مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

Study of a local silo under the influence of seismic loads using the synthetic time histories analysis

Dr. Ali Turikieh*

(Received 28 / 10 / 2018. Accepted 6 / 1 / 2019)

□ ABSTRACT □

Silos are special engineering installations for the storage of granular materials. As a result of the increasing needs of the population, the construction of these facilities has increased. Silos are exposed to many kinds of loading due to filling and unloading of stored materials, thermal conditions, dust explosion, internal structure breakdown, wind loads especially for empty silos, earthquakes , Most of which differ from the load types of other facilities. The silo responses to loading types are also different from those of many other facilities due to the large silo size. Silos design is complex. As a result of the high rate of failure in silos, especially for seismic loads among the above cases, silos remain important as a research topic. However, few studies on the response of these installations to seismic loads can be found, and few national or international codes include requirements for seismic design Silos

The selected silo for the study is located in the Tartous Cement Factory. It was implemented in 1982 and stores it (raw materials for the cement industry - cement - additives for cement). Silos are studied according to the German code and are not studied on earthquakes

The purpose of this study is to study the silo carried out through the case of a study using the synthetic time histories analysis by conducting an applied analytical study on a 3D model of the plume, were used for real earthquakes that were scaling by using the time domain and the frequency domain to suit the Syrian response spectrum.

Keywords: Silo, time history, record scaling.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

دراسة صومعة محلية تحت تأثير الأحمال الزلزالية باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية الصنعية

الدكتور علي تريكية*

(تاريخ الإيداع 28 / 10 / 2018. قُبِل للنشر في 6/ 1 / 2019)

□ ملخّص □

الصوامع هي منشآت هندسية خاصة لتخزين المواد الحبيبية، ونتيجة ازدياد احتياجات السكان أدت إلى زيادة بناء هذه المنشآت، تتعرض الصوامع إلى العديد من أنواع التحميل بسبب ملء وتفريغ المواد المخزنة، والظروف الحرارية، انفجار الغبار، انهيار الهيكل الداخلي، أحمال الرياح خاصة للصوامع الفارغة، الزلازل، تختلف معظمها عن أنواع التحميل للمنشآت الأخرى، وتختلف استجابات الصوامع لأنواع التحميل الشائعة أيضًا عن تلك الخاصة بالعديد من المنشآت الأخرى بسبب الحجم الكبير للصوامع، يعتبر تصميم الصوامع معقدًا ونتيجة لارتفاع معدل الفشل في الصوامع، وخاصة بالنسبة للأحمال الزلزالية بين الحالات المذكورة أعلاه، لا تزال الصوامع تحتفظ بأهميتها كموضوع بحثي، إلا أن القليل من الدراسات المتعلقة باستجابة هذه المنشآت للحمولات الزلزالية يمكن العثور عليها، والقليل من الكودات الوطنية أو الدولية تشمل الاشتراطات المتعلقة بالتصميم الزلزالي للصوامع.

الصومعة المختارة للدراسة قائمة في معمل اسمنت طرطوس نفذت سنة 1982 ويخزن فيها (المواد الأولية لصناعة الإسمنت –الإسمنت –المواد المضافة للإسمنت)، والصومعة مدروسة وفق الكود الألماني وهي غير مدروسة على الزلازل.

يهدف هذا البحث إلى دراسة الصومعة المنفذة من خلال حالة دراسة باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية الصنعية، وذلك بإجراء دراسة تحليلية تطبيقية على نموذج فراغي (3D) للصومعة حيث استخدمت سجلات زمنية لزلازل حقيقية تم تقييسها باستخدام طريقتي مجال الزمن ومجال التردد لتلائم طيف الاستجابة للكود العربي السوري.

الكلمات المفتاحية: الصومعة، السجل الزمني، تقييس السجلات.

* **أستاذ مساعد– قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مقدمة:

الصوامع (silos) هي خزانات لحفظ المواد الموضوعة فيها بشروط ملائمة للمحافظة عليها من التلف. توفر الأدوات والتجهيزات المستخدمة أو الملحقة بالصوامع والنواقل الموزعة بينها عمليات التهوية والتعقيم والغربلة اللازمة لحفظ المواد المخزنة بصورة سليمة، كما توفر تفريغها.

تعد الصوامع من المنشآت المهمة في البلدان الزراعية والصناعية، وتأتي أهمية الصوامع بوصفها الأسلوب الأنسب والأكثر استخداماً لتخزين الحبوب والمواد السائبة وغيرها من المواد. وقد كانت الصوامع تصمم سابقاً اعتماداً على الضغط الستاتيكي ولم يكن الضغط الديناميكي الناتج عن تعبئة وتفريغ الصوامع مأخوذاً بالحسبان، ولكن وجد فيما بعد أن الضغط الديناميكي المؤثر في جدران الصومعة والناتج عن جريان المواد الحبيبية في أثناء عملية التفريغ خاصة أكبر بكثير من الضغط الستاتيكي المؤثر في هذه الجدران، وقد أدى هذا الضغط الديناميكي- في كثير من الأحيان- إلى حدوث تشققات مهمة، أو حتى إلى انهيار الصومعة بكاملها [1] .

كما وتخضع حوائط أنواع مختلفة من الصوامع لأحمال زلزالية من الكتلة المخزنة ، وقد تتعدى هذه الضغوط بشكل كبير الضغوط الناتجة عن الملء والتفريغ، ولقد تناول العديد من الباحثون هذه المسألة في دراساتهم .

