VİSKOELASTİK NOKTA MESNETLİ DİKDÖRTGEN ORTOTROP PLAKLARIN KARARLI DURUM CEVABINDA MESNET YERLERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Turgut KOCATÜRK(*), Semih SEZER(**), Cihan DEMİR(**)

(*) Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi , İstanbul
(**) Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi , İstanbul
kocaturk@yildiz.edu.tr, sezer@yildiz.edu.tr, cdemir@yildiz.edu.tr

ÖZET

Viskoelastik nokta mesnetli ortotrop dikdörtgen plaklarda, mesnet yerlerinin plağın köşegenleri üzerinde yer değiştirmesinin titreşimler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Plağa merkezinden sinüzoidal bir kuvvet etki etmektedir. Lagrange denklemlerini uygulayabilmek için plaktaki yer değiştirmeleri gösteren fonksiyon polinom formunda oluşturulmuştur. Daha sonra Lagrange denklemleri kullanılarak problem sayısal denklemler sisteminin çözümüne indirgenmiştir. Plaktaki kararlı durum cevabı nümerik olarak incelenmiştir. Köşegen üzerindeki beş farklı noktada mesnetleme yapılmış ve her bir durum için problem incelenmiştir. Mesnet noktalarındaki sönüm elemanları için dört farklı değer göz önüne alınmıştır. Belirli bir frekans aralığındaki sonuçlar göz önüne alınarak birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca yakınsaklık analizi de yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Viskoelastik nokta mesnet, Elastik nokta mesnet, Ortotrop plak

THE EFFECT OF SUPPORT LOCATIONS ON THE STEADY STATE RESPONSE OF VISCOELASTICALLY POINT-SUPPORTED RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATES

ABSTRACT

Vibration of orthotropic rectangular plates having viscoelastic point supports symmetrically located on its diagonals is analyzed. The plate is under the effect of a sinusoidally varying force at center. The Lagrange equations are used in the solution process. For applying the Lagrange equations, the trial function denoting the deflection of the plate is expressed in the polynomial form. By using the Lagrange equations, the problem is reduced to the solution of a system of algebraic equations.. The results are given for the considered frequency range of the external force. Convergence studies are made.

Keywords: Viscoelastic point-supports, Elastic point-supports, Orthotropic plates

1.GİRİŞ

Son yıllarda mühendislikte nokta mesnetli panellerin kullanılması çok yaygınlaşmıştır. Bu yüzden bu plakların titreşim problemleri uygulama açısından da büyük öneme sahiptir. Değişik noktalarından mesnetlenmiş Kirchoff-Love plak teorisine dayalı dikdörtgen plakların serbest titreşim analizi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. (Narita (1984), Venkateswara Rao vd. (1973), Kocatürk ve İlhan (2003)).

Değişik noktalarından mesnetlenmiş plakların serbest titreşim analiziyle ilgili birçok çalışma mevcut olmasına rağmen nokta mesnetli dikdörtgen plakların kararlı durum cevabıyla ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Sinüzoidal bir kuvvete maruz viskoelastik nokta mesnetli kare ya da dikdörtgen bir plağın kararlı durum cevabı Yamada vd. (1985) tarafından Galerkin yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın ortotropik dikdörtgen plaklar için bir genellemesi Kocatürk (1998), Kocatürk ve Altıntaş (2003-a), Kocatürk ve Altıntaş (2003-b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kocatürk vd. (2004) tarafından, viskoelastik nokta mesnetli kare ya da dikdörtgen bir plağın, merkez noktasından sinüzoidal yüklemeye maruz kalması durumundaki kararlı durum cevabı, Lagrange denklemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada; Kocatürk ve Altıntaş (2003-a), (2003-b) tarafından enerji temelli sonlu farklar ve sonlu farklar tekniği ile incelenen problem, Lagrange denklemleri yardımıyla incelenmiştir. Çalışmanın amacı değişik noktalardan mesnetli, belirli mesnet rijitliği ve sönümüne

sahip plakların kuvvet iletimindeki maksimum değerlerini belirlemek ve çeşitli mesnetleme yerleri için mesnet rijitliğinin verilen bir değerine karşı gelen uygun sönümün bulunmasıdır. Ele alınan problemler Kirchhoff-Love hipotezi çerçevesinde çözülmüştür. Nümerik örneklerde, sinüzoidal yüklemeye maruz plağın belirli frekans aralığındaki kararlı durum cevabı belirlenmiştir. Sonuçların doğruluğu, elde edilen sonuçlar nokta mesnetli ince plak teorisine dayalı önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılarak sınanmıştır.

2.ANALİZ

Viskoelastik nokta mesnetli ve orta noktasından $F(t)$ sinüzoidal kuvvetine maruz, kenar uzunlukları a ve b, kalınlığı h olan ortotropik dikdörtgen bir plak ele alınsın (Şekil.1). Şekil 1'den de görüldüğü gibi mesnet yerleri köşegenler boyunca değiştirilmektedir. Yay sabitini k_i, sönüm sabitini c_i, i'nci nokta mesnetteki mesnet kuvvetini $P_i(x_{1i},x_{2i})$ göstermektedir.

