ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/317780157

EKSENEL DÖNEL SİMETRİK KABUK PROBLEMLERİNİN DİNAMİK ANALİZİ İÇİN ALTERNATİF ÇÖZÜM METODU

Article · January 2015

CITATION
1

READS
252

2 authors:



Ahmad Reshad Noori
Gelisim Üniversitesi
41 PUBLICATIONS **252** CITATIONS
SEE PROFILE



Beytullah Temel
Cukurova University
52 PUBLICATIONS **704** CITATIONS
SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

All of them. View project

BP-180220- ARN View project

All content following this page was uploaded by Ahmad Reshad Noori on 22 June 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

EKSENEL DÖNEL SİMETRİK KABUK PROBLEMLERİNİN DİNAMİK ANALİZİ İÇİN ALTERNATİF ÇÖZÜM METODU*

An Alternative Solution Method For Dynamic Analysis Of Axisymmetric Shell Problems

Ahmad Reshad NOORI
İnşaat Müh. Anabilim Dalı

Beytullah TEMEL
İnşaat Müh. Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada eksenel dönel simetrik geometri ve yüklemeye sahip kabuk problemlerin dinamik analizleri için alternatif bir çözüm metodu teorik olarak araştırılmıştır. Eksenel dönel simetrik kabuk cisimlerin sönümlü davranışları, iki boyutlu düzlemsel eleman modeli kullanılarak, sonlu elemanlar ve Laplace dönüşüm metodlarının birlikte kullanılması ile elde edilmiştir. Kabuk malzemesi izotrop, lineer elastik veya viskoelastik olarak kabul edilmiştir. Viskoelastik malzeme durumunda Kelvin sönüm modeli kullanılmıştır. Kelvin modelinde elastik sabitler elastik-viskoelastik analojisi yardımı ile Laplace uzayında kompleks karşıtları ile yer değiştirilmektedir. Sistemi idare eden hareket denklemi öncellikle zaman uzayında elde edilmiştir. Ardından sistem hareket denklemine Laplace dönüşümü uygulanarak elde dilen lineer cebrik denklem takımı, sayısal olarak çözülmüştür. Dönüşmüş uzayda elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için Durbin'in modifiye edilmiş ters Laplace dönüşüm metodu kullanılmıştır. Bu işlem kullanılarak sonlu elemanlar metoduna dayalı bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programın doğruluğu literatürde bulunan diğer yöntemlerle karşılaştırılarak gösterilmiştir. Literatürde mevcut olan diğer sayısal yöntemler ile karşılaştırıldığında, bu prosedürün oldukça doğru ve etkin olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler :. Eksenel Dönel Simetrik Kabuklar , Ters Laplace Dönüşümü, Sonlu Elemanlar Metodu, Kelvin Sönüm Modeli

ABSTRACT

In this study, an alternative method for dynamic analysis of axisymmetric shell problems subjected to axisymmetric loading is theoretically investigated. The solutions of damped response of axisymmetric shells have been obtained by finite elements method in conjunction with Laplace transform method using the two dimensional plane elements. Materials of the shells are assumed to be isotropic, linear elastic and/or viscoelastic. In the viscoelastic material case, the Kelvin model is employed. According to the correspondence principle the material constants are replaced with their complex counterparts in the Laplace domain. The governing equations of motion of the problem are first obtained in the time domain. Laplace transform is then applied and the set of simultaneous linear algebraic equations are solved numerically in the Laplace domain. The solutions obtained are transformed

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

to the time domain using the modified Durbin's inverse numerical Laplace transform method. For the suggested model, a finite element analysis computer program is coded in Fortran. Verification of the program is performed by comparing the results of the present method with other numerical methods available in the literature. This procedure has proved to be highly accurate and efficient compared to various other numerical methods available in the literature.
Key Words : Finite Element Method, Inverse Laplace,Transform, Axisymmetric Shells, Kelvin Damping Model

Giriş

Eksenel dönel kabuklarla ilgili daha önce çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara, kabukların analizi ve tasarımı (Jawad, 1994), ince kabuk teorisi (Gibson, 1984), Dinamik kabuk eleman problemleri için sonlu eleman yaklaşımı (Weaver ve Johnston, 1984), Dinamik analiz için doğrudan integrasyon yöntemlerinin karşılaştırılması (Bathe ve Wilson, 1976), elastik kabukların zorlanmış titreşimi (Bhuta, 1963), rijitlik matrislerinin elde edilmesi ve uygulanması (Casimir ve ark., 2007), ortotropik ve viskoelastik pakların Laplace uzayında dinamik analizi (Temel ve Şahan 2013) ve silndirik kabukların statik ve dinamik analizi (Bhimaraddi, 1987) örnek olarak gösterilebilir.