- حيث قام الباحث (Hamdy H.A. Abdel-Rahim) [2] بإجراء دراسة حول استجابة صوامع تخزين القمح الاسطوانية المرتفعة لحمولة الزلازل. تناول هذا البحث دراسة وتحليل سبعة نماذج لصوامع الاسمنت المسلح بنسب مختلفة من الارتفاع إلى القطر، بطريقة التحليل Time history باستخدام تسارع زلزالي قدره g =0.5 و مقارنة قيم الضغط الناتج عن الحمولة الزلزالية للصومعة وهي مليئة بقيم الضغط الناتج عن التعبئة والتفريغ (بدون حمولة زلزالية). حيث وجد بأن المواد المخزنة في الصوامع العالية (h/d = 3-6) تزيد الضغط بمقدار 3-5 أضعاف ضغط التعبئة عند الحساب بطريقة العناصر المحدودة، ويحدث الضغط الأقصى عند قاعدة الصومعة.
- وقدم الباحثان(Islam M. Ezz El-Arab) [3] دراسة التحليل الزلزالي لظواهر التفريغ الديناميكي لصوامع الاسمنت المسلح . تناول في هذه الدراسة معلومات عن أنماط التدفق والضغوط المؤثرة على جدران الصوامع الاسطوانية اثناء عملية التعبئة والتفريغ بتأثير الجاذبية، حيث تمت الدراسة وفق نموذج جانسن، كما تضمنت الدراسة مقارنة بطريقة العناصر المحدودة بتأثير ثلاث أنواع مختلفة من التحريض الزلزالي؛ العقبة 1995، نورثريدج 1994، والسنترو 1940.
- في حين درس الباحث (Yakhchalian) [4] السلوك الزلزالي للصوامع بنسب مختلفة للارتفاع إلى القطر، مع الأخذ بالاعتبار تفاعل المواد الحبيبية مع الهيكل، حيث درس الباحث في هذا البحث السلوك الزلزالي للصوامع المعدنية، بالاعتماد على نسب مختلفة من الارتفاع إلى القطر، وتفاعل المواد الحبيبية مع هيكل الصومعة، باستخدام برنامج ABAQUS.وتبين من الدراسة ان قيم التردد المحسوبة بجميع الطرق متقاربة فيما بينها في صومعة نحيلة ذات نسبة ارتفاع إلى القطر تساوي / 5 / . ومع ذلك فإن القيم المحسوبة بجميع الطرق لصوامع ذات نسبة ارتفاع إلى القطر أقل من ذلك، تكون مختلفة كثيراً.
- قام الباحثون (Durmus . Karaca . Dogangun) [5] بدراسة سبب الضرر و الفشل في هياكل الصوامع. في هذا البحث عرض الباحثون مجموعة من الصوامع التي تضررت أو انهارت حول العالم جراء زلازل وقعت حديثاً. و مناقشة الاسباب المحتملة للفشل و الإجراءات الممكنة لمنع الضرر. تبين من الدراسة أن قواعد الصوامع تتعرض لضغوط أكبر من التي تتعرض لها قواعد الانشاءات التقليدية الاخرى كالأبنية مثلاً. يجب أن تؤخذ الضغوط غير

المتساوية الناتجة عن الأحمال الأفقية كالأحمال الزلزالية أو تلك الناتجة عن نماذج التدفق غير المتماثل أثناء الشحن أو التفريغ بعين الاعتبار أثناء مرحلة التصميم.

- قدم (V. N. Singh and Abha Mittal) [6] دراسة لتحديد جدوى استخدام توليد سجلات زمنية صنعية لموقعين في جبال الهيملايا. بين الباحثون من خلال بحثهم أنه توجد مطابقة مرضية مع السجلات المرصودة في عدة مواقع، مما يدل على صلاحية استخدام توليد السجلات الصنعية.
- قدم (N.M.Hasan) [7] دراسة حول توليد سجلات زمنية صنعية متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري في مجال التردد ومجال الزمن لتطبيقها في التحليل الديناميكي. بين الباحث انه باعتماد اجراءات معينة يمكن الحصول على سجلات زمنية صنعية متوافقة مع الكود السوري لمختلف أنواع الترب اعتماداً على قواعد بيانات السجلات العالمية مما يسمح باستخدام التحليل الديناميكي بالسجل الزمني.

ستقدم هذه المقالة دراسة التأثيرات السلبية للزلازل على الصومعة المنفذة في معمل اسمنت طرطوس من خلال التحليل الديناميكي بالسجلات الزمنية وتوليد سجلات زمنية صنعية في مجال التردد ومجال الزمن متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري واستخدامها في التحليل الديناميكي اللاخطي.

أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية البحث في التعرف على الاستجابة المعقدة لمنشآت الصوامع البيتونية المسلحة بتأثير أحمال الزلازل، والتعرف على طرق جديدة في التحليل والتصميم للاستفادة من ذلك فيما بعد لتصميم صوامع جديدة، أو إعادة تأهيل الصوامع الموجودة إن أمكن.

ومع تطور البحوث والدراسات العلمية أصبح التحليل المرن وغير المرن بالسجلات الزمنية مفضلاً بشكل عام ومطلوباً في مجال الهندسة المدنية، وذلك نتيجة التقدم في التحليل والتصميم الزلزالي للمنشآت.

يهدف هذا البحث إلى دراسة الصومعة المنفذة في معمل اسمنت طرطوس من خلال حالة دراسة باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية، وذلك بإجراء دراسة تحليلية تطبيقية على نموذج فراغي (3D) للصومعة حيث استخدمت سجلات زمنية لزلازل حقيقية تم تقييسها باستخدام طريقتي مجال الزمن ومجال التردد لتلائم طيف الاستجابة للكود العربي السوري. ومقارنة سلوك الصومعة من حيث اختلاف المواد المخزنة فيها.

طرائق البحث ومواده

يعتمد البحث المنهج النظري التحليلي، حيث سيتم تقديم الدراسة المرجعية وبعد الاطلاع على الابحاث السابقة المتصلة بموضوع الدراسة تم اختيار نموذج الصومعة ونمذجته باستخدام برنامج ETABS2015 حيث اعتمدت الخصائص التالية للصومعة (وفق المذكرة الحسابية الخاصة بالصوامع في معمل اسمنت طرطوس ووفق الإختبارات الحقلية) وهي:

- إجهاد الخضوع للفولاذ المستخدم fy=3600Kg/cm2.
- مقاومة البيتون على الضغط f'c=350Kg/cm2.
- الوزن في واحدة الحجم 2.5 ton/m3.
- معامل بواسون يساوي 0.2. قدرة تحمل التربة في موقع المنشأ 3.5 kg/cm2 .

-تحديد خصائص المواد المخزنة (من وثائق معمل اسمنت طرطوس) وفق الجول (1):

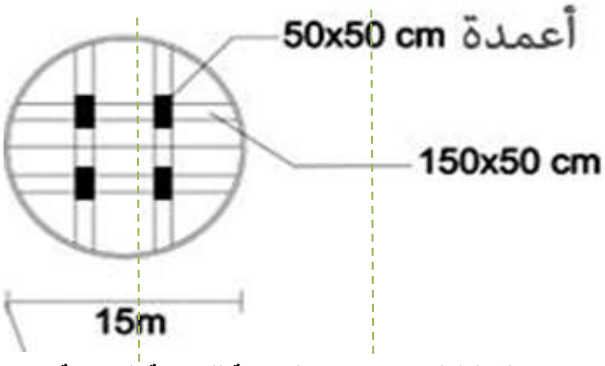
الجدول (1) خواص المواد المخزنة في صوامع المزج والتخزين في معمل اسمنت طرطوس

كلنكر clinker	C	γ =1410 Kg/m3	Φ=33
رمل sand	S	γ = 1600 Kg/m3	Φ=35
كلس lime	L	γ =700 Kg/m3	Φ=35

يوضح الشكل(2) الابعاد الهندسية للصوامع المدروسة، المبينة في الجدول(2).

