دراسة الترددات الطبيعية واشكال الانماط المقابله لها لخزان اسطواني ذو مصطبات وذو نهاية كروية

هاني عزيز امين **اثير زكي محسن** **زينا حسين علي**

الكلية التقنية– المسيب

الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة الترددات الطبيعية واشكال الانماط المقابلة لهذه الترددات لخزان اسطواني . وقد استخدمت طريقة العناصر المحددة المتمثلة ببرنامج الـ ANSYS لتحليل هذه المسألة . حيث تم دراسة ثلاثة حالات ، الحالة الاولى تم تحليل الخزان الاسطواني بدون مصطبات طولية وعرضية ، الحالة الثانية تحليل الخزان بوجود مصطبات طولية وعرضية ، اما الحالة الثالثة فيتم تحليل الخزان وذلك بوضع نهاية كروية له من دون مصطبات . حيث بينت النتائج ان الترددات الطبيعية تقل في حالة وجود المصطبات في الخزان وتزداد في حالة اضافة نهاية كروية للخزان . وكذلك تم دراسة توزيع الاجهادات المتولدة في جدران الخزان ذو المصطبات عندما يكون مملوء الى ربعه بالماء . وتم مقارنة النتائج مع البحوث المنشورة واظهرت تطابقا جيدا.

Abstract

The study of the natural frequencies and the corresponding mode shapes to the cylindrical tank is investigated by ANSYS program , which is built on the finite element method . Three cases are studied , the first is when the tank without the longitudinal and circumferential stiffened , and the second is within the longitudinal and circumferential stiffens , and the third case is the tank with spherical end without stiffens .

The results show that the addition of the longitudinal and circumferential stiffens to the tank gave a decrease in the natural frequencies and the addition of semi-spherical end gave an increase in the natural frequencies, also the stresses in the walls of the tank is investigated in case of stiffened when the tank is filled with water to its quarter height. The results are compared with the published results. Good agreement is evident.

1- المقدمة

ان دراسة الترددات الطبيعية لخزان اسطواني بدأ في بداية التسعينات من هذا القرن، وان تطبيقات الالواح الفولاذية المنحنية (curved) و القشرية (Shell) تستعمل في صناعة السفن والجسور وهياكل الطائرات وخزانات الوقود، حيث ان هذه الالواح المنحنية تتعرض الى احمال ديناميكية متغيرة القيمة. حيث درس (Al-Najafi & Waburton, 1970) الترددات الطبيعية لخزان اسطواني ذو مصطبات حلقية بواسطة طريقة العناصر المحددة وايضا درس (Mecitoglu, 1988; Mecitoglu & Dokmeci, 1990) تحليل الخزان الاسطواني الدائري باستعمال طريقة العناصر المحددة اما (Samauta & Mukhopadhyay, 1998) فقد قاموا باستعمال نظرية كرشوف للالواح لدراسة الخزان الاسطواني ذو المصطبات. وقد قام (Tahseen 2004) بدراسة سلوك الاهتزاز الحر لخزان اسطواني غير مصلب او مصلب ومملؤ جزئيا بالسائل ، اما (Mondoo, 2008) فقد قاموا بحساب التردد الطبيعي وانماطه وذلك بتحليل الازدواجية بين هيكل الخزان والسائل المحتوى في الخزان .

في هذا البحث تم تحليل الخزان الاسطواني ببرنامج ANSYS لدراسة الترددات الطبيعية واشكال الانماط بوجود وعدم وجود المصطبات الطولية والعرضية ودراسة اضافة نهاية كروية للخزان على هذه الترددات وايضا دراسة توزيع الاجهادات في جدران الخزان .

2- الاساس النظري

ان الخواص الديناميكية لخزان مع السائل يتم دراستها باستعمال طريقة العناصر المحدودة المزدوجة(coupled finite element method) (Marimuthu *et al.*, 2007) وان التداخل بين الخزان والسائل المحتوى به تم نمذجته من خلال برنامج ANSYS ، حيث ان السلوك الديناميكي للخزان ممكن تمثيله بالمعادلة التالية(Mondoo, 2008):

$$[M_s]\{\ddot{u}\}+[K_s]\{u\}=\{F_p\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث ان :

[Ks]... تمثل مصفوفة جساءة هيكل الخزان ، [Ms]... تمثل مصفوفة كتلة الخزان ، {u} تمثل الازاحة لكل عقدة ، $\{\ddot{u}\}$ تمثل التعجيل في كل عقدة و $\{F_p\}$تمثل القوة المؤثرة على هيكل الخزان وتأتي هذه القوة من ضغط المائع على جدران الخزان . اما بالنسبة الى معادلات المائع داخل الخزان . فقد تم اعتماد على معادلة هيلم هولتز (Helmholtz) (Zienkiewicz & Taylor, 2000):

$$\nabla^2 P=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث ان P ... يمثل ضغط المائع ، t ... الزمن و c ... ثابت سرعة الصوت.