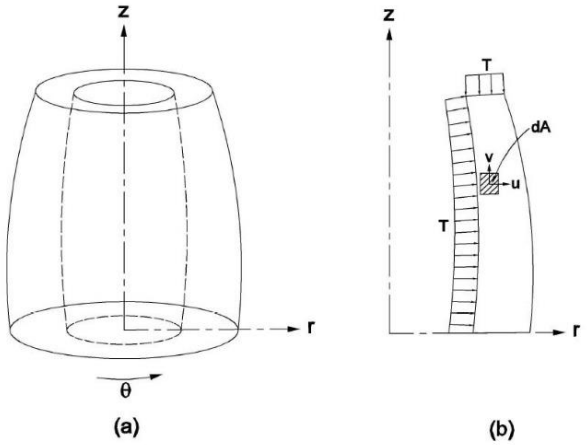
Bu çalışmada, elastik ve viskoelastik malzemeye sahip izotropik eksenel dönel kabukların dinamik davranışları sonlu elemanlar metodu yardımıyla Laplace uzayında teorik olarak araştırılacaktır. Dönel kabuklara ait hareket denklemleri Langrangean ve Hamilton prensibi yardımıyla elde edilmiştir. Sistemi idare eden hareket denklemi, her düğümünde 2 serbestlik derecesine sahip 8 düğümlü kuadratik elemanlar kullanılarak, sonlu elemanlar yardımıyla zaman uzayında elde edilecektir. Sonlu elemanlara ait rijitlik matrisleri, kütle matrisleri ve yük vektörleri 3 noktalı Gauss sayısal integrasyon metodu yardımıyla hesaplanacaktır. Elde edilen sistem hareket denklemi Laplace dönüşümü yardımıyla lineer cebrik takımına dönüştürülecektir. Bu denklem takımı Gauss eliminasyon metodu ile Laplace uzayında bir dizi Laplace parametresi için çözülecektir. Laplace dönüşümleri sayesinde dinamik problem statik forma dönüşmekte, ayrıca sönümün etkisi dönüşmüş uzayda kolayca ele alınabilmektedir. Kabuk malzemesinin lineer elastik veya viskoelastik olduğu kabul edilmiştir. Elde edilen çözümlerin Laplace uzayından zaman uzayına dönüşümü için Durbin'in modifiye edilmiş sayısal ters Laplace metodu kullanılmaktadır (Durbin, 1974, Temel ve ark., 2004). Bu çalışmada bulunan sonuçlar, ANSYS programından elde edilen çözümler ile karşılaştırılacaktır (ANSYS®, ver.14).

Materyal ve Metot

Eksenel simetrik yüklemeye maruz üç boyutlu eksenel simetrik cisimler veya eksenel dönel simetrik kabuklar ile ilgili problemler, iki boyutlu basit problemler olarak ele alınabilirler. Şekil 1.'de görüldüğü gibi, cisimler ve yüklemeler z eksenine göre simetrik olduğundan deformasyonlar ve gerilmeler, θ dönme açısından bağımsızdırlar. Bu nedenle, problemler r-z düzleminde tanımlı olan dönel alan

üzerinde iki boyutlu olarak ele alınacaktır (Şekil 1b.). Yerçekimi kuvvetleri z ekseni doğrultusunda olduğu kabul edilmektedir. Volan benzeri dönel cisimlerdeki merkezkaç kuvvetler hacim kuvvetleri olarak ele alınmaktadır. (Chandrupatla, Belegundu, 2002.)

