

تقييم الاستجابة الديناميكية لخزانات المياه العالية تحت أحمال الزلازل - دراسة حالة نموذج شائع الاستخدام في الساحل السوري

الدكتور عصام ناصر¹

الدكتور مالك حسن²

منهل موسى³

(تاريخ الإيداع 15 / 11 / 2016. قُبِلَ للنشر في 30 / 1 / 2017)

□ ملخص □

تطرق البحث الى الدراسة التحليلية لخزانات المياه العالية ودراسة السلوك الديناميكي للاخطي لتأثير الفعل المتبادل (سائل-منشأ-تربة) على استجابتها الديناميكية . حيث تم تطبيق هذه الدراسة على نموذج خزان شائع الاستخدام في الساحل السوري جملته الحاملة من البيتون المسلح بارتفاع 15 م وبطاقة تخزينية 100 م³ . وتمت نمذجة الخزان والجملته الحاملة له والتربة المحيطة بطريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج **ABAQUS** وقمنا بنمذجة الماء ضمن حوض الخزان وفقاً لطريقة **GAREANE**. ومنعا لتراكب وتداخل الامواج الزلزالية فقد قمنا بنمذجة عناصر ماصة للطاقة . وقمنا بالتعبير عن الفعل المتبادل بين التربة والخزان من خلال نمذجة عناصر تماس خاصة بين سطح التربة وسطح الاساس . ثم اجرينا التحليل الديناميكي للخزان تحت تأثير السجل الزمني لزلزال **Elcentro** بحالتين فارغ وملئ . بعد ذلك تمت تقوية الجملته الحاملة للخزان من خلال ربط الأعمدة والنواة ببلاطة بيتونية مسلحة سماكتها 15 سم عند مستويين مع الارتفاع ، وتم حساب مقادير الاستجابة الديناميكية المتمثلة بالقص القاعدي ، عزم الانقلاب وازاحة قمة الخزان . ومن ثم اجراء المقارنات بين النتائج لبيان اثر تقوية الجملته الحاملة على قيم الاستجابة الديناميكية للخزان حيث بيّنت النتائج أن قيم الاستجابة تنخفض بشكل جدير بالدراسة مقارنة مع النموذج الشائع

الكلمات المفتاحية: خزانات المياه العالية- الفعل المتبادل (سائل-منشأ-تربة) -التحليل الديناميكي

¹ أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية - سورية
² أستاذ مساعد في قسم الهندسة الجيوتكنيكية-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية - سورية
³ طالب دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين-اللاذقية - سورية

Evaluation of dynamic response of elevated water tanks under seismic loads- study case a common model in the Syrian coast

Dr. Issam Nasser¹
Dr. Malek hasan²
Manhal mosa³

(Received 15 / 11 / 2016. Accepted 30 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

The research included the analytical dynamic study of elevated water tank . and study nonlinear dynamic behavior of effect the (water- structure- soil) interaction. its application on a numerical model of a water tank with capacity of 100 cubic meter commonly used prepared from reinforced concrete supported on a frame system using FEM. The tank was modeled by FEM using ABAQUS software. In addition, the soil was modeled using FEM with the modeling of energy absorbent boundary elements (damping elements) to prevent the interaction of seismic waves. The (soil – foundation) interaction was expressed by modeling special interface elements. Then, the dynamic analysis of this system was carried out under the effect of El-Centro time history .Two cases of filling were considered (empty and full container). Parameters of dynamic response of the tank (base shear, bending moment and displacement of the tank) was calculated. Moreover, the frame supporting system was supported by joining the columns and core with a slab with thickness of 15cm located on the height of the holding frame on two levels. Same analysis was carried out with the same parameters on a specific value also for two cases of filling (empty and full container). The results were compared to determine the effect of joining the frame system on the dynamic response of the tank. The results showed that the values of dynamic response of the tank significantly affected by the frame supporting system; the response significantly decreased compared to the common model.

Keywords: dynamic analysis –fluid-structure-soil interaction –finite element method

¹Professor- Department of Structural Engineering-Civil Engineering-Tishreen University–Lattakia–Syria

²Assitent Professor– Dep. Geotecnic of Engineering, Civil Engineering-Tishreen University–Lattakia Syria

³Postgraduate Student- Dep. of Structural Engineering, Civil Engineering-Tishreen University–Lattakia–Syria

مقدمة:

ان تحقيق امان واستقرار خزانات المياه العالية المشيدة في المناطق المعرضة للزلازل من المسائل الهامة لضمان بقائها في الخدمة بعد حدوث الزلزال لما لها من فوائد في تأمين مياه الشرب ولإطفاء الحرائق التي قد تنشأ بعد حدوث الزلزال ، وبالتالي يجب دراسة الاستجابة الديناميكية لهذه المنشآت بشكل دقيق من خلال محاكاة سلوكها الفعلي أثناء الزلازل باستخدام برامج هندسية متطورة بحيث تمكننا من تصميمها بالشكل المطلوب وبالتالي نضمن مقاومتها للزلازل المتوقعة الحدوث في المنطقة . وهذا الامر يتوقف بالدرجة الاولى على الجملة الانشائية الحاملة للخزانات وقدرتها على تحمل القوى الناجمة عن الزلازل مع الأخذ بعين الاعتبار اثر الفعل المتبادل (سائل - منشأ - تربة) ، ولذلك قمنا بالدراسة باختيار نموذج لخزان مياه عالي شائع الاستخدام في الساحل السوري ومحاكاته و تقييم الاستجابة الزلزالية له المتمثلة ببعض البارامترات الازاحة الاعظمية لقمة الخزان ، قوة القص القاعدية ، عزم الانقلاب لحالتي ملئ (فارغ - مليء) وبعدها تقوية جملته الاطارية الحاملة بإضافة بلاطات رابطة بين الاعمدة والنواة المركزية بسماكة 15 سم على منسوبين مع الارتفاع واجراء التحليل الديناميكي للنموذج الجديد ومقارنة قيم الاستجابة الديناميكية له مع قيم الاستجابة للنموذج الاساسي .

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن اهمية هذا البحث من خلال اختيار الدراسة التحليلية للمنشآت الخاصة وبيان سلوكها الفعلي أثناء الحدث الزلزالي وتطبيقها على نموذج خزان مياه عالي شائع الاستخدام في الساحل السوري . ويتجلى هدف البحث في تقييم الاستجابة الديناميكية لهذا النموذج المتمثلة بالإزاحة الاعظمية لقمة الخزان ، قوة القص القاعدية وعزم الانقلاب مع اخذ الفعل المتبادل (سائل - منشأ - تربة) بعين الاعتبار وبيان مدى تأثير تقوية الجملة الانشائية الحاملة على قيم الاستجابة الناتجة ولتحقيق ذلك سنقوم ب :

- 1. اختيار النموذج الرياضي الامثل للخزان ودراسته بطريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج ABAQUS [1] .
- 2. تمذجة التربة باعتماد قانون سلوك المادة وفق علاقات Drucker – Prager [2] واخذ تخامد التربة بعين الاعتبار .