وقد تم استعمال طريقة المتغيرات (variation method) لاعداد معادلات العناصر المحددة . حيث ان [9]:

$$\pi=\frac{1}{2}\iiint_v\left[\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial P}{\partial z}\right)^2-KP^2\right]dxdydz+\iint_s \rho_f.\bar{u}_n.P.ds \ldots\ldots(3)$$

حيث ان ρ_f ... كثافة المائع ، K معامل مرونة المائع (Bulk modules of fluid) .

وتبسيط المعادلة (3) باستعمال طريقة المتغيرات (variation method) نحصل على :

$$[H]\{P\}-[S]\{P\}+[Q]\{\ddot{u}\}=\{Q\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

حيث ان :

$$[H]=\iiint [B]^t[B]dxdydz$$

$$[S]=K\iiint [N]^t[N]dxdydz$$

$$[Q]=\rho_f\iint_s \ddot{u}_n\{N\}ds$$

حيث ان : {N}... تمثل دالة الشكل (shape function) و [B]... تمثل مصفوفة مشتقات دالة الشكل .

وبربط معادلة (1) مع معادلة (4) نحصل على الازدواجية بين هيكل الخزان والمائع المحتوى في الخزان :

$$\begin{bmatrix}[M_s] & [0]\\ [Q]^t & [S]\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\ddot{u}\\ P\end{Bmatrix}+\begin{bmatrix}[K_s] & [0]\\ [0] & [H]\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}u\\ P\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}F_p\\ Q\end{Bmatrix} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

حيث يتم حساب الطور من خلال المعادلة الاتية(Marrio, 1989):

$$\{\ddot{u}\}=-\omega^2[\phi]\{\eta\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث ان : ω ... تمثل الترد الطبيعي ، $[\phi]$ ... يمثل انماط التردد و $\{\eta\}$ ... تمثل الاحداثيات .
وبتعويض معادلة (6) مع معادلة (5) وحلها بطريقة تكرار لانكروس (Lanczos iteration) فبهذا يمكن الحصول على التردد الطبيعي وانماط التردد للخزان مع المائع ، وقد تم حل معادلة (5) وتطبيقها على الخزان مع السائل ضمن برنامج ANSYS.

3- تقنية العناصر المحددة

يستخدم برنامج ANSYS الخاص بتقنية العناصر المحددة في تحليل كثير من المسائل لحالات السكون والحركة الخطية منها واللاخطية وحل مسائل الزحف والاهتزازات والكلال ولحالات الخواص المتجانسة والمتباينة كالمواد المركبة (Composite Materials) وضمن مديات الحالة المرنة واللدنة ...الخ . وفي بحثنا هذا تم استخدام البرنامج لتحليل ودراسة الترددات الطبيعية واشكال الانماط المقابلة لها لخزان اسطواني حيث ان النمذجة الرياضية لتمثيل الظاهرة الفيزياوية تخضع لقوانين ومعادلات لا خطية (معادلة رقم(5))(Saeed, 1999). يتم برمجة المسالة او المشكلة في هذا البرنامج بطريقتين :-

أ- طريقة الاوامر او ما يسمى بطريقة الدفعة (Batch or Command method)

ب- طريقة قوائم الرسومات من قبل المستخدم (Graphical user interface – GUI)

تم استخدام الطريقة الاولى وبالشروط التالية:

1- تثبيت نوع التحليل بحالة الحركة (Modal Solution) وضمن الطريقة الغير مباشرة لحل مسائل الازدواجية للموائع .
2- تم استخدام ثلاث انواع من العناصر (elements) هي : (Fluid80 , Fluid79 , Solid92)
3- نمذجة صلبة للحالة (Solid modeling) .
4- الحل والحصول على نتائج .

ضمن الفقرة الثالثة تم تقسيم النموذج الى شبكة (Mesh) من العناصر والعقد(nodes) حيث تم زيادة عدد العناصر للحصول على الدقة المطلوبة .

