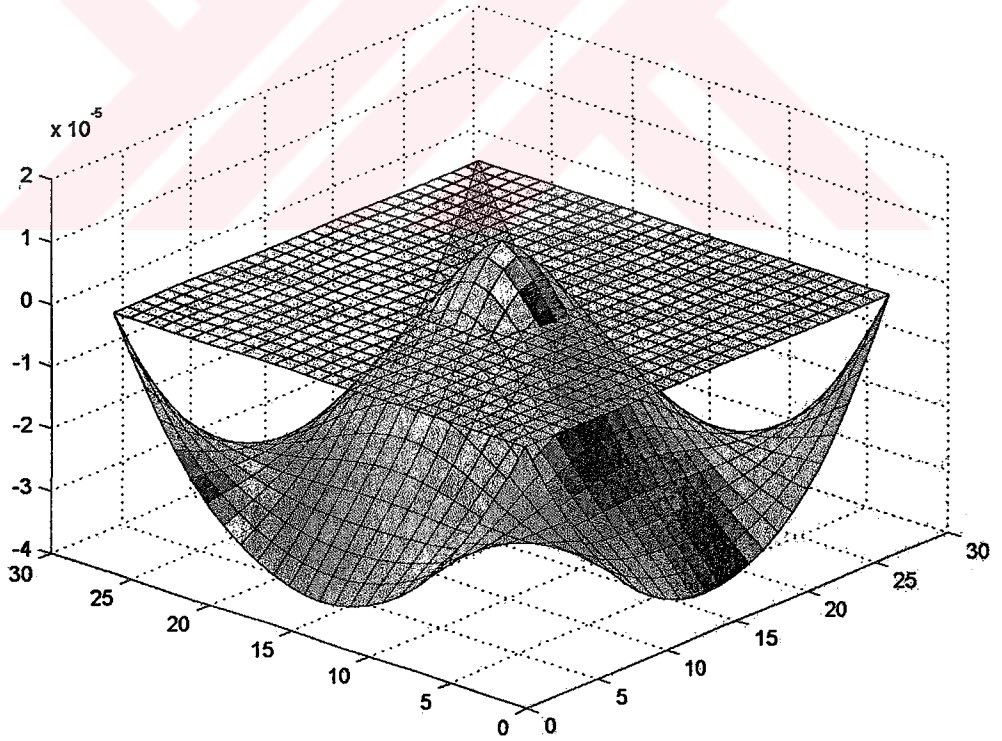
Şekil E3.7 $\lambda_{YÜK} = 18$ için plak formu, $(E_2/E_1=0.6, \kappa_s \rightarrow \infty, \gamma_s=0, x_{1S}=x_{2S}=0.5)$



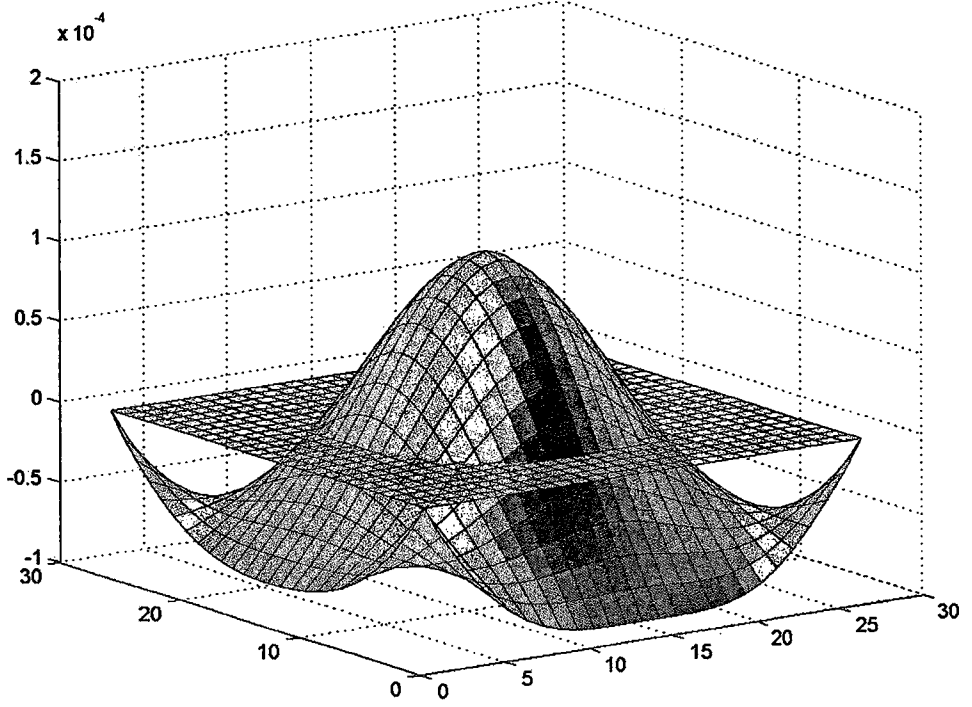
Şekil E3.8 $\lambda_{YÜK} = 18$ için plak formu, $(E_2/E_1=1, \kappa_s \rightarrow \infty, \gamma_s=0, x_{1S}=x_{2S}=0.5)$