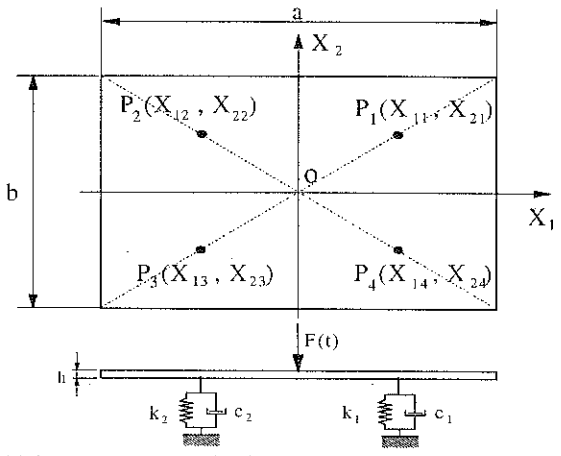
Plak malzemesinin elastik simetri ekseni OX_1 ve OX_2 eksenleriyle çakışmaktadır. Bu yüzden plak özel ortotropiktir. Plak özel ortotropik ve mesnetler viskoelastik olduğu için birçok parametrenin gözönünde bulundurulması gereklidir. Birçok nokta mesneti rasgele noktalarda almak mümkün olmasına karşın çalışmayı kısa tutabilmek için, sadece dört viskoelastik mesnetin köşegenler üzerinde simetrik yerleştirildiği durum değerlendirilmiştir. Dört noktadaki viskoelastik mesnetin yay $(k_i=k)$ ve sönüm elemanı $(c_i=c)$ değerleri birbirine eşit alınmıştır. Göz önüne alınan bu yükleme ve mesnet şartlarında sadece simetrik titreşimler oluşmaktadır. Yukarıda bahsedilen koşullarda, viskoelastik nokta mesnetli, sinüzoidal kuvvete maruz, değişken sönüm elemanı değerlerine sahip plağın kararlı durum cevabı Lagrange denklemleri yardımıyla belirlenmiştir.

Çözüm metodu Kocatürk vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada ayrıntılı olarak anlatıldığı için burada özet olarak verilmiştir. Dönme eylemsizliği ihmal edilerek plağın zorlanmış titreşimi için, eğilmedeki şekil değiştirme enerjisi, kinetik enerji, dış kuvvetin potansiyeli, viskoelastik mesnetlerin şekil değiştirme enerjisi ve sönüm fonksiyonu aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$U=\frac{D_{11}}{2}\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\partial^2\overline{w}}{\partial x_1^2}\right)^2+2\nu_{21}\alpha\frac{\partial^2\overline{w}}{\partial x_1^2}\frac{\partial^2\overline{w}}{\partial x_2^2}+e\alpha^3\left(\frac{\partial^2\overline{w}}{\partial x_2^2}\right)^2+4\frac{D_{66}\alpha}{D_{11}}\left(\frac{\partial^2\overline{w}}{\partial x_1^2\partial x_2^2}\right)^2\right]dx_1\,dx_2 \tag{1a}$$

$$T=\frac{a^3b}{2}\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}\int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}\rho\,h\left(\frac{\partial\overline{w}}{\partial t}\right)^2 dx_1\,dx_2 \tag{1b}$$

$$F_e=-a\,F(t)\,\overline{w}(0,0,t)\qquad F_s=\frac{a^2}{2}\sum_{i=1}^{4}k_i\,\overline{w}_i^2\qquad D=\frac{a^2}{2}\sum_{i=1}^{4}c_i(\dot{\overline{w}}_i)^2 \tag{1c-e}$$



Şekil 1. Periyodik kuvvete maruz viskoelastik nokta mesnetli ortotropik dikdörtgen plak

Yukarıdaki denklemlerin yazımında izleyen boyutsuz parametreler kullanılmıştır.

$$x_1 = \frac{X_1}{a}, \quad x_2 = \frac{X_2}{b}, \quad \alpha = \frac{a}{b},$$

$$\overline{w}(x_1, x_2, t) = W / a \qquad (2)$$

Denklem (1)'deki D_{11}, D_{22}, D_{66} büyüklükleri aşağıdaki gibi ifade edilebilirler:

$$D_{11} = \frac{E_1 h^3}{12\left(1 - \frac{\nu_{21}^2}{e}\right)}, \quad D_{22} = \frac{E_2 h^3}{12\left(1 - \frac{\nu_{21}^2}{e}\right)}$$

$$D_{66} = \frac{G_{12} h^3}{12}, \quad \frac{\nu_{12}}{E_1} = \frac{\nu_{12}}{E_2}, \quad e = \frac{E_2}{E_1} \qquad (3)$$