Problems involving three-dimensional axisymmetric solids or solids of revolution, subjected nto axisymmetric loading, reduce to simple two-dimensional problems. Because of total symmetry about the z-axis, as seen in Fig.1, all deformations and stresses are independent of the rotational angle θ. Thus, the problem needs to be looked at as a two-dimensional problem in r-z, defined on the revolving area (Fig. 1b). Gravity forces can be considered if acting in the z direction. Revolving bodies like flywheels can be analyzed by introducing centrifugal forces in the body force term. We now discuss the axisymmetric problem formulation (Chandrupatla, Belegundu, 2002.)



Şekil 1. Eksenel dönel simetrik problem

Herhangi bir noktanın deplasmanları:

$$u = u(r,z) \quad , \quad v = v(r,z) \tag{1}$$

Ağırlık ve yayılı sınır yükleri, sırasıyla:

$$\{f\} = \{fr, fz\}^T \ , \{t\} = \{tr, tz\}^T \tag{2}$$

ile gösterilmektedir. Uzama oranları ile deplasman arasındaki ilişki

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_r, \varepsilon_z, \varepsilon_\theta, \gamma_{rz}\}^T = \left\{\frac{\partial u}{\partial r}, \frac{\partial v}{\partial z}, \frac{u}{r}, \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial r}\right\} \tag{3}$$

olarak yazılır. Gerilme vektörü,

$$\{\sigma\} = \{\sigma_r, \sigma_z, \sigma_\theta, \tau_{rz}\}^T \tag{4}$$

olarak tarif edilmektedir.

Uzama oranları ile gerilmeler arasındaki ilişkiyi belirten bünye denklemi:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_r \\ \sigma_z \\ \sigma_\theta \\ \tau_{rz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-\nu)p & \nu p & \nu p & 0 \\ & (1-\nu)p & \nu p & 0 \\ & & (1-\nu)p & 0 \\ Simetrik & & & G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_r \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} \tag{5}$$

Burada p ve G, (6) ve (7) denklemlerinde verilmiştir.

$$p = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \qquad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \tag{6}$$

Bu çalışmada izoparametrik, sekiz düğümlü, kuadratik eleman kullanılmıştır. Kuadratik dörtgen elemanda herhangi bir noktanın koordinatları şekil fonksiyonlarına bağlı olarak,

$$r = \sum_{i=1}^{8} N_i r_i \qquad ; \qquad z = \sum_{i=1}^{8} N_i z_i \tag{7}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada, r_i ve z_i, i düğümünün koordinatları olup, N_i ise kuadratik şekil fonksiyonlarıdır. Deplasmanlar için 8 parametreli kuadratik baz polinomları seçilmektedir.

$$u(\xi,\eta) = \{P(\xi,\eta)\}^T\{a\} \ , \quad v(\xi,\eta) = \{P(\xi,\eta)\}^T\{a\} \tag{8}$$

$\{u_i\}$ deplasmanı, referans elemanının 8 düğümü için aşağıdaki gibidir.

$$\{U_d\} = [P_d]\{a\} \tag{9}$$

$$u(\xi,\eta) = \underbrace{\{P(\xi,\eta)\}^T[P_d]^{-1}}_{\text{şekil fonksiyoları}}\{U_d\} \tag{10}$$

$$\{N(\xi,\eta)\}^T = \{P(\xi,\eta)\}^T[P_d]^{-1} \tag{11}$$

Gerçek eleman ile referans elemanı arasında geçişi sağlayan Jacobian dönüşüm matrisi, [J] aşağıda verilmiştir.

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial r}{\partial \xi} & \frac{\partial z}{\partial \xi} \\ \frac{\partial r}{\partial \eta} & \frac{\partial z}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{8} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} r_i & \sum_{i=1}^{8} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} z_i \\ \sum_{i=1}^{8} \frac{\partial N_i}{\partial \eta} r_i & \sum_{i=1}^{8} \frac{\partial N_i}{\partial \eta} z_i \end{bmatrix} \tag{12}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial r} \\ \frac{\partial N_i}{\partial z} \end{bmatrix} = [J]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \underbrace{\frac{1}{\det[J]} \begin{bmatrix} \frac{\partial z}{\partial \eta} & -\frac{\partial z}{\partial \xi} \\ -\frac{\partial r}{\partial \eta} & \frac{\partial r}{\partial \xi} \end{bmatrix}}_{[J]^{-1}=[J^*]} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} \tag{13}$$

