دراسة تأثير أحمال الصيانة علي السلوك الإنشائي للقباب الكروية المتعامدة الخواص والمتغيرة السمك ذات الإسناد البسيط

م_ صبحيه سعد عبد الله م – أحمد محمود

جامعة جفارة، كلية الهندسة والتكنولوجيا،السهلة – ليبيا

howida.saad77@gmail.com civiiprofengahmad@gmail.com

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة وتحليل القباب الكروية ذات الإسناد البسيط المتغيرة السمك والمتعامدة الخواص الواقعة تحت تأثير أحمال الصيانة بالإضافة إلي وزنها الذاتي باستخدام طريقة العناصر المحددة المختلطة لإيجاد متطلبات التصميم الأساسية في وجود المتغيرات البارومترية لعدد من نسب الخواص المتعامدة وعدد من نسب بواسان مع التغيير في السمك.

وتم تقديم النتـــائج علي هيئة منحنيات لتسهل قرأتها ولمعرفة الســلوك الإنشــائي لهذا النــوع من القشريات علي أقل تقدير عند مرحلة التصميم الابتدائي.

كلمات دالة : القشريات ،الخواص المتعامدة ، العناصر المحددة المختلطة .

Abstract

This paper deals with the study and analysis of spherical domes of simple datum with variable thickness and orthogonal properties under the influence of maintenance loads in addition to their self – weight using the mixed finite element method to find the basic design requirements in the presence of barometric variables for a number of orthogonal property ratios , a number of Poisson ratios and a number of changes in thickness. The results were presented in the form of curves to facilitate their reading and knowledge of the structural behavior of this type of crustaceans , at least at the initial design stage.

1- المقدمة

القباب الكروية من أهم المنشآت القشرية التي يتعامل معها المهندس و أكثرها حيوية وقد أدي استحداث الطرق العددية التي استخدمت بكثرة في التحليل الإنشائي إلي شيوعها وكثرة تداولها.

ومن المعروف أن أسقف المنشآت تقل كفاءتها بمرور الزمن نتيجة للاستخدام العادي لها ولابد من عمل صيانة لها بصفة مستمرة للمحافظة عليها وحتى تؤدي دورها بكفاءة لمدة زمنية اكثر لذلك يتطلب عند تصميمها مراعاة أحمال الصيانة .

تناولت هذه الورقة البحثية التحليل الإنشائي للقباب الكروية متغيرة السمك ومتعامدة الخواص ذات إسناد بسيط عند القاعدة وتحت تأثير أحمال الصيانة ووزنها الذاتي باستخدام نظرية العناصر المحددة المختلطة لمعرفة سلوكها الإنشائي و إيجاد متطلبات التصميم الأساسية من عزوم وإزاحات و قوي محورية.

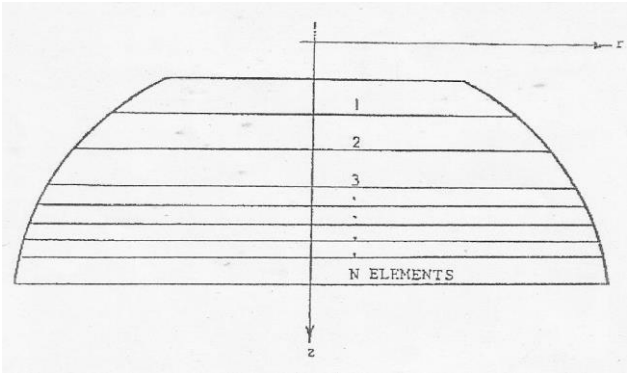
أجريت الدراسة باستخدام متغيرات بارومترية لتحليل القباب لعدد من نسب الخواص المتعامدة وعدد من نسب بواسان نع التغيير في السمك.