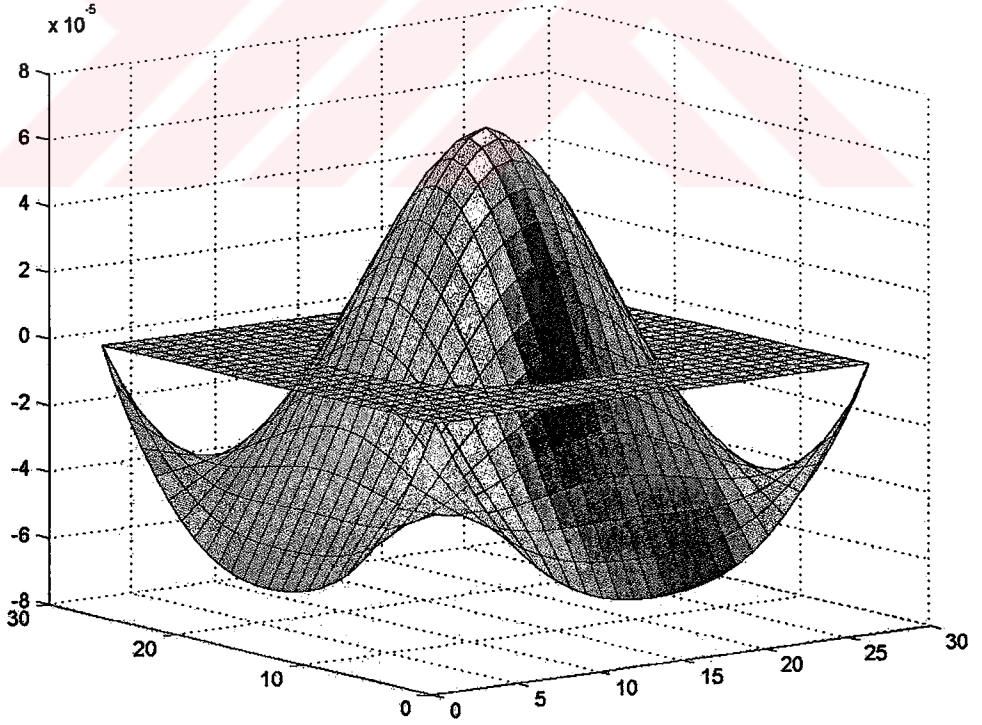
Şekil E3.9 $\lambda_{YÜK} = 25$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



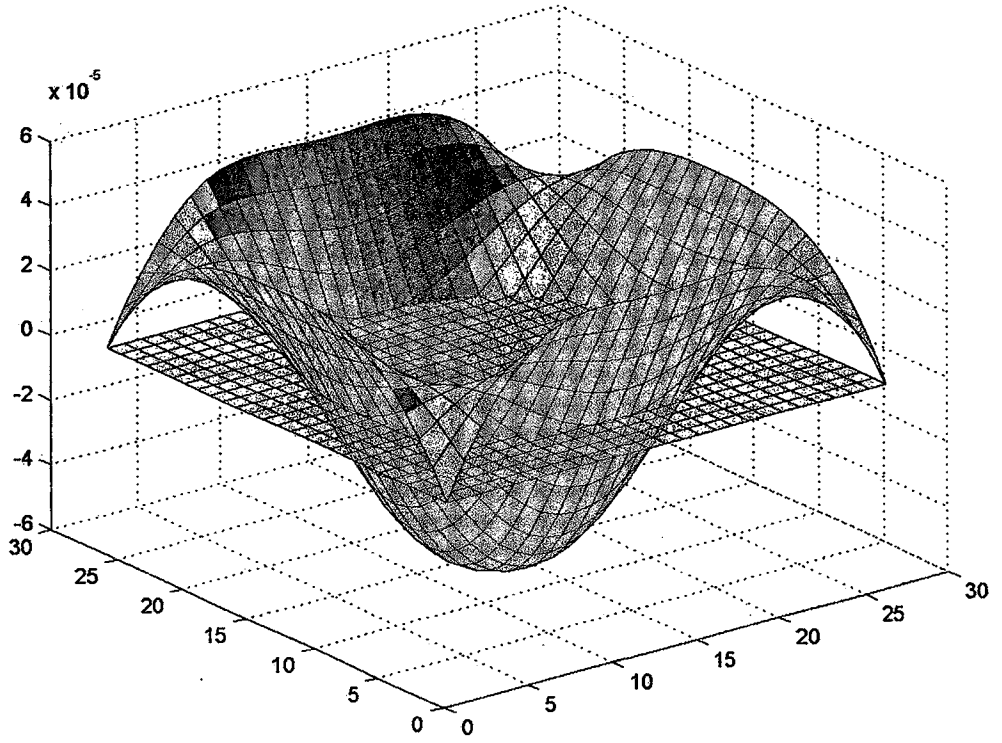
Şekil E3.10 $\lambda_{YÜK} = 25$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