4- اعداد النموذج ببرنامج ANSYS

ان برنامج ANSYS عبارة عن برامجيات جاهزة في تحليل العناصر المحددة والتي تمتلك القابلية لتحليل مدى اوسع من المسائل المختلفة وقد تم بناء النموذج باستخدام الطريقة الغير مباشرة في حل مسائل الازدواجية (Indirect coupled method) حيث تم بناء برنامج بلغة APDL . حيث في البدء تم رسم الخزان المبينة ابعاده بشكل (1) وشكل(2) يبين مواقع المصطبات الطولية والعرضية والنهاية الكروية . والاشكال (3)و(4)و(5) تبين الخزان ببرنامج ANSYS . حيث استخدم في الدراسة الحالية ثلاث عناصر (Fluid80 , Solid92 , Fluid79) لتوليد النموذج. ان الغرض الاساسي من العناصر المحددة هو لاعادة توليد سلوك النظام الهندسي الحقيقي بصورة رياضية وبعبارة اخرى يجب ان يكون التحليل على شكل نموذج رياضي للنظام الفيزياوي الاصلي ، ففي بحثنا هذا تم استخدام النموذج الصلب لوصف حدود الشكل الهندسي للنموذج اما السيطرة على الحجم وشكل العنصر فيتم اليا (اوتوماتيكيا) وهذا الاسلوب هو الاكثر قدرة وفعالية من الطرق الاخرى . الاشكال (6)و(7)و(8) تبين الشبكة (Mesh) للحالات التي تم دراستها .

بعد ذلك يتم تعريف شكل التحليل (ساكن ، متحرك ،... الخ) والفعاليات (تشوه كبير ، انفعال عالي ، ازاحة كبيرة ،..... الخ) ثم تطبيق الاحمال الحدية (Boundary Conditions) بعد ذلك البدء بحل العناصر

المحددة ، حيث يتم الحل باستخدام المعادلتين رقم (5) و (6) باستخدام الطريقة المباشرة او الغير مباشرة حيث تم استخدام الطريقة الغير مباشرة واستعمال اوامر Physics الموجودة ضمن برنامج ANSYS في بحثنا هذا .

بعد ذلك يتم عرض النتائج بواسطة برنامج (Post1/) حيث يتم عرض الرسوم الكنتورية (التخطيطية) وكذلك مراجعة النتائج لاي خطوة زمنية .

5- الحالات التي تم دراستها

لقد تم دراسة الترددات الطبيعة واشكال الانماط المقابلة لها لثلاث حالات وهي :

1- خزان اسطواني بدون مصطبات

حيث تم دراسة ثلاثة ترددات واطوار الاشكال المقابلة لها، وشكل (9) و(10) و (11) تبين اشكال الانماط لهذه الترددات .

2- خزان اسطواني مع المصطبات الطولية والعرضية

حيث تم دراسة ثلاثة ترددات واطوار الاشكال المقابلة لها، وشكل (12) و(13) و (14) تبين اشكال الانماط لهذه الترددات .

3- خزان اسطواني ذو نهاية كروية

حيث تم دراسة ثلاثة ترددات واطوار الاشكال المقابلة لها، وشكل (15) و(16) و (17) تبين اشكال الانماط لهذه الترددات .

اما قيم الترددات الطبيعية للحالات الثلاثة اعلاه فهي :

جدول رقم -1- يبين نتائج الترددات الطبيعية لحالات الخزان الثلاث

Case – 1 -			Case – 2 -			Case – 3 -		
ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
7.33	7.661	9.933	0.018272	0.019531	0.019671	24.19	25.102	30.265

حيث ان ω_1 ، ω_2 و ω_3 تمثل التردد الطبيعي عند الطور الاول والثاني والثالث بالتتابع .