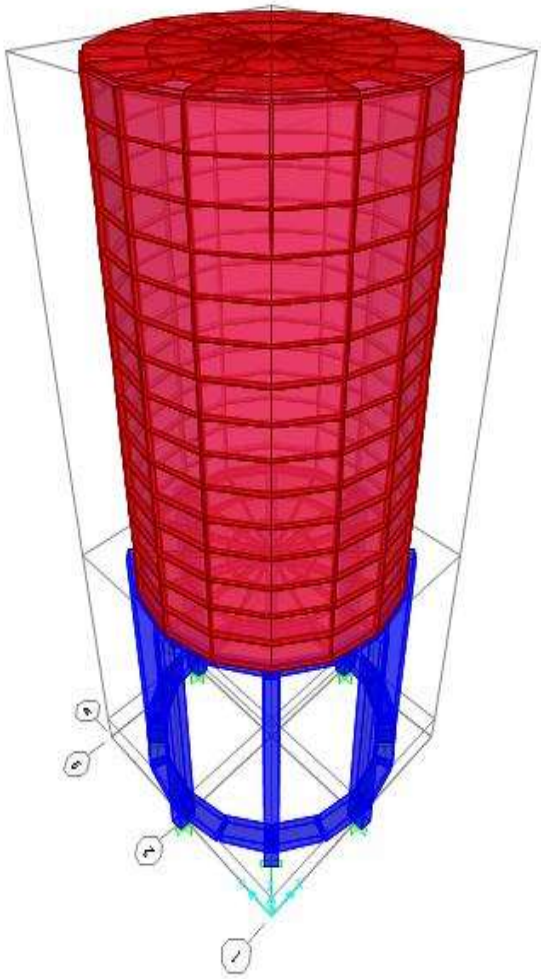
الجدول (2) الابعاد الهندسية لصوامع المزج والتخزين في معمل اسمنت طرطوس

ارتفاع الصومعة H	70 m
قطر الصومعة D	15 m
سماكة البلاطات الحاملة للمواد المخزنة عند منسوب m(47.5- 14.5)	50 cm
سماكة البلاطات غير الحاملة للمواد المخزنة عند منسوبm (70-60-42-10-4.8)	25 cm
مقطع الأعمدة الأربعة الحاملة للبلاطة عند منسوب 14.5m	50*50 cm
مقطع الجوائز الداعمة للبلاطات الحاملة عند منسوب m(47.5-14.5)	150*50 cm

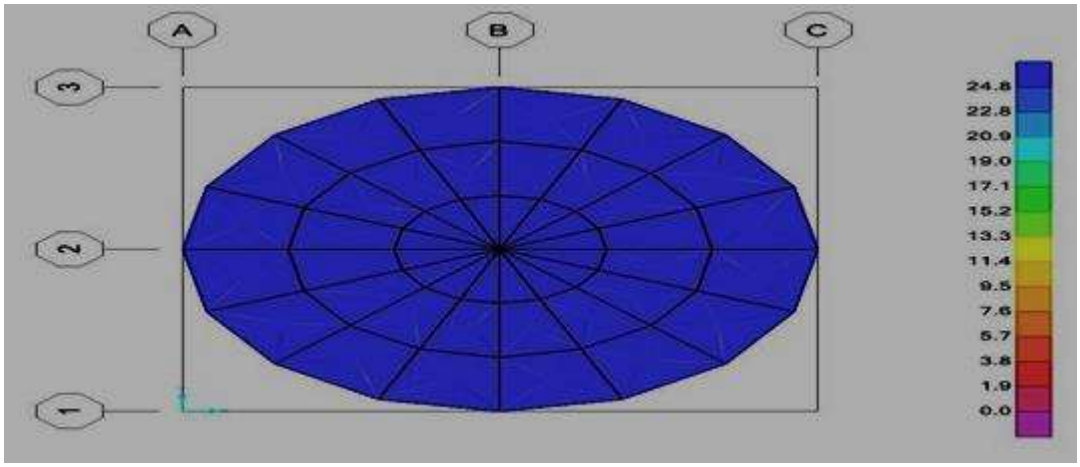


الشكل(2) يوضح الابعاد الهندسية للصومعة المدروسة

تم اجراء دراسة تحليلية من اجل تحديد قيم الانتقالات الجانبية الاعظمية ، تم اختيار مجموعة من السجلات الزلزالية من قواعد البيانات العالمية للحركات القوية، أجريت عملية تقييس السجلات الزمنية باستعمال طريقتي مجال التردد ومجال الزمن متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري عن طريق الإصدار الجديد من برنامج CSI ETABS2015،



الشكل(3) نموذج الصومعة المرجعية وفق برنامج Etabs



الشكل(4) تحميل الصومعة

2- حالات التحميل المدروسة لنموذجي الصومعة:

النموذج الأول: المواد المخزنة بأربعة حالات كما يلي:

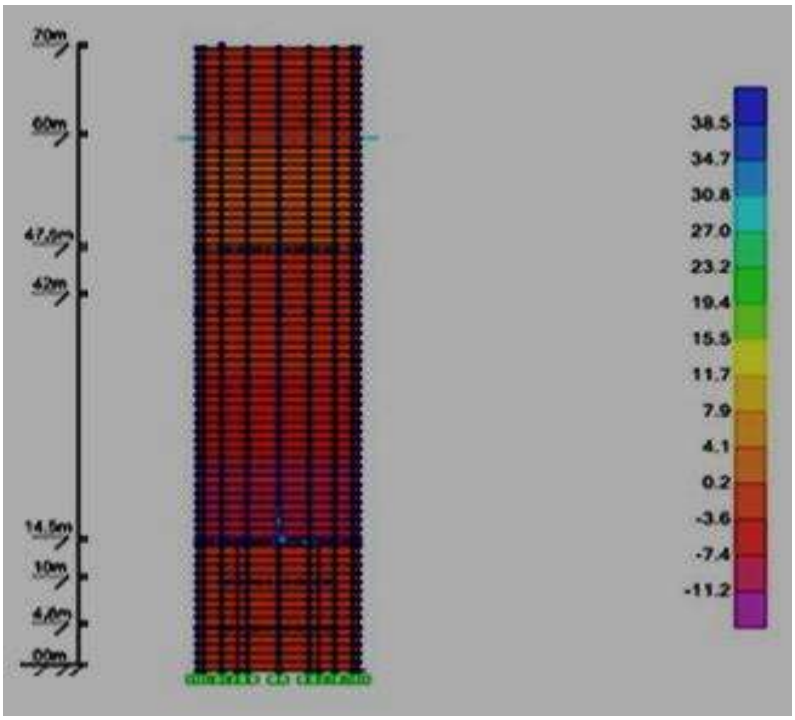
أ-الحالة الاولى :المادة المخزنة رمل + كلنكر C&S- ب الحالة الثانية: المادة المخزنة كلنكر C- .

