مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (2) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (2) 2017

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

الدكتور عصام ناصر [1]
الدكتور مالك حسن [2]
منهل موسى [3]

(تاريخ الإيداع 15 / 11 / 2016. قُبِل للنشر في 7/ 3 / 2017)

□ ملخّص □

تطرق البحث الى الدراسة التحليلية لخزانات المياه العالية ودراسة السلوك الديناميكي اللاخطي 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 والجملة الحاملة له والتربة المحيطة بطريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج **ABAQUS** وقمنا بنمذجة الماء ضمن حوض الخزان وفقا 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 الجملة 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 و ازاحة قمة الخزان . ومن ثم اجراء المقارنات بين النتائج لبيان اثر تقوية الجملة الحاملة على قيم الاستجابة الديناميكية للخزان حيث بينَت النتائج أن قيم الاستجابة تنخفض بشكل جدير بالدراسة مقارنة مع النموذج الشائع

الكلمات المفتاحية: خزانات المياه العالية– الفعل المتبادل (سائل –منشأ–تربه) –التحليل الديناميكي

[1] أستاذ – قسم الهندسة الإنشائية–كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية – سورية
[2]أستاذ مساعد – قسم الهندسة الجيوتكنيكيه–كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية – سورية
[3] طالب دكتوراه – قسم الهندسة الإنشائية–كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (2) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (2) 2017

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

Dr. Issam Nasser[1]
Dr. Malek hasan[2]
Manhal mossa[3]

(Received 15 / 11 / 2016. Accepted 7 / 3 / 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

[1]**Professor- Department of Structural Engineering-Civil Engineering-Tishreen University–Lattakia–Syria**
[2]**Assitent Professor– Dep. Geotecnic of Engineering, Civil Engineering-Tishreen University–Lattakia Syria**
[3]**Postgraduate 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 :

- اختيار النموذج الرياضي الامثل للخزان ودراسته بطريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج ABAQUS[1] .
- نمذجة 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 ومواده:

1. الدراسة المرجعية:

هناك العديد من الدراسات الزلزالية التي تناولت خزانات المياه العالية حيث اجرى الباحث (2013) Pavan 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 (2013) S. Bozorgmehrnia وزملاؤه[4] دراسة الاستجابة الديناميكية لحالة خزان بسعة $900\ m^3$ ولكن اهمل تأثير التربة على قيم الاستجابة الديناميكية حيث اعتبر الخزان موثوقا عند القاعدة . وعمل الباحث (2013) Mohammad Hadikhan Tehrani

وزملاؤه[5] على دراسة خزان مياه عالي بسعة 150m³ وهيكله الحامل اسطواني 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. (2013) 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 جيده 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 ارضية من الشكل :

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

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

$\{\ddot{u}\}\{\dot{u}\}\{u\}$ شعاع الانتقال ،السرعة و التسارع على الترتيب .

$\{P_{eff}(t)\}$=–$[m]\ddot{u}g(t)$شعاع القوى الزلزالية الفعّالة .

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 :

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

حيث : $\emptyset_n$: 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 $\emptyset_n^T$ (منقول شعاع النمط) وبالاعتماد على الخاصية التعامدية للأنماط يتنج :

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

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

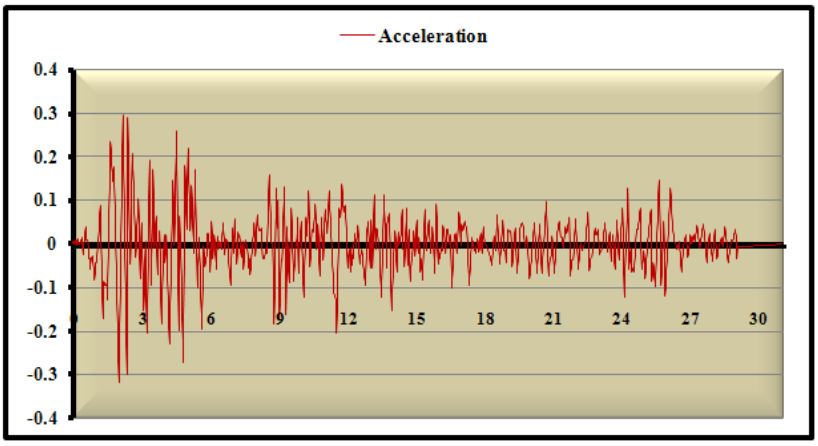
$[M] = \{\emptyset^T\}[m]\{\emptyset\}$:مصفوفة الكتل النمطية المعممة .

$[C] = \{\emptyset^T\}[c]\{\emptyset\}$:مصفوفة التخامد المعممة .

$[K] = \{\emptyset^T\}[k]\{\emptyset\}$:مصفوفة الصلابات المعممة .

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

تم التحليل بطريقة السجل الزمني لزلزال السنترو حيث التسارع الاعظمي 0. 32 g 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 و تتضمن البارمترات 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]**:

$$\tau = c + \sigma_n . \tan\varphi \qquad (4)$$

حيث τ هي إجهاد القص، σ_n الاجهاد 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]**.

