

التطابق الطيفي باستخدام الأمواج الصغيرة مقارنة بالتقييس الموحد في مجال الزمن للسجل الزلزالي وفق الكود الأمريكي

الدكتور بسام حويجة *

سراج جديد **

تاريخ الإيداع 31 / 5 / 2015. قُبل للنشر في 25 / 8 / 2015

□ ملخص □

تتحدد الحركات الأرضية التصميمية في العادة بواسطة طيف استجابة مصقول. ويفضل المهندسون غالباً استخدام سجل زمني مطابق لطيف الاستجابة الهدف أكثر من تخمين استجابة المنشأ اعتماداً على مجموعة من السجلات الزمنية التي تستحضر طيف الاستجابة الهدف من خلال المتوسط لتلك المجموعة. عموماً هناك طريقتين مفضلتين لتقييس السجلات الزمنية الحقيقية لتطابق طيف استجابة تصميمي: أولاً، التقييس الموحد في مجال الزمن وهو ببساطة تقييس السجل الزمني بتكبيره أو تصغيره بشكلٍ موحد لتتم مطابقتها مع طيف الاستجابة الهدف بالشكل الأفضل وذلك على مجال محدد للدور، من دون حصول أي تغيير في المحتوى الترددي. ثانياً، المطابقة الطيفية في مجال الزمن والتي تنتج تشويش موضعي على كل من السجل الزمني وطيف الاستجابة الخاص به، حيث يمكن إجراء تعديلات صغيرة على السجل الزمني لتغيير طيف الاستجابة الخاص به من مسنن إلى مصقول، وبحيث إذا تمت هذه التعديلات بشكلٍ مناسب يمكن أن يبقى السجل واقعياً. يجب أن يتم تقييم الطبيعة الحقيقية للسجل الزمني في مجال الزمن من خلال الخصائص المتغيرة للتسارع والسرعة والانتقال. وهنا اختبرت فعالية الطريقتين من خلال تطبيقهما على مجموعة من السجلات الزمنية الحقيقية بغرض تعديل هذه السجلات لتطابق طيف الاستجابة الهدف بالتوازي مع تصغير الاضطرابات في خصائص تلك السجلات.

تم توظيف إجراءات التقييس في مجال الزمن لتقييس خمسة عشر مجموعة وكل مجموعة مكونة من سبعة سجلات من السجلات الزمنية الحقيقية المتوفرة لهدف مطابقة الطيف التصميمي السوري. وقمنا بفحص السجلات الزمنية الناتجة ومقارنتها لتبيان مدى ملائمتها للاستخدام كتوابع تحريض في التحليل بالسجل الزمني لمنشآت الهندسة المدنية.

الكلمات المفتاحية: الكودات الزلزالية، اختيار السجلات، الطابع السيسمولوجي، تقييس السجلات، التحليل بالسجل الزمني، مجال الزمن، التطابق الطيفي.

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

** طالب دكتوراه - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Spectral Matching by Wavelets vs. ASCE Ground Motion Uniform Scaling in Time Domain

Dr. Bassam Hwaija*
Seraj Jdyd**

(Received 21 / 6 / 2015. Accepted 21 / 1 / 2015)

□ ABSTRACT □

Design ground motions are typically prescribed by smooth response spectra. Engineers often prefer to use a time history that matches the target design spectrum rather than evaluate a structure for a set of time histories that are representative of the target spectrum in an ensemble average.

Generally, scaling actual time histories to match a given design spectrum can be made by two preferred methods: First, ground motions uniform scaling in time domain which is simply scaled up or down the ground motion uniformly to best match the target spectrum within a period range of interest, without changing the frequency content. Second, spectral matching in time domain which produces only localized perturbations on both the time history and the its response spectrum, where small adjustments can be made to a time history to change its response spectrum from jagged to smooth, if done properly the resulting time history can be “realistic”.

The realistic nature of a time history should be judged in the time domain in terms of the non stationary character of acceleration, velocity and displacement, for that the effectiveness of the two methods is examined by applying them to adjust actual earthquake time histories to much the design spectra while minimizing perturbations on their characteristics.

The procedures are utilized to scale 15 set of records, every set consists of seven records of available real records to match the Syrian design spectra. The resulting time histories are investigated and compared in terms of suitability as input to time history analysis of civil engineering structures.

Keywords: Seismic Standards, Record Selecting, Seismological Signature, Record Scaling, Time-History Analysis, Time Domain, Spectral Matching.

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

** Postgraduate student , Department Of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

نظراً لازدياد قاعدة البيانات المتوفرة الخاصة بالحركات الأرضية القوية فإن استخدام وتقييم السجلات الحقيقية أصبح أحد أهم أغراض الأبحاث المعاصرة في هذا المجال، ولكن بقيت عملية اختيار وتقييم السجلات المناسبة للحدث الزلزالي المتوقع في مكان ما أمراً قيد البحث و الجدل بين الباحثين.

إن معايير اختيار السجلات الزمنية المناسبة لمطابقة طيف استجابة تصميمي تأخذ بعين الاعتبار السمات الجيولوجية والسيسمولوجية للموقع المحدد. ومن ناحية أخرى فإن هناك ثلاث طرائق لتقييم السجلات الزمنية الحقيقية لتطابق طيف استجابة تصميمي: التقييم الموحد في مجال الزمن، والمطابقة الطيفية في مجال الزمن، وأخيراً المطابقة الطيفية في مجال التردد والتي تم استبعادها من قبلنا بسبب عدم دقة نتائجها.

طرح الباحثون عدداً من المقاربات في اختيار وتقييم السجلات الزلزالية لاستخدامها في عملية التحليل بالسجل الزمني. فقد أورد الباحث (Graizer, 2009) [5] على سبيل المثال أن الشكل الطيفي Spectral shape لطيف الاستجابة التصميمي يحدد خصائص الزلزال المطلوب، ويرتبط هذا الشكل بعدد من البارامترات ممثلة بالقوة والمسافة ومواصفات الموقع. واستناداً إلى الأبحاث المستمرة في هذا المجال وضعت بعض الاشتراطات في كودات التصميم العالمية لاختيار وتقييم السجلات الزمنية المناسبة ولكنها تعد قواعد ومبادئ توجيهية "فقيرة" غير كاملة Poor Guidelines ، وهذا يعود إلى أن الأبحاث في هذا المجال مازالت تتطور وبشكل سريع وتحتاج إلى عدة سنوات أخرى لاعتمادها كما هو متوقع. تقتصر توصيات الكودات في اختيار وتقييم سجلات الحركات الأرضية على مطابقة أطيايف تلك السجلات مع طيف الاستجابة التصميمي ضمن مجال محدد للدور، وعلى أن تملك السجلات خصائص سيسمولوجية و تكتونية مشابهة للحدث المتوقع في المكان المدروس.

أهمية البحث وأهدافه:

يعتمد الكود السوري كغيره من الكودات قواعد ومبادئ توجيهية "فقيرة" وغير واضحة في عملية اختيار وتقييم السجلات الزمنية، إضافة إلى قلة السجلات الزمنية المتوفرة للزلازل السورية بسبب التأخر في إنشاء الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي حتى عام 1995، علماً أن المنطقة معرضة لأحداث زلزالية ضخمة وقد شهدت عدداً كبيراً من الزلازل المدمرة كالزلازلين (1822, M=7.4) ، (1872, M= 7.2) والذين حدثا في الشمال الغربي السوري، وهذا ما تم تأكيده من قبل الباحث (Graham, 2001) [6] و الباحث (Hatem, 2012) [7].

يهدف هذا البحث إلى العمل على الاستفادة من قاعدة البيانات العالمية للحركات الأرضية القوية، كما هو معمول به من قبل كثير من الباحثين والمهندسين، من خلال اعتماد المنهجيات الحديثة في عملية تقييم السجلات الزمنية الزلزالية والتي تستند إلى نتائج آخر الأبحاث العلمية، وذلك بعد اختبار طريقتين لعملية التقييم و المقارنة بين السجلات الزمنية الناتجة لاعتماد الأفضل من حيث: 1- مدى مطابقة أطيايف السجلات الناتجة للطيف الهدف. 2- مقدار تضرر السجلات الأصلية الناجم عن عمليات التقييم، وذلك من خلال قياس بعض البارامترات الزلزالية.

طرائق البحث ومواده:

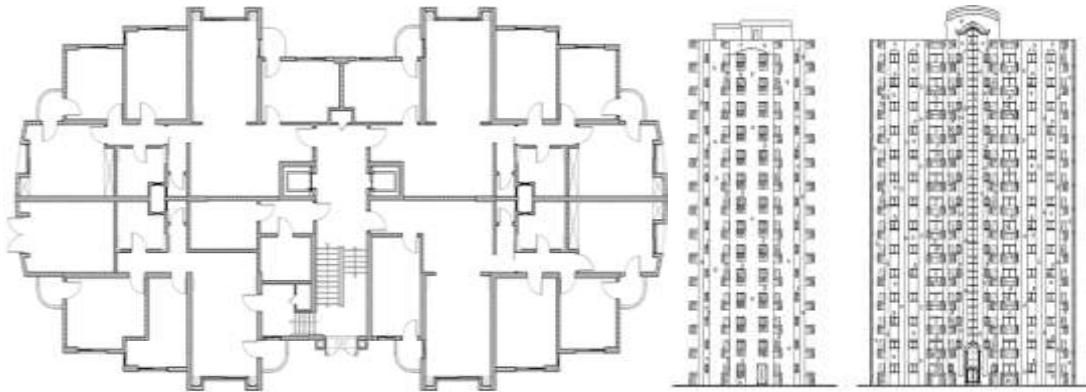
اعتمدنا النهج التحليلي في إنجاز هذا البحث، إذ قمنا بدراسة مرجعية معمقة ودقيقة لعدد كبير من الأبحاث والمراجع الحديثة المتعلقة بموضوع تقييم السجلات الزلزالية لتبيان الأسس العلمية المعتمدة حتى تاريخه في عملية

التقييس وتقدير أهميتها. أيضاً، قمنا باختيار مجموعة من السجلات الزمنية باستخدام برنامج REXEL [8] لأحد المواقع في الجغرافيا السورية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري (المطابقة لاشتراطات الكود الأمريكي)، بعد أن تم تحديد الدور الأساسي لأحد المنشآت بإجراء التحليل النمطي Modal Analysis بواسطة برنامج ETABS [3]. ثم قمنا بتقييس هذه السجلات باستخدام طريقتين هما التطابق الطيفي باستخدام الأمواج الصغيرة والتقييس الموحد في مجال الزمن وأجرينا مقارنة بين السجلات المقيسة من حيث المطابقة للهدف وأيضاً مقارنة بارامترات الزلزالية والتي تم حسابها باستخدام برنامج Seismosoft [11].