2- تحليل القباب الكروية متغيرة السمك ومتعامدة الخواص

2 -1 نظرية العناصر المحددة المختلطة

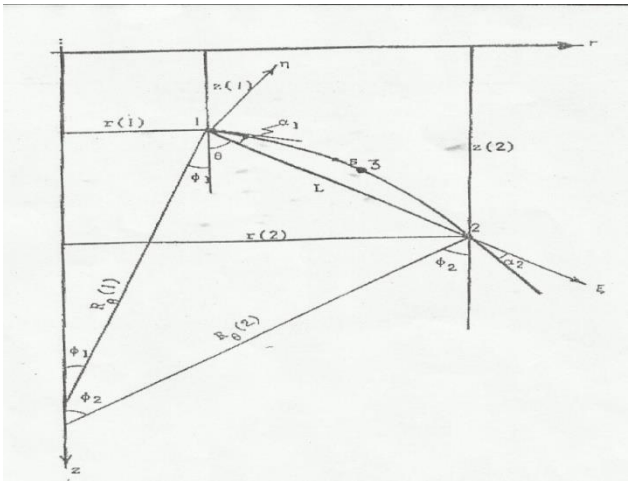
نظرية العناصر المحددة من أهم الطرق العددية المستخدمة في تحليل المنشآت حيت تطورت وشاع استخدامها بعد التطور السريع الذي شهده مجال الحاسب الآلي و تكنولوجيا المعلومات.

مؤخراً ظهرت نظرية العناصر المحددة المختلطة كامتداد لطريقة العناصر المحددة .وتعتبر هذه النظرية عبارة عن دمج بين طريقة الجسوءة و طريقة المطاوعة وهما أكتر الطرق استعمالاً في التحليل الإنشائي. حيت تم تطوير هاتين الطريقتين حيت قام اليأس[1] بالتحليل الخطي للقشريات الدورانية ذات الأحمال و الإزاحات والعزم المتماثلة حول محور الدوران حيت استعمل العنصر الحلقي علي شكل قمع، وبعدها قام الباروني[2] بتطوير التحليل الخطي للقشريات الدورانية تحت تأثير الأحمال المتماثلة و الغير متماثلة باستخدام العنصر الحلقي المنحني ذو ثلاث عقد، حيت تم تقسيم القشرة الدورانية إلي عناصر حلقية كما بالشكل (1).



شكل (1) تقسيم القبة الكروية لمجموعة عناصر

ويكون منحني بديل يستعمل لكل عنصر لتمثيل المنحني الطولي كما في الشكل (2).



شكل (2) هندسة العنصر

2-2 الدراسات البارومترية

ساعد هذا النوع من الدراسات علي معرفة المهندس بسلوك الأشكال الهيكلية المختلفة و تقييم الأشكال التخطيطية التي تعتبر الأساس في التصميم التمهيدي دون الاعتماد المباشر علي النتائج المكتسبة من برامج الكمبيوتر [3].

ومثل هذه الدراسات ساعدت في حل المشاكل الهندسية المختلفة ومكنت من معرفة سلوك الأشكال الهيكلية وميزت مواقع الإجهاد و مقاديرها.

3- متغيرات التحليل

القبة الكروية التي تم دراستها في هذه الورقة البحثية قبة نصف كرة كاملة مسندة بإسناد بسيط تحت تأثير الأحمال المتماثلة محورياً و بوزن ذاتي $24kN/m^3$ وبسمك عند قمة القبة 10 cm وبنصف قطر يساوي 10m وبالإضافة إلي فرض أحمال صيانة علي سطح القبة بقيمة $0.5kN/m^2$ و باستخدام عدد 24 عنصر وبمتغيرات بارومترية وهي :-

- نسب الخواص المتعامدة E_ϕ/E_θ (0.25 ، 0.5 ، 0.75 ،1 ، 1.5 ،2 ،2.5)
- نسبة بواسانμ(0.000 ، 0.10 ، 0.25 ، 0.3)
- التغير في السمك α (0.01، 0.02 ، 0.03)

ملاحظة : نظرا للكم الكبير من المنحنيات والتأثير القليل الذي يحدثه التغير في نسب بواسان بحيث يمكن إهماله فأنه سيتم عرض منحنيات العزوم(M_ϕ) والإزاحة (U_z) لنسبة بواسان (0.25) و لقيم معامل التغير في السمك (0.01 ، 0.02 ،0.03) وكل نسب الخواص المتعامدة المذكورة أعلاه [4].