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

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

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]**:

$$\sigma_m = C.\cot\varphi \qquad (6)$$

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

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

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 الامواج الزلزالية و يتضمن 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 تقريب لقانون كولومب وتم تقديمه من قبل الباحثين (Drucker – Prager) عام 1952. يعرف تابع دراغر – براغر لحد الخضوع وفق الصيغة**[2]**:

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

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

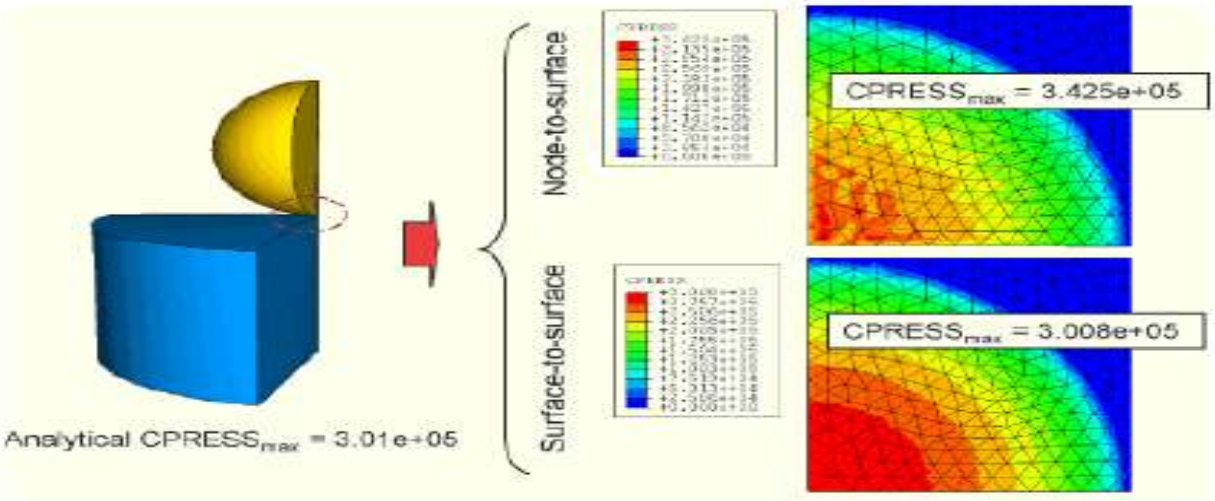
$$\alpha = \frac{2\sin\phi}{\sqrt{3}(3-\sin\phi)} \qquad (9)$$

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

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 التخامد:

في تحليل السجل الزمني يتم الحصول على مصفوفة تخامد ريليه من مصفوفتي الكتلة والصلابة وتحسب كما يلي**[2]**:

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

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

وبهدف 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]**:

$$\alpha = \xi min \omega_{min}$$

$$\beta = \xi min / \omega_{min} \qquad (12)$$

$$f_{min} = \omega_{min}/2\pi$$

حيث ξmin 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 كمايلي **[2]**:

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

وباختيار ترددين زاويين أساسيين ω_1 ، ω_2 من التحليل النموذجي وباعتبار نسبة التخامد ثابتة نحصل على العلاقتين التاليتين**[2]**:

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

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

وهذا يعني:

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

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

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

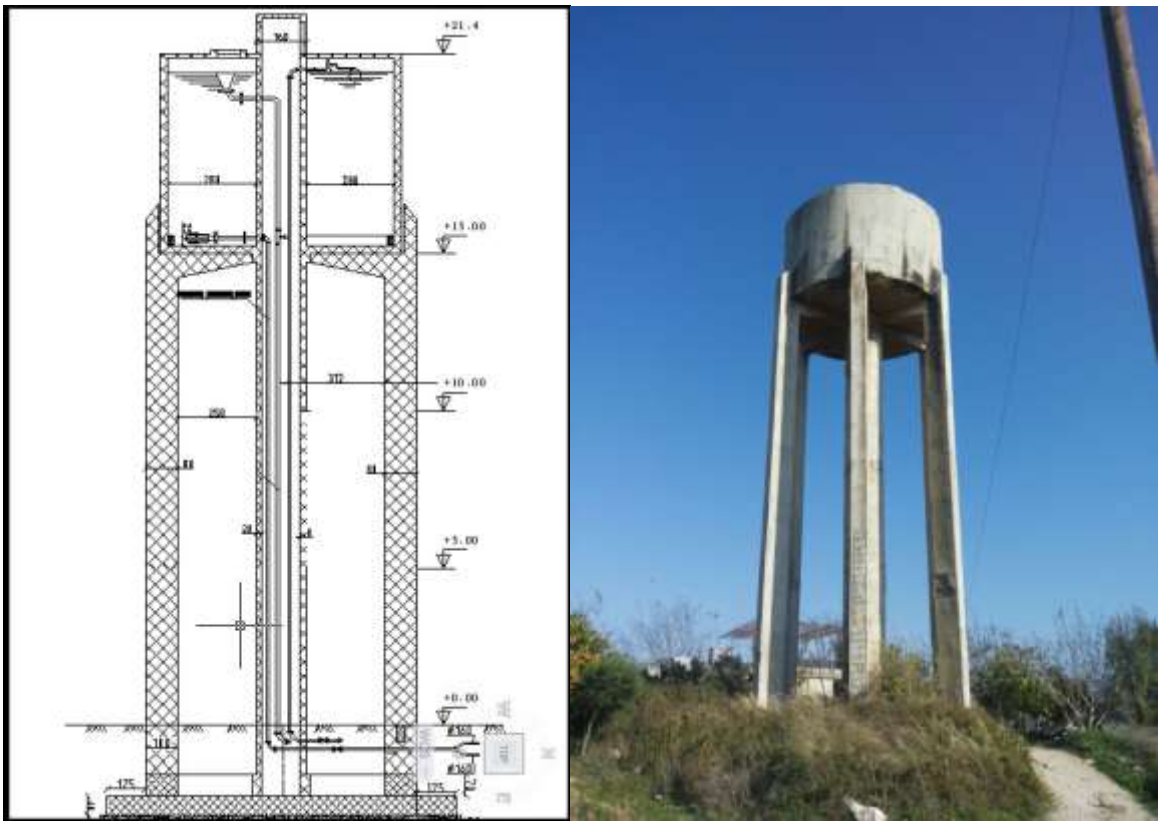
$$\alpha = 0.5 \ , \ \beta = 0.004 \qquad (18)$$

5-خصائص النموذج المدروس :

كتطبيق عملي اخذنا في هذا البحث خزان مياه عالي من البيتون المسلح ارتفاعه حوالي 21.4 م وطاقته التخزينية 100 م3هيكله الحامل جملة اطارية. و يستخدم 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 وفقا لطريقة GAREANE A. I. (2013) ALGREANE وزملائه[7] . وتم توضيح خصائص هذا الخزان في الجدول(1).

الجدول (1) خصائص خزان المياه العالي المدروس

خصائص الاعمدة والجوائز الحاملة وأبعاد القاعدة		خصائص حوض الخزان	
ابعاد الاعمدة	0.5x0.8 m	حجم حوض الخزان	900 m3
ارتفاع الاعمدة	15 m	القطر الداخلي لحوض الخزان	5 m
القطر الخارجي للنواة	1.6 m	ارتفاع حوض الخزان	6.4 m
سماكة القاعدة	0.5 m	سماكة السقف العلوي	0.15m
نصف قطر القاعدة	4 m	سماكة جدران حوض الخزان	0.2 m



الشكل (3) النموذج الرياضي لخزان المياه العالي المدروس (الموقع قرية سنجوان – ريف اللاذقيه).

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

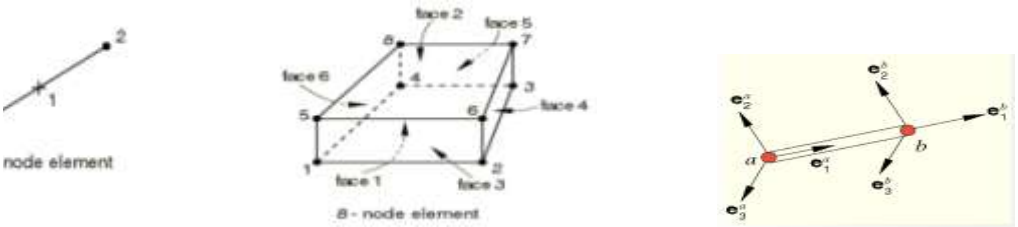
الجدول (2) خصائص المواد المكونة للنموذج

الخصائص	soil	concrete
كثافة المادة (kg/m3)	1800	2500
معامل يونغ Mpa	1000	21000
عامل بواسون	0.3	0.2

6-طريقة البحث (النمذجة العددية):