تقوية الجملة الاطارية للنموذج الشائع من خلال ربط العناصر الحاملة ببلاطات على مستويين مع الارتفاع واجراء التحليل الديناميكي للنموذجين الاساسي و المقوى تحت تأثير السجل الزمني لزلزال السنترو 0.32g [2].

طرائق البحث و مواد:

1. الدراسة المرجعية:

هناك العديد من الدراسات الزلزالية التي تناولت خزانات المياه العالية حيث اجرى الباحث (Pavan 2013) دراسة حول خزان مياه عالي ولكن بعدة انماط من الجمل الاطارية الحاملة وتوصل الى ان الجوائز الرابطة تحسن من الاستجابة الزلزالية لهذا النموذج. كما اجرى الباحث (S. Ekbote وزملاؤه [3] دراسة حول خزان مياه عالي ولكن بعدة انماط من الجمل الاطارية الحاملة وتوصل الى ان الجوائز الرابطة تحسن من الاستجابة الزلزالية لهذا النموذج. كما اجرى الباحث (S. Bozorgmehrnia وزملاؤه [4] دراسة الاستجابة الديناميكية لحالة خزان بسعة 900 m³ ولكن اهمل تأثير التربة على قيم الاستجابة الديناميكية حيث اعتبر الخزان موثوقا عند القاعدة . وعمل الباحث (Mohammad Hadikhan 2013)

Tehrani وزملاؤه [5] على دراسة خزان مياه عالي بسعة $150m^3$ وهيكله الحامل اسطواناني حيث درس اثر الفعل المتبادل (تربة - منشأ) على الاستجابة الديناميكية للخزان من خلال نمذجة التربة تحت قاعدة الخزان بنوابض وتوصل الباحثون الى ان سلوك الخزان يتأثر بشكل كبير بالفعل المتبادل (تربة - منشأ). كما قام الباحث (GAREANE A. I. ALGREANE وزملاؤه [6] بدراسة الاستجابة الديناميكية لخزانات المياه العالية وذلك من خلال اقتراح طريقة لنمذجة السائل ضمن الحوض تمثلت بكتل موزعة على جدران حوض الخزان وأظهرت نتائج الدراسة قيماً جيدة مقارنة مع دراسات سابقة .

2. التحليل الديناميكي لخزانات المياه العالية:

المعادلات التفاضلية الحاكمة لاستجابة الجمل المتعددة درجات الحرية (MDF) بتأثير تسارع أرضي $\ddot{u}_g(t)$ ناجم عن هزة أرضية من الشكل :

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{P_{eff}(t)\} \quad (1)$$

حيث $[M]$, $[C]$, $[K]$ مصفوفات الصلابة، التخماد والكتلة على الترتيب للمنشأ المدروس.

$$\{\ddot{u}\} = \{\ddot{u}_g(t)\} + \{\ddot{u}_r(t)\}$$

$$\{P_{eff}(t)\} = -[m]\ddot{u}_g(t) + \{P_r(t)\}$$

لإيجاد حل جملة المعادلات التفاضلية (1) نعتمد الى فك الترابط بين هذه المعادلات من خلال علاقة تحويل

الاحداثيات التي تعبر عن مجموع المساهمات النمطية حيث :

$$u(t) = \sum_{n=1}^N \phi_n q_n(t) \quad (2)$$

حيث ϕ_n : شكل النمط

$q_n(t)$: الاحداثيات النمطية المرتبطة بالزمن .

بتبديل المعادلة (2) ومشتقها الاول والثاني بالنسبة للزمن في المعادلة (1) وبعد جداء طرفي المساواة

ب ϕ_n^T (منقول شعاع النمط) وباعتماد على الخاصية التعامدية للأنماط ينتج :

$$[M]\{\ddot{q}\} + [C]\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{P_{eff}(t)\} \quad (3)$$

وهي تمثل جملة N معادلة غير مترابطة بدلالة الاحداثيات النمطية $q_n(t)$ وفيها :

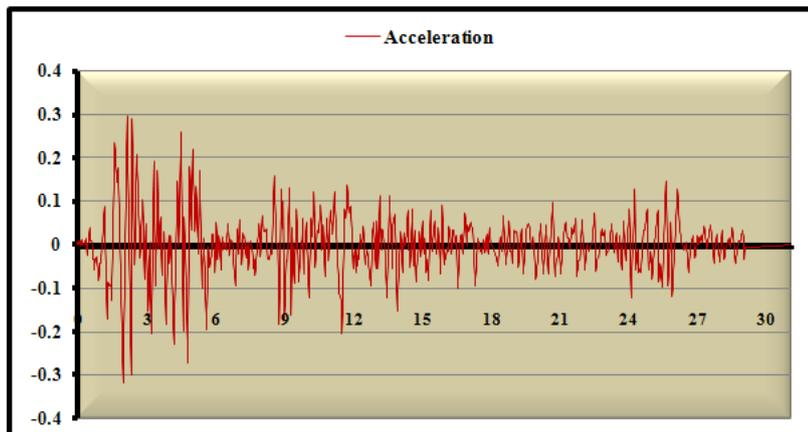
$$[M] = \{\phi^T\}[m]\{\phi\}$$

$$[C] = \{\phi^T\}[c]\{\phi\}$$

$$[K] = \{\phi^T\}[k]\{\phi\}$$

$$\{P_{eff}(t)\} = \{\phi^T\}[P_{eff}(t)]$$

تم التحليل بطريقة السجل الزمني لزلازل السنترو حيث التسارع الاعظمي g 0.32 كما هو وارد بالشكل (1).



الشكل (1) السجل الزمني لزلزال السنترو [3]

3- الفعل المتبادل (منشأ - تربة) .

يتفاعل المنشأ مع التربة المحيطة به وهذا ما يسبب تغيرات في تأثير الأمواج الزلزالية وتتضمن البارامترات الديناميكية للموقع عامل مرونة التربة وعامل القص الديناميكي للتربة وعامل بواسون والتخامد في التربة. حيث تم تقديم علاقة مور - كولومب كصيغة مبسطة للعلاقة الخطية بين إجهاد القص والإجهاد المؤثر على السطح كما في العلاقة التالية [2]:

$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \varphi \quad (4)$$

حيث τ هي إجهاد القص، σ_n الإجهاد الشاقولي، c تماسك التربة، φ زاوية الاحتكاك الداخلي. وبناء على تعريف مور - كولومب وعندما يصل الإجهاد على مستوي إلى العلاقة (4) فإن التشوهات تصبح لدنة. وتم حساب حد الخضوع في مور - كولومب باعتبار كل التراكبات للإجهاد التي تسبب الخضوع كما في الحالة السابقة. حد الخضوع في مور - كولومب يكون الإجهاد الهيدروستاتيكي فعالاً في خضوع المادة على عكس العلاقة السابقة [2].

$$-\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \cos \varphi = c - \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin \varphi \right) \tan \varphi \quad (5)$$

$$-(\sigma_1 - \sigma_3) = 2c \cos \varphi - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi$$

في المحور الهيدروستاتيكي وباعتبار العلاقة $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ يمكن أن نستنتج أن التماسك في المواد