3-1- الحالة المدروسة Case Study:

تقع منطقة الدراسة في مدينة اللاذقية (Long: 35.78; Lat: 35.54) شمال غرب سورية ضمن الجزء الشمالي الغربي للصحيفة العربية، جنوب شرق منطقة الالتقاء للصفائح التكتونية الثلاث الإفريقية والعربية والأناضولية والمعروفة باسم (Maras Triple Junction) (Dubertret, 1970) [4]. ولتحديد آلية (ميكانيزمات) المصادر الزلزالية تم الرجوع إلى عدة دراسات مرجعية أهمها الدراسة المقدمة من قبل الباحث (Graham, 2001) [6] التي أفادت أن مدينة اللاذقية تتأثر بعدد من الصدوع والتي يمكن تصنيفها بين صدوع مقلوبة وصدوع انزياح جانبي وصدوع عمودية. تتطابق هذه المعلومات مع الدراسة التي أوردها الباحث (Hatem, 2012) [7] عند إعادة تحديد الخطر الزلزالي في سوريا والذي حدد المصادر الزلزالية التي تؤثر على الساحل السوري بالتالي: (Mediterranean Fault) صدع تداخل Thrust بين صفيحتين قاربتين (تصادم)، (Yamona Fault) والذي يتكون من صدعين صدع انزياح جانبي و صدع عمودي، (Al-Ghab Fault) وهو صدع انزياح جانبي يساري، (Alepo Fault System) صدع عمودي. كما حددنا مجال القوة والمسافة للزلازل التي سيتم اختيارها انطلاقاً من نفس الدراسة (Hatem, 2012) [7] وفق ما يلي: $M [4.5, 7.5]$ and $R [0 \text{ km}, 100 \text{ km}]$.

- قمنا باختيار أحد نماذج الأبنية لمشروع الادخار السكني في مدينة اللاذقية، و تم حساب قيمة الدور للنموذج المكون من 14 طابقاً، تبلغ مساحة الطابق 600 m^2 والذي يظهر في الشكل (1) بإجراء التحليل النمطي Modal Analyses للنموذج باستخدام برنامج ETABS، فتبين أن الدور الأساسي للنموذج وفق الاتجاه الأخطر هو $T_1 = 0.86 \text{ sec}$ ومجال الدور قيد الاهتمام الذي سيستخدم في عملية المطابقة يتراوح من 0.17 sec إلى 1.29 sec .

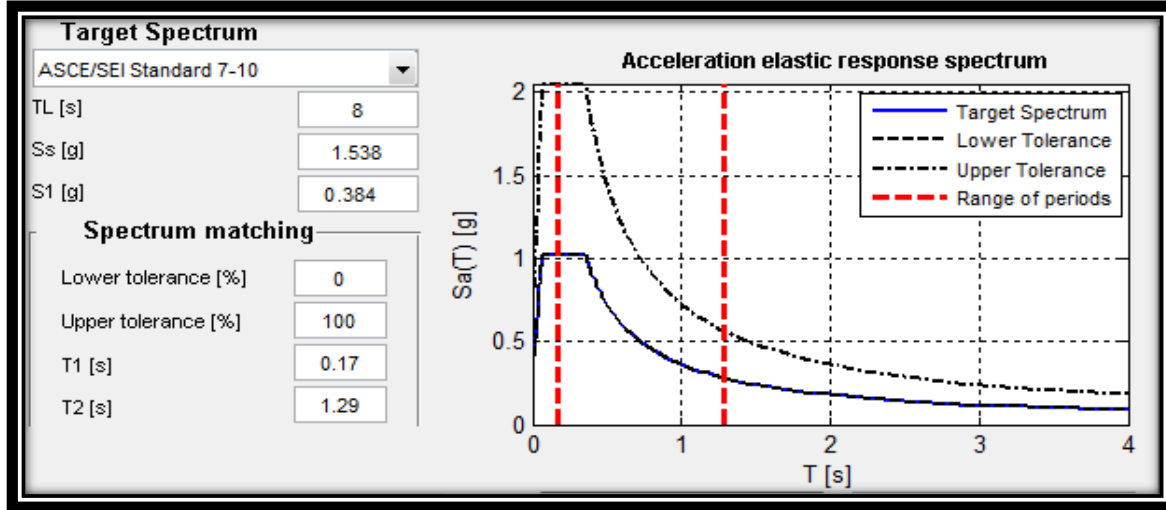


الشكل (1): الواجهات الجانبية والمسقط المعماري للنموذج المكون من 14 طابق.

- تم حساب الطيف التصميمي لمدينة اللاذقية الموضح بالشكل (2) باحتمالية حدوث 10 % خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة حسب ملحق الكود السوري للزلازل [12] من أجل المعاملات:

$$S_s = 1.538 \text{ g}, S_1 = 0.384 \text{ g}, T_L = 8 \text{ sec} \Rightarrow \text{PGA} = 0.41\text{g}.$$

نوع التربة Sc حسب الدراسة الجيوتكنيكية لموقع الادخار السكني في اللاذقية البناء البرجي 5 نموذج (هـ) الصادر عن مديرية الهندسة الجيوتكنيكية و المساحة في الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية.



الشكل (2): الطيف الهدف وحدود الدور قيد الاهتمام والحد السفلي للطيف الهدف ASCE 7-10.

- يهدف اختيار السجلات الزلزالية الحقيقية إلى مطابقة أشكال محددة من الحركات الأرضية، ويعتمد هذا الاختيار على شكل طيف الاستجابة التصميمي المرن بمرعاة عدد من البارامترات ممثلة بالقوة و المسافة ومواصفات الموقع كما تطالب كودات التصميم، حيث يحدد شكل طيف الاستجابة خصائص الزلازل المطلوبة. ولذلك عندما يراد إجراء تحليل بالسجل الزمني يجب اختيار سجلات تملك شكل طيفي متقارب.
- اعتمدت قاعدة البيانات الأوروبية (European Strong-motion Database (ESD) والتي تحتوي على 1383 سجلاً زلزالياً (السجل مكون من مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية) ليتم اختيار السجلات منها، وهي متوفرة على الموقع الإلكتروني: (http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm).
- ينص الكود الأمريكي في الفقرة 1.6.2.2 (ويمثله ASCE 7-05 [2] و UBC97 [13])، على أنه يجب استخدام ثلاث مجموعات Data Sets من السجلات الزمنية للحركات الأرضية على الأقل (تتكون المجموعة من مركبتين أفقيتين، أو مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية في حال وجوب اعتبار الحركة الشاقولية) عند إجراء التحليل باستخدام السجل الزمني، والتي يجب اختيارها و تقييسها من ثلاثة أحداث مسجلة على الأقل. يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات والمسافات عن الصدع وميكانيزمات مصادر زلزالية تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلزال الأعظمي التصميمي).
- أجريت عملية الاختيار باستخدام برنامج REXEL [8] الذي يمكن بواسطته إنشاء طيف الاستجابة التصميمي وفق عدة كودات أحدها الكود الأمريكي ASCE 7-10، هذا ويمكن إدخال طيف استجابة خاص من قبل المستخدم. وبناء على هذا الطيف يمكن للبرنامج البحث ضمن قاعدة البيانات عن مجموعات تتكون كل مجموعة من سبعة سجلات بحيث يكون الطيف المتوسط لها محققاً لاشتراطات الكود المستخدم.

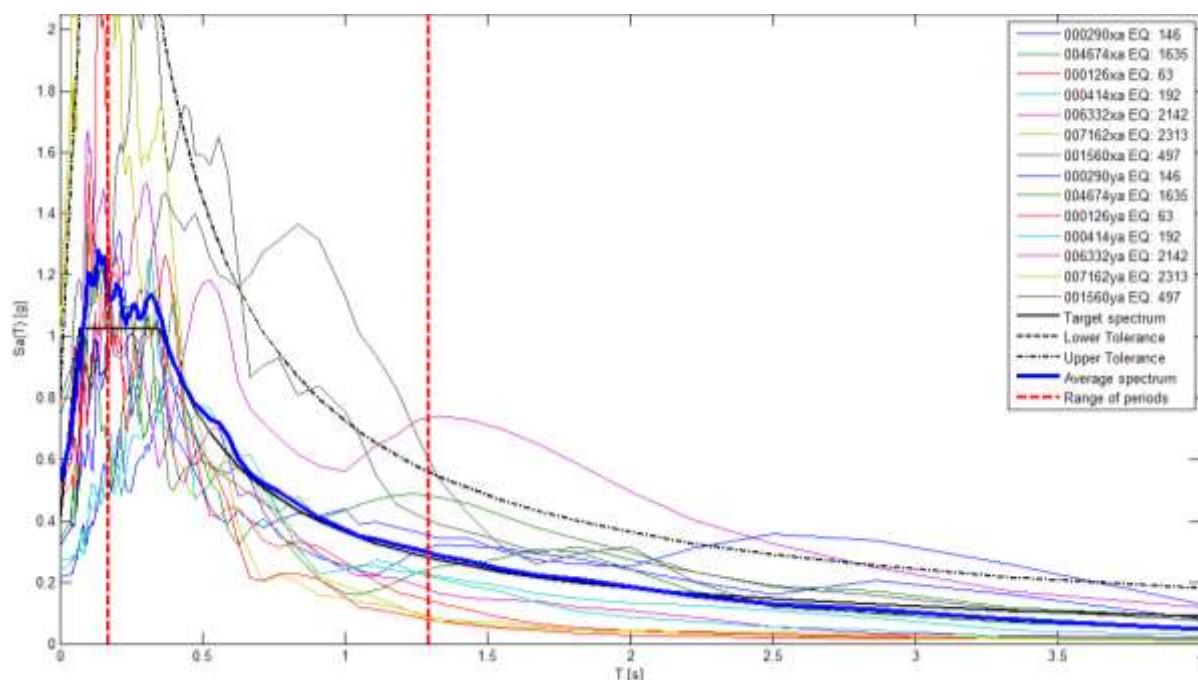
نتائج عملية الاختيار:

قمنا باختيار 15 مجموعة من السجلات الزلزالية تعود لأحداث زلزالية مختلفة بما يحقق اشتراطات الكود، وهي معرفة في الجدول (1) الذي يبين رقم المجموعة واسمها المكون من سبعة رموز (NX, NY) ، يعود كل رقم إلى حدث زلزالي من قاعدة البيانات المذكورة والذي يمثل سجل زلزالي مكون من مركبتين أفقيتين.

جدول (1): مجموعات السجلات الزلزالية المختارة.