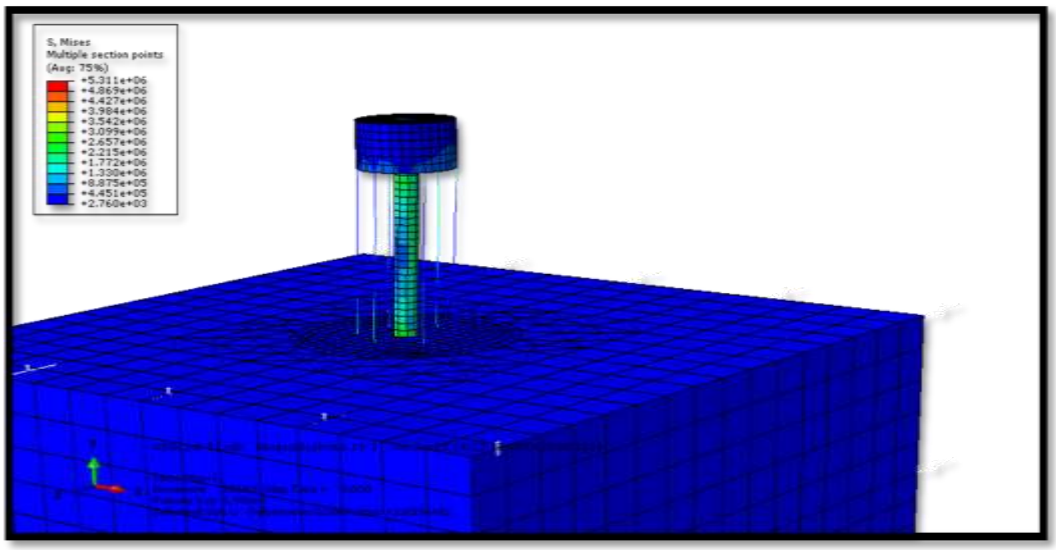
تم استخدام طريقة العناصر المنتهية في بناء نموذج الخزان ضمن بيئة برنامج ABAQUS.6.13. وتم نمذجة جدار الخزان والحصيرة بعنصر 3D – Solid وباستخدام التقسيم الفراغي C3D8R (An 8-node liner brick, reduced integration) وهو مكون من 8 عقد، وكل عقدة مكونة من ثلاثة درجات حرية هي الانتقالات باتجاه المحاور الثلاثة، مع تخفيض للنقاط التكاملية عند إجراء تكامل غوص (Gauss). أما عناصر الإطار تم نمذجتها بعناصر 3D – Line وبنفس 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 الشكل4. واخذنا الفعل المتبادل بين الخزان والتربة عن طريق نمذجة اتصال أساسات الخزان (الحصيرة) مع التربة باستخدام عناصر تماس خاصة تتمتع بسلوك مماسي من النمط Rough.

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 50×50m مع نمذجة شروط محيطية ماصة للطاقة للتعبير عن نصف الفضاء اللانهائي ولمنع تداخل الامواج الزلزالية كما هو مبين بالشكل 5 و 6.

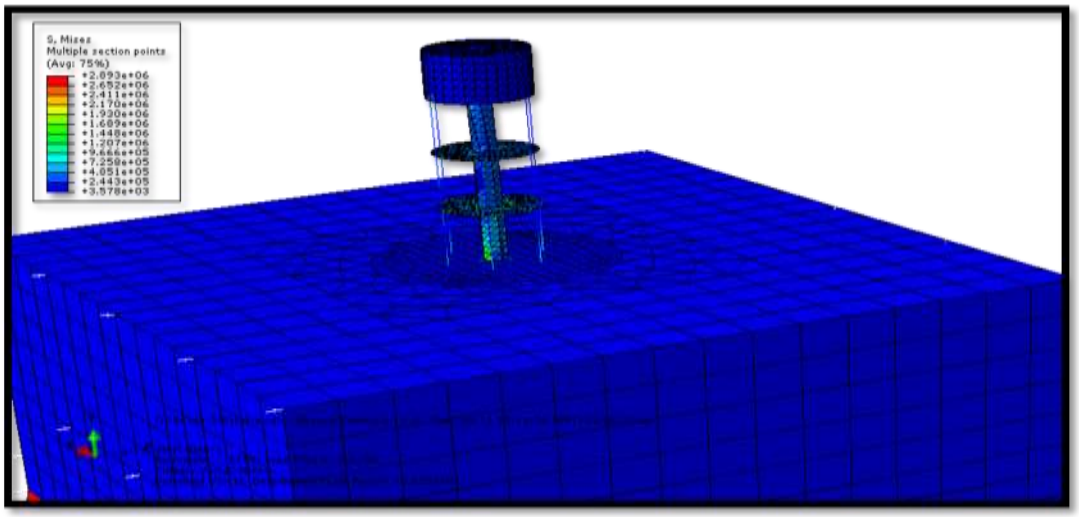


*B*31 *C*3*D*8*R* *beam*

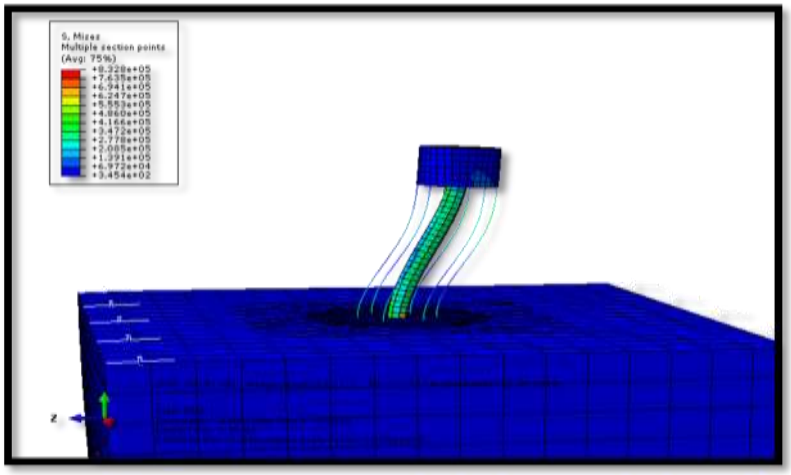
الشكل (4): العناصر المستخدمة في النمذجة ضمن بيئة ABAQUS.6.11



