

## إجراءات اختيار السجلات الزلزالية وفقاً لمتطلبات بعض الكودات العالمية مقارنةً بالكود السوري

الدكتور بسام حويجة\*  
الدكتور غسان شيخ علي\*\*  
سراج جديد\*\*\*

(تاريخ الإيداع 28 / 12 / 2014. قُبِلَ للنشر في 12 / 3 / 2015)

### □ ملخص □

تعتمد بعض الكودات العالمية ومنها الأوربي، النيوزلندي، الأمريكي، الإيراني والسوري في عملية اختيار سجلات الحركات الأرضية من أجل التحليل بالسجل الزمني معياراً يتمحور حول التشابه بين الطابع السيسمولوجي للزلازل المستخدمة في التحليل وبين تلك المتوقعة الحدوث في الموقع المدروس، ولكنها تتبع منهجيات مختلفة. يشترط الكود النيوزلندي أن يطابق طيف الاستجابة لكل سجل مختار طيف الاستجابة التصميمي ضمن مجال محدد من الأدوار مرتبط بالدور الأساسي للمنشأ قيد التحقيق، ويجب أن تزيد الطاقة لطيف أحد هذه السجلات على الأقل طاقة طيف الاستجابة التصميمي. بينما يشترط الكود الأوربي أن يزيد الطيف المتوسط لجميع السجلات المختارة عن 90% من طيف التصميم في مجال الدور المحدد بشكل دائم، كما يجب أن تكون قيمة طيف الاستجابة المتوسط عند قيمة الدور المساوية للصفر أكبر من القيمة الموافقة لها على طيف الاستجابة التصميمي. وينصح الكود الأمريكي، كذلك الإيراني والسوري؛ أن يكون الطيف المتوسط للسجلات المختارة أكبر بـ 40% من طيف التصميم ضمن مجال محدد للدور.

تعمل هذه الدراسة على إيضاح الاختلافات في إجراءات الاختيار وكيفية تأثير هذه الاختلافات في سجلات الحركات الأرضية القوية الناتجة، وتعرض بعض التوصيات الخاصة بإجراءات اختيار السجلات والتي ننصح باستخدامها بالإضافة إلى متطلبات الكود السوري.

**الكلمات المفتاحية:** الكودات الزلزالية، اختيار السجلات، التحليل بالسجل الزمني، قوة الزلزال، المسافة عن المركز السطحي، الطابع السيسمولوجي.

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

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

\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Record Selection Procedures Proposed By Several Countries Standards Compared With Syrian Standards

Dr. Bassam Hwaija\*  
Dr. Ghasan Shekhali\*\*  
Seraj Jdyd\*\*\*

(Received 28 / 12 / 2014. Accepted 12 / 3 / 2015)

### □ ABSTRACT □

The European Standard, the New Zealand Standard, the U.S. Standard, the Syrian Standard and the Iranian Standard define a criterion for selecting ground motion records for time-history analysis by similarity between the seismological signature of earthquakes used for the analysis and those earthquakes that are expected to happen at the given location. But these standards follow different methodologies. The New Zealand Standard proposes that the spectrum of each selected record should match the design spectrum over a range of periods related to the fundamental period of the structure investigated. The energy of at least one of these record's spectra must exceed the energy of the design spectrum. The European Standard recommends that the average spectrum of the selected records should be always higher than 90% of the design spectrum in a defined range of periods, and the value of the average spectrum at period equal zero should be larger than the value of the corresponding design spectrum. The U.S. Standard, also the Syrian and the Iranian Standard; advise that in a defined range of periods, the average spectrum of the selected records should be 40% and higher than the code spectrum.

This study illustrates the differences between selecting approaches, and how these differences affect the resulting ground motion records. Some resulting recommendations for record selecting procedures are presented, and advised to be used in addition to the Syrian Standard recommendations.

**Keywords:** Seismic Standards, Record Selecting, Time-History Analysis, Earthquake Magnitude, Epicentral Distance, Seismological Signature.

---

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

\*\*Associate 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:**

تزداد قاعدة البيانات الخاصة بالحركات الأرضية القوية المتاحة على شبكة الانترنت وتتطور بشكل مطرد، مما جعل الحصول على السجلات الزمنية للأحداث الزلزالية الوفيرة والمتنوعة الخصائص أمراً يسيراً. ولكن بقيت عملية اختيار السجلات المناسبة للحدث الزلزالي المتوقع في مكان ما أمراً قيد البحث و الجدل بين الباحثين.

طرح الباحثون عدداً من المقاربات في اختيار السجلات الزلزالية لاستخدامها في عملية التحليل بالسجل الزمني، أهمها المقاربة العملية من قبل الباحث (Cornell, 2005) [6] والتي تعتمد في اختيار السجلات على نشر وتحليل الخطر الزلزالي في الموقع Disaggregating the Seismic Hazard (Bazzurro-Cornell, 1999) [5] بناء على القوة المسببة Magnitude والمسافة Distance عند مستوي معين من التسارع الطيفي المقابل لنمط الاهتزاز الأول للمنشأ وذلك من أجل احتمالية معينة Specified Probability. وبحسب الباحث (Graizer, 2009) [10] يحدد الشكل الطيفي Spectral shape لطيف الاستجابة التصميمي خصائص الزلزال المطلوب، ويرتبط هذا الشكل بعدد من البارامترات ممثلة بالقوة و المسافة ومواصفات الموقع. واستناداً إلى الأبحاث المستمرة في هذا المجال وضعت بعض الاشتراطات في كودات التصميم العالمية لاختيار السجلات الزمنية المناسبة ولكنها تعد اشتراطات زهيدة وغير واضحة 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 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 اشتراطات فقيرة Poor Guidelines وغير واضحة في عملية اختيار 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) وللذين حدثا في الشمال الغربي السوري، وهذا ما تم تأكيده من قبل الباحث (Graham, 2001) [11] و الباحث (Hatem, 2012) [12].

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية الاستفادة من قاعدة البيانات العالمية للحركات الأرضية القوية كما هو معمول به من قبل كثير من الباحثين والمهندسين من خلال استنباط واعتماد بعض الاشتراطات الحديثة في عملية اختيار السجلات الزمنية الزلزالية تستند إلى نتائج آخر الأبحاث العلمية، والاستفادة من بعض متطلبات الكودات الزلزالية العالمية الأخرى التي تعد متوافقة مع الواقع السوري.

**طرائق البحث ومواده:**

اعتمدت في هذا البحث الدراسة التحليلية والدراسة المرجعية الدقيقة لعدد كبير من الأبحاث و المراجع الحديثة المتعلقة بموضوع اختيار السجلات الزلزالية لتبيان الأسس العلمية المعتمدة حتى تاريخه في عملية الاختيار وتقييمها. كما أجرينا دراسة دقيقة لمتطلبات كودات مختلفة لعملية الاختيار وهي الكود الأوربي والكود الأميركي والكود النيوزلندي والكود الإيراني و الكود السوري وتمت مقارنة هذه المتطلبات واختبارها من خلال تطبيق عملي باستخدام برنامج [15]

REXEL لأحد المواقع في الجغرافيا السورية بهدف استخلاص و اعتماد أفضل المتطلبات وأكثرها توافقاً مع الواقع السوري والقابلة للتطبيق.

## 1- أنواع السجلات (Fahjan, 2007) [22]: Types Of Accelerograms

### (a) سجلات التسارع الحقيقية Real Accelerograms:

تحتوي سجلات الحركات الأرضية القوية العديد من المعلومات عن طبيعة الحركة الاهتزازية للأرض، وتتضمن جميع خصائص الحركة الأرضية ( المطالات، محتوى الطاقة، المحتوى الترددي، المدة وخصائص زوايا الأطوار)، وتعكس كل العوامل التي تؤثر على السجل كخصائص المصدر والطريق المسلك والموقع. بالرغم من الازدياد الدائم لبنك المعلومات الخاص بالحركات القوية حول العالم، تبقى العديد من البارامترات كالقوة وآلية التصدع والبعد بين المصدر والموقع و صنف الموقع غير ممثلة بشكل جيد، مما يجعل الحصول على السجلات المناسبة صعباً في بعض الحالات (Bommer, 2003) [4].