ج- الحالة الثالثة: المادة المخزنة رمل- S . د- الحالة الرابعة: الصومعة فارغة E .

✓ حالات التحميل:

أ- الحالة الاولى المادة المخزنة رمل + كلنكر C&S-:

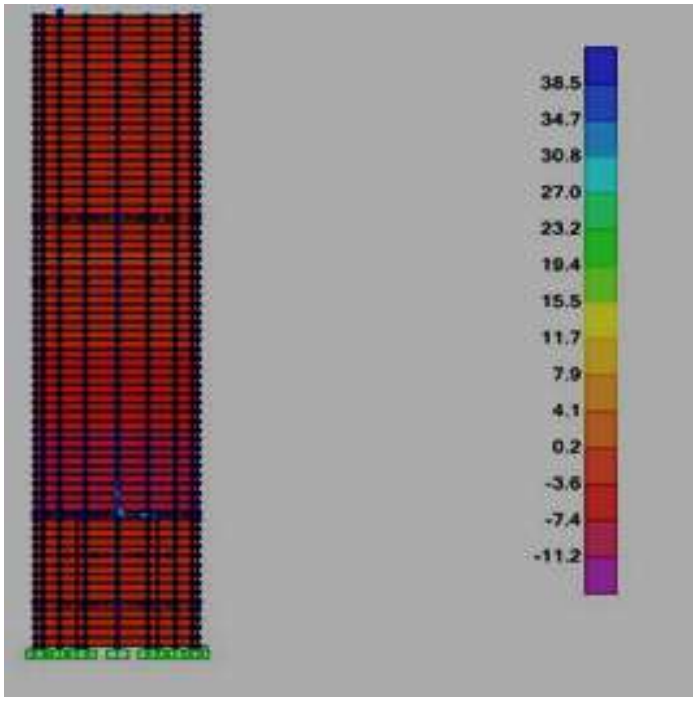
يوضح الشكل (5) حالة التحميل الأولى للمادة المخزنة كلنكر، في القسم السفلي بارتفاع 27.5m +رمل في القسم العلوي بارتفاع 12.5m، حيث بلغت حمولة الضغط العمودي 38.5t\m2 وحمولة الضغط الأفقي 11.43t\m2في القسم السفلي، وبلغت حمولة الضغط العمودي 20t\m2 وحمولة الضغط الأفقي 5.42 t\m2 في القسم العلوي .



الشكل(5)حالة التحميل الحالة الاولى المادة المخزنة رمل + كلنكر C&S-

ب- الحالة الثانية: المادة المخزنة كلنكر C-:

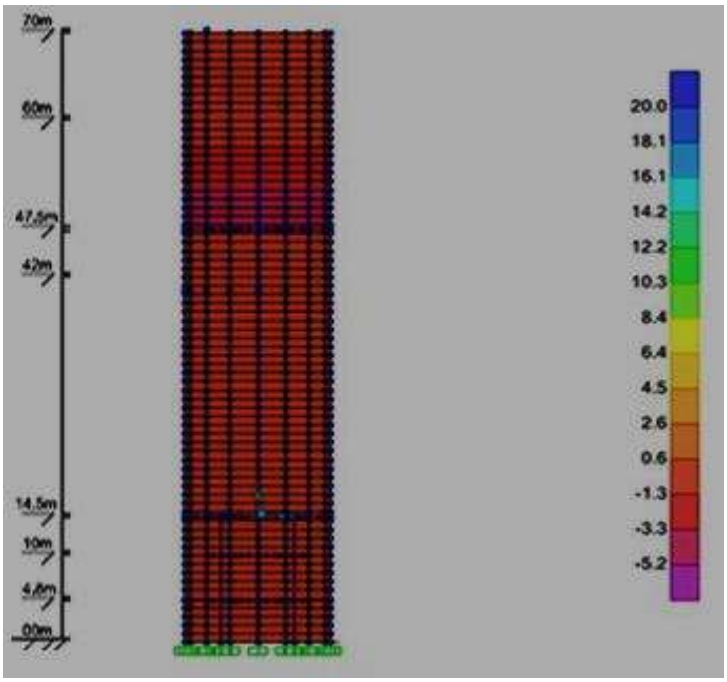
يوضح الشكل (6) حالة التحميل الثانية للمادة المخزنة كلنكر في القسم السفلي بارتفاع 27.5m حيث بلغت حمولة الضغط العمودي 38.5t\m2 وحمولة الضغط الأفقي 11.43t\m2في القسم السفلي.



الشكل(6)حالة التحميل الحالة الثانية المادة المخزنة كلنكر C

ج –الحالة الثالثة: المادة المخزنة رمل– S:

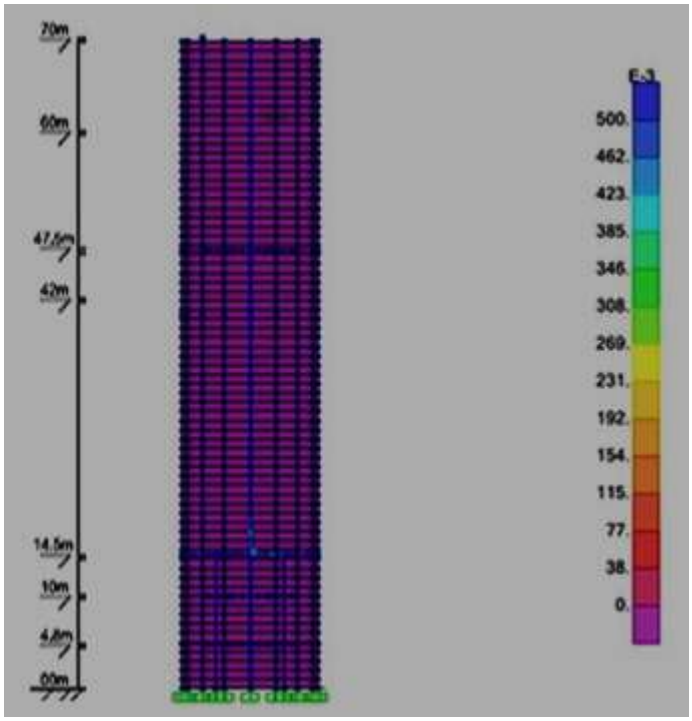
يوضح الشكل (7) حالة التحميل الثالثة للمادة المخزنة رمل في القسم العلوي بارتفاع 12.5m حيث بلغت حمولة الضغط العمودي 20t\m2 وحمولة الضغط الأفقي 5.42 t\m2 في القسم العلوي.