Denklemlerde görülen G_{12} kayma modülü, E_1, E_2 sırasıyla OX_1 ve OX_2 yönlerindeki Young modülleri, ν_{21} Poisson oranıdır. Lagrange denklemlerinin uygulaması için yer değiştirme fonksiyonu $\overline{w}(x_1, x_2, t)$ koordinatlara bağımlı polinomsal terimler $x_1^0, x_1^1, x_1^2, \ldots, x_1^M$, $x_2^0, x_2^1, x_2^2, \ldots, x_2^N$ ve zamana bağımlı genelleştirilmiş yer değiştirme koordinatları $\overline{A}_{mn}(t)$ ile ifade edilmiştir. Bu durumda;

$$\overline{w}(x_1, x_2, t) = \sum_{m=0}^{M} \sum_{n=0}^{N} \overline{A}_{mn}(t)\, x_1^m x_2^n \qquad (4)$$

olur. Burada, $\overline{w}(x_1, x_2, t)$ periyodik kuvvetten dolayı plakta oluşan yer değiştirmedir. $F(t) = Q.e^{i\omega t}$ olduğunda, zaman bağımlı genelleştirilmiş fonksiyonlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\overline{A}_{mn}(t) = A_{mn} e^{i\,\omega\, t} \qquad (5)$$

Denklem (5)'te, A_{mn} faz açısı içeren kompleks bir değişkendir. Plaktaki bir noktanın yer değiştirmesinin boyutsuz kompleks genliği;

$$w(x_1, x_2) = \sum_{m=0}^{M} \sum_{n=0}^{N} A_{mn}\, x_1^m\, x_2^n \qquad (6)$$

olarak ifade edilebilir. Göz önüne alınan problemin Lagrange denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\overline{A}}_{kl}}\right) - \frac{\partial (T-U)}{\partial \overline{A}_{kl}} + \frac{\partial D}{\partial \dot{\overline{A}}_{kl}} + \frac{\partial F_s}{\partial \overline{A}_{kl}} + \frac{\partial F_e}{\partial \overline{A}_{kl}} = 0; \quad k,l = 0,1,2,\ldots,N \qquad (7)$$

Denklem (4) ile verilen $\overline{w}(x_1, x_2, t)$ fonksiyonu (1a-e) denklemlerinde yerine konulur. Daha sonra Lagrange denklemleri denklem (5)'teki ifade de göz önüne alınarak matris formunda tekrar düzenlenirse ;

$$[A]\{A_{mn}\} + i\lambda\gamma[B]\{A_{mn}\} - \lambda^2[C]\{A_{mn}\} = \alpha\{q\} \qquad (8)$$

denklemi elde edilir. $[A]$, $[B]$ ve $[C]$ denklem (7) kullanılarak elde edilen katsayılar matrisidir. Denklem (8)'in çıkarılmasında aşağıdaki boyutsuz parametreler kullanılmıştır:

$$K_j = \frac{k_j a^3}{b D_{11}} \qquad \gamma_j = \frac{c_j a}{b\sqrt{\rho h D_{11}}}$$

$$\lambda^2 = \frac{\rho h \omega^2 a^4}{D_{11}} \qquad q = \frac{Qa}{D_{11}} \qquad (9)$$

Mesnetlerdeki reaksiyon kuvvetlerinin maksimum toplam büyüklüğü ve kuvvet iletimi sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^{4} P_j = \sum_{j=1}^{4} \left(k_j + i c_j\, \omega\right) a \sum_{m=0}^{M} \sum_{n=0}^{N} A_{mn}\, x_{1j}^m\, x_{2j}^n \qquad (10)$$

$$T_R = \sum_{j=1}^{4} P_j / Q = \sum_{j=1}^{4} \left(K_j + i\gamma_j \lambda\right) \sum_{m=0}^{M} \sum_{n=0}^{N} A_{mn}\, x_{1j}^m\, x_{2j}^n / (\alpha q) \qquad (11)$$

3.NÜMERİK SONUÇLAR

Viskoelastik nokta mesnetli, köşegen eksenleri üzerinde dört noktadan mesnetlenmiş, merkez noktasından $F(t)$ kuvvetine maruz ortotropik plağın kararlı durum cevabı nümerik olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir mesnetin yeri x_{1i}, y_{1i} $(i = 1,2,3,4)$ ile gösterilmiştir.