Earthquake ID														
7162y	7162x	6332y	6332x	4674y	4674x	1560y	1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	Set(1)
6349y	6349x	4674y	4674x	1560y	1560x	594y	594x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	Set(2)
7162y	7162x	6349y	6349x	4674y	4674x	1560y	1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	Set(3)
7162y	7162x	4674y	4674x	1560y	1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	74y	74x	Set(4)
7162y	7162x	4674y	4674x	1703y	1703x	1560y	1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	Set(5)
7162y	7162x	6332y	6332x	4674y	4674x	1560y	1560x	290y	290x	126y	126x	55y	55x	Set(6)
4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	594y	594x	290y	290x	126y	126x	74y	74x	Set(7)
6263y	6263x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	594y	594x	290y	290x	126y	126x	Set(8)
7162y	7162x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	290y	290x	126y	126x	42y	42x	Set(9)
6349y	6349x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	501y	501x	290y	290x	126y	126x	Set(10)
6349y	6349x	6263y	6263x	4674y	4674x	879y	879x	290y	290x	126y	126x	74y	74x	Set(11)
7162y	7162x	6349y	6349x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	290y	290x	126y	126x	Set(12)
7162y	7162x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	290y	290x	126y	126x	74y	74x	Set(13)
7162y	7162x	4674y	4674x	1560y	1560x	879y	879x	290y	290x	196y	196x	126y	126x	Set(14)
7162y	7162x	4674y	4674x	1703y	1703x	1560y	1560x	879y	879x	290y	290x	126y	126x	Set(15)

أدرجنا في الشكل (3) المجموعة الأولى من هذه السجلات ممثلة بواسطة أطراف الاستجابة كمثل للتوضيح.



الشكل (3): متوسط أطياف المجموعة الأولى من السجلات الزلزالية (14 مركبة لسبعة زلازل) في مجال الدور قيد الاهتمام.

ويبين الجدول (2) اسم الحدث الزلزالي ورقم السجل بالإضافة لمعلومات أخرى كالقوة والتسارع الأرضي الأعظمي لكلا المركبتين للمجموعة الأولى من السجلات (Set(1).

جدول (2): المجموعة الأولى من السجلات الزلزالية المختارة.

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Ep D [km]	PgaX m/s ²	PgaY m/s ²
رمز الإشارة	رمز الزلزال	رمز المحطة	اسم الزلزال	التاريخ	المقدار	آلية الصدع	المسافة	التسارع	التسارع
290	146	ST96	Campano Lucano	11/23/1980	6.9	normal	32	2.1206	3.1662
4674	1635	ST2486	South Iceland	6/17/2000	6.5	strike slip	5	3.1176	3.3109
126	63	ST35	Friuli (aftershock)	9/15/1976	6	thrust	21	4.6466	4.9562
414	192	ST163	Kalamata	9/13/1986	5.9	normal	11	2.3537	2.6703
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	6/21/2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698
7162	2313	ST3297	Firuzabad	6/20/1994	5.9	strike slip	7	9.8239	10.444
1560	497	ST541	Duzce 1	11/12/1999	7.2	oblique	39	7.3108	7.8496

2- بارامترات الحركات الأرضية القوية Strong Ground motion Parameters:

تعد بارامترات الحركات الأرضية أساسية لوصف الخصائص الهامة للحركات الأرضية القوية بشكل كمي موجز. جرى تقديم العديد من البارامترات لتوصيف المطالات والمحتوى الترددي Frequency content والمدة للحركات الأرضية القوية، بعضها يصف واحدة من الخصائص فقط بينما البعض الآخر قد يعكس اثنتين أو الثلاثة خصائص مجتمعة. ومن المستحيل أن تصف واحدة من هذه البارامترات فقط كل الخصائص الهامة للحركات الأرضية بشكل كافٍ وذلك بسبب تعقيد الحركات الأرضية الزلزالية (Kramer, S.L. 1996) [9]. وبما أن جميع هذه

الخصائص مهمة فالبارامترات التي تعبر عن أكثر من خاصية واحدة مفيدة جدا. وفيما يلي نبين شرحا مبسطا لمجموعة من هذه البارامترات:

1-2- بارامترات المطال **Amplitude Parameters**

أكثر الطرائق شيوعاً لوصف الحركات الأرضية هي بواسطة السجلات الزمنية. يمكن أن تكون الانتقالات أو السرعات أو التسارعات أو الثلاثة مجتمعة كبارامترات للحركات الأرضية. يتم عادة قياس واحدة من هذه البارامترات فقط ويتم الحصول على الباقي بواسطة التكامل أو الاشتقاق.

1-1-2- التسارع الأعظمي **Peak Acceleration**

إن المقياس الأكثر شيوعاً المستخدم لقياس مطال حركة أرضية معينة هو التسارع الأفقي الأعظمي **Peak Horizontal Acceleration (PHA)**. التسارع الأعظمي لمركبة ما هو ببساطة القيمة الأعظمية للتسارع الأفقي بالقيمة المطلقة والمأخوذ من سجل التسارع للمركبة. ويمكن اعتماد القيمة الأعظمية للتسارع بأخذ المجموع الشعاعي لمركبتين متعامدتين (والتي لن يتوافق اتجاهها غالباً مع أي من المركبتين). إن الحركات الأرضية التي تملك قيمة كبيرة للتسارع الأعظمي تكون أكثر تدميراً في العادة (لكن ليس بشكل مطلق)، حيث أن التسارع الكبير الذي يستمر لفترة زمنية قصيرة يتسبب بضرر قليل نسبياً لعدة أنواع من المنشآت. تجاوز التسارع الأعظمي لبعض الزلازل القيمة 0.5g ولكنه لم يتسبب بضرر ملحوظ في المنشآت لأنه ترافق مع تردد عالي جداً ومدة الزلزال لم تكن طويلة. وبالرغم من أن التسارع الأعظمي بارامتر هام ومفيد إلا أنه لا يعطي أية معلومات عن المحتوى الترددي أو عن مدة الحركة الأرضية القوية؛ ويجب أن يترافق مع معلومات أخرى لتوصيف الحركات الأرضية بشكلٍ كافٍ.

1-2-2- السرعة الأعظمية **Peak Velocity**

السرعة الأفقية الأعظمية **PHV** هي بارامتر آخر مفيد لوصف مطال الحركة الأرضية. بما أن السرعة أقل حساسية للترددات العالية لذلك فهي تستخدم لتشخيص الزلازل ذات الترددات متوسطة القيمة، وذلك من أجل المنشآت التي تتأثر بهذا النوع من الترددات كالجسور والأبنية المرتفعة والمرنة مثلاً. ويمكن للسرعة الأعظمية أن تكون مؤشراً أكثر مصداقية لضرر الزلزال المحتمل على المنشآت من التسارع الأعظمي. كما تم ربط السرعة بشدة الزلزال من قبل الباحثين **Krinitzky and Chang, 1987**.

1-3-1- التسارع الأعظمي المعزز **Sustained Maximum Acceleration**

استخدم الباحث **Nuttli 1979** قيمة أصغر من التسارع لتشخيص الزلزال، وذلك بتحديد التسارع الأعظمي المعزز لثلاث (أو خمس) دورات كتلث (أو خمس) القيمة المطلقة لأكبر قيمة من التسارع في السجل الزمني، وحددت السرعة الأعظمية المكررة **Sustained Maximum Velocity** بنفس الأسلوب. عندما تكون قيم التسارع الأعظمي المكرر مختلفة بين زلزالين بالرغم من تقارب التسارع الأعظمي قد يؤدي إلى أضرار كبيرة في المنشآت التي تتضرر بتكرار دورات الحركات الأرضية، وبالتالي فإنه من الأفضل تشخيص هذه الزلازل باستخدام التسارع المكرر الأعظمي.

1-4-1- التسارع التصميمي الفعال **Effective Design Acceleration**

إن مفهوم التسارع التصميمي الفعال قد حدد من قبل عدة باحثين، فمعظم المنشآت تستجيب استجابة صغيرة للنبضات ذات التسارعات الكبيرة المترافقة مع التردد العالي، لذلك قام الباحث **Benjamin, Associates 1988** بتعريف التسارع التصميمي الأعظمي على أنه التسارع الأعظمي الباقي بعد فلترة التسارعات التي تزيد عن الترددات

من 8 إلى 9 هرتز. كما حدد الباحث Kennedy 1980 تسارع التصميم الأعظمي بأنه أكبر ب 25% من القيمة المطلقة للتسارع الأعلى الثالث من السجل المفتر.

2-2- بارامترات المحتوى الترددي Frequency Content Parameters:

إن أبسط أنواع التحليل تبين أن جميع المنشآت (أبنية، جسور، منحدرات،.....) حساسة للترددات التي تحرض بواسطتها، حيث تنتج الزلازل توابع تحريض معقدة بمركبات تحتوي مجال واسع من الترددات. يصف المحتوى الترددي كيفية توزع المطالات للزلازل على قيم مختلفة من الترددات. وبما أن المحتوى الترددي سوف يؤثر بشكل كبير على فعالية الزلازل، كان من الضروري جداً استخدامه كبارامتر مهم لاكتمال توصيف الزلازل. وتعد النسبة v_{max}/a_{max} أحد أهم البارامترات لتوصيف المحتوى الترددي.

2-2-1- السرعة الأعظمية / التسارع الأعظمي v_{max}/a_{max} :

بما أن التسارع الأعظمي والسرعة الأعظمية ترتبط في العادة بترددات مختلفة فإن النسبة v_{max}/a_{max} يجب أن تكون مرتبطة بالمحتوى الترددي. فعلى سبيل المثال فإن هذه النسبة من أجل حركة هارمونية بسيطة ذات دور T تساوي $T/2\pi$. ومن أجل حركة زلزالية فإن القيمة $(v_{max}/a_{max}) * 2\pi$ يمكن أن تعبر عن دور حركة هارمونية مكافئة، هذا قد يعد مؤشراً إلى الدور الأكثر تميزاً في الحركة الأرضية.

2-3- الجذر التربيعي المتوسط للتسارع RMS Acceleration:

يعكس الجذر التربيعي المتوسط تأثير المحتوى الترددي و المطال ويحدد بالعلاقة:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} [a(t)]^2 dt} \quad (1)$$

حيث أن T_d هي مدة الزلازل.

حيث أن $a(t)$ هو التسارع في اللحظة t .

لا يتأثر التكامل الموجود بالعلاقة (1) بالتسارعات ذات الترددات المرتفعة بشكل قوي، والتي تحصل خلال فترة قصيرة فقط، كما أنها تتأثر بوجود مدة الحركة في هذه العلاقة مما يزيد من أهميتها للأغراض الهندسية، ولكن قيمتها قد تكون حساسة للطريقة التي تقاس بواسطتها مدة الحركة القوية إلى حد ما.

