

# Study of the Change in the Buckling Modulus of Jointed Reinforced Concrete Spherical Shells under the Influence of Dead and Live Loads

Dr. Akram Sakour \*

Ali Alhayek \*\*

(Received 18 / 2 / 2024. Accepted 22 / 4 / 2024)

## □ ABSTRACT □

Shell spread widely, especially in public places and halls. In this research, we will study hemispherical domes made of reinforced concrete, which have a hinged support at the ends under the influence of buckling, in order to find out the relationship of the radius to thickness ratio to the buckling coefficient, which serves as a safety factor against buckling, as well as The radius-to-thickness ratio is related to the shape of the resulting buckling and the type of load applied. The study concluded that the dominant buckling shape is not related to the ratio of the shell's radius to its thickness. This shape varies depending on the type of load overlay used, and the value of the buckling factor decreases with the increase in the ratio of the shell's radius to its thickness. For the same thickness, the effective rate of implementation was determined to be between [75 – 100] and that in order to increase the cross section, the value of the buckling factor decreases..

**Keywords:** Shell, Dome, Buckling, Dead Load, Live Load.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

---

\*Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

\*\* PHD Student, Department Of Structural Engineering, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. alialhayek@gmail.com

## دراسة تغير معامل الانبعاج للقشريات الكروية البيتونية المسلحة المتمفصلة تحت تأثير الحمولات الميتة والحية

د. أكرم صقور \*

علي الحايك \*\*

(تاريخ الإيداع 18 / 2 / 2024. قُبِلَ للنشر في 22 / 4 / 2024)

### □ ملخص □

تنتشر القشريات بشكل واسع وخاصة في الأماكن العامة والصالات في بحثنا هذا سوف نقوم بدراسة القرب نصف الكروية المصنوعة من البيتون المسلح والتي تتمتع باستناد متمفصل عند الأطراف تحت تأثير الانبعاج وذلك لمعرفة علاقة نسبة نصف القطر إلى السماكة بمعامل الانبعاج الذي هو بمثابة عامل أمان ضد الانبعاج، وكذلك علاقة نسبة نصف القطر إلى السماكة بشكل الانبعاج الحاصل، ونوع الحمولة المطبقة، خلصت الدراسة إلى أن شكل الانبعاج المسيطر لا يتعلق بنسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها، و يختلف هذا الشكل باختلاف نوع تراكب الحمولة المستخدم، وقيمة معامل الانبعاج تنخفض مع زيادة نسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها من أجل السماكة نفسها، وتم تحديد النسبة الفعالة لنصف قطر القشرية إلى سماكتها للتنفيذ بين [100 – 75] وأنه من أجل زيادة المجاز فإن قيمة معامل الانبعاج تتناقص.

الكلمات المفتاحية: القشريات، القرب، الانبعاج، حمولات ميتة، حمولات حية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\*أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* طالب دكتوراه - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. [alialhayek@gmail.com](mailto:alialhayek@gmail.com)

**مقدمة:**

لقد كان أول استخدام للقشريات هو في مبنى الـ Pantheon في روما والذي بني في عام 126AD من قبل الامبراطور هادريان وتدعى بقبة البانثيون انترادوس وهي واحدة من أكبر القباب في العالم وهي بقطر 43.5m وهي محاطة بجدران حجرية سميكة وثمانية أعمدة كبيرة يتوزع عليها وزن القبة النصف كروية وتضم في قمتها فتحة دائرية تسمى أوكلوس تسمح بإضاءة البيئة الداخلية (Makowski, 1984)[1].

وكذلك Colosseum Kino في أوصلو والتي تتميز بقبتها الكروية الكبيرة وهي قبة من البيتون المسلح بقطر 20m سماكتها 100mm في الجز السفلي وتناقصت هذه السماكة لتصبح 80mm في الجز العلوي (Egor, 1991)[2].

وقد اشتهر استخدام القشريات الكروية في القاعات الكبيرة وقاعات الاحتفالات وصلالات المطارات وغيرها من المنشآت التي تحتاج إلى مساحات كبيرة أو تتسع لعدد كبير من الحضور، تخضع القشريات إلى حمولات خارجية مبيئة مثل الوزن الذاتي وحمولة الإكساءات وحية من أجل الصيانة ووصول العمال إلى سطح القشرية، قد تزداد هذه الحمولات وتسبب الانبعاج في سطح القشرية مسببة انهيارها تحت تأثير الانبعاج. وتكون الحمولة عندها هي الحمولة الحرجة على الانبعاج و بنسب حمولة الانبعاج الحرجة إلى الحمولة المطبقة نحصل على معامل الانبعاج الذي يشكل المقياس الذي يجب أن تتضاعف الحمولة بمقداره لكي يحصل الانبعاج أي هو بمثابة عامل أمان للقشريات على الانبعاج.