[B] şekil değiştirme matrisi aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$[B_i] = \begin{bmatrix} J_{11}^* & J_{12}^* & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_{21}^* & J_{22}^* & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/r \\ J_{21}^* & J_{22}^* & J_{11}^* & J_{12}^* & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} & 0 \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ 0 & \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \\ N_i & 0 \end{bmatrix} \tag{14}$$

Eleman rijitlik matrisi, θ üzerinde (0, 2π) arasında integral alınırsa aşağıdaki gibi olur.

$$[k_e] = 2\pi \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} [B]^T [C][B]\, r \det[J]\, d\xi d\eta \tag{15}$$

Hacim ve eleman sınırına etkiyen yayılı yüklerden oluşan eleman düğüm yük vektörü aşağıdaki gibi elde edilmektedir. Burada g yerçekimi ivmesini göstermektedir.

$$\{f_e\} = \rho\, g\, 2\pi \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \{N\}^T \{f\}\, r \det[J]\, d\xi d\eta + 2\pi \int_{-1}^{+1} \{N\}^T \{T\}\, r\, \frac{L_e}{2}\, d\xi \tag{16}$$

Eleman kütle matrisi, θ üzerinde (0, 2π) arasında integral alınırsa aşağıdaki gibi olur.

$$[m_e] = \rho\, 2\pi \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \{N\}^T \{N\}\, r \,\mathrm{Det}[J]\, d\xi d\eta \tag{17}$$

Eleman kütle ve rijitlik matrisleri ile yük vektörü ifadelerinin integralleri (3 x3) noktalı standart Gauss sayısal integral yöntemi ile hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada hareket denklemi Hamilton prensibi kullanılarak elde edilmiştir. Potansiyel enerji ve kinetik enerji arasındaki fark Langrangean olarak tanımlanırsa;

$$L = T - \Pi = \frac{1}{2}\{\dot{d}\}^T [M]\{\dot{d}\} - \frac{1}{2}\{d\}^T [K]\{d\} \tag{18}$$

Burada $\{\dot{d}\}$, sistem hız vektörü, $\{d\}$ sistem deplasman vektörü, $[K]$ sistem rijitlik matrisi ve [M] sistem kütle matrisidir.

Hamilton Prensibi: Langrangean'ın <t1, t2> gibi keyfi bir zaman aralığında integrali alınırsa,

$$I = \int_{t_1}^{t_2} L\, dt \tag{19}$$

L deplasman ve hız cinsinden tanımlanan bir fonksiyon olduğundan, hareket denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{d}_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial d_i} = 0 \tag{20}$$

Bunun sonucu olarak sistem sönümsüz hareket denklemi aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$[M]\{\ddot{d}\} + [K]\{d\} = \{F\} \tag{21}$$

Hareket denkleminin sağ tarafı çeşitli tiplerde zamanla değişen dinamik dış yüklerden oluşabilir. Zamana bağlı bir f(t) fonksiyonunun Laplace dönüşümü, $\bar{F}(s)$,

$$L[f(t)] = \bar{F}(s) = \int_0^{\infty} f(t)\, e^{-st} dt \tag{22}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada s, Laplace dönüşüm parametresini göstermektedir. Zamana göre birinci ve ikinci mertebeden türevlerin Laplace dönüşümleri kapalı olarak aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$L\left[\dot{f}(t)\right] = s\bar{F}(s) - f(0) \tag{23}$$

$$L\left[\ddot{f}(t)\right] = s^2\bar{F}(s) - s\, f(0) - \dot{f}(0) \tag{24}$$

Bu dönüşümler hareket denklemine uygulanırsa, (21) denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$(s^2[M] + [K])\{\bar{d}\} - s\,[M]\{d(0)\} - [M]\{\dot{d}(0)\} = \{\bar{F}\} \tag{25}$$

Burada, $\{\bar{d}\}$ ve $\{\bar{F}\}$ sırasıyla, sistem deplasman ve yük vektörlerinin Laplace dönüşümlerini temsil eder. {d(0)} ve $\{\dot{d}(0)\}$ ise başlangıç deplasman ve hız vektörlerini göstermektedir.