### (b) سجلات التسارع الصناعية Artificial Accelerograms:

يتم توليد السجلات الصناعية لتطابق طيف الاستجابة التصميمي الهدف وذلك عن طريق الحصول على تابع الكثافة الطيفية للطاقة power spectral density function من طيف الاستجابة المصقول، ومن ثم توليد إشارة جيبية لها زوايا أطوار ومطالات عشوائية. تجمع هذه الحركات الجيبية و يعمل على تحسين تطابقها مع طيف الاستجابة من خلال عملية تكرارية تهدف لتصغير النسبة بين قيم الطيف الهدف والاستجابة الفعلية من أجل ترددات معينة. ويجب الحصول على معلومات إضافية عن الزلزال المفترض بمعزل عن طيف الاستجابة في حال أردنا أن ندخل تأثير خصائص أخرى كالمدة مثلاً. تتصف السجلات المصنعة بأنها تحتوي على عدد كبير جداً من دورات (اهتزازات) الحركة القوية، كما أن محتوى الطاقة لها كبير و غير منطقي، وذلك بالرغم من أنه يمكن الحصول على سجلات زمنية مطابقة إلى حد بعيد لطيف الاستجابة التصميمي المرن.

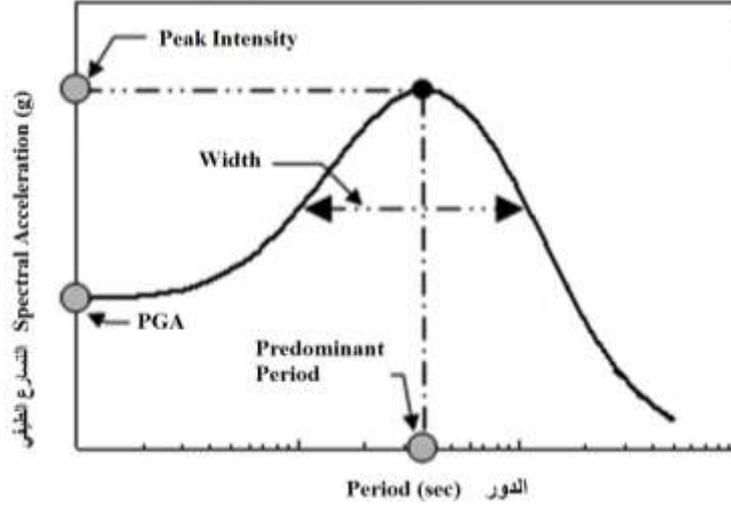
### (c) سجلات التسارع المحاكاة Simulated Accelerograms:

يتم توليد هذا النوع من السجلات بمحاكاة موديلات للمصادر السيسمولوجية Simulating Seismological Source Models وذلك مع الأخذ بالحسبان لتأثير ميكانيزمات الطريق المسلك والموقع المدروس Source and Travel Path Mechanisms، وفي العموم هناك صعوبة في تحديد بارامترات المحاكاة. تحتاج عملية توليد تلك السجلات إلى تحديد سيناريو زلزالي معين بدلالة القوة وآلية التصدع بالإضافة للظروف الجيولوجية للموقع، وغالبا ما تكون هذه المعلومات غير متوفرة، خصوصاً عند الاعتماد على المعلومات التي توفرها كودات التصميم فقط (Bommer, 2003) [4].

## 2- مدخل لاختيار السجلات الحقيقية Preface Of Real Accelerograms Selection

يهدف اختيار السجلات الزلزالية الحقيقية إلى مطابقة أشكال محددة من الحركات الأرضية، ويعتمد هذا الاختيار على شكل طيف الاستجابة التصميمي المرن بمراعاة 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.

يمكن وصف طيف الاستجابة بواسطة ثلاثة بارامترات مميزة موضحة في الشكل (1-2) هي الشدة العظمى Peak Intensity، الدور المسيطر Predominant Period و العرض Width (العرض الطيفي وهو المساحة المحصورة تحت طيف الاستجابة).



الشكل (1-2): بارامترات الشكل Shape Parameters المميزة لطيف الاستجابة [10].

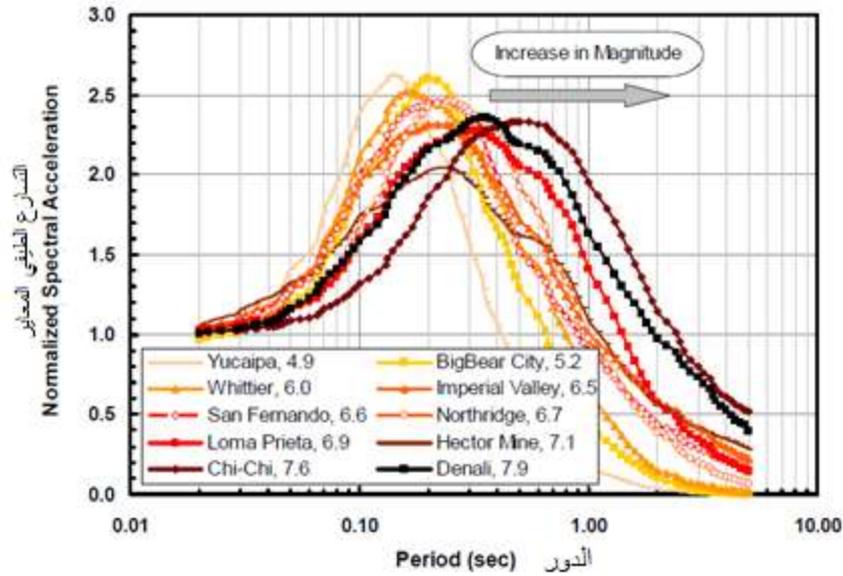
وبحسب الباحث (Graizer, 2009) [10] فإن البارامترات الزلزالية التي يجب أخذها بعين الاعتبار في تعريف سيناريو محتمل للزلزال هي تلك التي لها الأثر الأكبر على شكل طيف الاستجابة للزلزال وهي:

- ✓ مجال قوة الزلزال Magnitude Range للحدث المتوقع.
- ✓ مجال المسافة Distance Range من الموقع إلى الصدع المسبب للزلزال.
- ✓ مواصفات الموقع Site Conditions (جيولوجية الموقع وتوصف بالسرعة المتوسطة وأمواج القص لمجال 30 م ( $V_{s30}$ )).

ولتبيان الارتباط بين بارامترات الشكل المميزة لطيف الاستجابة وتلك البارامترات الزلزالية قام الباحث بمقارنة أطيف الاستجابة لعدد من الأحداث الزلزالية الكبيرة من أجل قيم متغيرة لكل من القوة و المسافة وتربة الموقع وتوصل إلى التوصيف التالي:

#### (a) تبعية القوة Magnitude Dependence:

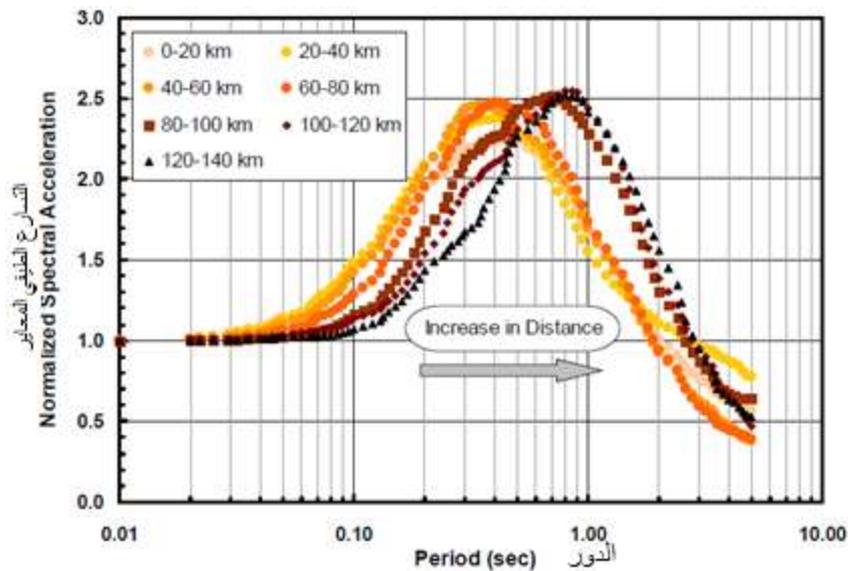
تملك الزلازل ذات القوة الكبيرة أطيف استجابة أوسع بشكل عام. وبهدف تحديد درجة تأثير القوة الزلزالية على شكل طيف الاستجابة تم تمثيل أطيف الاستجابة الوسطية Average Spectral Shapes لعدد من الزلازل الموجودة في قاعدة البيانات (PEER, NGA) Next Generation Attenuation (PEER, NGA) والمتدرجة في القوة بين القيمتين (M4.9 to 7.9) كما هو واضح في الشكل (2-2). وبمعاينة الشكل نلاحظ انزياح ذروة الطيف تدريجياً من 0.15 sec للزلازل ذات القوة الأصغر (M4.9) إلى 0.5 sec للزلازل الكبيرة القوة (7.9 – M7.6). كما نلاحظ أن المطال الأعظمي لهذه الأطيف ثابت نسبياً، يتغير من 2.3 إلى 2.6، حيث تملك الزلازل ذات القوة الصغيرة مطالات أعلى.