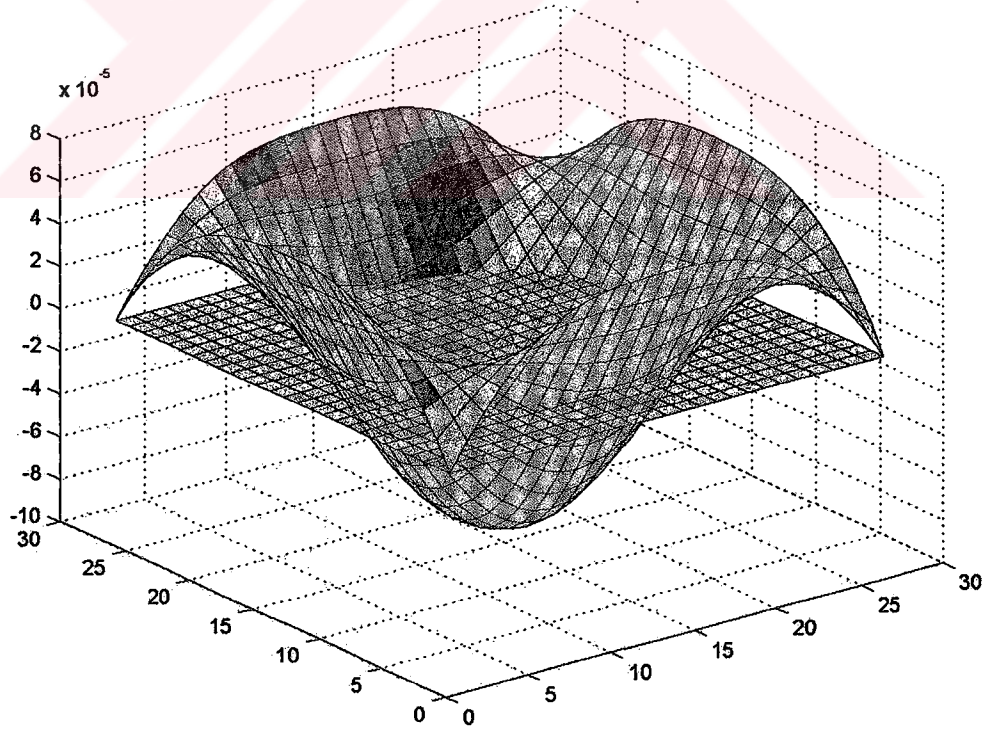
Şekil E3.11 $\lambda_{YÜK} = 38$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



Şekil E3.12 $\lambda_{YÜK} = 38$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)



Şekil E3.13 $\lambda_{YÜK} = 48$ için plak formu, ($E_2/E_1=0.6$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)

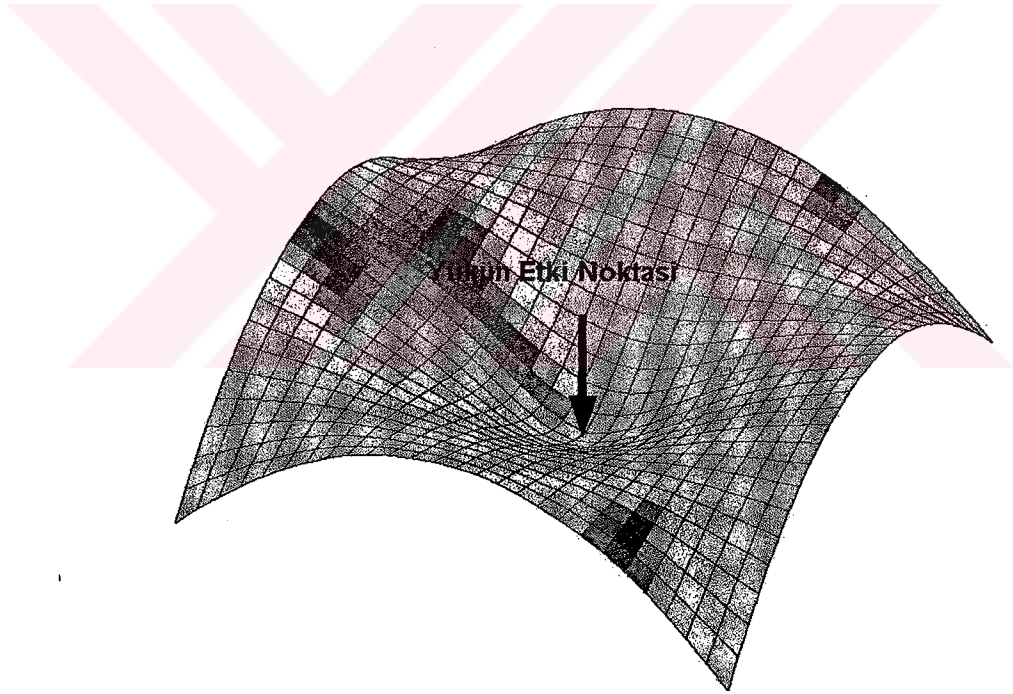


Şekil E3.14 $\lambda_{YÜK} = 48$ için plak formu, ($E_2/E_1=1$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$, $x_{1S}=x_{2S}=0.5$)