4- تحليل النتائج و مناقشتها

من منحنيات عزوم الانحناء (M_ϕ) ومنحنيات الإزاحة الراسية (U_z) ومنحنيات القوي المحورية ($N\theta$) المتحصل عليها من تحليل القباب الكروية ذات إسناد بسيط يمكن ملاحظة ما يلى :

1-4 عزوم الانحناء (M_ϕ)

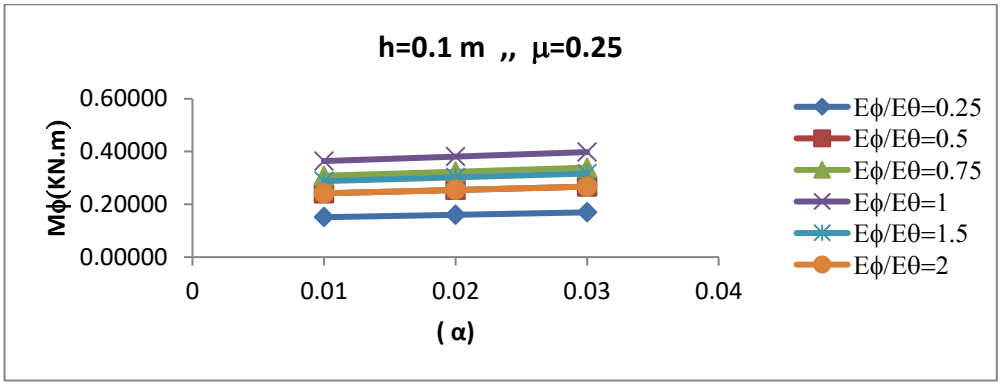
الجدول رقم (1) يعطى القيم العليا لعزوم الانحناء (M_ϕ) لكل متغيرات الدراسة البارومترية وعند تحويلها إلى منحنيات فإنه يمكن استنتاج ما يلى :

جدول (1) القيم العليا لعزوم الانحناء (M_ϕ)

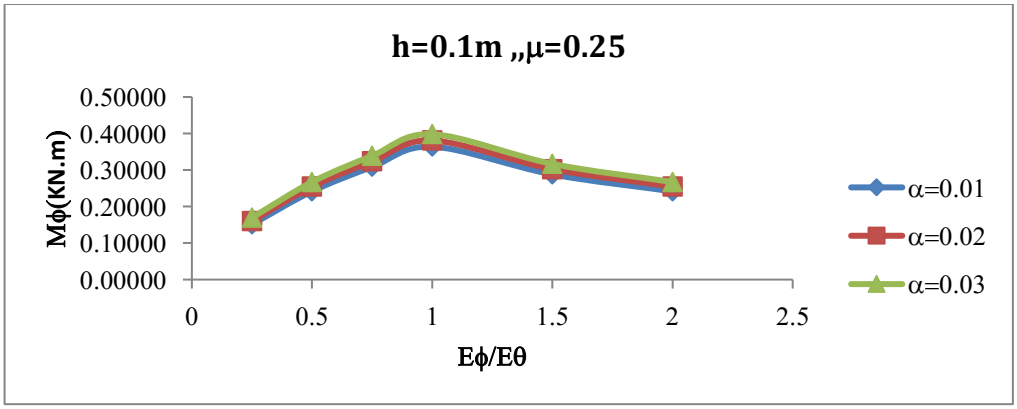
h=0.1m			E_ϕ/E_θ
α=0.03	α=0.02	α=0.01	
0.16960	0.16027	0.15118	0.25
0.26715	0.25431	0.24173	0.5
0.33875	0.32350	0.30853	0.75
0.39813	0.38095	0.36408	1
0.31684	0.30231	0.28806	1.5
0.26715	0.25431	0.24173	2

- القيم العليا لعزوم الانحناء في حالة الإسناد البسيط (المفصلي) تكون في منطقة قريبة من المسند وبإشارة موجبة .
- تتزايد القيم العليا لعزوم الانحناء (M_ϕ) في الاتجاه القطري بزيادة نسب الخواص المتعامدة ، وذلك بسبب زيادة قيم معامل المرونة (E_ϕ) في الاتجاه القطري التي بزيادتها تزداد قيم العزوم ، ولوحظ أن قيم العزوم العليا تزداد بزيادة التغير في السمك وتزداد بشكل منتظم مع التغير في الخواص المتعامدة وذلك حتي النسبة (E_ϕ/E_θ=1) تبدأ قيم العزوم العليا بالتناقص ،كما في الشكل (3).

– تتزايد قيم عزوم الانحناء (M_ϕ) بزيادة نسب التغير فى السمك (α) ، حيث إن التغير في السمك للقبة يؤدى إلي زيادة وزن العنصر وبزيادة الوزن تزداد قيم عزوم الانحناء للقبة ، وتم يبدأ واضحاً تناقص القيم العليا للعزوم بعد النسبة ($E_\phi/E_\theta=1$) مما يوضح تأثير وزن أحمال الصيانة علي القيم العليا للعزوم بعد هذه النسبة كما في الشكل (4).