الحبيبية يعتبر كإجهاد هيدروستاتيكي σ_m يحسب من العلاقة التالية [2]:

$$\sigma_m = C \cdot \cot \varphi \quad (6)$$

يعرف تابع الخضوع وفقاً لعلاقة الخضوع (مور - كولومب) بالعلاقة التالية [2]:

$$F = \sigma_m \cdot \sin \varphi + \sqrt{J_2} \left(\cos \theta - \frac{1}{\sqrt{3}} \sin \theta \cdot \sin \varphi \right) - c \cdot \cos \varphi = 0 \quad (7)$$

تتم نمذجة المنشأ والأقسام الرئيسية من التربة بطريقة العناصر المنتهية وبالتالي فإن أهم المسائل في نمذجة الفعل المتبادل بين المنشأ والتربة هي التي تستخدم النموذج الذي يحاكي السلوك اللاخطي للتربة. و الطريقة الأكثر شيوعاً لنمذجة التربة المحيطة هي نموذج مرن - لدن حيث يأخذ بالاعتبار الفعل المتبادل بين المنشأ والتربة وانتشار الأمواج في التربة. حيث θ زاوية ورود الأمواج الزلزالية ويتضمن هذا النموذج السلوك اللاخطي ويمكن لنا اعتبار حد

الخضوع للتربة بناء على مستوي الخضوع في المستوي (إجهاد - تشوه). في هذه المقالة تم استخدام نموذج (Drucker - Prager) والذي يعتبر تقريبا لقانون كولومب وتم تقديمه من قبل الباحثين (Drucker - Prager) عام 1952. يعرف تابع دراغر - براغر لحد الخضوع وفق الصيغته [2]:

$$F = \alpha J_1 + \sqrt{J_2} - k = 0 \quad (8)$$

حيث J_1 هو الثابت الأول لسيلان الإجهاد الهيدروستاتيكي، J_2 هو الثابت الثاني لسيلان الإجهاد الهيدروستاتيكي. و قيم α ، k بارمترات للنموذج تحسب بناء على التماسك وزاوية الاحتكاك في التربة كما توضح العلاقات التالية [2]:

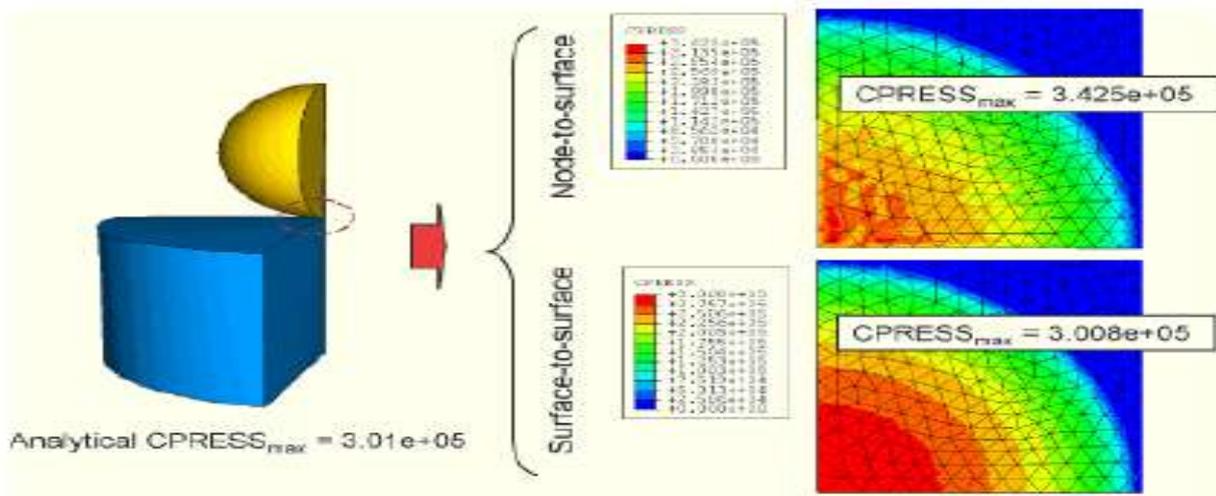
$$\alpha = \frac{2 \sin \phi}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi)} \quad (9)$$

$$k = \frac{6C \sin \phi}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi)} \quad (10)$$

حيث ϕ ، C هما زاوية الاحتكاك الداخلي والتماسك للتربة. K تمثل عامل الصلابة.

وبناء على ذلك فإن أحد إيجابيات نموذج (دراغر - براغر) هو التعويض عن نقص الاستجابة المزدوجة المعطى في طريقة مور كولومب. في العلاقات السابقة وفي هذا البحث تم نمذجة السلوك اللاخطي للتربة ببرنامج ABAQUS مع الاخذ بالاعتبار التماسك C وزاوية الاحتكاك الداخلي ϕ .

وتم نمذجة الاتصال مع التربة وفقا لعناصر التماس الخاصة في برنامج ABAQUS توجد طريقتان لتمثيل عناصر التماس الخاصة تماس سطح لسطح و تماس عقدة ل سطح حيث تعطي طريقة تماس سطح لسطح نتائج أكثر دقة من تماس عقدة لسطح فهي تؤمن إمكانية للانتقال النسبي بين عقد التربة وعقد المنشأ مع إمكانية الانزلاق حيث يتم انتقال القوى عن طريق الاحتكاك .



الشكل (2) نمط الاتصال مع التربة (سطح - سطح) و (عقدة - سطح) .

4-دراسة التخماد:

في تحليل السجل الزمني يتم الحصول على مصفوفة تخامد ريليه من مصفوفتي الكتلة والصلابة وتحسب كما

يلي [2]:

$$[C] = \alpha[M] + \beta[k] + \sum [c_F] \quad (11)$$

حيث (C_F) هي مصفوفة التخماد، (M, k) مصفوفتي الكتلة والصلابة لكل عنصر.

ويهدف الحصول على α, β (مصفوفة تخامد ريليه) تم استخدام الطريقتين التاليتين. وباعتبار أن مواد كتلة التربة لا تتخامد تبعاً للتردد يتم استخدام الحد الأدنى من مصفوفة تخامد ريليه في هذه الحالة ويتم الحصول على أمثال α, β كما يلي [2]:

$$\begin{aligned} \alpha &= \xi_{min} \omega_{min} \\ \beta &= \xi_{min} / \omega_{min} \quad (12) \\ f_{min} &= \omega_{min} / 2\pi \end{aligned}$$

حيث ξ_{min} تخامد المواد، ω_{min} التردد الزاوي الذي يوافق أمثال تخامد ريليه الأصغرية، f_{min} تردد اهتزاز النظام الذي يساوي عادة التردد الأول للنظام. في هذه الطريقة يتم الحصول على الأمثال α, β كما يلي [2]:

$$\xi = \alpha/2\omega_1 + \beta \omega_1/2 \quad (13)$$

وباختيار ترددين زاويين أساسيين ω_1, ω_2 من التحليل النموذجي وباعتبار نسبة التخماد ثابتة نحصل على