Mesnetler simetrik olarak yerleştirildiği için sadece bir mesnetin yerini belirlemek yeterlidir. Bu yüzden nümerik hesaplamalarda x_{11} göz önüne alınmıştır. κ_i ve γ_i parametreleri bütün mesnetlerde birbirine eşit kabul edilmiş $\kappa_i = \kappa$ ve $\gamma_i = \gamma$ ile gösterilmiştir. Yapısal simetri ve kuvvetin orta noktadan etkimesinden dolayı, plakta sadece simetrik titreşimler ortaya çıkmaktadır. SS sembolü eksen çizgilerine göre simetrik titreşimleri göstermektedir. Denklemlerdeki m ve n titreşim moduna bağlı olan tek ya da çift tam sayıyı göstermektedir. Örneğin SA modu, x_2 eksenine göre simetrik, x_1 eksenine göre antisimetrik modu göstermektedir. SA modu için $m = 0,2,4,.....$ ve $n = 1,3,5,.....$'dir. Ancak bu çalışmada problemin simetrisinden dolayı sadece SS modları gözönüne alınmıştır. Bu yüzden SS modları için $m = 0,2,4,.....$ ve $n = 0,2,4,.....$olur. Nümerik hesaplamalarda G_{12} aşağıdaki gibi alınmıştır (Szilard (1974)):

$$G_{12} \approx \frac{E_1\sqrt{e}}{2\left(1+\nu_{21}\sqrt{1/e}\right)} \qquad (12)$$

Tablo.1'de belirli değerler için λ=10, e=0.6, ν_{21}=0.3, x_{11}=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 değişik matris boyutlarında($(M+1)\times(N+1) = 3\times3, 4\times4, 5\times5, 6\times6$) yapılan yakınsaklık analizi gösterilmiştir. Yakınsaklık analizi, hesaplanan değerlerin virgülden sonra beş haneye kadar yakınsadığını göstermiştir. Polinom terimlerinin sayısına bağlı olarak yakınsamanın çok iyi olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Kuvvet iletimi T_R için yakınsama çalışması, λ=10, e=0,6, ν_{21}=0.3, κ=100, γ=5, x_{11}=0.1,0.2,0.3,0.4,0.5

$(M+1)^2x(N+1)^2$	X_{11}=0.1	X_{11}=0.2	X_{11}=0.3	X_{11}=0.4	X_{11}=0.5
9x9	1.3071	0.9714	1.4539	15.9706	0.9598
16x16	1.1372	0.9796	1.5676	17.3895	0.9662
25x25	1.0996	1.0122	1.5811	17.3986	0.9663
36x36	1.1086	1.0255	1.5859	17.3973	0.9663

Değişik sönüm değerleri için; kuvvet iletimi-periyodik kuvvetin frekans değerleri grafikleri Şekil 2, 3 ve 4'te gösterilmiştir. Şekil 2'de $\gamma = 0$ için, kuvvet frekansının bazı değerlerinde kuvvet iletiminin sonsuz olduğu görülmektedir. Bu durumda, elastik nokta mesnetli plağın doğal frekanslarıyla zorlayıcı kuvvetin frekansları çakışmaktadır.

Tablo 2. Kuvvet iletimini sonsuz yapan frekans değerleri ve sonuçların önceki çalışmalarla karşılaştırılması. γ=0, $\kappa=10^8 \approx \infty$, ν_{21}=0.3, α=1, e=1

	Serbestlik Derecesi	SS-1	SS-3
Bu çalışmada elde edilen sonuçlar $\kappa=1x10^8\approx\alpha$	9x9	7.11180	45.55991
	16x16	7.11093	44.37619
	25x25	7.11089	44.36968
	36x36	7.11088	44.36961
Narita[1]	37x37	7.11089	44.3696
Kocatürk ve İlhan [3]	36x36	7.11088	44.3696
Venkateswara Rao vd. [2]	180x180	7.11088	-

Kuvvet iletimini sonsuz yapan frekans değerleri (8) ve (11) denklemleri ile iterasyon işlemi yapılarak bulunmuş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. İzotrop plaklarda (e=1) göz önüne alınan yükleme koşullarında 2. mod, dolayısıyla 2. tepe noktası oluşmamaktadır. Bu yüzden 2. mod için doğal frekans değerleri Tablo 2'de yer almamaktadır. İterasyon işlemlerinde kuvvet iletimini sonsuz yapan küçük bir aralık belirlenmiştir. Kuvvet iletiminin sonsuz olduğu değer, iterasyon işlemi ile her adımda değerin sağ ve sol tarafından küçük artımlar ve azalımlar verilerek kuvvet iletiminin sonsuz kabul edilebilecek en büyük değerine ulaşılana kadar yakınsanmasıyla bulundu. Bu frekanslar Narita (1984), Venkateswara vd. (1973), Kocatürk ve İlhan (2003) tarafından bulunan özdeğerler ile karşılaştırılmış ve sonuçların birbirleriyle çok uyumlu olduğu görülmüştür. Tablo 2'de $\kappa = 10^8 \approx \infty$ için elde edilen frekans değerleri basit mesnetli plağın frekans değerlerini temsil etmektedir.

Değişik γ sönüm parametreleri ve x_{11} mesnet yerleri için (8) ve (11) denklemleri kullanılarak kuvvet iletimi değerleri belirlenmiştir ($\nu_{21} = 0.3$).