Viskoelastik malzeme durumunda Kelvin sönüm modeli kullanılmaktadır. Kelvin sönüm modelinde elastik sabitler, elastik-viskoelastik analojisi yardımıyla, Laplace dönüşüm uzayında kompleks karşıtları ile yer değiştirmektedir (Pekel ve ark., 2011, Boley ve Weiner, 1960, Şahan, 2012).

$$E_v = E(1 + gs) \quad , \quad G_v = G(1 + gs) \tag{26}$$

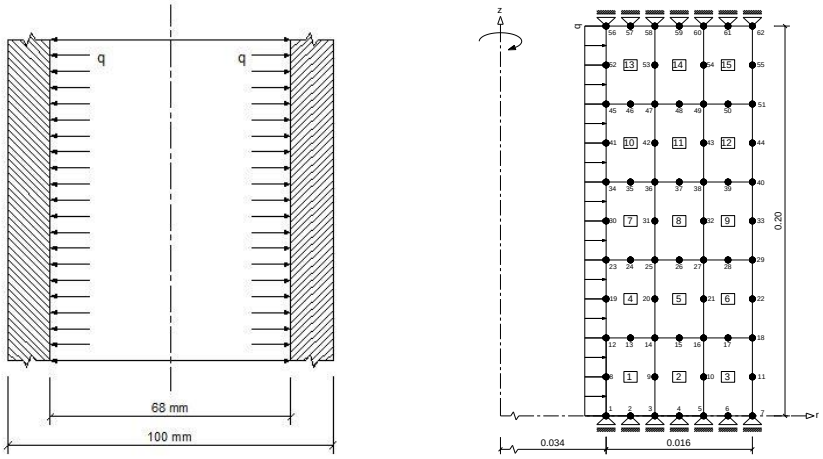
Burada G, kayma modülü, g malzemenin viskoz sönüm oranı, E_v ve G_v viskoelastik malzeme sabitleri ve s Laplace dönüşüm parametresidir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, ANSYS (ki bu programda hareket denklemi Newmark yöntemi ile çözülmektedir.) paket programından elde edilen deplasmanlar ve gerilmeler ile karşılaştırılıp, sonuçlar grafikler üzerinde verilmiştir.

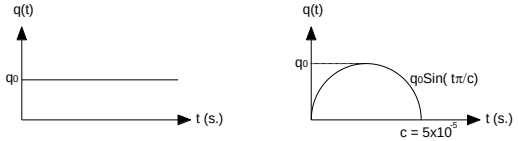
Daha iyi bir sonuç elde edebilmek için problemler kalınlık yönünde en az iki elemana bölünmelidir. Bu çalışmada, problemlerin kalınlıkları boyunca üç elemana bölünmesi yeterli görülmüştür. Üç elemandan daha fazla elemana bölünmesi halinde sonucları değiştirmeyip, işlem yükünü artırmaktadır.

İç yüzeyinde düzgün yayılı yük bulunan silindir ele alınmıştır. Silindir için boyutlar: et kalınlığı, t = 0.016 m; yarı çapı, r = 0.034 m ve yüksekliği, h = 0.2 m; Poisson oranı, v = 0.3 , kütlesel yoğunluğu, ρ = 7850 kg/m^3 ve Elastisite Modülü, E = 2 x 1011 N/m2 alınmış olup, iç yüzeyine q = 1 x 106 N/m^2 şiddetinde düzgün basınç etki etmektedir. Silindirin geometrisi ve problemle ilgili sonlu eleman ağı Şekil 2.'de gösterilmiştir. Bu çalışmada bulunan değerler ANSYS ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 2. Silindirin geometrisi ve sonlu eleman ağı