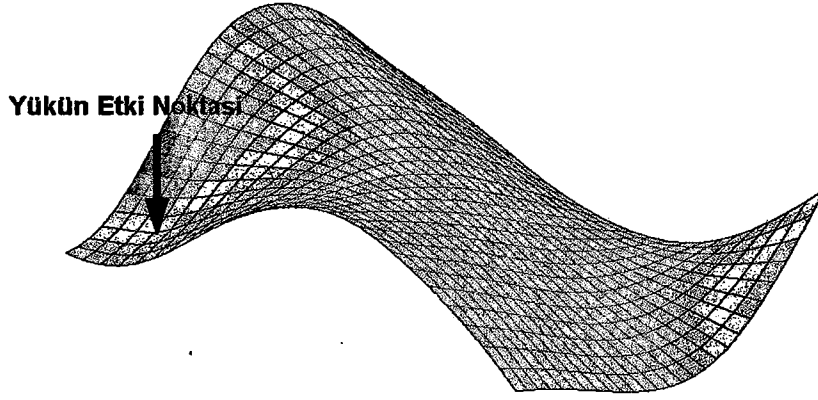
Ek 4 Yükün Etki Noktasının Plak Formu zerine Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde yükün etki noktası ve frekansına bağlı olarak plağın alacağı formlar incelenmiştir. Bu amaçla plağın ikinci modunun oluştuğu frekans olan 19.579 değerinden biraz yukarıda (22) bir frekansa sahip olan yükün plağın farklı noktalarından etkimesi durumunda plağın aldığı şekiller incelenmiştir. Bunun için plağın ikinci mod şekline uygun davranışlar sergilediği bölge seçilmiştir çünkü bu modda plağın sıfır düzlemi ile keşiştiği bölgelerin yeri kesin olarak bellidir. İkinici mod bölgesinde plak sıfır düzlemi plağın köşegenleri ile üstüste düşmektedir (şekil E1.4).

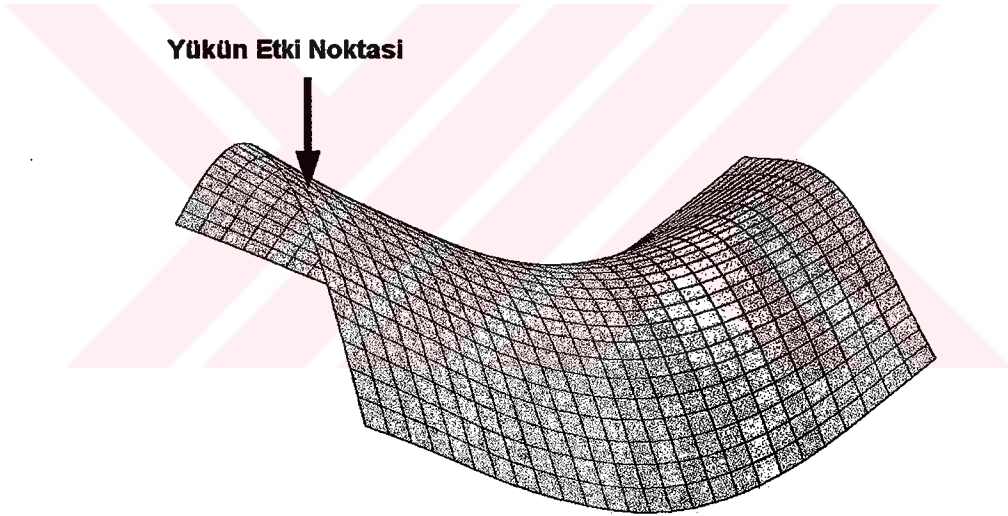
Boyutsuz frekansının 22 olduğu bilinen yk ile her iki köşegenin keşiştiği noktadan, köşegenlerden birisinin üzerinde bulunan noktadan ve son olarak köşegen üzerinde bulunmayan plak kenarlarından birisinin orta noktasından yapılan  yüklemeden elde edilen şekiller aşağıda sırası ile verilmişlerdir.



şekil E4.1 Köşegeni üzerinden yüklemeye maruz plağın formu, ($\lambda_{YK}=22$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$)



Şekil E4.2 Tek bir köşegen üzerinden yüklemeye maruz plağın formu, ($\lambda_{YÜK}=22$, $\kappa_s \rightarrow \infty$, $\gamma_s=0$)



Şekil E4.3 Etki noktası köşegenlerden birisi olmayan yüklemeye maruz plağın formu,

$$(\lambda_{YÜK}=22, \kappa_s \rightarrow \infty, \gamma_s=0)$$

Şekiller incelendiğinde her üç yükleme durumu için yükün şiddeti ve frekansı aynı olmasına rağmen sadece deplasmanlar değil plakların formlarında farklılıklar göstermiştir. Şekil E4.3 yani yüklemenin köşegenler üzerinde olmadığı durumda plağın formu ikinci mod bölgesine ait olan plak formunu sağlamaktadır. Sonuç olarak plak sıfır düzlemi ile kesiştiği noktalardan yapılan yüklemelerde söz konusu plağın ait olduğu mod şekli zorlanmış titreşimde görülememiştir.