2-4- شدة أرياس (Arturo Arias in 1970) Intensity:

يرتبط هذا البرامتر بشكل وثيق بالجذر التربيعي المتوسط للتسارع RMS Acc والذي يحدد بالعلاقة:

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{\infty} [a(t)]^2 dt \quad \text{m/sec} \quad (2)$$

حيث أن g هي تسارع الجاذبية الأرضية.

يعبر عنه بوحدة السرعة، وهو مستقل عن الطريقة التي تحسب فيها مدة الزلازل لأن التكامل يمتد على كامل المدة الزمنية للسجل الزمني.

2-5- السرعة المطلقة التراكمية Cumulative Absolute Velocity:

وهي ببساطة المساحة المحصورة تحت السجل الزمني بالقيم المطلقة. و قد وجد أنها مرتبطة بشكل وثيق بالضرر الإنشائي المحتمل. وتحسب بالعلاقة:

$$CAV = \int_0^{T_d} |a(t)| dt \quad (3)$$

6-2- الشدة المميزة Characteristic Intensity:

يرتبط هذا البرامتر بشكلٍ خطي بتسلسل الضرر الإنشائي الناتج عن التشوهات الأعظمية والطاقة الممتصة التراجعية Absorbed Hysteretic Energy (أي الطاقة المبددة أثناء الحركة).

$$I_c = a_{rms}^{1.5} T_d^{0.5} \quad (4)$$

7-2-3 شدة طيف الاستجابة لهوسنر Housner Intensity:

بما أن الدور الأساسي لمعظم المنشآت بين 2.5 sec , 0.1 sec فإن إحداثيات طيف الاستجابة المحددة بهذا المدى من الأدوار يجب أن تعطي مؤشراً على الاستجابة المحتملة لهذه المنشآت. ولهذا حددت شدة طيف الاستجابة بالعلاقة:

$$SI(\xi) = \int_{0.1}^{2.5} PSV(\xi, T) dT$$

(5)

ويتعبّر آخر هي المساحة المحصورة تحت طيف الاستجابة للسرعة الوهمية في المجال 0.1 sec, 2.5 sec . يمكن لهذه العلاقة أن تحسب لأي نسبة تخامد إنشائي. وهي تعبر عن جوانب مهمة للمحتوى الترددي و المطالات.

8-2-3 مواصفات السجلات الزمنية المختارة:

قمنا بحساب البرامترات الزلزالية الخاصة بالمركبات الزلزالية لجميع المجموعات وكمثال أدرجنا قيم المجموعة الأولى فقط بالجدول (3) الذي يبين رقم السجل الزلزالي ومجموعة البارامترات الخاصة به والتي تم حسابها باستخدام برنامج Seissoft ، بالإضافة للمتوسط الحسابي لكل من هذه البارامترات والانحراف المعياري الخاص بها.

جدول (3): البارامترات الزلزالية الخاصة بالسجلات الزمنية للمجموعة الأولى.

←1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	(رموز سجلات المجموعة 1Set 1)
7.31	2.67	2.35	3.17	2.12	4.96	4.65	Max Acc التسارع الأعظمي (m/sec ²)
53.65	23.53	31.65	54.61	33.51	21.66	27.41	Max السرعة الأعظمية Velocity (cm/sec)
0.07	0.09	0.13	0.17	0.16	0.04	0.06	السرعة الأعظمية /التسارع الأعظمي Vmax/Amx (sec)
0.64	0.39	0.34	0.40	0.34	0.82	0.68	الجذر التربيعي المتوسط Acc RMS (m/sec ²)
3.66	0.74	0.55	1.51	1.30	1.09	0.73	شدة أرياس Arias Intensity (cm/sec)
3.82	1.35	1.08	1.93	1.66	2.36	1.76	الشدة المميزة

							Characteristic Intensity	
1482.0	536.0 0	452.0 0	1318. 0	1335. 0	446.0 0	390.0 0	السرعة المطلقة التراكمية Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	
213.00	90.00	101.0 0	166.0 0	136.0 0	50.00	66.00	شدة هوسنر Housner Intensity (cm)	
4.16	1.95	2.29	1.87	1.73	2.42	2.24	التسارع الأعظمي المعزز Sustained Max Acc (m/sec ²)	
6.17	2.78	2.41	3.12	2.19	5.33	4.68	التسارع التصميمي الفعال Effe Design Acc (m/sec ²)	
الانحراف المعياري St Dev	المتوسط الحسابي Average	7162y	7162x	6332y	6332x	4674y	4674x	1560y→
2.73	5.18	10.44	9.82	5.57	5.19	3.31	3.12	7.85
19.32	40.84	40.00	30.84	82.90	21.85	23.88	61.27	64.91
0.06	0.10	0.04	0.03	0.15	0.04	0.07	0.20	0.08
0.20	0.51	0.86	0.76	0.43	0.38	0.32	0.32	0.52
2.13	2.20	7.65	5.95	1.53	1.21	1.24	1.24	2.41
1.59	2.53	6.43	5.32	2.02	1.70	1.57	1.57	2.79
484.00	921.00	1738.0	1561.0	573.00	554.00	670.00	669.00	1174.0
72.00	133.00	72.00	59.00	278.00	91.00	123.00	177.00	237.00
2.00	3.51	7.49	8.05	4.61	2.75	3.15	2.82	3.59
1.93	4.62	8.14	6.44	4.97	4.47	3.22	3.11	7.59

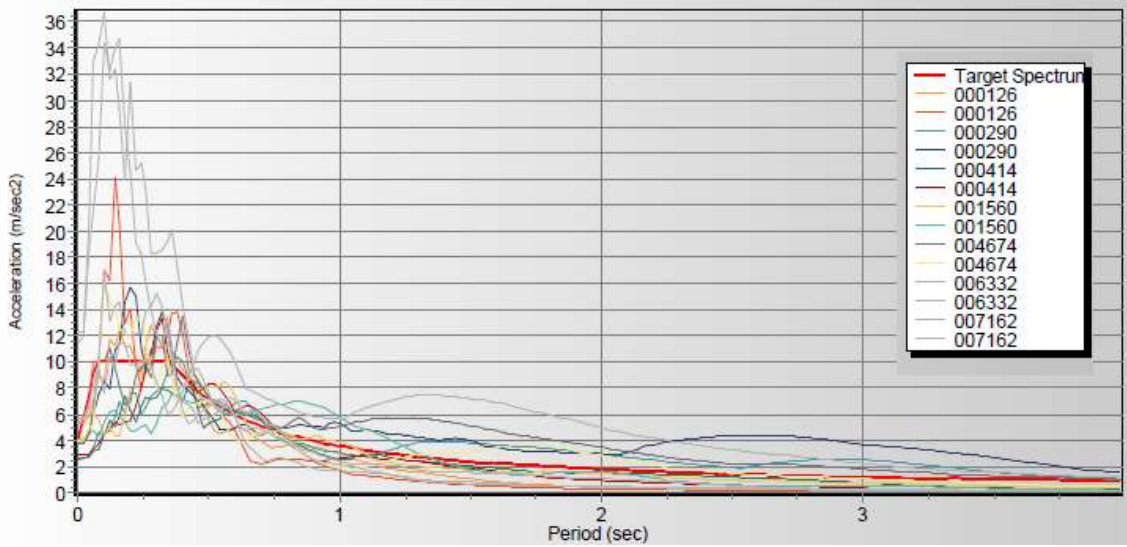
3- طرائق التقييم للسجلات الزلزالية **Methods of Ground Motion Scaling**

تهدف عملية تقييم السجلات الزلزالية الحقيقية إلى مطابقة أشكال محددة من الحركات الأرضية والممتلئة على شكل طيف الاستجابة التصميمي المرن. تم تقديم طريقتين لعملية التقييم:

3-1- التقييم الموحد في مجال الزمن **Uniform Scaling in Time Domain**

تعتمد هذه المقاربة **ASCE scaling** ببساطة على تقييم السجل الزمني بتكبيره أو تصغيره بشكل موحد باستخدام معامل ضرب لنتم مطابقته مع طيف الاستجابة الهدف بالشكل الأفضل، وذلك على مجال محدد للدور من دون حصول أي تغيير في المحتوى الترددي. ينص الكود الأمريكي [2] (ومثله الكود السوري [12]) في الفقرة 1.6.2.2

(ويمائله ASCE 7-05 و [13]UBC97) على أنه يجب استخدام ثلاث سجلات على الأقل عند إجراء التحليل باستخدام السجل الزمني. ومن أجل كل مجموعة (زوج المركبات الأفقية) يتم إنشاء طيف SRSS ASCE 7- SRSS (05/16.1.3.2) وهو الجذر التربيعي لمجموع مربعات أطيف المركبات الأفقية المقييسة الخاصة بالموقع ذات التخامد 5% (حيث يطبق معامل تقييس متطابق لكلا المركبتين الأفقيتين في الزوج (ASCE 7-05/16.1.3.2)). يجب أن تقيس المجموعة بحيث أن المتوسط Average لكل أطيف SRSS للمجموعات (الأزواج الأفقية) يجب أن لا يقل عن 1.3 مرة من القيم المقابلة على طيف الاستجابة التصميمي وذلك في مجال معين للدور بين T_1 و 0.2 و T_1 1.5 بأكثر من 10%. حيث أن T_1 هو الدور الأساسي للمنشأ. يبين الشكل (4) أطيف الاستجابة الخاصة بالسجلات الزلزالية الناتجة للمجموعة الأولى بعد تقييسها. قمنا بإدراج قيم البارامترات الخاصة بالمجموعة الأولى فقط بالجدول (4).



الشكل (4): أطيف استجابة السجلات الزمنية المقييسة للمجموعة الأولى باستخدام ASCE Scaling والطيف الهدف.

جدول (4): البارامترات الزلزالية الخاصة بالسجلات الزمنية المقييسة باستخدام ASCE Scaling للمجموعة الأولى.