كذلك تم دراسة توزيع الاجهادات على جدران الخزان ذو المصطبات عندما يكون الخزان مملوء الى ربعه بالماء (0.25h) حيث ان h هو ارتفاع الخزان والشكل (18) يبين الشروط الحيدية عندما يكون الخزان يحتوي على الماء ، الاشكال (19) و(20) تبين توزيع الاجهادات عند التردد الاول والثالث . شكل (21) يبين تاثير وجود وعدم وجود المصطبات. لقد تم مقارنة نتائج الترددات الطبيعية مع بحث عملي منشور [5] واثبتت تقاربا جيدا، حيث ان تم مقارنة الحالة (1) والحالة(2) ، واظهرت النتائج الحالية نسبة اختلاف اقل من النتائج المنشورة للاطوار الثلاثة وكالاتي:

جدول رقم -2- النسبة المئوية للاختلاف في التردد الطبيعي بين العملي[5] ونتائج البحث الحال

Case – 1 -			Case – 2 -		
ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
3%	5%	0.7%	7%	4%	6%

6- المناقشة

من اشكال الانماط للحالات التي تم دراستها ومن خلال النتائج في جدول رقم -1- الذي يبين نتائج الترددات الطبيعية حيث نرى انه في الحالة الاولى ان قيم الترددات الطبيعية هي اعلى من الحالة الثانية واقل من الحالة الثالثة وهذا يدل على ان اضافة مصطبات طولية وعرضية يقلل من قيم الترددات الطبيعية للخزان وان اضافة قاعدة كروية يزيد من قيم هذه الترددات . ان تفسير ظاهرة نقصان الترددات الطبيعية للخزان عند اضافة المصطبات يعود الى ان توزيع المصطبات الطولية والعرضية في طاقة الانفعال (strain energy) هو اقل من توزيعها في الطاقة الحركية (kinetic energy (Al-Najafi & Waburton, 1970; Tahseen, 2004)).

وتبين اشكال الانماط الى اشكال اهتزازيات الخزان حيث نلاحظ اختلاف الانماط في الحالات الثلاثة حيث ان الانماط في الحالة الاولى تختلف عن الحالة الثانية والثالثة وهكذا ، وهذا يرجع الى وضع المصطبات في الحالة الثانية والنهاية الكروية في الحالة الثالثة .

وعند دراسة الاجهادات المتولدة بجدران الخزان ذو المصطبات وذلك بملئ ربع ارتفاعه بالماء وجدنا ان قيم اقصى اجهاد هو 0.193 Pa عند الطور الاول و 0.15727 Pa عند الطور الثالث مما يدل على ان قيم الاجهادات التي يتعرض لها الخزان قليلة جدا في حالة وضع المصطبات وهذا يعطي للخزان متانة وعمر اطول .

7- الاستنتاجات

ان الخواص الديناميكية للخزان تحت تأثير محتواه من السائل تم دراستها بواسطة طريقة العناصر المحددة من خلال برنامج ANSYS، حيث تم اعتماد الازدواجية بين هيكل الخزان والسائل المحتوى به . وتم الحصول على ترددات طبيعية وانماط الاشكال المقابلة لها واظهرت الدراسة تقاربا ملحوظا مع الدراسات المنشورة وبيّن البحث ان وضع المصطبات الطولية والعرضية لخزان اسطواني يقلل من التردد الطبيعي للخزان وان وضع نهاية كروية لخزان اسطواني يزيد من التردد الطبيعي له بينما ان وضع المصطبات الطولية والعرضية يقلل من الاجهادات المتولدة في جدران الخزان الاسطواني الى قيمة قليلة جدا مما يعطي متانة وقوة للخزان ضد ضغط السوائل الموجود به .

7-المصادر

Al-Najafi A.M. and Waburton G.B. (1970) "Free vibrations ring-stiffened cylindrical shell" .J. of sound and vibration, 13,PP.9-25 .

Mecitoglu. Z. (1988) " Free vibration of stiffened circular cylindrical shells" Ph.D. Dissertation Istanbul Technical University , Istanbul , Turkey .

Mecitoglu Z. and Dokmeci MC (1990) "Vibration analysis of stiffened cylindrical thin shells" Proc 17th congress Int. Council Aeronaut Sci. AIAAI Washington DC PP 986-993 .

Samauta A. & Mukhopadhyay M. (1998) "Finite Element Static Analysis of stiffened shells" J. Applied Mechanics and Engineering 3 , No.1 , PP 55-87 .

Tahseen O. Al-Qahwaji, (2004) "Free vibration characteristics of un- stiffened and stiffened cylindrical tank partily filled with liquid", Ph.D. thesis , University of Technology,.

Mohammed Ishaquddin, R. Marimuthu, S. Balakrishnan, B. Sivasubramanion, K.L. Handoo, " Frequency and modal pressure computation for fluid-structure interaction analysis". Proceeding of the International conference

on Aerospace science and technology , 26-28 June.2008, Bangalore, India, 2008 .