شكل (3) منحنى القيم العليا للعزوم (M_ϕ) عند التغير في نسب الخواص المتعامدة عندما (h=0.1m)



شكل (4) منحنى القيم العليا للعزوم (M_ϕ) عند التغير في السمك عندما (h=0.1 m)

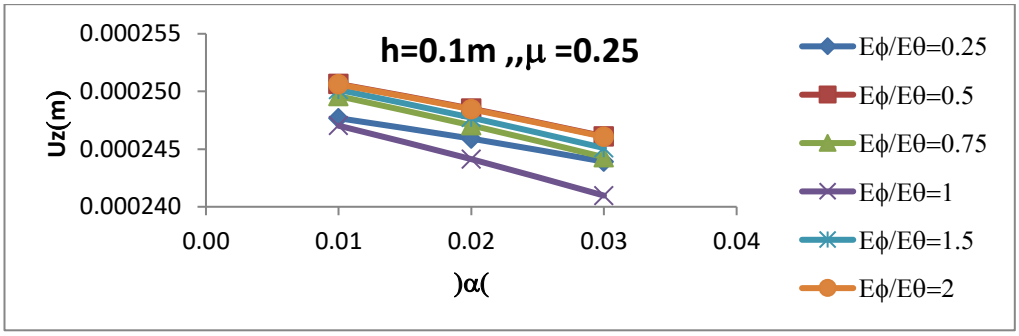
2-4 الإزاحة الرأسية (U_z)

الجدول رقم (2) يعطى القيم العليا للإزاحة الرأسية (U_z) مع التغير فى قيم محددات الدراسة وعند تحويلها إلى منحنيات فإنه يمكن استنتاج ما يلى :

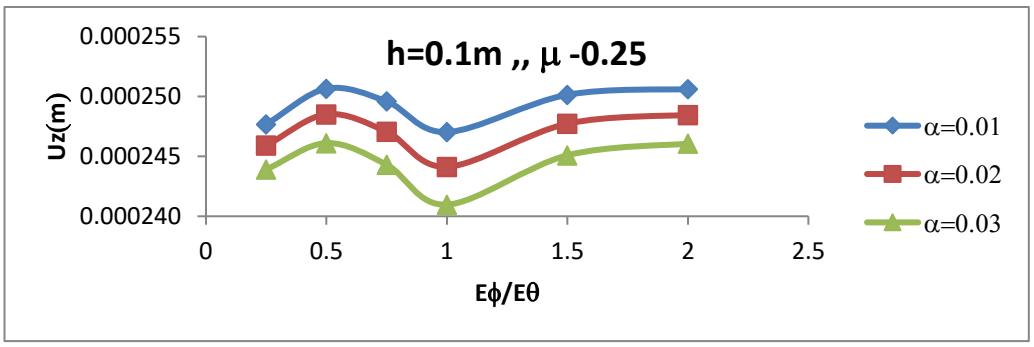
جدول (2) القيم العليا للإزاحة الرأسية (Uz)

h=0.1m			E_ϕ/E_θ
α=0.03	α=0.02	α=0.01	
0.000244	0.000246	0.000248	0.25
0.000446	0.000249	0.000251	0.5
0.000244	0.000247	0.000250	0.75
0.000241	0.000244	0.000247	1
0.000245	0.000248	0.000250	1.5
0.000246	0.000248	0.000251	2

– بالاطلاع علي القيم العليا للازاحة من الجدول (2) وبمعاينة المنحنيات التي تمثل القيم العليا للازاحة لوحظ ان القيم العليا للازاحة الراسية كانت متقاربة جداً ولم يكن هناك تأثير واضح للتغير في السمك عليها الإ أن النسبة (E_ϕ/E_θ =1) كانت بها القيم العليا للازاحة الراسية أقل بقليل من النسب الاخري ويتضح ذلك في الشكلين (5)، (6).