Ek 5 Kromm Yerdeğiştirme Fonksiyonu Kullanılan Plak için Şekil Değiştirme Enerjisi ve Şekildeğiştirme Enerjisinin Çökme ve Ortalama Dönmelere Göre Değişim İfadeleri

$$\begin{aligned}
 U = & -\frac{1}{2} \int_0^t \int_R \left\{ \left[W_{,11}(-D_{11}) + W_{,22}(-D_{12}) + \psi_{1,1} \left(\frac{h^2}{8} D_{11} - \frac{1}{6} F_{11} \right) + \psi_{2,2} \left(\frac{h^2}{8} D_{12} - \frac{1}{6} F_{12} \right) \right] \right. \\
 & \left[-W_{,11} + \frac{h^2}{8} \psi_{1,1} \right] + \left[W_{,11}(-F_{11}) + W_{,22}(-F_{12}) + \psi_{1,1} \left(\frac{h^2}{8} F_{11} - \frac{1}{6} H_{11} \right) + \psi_{2,2} \left(\frac{h^2}{8} F_{12} - \frac{1}{6} H_{12} \right) \right] \\
 & \left[-\frac{1}{6} \psi_{1,1} \right] + \left[W_{,11}(-D_{12}) + W_{,22}(-D_{22}) + \psi_{1,1} \left(\frac{h^2}{8} D_{12} - \frac{1}{6} F_{12} \right) + \psi_{2,2} \left(\frac{h^2}{8} D_{22} - \frac{1}{6} F_{22} \right) \right] \\
 & \left[-W_{,22} + \frac{h^2}{8} \psi_{2,2} \right] + \left[W_{,11}(-F_{12}) + W_{,22}(-F_{22}) + \psi_{1,1} \left(\frac{h^2}{8} F_{12} - \frac{1}{6} H_{12} \right) + \psi_{2,2} \left(\frac{h^2}{8} F_{22} - \frac{1}{6} H_{22} \right) \right] \\
 & \left[-\frac{1}{6} \psi_{2,2} \right] + \left[W_{,12}(-2D_{66}) + \psi_{1,2} \left(\frac{h^2}{8} D_{66} - \frac{1}{6} F_{66} \right) + \psi_{2,1} \left(\frac{h^2}{8} D_{66} - \frac{1}{6} F_{66} \right) \right] \\
 & \left[-2W_{,12} + \frac{h^2}{8} (\psi_{1,2} + \psi_{2,1}) \right] + \left[W_{,12}(-2F_{66}) + \psi_{1,2} \left(\frac{h^2}{8} F_{66} - \frac{1}{6} H_{66} \right) + \psi_{2,1} \left(\frac{h^2}{8} F_{66} - \frac{1}{6} H_{66} \right) \right] \\
 & \left[\frac{h^2}{6} (\psi_{1,2} + \psi_{2,1}) \right] + \psi_2^2 \frac{h^2}{8} \left(\frac{h^2}{8} A_{44} - \frac{1}{2} D_{44} \right) - \psi_2^2 \frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{8} D_{44} - \frac{1}{2} F_{44} \right) + \psi_1^2 \frac{h^2}{8} \left(\frac{h^2}{8} A_{55} - \frac{1}{2} D_{55} \right) \\
 & \left. - \psi_1^2 \frac{1}{2} \left(\frac{h^2}{8} D_{55} - \frac{1}{2} F_{55} \right) \right\} dAdt \quad (E5.1)
 \end{aligned}$$

(E5.1) Şekil değiştirme enerjisini boyutsuz büyüklüklerle ve sonlu farklar operatörleri ile ifade edebilmek için

$$X_1 = ax_1, X_2 = bx_2, W = a\bar{w}, \psi_1 = \frac{\bar{\varphi}_1}{a^2}, \psi_2 = \frac{\bar{\varphi}_2}{a^2}, \beta = \frac{h}{a}, E' = \frac{E_2}{E_1}, GE = \frac{G_{12}}{E_1}, GE' = \frac{G_{13}}{E_1},$$

$$GE^* = \frac{G_3}{E_1}$$

kabulleri yapılırsa boyutsuz büyüklüklerle şekil değiştirme ifadesi aşağıdaki hali alır.