Şekil.2,3 ve 4'te $\kappa = 100$, $\nu_{21} = 0.3$, $e = 0.6, 0.8, 1.0$ ve altı değişik mesnet yeri

için kuvvet iletimi-periyodik kuvvetin frekans değerleri grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 4'te görüldüğü gibi $E_2/E_1=1$ iken 2. tepe oluşmamaktadır. Mesnet noktaları köşelerde olduğunda 2.tepe frekans aralığı çok dardır. Mesnet noktaları köşegenler üzerinde olduğunda ise bu aralık daha geniş olmaktadır. Bu durum Kocatürk (1998) tarafından da belirtilmiştir. Şekil 2, 3 ve 4'te γ sönüm parametresinin değişmesiyle kuvvet iletimini minumum yapan bir γ değerinin bulunabileceği görülmektedir. Şekil 2 ve 3'te, E_2/E_1 birden farklı olduğunda; zorlayıcı kuvvetin frekans aralığında $SS-1$, $SS-2$ ve $SS-3$ gibi üç rezonans bölgesinin ve bazı anti-rezonans bölgelerinin ortaya çıktığı görülmektedir.

Şekil 2 ve 3'te kesikli çizgi (γ=0) sönümün sıfır olduğu elastik nokta mesnetli plağı, düz çizgi (γ=10000) basit nokta mesnetli plağı göstermektedir. Ayrıca bu şekillerde kuvvet iletimi eğrilerinin, tüm sönüm elemanı parametrelerinde beş noktada kesiştikleri de görülmektedir (a,b,c,d,e). Bu sonuç Yamada vd. (1985) tarafından da izotropik viskoelastik plaklar için gösterilmiştir. Uygun bir sönüm parametresi (γ) seçerek, kuvvet iletiminin tepe değerini azaltmak mümkündür.

Şekil 2a, b, c, d, e, f ve Şekil 3a, b, c, d, e, f, sırasıyla E_2/E_1=0.6 ve 0.8 için, dört farklı γ değerinde, altı farklı mesnet noktası için, $x_{11}=0.0,\ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$, kuvvet iletimi eğrilerini göstermektedir. Şekillerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Şekil 2a ve 3a'da görüldüğü üzere $x_{11}=0.0$ için, $\gamma=\infty$ olduğunda kuvvet iletimi eğrisi yatay bir çizgi olmakta ve bu durumda kuvvet iletimi bütün frekans aralığında T_R = 1 olmaktadır. γ'nın değişik değerleri için kuvvet iletim eğrileri beş noktada kesişmektedir ve bu noktaların hepsi $T_R=1$ doğrusu üzerindedir. Bu yüzden γ sönüm oranı artarken kuvvet iletimi değeri düşer ve $\gamma=\infty$ için $T_R=1$ olur.

- Şekil 2b ve 3b'de görüldüğü gibi, $x_{11}=0.1$ iken, birinci kesişim noktasının T_R değeri birden daha küçüktür. Şekil 2c, d, e, f ve 3c, d, e, f'den de görüldüğü gibi, x_{11} arttıkça birinci kesişim noktasının T_R değeri de artar. Birinci kesişim noktasının T_R değeri $x_{11}=0.5$'te maksimum olur.

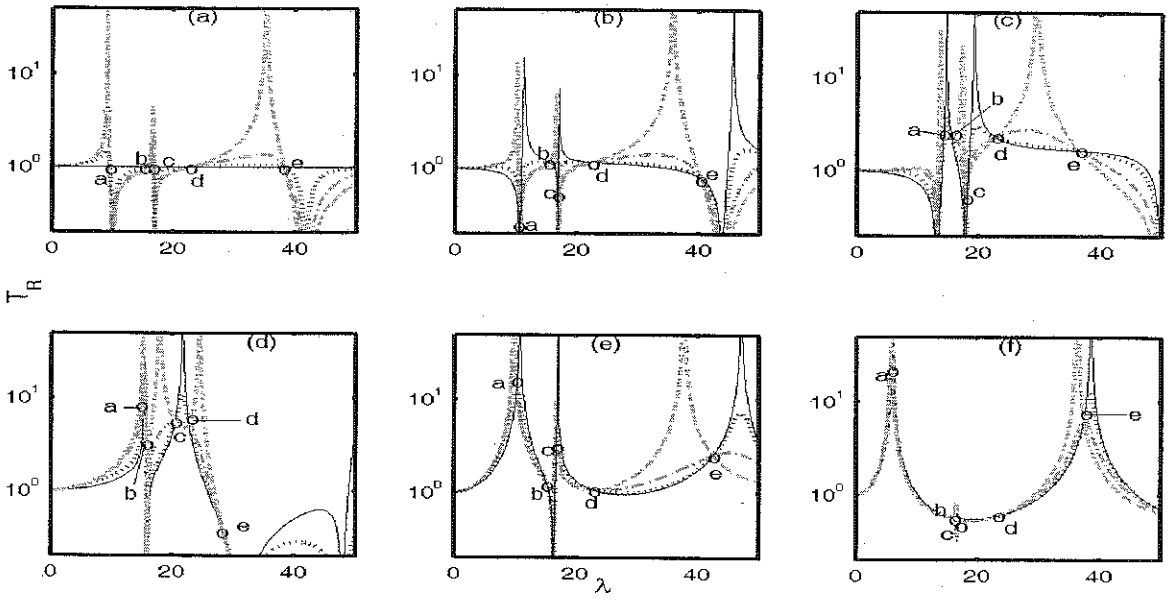
- x_{11} 0.2'den 0.3'e artarken ikinci kesişim noktasının T_R değeri de artar. x_{11} 0.3'ten 0.5'e artarken ikinci kesişim noktasının T_R değeri azalır. $x_{11}=0.5$ için T_R değeri birden küçüktür. İkinci kesişim noktasının maksimum T_R değeri $x_{11}=0.3$'te oluşur.