←1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	(رموز سجلات المجموعة 1Set 1)
3.80	2.91	2.57	3.89	2.61	5.60	5.25	Max التسارع الأعظمي Acc (m/sec ²)
27.90	25.65	34.50	67.18	41.22	24.47	30.98	Max السرعة الأعظمية Velocity (cm/sec)
0.07	0.09	0.13	0.17	0.16	0.04	0.06	السرعة الأعظمية / التسارع الأعظمي Vmax/Amx (sec)
0.33	0.43	0.37	0.49	0.41	0.93	0.76	الجذر التربيعي المتوسط Acc RMS (m/sec ²)

0.99	0.88	0.66	2.28	1.97	1.39	0.93	شدة أرياس Arias Intensity (cm/sec)	
1.43	1.54	1.23	2.63	2.26	2.84	2.11	الشدة المميزة Characteristic Intensity	
771.00	584.00	492.00	1621.00	1642.00	504.00	441.00	السرعة المطلقة التراكمية Cum. Abs. Velocity (cm/sec)	
111.00	98.00	110.00	204.00	167.00	57.00	74.00	شدة هوسنر Housner Intensity (cm)	
2.17	2.13	2.49	2.30	2.13	2.74	2.53	التسارع الأعظمي المعزز Sustained Max Acc (m/sec ²)	
3.21	3.03	2.62	3.84	2.70	6.03	5.29	التسارع التصميمي الفعال Effe Design Acc (m/sec ²)	
الانحراف المعياري St Dev	المتوسط الحسابي Average	7162y	7162x	6332y	6332x	4674y	4674x	1560y→
3.00	5.23	12.22	11.49	5.74	5.34	3.97	3.74	4.08
19.89	41.33	46.81	36.09	85.39	22.51	28.65	73.52	33.76
0.06	0.10	0.04	0.03	0.15	0.04	0.07	0.20	0.08
0.25	0.54	1.01	0.89	0.44	0.39	0.38	0.38	0.27
2.97	2.49	10.48	8.14	1.62	1.29	1.79	1.79	0.65
2.08	2.71	8.13	6.73	2.11	1.78	2.06	2.07	1.05
564	949	2033.00	1826.00	590.00	570.00	804.00	802.00	610.00
66.00	131.00	84.00	68.00	287.00	94.00	147.00	212.00	123.00
2.43	3.66	8.76	9.42	4.75	2.83	3.78	3.39	1.87
1.96	4.65	9.52	7.53	5.12	4.60	3.87	3.73	3.95

3-2- التوافق الطيفي باستخدام الأمواج الصغيرة Spectral Matching by Wavelets:

تعتمد هذه الطريقة TD scaling على تعديل السجل الزمني الحقيقي بشكل متكرر في مجال الزمن، بهدف الحصول على المطابقة مع طيف الاستجابة التصميمي الهدف وذلك بإضافة أمواج صغيرة wavelets على السجل

الزمني الحقيقي. حيث تعمل هذه الطريقة على تعديل السجل موضعياً في المكان الذي تقع فيه القيمة الطيفية spectral value ، مما يؤدي إلى تشويش موضعي localized perturbation فقط على السجل الحقيقي وطيف الاستجابة الخاص به. (Lilhanand and Tseng. 1988) [10]. تقوم هذه الطريقة على الملاحظة أن الوقت الذي تحصل فيه الاستجابة الطيفية spectral response للسجل الزمني لا تشوش بالتعديلات الصغيرة التي تتم على السجل الزمني.

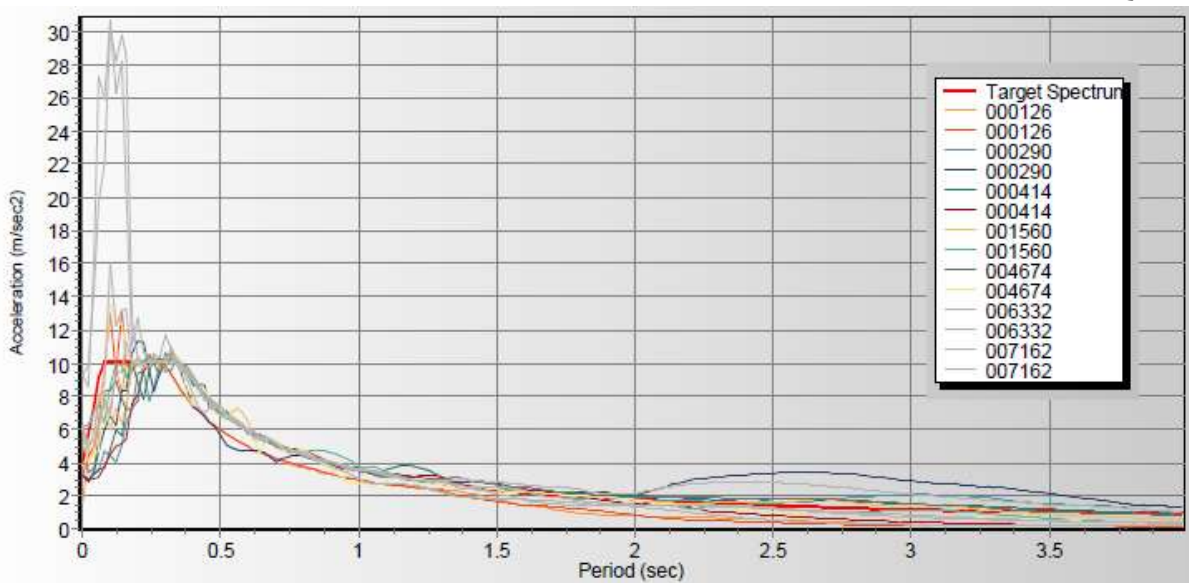
يوضح الجدول (5) البرامترات الزلزالية الخاصة بالمركبات الزلزالية الناتجة للمجموعة الأولى بعد تقييسها.

جدول (5): البرامترات الزلزالية الخاصة بالسجلات الزمنية للمجموعة الأولى المقيسة باستخدام TD Scaling

←1560x	414y	414x	290y	290x	126y	126x	(رموز سجلات المجموعة 1Set 1)
3.83	2.95	3.00	2.84	2.91	4.34	4.43	Max Acc التسارع الأعظمي (m/sec ²)
35.60	28.97	42.95	50.85	35.94	30.34	38.45	Max السرعة الأعظمية Velocity (cm/sec)
0.09	0.10	0.14	0.18	0.12	0.07	0.09	السرعة الأعظمية / التسارع الأعظمي Vmax/Amx (sec)
0.44	0.44	0.44	0.39	0.38	0.76	0.68	الجذر التربيعي المتوسط Acc RMS (m/sec ²)
1.72	0.94	0.93	1.48	1.65	0.91	0.73	شدة أرياس Arias Intensity (cm/sec)
2.17	1.62	1.60	1.90	1.98	2.07	1.76	الشدة المميزة Characteristic Intensity
1228.0	633.00	562.00	1314.0	1432.0	449.00	397.00	السرعة المطلقة التراكمية Cum. Abs. Velocity (cm/sec)
132.00	123.00	138.00	156.00	131.00	89.00	91.00	شدة هوسنر Housner Intensity (cm)
2.96	2.44	2.70	1.87	2.22	3.19	2.76	التسارع الأعظمي المعزز Sustained Max Acc (m/sec ²)
3.25	2.91	3.11	2.94	3.02	4.33	4.43	التسارع التصميمي الفعال Effe Design Acc (m/sec ²)

الانحراف المعياري St Dev	المتوسط الحسابي Average	7162y	7162x	6332y	6332x	4674y	4674x	1560y→
1.97	4.61	7.95	9.35	5.08	4.42	3.86	3.45	6.18
9.77	37.23	33.73	31.36	54.81	26.58	24.47	53.33	33.88
0.04	0.09	0.04	0.03	0.11	0.06	0.06	0.16	0.06
0.17	0.49	0.78	0.74	0.36	0.37	0.35	0.32	0.36
1.72	1.87	6.17	5.56	1.09	1.14	1.51	1.24	1.17
1.28	2.27	5.47	5.06	1.57	1.62	1.82	1.57	1.63
439.00	917.00	1678.00	1555.00	605.00	573.00	763.00	672.00	972.00
20.00	126.00	122.00	128.00	158.00	107.00	124.00	140.00	129.00
1.97	3.51	7.22	8.75	3.20	3.16	3.50	2.85	2.32
1.27	4.15	5.99	6.89	4.50	3.84	3.67	3.44	5.85

يظهر الشكل (5) أطيف الاستجابة الخاصة بالسجلات الزلزالية الناتجة للمجموعة الأولى أيضا والتي تم تقييسها باستخدام هذه الطريقة، حيث ظهر تقارب كبير في قيم التسارع لكل هذه السجلات في مجال الدور قيد الاهتمام مع قيمة التسارع الخاص بالطيف الهدف.



الشكل (5): أطيف استجابة السجلات الزمنية المقييسة باستخدام TD Scaling والطيف الهدف.

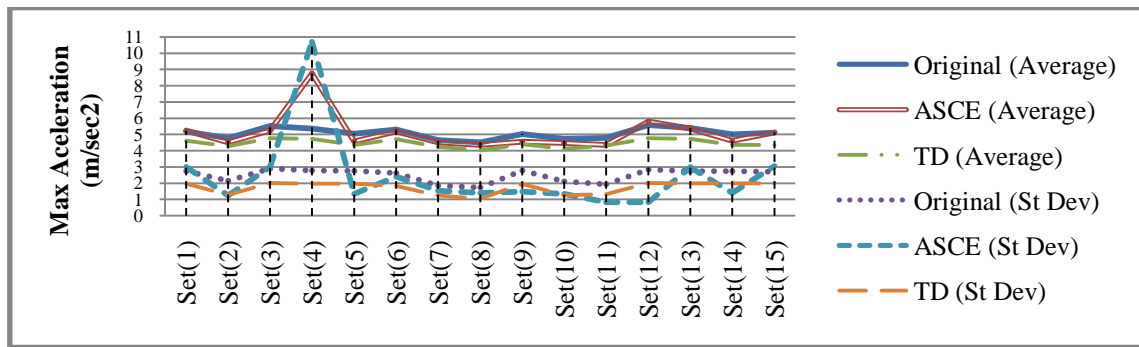
النتائج و المناقشة:

قمنا في هذا البحث باختيار 15 مجموعة من السجلات الزمنية لأحد المواقع في الجغرافيا السورية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري، بعد أن تم تحديد الدور الأساسي لأحد المنشآت بإجراء التحليل النمطي له بهدف الحصول على مجال الدور قيد الاهتمام. ثم قمنا بتقييس هذه السجلات باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييس.

وبعد أن تم الحصول على المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري للبارامترات الزلزالية الخاصة بالسجلات الزمنية المقيسة باستخدام كلا الطريقتين والخاصة بالسجلات الأصلية أيضاً، وذلك لكل مجموعة من المجموعات كما بينا سابقاً في الجداول (3)،(4)،(5) العائدة للمجموعة الأولى، نعرض في الأشكال التالية تلك القيم بشكل منفصل لكل بارامتر زلزالي بهدف المقارنة الدقيقة للتغيرات في قيمة كل بارامتر:

1- التسارع الأرضي الأعظمي Max Acc:

يبين الشكل (6) مع الجدول (6) التغيرات في قيم المتوسط الحسابي من جهة والانحراف المعياري للتسارع الأرضي الأعظمي من جهة أخرى لكل من السجلات الأصلية Original والسجلات المقيسة بطريقة ASCE والسجلات المقيسة وفق طريقة TD.