الشكل(7)حالة التحميل الحالة الثالثة المادة المخزنة رمل –S

د- الحالة الرابعة: الصومعة فارغة E :

يوضح الشكل (8) حالة التحميل الرابعة الصومعة فارغة في القسمين السفلي والعلوي ولا يوجد قيم لحمولات الضغط العمودي و الأفقي.



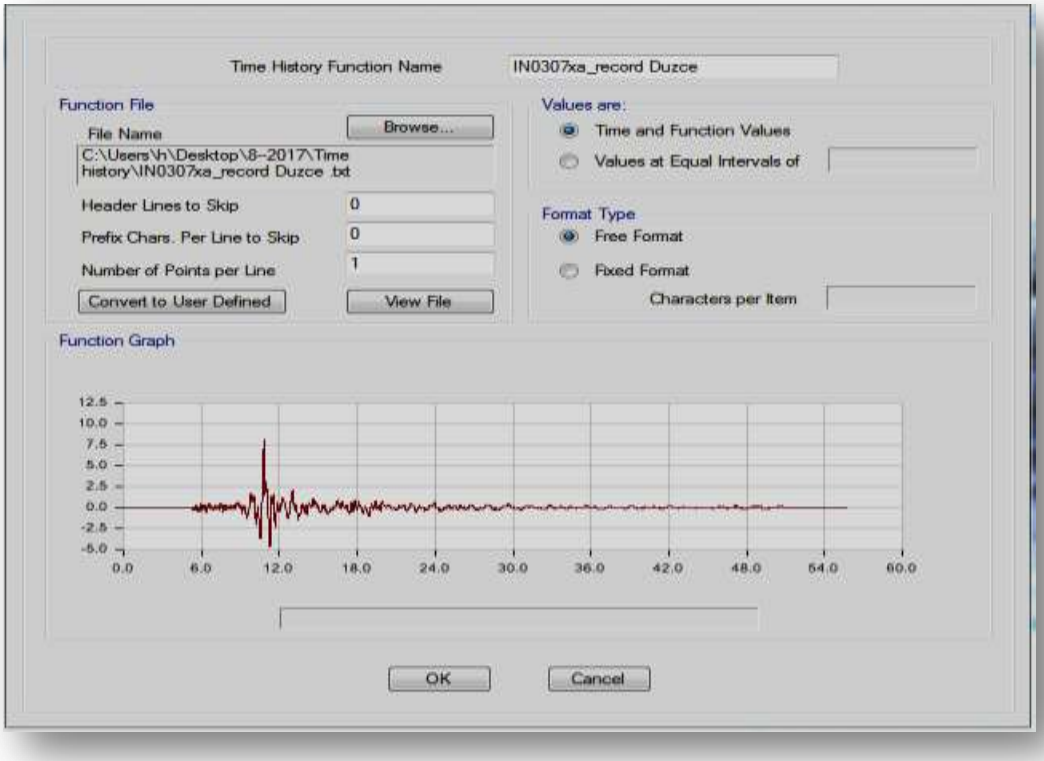
الشكل(8)حالة التحميل الحالة الرابعة الصومعة فارغة E

6- دراسة تطبيقية :

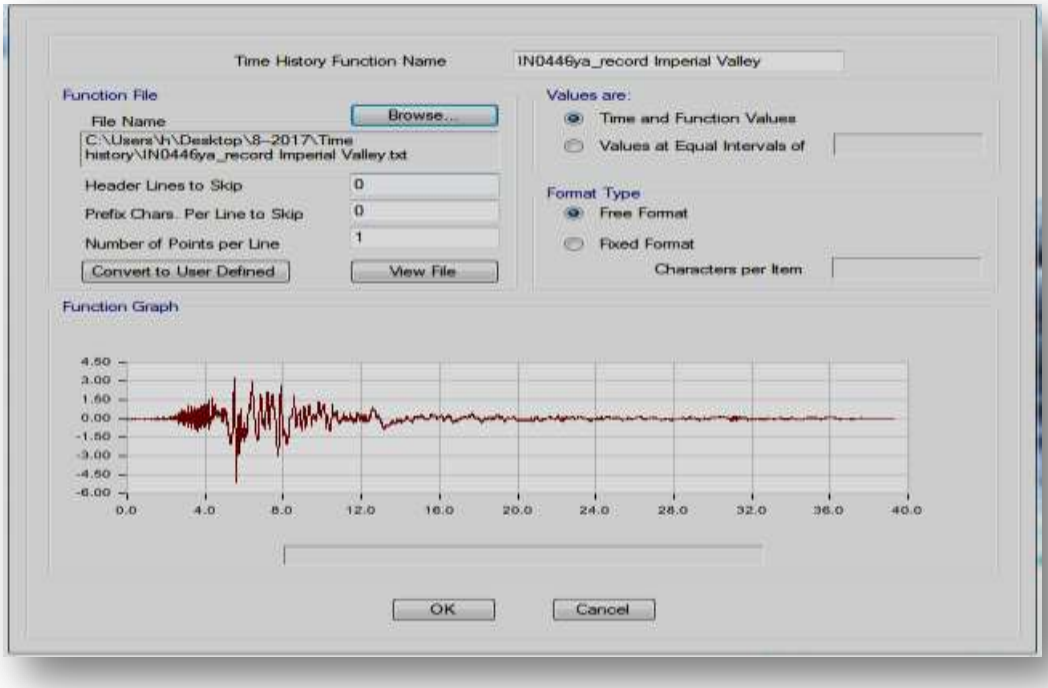
تقع منطقة الدراسة في مدينة طرطوس، أجري تحليل إنشائي للنموذج المذكور باستعمال برنامج CSI ETABS2015. تم نمذجة الاعمدة والجيزان كعناصر خطية line element ونمذجة البلاطات والجدران كعناصر سطحية element shell ونمذجة الاساسات كعناصر موثوقة. وبعدها تم اجراء تحليل ديناميكي باستخدام السجلات الزمنية لثلاث سجلات زلزالية حقيقية ,اموضحة في الأشكال(9-10-11) تم تقييسها بطريقة مجال التردد ومجال الزمن لتلائم طيف الاستجابة للكود العربي السوري.