وجد (Timoshenko, 1961)[3] أن حمولة الانبعاج في القشريات تتعلق بسماكة القشرية وتتناسب معها طردياً وكذلك تتعلق بنصف قطر القشرية وتتناسب معها عكساً، أما (Vandepitte, 1971)[4] فأيضاً في علاقته لم يقتصر الأمر على السماكة ونصف قطر القشرية فقد أدخل زاوية القشرية أيضاً في حساب الحمولة الحرجة، وحدد (Billington, 1982)[5] أن القشرية تكون مستقرة عندما تكون الحمولة المطبقة عليها أصغر أو تساوي الحمولة الحرجة وعكس ذلك فتكون غير مستقرة. ودراسته لمعامل الانبعاج وجد الباحث (Abdi, 2011)[6] من خلال دراسته لثلاث أنواع من القشريات أن حمولة الانبعاج تزداد مع ازدياد السماكة لكن بنسب مختلفة، ووجد الباحث (Rotter, 2016)[7] أن حمولة الانبعاج تختلف باختلاف نسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها حيث درس الباحث نسب مختلفة عددها ستة نسب تراوحت بين 200 – 2000 ولم يعتمد اختلاف الزوايا، لم نجد من خلال هؤلاء الباحثين وغيرهم من قام بإجراء دراسة شاملة لنوع معين من القشريات تحت تأثير حمولة الانبعاج أو تحديد علاقتها بنسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها، إلا من خلال استخدام نسبة أو نسبتي لا تعطي انطباع كامل عن مدى التغير الذي يمكن أن يحصل، أو هل لهذه النسبة علاقة بشكل الانبعاج المسيطر أو بمعامل الانبعاج.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية البحث في فهم سلوك القشريات الكروية البيوتونية المسلحة المتمفصلة الاستناد تحت تأثير الحمولات الشاقولية الحية والميئة، ومعرفة حمولة الانبعاج ومعامل الانبعاج ومجال سيطرة هذه الحمولة .

هدف البحث هو مساهمة في تحديد علاقة معامل الانبعاج مع مجاز القشرية ومع سماكة القشرية ومع الحمولة ونوعها حية أو ميتة من خلال علاقة معامل الانبعاج مع نسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها . وعلاقة هذه النسبة مع شكل الانبعاج المسيطر .

#### طرائق البحث ومواده:

تم اعتماد تحليل الانبعاج وذلك لنماذج القشريات نصف الكروية والمتغير  $\frac{R}{t}$  بحيث:  $R$ : نصف قطر القشرية.  $t$ : سماكة القشرية.

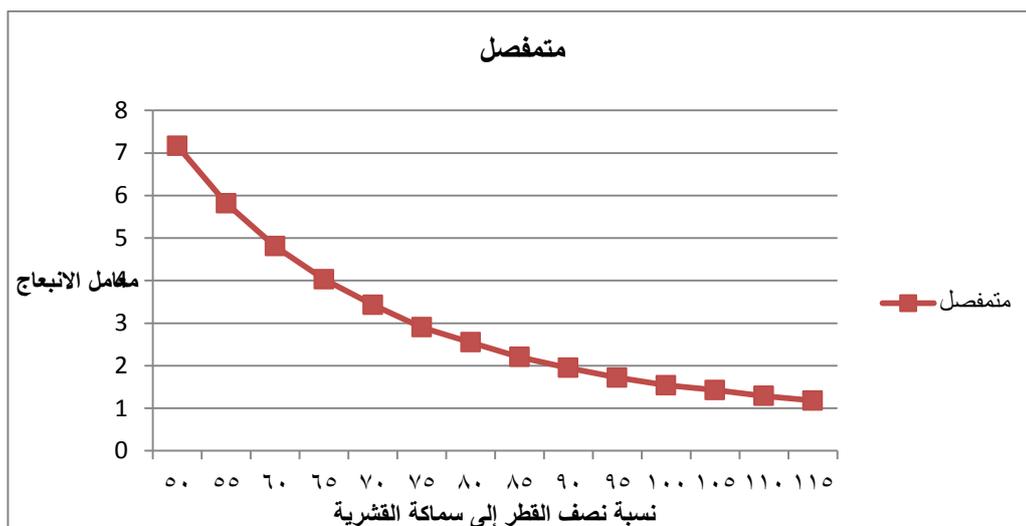
تم استخدام تحليل *LINEAR BUCKLING ANALYSIS* باستخدام برنامج *SAP2000* ويقضي هذا التحليل حل المعادلة  $[K - \lambda G(r)]\psi = 0$ .

بحيث:  $K$ : مصفوفة الصلابة،  $G(r)$ : تأثير الأبعاد الهندسية من خلال تابع الحمولة  $r$ ،  $\lambda$ : مصفوفة قطرية لقيمة  $eigen$ ،  $\psi$ : هي مصفوفة الأنماط وتعرف الأنماط بأرقام من 1 إلى  $n$ .

$\lambda$ : هو عامل الانبعاج وهو عبارة عن المقياس الذي يجب أن تتضاعف بمقداره الحمولة لكي تسبب الانبعاج ويمكن اعتباره بمثابة عامل أمان للمنشأة بوجه الحمولات الحالية ضد الانبعاج، ويجب ألا تقل عدد الأنماط المتولدة عن 6 أنماط، وهذه الأنماط هي أنماط الاهتزاز الطبيعية للمنشأة.

من أجل اختيار النسبة  $\frac{R}{T}$  التي ستشملها دراستنا سنقوم بتحميل القشرية بحمولة ميتة شاقولية موزعة بانتظام متضمنة الوزن الذاتي الموزعة على كامل مساحة القشرية مقدارها  $1N/mm^2$  ودراستها بواسطة تحليل الانبعاج. اعتمدنا على المجال  $50 \leq \frac{R}{T} \leq 115$  وافترضنا أن سماكة العينات  $7cm$ . فسوف نحصل على العينات التالية:

الجدول (1) العينات المدروسة بتأثير حمولة واحدة				
العينات	السماكة	النسبة	قيمة $r$ (m)	معامل الانبعاج
1	7cm	50	3.5	9.02
2	7cm	55	3.85	7.302
3	7cm	60	4.2	6.015
4	7cm	65	4.55	5.029
5	7cm	70	4.9	4.26
6	7cm	75	5.25	3.492
7	7cm	80	5.6	3.066
8	7cm	85	5.95	2.648
9	7cm	90	6.3	2.34
10	7cm	95	6.65	2.07
11	7cm	100	7	1.873
12	7cm	105	7.35	4.26
13	7cm	110	7.7	1.74
14	7cm	115	8.05	1.579
$\frac{r}{t} = [50,115]$ بحمولة واحدة شاقولية ( $1N/mm^2$ )، سماكة $7cm$ بنسبة				



الشكل (1) العلاقة بين معامل الانبعاج ونسبة نصف القطر إلى سماكة القشرية

من الشكل السابق نلاحظ أن قيمة معامل الانبعاج تتراوح بين 7.166 و 1.179 وذلك من أجل حالة القشرية متمفصلة الاستناد وذلك من أجل نسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها تتراوح بين 50,115 وبما أن معامل الانبعاج هو بمثابة عامل أمان للقشرية ، فإننا سوف نكتفي بدراسة القشرية من أجل نسبة نصف القطر إلى سماكة القشرية من 75 → 100 أي من أجل قيم تتراوح بين 2.9 – 1.54.

ويتطبيق الحمولة  $1N/mm^2$  على النماذج التي تحقق نسبة نصف القطر إلى سماكة القشرية بين 75 → 100 وسوف نقوم بفرض سماكة القشرية تتراوح بين  $7cm \rightarrow 12cm$  فنحصل على النتائج التالية:

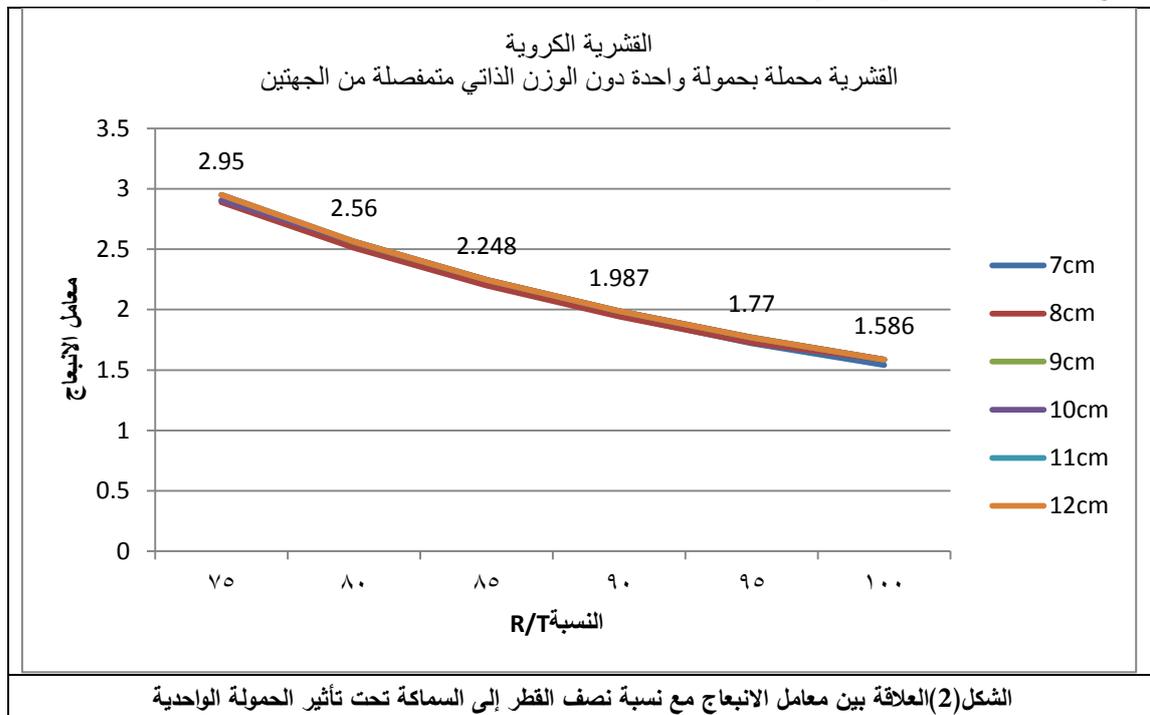
**الجدول(2) النماذج المدروسة بتأثير الحمولة الواحديّة**

معامل الانبعاج	نصف القطر R	النسبة $\frac{R}{t}$	السماكة t	العينة
2.9	5.25	75	7cm	1
2.55	5.6	80	7cm	2
2.205	5.95	85	7cm	3
1.95	6.3	90	7cm	4
1.72	6.65	95	7cm	5
1.54	7	100	7cm	6
2.89	6	75	8cm	7
2.512	6.4	80	8cm	8
2.2	6.8	85	8cm	9
1.942	7.2	90	8cm	10
1.726	7.6	95	8cm	11
1.586	8	100	8cm	12
2.95	6.75	75	9cm	13
2.56	7.2	80	9cm	14
2.248	7.65	85	9cm	15

1.987	8.1	90	9cm	16
1.769	8.55	95	9cm	17
1.586	9	100	9cm	18
2.95	7.5	75	10cm	19
2.564	8	80	10cm	20
2.248	8.5	85	10cm	21
1.987	9	90	10cm	22
1.769	9.5	95	10cm	23
1.586	10	100	10cm	24
2.95	8.25	75	11cm	25
2.564	8.8	80	11cm	26
2.248	9.35	85	11cm	27
1.987	9.9	90	11cm	28
1.769	10.45	95	11cm	29
1.586	11	100	11cm	30
2.95	9	75	12cm	31
2.564	9.6	80	12cm	32
2.248	10.2	85	12cm	33
1.987	10.8	90	12cm	34
1.769	11.4	95	12cm	35
1.586	12	100	12cm	36