الشكل (6): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للتسارع الأرضي الأعظمي.

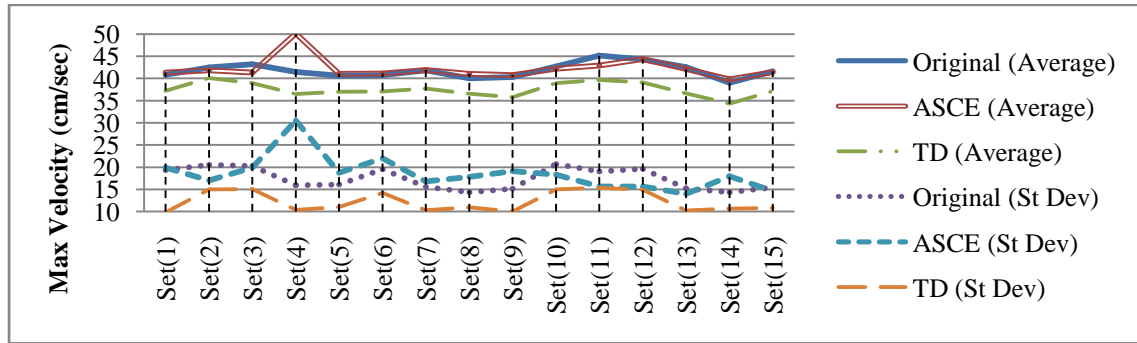
جدول (6): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للتسارع الأرضي الأعظمي.

Set(6)	Set(5)	Set(4)	Set(3)	Set(2)	Set(1)	Max Acc (m/sec2)		
5.293	5.036	5.348	5.520	4.764	5.181	Original (Average)		
5.187	4.575	8.741	5.230	4.508	5.230	ASCE (Average)		
4.700	4.346	4.722	4.759	4.264	4.613	TD (Average)		
2.625	2.755	2.782	2.893	2.133	2.730	Original (St Dev)		
2.395	1.344	10.69	2.997	1.243	2.997	ASCE (St Dev)		
1.822	1.972	1.973	2.000	1.276	1.967	TD (St Dev)		
Set(15)	Set(14)	Set(13)	Set(12)	Set(11)	Set(10)	Set(9)	Set(8)	Set(7)
5.092	5.000	5.404	5.576	4.778	4.731	5.014	4.508	4.647
5.123	4.600	5.363	5.787	4.345	4.466	4.552	4.358	4.516
4.342	4.343	4.719	4.756	4.302	4.107	4.391	4.017	4.224
2.704	2.742	2.725	2.834	1.934	2.104	2.770	1.725	1.848
3.054	1.400	2.962	0.830	0.830	1.333	1.478	1.395	1.521
1.980	1.975	1.982	2.009	1.311	1.263	1.950	1.033	1.231

نلاحظ أن قيمة المتوسط الحسابي في السجلات المقيسة بواسطة ASCE متطابقة تقريباً مع السجلات الأصلية، إلا قيمة مجموعة واحدة فقط وهي المجموعة الرابعة (والتي سوف نعمل على تفسيرها لاحقاً). أما السجلات المقيسة بواسطة TD فهي تسير بشكلٍ موازي للسجلات الأصلية وقيم أقل بنسبة 10% تقريباً. أي أن طريقة TD تسجل قيماً أقرب لقيمة التسارع الأرضي الأعظمي في الطيف الهدف وهي $0.41g = 4.022m$. أما بالنسبة للانحراف المعياري نلاحظ أن السجلات المقيسة بواسطة TD تسير بشكلٍ موازي للسجلات الأصلية وتقل عن الأصلية بنسبة 30% تقريباً. أي أنها أدت إلى قيماً متقاربة فيما بين السجلات في كل مجموعة وبالتالي تصبح أكثر مطابقة للطيف الهدف. وتسجل السجلات المقيسة بواسطة ASCE قيماً قريبة للسجلات الأصلية ولكن عشوائية ولا توازيها، مع نفس الملاحظة بالنسبة للمجموعة الرابعة.

2- السرعة الأعظمية Peak Velocity:

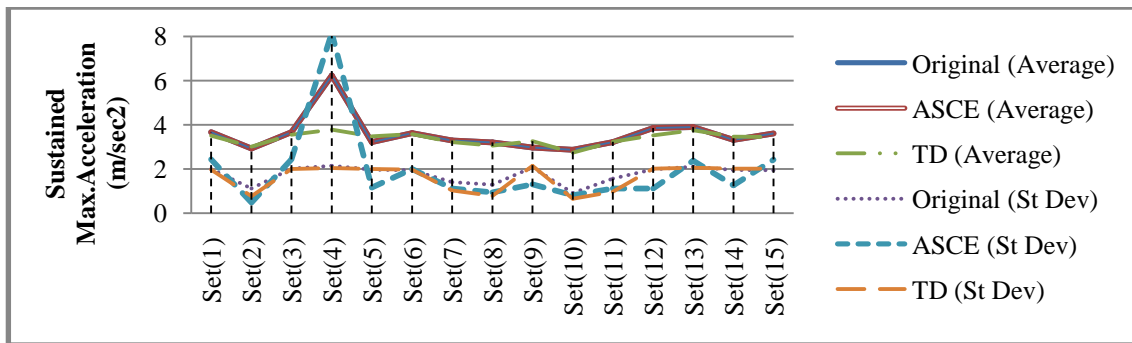
يمكننا ملاحظة أن قيم السرعة الأعظمية قد سلكت سلوكاً مشابهاً لقيم التسارع الأرضي الأعظمي كما يظهر لدينا في الشكل (7).



الشكل (7): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للسرعة الأعظمية.

3- التسارع الأعظمي المكرر Sustained Maximum Acceleration:

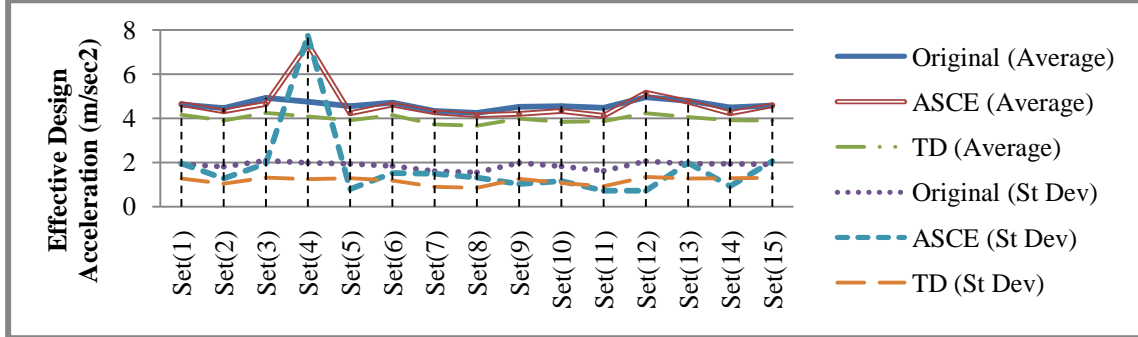
تختلف نتائج التسارع الأعظمي المكرر عن ما سبقه قليلاً، حيث يمكن أن نلاحظ في الشكل (8) التطابق شبه التام في قيم المتوسط الحسابي للسجلات المقيسة بالطريقتين مع السجلات الأصلية (إلا المجموعة الرابعة). وأن الانحراف المعياري للسجلات المقيسة بطريقة ASCE تعد الأكثر ثباتاً هنا، ولكن يمكن ملاحظة التوازي أيضاً أو شبه التطابق بين السجلات الأصلية والسجلات المقيسة بطريقة TD.



الشكل (8): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للتسارع الأعظمي المكرر.

4- التسارع التصميمي الفعال Effective Design Acceleration:

وهنا أيضاً يمكننا ملاحظة أن قيم التسارع التصميمي الفعال قد سلكت سلوكاً مشابهاً لقيم التسارع الأرضي الأعظمي كما يظهر لدينا في الشكل (9).

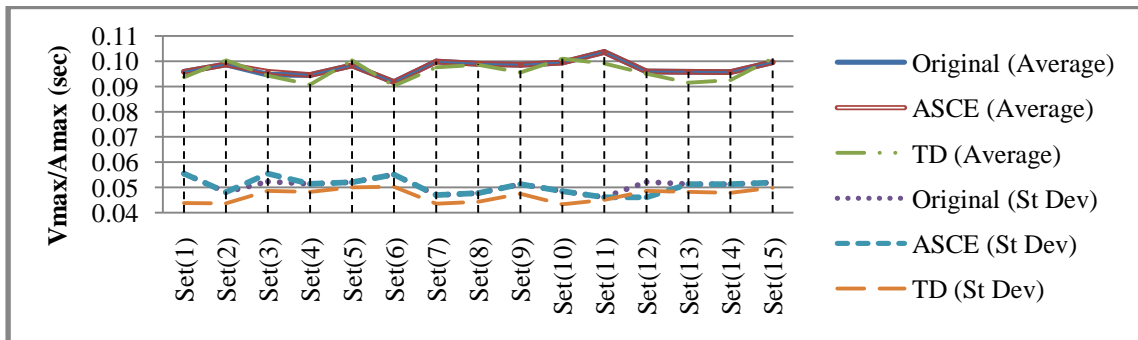


الشكل (9): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للتسارع التصميمي الفعال.

نلاحظ أن طريقة TD في البارامترات الأربع السابقة التي تعبر عن المطالات في السجلات الزلزالية قد خفضت قيم المطالات لنتناسب مع الطيف الهدف، وقد سجلت قيمة منخفضة أيضاً للانحراف المعياري، وبالتالي فإن أطراف الاستجابة الخاصة بالسجلات المقيسة بواسطتها متقاربة فيما بينها وأكثر قرباً للطيف الهدف. ولم تتغير قيم المتوسط الحسابي تقريبا بالنسبة للسجلات المقيسة بواسطة ASCE (إلا المجموعة الرابعة)، بينما سجلت قيمة عشوائية قريبة من السجلات الأصلية بالنسبة للانحراف المعياري.