العلاقتين التاليتين [2]:

$$\xi = \alpha/2\omega_1 + \beta \omega_1/2 \quad (14)$$

$$\xi = \alpha/2\omega_2 + \beta \omega_2/2 \quad (15)$$

وهذا يعني:

$$\alpha = \frac{2\xi\omega_1\omega_2}{(\omega_2 + \omega_1)} \quad (16)$$

$$\beta = \frac{2\xi}{(\omega_2 + \omega_1)} \quad (17)$$

في هذه المقالة يتم حساب α, β بالعلاقات السابقة وكانت النتيجة [2]:

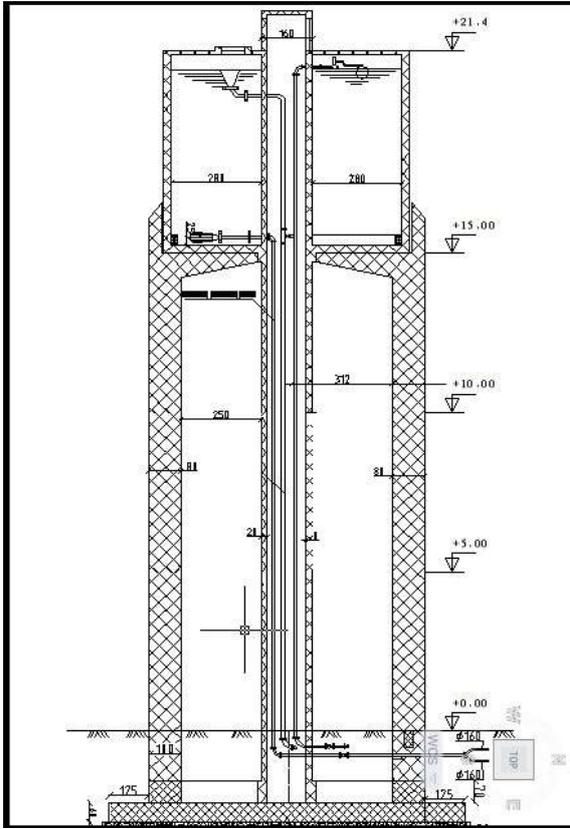
$$\alpha = 0.5, \beta = 0.004 \quad (18)$$

3.4 خصائص النموذج المدروس :

كتطبيق عملي اخذنا في هذا البحث خزان مياه عالي من البيتون المسلح ارتفاعه حوالي 21.4 م وطاقته التخزينية 100 م³ هيكله الحامل جملة اطارية. ويستخدم هذا النوع من الخزانات بشكل واسع في الساحل السوري (الموقع قرية سنجوان - ريف اللاذقية) ويبين الشكل (2) تفاصيل النموذج الرياضي لخزان المياه العالي المدروس والمتناظر حيث تمت نمذجة الماء ضمن الحوض وفقاً لطريقة (GAREANE A. I. ALGREANE (2013) وزملائه [7]. وتم توضيح خصائص هذا الخزان في الجدول (1).

الجدول (1) خصائص خزان المياه العالي المدروس

خصائص حوض الخزان		خصائص الاعمدة والجوائز الحاملة وأبعاد القاعدة	
900 m ³	حجم حوض الخزان	0.5x0.8 m	ابعاد الاعمدة
5 m	القطر الداخلي لحوض الخزان	15 m	ارتفاع الاعمدة
6.4 m	ارتفاع حوض الخزان	1.6 m	القطر الخارجي للنواة
0.15m	سماعة السقف العلوي	0.5 m	سماعة القاعدة
0.2 m	سماعة جدران حوض الخزان	4 m	نصف قطر القاعدة



الشكل (3) النموذج الرياضي لخزان المياه العالي المدروس (الموقع قرية سنجوان - ريف اللاذقية).

نوضح بالجدول (2) قيم خصائص مواد الانشاء للخزان المدروس وكذلك خصائص تربة التأسيس

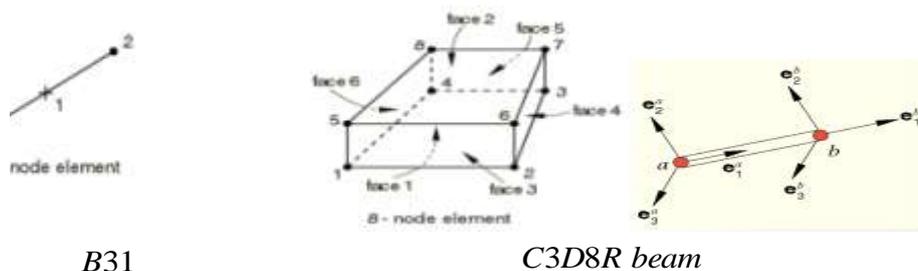
الجدول (2) خصائص المواد المكونة للنموذج

concrete	soil	الخصائص
2500	1800	كثافة المادة (kg/m ³)
21000	1000	معامل يونغ Mpa
0.2	0.3	عامل بواسون

5-طريقة البحث (النمذجة العددية):

4 تم استخدام طريقة العناصر المنتهية في بناء نموذج الخزان ضمن بيئة برنامج 6.13.ABAQUS. وتم نمذجة جدار الخزان والحصيرة بعنصر 3D-Solid وباستخدام التقسيم الفراغي C3D8R (An 8-node liner brick, reduced integration) وهو مكون من 8 عقد، وكل عقدة مكونة من ثلاثة درجات حرية هي الانتقالات باتجاه المحاور الثلاثة، مع تخفيض للنقاط التكاملية عند إجراء تكامل غوس (Gauss). أما عناصر الإطار تم نمذجتها بعناصر 3D-Line وينفس المقطع العرضي وباستخدام التقسيم (A 2-node Liner beam) (in Space). أما الربط بين عناصر الإطار فكان من النوع Tie وبين العناصر الخطية والحجمية من النوع Coupling ، وبين العناصر الخطية من النوع Join الشكل 4. واخذنا الفعل المتبادل بين الخزان والترية عن طريق نمذجة اتصال أساسات الخزان (الحصيرة) مع التربة باستخدام عناصر تماس خاصة تتمتع بسلوك مماسي من النمط .Rough.