Marimuthu, R.M.I., Sivasubramanion, B. Balakrishnan, S.; Handoo, K.L. (2007) "A simple and efficient scheme for fluid – structure interaction analysis by couple finite element and boundary element method", by International conference CAE-2007, IIT-Madras, 13-15 December, PP.628-635.

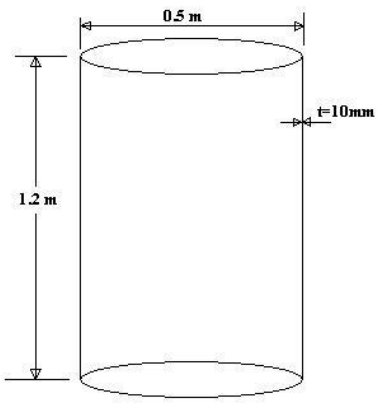
Zienkiewicz O.C., Taylor R.L.(2000). "The finite element methods", fifth edition Vol.2 : Solid Mechanics (2000).

Al-Suhaili R.H. (1997). "Hydrodynamic pressures in dam- reservoir- tunnel system during earthquakes" , Ph.D. thesis, Baghdad university, 1997.

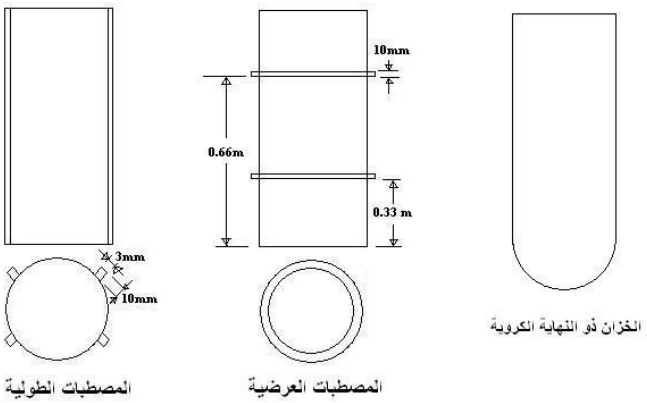
Marrio Paz (1989). " Structural Dynamics" , 2nd edition.

Saeed Moaveni (1999). " Finite element Analysis , theory and application with ANSYS ".

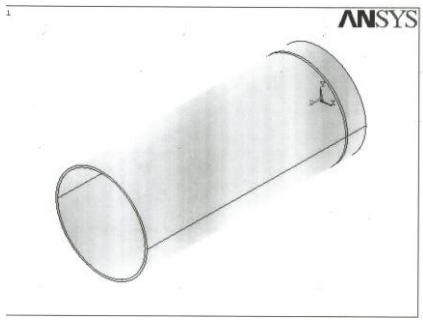
ANSYS, Structural Manual , 1999, ANSYS , Inc.



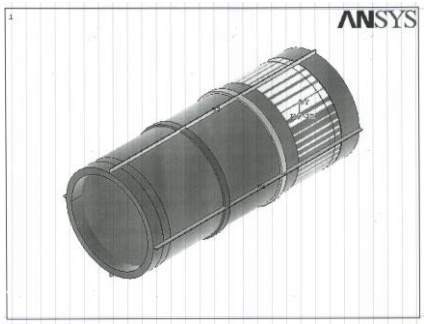
شكل رقم (1) ابعاد الخزان الاسطواني



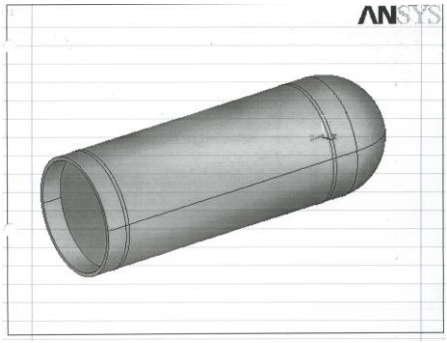
شكل رقم (2) يبين ابعاد وموقع المصطبات الطولية والعرضية والنهاية الكروية



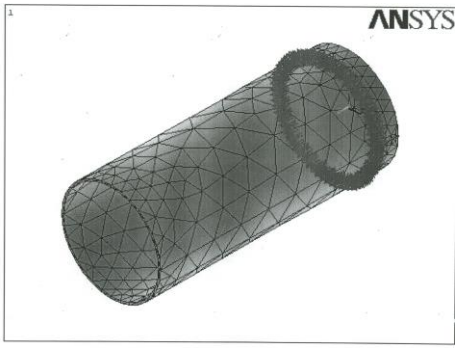
شكل رقم (3)