الشكل (2-2): مقارنة أطياف الاستجابة الوسطية للزلازل متدرجة القوة بين (4.9 to 7.9) (الزيادة في القوة يترافق مع تغير في الدور المسيطر باتجاه قيم أكبر) [10].

(b) تبعية المسافة Distance Dependence:

تزداد قيمة الدور المسيطر بازدياد المسافة عن الصدع من أجل زلزال ما كما ورد في دراسة سابقة للباحث (Abrahamson, 1997) [1]. يبين الشكل (2-3) تأثير المسافة على الشكل الطيفي من خلال المقارنة بين أطياف الاستجابة للسجلات الزمنية لزلزال Chi-Chi, M7.6, 1999، و المسجلة على مسافات مختلفة عن بؤرة الزلزال و متزايدة بمقدار 20km. حيث تزداد قيمة الدور من 0.35 sec للمسافة الأقرب (0 - 20 km) إلى 1.2 sec للمسافة الأبعد (120-140 km). وقد تم الحصول على ملاحظات مشابهة عند التحقيق في أحداث زلزالية كبيرة أخرى.

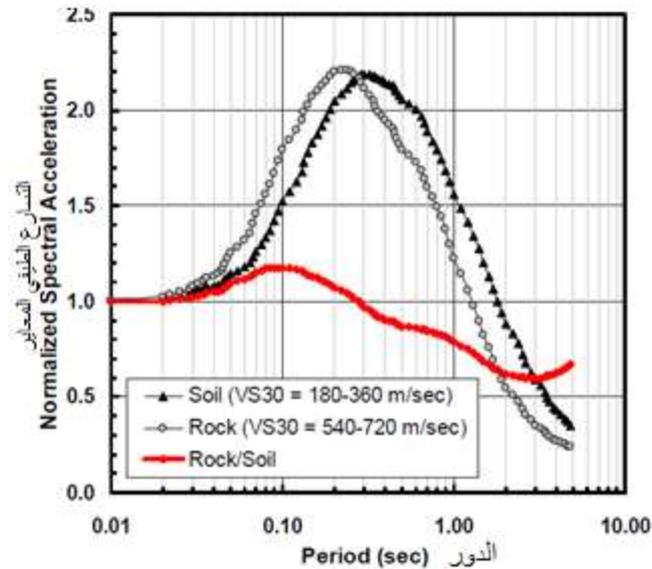


الشكل (2-3): ازدياد قيمة الدور المسيطر بازدياد المسافة (كل 20km)

## أطياف الاستجابة للسجلات الزمنية المسجلة على مسافات مختلفة لزلزال (1999 M7.6 Chi-Chi earthquake) [10]

### (c) تبعية مواصفات التربة :Soil Conditions Dependence

بالإضافة إلى تبعية القوة و المسافة فإن الشكل الطيفي يتبع أيضاً لمواصفات التربة. فالدور المسيطر للشكل الطيفي الخاص بموقع صخري هو أصغر من الدور المسيطر للشكل الطيفي لموقع ترابي، كما يظهر في الشكل (4-2) الذي يقارن الشكل الطيفي للمتوسط للزلزال في موقع ترابي تكون سرعة أمواج القص VS30 فيه بحدود 180-360 m/sec مع موقع آخر صخري سرعة الأمواج فيه بحدود 540-720 m/sec . كما يظهر أن الطيف المتوسط للموقع الصخري في مجال الأدوار الصغيرة يبقى فوق الطيف المتوسط للموقع الترابي أي بمطالات أكبر و لكن يحصل العكس عند تجاوز الدور للقيمة 0.3 sec. تبقى الشدة العظمى متشابهة مع تغير السرعة بشكل مغاير للدور المسيطر الذي تزداد قيمته مع تناقص السرعة.



الشكل (4-2): مقارنة الشكل الطيفي للطيف للمتوسط لموقع صخري مع موقع ترابي والنسبة بينهما. [10]

### 3- متطلبات الكودات لاختيار السجلات :Code Requirements for Record Selection

تفتقر كودات التصميم العالمية لاشتراطات واضحة فيما يخص اختيار وتقييم السجلات الزمنية من أجل استخدامها في التحليل بالسجل الزمني كما أشار الباحث (Bommer, 2002) [3] ، و يعود هذا جزئياً إلى أن الأبحاث في هذا المجال مازالت تتطور وتحتاج إلى سنوات قليلة أخرى لاعتمادها (Iervolino, 2008) [13]. تركز توصيات الكودات العالمية في الوقت الراهن على مطابقة طيف الاستجابة التصميمي المرين في عملية اختيار السجلات، كما حددت متطلبات عامة تنص على أن تملك السجلات مواصفات ( القوة الزلزالية، المسافة، خصائص الموقع ونوع الصدع ) مشابهة للموقع المدروس عند توفر هذه المعلومات، ولكنها تختلف فيما بينها في أمور عدة. نبين فيما يلي متطلبات عدد من الكودات العالمية بما فيها الكود السوري بهدف مقارنتها وتبيان انعكاس الاختلاف فيما بينها على عملية الاختيار ونتائجها:

**(a) الكود الأوروبي Eurocode 8 Standard [7],[8]:**

ينص الكود 8-1 Eurocode [7] في الفقرة 3.2.3.1.1 على أنه:

يجب أن تتألف الحركة الزلزالية من ثلاثة سجلات (مركبات) مؤثرة في نفس الوقت عندما يتوجب إنشاء نموذج فراغي للمنشأ. ويجب أن لا تستخدم نفس المركبة على كلا الاتجاهين الأفقيين بنفس الوقت. التبسيط ممكن بما يتلائم مع الأجزاء ذات الصلة من الكود. واعتماداً على طبيعة التطبيق وعلى المعلومات المتوفرة فعلاً يمكن أن يتم تمثيل الحركة الزلزالية باستخدام سجلات صناعية Artificial (3.2.3.1.2) أو محاكاة Simulated أو حقيقية مسجلة Recorded (3.2.3.1.3).

و ينص في فقرة السجلات الصناعية 3.2.3.1.2 Artificial Accelerograms :

1. يجب توليد سجلات زائفة بحيث تطابق طيف الاستجابة المرن المعطى في الفقرة 3.2.2.2 و 3.2.2.3 من أجل تخامد 5%.
2. يجب أن تتناسب المدة مع قوة الزلزال والخصائص الأخرى المتعلقة بالحدث الزلزالي مع مراعاة  $a_g$  (التسارع الأرضي التصميمي في المنطقة A كما ورد في الكود فقرة 3.2.2.2).
3. عند عدم توفر معلومات حول الموقع فإن المدة الأصغرية Ts للجزء الثابت Stationary Part من السجل يجب أن تكون 10sec .