شكل (5) منحنيات القيم العليا للإزاحة (U_z) عند التغير فى نسب الخواص المتعامدة عندما (h=0.1m)



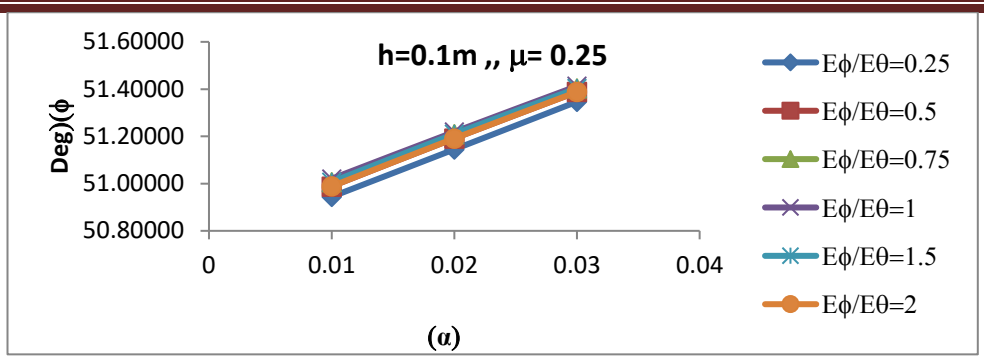
شكل (6) منحنى القيم العليا للإزاحة (Uz) عند التغير فى السمك عندما (h=0.1 m)

4- 3 الزاوية (ϕ) التى تكون فيها القوى المحورية المحيطية (N_θ) تساوي صفرا

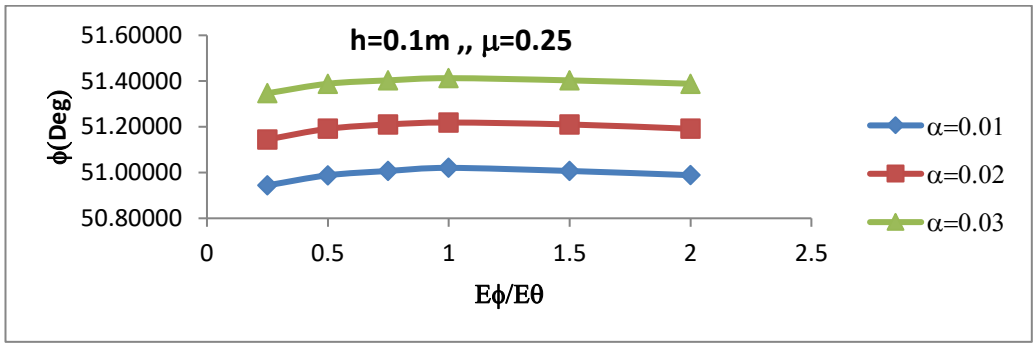
بمعاينة المنحنيات التي يتغير عندها وضع القوي المحورية المحيطية من ضغط الي شد لوحظ الاتي:-

– تتزايد قيمة الزاوية (ϕ) التي يتغير عندها وضع القوى المحورية المحيطية من قوى ضغط إلى قوى شد بزيادة التغير في السمك ومتقاربة من بعضها عند التغير فى الخواص المتعامدة كما بالشكل (7).

– تتزايد قيمة الزاوية (ϕ) التي يتغير عندها وضع القوى المحورية المحيطية من قوى ضغط إلى قوى شد بزيادة الخواص المتعامدة وبشكل منتظم حتي النسبة (E_ϕ/E_θ=1) تبدأ قيم الزاوية المحورية بالتناقص كما بالشكل (8) حيث اصبح تأثير وزن احمال الصيانة بعد تلك النسبة.



شكل (7) منحنى لقيم الزاوية (ϕ) التى تكون فيها القوى المحورية تساوي صفرا عند التغير فى نسب الخواص المتعامدة عندما (h=0. 1m)



شكل (8) منحنى لقيم الزاوية (ϕ) التى تكون فيها القوى المحورية تساوى صفرا عند التغير فى السمك عندما (h=0. 1m)

4- مقارنة بين السلوك الانشائي لقبة كروية بوزنها الذاتي[4] وبين قبة كروية بوزنها الذاتي بالإضافة الي احمال الصيانة في وجود المتغيرات البارومترية.