5- السرعة الأعظمية / التسارع الأعظمي v_{max}/a_{max} :

يعبر هذا البارامتر عن المحتوى الترددي بشكل خاص والذي بقي ثابتاً تقريباً في كلا الطريقتين ومطابقاً للقيم الأصلية كما هو ملاحظ من قيم المتوسط الحسابي، أي أن الطريقتين قد حافظتا تماماً على المحتوى الترددي للسجلات الأصلية. ولكن يظهر الشكل (10) أن طريقة TD عملت على تقليص الفرق بين المحتوى الترددي للسجلات المجموعة الواحدة كما هو واضح في انخفاض قيم الانحراف المعياري.

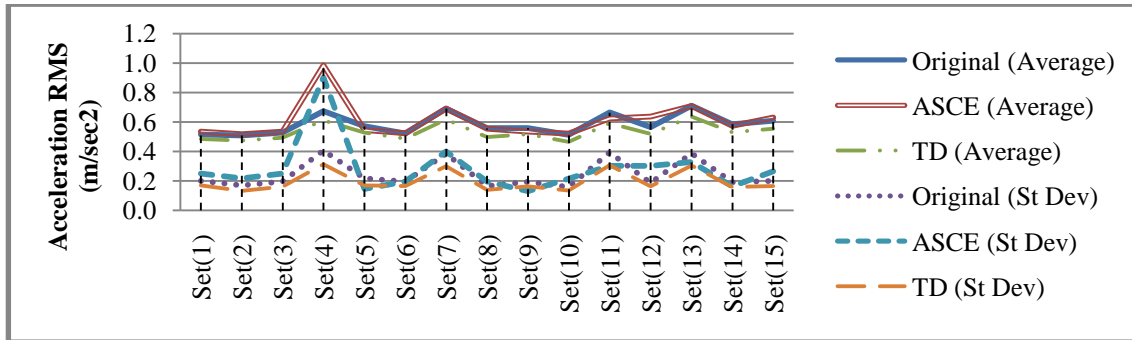


الشكل (10): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري لـ v_{max}/a_{max} .

6- مقارنة الجذر التربيعي المتوسط Acc RMS:

نلاحظ في الشكل (11) أن قيمة المتوسط في السجلات المقيسة بواسطة ASCE متطابقة مع السجلات الأصلية، إلا قيمة مجموعة واحدة فقط وهي المجموعة الرابعة. أما السجلات المقيسة بواسطة TD فهي تسير بشكل

موازي للسجلات الأصلية ويقيم أقل منها. أما بالنسبة للانحراف المعياري نلاحظ أن السجلات المقيسة بواسطة TD تسير بشكل موازي للسجلات الأصلية وتقل عنها. وتسجل السجلات المقيسة بواسطة ASCE قيما قريبة للسجلات الأصلية ولكن عشوائية ولا توازيها، مع نفس الملاحظة بالنسبة للمجموعة الرابعة.

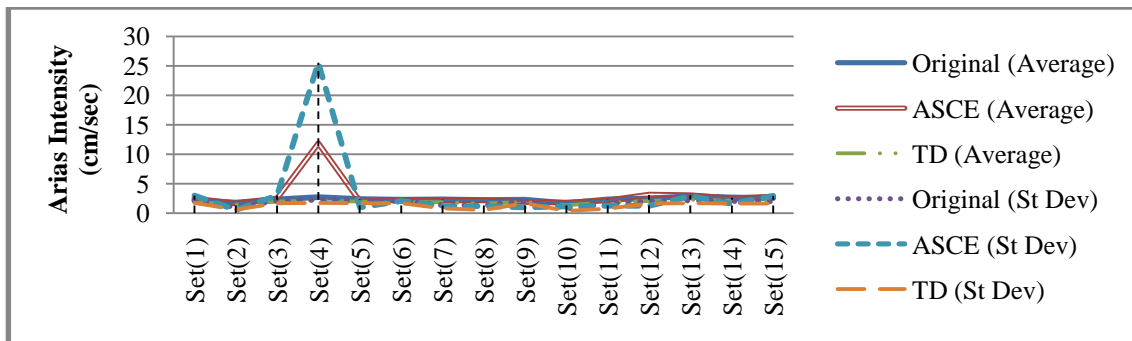


الشكل (11): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للجذر التربيعي المتوسط للتسارع.

7- مقارنة شدة أرياس AI:

يتميز الشكل (12) بالانطباق لجميع القيم تقريبا خلا القيم الخاصة بالمجموعة الرابعة والمقيسة بطريقة

.ASCE



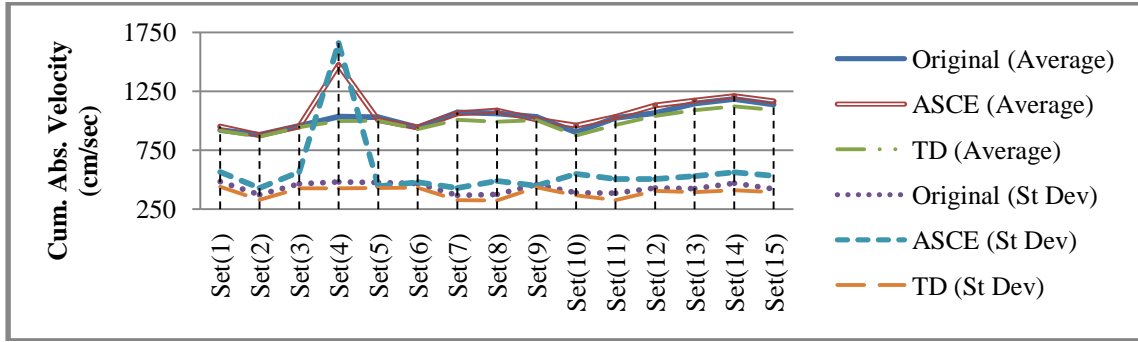
الشكل (12): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري لشدة أرياس.

8- مقارنة السرعة المطلقة التراكمية CAV:

يمكننا ملاحظة أن قيم السرعة هنا قد سلكت سلوكا مشابها لقيم الجذر التربيعي كما يظهر لدينا

في الشكل (13).

أي أنها حافظت على مقدار الضرر المحتمل في المنشآت من خلال محافظتها قيم المتوسط الحسابي.

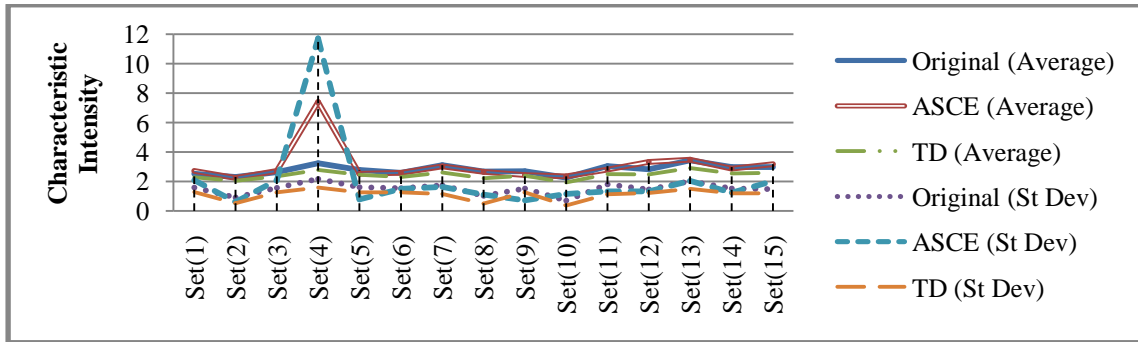


الشكل (13): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للسرعة المطلقة التراكمية.

9- الشدة المميزة Characteristic Intensity:

وهنا أيضا يمكننا ملاحظة أن قيم الشدة المميزة قد سلكت سلوكا مشابها لقيم الجذر التربيعي كما يظهر لدينا في

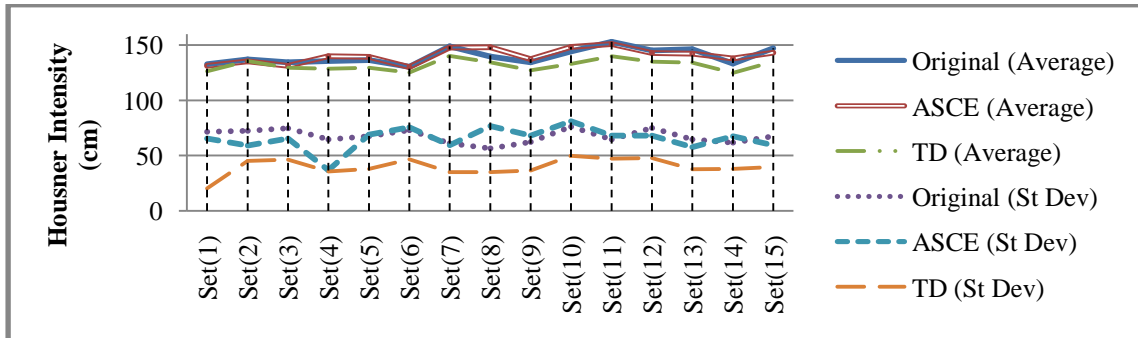
الشكل (14).



الشكل (14): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري للشدة المميزة.

10- شدة طيف الاستجابة لهوسنر Housner Intensity:

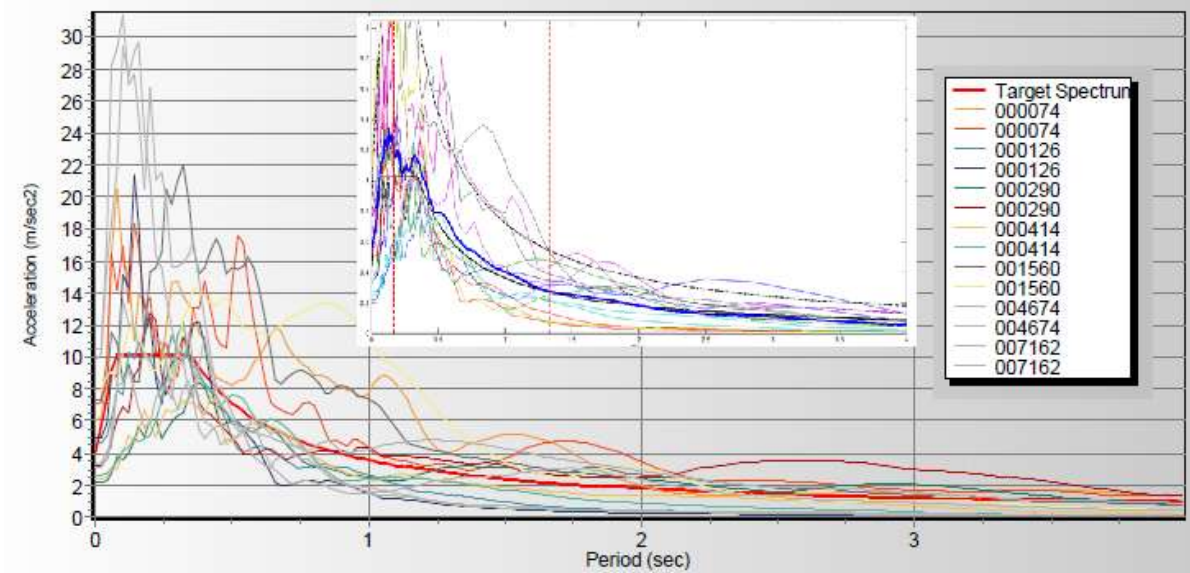
يعبر هذا البارامتر أيضا عن المحتوى الترددي أكثر منه عن المطالات، ونلاحظ أن الطريقتين قد حافظتا تماما على المحتوى الترددي للسجلات الأصلية. ولكن يظهر الشكل (15) أن طريقة TD عملت على تقليص الفرق بين المحتوى الترددي للسجلات في المجموعة الواحدة كما هو واضح في انخفاض قيم الانحراف المعياري.