4. يجب على مجموعة السجلات الصناعية أن تحقق الاشتراطات التالية:

- a. يجب استخدام ثلاثة سجلات على الأقل.
- b. القيمة المتوسطة لقيم أطيايف الاستجابة (المحسوبة من السجلات الزمنية المفردة) عند قيمة للدور مساوية للصفر يجب أن تكون أكبر من قيمة  $a_g \cdot S (PGA)$  في الموقع المدروس (حيث S معامل التربة).
- c. في مجال الدور بين  $0.2 T_1$  و  $2.0 T_1$  حيث أن  $T_1$  هو الدور الأساسي للمنشأ في الاتجاه الذي سيطبق فيه السجل؛ يجب أن لا تقل أي قيمة للطيف المرن المتوسط ذي التخامد 5% و المحسوب من جميع السجلات عن 90% من القيم المقابلة لها على طيف الاستجابة المرن التصميمي ذي التخامد 5%.

السجلات المحاكاة والسجلات الحقيقية المسجلة Recorded or Simulated Accelerograms

: 3.2.3.1.3

يمكن استخدام السجلات الحقيقية المسجلة أو السجلات التي تم توليدها بمحاكاة فيزيائية لميكانيزمات المصدر والطريق المسلوك، بشرط أنه يجب تأهيل العينات المستخدمة بشكل كافي بحيث تناسب الخصائص السيسمولوجية للمصادر ومواصفات التربة المناسبة للموقع، وأن تقيس قيمها لتطابق قيمة  $a_g \cdot S (PGA)$  لطيف الاستجابة التصميمي الخاص بالمنطقة المعتبرة . وعندما تستخدم مجموعة السجلات الحقيقية المسجلة أو السجلات المحاكاة يجب أن تحقق الاشتراط (4) في 3.2.3.1.2.

أما بالنسبة لمتطلبات الكود 8-2 Eurocode [8] فهو ينص في الفقرة 3.2.3 على أنه:

للحصول على التطابق المطلوب مع طيف الاستجابة المرن ذي التخامد 5% للزلزال الأعظمي التصميمي يتم بتقييس مطال الحركات وفق الخطوات التالية:

- a. يجب أن ينشأ طيف الـ SRSS لكل زلزال مكون من زوج من المركبات الأفقية للحركات وذلك من خلال إيجاد الجذر التربيعي لمجموع مربعات طيفي المركبتين ذوات التخامد 5%.

b. يجب تشكيل الطيف الخاص بمجموعة الزلازل المختارة وذلك بأخذ القيمة المتوسطة للأطياف المنشأة بطريقة SRSS لكل زلزال من المجموعة في الخطوة السابقة.

c. يجب أن يتم تقييم طيف المجموعة بحيث لا يقل عن 1.3 مرة من طيف الاستجابة المرنة ذي التخماد 5% للزلازل الأعظمي التصميمي وذلك في مجال الدور بين  $T_1$  و  $0.2 T_1$  و  $1.5 T_1$  حيث إن  $T_1$  هو الدور الطبيعي للدور الأولي الأساسي للمنشأ في حالة الجسور المعلقة، أو الدور الفعال لنظام العزل في حالة الجسور المعزولة زلزالياً.

d. معامل التقييم المستخرج من الخطوة السابقة يجب أن يطبق على جميع مركبات الحركات الأرضية.

#### (b) الكود الأمريكي 41-06 ASCE/SEI U.S. Standard, [21],[2]:

ينص الكود الأمريكي في الفقرة 1.6.2.2 (وبماتله ASCE 7-05 و UBC97) 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 وتقييمها 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 الزلازل الأعظمي التصميمي). وفي حال عدم توفر ثلاث مجموعات من السجلات الزمنية للحركات الأرضية المسجلة التي تملك هذه الخصائص يجب استعمال مجموعات نمذجة (صناعية) تملك مدة زمنية ومحتوى طيفي مكافئين لإيجاد وتركيب العدد الكلي المطلوب.

ومن أجل كل مجموعة (زوج المركبات الأفقية) يتم إنشاء طيف SRSS (ASCE 7-05/16.1.3.2) وهو الجذر التربيعي لمجموع مربعات أطياف المركبات الأفقية المقيسة الخاصة بالموقع ذات التخماد 5% (حيث يطبق معامل تقييم مطابق لكلتا المركبتين الأفقيتين في الزوج (ASCE 7-05/16.1.3.2)). يجب أن تقيس المجموعة بحيث أن المتوسط Average لكل أطياف SRSS للمجموعات (الأزواج الأفقية) (ASCE 7-05/16.1.3.2) يجب أن لا يقل عن 1.3 مرة من القيم المقابلة على طيف الاستجابة التصميمي وذلك في مجال معين للدور بين  $T_1$  و  $0.2 T_1$  و  $1.5 T_1$  بأكثر من 10% . حيث أن  $T_1$  هو الدور الأساسي للمنشأ.

وفي (UBC97 /1631.6.1) فالتوسط يجب أن لا يقل عن 1.4 مرة من القيم المقابلة على طيف الاستجابة التصميمي وذلك في مجال معين للدور بين  $T_1$  و  $0.2 T_1$  و  $1.5 T_1$  .

#### (c) الكود النيوزيلندي [18],[19] New Zealand Standard:

يقدم الكود النيوزيلندي (Standards New Zealand, 2004a and 2004b) [18][19] الطريقة الأكثر تفصيلاً لاختيار السجل الزمني، كما أنه يقدم في الفقرة 5.5.1 شرحاً واسعاً حول الأدوار الأولية fundamentals وعن كيفية تطبيق هذه الطريقة. ينص الكود على وجوب استخدام ثلاثة سجلات على الأقل مقيسة باستخدام معاملي تقييم:  $k_1$  معامل تقييم السجل،  $k_2$  معامل تقييم المجموعة family.

تقييم السجلات باستخدام  $k_1$  بحيث يطابق طيف الاستجابة للسجل الزمني بعد ضربه بالمعامل طيف الاستجابة التصميمي الهدف على أن يكون الجذر التربيعي لمربع العلاقة (Recorded Spectrum / Target Spectrum) أصغر ما يمكن وذلك على مجال محدد للدور من  $T_1$  إلى  $1.3 T_1$  . ويطبق  $k_2$  للتأكد

من أن طاقة طيف الاستجابة لأحد السجلات على الأقل أكبر من طيف الاستجابة الهدف. ويجب أن يكون  $(1.0 < k_2 < 3.0)$ ,  $(0.33 < k_1 < 3.0)$ . وعندما لا تتحقق هذه المتطلبات يستبعد السجل من المجموعة.

#### (d) الكود الإيراني [16]: Iranian Standard

ينص الكود الإيراني (Iranian Code, 2007) في الفقرة 2.4.1.4.1 أنه يجب أن يتم استخدام ثلاثة أزواج من المركبات الأفقية للسجلات الزمنية للحركات الأرضية المناسبة على الأقل وفق ما يلي:

1. يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات والمسافات عن الصدع الجيولوجي وميكانيزمات مصادر زلزالية، تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلزال الأعظمي التصميمي).
2. يجب أن تنتمي هذه السجلات لمواقع ذات مواصفات جيولوجية و تكتونية و سيسمولوجية مشابهة للموقع المدروس وعلى وجه الخصوص خصائص تربة الموقع.

3. يجب أن تكون مدة سجلات الحركات الأرضية القوية مساوية لعشر ثوان على الأقل أو ثلاثة أمثال الدور الأساسي للمنشأ أيهما أكبر. ويمكن تقدير هذه المدة للزلزال اعتماداً على أية طريقة معروفة كطريقة توزيع الطاقة التراكمية Cumulative Energy Distribution Method.

وفي حال عدم توفر أزواج السجلات الزمنية المسجلة للحركات الأرضية الثلاثة المناسبة يمكن استعمال أزواج محاكاة مناسبة من السجلات الزمنية للحركات الأرضية. كما ينص الكود في الفقرة 2.4.1.4.2 على أنه:

- e. يجب تقييس كل سجل إلى قيمته الأعظمية، حتى تصبح القيمة العظمى فيه مساوية لتسارع الجاذبية g.
- f. يجب أن ينشأ طيف الاستجابة ذو التخامد 5% لكل زوج، وذلك من خلال طريقة SRSS الجذر التربيعي لمجموع مربعات، حيث يكون الطيف الوحيد Unique Spectrum لكل زوج قد أنشئ.
- g. يجب أن تقيس الحركات بحيث أن المتوسط Average لكل أطياف SRSS الخاصة بها يجب أن لا يقل عن 1.4 مرة من الطيف التصميمي المرجعي وذلك في مجال للدور بين  $0.2 T_1$  و  $1.5 T_1$ . حيث أن  $T_1$  هو الدور الأساسي للمنشأ.

h. معامل التقييس الناتج يجب أن يطبق على السجلات المقيسة بالخطوة a لتستخدم في التحليل الديناميكي.