- Üçüncü kesişim noktasının T_R değeri $x_{11}=0.3, 0.4$ için birden daha büyüktür. x_{11} değeri 0.1'den 0.3'e artarken T_R değeri de artar. x_{11} 0.3'den 0.5'e artarken T_R değeri azalır. Üçüncü kesişim noktasının maksimum T_R değeri $x_{11}=0.3$'te oluşur.

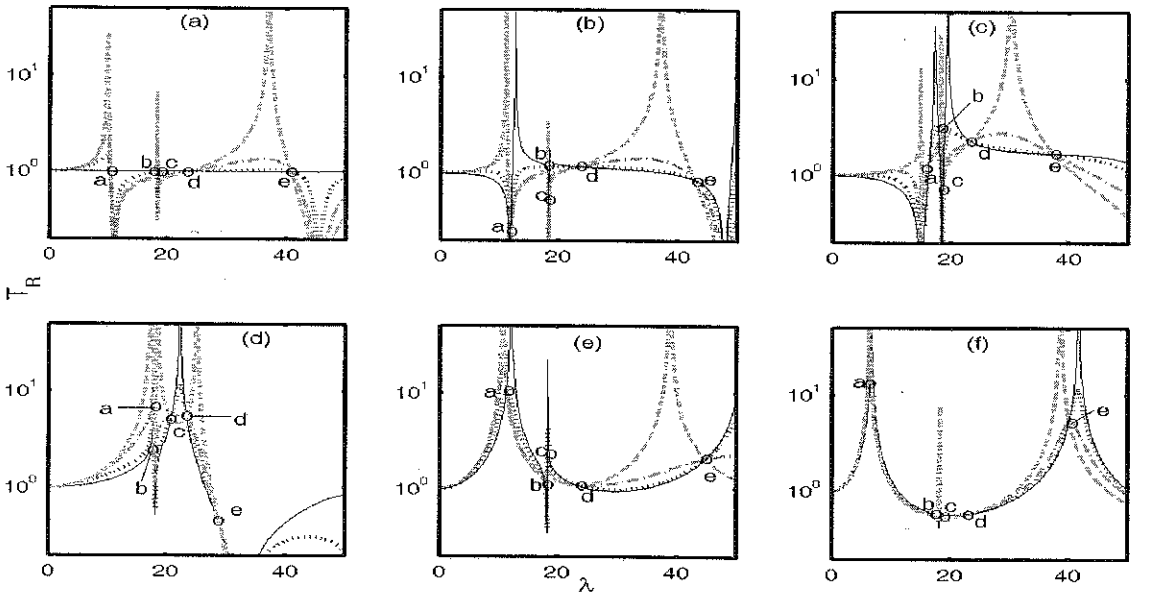
- x_{11} değeri 0.0'dan 0.3'e artarken, dördüncü kesişim noktasının T_R değeri de artar, 0.3'ten 0.5'e artarken azalır. Hatta, $x_{11}=0.5$ için T_R değeri birden daha küçüktür. Dördüncü kesişim noktasının maksimum T_R değeri $x_{11}=0.3$'te oluşur.

- Beşinci kesişim noktasının T_R değeri $x_{11}=0.1$ ve 0.3 için birden daha küçüktür. Maksimum T_R değeri $x_{11}=0.5$'te oluşur.