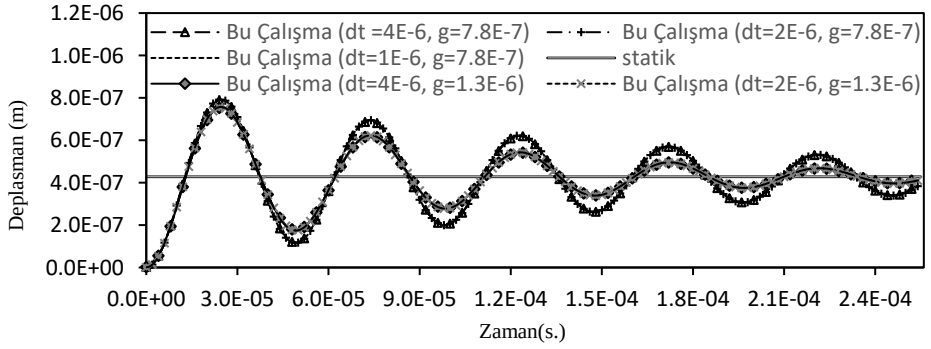
Dinamik yükleme, aşağıda verilen yük fonksiyonları için hem sönümlü hem de sönümsüz olarak uygulanmıştır.



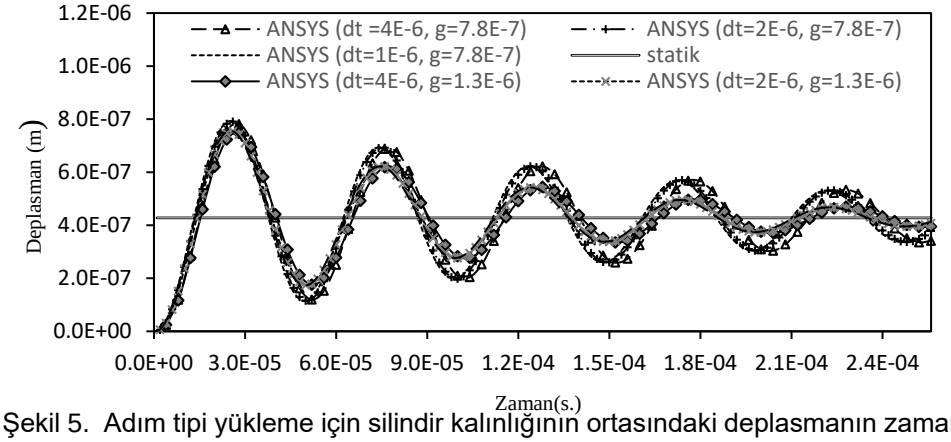
(a) Adım Tipi Yük (b) İmpulsif Sinüs Tipi Yük

Şekil 3. Dinamik yük fonksiyonları (q_0 = 10^6 N/m^2)

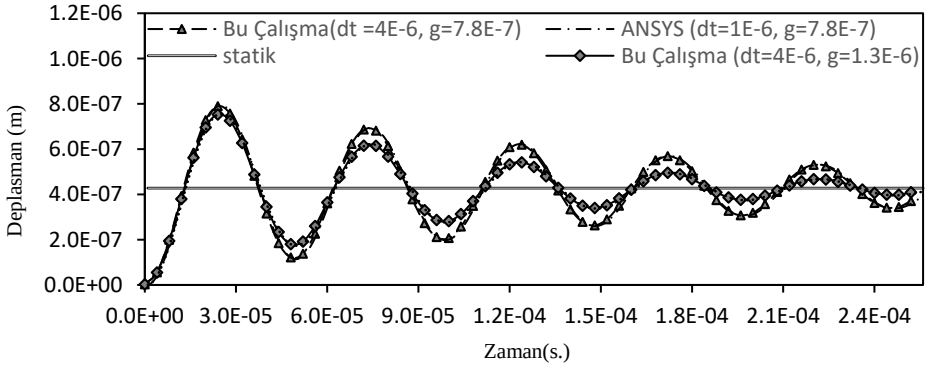
g = 7.8E-7 ve g = 1.3E-6 viskoz sönüm oranları için sistemin viskoelastik analizi yapılmış olup, deplasmanın zamanla değişim Şekil 4. - 6. üzerinde gösterilmiştir. Sonuçlar silindir kalınlığının ortası için verilmiştir.