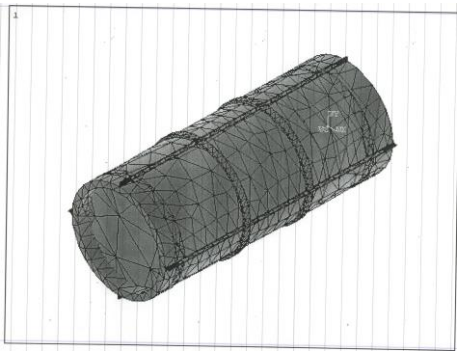
شكل رقم (4)



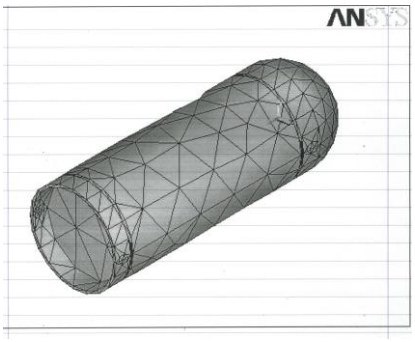
شكل رقم (5)



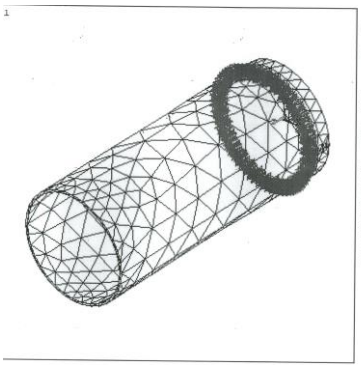
شكل رقم (6)



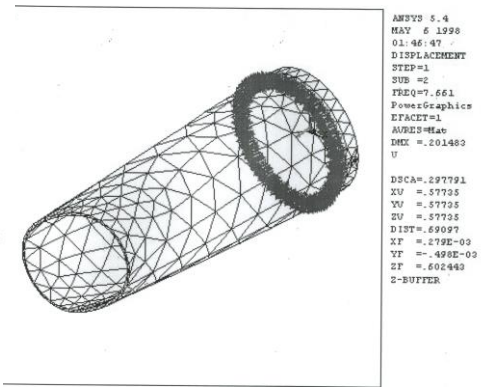
شكل رقم (7)



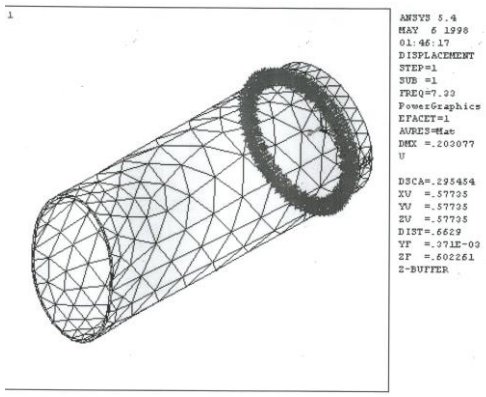
شكل رقم (8)



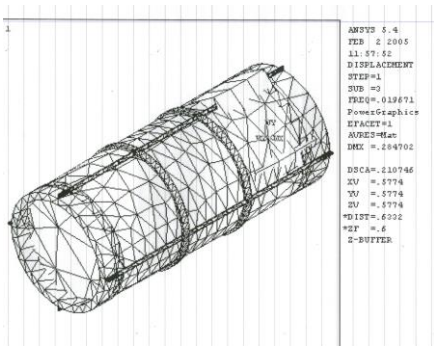
شكل رقم (11)



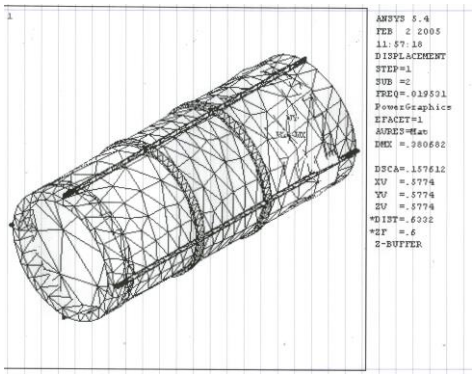
شكل رقم (10)