#### (e) الكود السوري [20]: Syrain Standard

ينص الكود السوري (Syrian Arab Code, 2012) في الفقرة 5-6-1 على أن " يتم تنفيذ التحليل باستعمال التأريخ الزمني، لأزواج من المركبات المناسبة للتأريخ الزمني لحركة الأرض الأفقية التي يتم انتقاؤها وضبطها مما لا يقل عن ثلاثة أحداث زلزالية مسجلة. تكون التواريخ الزمنية الملائمة لهذا التحليل، لها مقادير للهزات والمسافات عن الصدع الجيولوجي وميكانيزمات مصادر زلزالية، تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية أو الزلزال الأعظمي التصميمي. وفي حال عدم توفر أزواج التواريخ الزمنية الثلاثة المناسبة لحركة الأرض والمسجلة زلزالياً، يمكن استعمال أزواج منمنجة (ممثلة صناعياً)، ومناسبة للتواريخ الزمنية لحركة الأرض. لكل زوج من مركبات الحركة الأفقية للأرض، يتم إنشاء العلاقة الممثلة للجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) المقابلة للطيف الذاتي للموقع المطور لتخامد (5%)، وذلك للمركبات الأفقية المعايير. يجب أن تعابير الحركات بحيث لا تقل القيمة الوسطية لطيف الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) عن (1.4) مرة من الطيف المطور بتخامد (5%) للزلزال الأساسي التصميمي، وذلك للدور التي تتراوح بين  $0.2T$  و  $1.5T$ . يجب تطبيق كل زوج من التواريخ الزمنية بشكل متزامن

على النموذج الرياضي، مع الأخذ بالحسبان تأثيرات الفتل. لإيجاد وتركيب العدد الكلي المطلوب. يتم لكل تحليل للمنشأة بالتأريخ الزمني، حساب كل مكون (بارامتر) له أهمية".

## النتائج والمناقشة:

نعرض فيما يلي نتائج الدراسة المقارنة لمتطلبات الكودات

### :The Comparative Study's Results Of The Code Requirements

- تتفق الكودات السالفة الذكر جميعها على وجوب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات M ومسافات عن الصدع الجيولوجي R وميكانيزمات مصادر زلزالية Sources Mechanisms، تتسجم بشكل معقول مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلزال الأعظمي التصميمي).
- يتميز الكود الإيراني بوضع اشتراط يتعلق بمدة الزلزال، حيث يشترط أن تكون مدة سجلات الحركات الأرضية القوية الحقيقية مساوية لعشر ثواني على الأقل أو ثلاثة أمثال الدور الأساسي للمنشأ أيهما أكبر. في حين يشترط الكود الأوروبي أن مدة السجلات الصناعية فقط يجب أن تكون أكبر من عشر ثوان، ويشترط الكود الأمريكي وجوب مكافئة المدة فقط للسجلات الصناعية و المحاكاة مع الحدث الزلزالي المتوقع.
- ينص الكود الإيراني على أنه يجب أن تنتمي السجلات لمواقع ذات مواصفات جيولوجية وتكتونية وسيسمولوجية مشابهة للموقع المدروس وعلى وجه الخصوص خصائص مشابهة لتربة الموقع المدروس. في حين ينص الكود النيوزلندي على أنه يجب أن تكون السجلات قد سجلت بواسطة محطات قياس موجودة في مواقع تملك خصائص تربة تتسجم مع خصائص تربة الموقع المدروس فقط. ولم تتطرق الكودات الباقية لهذا الموضوع أبداً (أي تحديد مواصفات لمواقع محطات تسجيل الزلازل).
- ينص الكود الأوروبي منفردا على أن القيمة المتوسطة لقيم أطيايف الاستجابة (المحسوبة من السجلات الزمنية المفردة) عند قيمة للدور مساوية للصفر يجب أن تكون أكبر من قيمة (PGA)  $a_g \cdot S$  في الموقع المدروس.
- تنص الكودات على وجوب أن يكون المتوسط Average لكل أطيايف SRSS الخاصة بالحركات الأرضية القوية ليس أقل من  $\alpha$  مرة من الطيف التصميمي المرجعي وذلك في مجال محدد للدور بين  $T_0$  و  $T_n$  (لاحظ الجدول (5-1))، حيث أن T هو الدور الأساسي للمنشأ. باستثناء الكود النيوزلندي حيث ينص على وجوب أن يقيس كل سجل باستخدام  $k_1$  معامل تقييس السجل حتى يطابق طيف الاستجابة الهدف وذلك على مجال الدور قيد الاهتمام. وبعد ذلك يقيس كل سجل من عائلة السجلات بواسطة معامل تقييس العائلة  $k_2$  ، الذي يطبق للتأكد من أن محتوى الطاقة لأحد السجلات على الأقل في العائلة يزيد على المحتوى الخاص بطيف التصميم على المجال المستهدف للدور.

جدول(5-1): مقارنة متطلبات الكودات بالنسبة لمجال الدور قيد الاهتمام وقيمة الانحراف المسموح  $\alpha$ .

Notice	$T_n$	$T_0$	$\alpha$	Code
$\alpha= 0.9$	2 T	0.2 T	0.9	Eurocode 8-1(buildings)
Nonlinear analyses	1.5 T	0.2 T	1.3	Eurocode 8-2(bridges)
$k_1, k_2$	1.3 T	0.4 T	●	New Zealand Standard
	1.5 T	0.2 T	1.4	Iranian Standard
	1.5 T	0.2 T	1.4	Syrain Standard

	1.5 T	0.2 T	1.4	U.S. Standard (UBC79)
By more than 10%	1.5 T	0.2 T	1.3	U.S. Standard (ASCE 7-05)

✓ من الواضح أن الكود النيوزلندي هو الأكثر تشدداً، فهو يقدم شرح تفصيلي لعملية الاختيار و التقييس، ويضع اشتراطات صارمة على معاملات التقييس ( $1.0 < k_2 < 1.3$ ) ، ( $0.33 < k_1 < 3.0$ ). يعود هذا إلى أن تلك المنطقة (نيوزيلاند) نشطة زلزاليا وتتوفر فيها قاعدة بيانات كبيرة نسبياً، مما يجعل من الاختيار أمراً ممكناً مهما صعبت الشروط. بينما يعد الكود الأوربي الخاص بالأبنية الأقل تطلبا بين الكودات ، فهو يمتلك القيمة الأقل للحد السفلي لعملية المطابقة  $\alpha = 0.9$ ، ولكنه يمتلك المجال الزمني الأطول للدور قيد الاهتمام ( $0.2 T - 2 T$ )، وتتقارب متطلبات الكودات الأمريكي و السوري و الإيراني.

قمنا بدراسة عدد من الأبحاث التي تتمحور حول اشتراطات الاختيار الموجودة في الكودات وأهمها ما أورده الباحث (Oyarzo,2008)[17] الذي قارن الكود النيوزلندي مع الكودين الأوربي والأمريكي. ومن أهم النتائج التي توصل إليها أن الكود النيوزلندي قدم الطريقة الأكثر تفصيلاً ولكن أكثرها تشدداً، كما أن هذه الطريقة تملك المدى الأقصر للمطابقة بين الكودات الثلاث، ولكن وبما أن هذا الكود يطالب بالقيمة العظمى دائماً في نتائج التحليل فإن النتائج النهائية متقاربة مع باقي الكودات. كما توصل الباحث (Iervolino, 2005)[14] إلى نتيجة أساسية أن هناك دليل ضعيف على ضرورة التقييد بشرط المسافة والقوة الوارد في جميع الكودات من خلال دراسة تأثير مجموعتين من السجلات إحداها مختارة بعناية وفق متطلبات الكود الأوربي والأخرى اختيرت عشوائياً. كما قدم الباحث (Iervolino, 2008)[13] شرحاً مفصلاً عن متطلبات الكود الأوربي الخاص بالأبنية وقام بالتحقيق من إمكانية تطبيق اشتراطات الكود للحصول على سجلات حقيقية من قاعدة البيانات الأوربية European Strong-motion Database (ESD). وتم الحصول على مجموعتين من السجلات إحداها سجلات تمت عليها عملية تقييس وهي المجموعة التي طبقت طيف التصميم بشكل أفضل كما استنتج الباحث.