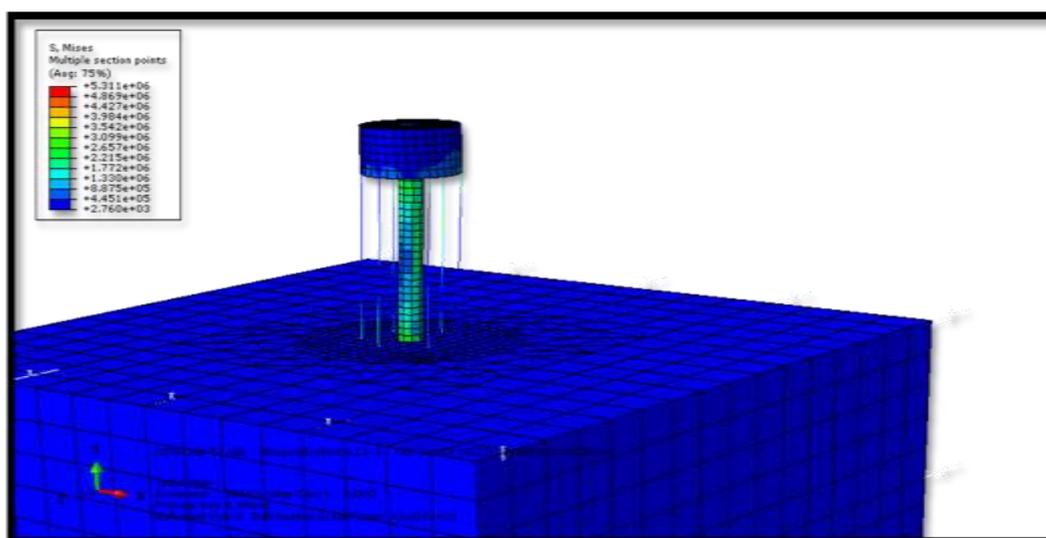
5 تم تطبيق تسارع السينترو على النموذج المدروس الشكل (1) عند منسوب $-30m$ من سطح الارض باتجاه المحور Z الشاقولي، حيث تم نمذجة مقطع التربة بأبعاد $50 \times 50m$ مع نمذجة شروط محيطية ماصة للطاقة للتعبير عن نصف الفضاء اللانهائي ولمنع تداخل الامواج الزلزالية كما هو مبين بالشكل 5 و 6.



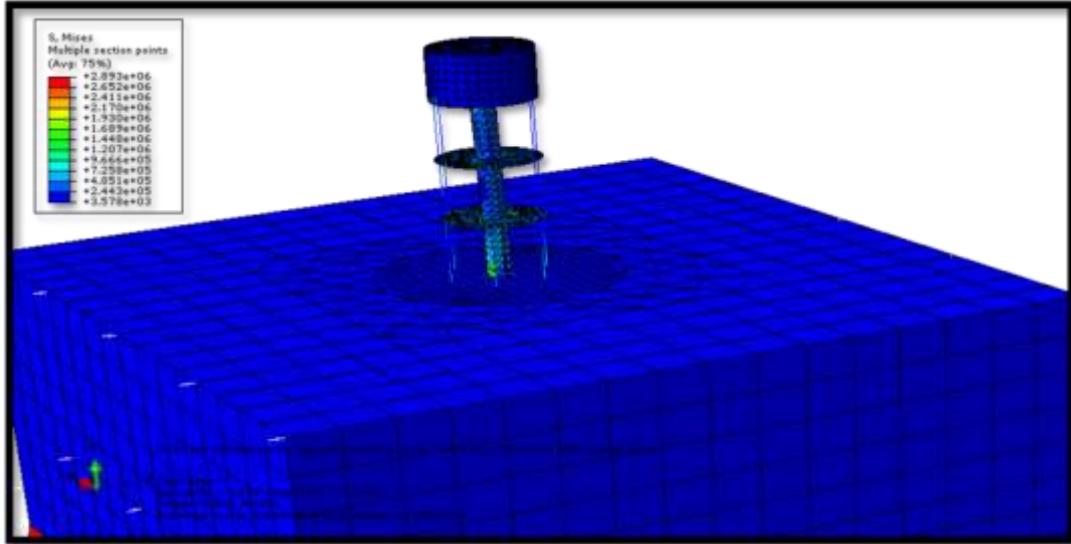
B31

C3D8R beam

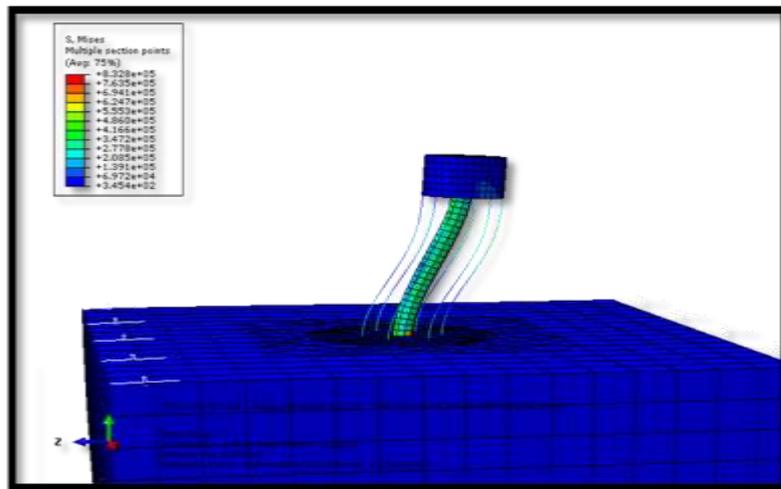
الشكل (4): العناصر المستخدمة في النمذجة ضمن بيئة ABAQUS.6.11



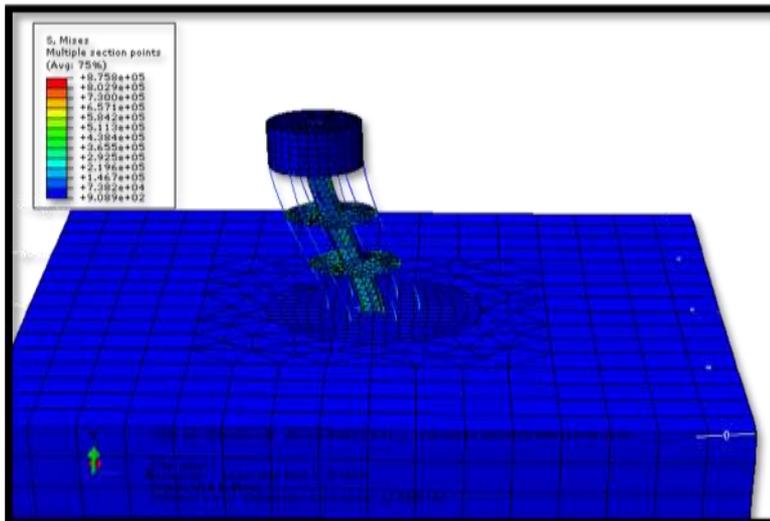
الشكل (5) الموديل الرياضي رقم (1) يمثل النموذج الشائع في الساحل السوري .



الشكل (6) الموديل الرياضي رقم (2) يمثل النموذج الذي تمت تقوية هيكله الحامل.