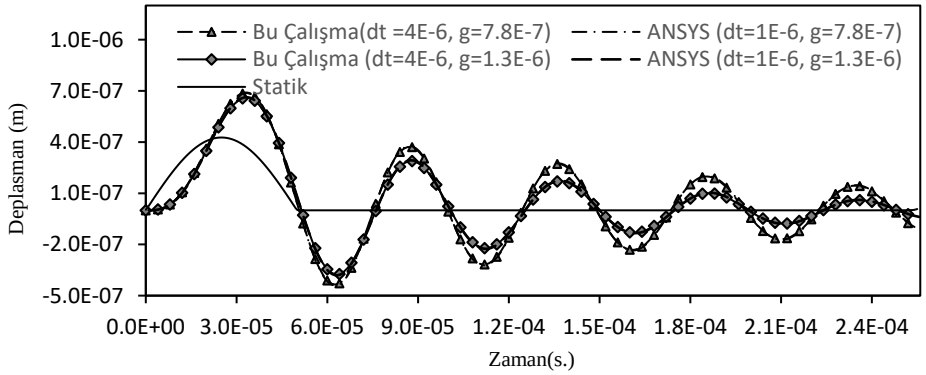
Şekil 4. Adım tipi yükleme için silindir kalınlığının ortasındaki deplasmanın zamanla değişimi



Şekil 5. Adım tipi yükleme için silindir kalınlığının ortasındaki deplasmanın zamanla değişimi



Şekil 6. Adım tipi yükleme için silindir kalınlığının ortasındaki deplasmanın zamanla değişiminin karşılaştırılması



Şekil 7. İmpulsif tipi yükleme için silindir kalınlığının ortasındaki deplasmanın zamanla değişiminin karşılaştırılması

ANSYS'de kullanılan yapısal sönüm oranı (ξ) ile bu çalışmada kullanılan viskoz sönüm oranı (g) arasındaki ilişki $g = 2\xi\omega_1$ şeklindedir. Burada ω_1, yapının birinci doğal titreşim frekansıdır.

Çeşitli sönüm oranları için viskoelastik dinamik analizler yapılmış olup, deplasmanların zamanla değişimleri Şekil 4. – 7. üzerinde gösterilmiştir. Beklendiği gibi viskoelastik durumda deplasmanlara ait salınımlar zamanla statik değere yaklaşarak kaybolmakta, sönüm oranları artıkça titreşim genlikleri statik değere daha çabuk yaklaşmaktadır.

Şekil 4.'te görüldüğü gibi, Laplace uzayında farklı zaman artım miktarları kullanılarak elde edilen değerler birbiri ile örtüşmektedir. Ancak şekil 5.'te görüldüğü gibi Newmark metodu ile ANSYS programından elde edilen sonuçlar, zaman artımına karşı çok hassas olup, tutarlı sonuç bulabilmek için zaman artımının çok küçük seçilmesi gerekmektedir

Sonuçlar

Bu çalışmada eksenel simetrik yüklemeye maruz kalan, eksenel dönel simetrik geometriye sahip izotropik cisimler ile ilgili problemler, iki boyutlu basit problemler olarak ele alınmıştır. Elastik ve viskoelastik malzeme durumları için eksenel dönel simetrik cisimlerin statik davranışı ve Laplace uzayında dinamik davranışı sonlu elemanlar metodu yardımıyla araştırılmıştır. Elde edilen çözümler ANSYS yardımıyla elde edilen çözümler ile karşılaştırılmıştır. Sistemi idare eden hareket denklemi sonlu elemanlar metodu kullanılarak zaman uzayında elde edilmiştir. Ardından, sistem hareket denklemine Laplace dönüşümü uygulanarak elde edilen lineer cebrik denklem takımı bir dizi Laplace parametresi için dönüşmüş uzayda çözülmektedir. Bu çalışmada, viskoelastik malzeme için Kelvin sönüm modeli uygulanmıştır. Viskoelastik malzeme durumunda elastik sabitler, elastik-viskoelastik analojisi yardımıyla, Laplace uzayında kompleks karşıtları ile yer değiştirmektedir. Laplace uzayından zaman uzayına dönüşüm için Durbin'in modifiye edilmiş ters Laplace metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada önerilen metodun esasları doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Laplace dönüşüm uygulanarak, dinamik problem statik hale dönüşmekte ve böylece Laplace uzayında elde edilen lineer denklem takımı sayısal olarak çözülebilmektedir. Zaman uzayına geçiş için etkin bir sayısal ters Laplace dönüşüm

metodu kullanılmıştır. Dinamik yükleme altındaki problemlerde sönüm etkisi Laplace uzayında kolay bir şekilde ele alınabilmektedir. Ayrıca, Laplace uzayındaki çözümlerde doğal titreşim periyotları ve mod şekillerine de ihtiyaç duyulmamaktadır.