الجدول (3) مجموعة السجلات الزلزالية المختارة

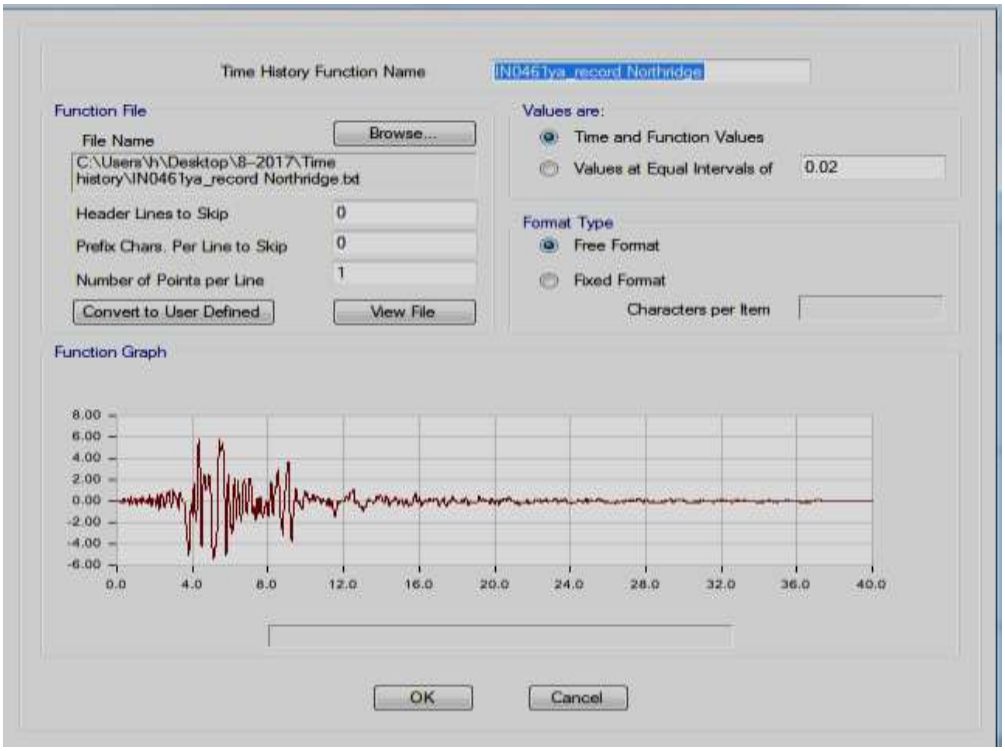
PGA [m/s^2]	Epicentral Distance [km]	Fault Mechanism	Mw	Date	Earthquake Name
5.0909	27.68	strike-slip	6.5	1979_October_15	Imperial Valley
8.1021	36.1	strike-slip	7.1	1999_November_12	Duzce
5.7838	20.25	reverse	6.7	1994_January_17	Northridge



الشكل (9) السجل الزمني للزلزال Duzce



الشكل (10) السجل الزمني للزلزال Imperial Valley



الشكل (11) السجل الزمني للزلزال Northridge

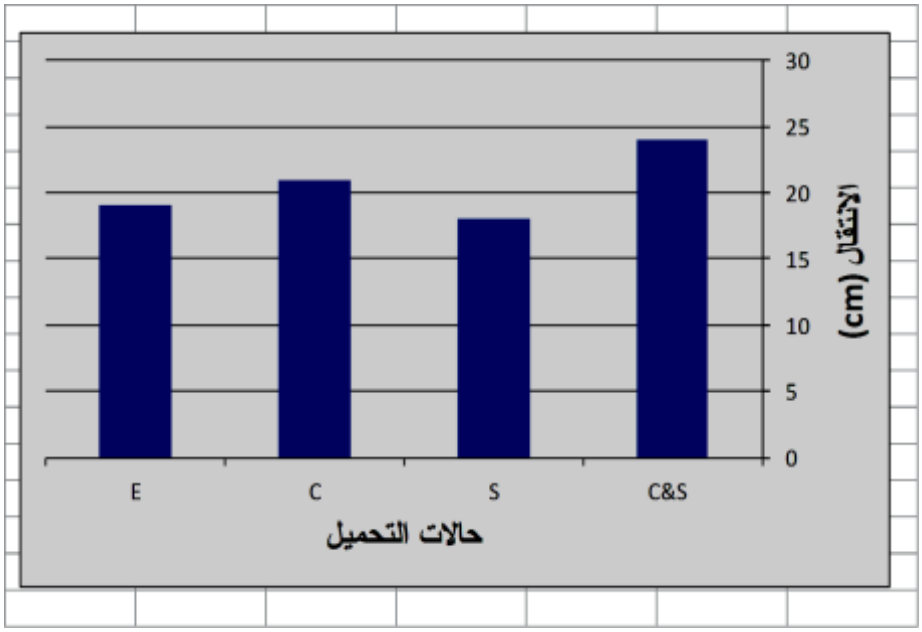
تم اختيار ثلاثة سجلات زمنية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري، وتم تحديد الدور الأساسي بإجراء التحليل النمطي لها بهدف الحصول على مجال الدور المدروس. ثم قمنا بتقييس السجلات باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييس هما طريقة مجال التردد وطريقة مجال الزمن. تم الاعتماد في هذه الدراسة على الإصدار الأحدث من البرنامج CSI ETABS 2015] لتوليد السجلات الصنعية في مجال التردد ومجال الزمن باعتباره من أفضل البرامج في التحليل والتصميم الإنشائي وهو يملك واجهة سهلة ومألوفة لأغلب المهندسين كما أن الشركة المنتجة تحققت من عمل البرنامج من خلال عرضها لتطابق الحلول من مصادر مختلفة.

مناقشة نتائج التحليل:

أ-الحالة الاولى :المادة المخزنة رمل + كلنكر -C&S.
ب- الحالة الثانية: المادة المخزنة كلنكر -C .
ج- الحالة الثالثة: المادة المخزنة رمل- S.
د- الحالة الرابعة: الصومعة فارغة E .