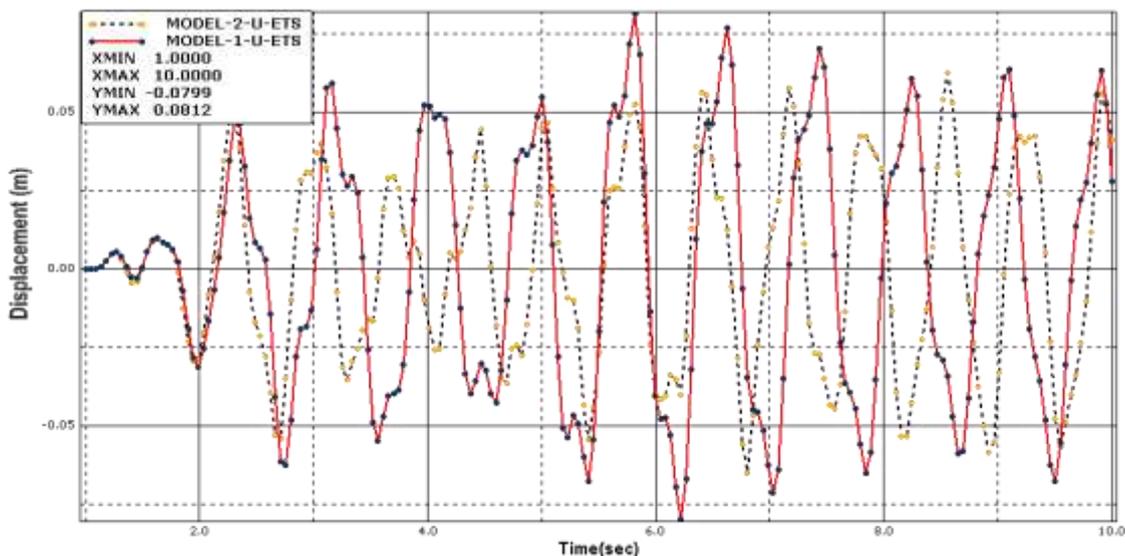
الشكل (7) احد انماط الاهتزاز للموديل رقم (1)



الشكل (8) احد انماط الاهتزاز للموديل رقم (2)

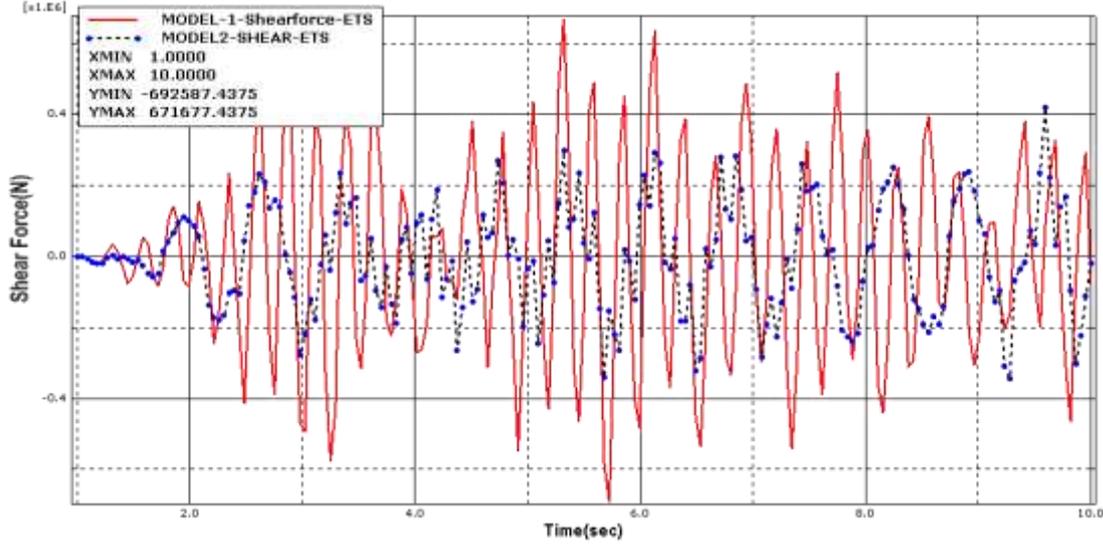
النتائج والمناقشة:

اظهرت نتائج التحليل الديناميكي لنموذجي الخزان المدروس : النموذج 1 (بدون تقوية الهيكل الحامل) والنموذج 2 (مع تقوية الهيكل الحامل). قيم الاستجابة المتمثلة بانتقال قمة الخزان ، القص القاعدي ، و عزم الانقلاب على الترتيب لحالتي الخزان فارغ و ملئ. وهذه القيم موضحة بالأشكال (9 ، 10 ، 11 ، 12 ، 13 ، 14) ونشير هنا الى ان الرمز (ETS) : يمثل حالة خزان فارغ ، (FTS): يمثل حالة خزان ملئ. حيث يوضح الشكل (9) العلاقة بين انزياح قمة الخزان الفارغ ب m وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة الازاحة الاعظمية الى 8.12cm مع توضيح انخفاض الانتقال الاعظمي بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



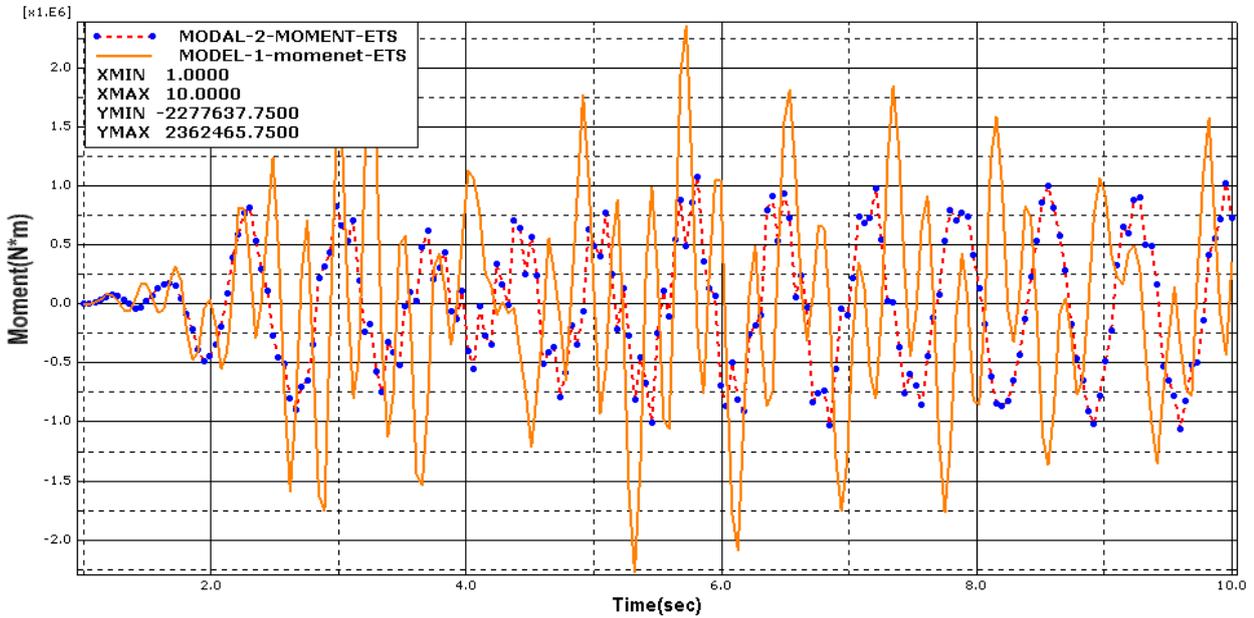
الشكل (9) قيم الازاحة الاعظمية لقمة الخزان (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1 و 2) تبعاً للزمن

و يوضح الشكل (10) العلاقة بين قيمة قوة القص القاعدية للخزان الفارغ ب N وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة القص الى $692587N$ مع توضيح انخفاض قوة القص بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