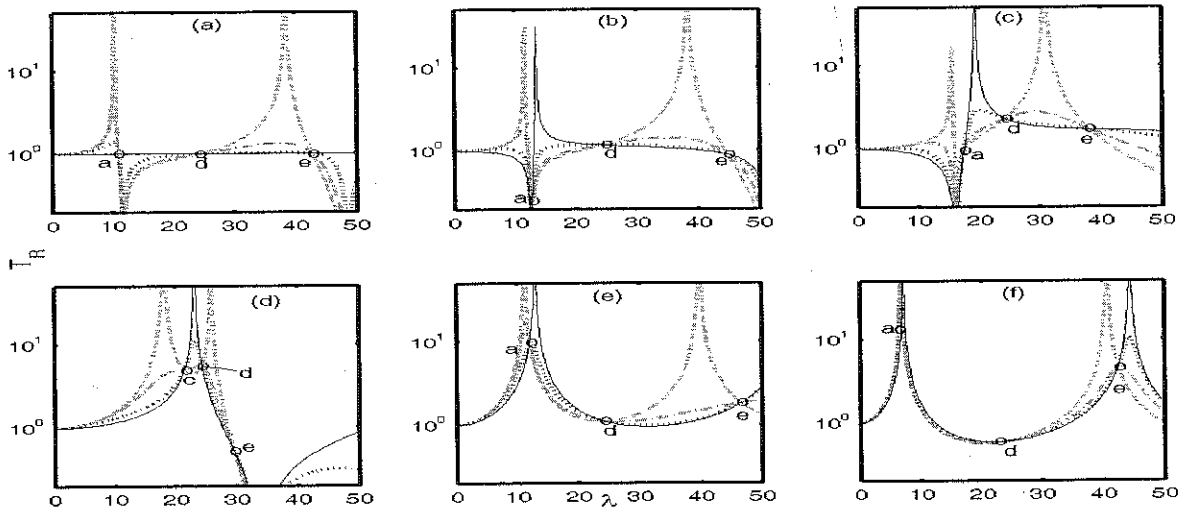
- γ'nın büyük değerlerinde viskoelastik nokta mesnetli plak, basit nokta mesnetli plak gibi davranır.



Şekil 2. γ 'nın değişik değerleri ve E_2/E_1=0.6 için kuvvet iletimi değerleri, $\kappa = 100$ a) $x_{11} = 0.0$, b) $x_{11} = 0.1$, c) $x_{11} = 0.2$, d) $x_{11} = 0.3$, e) $x_{11} = 0.4$, f) $x_{11} = 0.5$, $\gamma = 0$ ——, $\gamma = 3$ —□—□—, $\gamma = 10$ ▪▪▪▪▪, $\gamma = 10000$ ——



Şekil 3. γ 'nın değişik değerleri ve E_2/E_1=0.8 için kuvvet iletimi değerleri, $\kappa = 100$ a) $x_{11} = 0.0$, b) $x_{11} = 0.1$, c) $x_{11} = 0.2$, d) $x_{11} = 0.3$, e) $x_{11} = 0.4$, f) $x_{11} = 0.5$, $\gamma = 0$ ——, $\gamma = 3$ —□—□—, $\gamma = 10$ ▪▪▪▪▪, $\gamma = 10000$ ——



Şekil 4. γ 'nın değişik değerleri ve E_2/E_1=1 için kuvvet iletimi değerleri, $\kappa = 100$ a) $x_{11} = 0.0$, b) $x_{11} = 0.1$, c) $x_{11} = 0.2$, d) $x_{11} = 0.3$, e) $x_{11} = 0.4$, f) $x_{11} = 0.5$, $\gamma = 0$ — — —, $\gamma = 3$ —[—]—, $\gamma = 10$ * * * * *, $\gamma = 10000$ ——

4.SONUÇLAR

Viskoelastik nokta mesnetli, mesnet yerleri köşegen üzerinde değişen, sinüzoidal kuvvete maruz, ortotropik kare plağın kararlı durum cevabı Lagrange denklemleri kullanılarak incelenmiştir. Deneme fonksiyonunu polinom formunda seçerek Lagrange denklemlerinde kullanmanın viskoelastik nokta mesnetli plakların yapısal davranışlarının incelenmesinde çok iyi bir yol olduğu görülmüştür. Buradaki metotta aynı doğruluk düzeyi için sonlu elemanlar metodu, enerji tabanlı sonlu farklar metodu ve sonlu farklar tekniğine göre dikkate değer derecede daha az serbestlik derecesine ihtiyaç duyulur.

Yukarıda bahsedilen çözüm metodu ile, köşelerinden elastik nokta mesnetli izotrop kare plakların frekans parametrelerinin karakteristikleri numerik olarak incelenmiştir ve mevcut çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Yakınsamaların çok iyi olduğu görülmüştür.

Viskoelastik nokta mesnetli ortotropik plaklarda, ortotropiden dolayı SS-2 modunun plakta oluştuğu görülmüştür.

Tüm elde edilen sonuçlar çok hassas olup, dinamik dış yüke maruz mekanik sistemlerin tasarımında yararlı olabilirler.

KAYNAKLAR

[1]. Kocatürk T. (1998), ''Determination of the steady state response of viscoelastically point-supported rectangular anisotropic (orthotropic) plates'', J. Sound Vib., 213, 665-672.