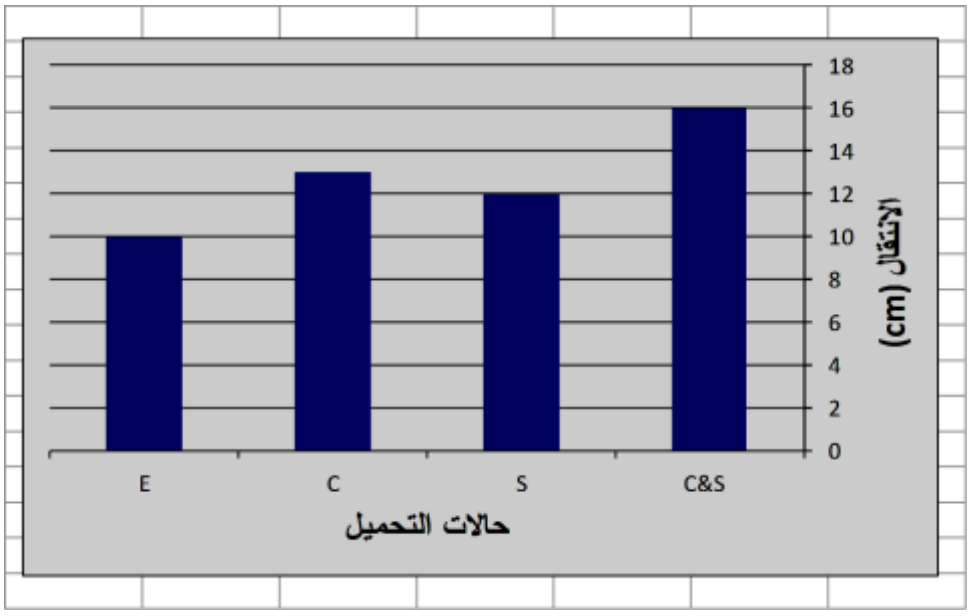
أ-الحالة الاولى - المادة المخزنة رمل + كلنكر -C&S :

- بإجراء المقارنة بين قيمة الانتقال الطيفي لحالات التحميل الأربعة في نقطة أعلى الصومعة وذلك بالنسبة لاختلاف المواد المخزنة كما يظهر المخطط(12).

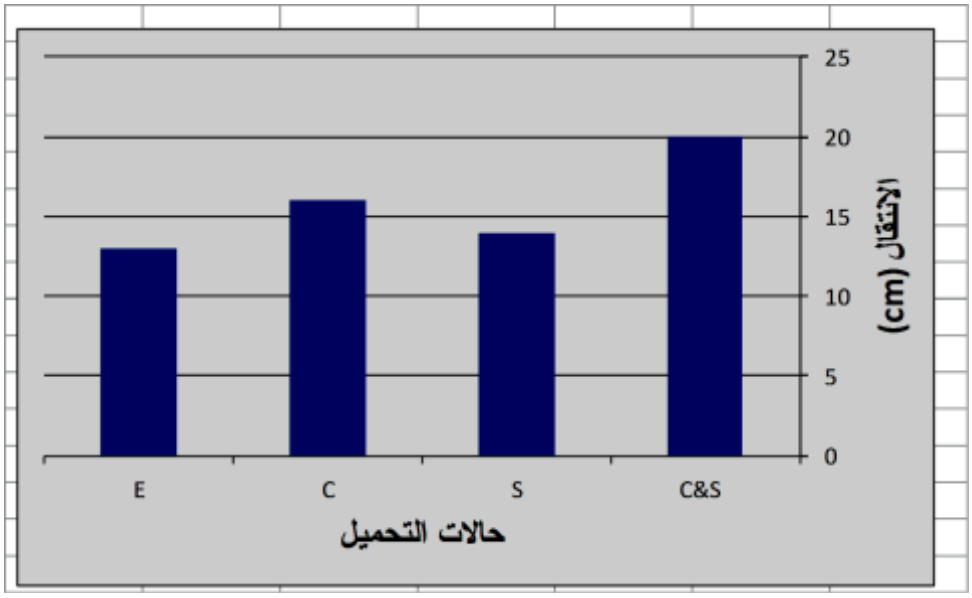


الشكل(12) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Northridge بطريقة التقييس frequency domain

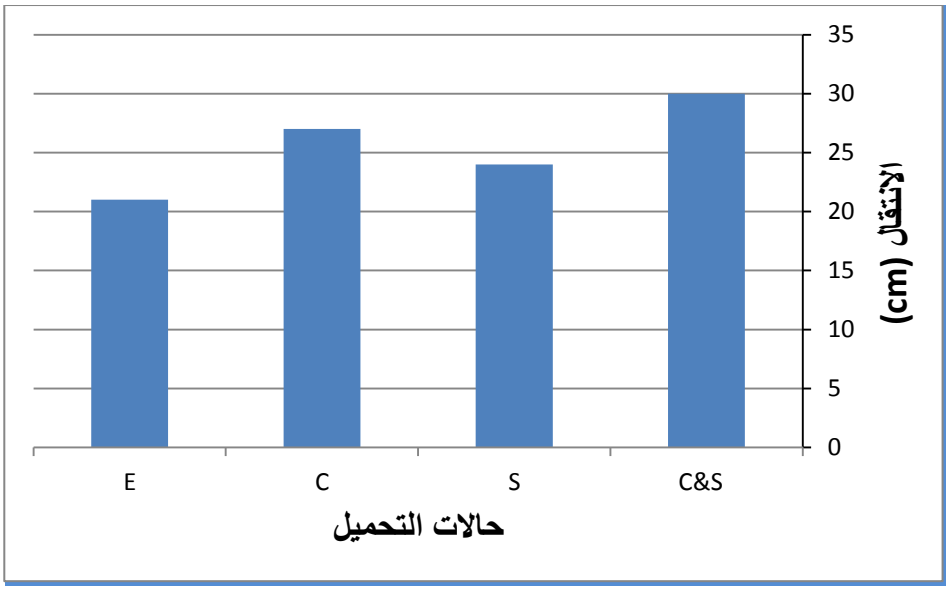
اظهرت الأشكال من الشكل (13)حتى الشكل (17) ارتباط قيمة الانتقال في نقطة تقع اعلى الصومعة باختلاف المواد المخزنة، حيث أظهر المخطط ازدياد قيمة الانتقال الطيفي للصومعة وهي مليئة(الحالة الأولى) بالمقارنة وهي فارغة (الحالة الرابعة)، وبالمقارنة بين حالتي التحميل الثانية والثالثة يظهر تزايد قيمة الانتقال الطيفي بحسب توضع المواد المخزنة حيث يزداد الانتقال عند وجود المواد المخزنة في القسم العلوي من الصومعة.