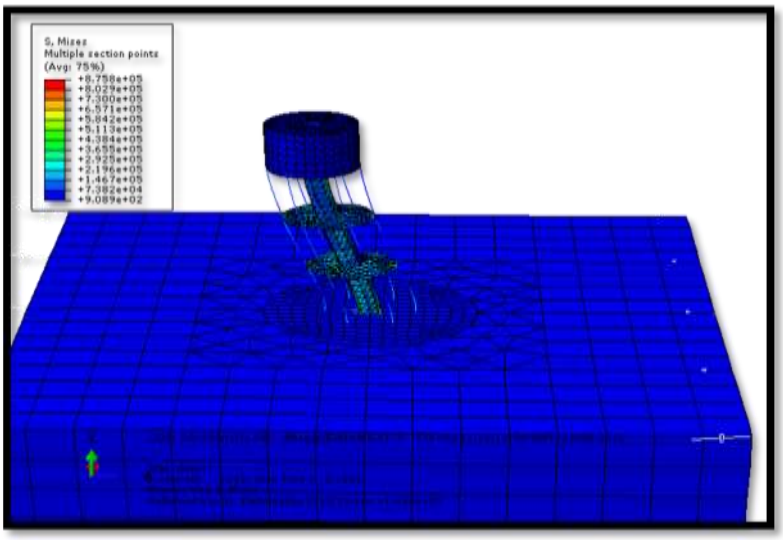
الشكل (5) الموديل الرياضي رقم (1) يمثل النموذج الشائع في الساحل السوري .



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



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

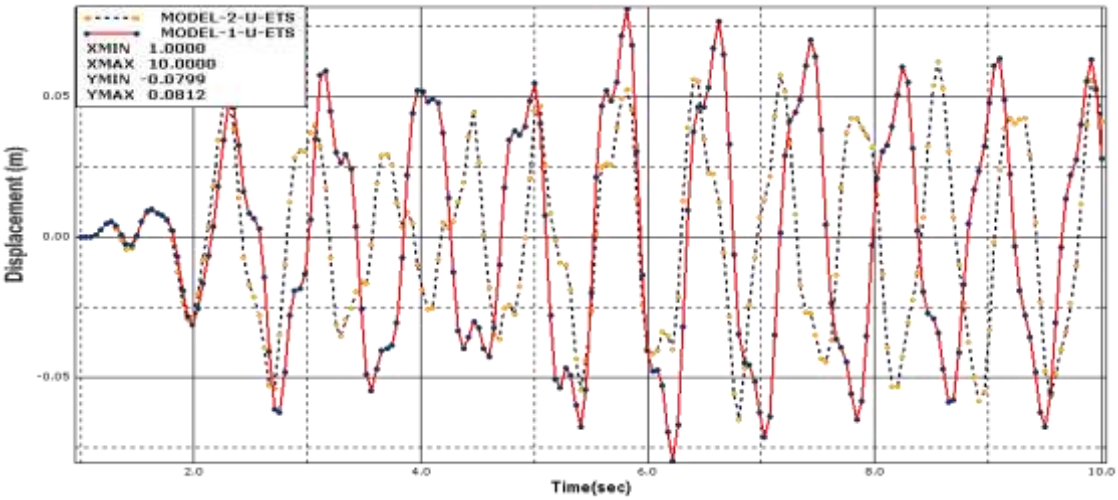


الشكل (8) احد انماط الاهتزاز للموديل رقم (2)

النتائج والمناقشة:

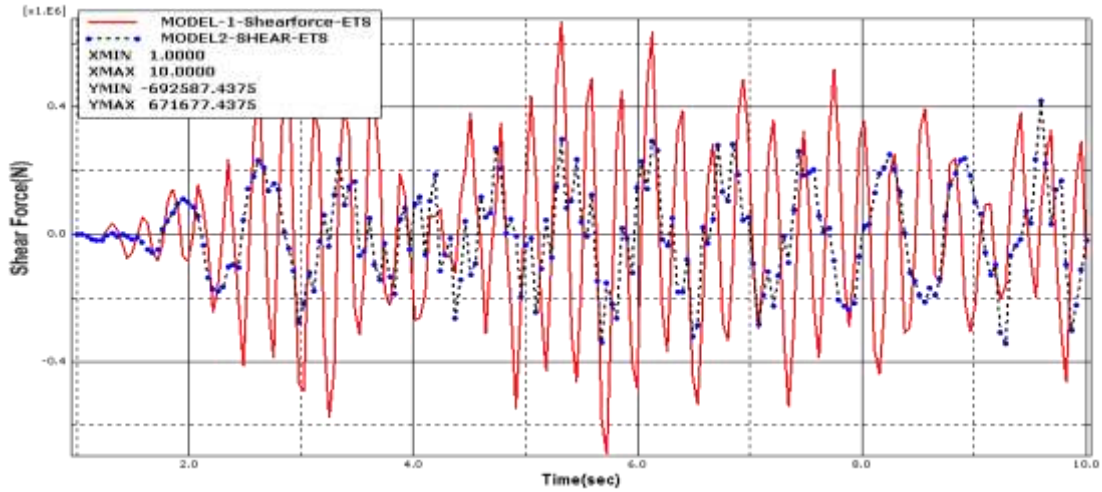
اظهرت نتائج التحليل الديناميكي لنموذجي الخزان المدروس : النموذج 1 (بدون تقوية الهيكل الحامل) والنموذج 2 (مع تقوية الهيكل الحامل). قيم الاستجابة المتمثلة بانتقال قمة الخزان ، القص القاعدي ، و عزم الانقلاب على الترتيب لحالتي الخزان فارغ و ملئ . وهذه القيم موضحه بالأشكال (9 ، 10، 11 ، 12 ، 13 ، 14) ونشير 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 8.12 cm مع توضيح انخفاض الانتقال الاعظمي بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



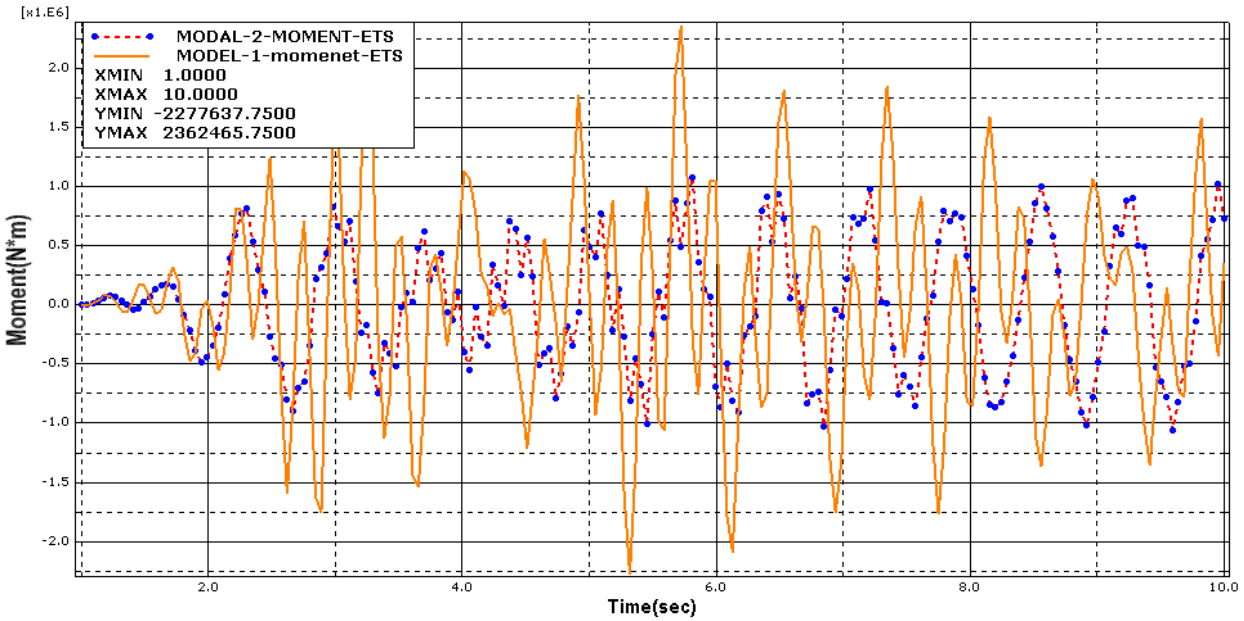
الشكل (9) قيم الازاحة الاعظمية لقمة الخزان (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1و2) تبعاً للزمن