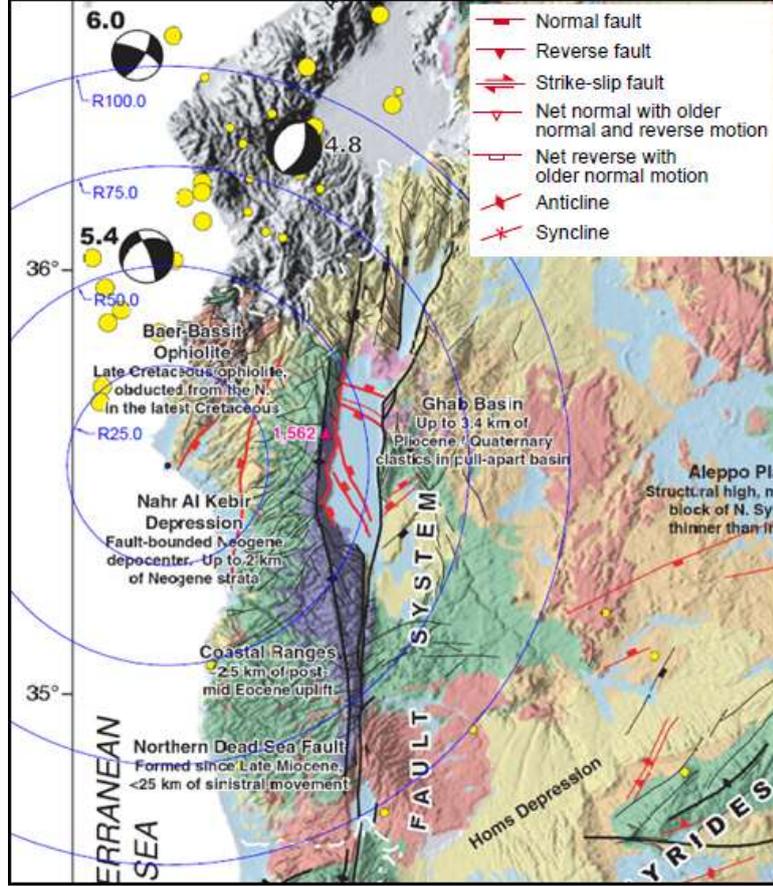
كما قمنا بإجراء تطبيق عملي باعتماد منهجين في عملية الاختيار، الأول يعتمد حدود الكود الأمريكي من ناحية الحد السفلي لعملية المطابقة وحدود الدور قيد الاهتمام، والذي يتشابه مع السوري والإيراني، والمنهج الثاني يعتمد حدود الكود الأوربي. ذلك بهدف اختبار المتطلبات السابقة وإمكانية استخدامها ومدى فعاليتها في اختيار السجلات اللازمة لعمليات التحليل بالسجل الزمني باستخدام المعطيات المتوفرة لدينا.

#### الحالة المدروسة Case Study:

تقع منطقة الدراسة في مدينة اللاذقية (Long: 35.78; Lat: 35.54) شمال غرب سورية ضمن الجزء الشمالي الغربي للصفحة العربية، جنوب شرق منطقة الانتقاء للصفائح التكتونية الثلاث الإفريقية والعربية والأناضولية والمعروفة باسم (Maras Triple Junction) (Dubertret, 1970)[9].

■ ولتحديد آلية (ميكانيزمات) المصادر الزلزالية تم الرجوع إلى عدة دراسات مرجعية أهمها الدراسة المقدمة من قبل الباحث (Graham, 2001)[11] التي أفادت أن مدينة اللاذقية تتأثر بعدد من الصدوع الموضحة بالشكل (6-1) والتي يمكن تصنيفها بين صدوع مقلوبة وصدوع انزياح جانبي وصدوع عمودية. تتطابق هذه المعلومات مع الدراسة التي أوردها الباحث (Hatem, 2012)[12] عند إعادة تقييم الخطر الزلزالي في سوريا والذي حدد المصادر الزلزالية التي تؤثر على الساحل السوري بالتالي:

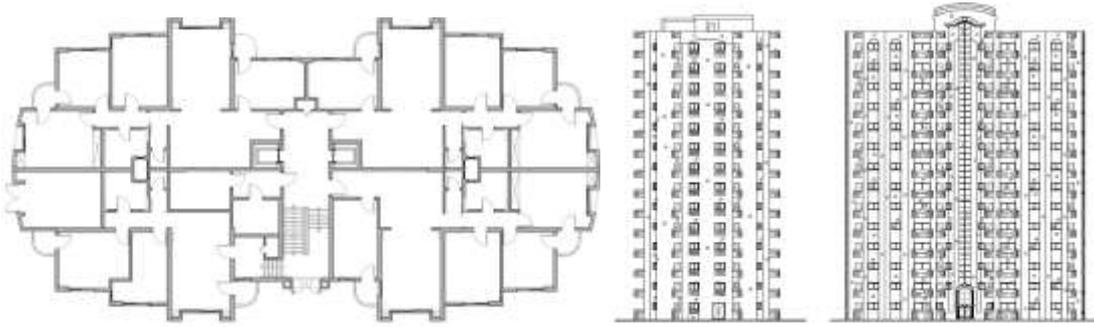
- 1- (Mediterranean Fault) صدع تداخل Thrust بين صفيحتين قاريتين (تصادم).
- 2- (Yamona Fault) والذي يتكون من صدعين صدع انزياح جانبي و صدع عمودي
- 3- (Al-Ghab Fault) وهو صدع انزياح جانبي يساري. 4-(Alepo Fault System) صدع عمودي.



الشكل (6-1): الخارطة التكتونية لسوريا (Graham, 2001) [11] خصوصا الصدوع القريبة من مدينة اللاذقية.

كما حددنا مجال القوة والمسافة للزلازل التي سيتم اختيارها انطلاقاً من نفس الدراسة (Hattem, 2012) [12] وفق ما يلي:  $M [4.5, 7.5]$  and  $R [0 \text{ km}, 100 \text{ km}]$ .

✓ قمنا باختيار أحد نماذج الأبنية لمشروع الاذخار السكني في مدينة اللاذقية، و تم حساب قيمة الدور للنموذج المكون من 14 طابقاً وبمساحة طابقية تبلغ  $600 \text{ m}^2$  والذي يظهر في الشكل (6-2) بإجراء التحليل النمطي Modal Analyses للنموذج باستخدام برنامج ETABS، فتبين أن الدور الأساسي للنموذج وفق الاتجاه الأخطر هو  $T = 0.86 \text{ sec}$  ومجال الدور قيد الاهتمام الذي سيستخدم في عملية المطابقة يتراوح من  $0.17 \text{ sec}$  إلى  $1.29 \text{ sec}$  وفق حد سفلي (لا يقل الطيف المتوسط عنه)  $\alpha = 1.4$  حسب الكود الأمريكي كما يبين الشكل (6-3)، ومن  $0.17 \text{ sec}$  إلى  $1.72 \text{ sec}$  وفق حد سفلي  $\alpha = 0.9$  حسب الكود الأوربي.



الشكل (6-2): الواجهات الجانبية والمسقط المعماري للنموذج المكون من 14 طابق ومساحة طابقية  $600 \text{ m}^2$ .

✓ تم حساب الطيف التصميمي لمدينة اللاذقية باحتمالية حدوث 10 % خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة حسب ملحق الكود السوري [20] من أجل المعاملات:

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

حيث إن 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.