$\frac{r}{t} = [75,100]$  بنسبة [7cm, 12cm] سماكة (1N/mm<sup>2</sup>)، حمولة واحدة شاقولية

برسم القيم السابقة من خلال منحنى العلاقة بين نسبة نصف قطر القشرية إلى سماكتها و قيمة معامل الانبعاج نحصل على المنحنى التالي:



## دراسة القشريات تحت تأثير الحمولات الميئة والحية:

من أجل دراسة القشريات الكروية تحت تأثير الحمولات الحية والميئة الموزعة بانتظام على مساحة القشرية سوف نقوم باعتماد النماذج التي تحقق نسبة نصف القطر إلى سماكة القشرية بين 100 → 75 وسوف نقوم بفرض سماكة القشرية تتراوح بين 7cm → 12cm وبالتالي وبعتماد حالة استناد مفصلية في نهايات القشرية.

وباعتماد حمولة شاقولية موزعة بانتظام على مساحة القشرية وهي الحمولة الحية مقدارها  $200kg/m^2$  وحمولة ميئة  $200kg/m^2$  بالإضافة إلى الوزن الذاتي للقشرية وبعتماد التراكبات المستخدمة في كود الـ (14 – ACI318) [9] والتي لها علاقة بالحمولات الميئة والحمولات الحية وهي :

1) 1.4D

2) 1.2D + 1.6L

بتطبيق تحليل الانبعاج عليها للحصول على معامل الانبعاج تكون النتائج على الشكل التالي:

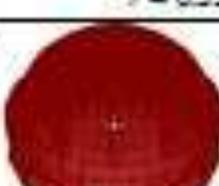
الجدول (3) العينات التي تمت دراستها					
معامل الانبعاج		قيمة (r) (m)	النسبة	السماكة	العينة
1.2D+1.6L	1.4D				
420.3	580.3	5.25	75	7cm	1
348.33	516.74	5.6	80	7cm	2
305.95	453.87	5.95	85	7cm	3
270.77	401.68	6.3	90	7cm	4
241.24	360.2	6.65	95	7cm	5
216.22	320.75	7	100	7cm	6
405.3	553.10	6	75	8cm	7
335.80	485.40	6.4	80	8cm	8
294.95	426.36	6.8	85	8cm	9
261.03	377.32	7.2	90	8cm	10
232.56	336.17	7.6	95	8cm	11
208.44	301.30	8	100	8cm	12
394.2	525.51	6.75	75	9cm	13
324.14	457.64	7.2	80	9cm	14
284.71	401.96	7.65	85	9cm	15
251.97	355.74	8.1	90	9cm	16
224.49	316.95	8.55	95	9cm	17
201.20	284.07	9	100	9cm	18
385.2	550.16	7.5	75	10cm	19
305.27	421.83	8	80	10cm	20
267.76	370.00	8.5	85	10cm	21
243.51	336.5	9	90	10cm	22
210.35	290.67	9.5	95	10cm	23
194.45	268.70	10	100	10cm	24
380.2	531.41	8.25	75	11cm	25
303.10	410.67	8.8	80	11cm	26
266.22	360.71	9.35	85	11cm	27
235.61	319.23	9.9	90	11cm	28
209.91	284.42	10.45	95	11cm	29

188.14	254.9	11	100	11cm	30
375.3	505.47	9	75	12cm	31
293.57	390.63	9.6	80	12cm	32
257.85	343.10	10.2	85	12cm	33
262.29	349.01	10.8	90	12cm	34
203.31	270.53	11.4	95	12cm	35
182.23	242.47	12	100	12cm	36
حمولة مينة 200Kg/m <sup>2</sup> حمولة حية 200Kg/m <sup>2</sup>					

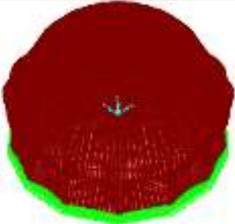
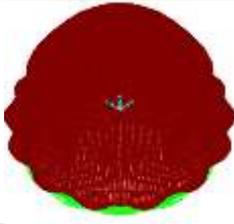
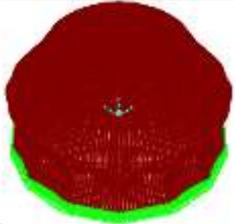
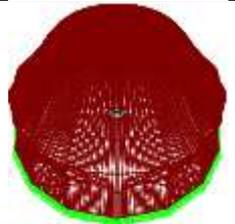
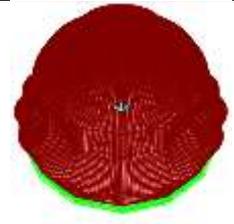
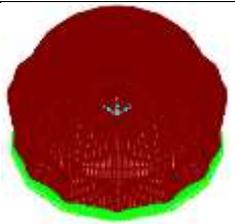
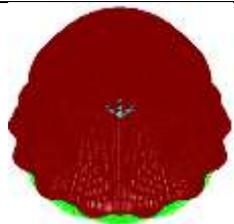
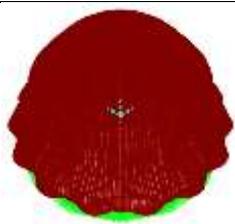
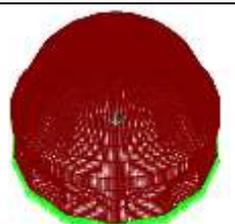
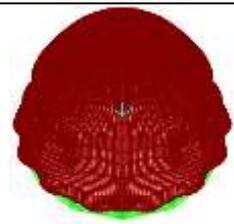
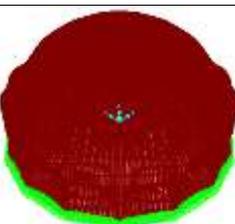
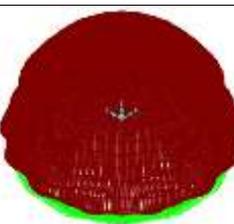
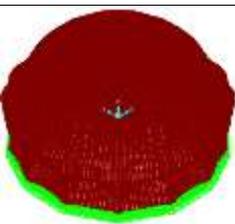
نجد أن شكل الانبعاج اختلف من أجل التراكيب حيث أن من أجل العينات [3,6,7,13,18,28,29,30,31] اختلف شكل الانبعاج في كل تراكب عن الآخر في نفس العينات، نستنتج أن نمط الانهيار الذي ينتج عنه معامل الانبعاج الأقل يختلف أجل التراكب الأول والثاني وبالتالي يختلف نمط الانبعاج باختلاف الحمولة والتراكب المطبق.