[2]. Kocatürk T, Altıntaş G. (2003-a), ''Determination of the steady state response of viscoelastically point-supported rectangular specially orthotropic plates by an energy based finite difference method'', J. Sound Vib., 267, 1143-1156.

[3]. Kocatürk T, Altıntaş G. (2003-b), ''Determination of the steady-state response of viscoelastically point-supported rectangular orthotropic plates'', Mechanics of Composite Materials, 39, 681-696.

[4]. Kocatürk T, Demir C, Sezer S, and İlhan N. (2004), ''Determination of the steady state response of viscoelastically corner point-supported rectangular specially orthotropic plates under the effect of sinusoidally varying moment'', J. Sound Vib.,275, 317-330.

[5]. Kocatürk, T. and İlhan, N. (2003), ''Free Vibration Analysis of Elastically Point Supported Orthotropic Plates'', Journal of Yildiz Technical University, 2003-1, 104-115.

[6]. Narita, Y. (1984), ''Note on vibrations of point supported rectangular plates'', J. Sound Vib., 93, 593-597.

[7]. Szilard R. (1974), Theory and Analysis of Plates, Prentice-Hall, New Jersey.

[8]. Venkateswara Rao, G., Raju, I. S., Amba-Rao, C. L. (1973), ''Vibrations of point supported plates'', J. Sound Vib., 29, 387-391.

[9]. Yamada G, Irie T, and Takahashi M. (1985), ''Determination of the steady state response of viscoelastically point-supported rectangular plates'', J. Sound Vib., 102, 285-295.

UMTS 2005
12. ULUSAL MAKİNA TEORİSİ SEMPOZYUMU



Bildiri Kitabı

CİLT 1

EDİTÖRLER

Prof.İbrahim UZMAY

Doç.Dr. Şahin YILDIRIM

Yrd. Doç. Dr. Şükrü SU

Yrd.Doç.Dr. Mustafa YILMAZ

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

TÜBİTAK

9 - 11 Haziran 2005

KAYSERİ

Osman KOPMAZ, Hakan GÖKDAĞ 139

Viskoelastik Nokta Mesnetli Dikdörtgen Ortotrop Plakların Kararlı Durum Cevabında Mesnet Yerlerinin Etkisinin İncelenmesi
Turgut KOCATÜRK, Semih SEZER, Cihan DEMİR 149

Kompozit, L Şekilli Yapıların Titreşimleri Ve Dinamik Stabilitesi
Vedat KARADAĞ 157

Tek Kademeli Rotor-Pala Sistemlerinde Mil Burulma-Pala Eğilme Bağlaşık Titreşimleri
Özgür TURHAN, Gökhan BULUT

Akıllı Bir Plağın Burulma Titreşimlerinin Kontrolu
Fatma Demet ÜLKER, Yavuz YAMAN, Volkan NALBANTOĞLU, Ömer Faruk KIRCALI 177

Eliptik Ve Elipsoidal İnce Kabukların Titreşim Karakteristikleri
Aydın Doğu YILDIRIM 183

Normal Form Perturbasyon Yönteminin Bilgisayarda Mathematica İle Otomasyonu
Necati ULUSOY 195

Lineer Elastik Yatak Üzerindeki Hafif Eğrilikli Kirişin 2:1 İç Rezonansları
Halil Rıdvan ÖZ, Mehmet PAKDEMİRLİ 203

Hız Dalgalanmaları Bir Rotor-Pala Sisteminde Kaotik Davranışlara Yol Açabilir Mi? (Basitleştirilmiş Bir İnceleme)
Gökhan BULUT, Özgür TURHAN 217

Titreşim Ölçümüyle Mekanik Yapılarda Çatlak Saptanması
M. Özgür AYDOĞAN, H. Nevzat ÖZGÜVEN 225

Titreşen Cisimlerin Yapısal-Akustik Analizi
A.Saide SARIGÜL, Abdullah SEÇGİN, Özgür ARPAZ 235

Elastik Gri Sünger Zemin Üzerindeki Çatlaklı Kalın Çubuk Titreşim Frekanslarının Deneysel Analizi
Ali BAHÇIVAN, Vedat KARADAĞ 247

Ölçülen Titreşim Verilerinden Transdüser Kütle Etkilerinin Kaldırması: Lazer Ölçümü İle Yönteminin Doğrulanması
Orhan ÇAKAR, Kenan Yüce ŞANLITÜRK 257

Rulmanlı Yatak Geometrilerinde Bölgesel Hata Adedinin Titreşim Sinyalleri Üzerindeki Etkisinin Zaman Ve Frekans Ortamlarında İncelenmesi
Zeki KIRAL, Hira KARAGÜLLE 265

İçinden Akışkan Geçen Boruların İki Parametreli Elastik Zemin Üzerinde Titreşim Analizi
Vedat KARADAĞ, Murat SERİ 277

Rulmanlarla Yataklanmış Rotorun Bilya Geçiş Frekansının İncelenmesi