اعتمدت قاعدة البيانات الأوروبية (ESD) European Strong-motion Database والتي تحتوي على 1383 سجل زلزالي (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](http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm)).

و قاعدة البيانات التي تحتوي على 467 سجل زلزالي: (SIMBAD) وهي متوفرة على الموقع الإلكتروني: (<http://www.reluis.it/>).

✓ أجريت عملية الاختيار باستخدام برنامج REXEL [15] الذي يمكن بواسطته إنشاء طيف الاستجابة التصميمي وفق عدة كودات أحدها الكود الأميركي ASCE 7-05، كما يمكن إدخال طيف استجابة خاص من قبل المستخدم. وبناء على هذا الطيف يمكن للبرنامج البحث ضمن قاعدة البيانات عن مجموعة من سبعة سجلات بحيث يكون الطيف المتوسط لها محققاً لاشتراطات الكود المستخدم.

✓ عملنا على إدخال المعطيات المناسبة وإجراء عملية البحث بشكل متكرر بمرعاة حدود الكود الأميركي أولاً من حيث مدى الدور قيد الاهتمام لعملية المطابقة والحد السفلي لها للحصول على المجموعة الأولى من السجلات، وثانياً بمرعاة حدود الكود الأوربي (أيضا مدى الدور والحد السفلي) للحصول على المجموعة الثانية. إضافة إلى مجموعة من الاشتراطات المقترحة والتي يمكن إضافتها إلى كلتا المجموعتين والواردة أدناه:

- قبول السجلات التي سجلت بواسطة محطات قياس موجودة في مواقع تملك خصائص تربة تتسجم مع خصائص تربة الموقع المدروس ( $S_c$ ) من خلال الاعتبار لسرعة أمواج القص VS30 واستبعاد الأخرى.

- قبول السجلات ذات المدة المساوية لعشر ثوان على الأقل والأكبر من ثلاثة أمثال الدور الأساسي لدينا.

- أن تكون القيمة المتوسطة لقيم أطيف الاستجابة (المحسوبة من السجلات الزمنية المفردة) عند قيمة للدور مساوية للصفر أكبر من قيمة  $a_g \cdot S ( \text{PGA} ) = 0.41$  في الموقع المدروس.

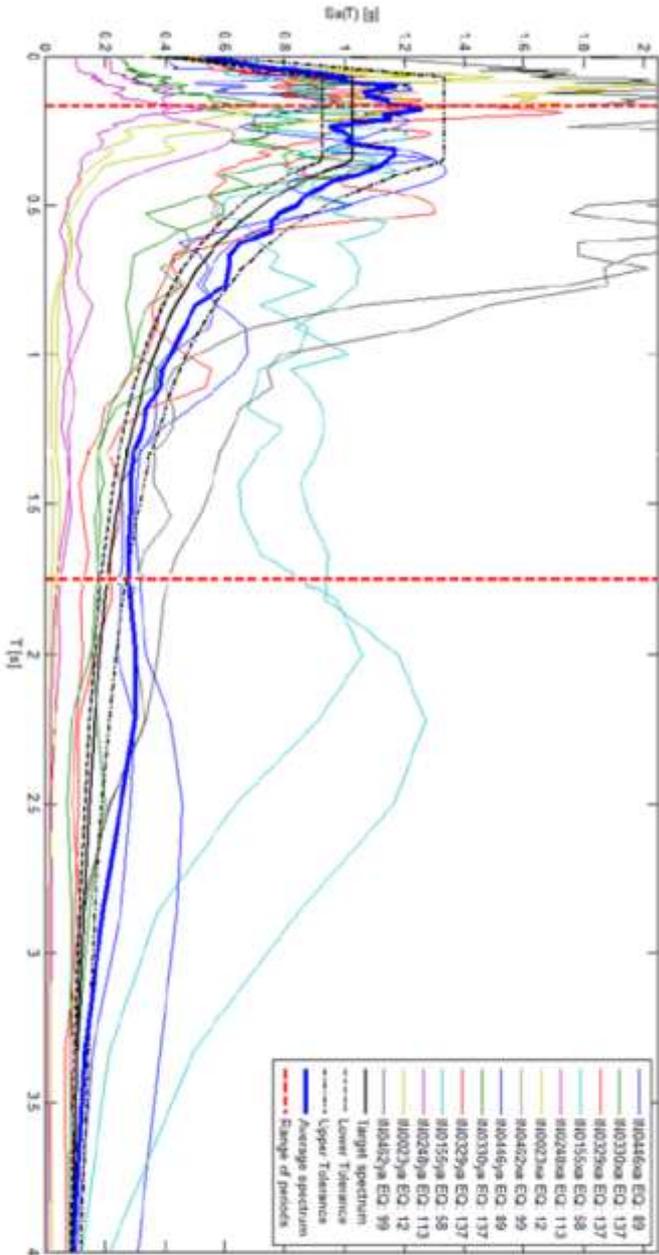
-أخيراً اقترحنا تحديد الحد العلوي لعملية المطابقة بـ  $(\alpha + 0.4)$  من قيمة الطيف الهدف، فلا يقل الطيف المتوسط عن  $\alpha$  مرة من الطيف التصميمي ولا يزيد عن  $\alpha + 0.4$  منه، وهذا بشكل منطقي حتى يتم تجنب اختيار سجلات ذات أطياف كبيرة المطال وبالتالي المغالاة في القوى الناتجة عن عملية التحليل.

#### ✓ نتائج عملية الاختيار:

المجموعة الأولى الموضحة في الشكل (4-6) ناتجة عن التقييد بحدود الكود الأمريكي وممثلة بواسطة أطياف الاستجابة، ومعرفة بالجدول (1-6) الذي يبين اسم الحدث الزلزالي ورقم السجل ورقم المحطة التي سجل فيها بالإضافة لمعلومات أخرى كالقوة والمسافة ونوع التربة والتسارع الأرضي الأعظمي لكلا المركبتين. ننوه إلى أننا وجدنا صعوبة في إيجاد السجلات المطلوبة بسبب ارتفاع الحد السفلي في عملية المطابقة  $\alpha = 1.4$ . وبالتالي قد نحتاج إلى عملية تقييم للسجلات للحصول على العدد المطلوب في مواقع أخرى ذات أطياف أكبر في المطال.

والمجموعة الثانية موضحة في الشكل (5-6) والجدول (2-6) وفق حدود الكود الأوربي. وهي واحدة من عدة مجموعات محققة لهذه الحدود استطعنا الحصول عليها بسبب انخفاض قيمة الحد السفلي  $\alpha = 0.9$ .





الشكل (6-5): متوسط أطيف المجموعة الثانية من الزلازل (4 مركبة لسبعة زلازل) ، الحد العلوي و السفلي لتطيف الهدف ضمن مجال التور قيد الاستخدام.

جدول (6-2): المجموعة الثانية من الزلازل Eurocode 8.

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	lateral Distance	PGA_X [m/s <sup>2</sup> ]	PGA_Y [m/s <sup>2</sup> ]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	Site class	PGA [g]
446	89	EC05	Imperial Valley	1979_October_15	6.5	strike-slip	27.68	3.7123	5.0909	0.90498	0.46864	C	0.51895
330	137	DSLC	Darfield	2010_September_03	7.1	strike-slip	13.31	2.3292	2.508	0.53278	0.33198	C	0.255657
329	137	DEHS	Darfield	2010_September_03	7.1	strike-slip	9.06	4.9607	4.7367	0.29004	0.3831	C	0.505678
155	58	NI6018	Off 5 Niigata Prefecture	2007_July_16	6.6	reverse	21.28	5.1173	6.6536	0.84018	1.0726	C	0.678247
248	113	NGND01	NORTHERN NAGANO PREF	2011_April_11	5.4	strike-slip	21.37	2.0874	0.98814	0.11645	0.051754	C	0.212783
23	12	SMND03	W Tottori Prefecture	2000_October_06	6.6	strike-slip	25.47	3.2551	4.8629	0.075749	0.17895	C	0.495708
462	99	ST_24436	Northridge	1994_January_17	6.7	reverse	5.39	17.4495	9.7116	1.1283	0.77545	C	1.778746
mean:					6.57143		17.6514286	5.558785714	4.93977143	0.555497	0.466067714	C	0.63511

## الاستنتاجات والتوصيات:

اعتماداً على ما تقدم من الدراسة المرجعية السابقة المتضمنة دراسة اشتراطات الكودات المختلفة وعلى نتائج الدراسة التحليلية للتطبيق العملي توصلنا إلى عدة نتائج أهمها:

1. يمتلك الكود الأميركي ومثله الإيراني والسوري حداً سفلياً لعملية المطابقة كبير نسبياً  $\alpha = 1.4$  مقارنة بالكود الأوربي. مما يجعل من الصعب الحصول على السجلات المناسبة في بعض الحالات (حالات أطراف التصميم ذات المطالات العالية) كما تبين لنا أثناء عملية اختيار السجلات للمثال التطبيقي الوارد في البحث.