Bu çalışmada önerilen metod ile kaba zaman artım miktarları kullanılarak elde edilen deplasman ve gerilme değerlerinin, ANSYS programı yardımıyla sık zaman artım miktarları kullanılarak elde edilen değerlere oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Viskoelastik durumda deplasman ve gerilme değerlerine ait salınım genlikleri zamanla statik değere yaklaşarak kaybolmaktadır. Sönüm oranının artırılması durumunda salınıma ait genlikler statik değere daha çabuk yaklaşmaktadır. Genel olarak, viskoelastik malzemeye sahip izotropik eksenel dönel simetrik cisimlerin dinamik davranışları belirli bir süre sonra sönümlenerek statik değere ulaşmaktadır.

Sonlu elemanlar ve Newmark metodunu birlikte kullanan ANSYS programı ile elde edilen çözümlerin doğruluğu zaman artım miktarının uygun olarak seçilmesine bağlıdır. Bu nedenle doğru zaman artım miktarının seçilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada önerilen metod ile kaba zaman artım miktarları kullanılsa bile istenilen hassasiyete sahip çözümler elde edilebilmektedir. Bununla beraber, toplam çözüm süreleri de dikkate değer bir oranda azalmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada önerilen metodun ANSYS programının kullandığı Newmark metoduna (adım adım intergrasyon metoduna) göre daha etkin olduğu örnekler üzerinde gösterilmiştir

Kaynaklar

ANSYS ® Mechanical APDL

BATHE, K. J. and WILSON, E.L., 1976. Numerical methods in finite element analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

BHIMARADDI, 1987. Static and transient response of cylindrical shells. Thin-Walled Struct., 19:763 – 765.

BHUTA, P.G., 1963. Transient response of a thin elastic cylindrical shell to a moving shock wave. J.Acount.Soc.A., 35:25 – 30

BOLEY, B.A. and WEINER, J.H., 1960. Theory of thermal stresses. John Wiley & Sons, New York.

CASIMIR, J.B., NGUYEN, M.C., TAWFIQ, I., 2007. Thick shells of revolution: Derivation of stiffness matrix of continuous elements and application to a tested cylinder, Comput. Struc., 85:1845 – 1857

CHANDRUPATLA, T.R. and BELEGUNDU , A.D., 2002 . Introduction to finite elements in engineering. Prentice Hall, New Jersey.

DURBIN, F., 1974. Numerical inversion of Laplace transforms: an efficient improvement to dubner and abate's method. Comput. J., 17:371 – 376.

GIBSON, J.E., 1980., Thin shells computing and theory. Pergamon Press, London.

JAWAD, M.H., 1994. Theory and design of plate and shell structures. Chapman &

Hall, New York – London.
PEKEL, H., KELEŞ, I., TEMEL, B. and TÜTÜNCÜ, N., 2011. Transient response of FGM pressure vessels. In: Springer proceedings in Physics 139. Vibration problems ICOVP, 315 – 320.
ŞAHAN, M.F., 2012. Viskoelastik kompozit plakların Laplace uzayında dinamik analizi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
TEMEL, B., ÇALIM, F.F. and TÜTÜNCÜ, N., 2004. Quasi-static and dynamic response of viscoelastic helical rods. J. Sounds Vib., 271:921 - 935.
TEMEL, B. and ŞAHAN, M.F., 2013a. Transient analysis of orthotropic, viscoelastic thick plates in the Laplace domain. Eur. J. Of Mech. A/Solids, 37:96 – 105.
WEAVER, W. and JOHNSTON, P., 1984. Finite elements for structural analysis. Prentice Hall, New Jersey.

View publication stats