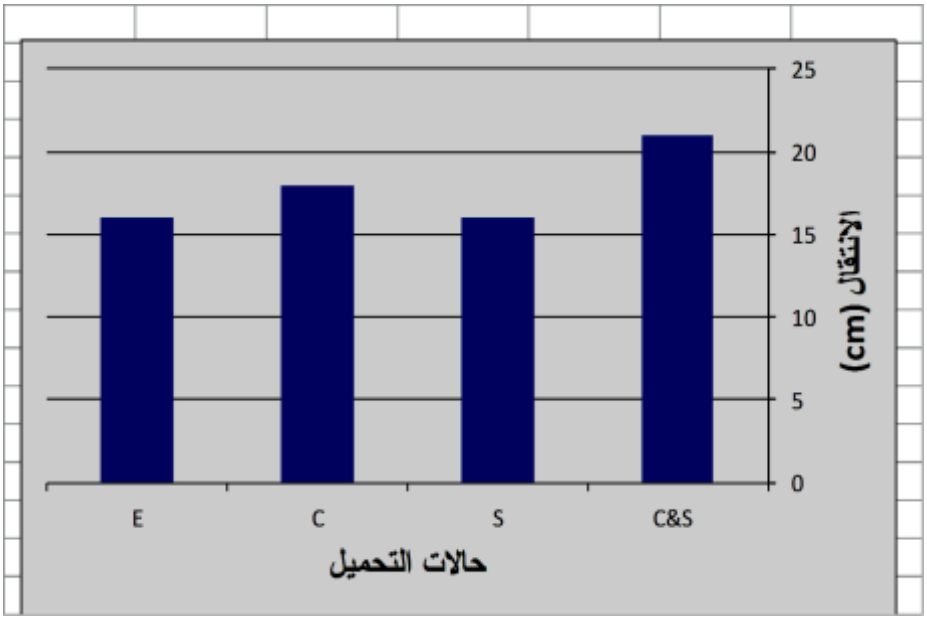
الشكل(13) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Imperial Vally بطريقة التقييس frequency domain



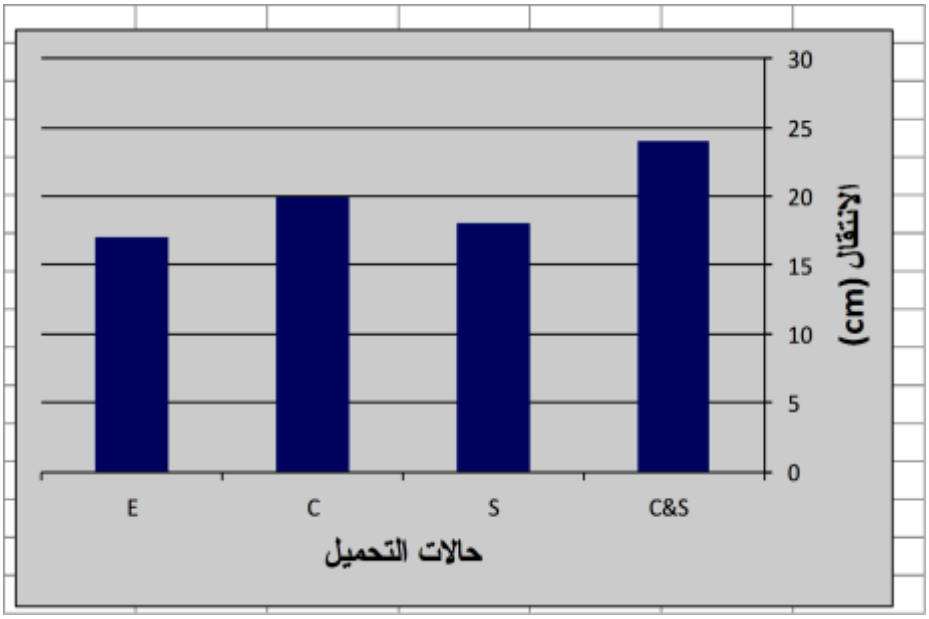
الشكل(14) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Duzce بطريقة التقييس frequency domain



الشكل(15) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Northridge بطريقة التقييس time domain



الشكل(16) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Imperial Vally بطريقة التقييس time domain



الشكل(17) مقارنة بين الانتقال وحالات التحميل للصومعة وفق الزلزال Duzce بطريقة التقييس time domain

الاستنتاجات والتوصيات :

1- اعطى التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسة في مجال الزمن قيم للانتقالات اكبر من طريقة التقييس في مجال التردد لذلك ينصح بأخذ طريقة التقييس في مجال الزمن.

2- إن المواد المخزنة في الصوامع تلعب دورا أساسي في تحديد سلوك هذه الصوامع عند التعرض للاهتزاز الديناميكي.

3- اكبر قيمة للانتقال عندما تكون الصومعة مليئة واصغر قيمة للانتقال عندما تكون الصومعة فارغة.

4- بمقارنة الانتقال الاعظمي لحالة الصومعة مليئة وحالتها فارغة تبين انخفاض نسبة الانتقال وهي فارغة بنسبة تتراوح بين (20% و35%) حسب الشدة الزلزالية.

5- يوصى باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية الصنعية في الجمهورية العربية السورية بسبب غياب السجلات الحقيقية

المراجع :

[1] جرجس ، دارين .حمادة ، هالة . *دراسة جريان المواد الحبيبية والضغط الناتج أثناء التفرغ المركزي واللامركزي في الصوامع مستطيلة المقطع* ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد السابع والعشرون – العدد الثاني – 2011.

[2] Hamdy H.A. Abdel-Rahim.*Response the Cylindrical Elevated Wheat Storage Silos to Seismic Loading*, IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) Vol. 04, Issue 01 (January. 2014), ||V6|| PP 42-55

[3] Islam M. Ezz El-Arab . *Seismic Analysis of RC Silos Dynamic Discharge Phenomena* , International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-4 Issue-2, December 2014

[4] Nateghi F. ; Yakhchalian M. *SEISMIC BEHAVIOR OF SILOS WITH DIFFERENT HEIGHT TO DIAMETERRATIOS CONSIDERING GRANULAR MATERIAL STRUCTURE IN TERACTION* International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran 2011.

[5] Dogangun A. ; Karaca Z.; Durmus A ... *Cause of Damage and Failures in Silo Structures* JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES © ASCE / MARCH/APRIL 2009 / 71

[6] Singh V. N. and Abha Mittal "*Synthetic accelerograms for two Himalayan earthquakes using convolution*", Current Science, vol. 88, no. 8, 25 April 2005

[7] Hasan N.M. , "Generation of Synthetic Time Histories Functions Compatible with Syrian Response Spectra in Frequency Domain and Time Domain Applicable to Dynamic Analysis", journal of Al-Bath university, vol. 38,2016.

[8] CSI Software | Computers and Structures, Inc. [Quoted, 2015]. Available at: <http://www.csiamerica.com/products/etabs>.