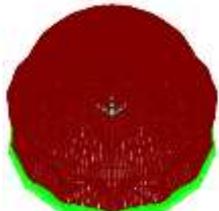
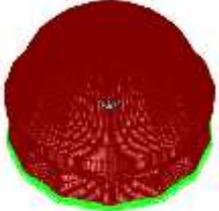
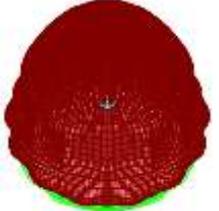
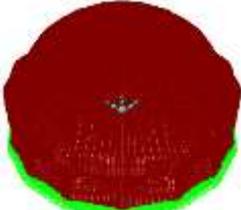
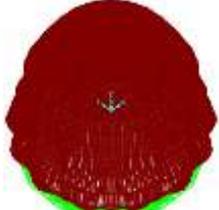
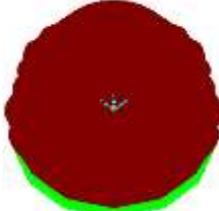
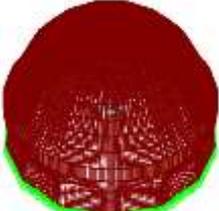
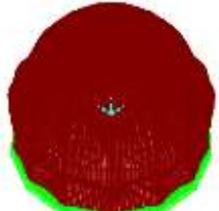
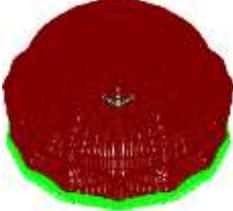
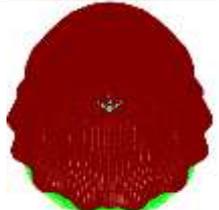
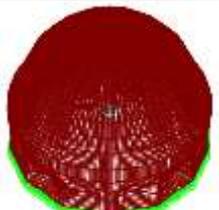
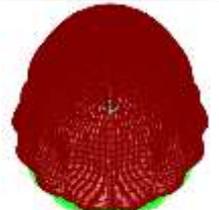
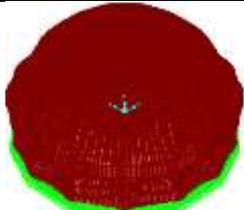
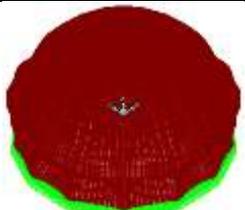
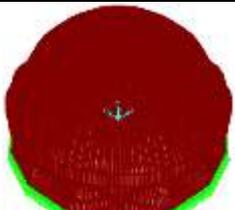
الجدول (4) أشكال الانبعاج للنماذج المدروسة					
شكل الانبعاج					
		19			1
$r = 7.5m, T = 10cm$			$r = 5.25m, T = 7cm$		
		20			2
$r = 8m, T = 10cm$			$r = 5.6m, T = 7cm$		
		21			3
$r = 8.5m, T = 10cm$			$r = 5.95m, T = 7cm$		
		22			4
$r = 9m, T = 10cm$			$r = 6.3m, T = 7cm$		

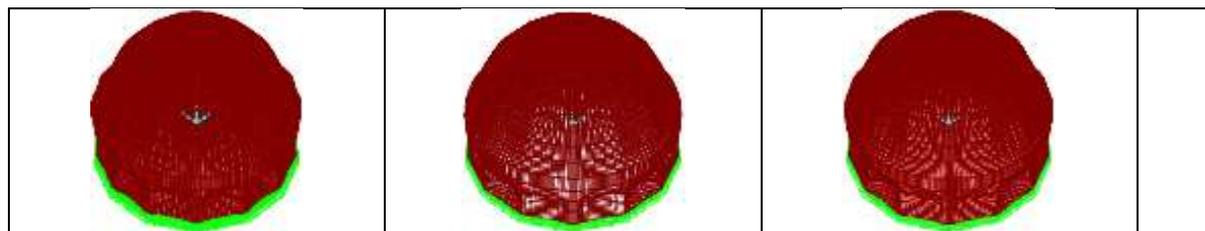
		23			5
$r = 9.55m, T = 10cm$			$r = 6.65m, T = 7cm$		
		24			6
$r = 10m, T = 10cm$			$r = 7m, T = 7cm$		
		25			7
$r = 8.25m, T = 11cm$			$r = 6m, T = 8cm$		
		26			8
$r = 8.8m, T = 11cm$			$r = 6m, T = 8cm$		
		27			9
$r = 9.35m, T = 11cm$			$r = 6.8m, T = 8cm$		
		28			10
$r = 9.9m, T = 11cm$			$r = 7.2m, T = 8cm$		
		29			11
$r = 10.45m, T = 11cm$			$r = 7.6m, T = 8cm$		