$$\begin{aligned}
U_{m,n} = & -\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{\Delta x_1^4} (\bar{w}_{m-1,n} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m+1,n})^2 + \frac{E'}{\Delta x_2^4} (\bar{w}_{m,n-1} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m,n+1})^2 \right. \\
& + \frac{2\nu_1}{\Delta x_1 \Delta x} (\bar{w}_{m-1,n} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m+1,n}) (\bar{w}_{m,n-1} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m,n+1}) \\
& - \frac{\beta^2}{10\Delta x_1^3} (\bar{w}_{m-1,n} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m+1,n}) (-\bar{\varphi}_{1(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{1(m+1,n)}) \\
& - \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1^2 \Delta x_2} (\bar{w}_{m-1,n} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m+1,n}) (-\bar{\varphi}_{2(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{2(m,n+1)}) \\
& - \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1 \Delta x_2^2} (\bar{w}_{m,n-1} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m,n+1}) (-\bar{\varphi}_{1(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{1(m+1,n)}) \\
& - \frac{\beta^2 E'}{10\Delta x_2^3} (\bar{w}_{m,n-1} - 2\bar{w}_{m,n} + \bar{w}_{m,n+1}) (-\bar{\varphi}_{2(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{2(m,n+1)}) \\
& + \frac{\beta^4}{400\Delta x_1^2} (-\bar{\varphi}_{1(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{1(m+1,n)}) (-\bar{\varphi}_{1(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{1(m+1,n)}) \\
& + \frac{\beta^4 \nu_{21}}{200\Delta x_1 \Delta x_2} (-\bar{\varphi}_{2(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{2(m,n+1)}) (-\bar{\varphi}_{1(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{1(m+1,n)}) \\
& + \frac{\beta^4 E'}{400\Delta x_2^2} (-\bar{\varphi}_{2(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{2(m,n+1)}) (-\bar{\varphi}_{2(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{2(m,n+1)}) \\
& + \frac{GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{4\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (\bar{w}_{m-1,n-1} - \bar{w}_{m-1,n+1} - \bar{w}_{m+1,n-1} + \bar{w}_{m+1,n+1}) (\bar{w}_{m-1,n-1} - \bar{w}_{m-1,n+1} - \bar{w}_{m+1,n-1} + \bar{w}_{m+1,n+1}) \\
& - \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\bar{\varphi}_{1(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{1(m,n+1)}) (\bar{w}_{m-1,n-1} - \bar{w}_{m-1,n+1} - \bar{w}_{m+1,n-1} + \bar{w}_{m+1,n+1}) \\
& + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (-\bar{\varphi}_{2(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{2(m+1,n)}) (\bar{w}_{m-1,n-1} - \bar{w}_{m-1,n+1} - \bar{w}_{m+1,n-1} + \bar{w}_{m+1,n+1}) \\
& + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{400\Delta x_2^2} (-\bar{\varphi}_{1(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{1(m,n+1)}) (-\bar{\varphi}_{1(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{1(m,n+1)}) \\
& + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{400\Delta x_1^2} (-\bar{\varphi}_{2(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{2(m+1,n)}) (-\bar{\varphi}_{2(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{2(m+1,n)})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1 \Delta x_2} (-\bar{\varphi}_{2(m-1,n)} + \bar{\varphi}_{2(m+1,n)}) (-\bar{\varphi}_{1(m,n-1)} + \bar{\varphi}_{1(m,n+1)}) \\
& + \left. \frac{\beta^2 GE'(1-\nu_{12}\nu_{21})}{10} \bar{\varphi}_{2(m,n)} \bar{\varphi}_{2(m,n)} + \frac{\beta^2 GE'(1-\nu_{12}\nu_{21})}{10} \bar{\varphi}_{1(m,n)} \bar{\varphi}_{1(m,n)} \right\} \alpha_{m,n} \Delta x_1 \Delta x_2 dt \quad (E5.3)
\end{aligned}$$

Şekil 3.5'deki ağ yapıları göz önünde bulundurulursa (E5.3) şekil değiştirme enerjisinin çökme ve ortalama dönmelere göre değişimleri alınır aşağıdaki ifadeler elde edilirler.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{1(m+1,n)}} &= + \frac{\beta^2}{10\Delta x_1^3} (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} + w_{m+1,n}) + \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1 \Delta x_2^2} (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} + w_{m,n+1}) \\
&- \frac{\beta^4}{200\Delta x_1^2} (-\varphi_{1(m-1,n)} + \varphi_{1(m+1,n)}) - \frac{\beta^4 \nu_{21}}{200\Delta x_1 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m,n-1)} + \varphi_{2(m,n+1)}) + \frac{\beta^4 \lambda^2}{\Delta x_1} w_{m,n} = 0 \\
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{1(m-1,n)}} &= - \frac{\beta^2}{10\Delta x_1^3} (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} + w_{m+1,n}) - \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1 \Delta x_2^2} (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} + w_{m,n+1}) \\
&+ \frac{\beta^4}{200\Delta x_1^2} (-\varphi_{1(m-1,n)} + \varphi_{1(m+1,n)}) + \frac{\beta^4 \nu_{21}}{200\Delta x_1 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m,n-1)} + \varphi_{2(m,n+1)}) - \frac{\beta^4 \lambda^2}{\Delta x_1} w_{m,n} = 0 \\
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{1(m,n-1)}} &= \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} - w_{m+1,n+1}) \\
&+ \frac{\beta^4 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^4 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1 \Delta x_1} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0 \\
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{1(m,n+1)}} &= + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} - w_{m+1,n+1}) \\
&+ \frac{\beta^4 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^4 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1 \Delta x_1} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0 \\
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{1(m,n)}} &= \left(\frac{\beta^6 \lambda^2}{600} - \frac{\beta^2 GE'(1-\nu_{12}\nu_{21})}{5} \right) \varphi_{1(m,n)} - \frac{\beta^4 \lambda^2}{240\Delta x_1} (-w_{m-1,n} + w_{m+1,n}) = 0 \\
\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2(m,n+1)}} &= + \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1^2 \Delta x_2} (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} + w_{m+1,n}) + \frac{\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_2^2} (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} + w_{m,n+1})
\end{aligned}$$