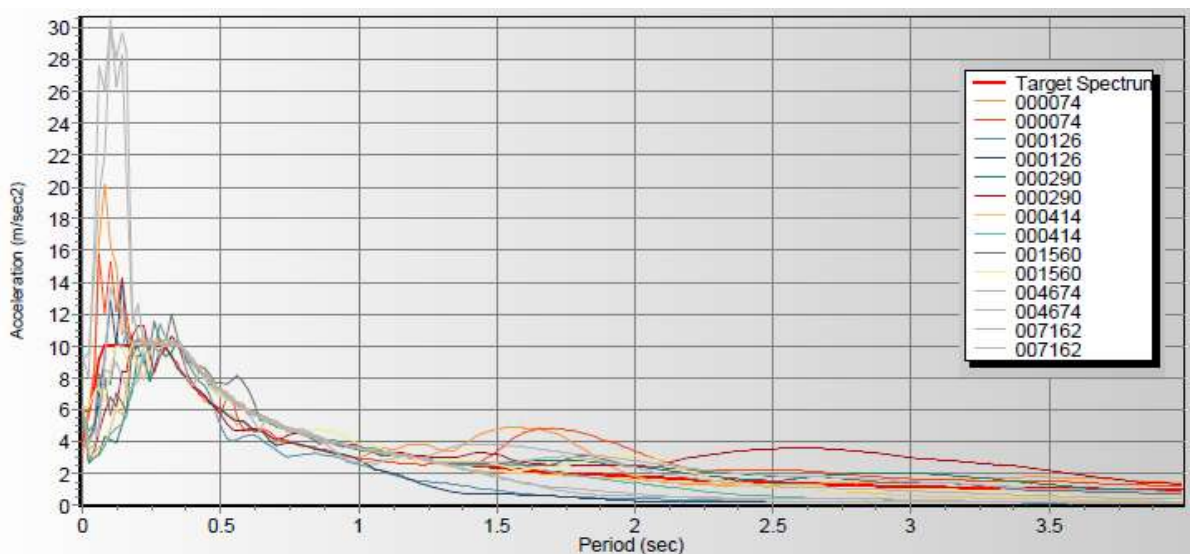
الشكل (15): المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري لطيف الاستجابة لهوسنر.

11- مناقشة النتائج:

• لاحظنا في معظم الأشكال السابقة في الفقرة (4) أن السجلات المقيسة بطريقة ASCE تملك قيمة كبيرة وشاذة للمتوسط الحسابي والانحراف المعياري في المجموعة الرابعة. ويعود هذا إلى أن أحد السجلات في تلك المجموعة (السجل 7162) ذو طيف استجابة مرتفع القيم نسبياً كما يبين الشكل (16)، علماً أن المجموعة محققة لاشتراط الكود تماماً من حيث أن قيمة الطيف المتوسط محققة للشرط الوارد في الكود ضمن مجال الدور قيد الاهتمام كما يظهر في الشكل نفسه. ولكن بعد تطبيق الطريقة على هذه السجلات لتقيسها عملت هذه الطريقة على رفع قيم أطياف الاستجابة (وخصوصاً السجل 7162) بشكل غير منطقي بدلاً من خفضها، وبالتالي فإن وجود مثل هذا السجل عمل على تشويش عملية التقييس بحيث أنه رفع قيم معاملات التقييس لهذه المجموعة. أما طريقة TD فقد عملت على ضبط هذا السجل ضمن المجموعة في مجال الدور قيد الاهتمام كما يظهر الشكل (17).



الشكل (16): متوسط أطياف المجموعة الرابعة من السجلات الزلزالية الأصلية Original ضمن مجال الدور قيد الاهتمام.



الشكل (17): أطياف المجموعة الرابعة من السجلات الزلزالية المقيسة وفق TD.

• لاحظنا في جميع الأشكال السابقة في الفقرة (4) أن السجلات المقيسة بطريقة TD تملك قيمة صغيرة للانحراف المعياري. كما أن طريقة TD تملك قيمة للمتوسط الحسابي موازية للقيم الأصلية وقيم أقل، وأن قيمها في الانحراف المعياري موازية لقيم السجلات الحقيقية ولكن بقيم أقل أيضاً. وبالتالي عملت طريقة TD على المحافظة على المحتوى الترددي وعلى المطالات وأنتجت سجلات ذات أطراف استجابة قريبة جداً من الطيف الهدف في مجال الدور قيد الاهتمام.

الاستنتاجات والتوصيات:

اعتماداً على ما تقدم يمكن التوصل إلى عدة نتائج أهمها:

1- بالنسبة لمطابقة الطيف من حيث الشكل:

- 1- إن طريقة المطابقة الطيفية في مجال الزمن TD أكثر فعالية في عملية مطابقة الطيف الهدف، فهي تؤمن تطابقاً شبه تام بين الأطراف الناتجة للسجلات الزمنية مع الطيف الهدف ضمن مجال الدور قيد الاهتمام.
- 2- تهتم الطريقة ASCE بمطابقة متوسط SRSS لأطراف السجلات الزلزالية مع الطيف الهدف وبالتالي فإن مطابقة طيف كل سجل على حده للطيف الهدف تعد ضعيفة نسبياً.

2- بالنسبة للمحافظة على البارامترات الزلزالية:

وجدنا أن طريقة TD هي الأكثر محافظة على البارامترات الزلزالية التي كانت في السجلات الأصلية مقارنة بطريقة ASCE، وبالتالي يمكن استنتاج ما يلي:

- 1- تحافظ كلا الطريقتين على المحتوى الترددي للسجلات الأصلية.
- 2- تحافظ كلا الطريقتين على مقدار الضرر الإنشائي الناجم عن الزلزال (الفرقة 4-8)، ولكن تتسبب طريقة ASCE بتضخيم هذا الضرر بشكل غير منطقي عند اختيار سجلات ذات أطراف استجابة مرتفعة القيمة كما في حالة المجموعة الرابعة.

3- تعمل طريقة TD على تشذيب مطالات التسارع للسجلات لتقريبها بذلك من قيمها المقابلة على الطيف الهدف.

4- كما أن مقدار الانحراف المعياري في طريقة TD صغير القيمة مقارنة بالطريقة الأخرى، وبالتالي فهي تعمل على تقريب أطراف السجلات المقيسة بواسطتها من الطيف الهدف بشكل أكبر. وبدل هذا على ثبات ومصادقية هذه الطريقة مقارنة بالطريقة الأخرى.

وبالتالي ننصح باستخدام طريقة TD في عمليات التقييس بعد اختيار السجلات المناسبة، كونها الأكثر فعالية في الحفاظ على الخصائص الأصلية للسجلات الزمنية كما تعطي المطابقة الأفضل من حيث الشكل وتليها في الفعالية طريقة ASCE. كما ننصح بإجراء تقييم للسجلات المقيسة بطريقة ASCE قبل استخدامها في التحليل خصوصاً عندما تحتوي على سجلات ذات تسارعات كبيرة.

التوصيات:

✓ إجراء دراسة استجابة عدة نظم إنشائية SDOF, MDOF ومدى تأثير استجابتها باختلاف نوع طريقة التقييس المتبعة.

✓ دراسة تأثير متغيرات أخرى بالإضافة للتسارع الكبير كما ورد في المجموعة الرابعة على ثبات ومصادقية طريقة ASCE (السرعة مثلاً).

المراجع:

- [1]. ABRAHAMSON, N. A; SILVA, W. J. *Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes*. Seismol. Res. Lett. Vol. 68,1997, pp. 94-127.
- [2]. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. (2007). ASCE/SEI 41-06. *Seismic rehabilitation of existing buildings*. American Society of Civil Engineers, Reston, Va.2007.
- [3]. CSI Software | Computers and Structures, Inc. [Quoted, 2014]. available at: <<http://www.csiamerica.com/products/etabs>>.
- [4]. DUBERTRET, L. *Review of the structural geology of the Red Sea and Surrounding areas*. Royal Society of London philosophical transactions, Series A 267,1970, 9-20.
- [5]. GRAIZER, V; KALKAN, E. *Prediction of Response Spectral Acceleration Ordinates based on PGA Attenuation*. Earthquake Spectra, Vol. 25, No. 1,2009, pp. 36 – 69.
- [6]. GRAHAM, B ; MUAWIA B. *Tectonic and Geologic Evolution of Syria GeoArabia*. Vol. 6, No. 4, 2001 Gulf PetroLink, Bahrain 573.
- [7]. HATEM, M. *Re-Evaluations of Seismic Hazard of Syria*. *International Journal of Geosciences*, 2012, 3, 847-855 doi:10.4236/ijg.2012.324085 Published Online September 2012. <<http://www.SciRP.org/journal/ijg>>
- [8]. IERVOLINO, I; GALASSO, C . *REXEL 2.31 beta—tutorial*, 2009, [Quoted, November 8 2014], available at: <<http://www.reluis.it/doc/software>>.
- [9]. KRAMER, S, L. *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. (1996).
- [10]. LILHANAND, K.; TSENG, W,S. "Development and application of realistic earthquake time histories compatible with multiple-damping design spectra," Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, Vol II, 819-824. [1988].
- [11]. SEISMOSOFT. 2010a. *Seismospect 1.0.2*. [Quoted, November 8 2014]. Available at <<http://www.seismosoft.com>>.
- [12]. SYRIAN ARAB CODE – Appendix 2. *Design And Check Of Seismic Resistant Buildings And Constructions*. 2en Edition, Damascus, Syria, 2012, 254p.
- [13]. UBC97 . UNIFORM BUILDING CODE. [Quoted, November 8 2014]. <<https://drive.google.com/file/d/0B5oarFYUwEDrY1NBMU52M3FHVDA/edit>>.