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



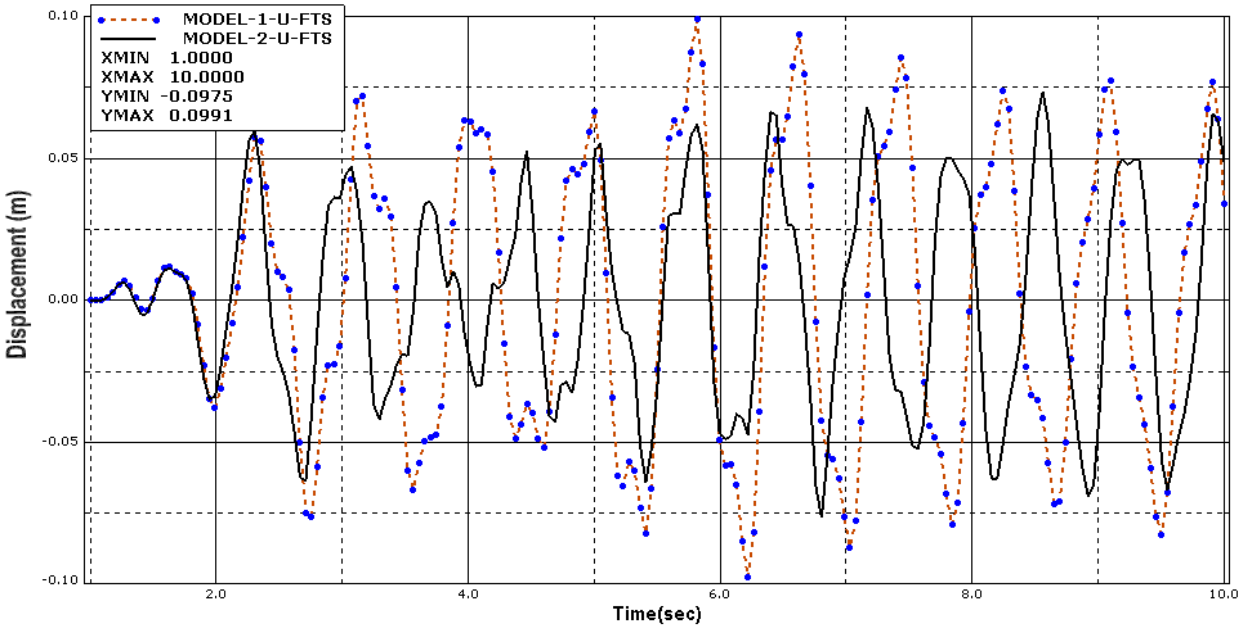
الشكل (10) قيم قوة القص القاعدية (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1و2) تبعاً للزمن

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



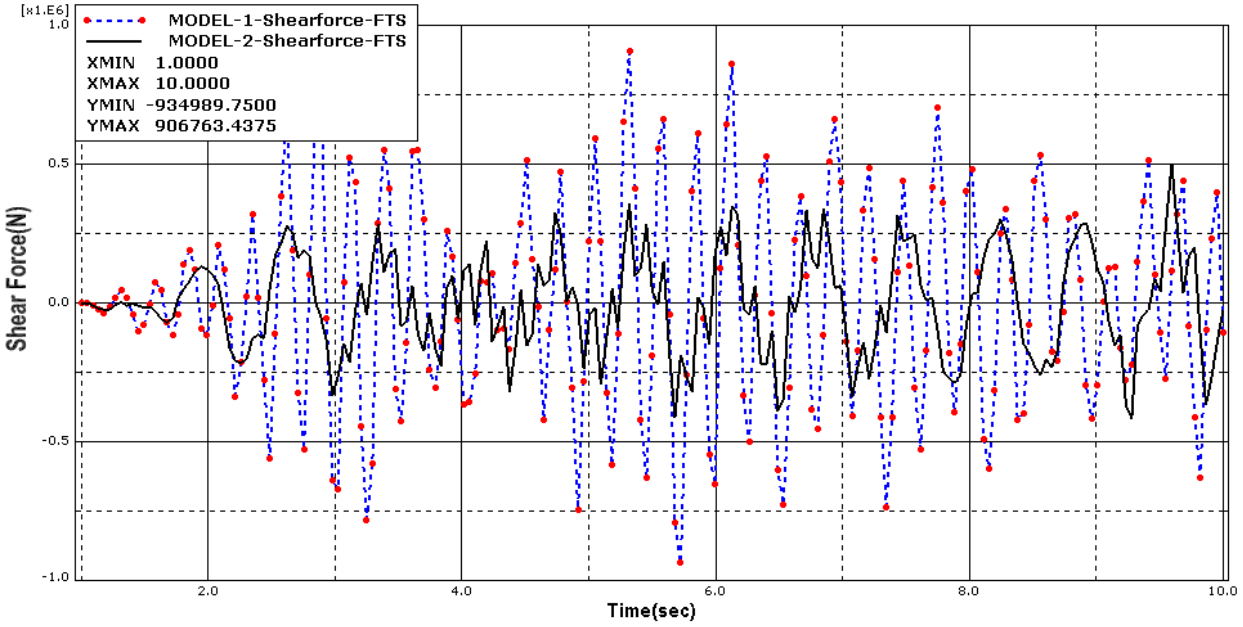
الشكل (11) قيم عزم الانقلاب (حالة الخزان فارغ) للنموذجين (1و2) تبعاً للزمن