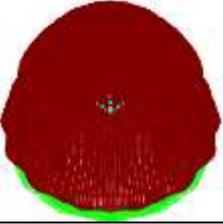
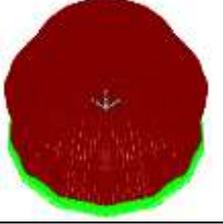
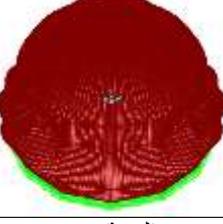
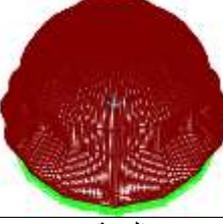
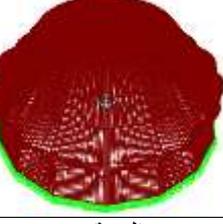
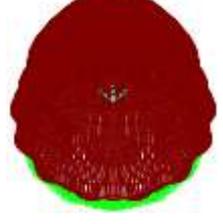
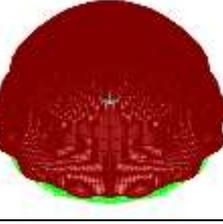
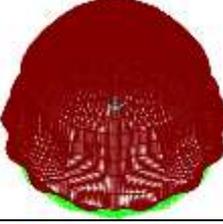
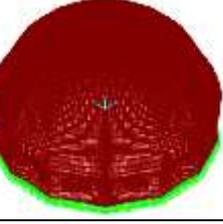
		30			12
$r = 11m, T = 11cm$			$r = 8m, T = 8cm$		
		31			13
$r = 9m, T = 12cm$			$r = 6.75m, T = 9cm$		
		32			14
$r = 9.6m, T = 12cm$			$r = 7.2m, T = 9cm$		
		33			15
$r = 10.2m, T = 12cm$			$r = 7.65m, T = 9cm$		
		34			16
$r = 10.8m, T = 12cm$			$r = 8.1m, T = 9cm$		
		35			17
$r = 11.4m, T = 12cm$			$r = 8.55m, T = 9cm$		
		36			18
$r = 12m, T = 12cm$			$r = 9m, T = 9cm$		

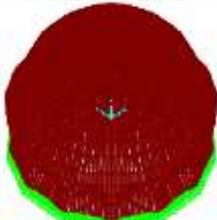
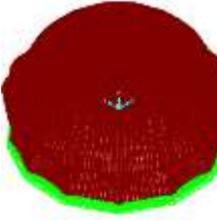
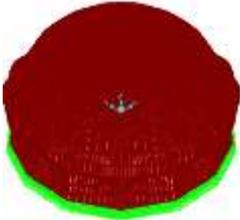
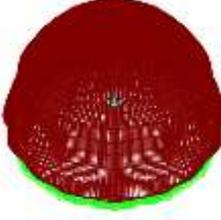
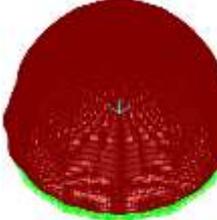
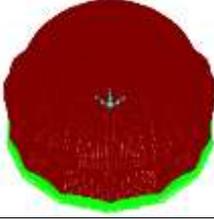
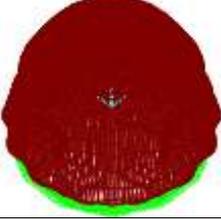
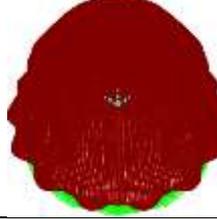
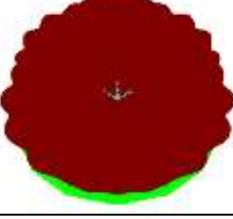
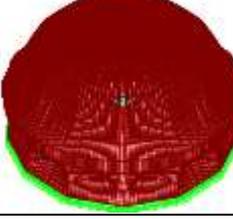
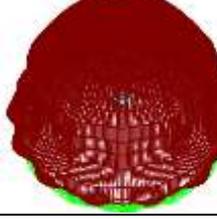
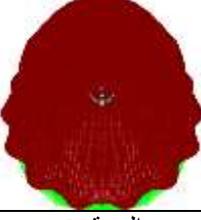
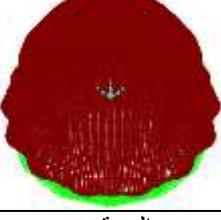
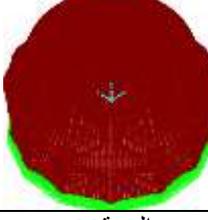
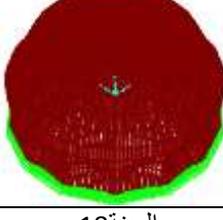
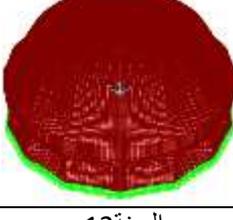
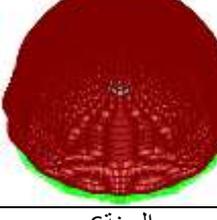
بترتيب أنماط الانهيار للعينات تبعاً للنسبة  $\frac{R}{T}$  نلاحظ أن العينات ذات النسبة نفسها ليس لديها نفس نمط الانهيار المتشكل، أي أن نمط الانهيار ليس له صلة بالنسبة  $\frac{R}{T}$ . حيث نلاحظ أن العينات في نفس النسبة قد ظهرت تبعاً لنمطين أو أكثر أي لم تحافظ على نمط واحد للانهيار.