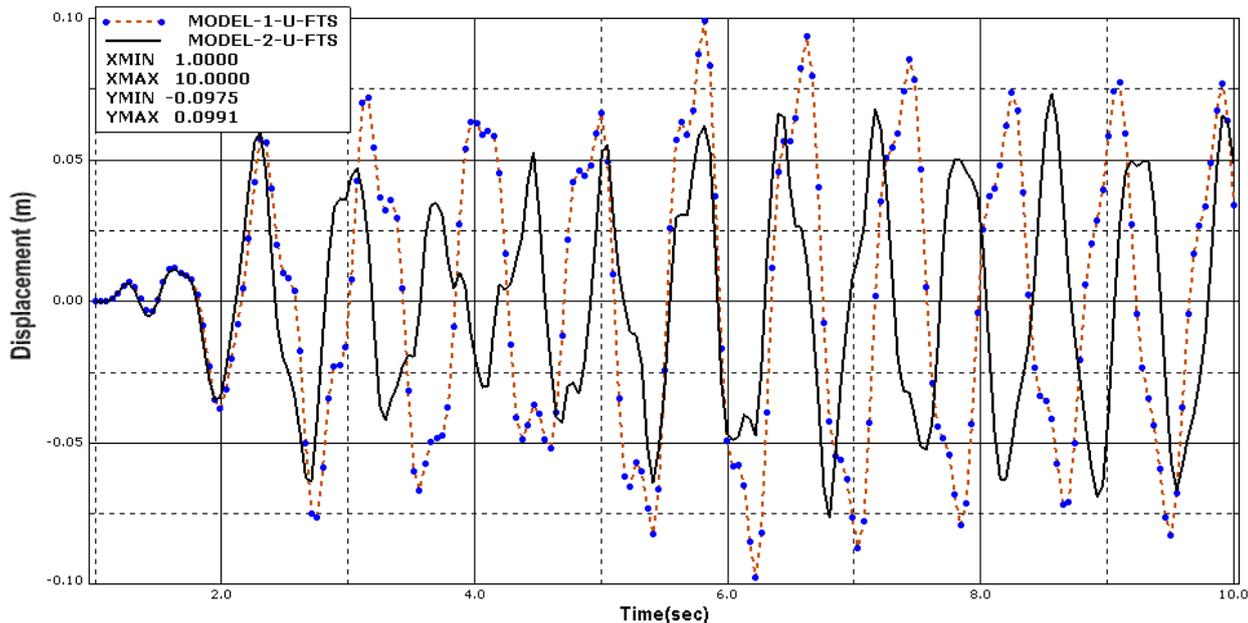
الشكل (10) قيم قوة القص القاعدية (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1 و2) تبعاً للزمن

ويوضح الشكل (11) العلاقة بين قيمة عزم الانقلاب للخزان الفارغ ب $N*m$ وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة العزم الى $2362kN*m$ مع توضيح انخفاض العزم بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



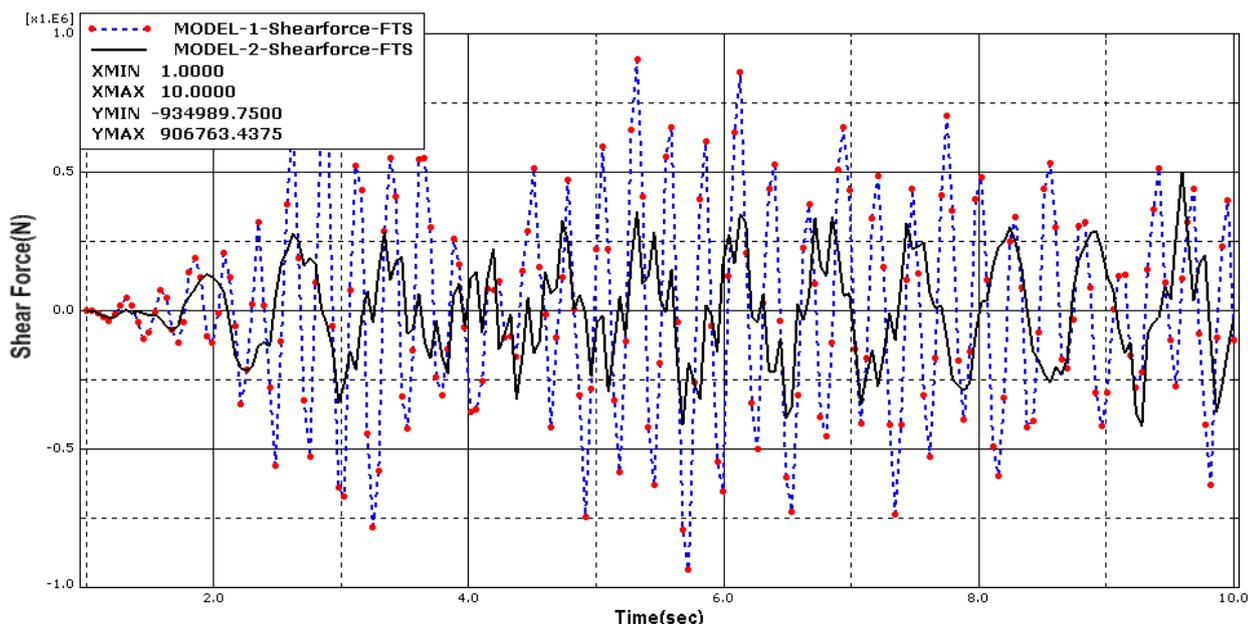
الشكل (11) قيم عزم الانقلاب (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1 و2) تبعاً للزمن

و يوضح الشكل (12) العلاقة بين انزياح قمة الخزان الملى ب m وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة الازاحة الاعظمية الى 9.91cm مع توضيح انخفاض الانتقال الاعظمي بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



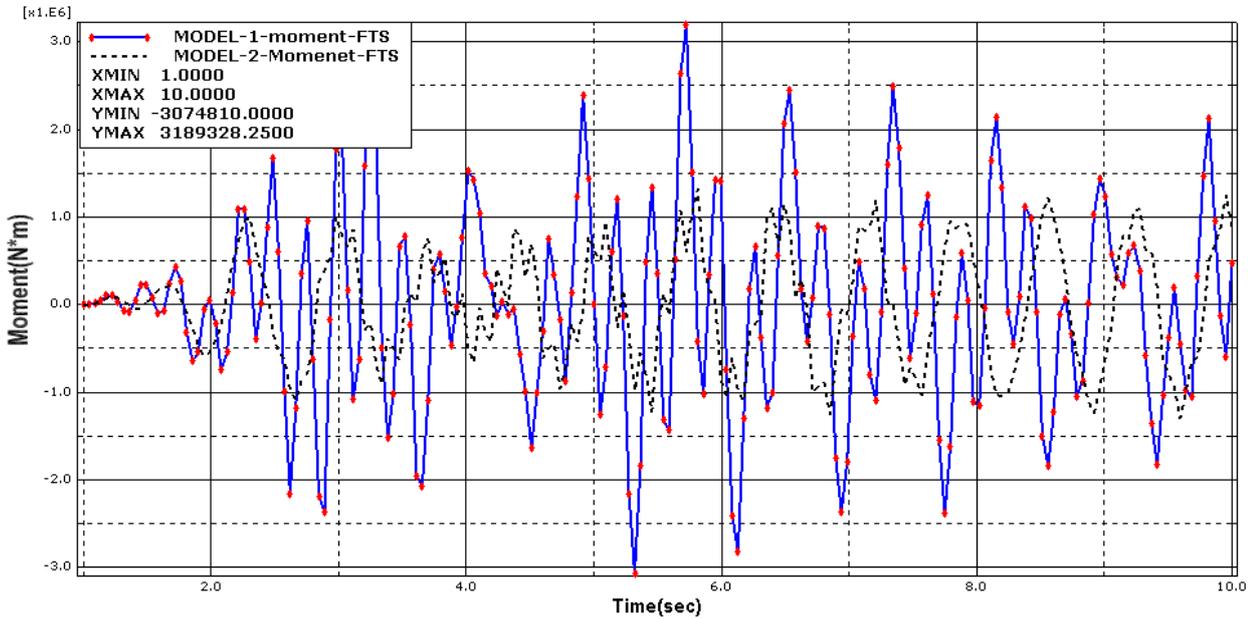
الشكل (12) قيم الازاحة الاعظمية لقمة الخزان (حالة الخزان ملى) للنموذجين (1و2) تبعاً للزمن