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



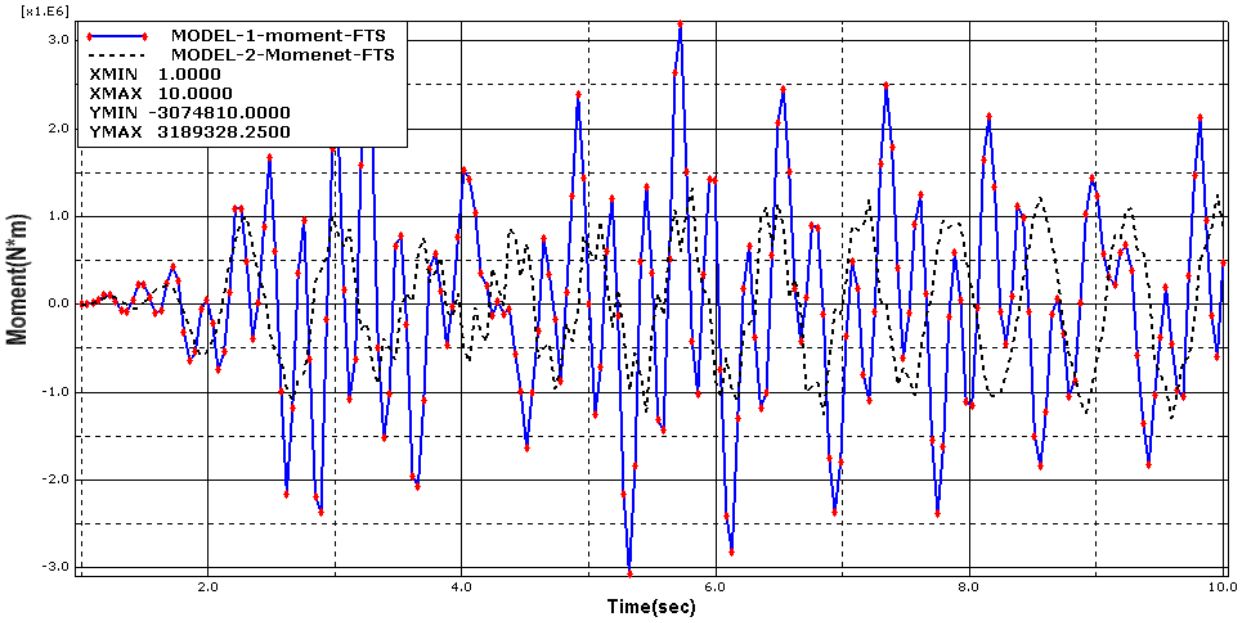
الشكل (12) قيم الازاحة الاعظمية لقمة الخزان (حالة الخزان ملئ) للنموذجين (1و2) تبعاً للزمن

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



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

و يوضح الشكل (14) العلاقة بين قيمة عزم الانقلاب للخزان الملئ بـN*m وزمن تطبيق الحمولة الزلزالية ب sec ووصلت قيمة العزم الى 3189 kN*m مع توضيح انخفاض العزم بالنسبة للنموذج 2 مقارنة مع النموذج رقم 1.



الشكل (14) قيم عزم الانقلاب (حالة الخزان ملئ) للنموذجين (1و2) 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.

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

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 بلاطلت مستوية دائرية بسماكة 15 سم واظهرت نتائج التحليل الديناميكي بعد المقارنة بمساعدة برنامج ABAQUS/CAE :

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

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

انخفاض قيمة الازاحة 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 1079 Kn*m (نموذج رقم 2) حالة فارغ ومن 3189 Kn*m (نموذج رقم 1) الى 1317 Kn*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.

Ali Yosefi Samangany *Static and Dynamic Analysis of Storage Tanks*

2] *Considering Soil-Structure Interaction* International Research Journal of Applied and Basic Sciences© 2013 Available online at www.irjabs.com
ISSN 2251-838X / Vol, 6 (4): 515-532Science Explorer Publications

Pavan .S. Ekbote, Dr. Jagadish .G. Kori *Seismic Behavior of RC Elevated Water*

3] *Tankunder Different Types of Staging Pattern,* Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences (JEC&AS) ISSN No: 2319-5606 Volume 2, No.8, August 2013

S. Bozorgmehrnia1*, M.M. Ranjbar2 and R. Madandoust2,2013, *Seismic Behavior*

4] *Assessment of Concrete ElevatedWater Tanks,*Journal of Rehabilitation in Civil Engineering 1-2 (2013) 1-11

Mohammad Hadikhan Tehrani, Afshin Mellati and Faramarz Khoshnoudian *New*

5] *Lateral Load Pattern for Estimating SeismicDemands of Elevated Water Tanks Supported onConcrete Shaft* Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Structural,Civil and Environmental Engineering -- SCEE 2013Copyright © Institute of Research Engineers and Doctors. All rights reserved. ISBN: 978-981-07-6261-2 doi:10.3850/ 978-981-07-6261-2_87

GAREANE A. I. ALGREANE, S. A. OSMAN, OTHMAN A. KARIM *Dynamic*

6] *Behaviour of Elevated Concrete Water Tank with Alternate Impulsive Mass Configurations* 2013 Proceedings of the 2nd WSEAS International Conference on ENGINEERING MECHANICS, STRUCTURES and ENGINEERING GEOLOGY