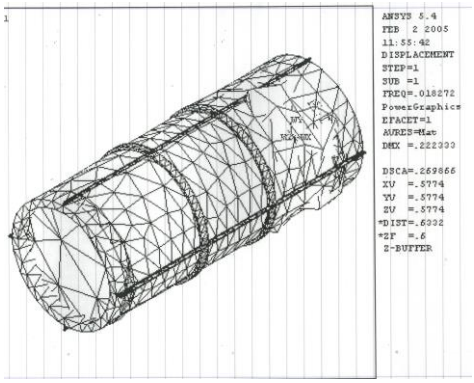
شكل رقم (9)



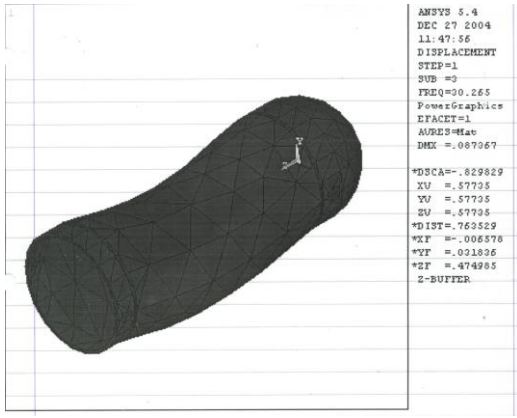
شكل رقم (14)



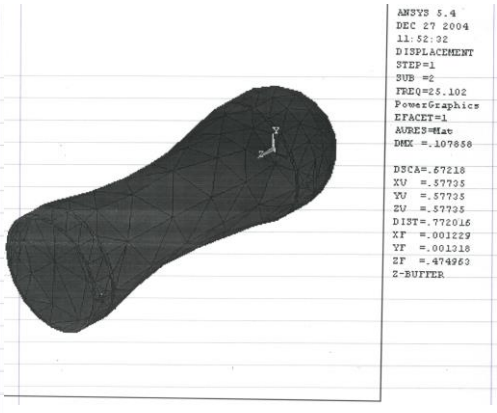
شكل رقم (13)



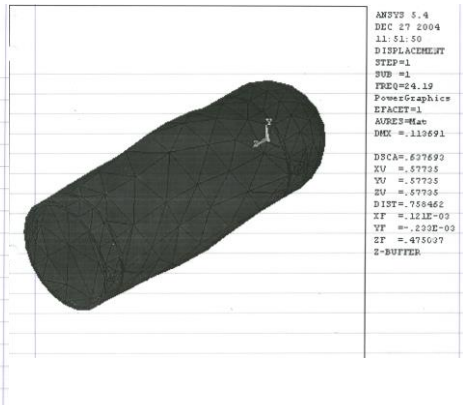
شكل رقم (12)



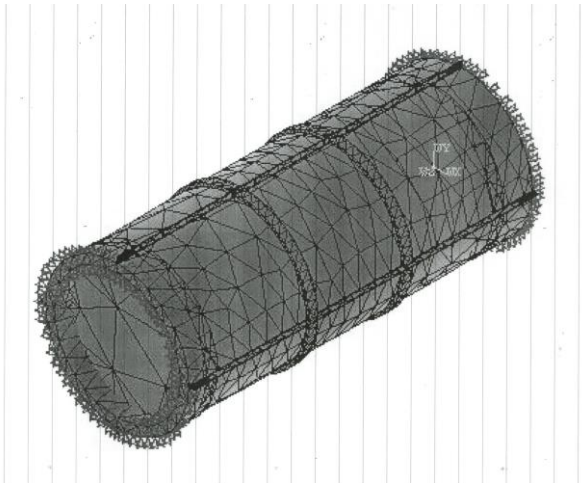
شكل رقم (17)



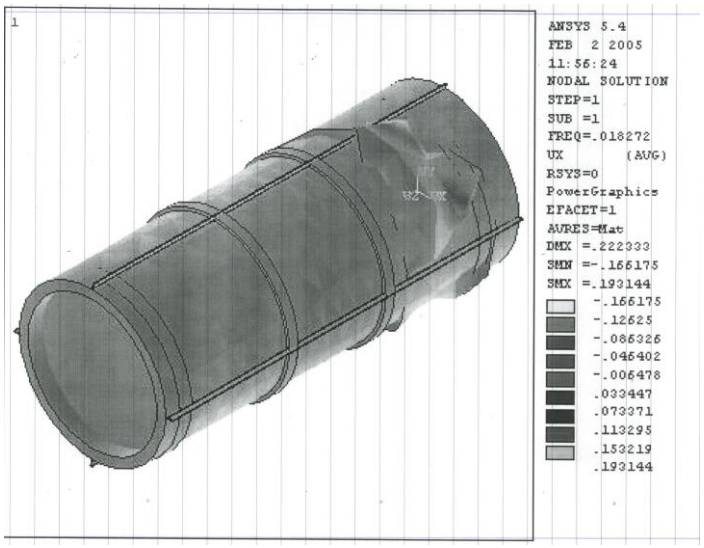
شكل رقم (16)