جدول (3) يوضح اوجه المقارنة بين قبة كروية تحت تأثير وزنها الذاتي فقط وقبة كروية تحت تأثير الوزن الذاتي وأحمال الصيانة

أوجه المقارنة	قبة كروية تحت تأثير(الوزن الذاتي)	قبة كروية تحت تأثير(الوزن الذاتي +احمال الصيانة)
القيم العليا لعزوم الانحناء (Mϕ)	تتزايد بزيادة نسب الخواص المتعامدة وبزيادة نسب التغير في السمك.	تتزايد بزيادة نسب التغيير في السمك وتتزايد بزيد نسب الخواص المتعامدة حتي النسبة($E_\phi/E_\theta=1$)تبدأ القيم العليا لعزوم الانحناء بالتناقص.
القيم العليا للازاحة الراسية(U_z)	تتناقص بزيادة نسب الخواص المتعامدة ولاتتأثر بزيادة التغير في السمك حيث كانت القيم العليا للإزاحة الرأسية متقاربة	لا تتأثر بزيادة التغيير في السمك ولكن يظهر التأثير في الخواص المتعامدة حيث كانت اقل قيم عليا للإزاحة الرأسية عند النسبة ($E_\phi/E_\theta=1$)
الزاوية (ϕ) التلى تكون فيها القوى المحورية المحيطية (N_θ) تساوي صفرا	تتزايد قيمة الزاوية (ϕ) التي يتغير عندها وضع القوى المحورية المحيطية من قوى ضغط إلى قوى شد بزيادة التغير في السمك وبزيادة نسب الخواص المتعامدة.	تتزايد قيمة الزاوية (ϕ) التي يتغير عندها وضع القوى المحورية المحيطية من قوى ضغط إلى قوى شد بزيادة التغير في السمك وتتزايد بزيادة الخواص المتعامدة وبشكل منتظم حتي النسبة ($E_\phi/E_\theta=1$) تبدأ قيم الزاوية المحورية بالتناقص

5- الخلاصـــــــــــة

تم في هذه الورقة البحثية دراسة السلوك الإنشائي للقباب الكروية متغيرة السمك و متعامدة الخواص باستخدام نظرية العناصر المحددة المختلطة تحت تأثير الوزن الذاتي ووزن أحمال الصيانة في وجود المتغيرات البارومترية .

وعرضت النتائج المتحصل عليها في مجموعة من المنحنيات لكل يسهل قرأتها وايجاد المتطلبات الاساسية للتصميم من عزوم انحناء وإزاحات وقوي محورية

قورنت النتائج المتحصل عليها من حلال التحليل لقبة كروية تحت تأثير وزنها الذاتي بالإضافة لأحمال الصيانة مع نتائج قبة كروية تحت تأثير وزنها الذاتي لدراسة سابقة [4] في وجود المتغيرات البارومترية وتم استخلاص الاتي :-

أ- يتضح تأثير أوزان احمال الصيانة علي القيم العليا للعزوم للقباب الكروية وخصوصا بعد النسبة ($E_\phi/E_\theta=1$) حيث تبدأ القيم العليا للعزوم بالتناقص.

ب- لا تتأثر القيم العليا للإزاحة الرأسية للقباب الكروية بشكل واضح في وجود اوزان احمال الصيانة حيث كانت القيم متقاربة جدا.

ج- تتناقص قيمة الزاوية (ϕ) التي يتغير عندها وضع القوى المحورية المحيطية من قوى ضغط إلى قوى شد للقباب الكروية في وجود اوزان احمال الصيانة من بعد النسبة($E_\phi/E_\theta=1$).

د- لوحظ تأثير احمال الصيانة علي السلوك الإنشائي للقباب الكروية في وجود المتغيرات البارومترية من عند النسبة ($E_\phi/E_\theta=1$) .

المراجـــــع

1 - Elias , Z . M., " Mixed Finite Element Methods for Axisymmetric Shells ", Int . J. Num . Meth . Eng .Vol . 4, 1972 .

2 – Barony , S.Y., and H.Tottenham , " The analysis of Rotational Shells using Ring Element and Mixed Variatiaonal Formulation , Int . J . Num . Method in Eng . Vol 10 , 1976.

3 - Barony , S. Y., "Thoughts on Present and Future Trends in Structural Analysis", Advances Civil Engineering , Eastern Mediterranean University , Gazimaguza , Northern Cyprus , 2000.

4– صبحية سعد.، " دراسة سلوك القباب الكروية متغيرة السمك والخواص المتعامدة"، رسالة ماجستير غير منشورة ، تحت أشراف الدكتور صالح البارونى ،. خريف 2015.

الرموز المستخدمة:

M_ϕ	عزوم الانحناء في الاتجاه الفطري	U_z	الإزاحة الرأسية
E_ϕ	معامل المرونة في الاتجاه القطري	E_θ	معامل المرونة فى الاتجاه العمودي
μ	نسبة بواسان	α	التغير فى السمك
h	السمك عند قمة القبة	N_θ	القوى المحورية المحيطية