$$+\frac{\beta^4}{200\Delta x_2^2}(-\varphi_{2(m,n-1)}+\varphi_{2(m,n+1)})+\frac{\beta^4\nu_{21}}{200\Delta x_1\Delta x_2}(-\varphi_{1(m-1,n)}+\varphi_{1(m+1,n)})\Bigg)+\frac{\beta^4\lambda^2}{\Delta x_2}w_{m,n}=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2(m,n-1)}}=-\frac{\beta^2\nu_{21}}{10\Delta x_1^2\Delta x_2}(w_{m-1,n}-2w_{m,n}+w_{m+1,n})-\frac{\beta^2\nu_{21}}{10\Delta x_2^2}(w_{m,n-1}-2w_{m,n}+w_{m,n+1})$$

$$+\frac{\beta^4}{200\Delta x_2^2}(-\varphi_{2(m,n-1)}+\varphi_{2(m,n+1)})+\frac{\beta^4\nu_{21}}{200\Delta x_1\Delta x_2}(-\varphi_{1(m-1,n)}+\varphi_{1(m+1,n)})-\frac{\beta^4\lambda^2}{\Delta x_2}w_{m,n}=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2(m-1,n)}}=-\frac{\beta^2GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1^2\Delta x_2}(w_{m-1,n-1}-w_{m-1,n+1}-w_{m+1,n-1}-w_{m+1,n+1})$$

$$+\frac{\beta^4GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1^2}(-\varphi_{2(m-1,n)}+\varphi_{2(m+1,n)})+\frac{\beta^4GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1\Delta x_1}(-\varphi_{1(m,n-1)}+\varphi_{1(m,n+1)})=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2(m+1,n)}}=+\frac{\beta^2GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1^2\Delta x_2}(w_{m-1,n-1}-w_{m-1,n+1}-w_{m+1,n-1}-w_{m+1,n+1})$$

$$-\frac{\beta^4GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1^2}(-\varphi_{2(m-1,n)}+\varphi_{2(m+1,n)})-\frac{\beta^4GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{200\Delta x_1\Delta x_1}(-\varphi_{1(m,n-1)}+\varphi_{1(m,n+1)})=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2(m,n)}}=\left(\frac{\beta^6\lambda^2}{600}-\frac{\beta^2GE''(1-\nu_{12}\nu_{21})}{5}\right)\varphi_{2(m,n)}-\frac{\beta^4\lambda^2}{240\Delta x_2}(-w_{m,n-1}+w_{m,n+1})=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial w_{m+1,n}}=-\frac{2}{\Delta x_1^4}(w_{m-1,n}-2w_{m,n}+w_{m+1,n})-\frac{2\nu_{21}}{\Delta x_1^2\Delta x_2^2}(w_{m,n-1}-2w_{m,n}+w_{m,n+1})$$

$$\frac{\beta^2}{10\Delta x_1^3}(-\varphi_{1(m-1,n)}+\varphi_{1(m+1,n)})+\frac{\beta^2\nu_{21}}{10\Delta x_1^2\Delta x_2}(-\varphi_{2(m,n-1)}+\varphi_{2(m,n+1)})-\frac{\beta^2\lambda^2}{12\Delta x_1^2}w_{m,n}$$

$$-\frac{\beta^4\lambda^2}{240\Delta x_1}\varphi_{1(m,n)}=0$$

$$\frac{\partial U}{\partial w_{m-1,n}}=-\frac{2}{\Delta x_1^4}(w_{m-1,n}-2w_{m,n}+w_{m+1,n})-\frac{2\nu_{21}}{\Delta x_1^2\Delta x_2^2}(w_{m,n-1}-2w_{m,n}+w_{m,n+1})$$

$$+\frac{\beta^2}{10\Delta x_1^3}(-\varphi_{1(m-1,n)}+\varphi_{1(m+1,n)})+\frac{\beta^2\nu_{21}}{10\Delta x_1^2\Delta x_2}(-\varphi_{2(m,n-1)}+\varphi_{2(m,n+1)})-\frac{\beta^2\lambda^2}{12\Delta x_1^2}w_{m,n}$$