و يوضح الشكل (13) العلاقة بين قيمة قوة القص القاعدية للخزان الملى ب N وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة القص الى 934989N مع توضيح انخفاض قوة القص بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



الشكل (13) قيم قوة القص القاعدية (حالة الخزان ملى) للنموذجين (1 و2) تبعاً للزمن

ويوضح الشكل (14) العلاقة بين قيمة عزم الانقلاب للخزان المملئ بـ $N*m$ وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية بـ sec ووصلت قيمة العزم الى $3189kN*m$ مع توضيح انخفاض العزم بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



الشكل (14) قيم عزم الانقلاب (حالة الخزان مملئ) للنموذجين (1 و 2) تبعاً للزمن

و يوضح الجدول (3) مقارنة قيم الاستجابة الديناميكية للنموذجين معا بحالتين فارغ وملئ مع ملاحظة اثر تقوية الجملة الاطارية الحاملة على تخفيض قيم الاستجابة الديناميكية متمثلة بالإزاحة الاعظمية والقص القاعدي وعزم الانقلاب .

الجدول (3) نتائج الاستجابة الديناميكية للنماذج المدروسة.

نوع الاستجابة	الموديل رقم (1)		الموديل رقم (2)	
	ملئ	فارغ	ملئ	فارغ
الازاحة الاقضية الاعظمية لقمة الخزان (cm)	9.75	8.12	7.6	6.5
قوة القص القاعدية (KN)	934	692	503	419
عزم الانقلاب (KN*m)	3198	2362	1317	1079

الاستنتاجات والتوصيات:

قدمت هذه المقالة دراسة تحليلية وعددية للسلوك الديناميكي لخزانات المياه العالية، من خلال اجراء التحليل الديناميكي لنموذجين من خزانات المياه العالية الاول شائع الاستخدام في الساحل السوري والثاني نفس خصائص الاول ولكن تم ربط الجملة الحاملة بلاطت مستوية دائرية بسماكة 15 سم واطهرت نتائج التحليل الديناميكي بعد المقارنة بمساعدة برنامج ABAQUS/CAE:

يؤثر نمط الجملة الانشائية الحاملة على الاستجابة الديناميكية لخزانات المياه العالية بشكل واضح وملحوظ.

تتخفص قيم الاستجابة الديناميكية للنموذج رقم 2 مقارنة مع النموذج رقم 1 وذلك لحالتين (فارغ وملئ) وفقاً للاتي :

انخفاض قيمة الاراحة الاعظمية لقمة الخزان (نموذج رقم 1) من 8.12 سم (نموذج رقم 1) الى 6.5 سم (نموذج رقم 2) حالة فارغ ومن 9.75 سم (نموذج رقم 1) الى 7.6 سم (نموذج رقم 2) حالة ملئ اي بنسبة تتراوح (20-23)%

انخفاض قيمة قوة القص القاعدية (نموذج رقم 1) من 692 Kn (نموذج رقم 1) الى 419 Kn (نموذج رقم 2) حالة فارغ ومن 934 Kn (نموذج رقم 1) الى 503 Kn (نموذج رقم 2) حالة ملئ اي بنسبة تتراوح (40-47)%.
انخفاض قيمة عزم الانقلاب (نموذج رقم 1) من 2362 Kn*m (نموذج رقم 1) الى 1079Kn*m (نموذج رقم 2) حالة فارغ ومن 3189Kn*m (نموذج رقم 1) الى 1317Kn*m (نموذج رقم 2) حالة ملئ اي بنسبة تتراوح (55-59)%.

استنادا الى النتائج السابقة نوصي باستخدام الجمل الاطارية الحاملة لخزانات المياه العالية والمربوطة ببلاطات عند مستويات محددة من ارتفاعها كونها اعطت استجابة ديناميكية اقل مقارنة مع نفس النموذج بدون ربط.
ادخال تأثير الفعل المتبادل (سائل - منشأ - تربة) للحصول على قيم الاستجابة الدقيقة .
دراسة نماذج مختلفة لتربة التأسيس لبيان تأثير ذلك على قيم الاستجابة الديناميكية بفعل الزلازل.

المراجع

[1]	ABAQUS 6.11.5., Analysis User's Manual, 2015.
[2]	Ali Yosefi Samangany <i>Static and Dynamic Analysis of Storage Tanks Considering Soil-Structure Interaction</i> International Research Journal of Applied and Basic Sciences © 2013 Available online at www.irjabs.com ISSN 2251-838X / Vol, 6 (4): 515-532 Science Explorer Publications
[3]	Pavan .S. Ekbote, Dr. Jagadish .G. Kori <i>Seismic Behavior of RC Elevated Water Tank under Different Types of Staging Pattern</i> , Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences (JEC&AS) ISSN No: 2319-5606 Volume 2, No.8, August 2013
[4]	S. Bozorgmehrnia ^{1*} , M.M. Ranjbar ² and R. Madandoust ² , 2013, <i>Seismic Behavior Assessment of Concrete Elevated Water Tanks</i> , Journal of Rehabilitation in Civil Engineering 1-2 (2013) 1-11
[5]	Mohammad Hadikhan Tehrani, Afshin Mellati and Faramarz Khoshnoudian <i>New Lateral Load Pattern for Estimating Seismic Demands of Elevated Water Tanks Supported on Concrete Shaft</i> Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Structural, Civil and Environmental Engineering -- SCEE 2013 Copyright © Institute of Research Engineers and Doctors. All rights reserved. ISBN: 978-981-07-6261-2 doi:10.3850/978-981-07-6261-2_87
[6]	GAREANE A. I. ALGREANE, S. A. OSMAN, OTHMAN A. KARIM <i>Dynamic Behaviour of Elevated Concrete Water Tank with Alternate Impulsive Mass Configurations</i> 2013 Proceedings of the 2nd WSEAS International Conference on ENGINEERING MECHANICS, STRUCTURES and ENGINEERING GEOLOGY