2. انعكس ارتفاع الحد السفلي لعملية المطابقة للكود الأميركي على ارتفاع القيمة لكل من القيمة المتوسطة للقوة  $M = 6.8$  و القيمة المتوسطة التسارع الأعظمي التصميمي ( $PGA = 0.74$ ) كما ورد في الجدول (1-6).

3. تزداد الصعوبة في إيجاد السجلات كلما ارتفعت قيمة الدور الأساسي للمنشأ بسبب الحاجة لسجلات ذات قوة كبيرة جداً، فالزلازل ذات القوة الكبيرة يمتلك الدور المسيطر الكبير كما ذكرنا في الفقرة 2. وبالتالي قد نضطر إلى إجراء عملية تقييم على بعض السجلات للحصول على العدد المطلوب.

4. لاحظنا أن عملية الاختيار أنتجت سجلات ذات أطراف كبيرة المطال عند عدم التقييد بحد علوي لعملية المطابقة مقابل للحد السفلي  $\alpha$  مما يؤدي بالنتيجة إلى المغالاة في القوى الناتجة عن عملية التحليل. فمن الاقتصادي أن يتم التخفيف من التقدير الزائد للطيف.

ومن الجدير بالذكر أن جميع الكودات تتفق على أن السجلات الزمنية المطلوبة يجب أن تملك قوة زلزالية للهزات  $M$  ومسافات عن الصدع الجيولوجي  $R$  وميكانيزمات مصادر زلزالية Sources Mechanisms ، تتسجم بشكل معقول مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلازل الأعظمي التصميمي). وبالتالي وبعد تحقيق هذه الشروط يمكن استخدام السجلات الزلزالية في عملية التحليل من أجل موقع معين بغض النظر عن الموقع الجغرافي للأحداث الزلزالية التي أنتجت تلك السجلات في العالم، فقد سمحت جميع الكودات باستخدام سجلات تنتمي إلى مواقع تكتونية مختلفة ولكن بمواصفات تكتونية مماثلة للموقع المدروس ولم تتقيد بالمنطقة نفسها كما تبين من جميع الدراسات المرجعية.

نقترح إضافة الاشتراطات التالية إلى المتطلبات الموجودة في الكود السوري:

- أن تكون السجلات قد سجلت بواسطة محطات قياس موجودة في مواقع تملك خصائص تربة تتسجم إلى حد معقول مع خصائص تربة الموقع المدروس من خلال الأخذ في الحسبان سرعة أمواج القص  $VS_{30}$ .
- أن تكون مدة السجلات مساوية لعشر ثوان على الأقل أو ثلاثة أمثال الدور الأساسي للمنشأ أيهما أكبر.
- وضع حد أعلى لعملية مطابقة الطيف مساوية لـ  $(0.4 + \alpha)$  مثلاً من قيمة الطيف الهدف. أي تحديد مجال المطابقة بـ  $(0.4)$  من قيمة الطيف الهدف لتكون عملية المطابقة ضمن المجال  $((\alpha), (\alpha+0.4))$  فلا يقل الطيف المتوسط عن  $\alpha$  مرة من الطيف التصميمي ولا يزيد عن  $\alpha + 0.4$ .

### التوصيات:

✓ نوصي بدراسة إمكانية خفض الحد السفلي  $\alpha$  في عملية المطابقة لتكون متوسطة القيمة بين الكودين الأميركي والأوربي الخاص بالأبنية، علماً أن الكود الأوربي يفرق بين قيمتين للحد السفلي إحداها خاصة بالأبنية والثانية خاصة بالجسور كما ورد في الجدول (1-5).

- ✓ نوصي بدراسة تأثير وجود الحد العلوي في عملية المطابقة بشكل أدق لتحديد القيمة المناسبة من خلال دراسة تحليلية لعدد من المنشآت.
- ✓ ورد في جميع الكودات ضرورة إجراء عملية تقييس للسجلات الزمنية لتتطابق طيف الاستجابة التصميمي في حال عدم توفر السجلات ذات الأطياف المطابقة له. نوصي بأن تجرى دراسة تحليلية على عدد من المنشآت لاختيار عملية التقييس الأنسب.

### المراجع:

- [1]. Abrahamson, N. A. and 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]. Bommer, J. J., and Ruggeri, C. The specification of acceleration time-histories in seismic design codes, European Earthquake Engineering 16(1), 2002,3-17.
- [4]. Bommer, J. J., Acevedo, A. B. and Douglas, J., The Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms for Use in Seismic Design and Assessment, Proceedings of ACI International Conference on Seismic Bridge Design and Retrofit, American Concrete Institute.2003.
- [5]. Bazzurro, P., and Cornell, C. A. Disaggregation of seismic hazard, Bulletin of the Seismological Society of America 89,1999, 501-520.
- [6]. Cornell, C. A. On earthquake record selection for nonlinear dynamic analysis, The Esteva Symposium, Mexico.2005,pp65.
- [7]. CEN [2003] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Final Draft prEN 1998, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [8]. CEN [2005] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 2: Bridges, Final Draft prEN 1998-2, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [9]. 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.
- [10]. Graizer V. Kalkan E. Prediction of Response Spectral Acceleration Ordinates based on PGA Attenuation, Earthquake Spectra, Vol. 25, No. 1,2009, pp. 36 – 69.
- [11]. Graham Brew and Muawia Barazangi, Tectonic and Geologic Evolution of Syria GeoArabia, Vol. 6, No. 4, 2001 Gulf PetroLink, Bahrain 573
- [12]. Hatem M. El Ssayed<sup>1</sup>, Hussam E. Zaineh<sup>2</sup>, Draji Dojcinovski<sup>3</sup>, Vladimir Mihailov<sup>3</sup>. 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>>
- [13]. Iervolino I., Maddaloni G., Cosenza E. (2008). Eurocode 8 compliant real record sets for seismic analysis of structures. Journal of Earthquake Engineering, 12(1):54-90.
- [14]. Iervolino I., Cornell C.A. . Record selection for nonlinear seismic analysis of structures. Earthquake Spectra, 21(3):2005,685-713.
- [15]. Iervolino I, Galasso C . REXEL 2.31 beta—tutorial, 2009,available at: <<http://www.reluis.it/doc/software>>.

[16]. Iranian Code Of Practice For Seismic Resistant Design Of Buildings (Standard 2800-3rd edition) permanent Committee for Revising . The Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings (Standard 2800) BHRC Publication No. S – 465 1st print: 2007.

[17]. Oyarzo-Vera. “*comparison of record scaling methods proposed by standards currently applied in different countries*” . 2008.10/2011<[http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14\\_08-02-0033.pdf](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_08-02-0033.pdf)>

[18]. Standards New Zealand. (2004a). NZS 1170.5:2004 - Structural design actions. Earthquake actions., Wellington, New Zealand

[19]. Standards New Zealand. (2004b). NZS 1170.5:2004 - Structural design actions. Earthquake actions. Commentary, Wellington, New Zealand.

[20]. Syrian Arab Code – Appendix 2. Design And Check Of Seismic Resistant Buildings And Constructions. 2en Edition, Damascus, Syria, 2012, 254p.

[21]. UBC97 Uniform Building Code.

[22]. Y. M. Fahjan “procedures for real earthquake time histories scaling and application to fit Iranian design spectra” international institute of earthquake engineering and seismology (IIEES),2007. pp8.