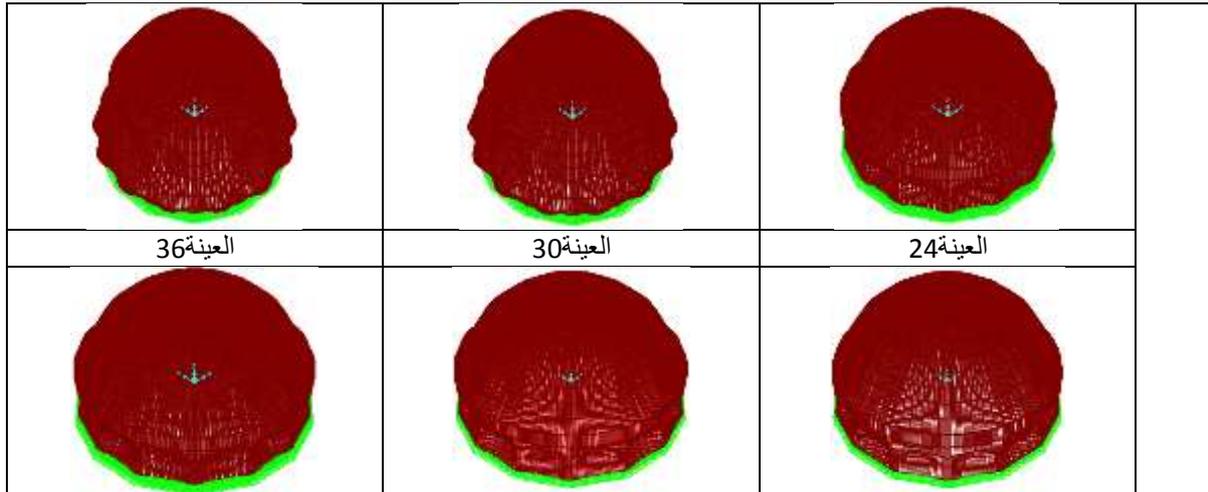
الجدول (5) أشكال انهيار العينات تبعاً للتراكب 1.4D			
1.4D			
العينة 13	العينة 7	العينة 1	R/T
			75
العينة 31	العينة 25	العينة 19	
			85
العينة 14	العينة 8	العينة 2	
			85
العينة 32	العينة 26	العينة 20	
			85
العينة 15	العينة 9	العينة 3	
			85
العينة 33	العينة 27	العينة 21	

			90
العينة 16	العينة 10	العينة 4	
			
العينة 34	العينة 28	العينة 22	95
			
العينة 17	العينة 11	العينة 5	
			100
العينة 35	العينة 29	العينة 23	
			
العينة 18	العينة 12	العينة 6	100
			
العينة 36	العينة 30	العينة 24	

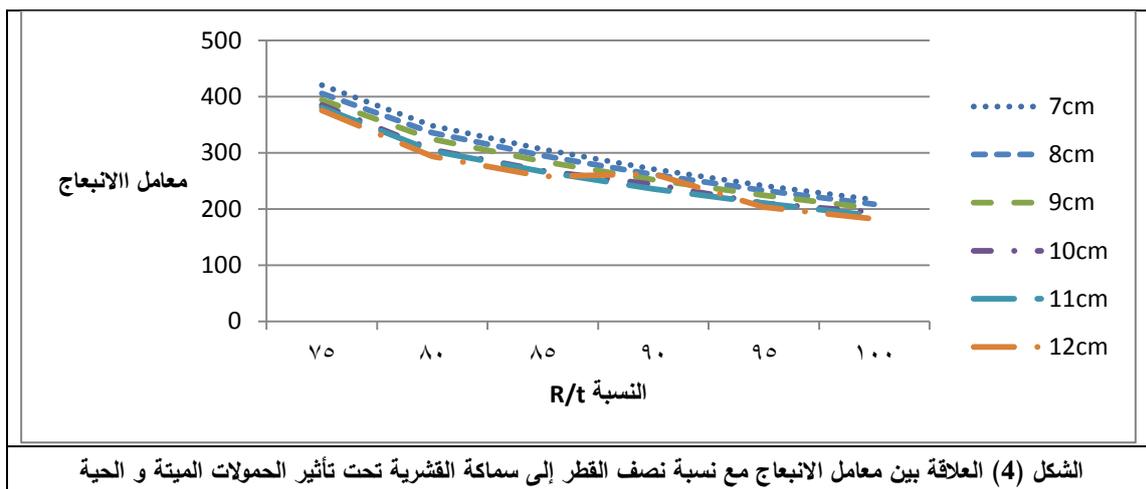
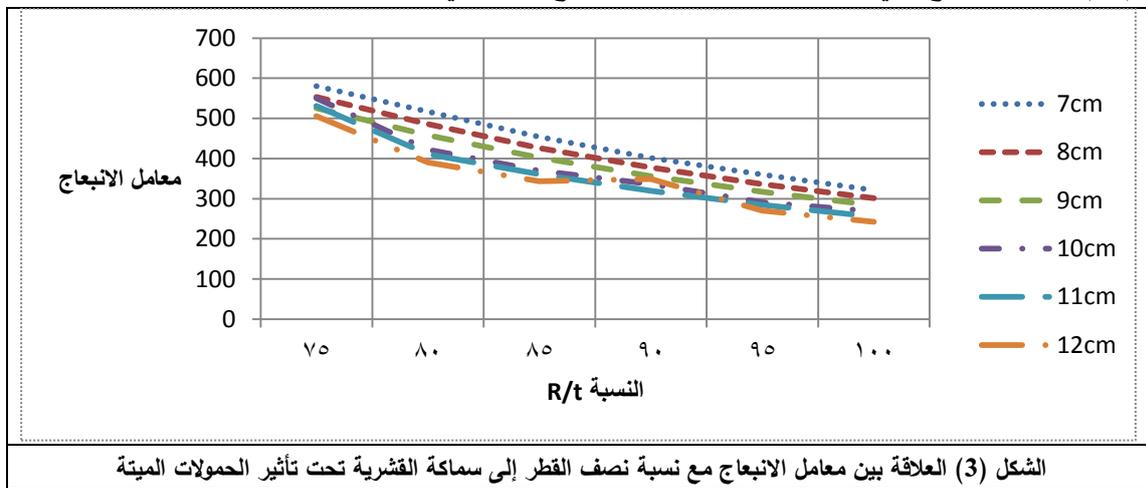


الجدول (6) أشكال انهيار العينات تبعاً للتراكب 1.2D+1.6L			
1.2D+1.6L			
العيانة 13	العيانة 7	العيانة 1	
			75
العيانة 31	العيانة 25	العيانة 19	
			80
العيانة 14	العيانة 8	العيانة 2	
			85
العيانة 32	العيانة 26	العيانة 20	
			
العيانة 15	العيانة 9	العيانة 3	

			
العينة 33	العينة 27	العينة 21	
			
العينة 16	العينة 10	العينة 4	90
			
العينة 34	العينة 28	العينة 22	
			95
العينة 17	العينة 11	العينة 5	
			
العينة 35	العينة 29	العينة 23	100
			
العينة 18	العينة 12	العينة 6	



برسم قيم معامل الانبعاج التي حصلنا عليها من تحليل النماذج نجد مايلي:



### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- اختلف شكل الانهيار بين التراكب الأول والتراكب الثاني من أجل العينات [3,6,7,13,18,28,29,30,31] فيما تشابه من أجل بقية العينات وبالتالي لا يمكن تعميم نتيجة التشابه أو الاختلاف بل يجب دراسة الانهيار بالانبعاج من أجل جميع التراكبات.
- 2- بمقارنة شكل الانهيار للنماذج ذات النسبة  $\frac{R}{t}$  المتشابهة فإن الانهيار مختلف من أجل التراكب نفسه.
- 3- نلاحظ أن قيمة معامل الانبعاج تنخفض مع ازدياد النسبة  $\frac{R}{t}$  وذلك من أجل السماكة نفسها.
- 4- مع ازدياد السماكة من أجل النسبة  $\frac{R}{t}$  نفسها فإن معامل الانبعاج يتناقص مع ازدياد السماكة بسبب ازدياد المجاز الذي تغطيه القشرية .
- 5- إن النسبة الفعالة للدراسة والتنفيذ  $\frac{R}{t}$  هي من 75 وحتى الـ 100.
- 6- مع ازدياد المجاز فإن قيمة معامل الانبعاج تنخفض.

### References:

- [1] Makowski, Z.S. "A History of the Development of Domes and a Review of Recent Achievements World-Wide" Analysis, Design and Construction of Braced Domes. Ed. Z.S.Makowski. Granada: London, 1984.
- [2] Egor P.Popov "Progress in Analysis and design of RC Shells" Department of civil Engineering , university of California, Berkeley ,California .USA, Eng. .Struct. 1991, Vol. 13, April.
- [3] Timoshenko ,S.P.,and J. M Gere , theory of Elastic Stability , 2d ed, Mc Graw-Hill , New York ,1961, PP.94-96.
- [4] VandePitte , D ., and J Rath " An Experimental investigation of the Buckling Load of Spherical Concrete shell , Subjected to uniform Radial Pressure" Proceeding. Rilem Buenos Aires September 1971,PP 427-442.
- [5] Billington D.P thin shell Concrete structures.Second Edition . , Mc Graw-Hill , New York –Toronto ,1982
- [6] Behzad Abdi, Hamid Mozafari ,Amran Ayob "Buckling of General Dome Ends under External Pressure, using Finite Element Analysis" Key Engineering Materials Vols. 471-472 (2011).,PP 833-838.
- [7] ACI318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete Commentary,2014
- [8] Dr. Sherief A. Sheta "Advanced structural System & Arch technology", Departement of architecture engineering , 2013 Egypt.
- [9] Niladri Kanta " Design of a Thin Concrete shell Roof for a Basketball Arena of 20,000 Spectator Capacity " Master of Science Thesis Civil Engineering and Geoscience Delft University of Technology,2015.
- [10] Andreas Hauso " Analysis methods for thin concrete shells of revolution " NTNU-Trondheim Norwegian University of science and Technology Departement of structural Engineering ,June 2014
- [11]Ivana Mekjavic , " Buckling Analysis of Concrete Spherical Shells " ISSN 1330-3651. UDC/UDK 624.044:624.012.4.074.43.
- [12] khin zar Aung et al "Structural Behaviors of Reinforced Concrete Dome With Shell System Under Various Loading Condition" International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD) Volume 3 Issue 5, August 2019.