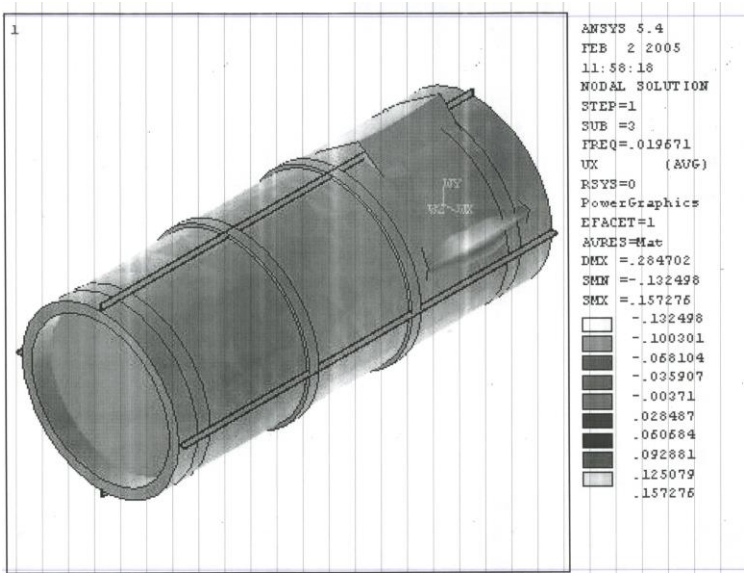
شكل رقم (15)



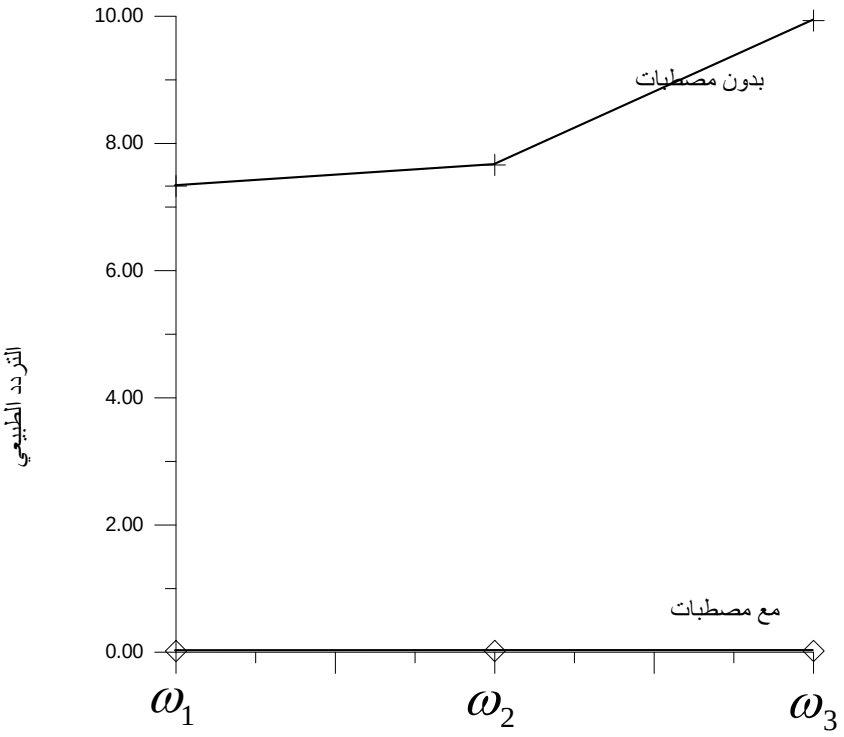
شكل رقم (18)



شكل رقم (19)



شكل رقم (20)


10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
التردد الطبيعي
بدون مصطبات
مع مصطبات
ω_1
ω_2
ω_3

شكل رقم (21)