$$-\frac{\beta \lambda^2}{240\Delta x_1} \varphi_{1(m,n)} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial w_{m,n+1}} &= -\frac{2E'}{\Delta x_2^4} (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} + w_{m,n+1}) - \frac{2v_{21}}{\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} + w_{m+1,n}) \\ &+ \frac{\beta^2 v_{21}}{10\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m-1,n)} + \varphi_{1(m+1,n)}) + \frac{\beta^2 v_{21}}{10\Delta x_2^2} (-\varphi_{2(m,n-1)} + \varphi_{2(m,n+1)}) - \frac{\beta^2 \lambda^2}{12\Delta x_2^2} w_{m,n} \end{aligned}$$

$$-\frac{\beta^4 \lambda^2}{240\Delta x_2} \varphi_{2(m,n)} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial w_{m,n-1}} &= -\frac{2E'}{\Delta x_2^4} (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} + w_{m,n+1}) - \frac{2v_{21}}{\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} + w_{m+1,n}) \\ &+ \frac{\beta^2 v_2}{10\Delta x \Delta x_2^2} (-\varphi_{(m-,n)} + \varphi_{(m+,n)}) + \frac{\beta^2 v_2}{10\Delta x_2^2} (-\varphi_{2(m,n-)} + \varphi_{2(m,n+)}) - \frac{\beta^2 \lambda^2}{12\Delta x_2^2} w_{m,n} \end{aligned}$$

$$-\frac{\beta^4 \lambda^2}{240\Delta x_2} \varphi_{2(m,n)} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial w_{m-1,n-1}} &= -\frac{GE(1-v_{12}v_{21})}{2\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} w_{m+1,n+1}) \\ &+ \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{160\Delta x_1^2 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial w_{m+1,n+1}} &= -\frac{GE(1-v_{12}v_{21})}{2\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} w_{m+1,n+1}) \\ &+ \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{160\Delta x_1^2 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial w_{m+1,n-1}} &= -\frac{GE(1-v_{12}v_{21})}{2\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} w_{m+1,n+1}) \\ &+ \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^2 GE(1-v_{12}v_{21})}{20\Delta x_1^2 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial U}{\partial w_{m-1,n+1}} = -\frac{GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{2\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} (w_{m-1,n-1} - w_{m-1,n+1} - w_{m+1,n-1} w_{m+1,n+1})$$

$$+ \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1 \Delta x_2^2} (-\varphi_{1(m,n-1)} + \varphi_{1(m,n+1)}) + \frac{\beta^2 GE(1-\nu_{12}\nu_{21})}{160\Delta x_1^2 \Delta x_2} (-\varphi_{2(m-1,n)} + \varphi_{2(m+1,n)}) = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial w_{m,n}} = \left(\frac{4}{\Delta x_1^4} + \frac{4\nu_{21}}{\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} - \frac{\beta^2 \lambda^2}{12\Delta x_1^2} \right) (w_{m-1,n} - 2w_{m,n} - w_{m+1,n})$$

$$+ \left(\frac{4E'}{\Delta x_2^4} + \frac{4\nu_{21}}{\Delta x_1^2 \Delta x_2^2} - \frac{\beta^2 \lambda^2}{12\Delta x_2^2} \right) (w_{m,n-1} - 2w_{m,n} - w_{m,n+1})$$

$$+ \left(-\frac{2\beta^2}{10\Delta x_1^3} - \frac{\beta^2 \nu_{21}}{5\Delta x_1 \Delta x_2^2} + \frac{\beta^4 \lambda^2}{\Delta x_1} \right) (-\varphi_{1(m-1,n)} + \varphi_{1(m+1,n)})$$

$$+ \left(-\frac{2\beta^2 \nu_{21}}{10\Delta x_1^2 \Delta x_2} - \frac{\beta^2 \nu_{21}}{5\Delta x_2^2} + \frac{\beta^4 \lambda^2}{\Delta x_2} \right) (-\varphi_{2(m,n-1)} + \varphi_{2(m,n+1)}) + \left(2\lambda^2 + \frac{\beta^2 \lambda^2}{6\Delta x_1^2} + \frac{\beta^2 \lambda^2}{6\Delta x_2^2} \right) w_{m,n} = 0$$

Değişim ifadelerindeki değişken dönüşümleri $\bar{w} = w e^{i\omega t}$, $\bar{\varphi}_1 = \varphi_1 e^{i\omega t}$, $\bar{\varphi}_2 = \varphi_2 e^{i\omega t}$ şeklinde olup (3.10) işaretlemeleri aynen geçerlidir.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	27.04.1971	
Doğum yeri	İzmir	
Lise	1985-1988	Bakırköy Endüstri Meslek Lisesi
Lisans	1988-1992	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1992-1993	Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İngilizce Hazırlık Okulu
Yüksek Lisans	1993-1996	Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı
Doktora	1996-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Mekanik Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1986-1987	Balkan Motor Sanayi.
1987-1988	İstanbul Meşrubat Sanayi.
1992-1993	Gökdemir İnşaat.
1993-1999	Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi
1999-Devam ediyor	YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi