

دراسة مقارنة الانتقالات الكلية لأبنية قائمة متعددة الطوابق تحت تأثير الزلازل باستخدام التحليل بسجلات زمنية صناعية متوافقة مع الكود السوري

د. نايل محمد حسن*

(تاريخ الإيداع 15 / 11 / 2016. قُبل للنشر في 16 / 1 / 2017)

□ ملخص □

يعتبر استخدام التحليل الستاتيكي المكافئ أو التحليل باستخدام طيف الاستجابة من أنواع التحليل المنتشرة حالياً على نطاق واسع بين المهندسين ومكاتب الدراسات لتحليل وتصميم الأبنية والمنشآت القائمة لمقاومة الزلازل، لكن تتطلب الإجراءات المعتمدة على الأداء لتقييم الأبنية القائمة والتصاميم الجديدة المقترحة للأبنية حسب مختلف الكودات العالمية ومنها الكود السوري، تحليل الاستجابة باستخدام مجموعة محددة من السجلات الزلزالية ليتم تحديد الاستجابة أو بارامترات الطلب الزلزالية (الانتقالات، الجهود الداخلية، تشوهات العناصر....)، وبالتالي التحقق من معايير الأداء المطلوبة. تحتاج سجلات الحركة الأرضية المختارة غالباً للتقييس أو التعديل لمستوى معتبر من الخطر الزلزالي لموقع محدد، ليتم تحديد بارامترات الطلب الزلزالية وبالتالي التحقق من معايير الأداء المطلوبة. تم في هذا البحث تقديم الدراسة المرجعية وإجراءات اختيار السجلات الزلزالية بما يتوافق مع متطلبات الكود السوري، وكذلك مراجعة أغلب طرائق تقييس السجلات الزلزالية. ثم دراسة الاستجابة الإنشائية من خلال مقارنة الانتقالات الكلية الناتجة عن التحليل باستخدام توابع التحريض وهي طيف الاستجابة والتقييس باستخدام التسارع الأعظمي والسجلات الصناعية في مجال الزمن ومجال التردد (التي سيتم توليدها بما يتوافق مع طيف الاستجابة السوري) من خلال إجراء 20 عملية تحليل كدراسة تطبيقية على نموذجين فراغيين (3D) لبنائين قائمين بما يتوافق مع المتطلبات الزلزالية لمدينة اللاذقية. بينت النتائج أن التحليل باستخدام السجلات الصناعية المتوافقة مع طيف الاستجابة السوري للحالات المدروسة يعطي انتقالات أقل بشكل ملحوظ منها في حالة التحليل باستخدام طيف الاستجابة والتحليل باستخدام السجل المقيس حسب التسارع الأعظمي.

الكلمات المفتاحية: طيف الاستجابة، السجل الزمني، توافقية الطيف، تقييس السجلات، اختيار السجلات، مجال الزمن، مجال التردد، الانتقالات.

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

Comparison study of total displacements of multi-story buildings subjected to earthquake using synthetic time-history records compatible with Syrian code

Dr. Nael Hasan *

(Received 15 / 11 / 2016. Accepted 16 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

Response spectrum analysis and equivalent static analysis is widely used by engineers and engineering offices to estimate buildings and structures response to earthquakes. But performance based procedures to evaluate buildings and new designs according to Syrian code and other international codes require response analysis using smallest of earthquake records, where we can estimate engineering demand parameters (EDPs)—floordisplacements, story drifts, member forces, member deformations, etc.—of buildings and special structures subjected to ground motions, consecutively to verify required performance criteria.

These records should be properly selected and scaled in compliance with site-specific hazard conditions to estimate (EDPs) and ensure that they verify “expected” median demands.

In this study, background, selection procedures compatible with Syrian code, and review of most scaling methods were introduced. The structural response was studied by comparing displacements due to response spectrum analysis, scaled records using PGA, and synthetic time histories records in time domain and frequency domain (generated according to Syrian response spectrum). Two three-dimensional models of real buildings in Lattakia city were used as study cases, the results obtained by 20 analysis processes. The results show that analysis using synthetic records compatible with Syrian code give noticeably less displacements estimates comparing with response spectrum analysis and analysis using records scaled by PGA scaling.

Keywords: Response spectrum, Time history, Spectrum matching, Record scaling, Record selecting, Time domain, Frequency domain, Displacements.

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

مقدمة

يعتبر استخدام التحليل الستاتيكي المكافئ أو التحليل باستخدام طيف الاستجابة من أنواع التحليل المنتشرة حالياً على نطاق واسع بين المهندسين ومكاتب الدراسات لتحليل وتصميم الأبنية والمنشآت القائمة لمقاومة الزلازل، لكن تتطلب الإجراءات المعتمدة على الأداء لتقييم الأبنية القائمة والتصاميم الجديدة المقترحة للأبنية حسب مختلف الكودات العالمية ومنها الكود السوري، تحليل الاستجابة باستخدام مجموعة من السجلات الزلزالية ليتم تحديد بارامترات الطلب الزلزالية وبالتالي التحقق من معايير الأداء المطلوبة. لا تتوفر السجلات الزمنية اللازمة للتحليل والتصميم في كثير من البلدان ومنها سوريا بسبب تأخر انتشار شبكات الرصد الزلزالي وعدم تسجيل حركات أرضية قوية، مما يتطلب إيجاد مصادر أخرى للحصول على سجلات زمنية يمكن استخدامها في التحليل بالسجل الزمني، يجرى عليها عمليات محددة لتناسب متطلبات الكود. يوصف الكود السوري (وأغلب الكودات العالمية) أطيايف الاستجابة التصميمية لتصميم الأبنية ويوصي بتقييس الحركات الأرضية المختارة التي تلائم التسارع الطيفي ضمن مجال الزمن المعبر للاستخدام في التحليل بالسجل الزمني للمنشآت.

تحتاج سجلات الحركة الأرضية المختارة غالباً للتقييس أو التعديل لمستوى معتبر من الخطر الزلزالي لموقع محدد، ورغم أن هذا الموضوع قد تم التطرق إليه من قبل الكثير من الباحثين لكن تبقى الكثير من التحديات، ولا يزال هذا الموضوع بحاجة لأبحاث أكثر في الوقت الحاضر خاصة عندما يتعلق الأمر بالبلدان النامية التي تفتقر لقواعد البيانات الزلزالية المحلية.

هناك إجراءات وطرائق متنوعة لتعديل حركة الأرض الزلزالية، لكن يعتبر التقييس حسب المطال (السعة) $amplitudescaling$ والمطابقة (الملائمة) الطيفية $spectrum\ matching$ أكثر الإجراءات استخداماً على نطاق واسع (Lilhanand and Tseng, 1988) [1]. في الطريقة الأولى للتقييس، يتم تعديل سعة (مطال) السجل فقط، بينما لا تعدل طريقة المطابقة الطيفية مطال السجل فقط بل أيضاً المحتوى الترددي ليتم ملائمة (مطابقة) طيف استجابة السجل مع طيف هدف $target\ spectrum$. الغرض من تعديل السجلات هو الحصول على تقديرات دقيقة وفعالة للاستجابة الإنشائية للأبنية حسب الموقع المدروس. يقود التنوع الكبير في بارامترات الطلب الزلزالي الهندسية للسجلات $engineering\ demand\ parameters$ (EDPs) إلى احتمال وجود شكوك (عدم دقة $uncertainties$) في التصميم ونقل مستوى الثقة، يجب على السجلات المعدلة أن تمثل بشكل جيد مستوى الطلب الهدف $target\ demand\ level$. بالتالي، يجب على طريقة التعديل الموثوقة (المعول عليها) أن لا تنتج فقط تقديرات دقيقة لكن أيضاً تقديرات فعالة لبارامترات الطلب الزلزالي الهندسية. لم تعدل المنهجيات المبكرة الحركات الأرضية المتوافقة مع الطيف السجل الحقيقي، لكن تم بدلاً من ذلك توليد حركات أرضية اصطناعية $artificial$ توافق مجال محدد من الترددات. وجد أن هذه المنهجية غير دقيقة وغير فعالة من أجل المنشآت التي تستجيب للمجال غير المرن (Naeim and Lew, 1995); [3] (Hancock et al. 2006) [2]. استعملت الحركات الأرضية المتوافقة مع الطيف المولدة بواسطة ضبط أطيايف مطال فوربيير على نطاق واسع في تصميم الأبنية، خاصة ما أجل المنشآت المعزولة قاعدياً

(Silva and Lee, 1987) [5]; (Rizzo et al. 1975) [4]. على الرغم من أن هذه الطريقة تملك جدوى (فائدة) استخدام حركات أرضية حقيقية، فقد وجد أن ضبط الحركات في مجال التردد يشوه السلاسل الزمنية للانتقال والسرعة، ويقود إلى حركات أرضية ذات محتوى ترددي غير حقيقي (Naeim and Lew, 1995) [2]. وكحل بديل في تعديل سجل الحركات الأرضية يتم إضافة موجات (موجات صغيرة wavelets) في مجال الزمن. قدم (Kaul M.K. (1978) [6] واحد من الأبحاث المبكرة في مجال تطوير الملائمة الطيفية في مجال الزمن، وتم تطويرها إلى مستويات تخامد متعددة بواسطة (Lilhanand and Tseng (1987) [7]. طور [8] (Abrahamson (1992) برنامج RspMatch اعتماداً على أفكار (Lilhanand and Tseng (1987). تم تطوير نسخة معدلة من هذا البرنامج سميت RspMatch2005 من قبل (Hancock et al. (2006) [3]. بعد ذلك قام (Al Atik and Abrahamson (2010) [10] and Grant (2013) [9] بتحديث هذا البرنامج؛ على كل حال، لا تتوفر كودات هذه البرامج بسهولة، ولم تستخدم بشكل مكثف في المراجع publications المتعلقة بالملائمة الطيفية. لقد تم اعتماد هذه الخوارزمية وتطويرها في برنامج [11] CSIETABS2015 لتقييم السجلات الزمنية وسيتم استخدامها في هذا البحث.

توصلت القليل من الأبحاث للتحقق من دقة طرائق الملائمة الطيفية في مجال الزمن للمنشآت التي تستجيب (تعمل) في المجال اللاخطي. كانت أغلب هذه الدراسات محدودة بالأنظمة وحيدة درجة الحرية SDF الخاضعة لمركبة component وحيدة من الحركة الأرضية. قدم (Juan C. REYES and others (2014) [14] دراسة الاستجابة اللاخطية لأبنية ثلاثية الأبعاد لأبنية وحيدة الطابق وأخرى من تسعة طوابق لمجموعات من سبع سجلات زمنية حسب إجراءات تقييم الحركات الأرضية بالكود الأمريكي ASCE7 وإجراءات المطابقة الطيفية SM. وتوصل الباحثون إلى أن المطابقة الطيفية تعطي تقديرات دقيقة عموماً وأدق من إجراءات الكود الأمريكي خاصة فيما يخص الانتقالات والعزوم في الجيزان.

قدم [15] (Causse and others (2013) دراسة حول توليد سجلات زمنية متوافقة مع الكود الأوربي EC8، بينت الدراسة أن عملية اختيار سجلات التسارع هي مكون أساسي في الهندسة الزلزالية. تم الحصول على سبع مجموعات من سجلات التسارع باستخدام تقنيات مختلفة تتبع لإرشادات الكود الأوربي، وتم تحليل تأثيرها على المنشآت اللاخطية والترب. وتوصلت الدراسة على أن استجابة المنشآت تعتمد على مجموعة سجلات التسارع المدخلة، وإن استخدام عدد أقل من سجلات التسارع (ثلاثة مثلاً) يعتبر كافياً لتقدير الاستجابة الوسطية للمنشآت.

سيتم في هذه المقالة مراجعة لإجراءات اختيار السجلات الزلزالية بما يتوافق مع متطلبات الكود السوري، وكذلك مراجعة أغلب طرائق تقييم السجلات الزلزالية. ثم ستجرى دراسة الاستجابة الإنشائية من خلال مقارنة الانتقالات الكلية الناتجة عن التحليل باستخدام توابع التحريض وهي طيف الاستجابة والتقييم باستخدام التسارع الأعظمي والسجلات الصناعية في مجال الزمن ومجال التردد. سيتم توليد سجلات صناعية في مجال الزمن ومجال التردد متوافقة مع طيف الاستجابة السوري لاستخدامها في التحليل الديناميكي. سيتم

إجراء 20 عملية تحليل كدراسة تطبيقية على نموذجين فراغيين (3D) لبنائين قائمين بما يتوافق مع المتطلبات الزلزالية لمدينة اللاذقية.

أهمية البحث وأهدافه

لم تعد إجراءات التحليل الزلزالي بالاعتماد على التحليل الستاتيكي وطيف الاستجابة مناسبة لكثير من الأبنية (خاصة غير المتناظرة)، اضافة إلى ذلك أنها لاتعطي فكرة عن السلوك والأداء الزلزالي الحقيقي. تتصح الكودات العالمية ومنها الكود السوري بدراسة سلوك الأبنية تحت تأثير الزلازل باستخدام التحليل بالسجل الزمني. لكن لاتتوفر السجلات الزمنية اللازمة للتحليل والتصميم في سوريا بسبب تأخر انتشار شبكات الرصد الزلزالي وعدم تسجيل حركات أرضية قوية، مع العلم أن المنطقة الساحلية تعرضت لزلازل مدمرة [38,39]. هناك قلة في البحوث العالمية وندرة في البحوث المحلية (لم يتوفر لدينا أي بحث محلي) التي تدرس استجابة الأبنية القائمة ذات النماذج ثلاثية الأبعاد باستخدام المطابقة الطيفية من أجل التحليل بالسجلات الزمنية الصناعية المتوافقة مع متطلبات الكود السوري.

يهدف هذا البحث إلى تقديم الدراسة المرجعية وإجراءات اختيار السجلات الزلزالية بما يتوافق مع متطلبات الكود السوري، وكذلك مراجعة أغلب طرائق تقييس السجلات الزلزالية. ثم دراسة الاستجابة الإنشائية من خلال مقارنة الانتقالات الكلية الناتجة عن التحليل باستخدام توابع التحريض وهي طيف الاستجابة والتقييس باستخدام التسارع الأعظمي والسجلات الصناعية في مجال الزمن ومجال التردد (التي سيتم توليدها بما يتوافق مع طيف الاستجابة السوري) من خلال إجراء 20 عملية تحليل كدراسة تطبيقية على نموذجين فراغيين (3D) لبنائين قائمين بما يتوافق مع المتطلبات الزلزالية لمدينة اللاذقية.

طرائق البحث ومواده

يعتمد البحث المنهج النظري التحليلي، حيث سيتم تقديم الدراسة المرجعية وإجراءات اختيار السجلات الزلزالية بما يتوافق مع متطلبات الكود السوري، وكذلك مراجعة أغلب طرائق تقييس السجلات الزلزالية. ثم سيتم اختيار نموذجين (3D) لبنائين فراغيين قائمين، وسيجرى التحليل النمطي لنماذج الأبنية والحصول على الدور الأساسي باستعمال برنامج CSI ETABS 2015، سيتم اختيار مجموعة من ثلاث سجلات زلزالية من قواعد البيانات العالمية للحركات القوية، وستجرى عملية توليد سجلات زمنية صناعية باستعمال طريقتي مجال التردد ومجال الزمن متوافقة مع طيف الاستجابة السوري عن طريق الإصدار الجديد من برنامج CSI ETABS 2015، ثم سيجري دراسة الاستجابة الإنشائية من خلال مقارنة الانتقالات الكلية الناتجة عن التحليل باستخدام توابع التحريض وهي طيف الاستجابة والتقييس باستخدام التسارع الأعظمي والسجلات الصناعية في مجال الزمن ومجال التردد من خلال إجراء 20 عملية تحليل كدراسة تطبيقية على نموذجين فراغيين (3D) لبنائين قائمين بما يتوافق مع المتطلبات الزلزالية لمدينة اللاذقية.

1 مصادر سجلات التسارع الزمنية Types of Accelerograms

هناك ثلاثة مصادر لسجلات التسارع الزمنية هي:

أ- **سجلات مسجلة من زلازل حقيقية earthquakes records Real**، يتم الحصول عليها من محطات شبكات الرصد الزلزالي المنتشرة عالمياً، تحوي كل خصائص حركة الأرض مثل السعة، التردد، محتوى الطاقة، المدة وخصائص الطور، كما أنها تعكس كل العوامل التي تؤثر على سجلات التسارع (خصائص المصدر، المسار، والموقع). لا تمثل بعض البارامترات مثل القوة magnitude، آلية حركة التصدع rupture mechanism، المسافة بين الموقع والمصدر وتصنيف الموقع، بشكل جيد، مما يصعب الحصول على السجلات المناسبة في بعض الظروف (Bommer and others (2003) [16]). يتم اختيار وتقييم سجلات الزلازل الحقيقية لتلائم طيف الاستجابة التصميمي لكود معين مع الأخذ بالاعتبار البارامترات السيسمولوجية والجيولوجية للموقع المحدد.

ب- **سجلات اصطناعية Artificial records**، يتم الحصول على السجلات الاصطناعية بحيث تلائم طيف استجابة هدف عن طريق الحصول على تابع الكثافة الطيفي للطاقة powerspectral density من طيف الاستجابة المصقول، ومن ثم اشتقاق إشارات جيبيية تملك ساعات وزوايا أطوار phase angles and amplitudes عشوائية. تجمع الحركات الجيبية بعد ذلك، ويمكن هنا اعتماد إجراء تكراري لتحسين ملائمتها مع طيف الاستجابة الهدف عن طريق حساب النسبة بين تراتيب (قيم) الاستجابة الهدف والفعلية عند ترددات مختارة، حيث يتم تصغير هذه النسبة لتحقيق الملائمة الأفضل. على الرغم من إمكانية الحصول على سجلات زمنية للتسارع تكون تقريباً متوافقة كلياً مع الطيف التصميمي المرين، فإن سجلات التسارع المولدة تملك غالباً عدد زائد من دورات cycles الحركة الأرضية القوية، وبالنتيجة قد تحوي أحياناً محتوى طاقة عالي غير واقعي (M. Fahjan, and Z. Ozdemir (2008) [17]).

ج- **السجلات الصناعية Synthetic Accelerograms**، يمكن الحصول على سجلات التسارع الصناعية من نماذج سيسمولوجية للمصدر تأخذ بالاعتبار تأثيرات المسار والموقع. وللحصول على سجلات صناعية يجب تعريف سيناريو زلازل محدد بدلالة القوة، آلية حركة التصدع، بالإضافة للشروط الجيولوجية ومكان الموقع. بشكل عام، يمكن أن لا تتوفر معظم هذه المعلومات، خاصة عند استخدام كودات التصميم الزلزالية [16].

2 اختيار السجلات الزمنية Selection of Time History Records

يعتمد اختيار سجلات الزلازل الحقيقية عموماً على طيف الاستجابة المرين وعلى سيناريو (منهجية) بالحد الأدنى من البارامترات هي القوة، المسافة وتصنيف الموقع. تشير معظم الكودات على أن يتم الاختيار على أساس بارامترات حركة قوية مثل التسارع الأرضي الأعظمي، السرعة الأرضية الأعظمية، والمدة لملائمة طيف استجابة تصميمي.

إن اختيار السجلات التي تملك قوة زلازل محددة مهم لأن القوة تؤثر بشكل كبير على المحتوى الترددي ومدة الحركة الأرضية. يكون اختيار السجلات التي تملك مسافات موقع صدع مهم خاصة للمواقع القريبة من

الصدع، لأن خصائص الحركات الأرضية القريبة من الصدع تختلف عن الحركات الأرضية الأخرى. تملك شروط الموقع تأثير رئيسي على الخصائص والمحتوى الترددي لتسجيلات الحركة الأرضية القوية. على الرغم من الحركات القوية تضخم في الترب الرخوة، فإن الحركات ذات التردد العالي تتخامد [17].

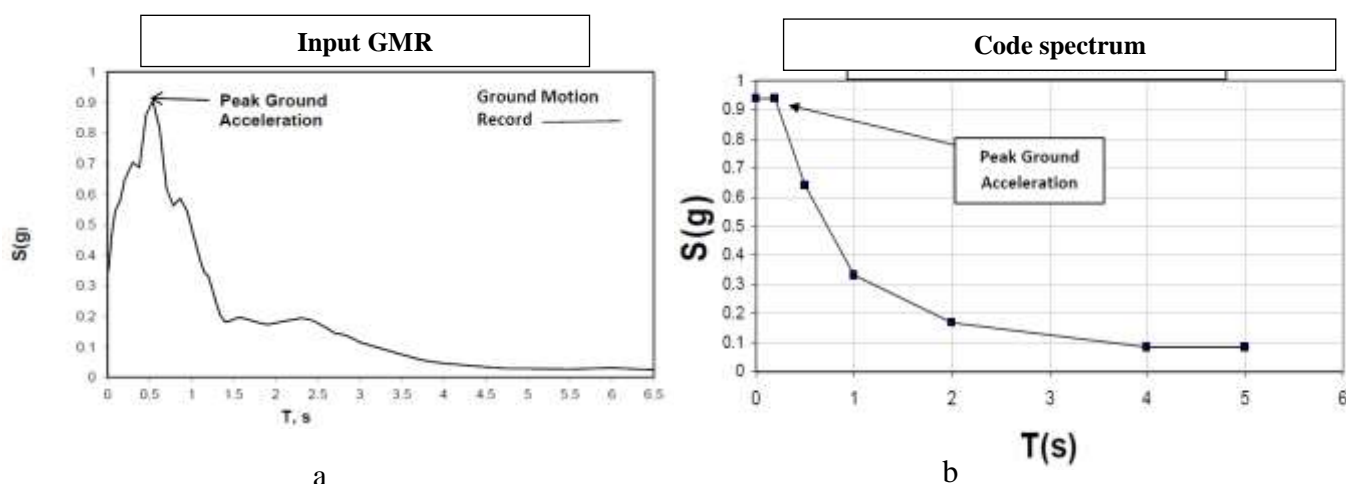
3 تقييس السجلات الزمنية المختارة Scaling of the selected GMRs

يتم في التحليل الديناميكي باستخدام السجل الزمني اختيار سجلات الحركة الأرضية (السجلات الزمنية GMRs) بحيث يكون السجل متوافق مع طيف الاستجابة التصميمي. توجد عدة طرائق لتقييس سجلات الحركة الأرضية للحصول على سجل يمثل سيسمولوجية seismicity الموقع كما تم التعبير عنه (تمثيله) في طيف الاستجابة التصميمي. تبين الفقرات التالية ملخص لأهم الطرائق الشائعة المستخدمة في تقييس أو اشتقاق سجلات حركات أرضية متوافقة مع طيف الاستجابة التصميمي.

6-1- التقييس باستخدام التسارع الأرضي الأعظمي PGA Scaling

يتم في هذه الطريقة تعديل سجل التسارع الأرضي المختار عن طريق ضربه بعامل مقياس scalefactor بحيث يتطابق التسارع الأرضي الأعظمي الناتج مع التسارع الأرضي الأعظمي الموافق لطيف الاستجابة الهدف للموقع المحدد، الشكل (1). يؤخذ على هذه الطريقة أنها لا تدخل المحتوى الترددي بالاعتبار. [22] Nau, J. and Hall, W. (1984). باعتبار PGA_{ds} التسارع الأرضي الأعظمي للطيف التصميمي، و PGA_{gmr} التسارع الأرضي الأعظمي للسجل المختار، يعطى عامل المقياس بالعلاقة التالية:

$$\text{scale factor} = \frac{PGA_{ds}}{PGA_{gmr}} \quad (1)$$

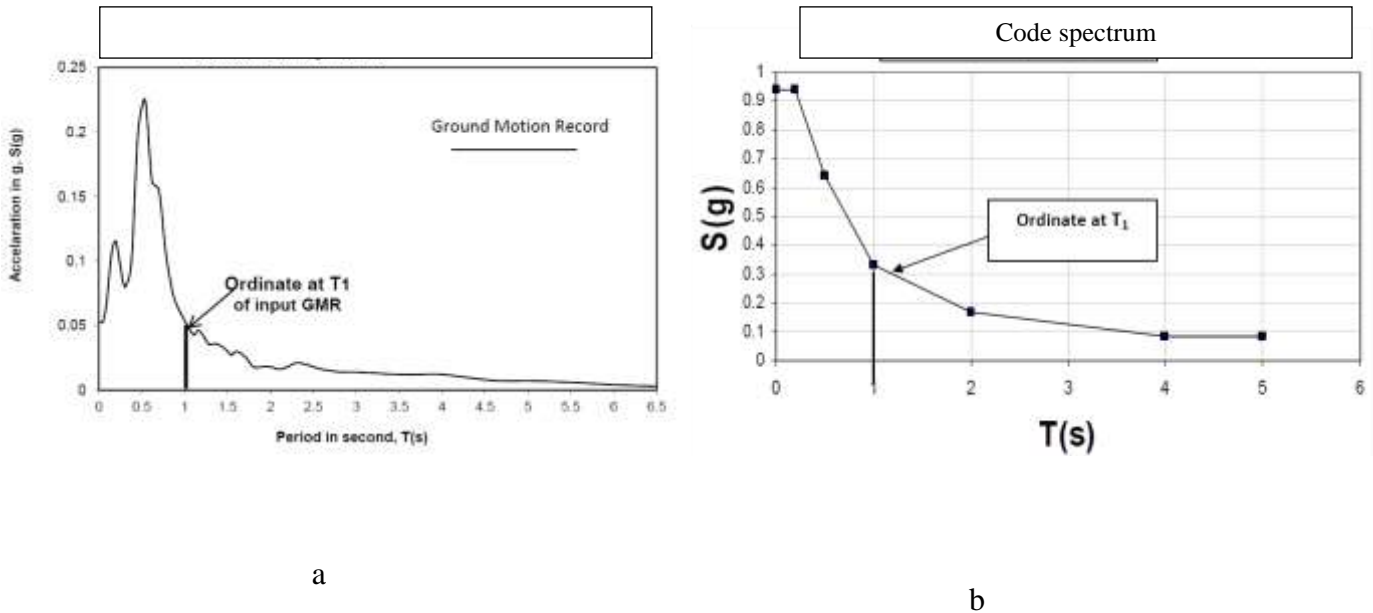


a - سجل التسارع الأرضي الأعظمي المختار
b - سجل التسارع الأرضي الأعظمي الموافق لطيف استجابة الكود
الشكل (1) التقييس باستخدام التسارع الأرضي الأعظمي PGA Scaling

2-6- التقييس باستخدام الدور الأساسي OrdinateScaling

يتم في هذه الطريقة تعديل سجل التسارع الأرضي المختار عن طريق ضربه بعامل مقياس scalefactor بحيث يتطابق التسارع الأرضي الناتج الموافق للدور الأساسي للمنشأ مع التسارع الأرضي الموافق لطيف الاستجابة الهدف لنفس الدور. تقل صلاحية هذه الطريقة في الأبنية العالية حيث يكون لأنماط الاهتزاز تأثير على الاستجابة الديناميكية (Kurama Y. and Farrow, K. (2003) [23]، الشكل (2)). باعتبار $T1_{ds}$ الدور الأساسي للمنشأ علنالطيف التصميمي ، و $T1_{gmr}$ الدور الأساسي للمنشأ على السجل المختار، يعطى عامل المقياس بالعلاقة التالية:

$$\text{scale factor} = \frac{T1_{ds}}{T1_{gmr}} \quad (2)$$



a - التسارع عند $T1$ على سجل التسارع الأرضي المختار
 b - التسارع عند $T1$ على الطيف التصميمي
 الشكل (2) التقييس باستخدام الدور الأساسي Ordinate Scaling

3-6- طرق تقييس أخرى Other Scaling Methods

اقترح الباحثون طرق تقييس أخرى لامجال للتفصيل بها ومنها:

1- التقييس بطريقة التربيع الأصغري Least Square Method المقترحة من قبل [24]

[25]. Somerville, P., Smith, N., و Somerville., P., N. C. Smith, and R. W. Graves, (1997)

Punyamurthula, S. and Sun, J., (1997)، حيث يتم ضرب سجلات التسارع المختارة بعامل مقياس

ينتج مجموع أخطاء (فروقات) أصغرية مثقلة weighted بين طيف استجابة سجل التسارع والطيف الهدف، الشكل (3). يعطى عامل المقياس المقترح لهذه الطريقة بالعلاقة التالية:

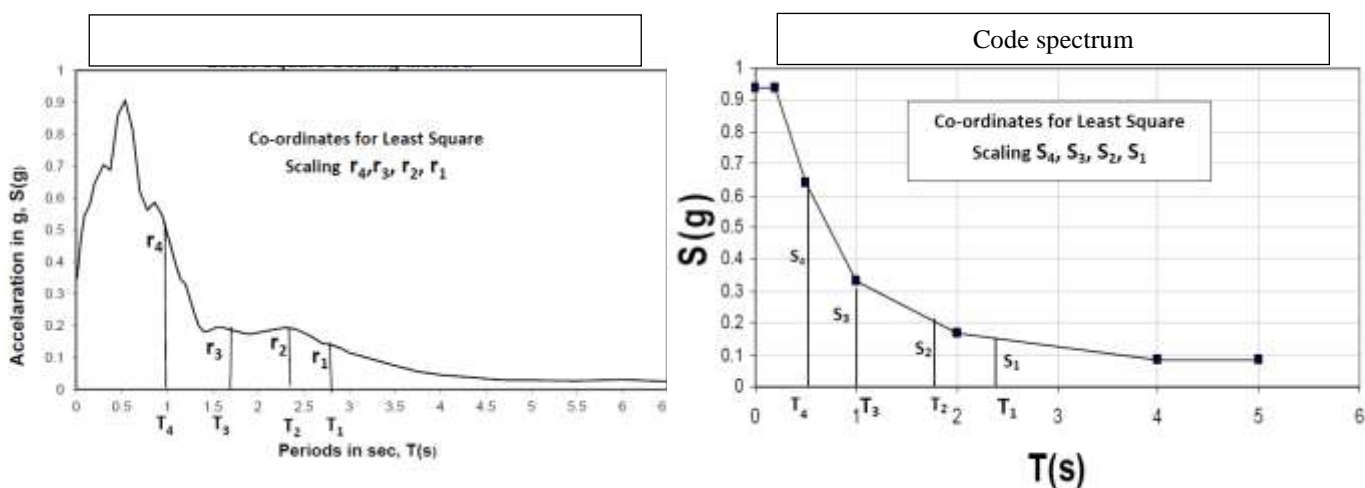
$$scale\ factor = \frac{0.6S_1r_1 + 0.6S_2r_2 + 0.6S_3r_3 + 0.6S_4r_4}{0.6r_1^2 + 0.6r_2^2 + 0.6r_3^2 + 0.2r_4^2} \quad (3)$$

2- التقييس بطريقة المنطقة الجزئية Partial Area Method المقترحة من قبل Naumoski [26].

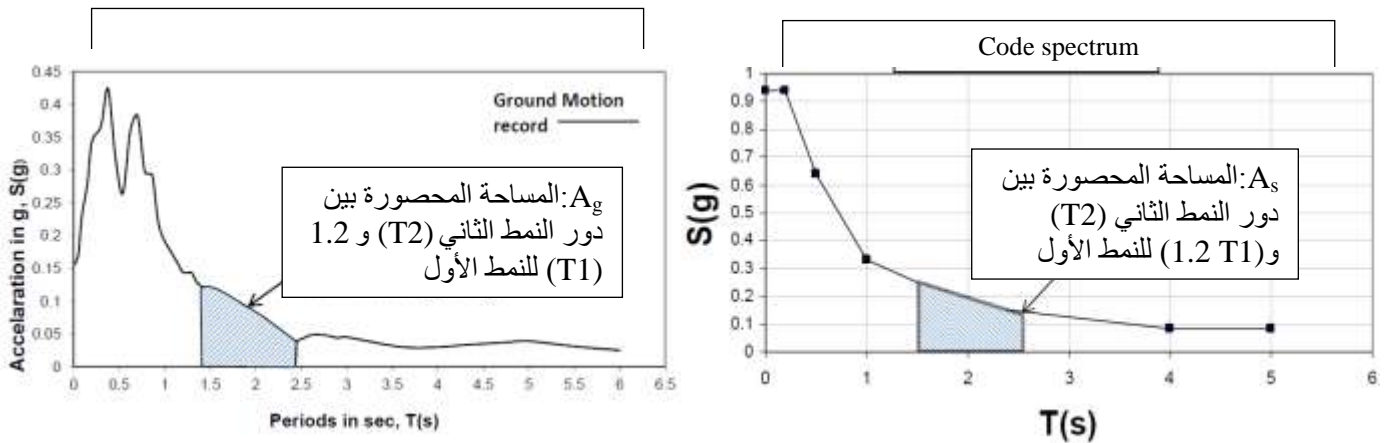
(2004) N., Saatcioglu M., and Amiri-Hormozaki K. حيث يتم ضرب سجلات التسارع المختارة بعامل مقياس يساوي النسبة بين المساحة المحصورة بين دور النمط الثاني (T2) و (1.2 T1) للنمط الأول من طيف الاستجابة الهدف AS، والمساحة المحصورة بين دور النمط الثاني (T2) و (1.2 T1) للنمط الأول من سجل التسارع المختار Ag، الشكل (4).

3- التقييس بطريقة المنطقة الكلية بين (0-2sec)PSaScaling Method المقترحة من قبل [26]

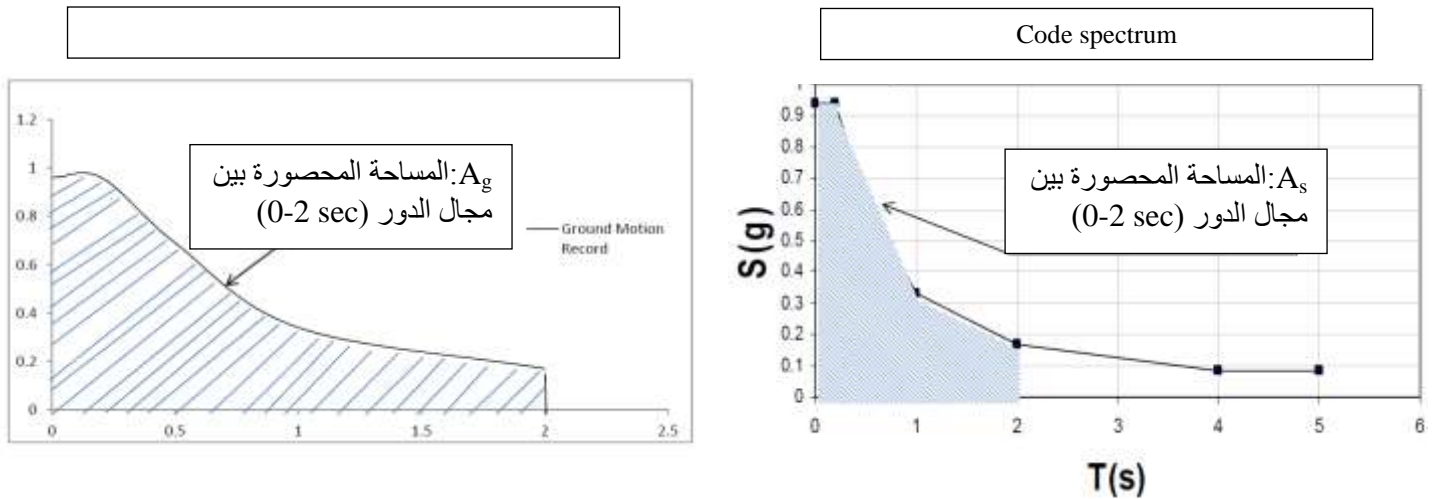
(2004) Naumoski N., Saatcioglu M., and Amiri-Hormozaki K. حيث يتم ضرب سجلات التسارع المختارة بعامل مقياس يساوي النسبة بين المساحة المحصورة بين مجال الدور (0-2 sec) من طيف الاستجابة الهدف AS، والمساحة المحصورة بين نفس مجال الدور من سجل التسارع المختار Ag، الشكل (5). هناك طرق أخرى كثيرة مقترحة من قبل الباحثين لامجال لذكرها، كما أن الكودات العالمية اقترحت طرائق مختلفة لاختيار وتقييس السجلات الزمنية. سيتم هنا التركيز على الإجراءات المقترحة من قبل الكود العربي السوري والمتوافقة مع بعض الكودات العالمية.



الشكل (3) التقييس بطريقة التربيع الأصغري Least Square Method



الشكل (4) التقييس بطريقة المنطقة الجزئية Partial Area Method



الشكل (5) التقييس بطريقة المنطقة الكلية PSaScalingMethod

4 توليد السجلات الزمنية باستخدام المطابقة الطيفية SpectralMatching

عندما نجري التحليل الديناميك للمنشآت فإننا نحتاج تحريض أو مدخلات زلزالية تمثل حركة الأرض. يعرف الدخل الزلزالي (المدخلات الزلزالية) في التحليل الديناميكي للمنشآت عادة بدلالة سجل زمني للتسارع (تتابع زمنية) يكون طيف الاستجابة له متوافق مع طيف استجابة هدف محدد من قبل الكودات. تم تطوير طرق متعددة لتوليد (انتاج) سجل زمني مرجعي بحيث يكون طيف الاستجابة له متوافق مع طيف هدف محدد [18,19,20] تسمى هذه السجلات بالسجلات الصناعية SyntheticRecords. لم يقدم الكود السوري إرشادات وإجراءات كافية للحصول على هذه السجلات سواء من ناحية اختيارها أو توليدها صناعياً.

7-1- التوافقية مع الطيف SPECTRUMCOMPATIBLE

يتطلب التحليل والتصميم المقاوم للزلازل للمنشآت بالسجل الزمني وجود حركات أرضية حقيقية. في أغلب الأحيان لا تتوفر سجلات حركات أرضية قوية في موقع محدد. حتى لو توافرت مثل هذه التسجيلات، لا

توجد قاعدة لتوقع أن زلزال مستقبلي سيولد نفس الحركة أو حركة أرضية مشابهة. هكذا يكون من الضروري توليد سجلات زمنية صناعية لموقع محدد من أجل التحليل والتصميم المقاوم للزلازل للمنشآت. على كل حال، توجد عدة شكوك في الحصول على مثل هذه السجلات الزمنية ويتطلب الأمر التغلب عليها بطريقة علمية وهادفة. تعتبر النقاط التالية نقاط مهمة عند تولد السجلات الصناعية لموقع محدد وهي: [32]

(2012) ParvathaneniSubash, S.Elavenil: شكل طف الاستجابة التصميمي، تسارع الدور الصفري (ZPA) zero period acceleration، مدة السجل، النهوض rise، زمن الحركة القوية والاضمحلال strong motion and decay time (تابع المغلف للسجل الزمني envelop function of time)، خصائص الطور للسجل phase characteristic، عدد التقاطعات الصفرية zero crossings، السرعة المشتقة الحقيقية والانتقالات الزمنية realistic derived velocity and displacement history.

2-7- توليد السجلات الزمنية باستخدام المطابقة الطيفية في مجال التردد Frequency Domain

تستخدم المطابقة الطيفية في مجال التردد سجلات حقيقية لتوليد (إنتاج) سجلات حركة مشابهة ثلاث (تطابق) بشكل تام طيف هدف (تصميمي). يتم في هذه الطريقة لفترة سجل حركة فعلية (حقيقية) في مجال التردد بواسطة نسبتها الطيفية مع طيف تصميمي هدف. يتم تعديل مطالاتفوربير الطيفية amplitudes لحركة أرضية معطاة بينما تبقى أطوار فوربير لها Fourier phases ثابتة (لا تتغير) خلال كامل الإجراء. يكون المحافظة على خصائص الطور مهم من أجل التحليل الديناميكي اللاخطي، وذلك لأن التحليل اللاخطي يمكن أن يكون حساس لطور السجل الزمني الذاتي. تطبق هذه الطريقة بشكل تكراري حتى يتم تحقيق المطابقة المرغوبة من أجل مجال محدد من الأدوار. كلما زادت نتائج عمليات التكرار تحققت توافقية أكبر مع طيف الاستجابة التصميمي الهدف (2007) Fahjan, Y.M., Ozdemir, Z. and Keypour, H. [21].

3-7- توليد السجلات الزمنية باستخدام المطابقة الطيفية في مجال الزمن Time Domain

يتم في هذه الطريقة من المطابقة الطيفية ضبط السجل الأصلي بشكل متكرر في مجال الزمن لتحقيق التوافقية مع طيف استجابة تسارع هدف عن طريق إضافة موجيات wavelets تملك مجالات دور محددة ومدد محدودة إلى سجل التسارع المعطى (الدخل). تضاف هذه الموجيات (موجات صغيرة) عند الأزمنة حيث يكون هناك مطالات مهمة في ذلك المجال من الدور في السجل الزمني. تحافظ هذه الطريقة على الخصائص الكلية للأطوار وعلى المحتوى الترددي للحركة الأرضية عندما يتغير الزمن (أي غير ثابت non-stationary) [27] Somerville, P. G. (1998). يملك كل سجل تم الحصول عليه طيف استجابة مرن متوافق (مع سماحية) مع الطيف الهدف. تم اقتراح هذا الإجراء أول مرة من قبل Kaul M.K. (1978) [6] وتم تطويره ليطلق بشكل متزامن أطيايف بقيم تخامد متعددة من قبل Lilhanand and Tseng (1987) [7]. على الرغم من أن هذا الإجراء أكثر تعقيداً من إجراء المطابقة الطيفية في مجال التردد فإنه يستطيع في أغلب الحالات المحافظة على السلوك غير الثابت للسجل الزمني المرجعي. طور Abrahamson (1992) برمجية تعتمد على

خوارزمية Lilhanand and Tseng التي تحافظ على السلوك غير الثابت للحركة الأرضية المرجعية لمجال أوسع من السجلات الزمنية.

5 -التحليل باستعمال طيف الاستجابة Response spectrum Analysis

هو تحليل ديناميكي مرن للمنشأة باستعمال القيمة العظمى للاستجابة الديناميكية (انتقالات، جهود داخلية، القص القاعدي....) لكافة الأنماط (الأطوار) التي لها مساهمة هامة على الاستجابة الإنشائية الكلية تتصح الكودات العالمية ومنها الكود السوري باستعمال هذا التحليل في ظروف محددة [28]. يعرف طيف الاستجابة بأنه مغلف الاستجابات القصوى لهزات ذات أدوار مختلفة، وبذلك يسمح طيف الاستجابة بعرض بياني للاستجابة الديناميكية العظمى بدلالة الدور الطبيعي للاهتزاز لمجموعة من الهزات المختلفة تحت تأثير مؤثرات (أحمال) زلزالية جانبية مطبقة عند قاعدة المنشأ [29] Z.F. Chen & E.M Lui (2006). يستخدم التحليل باستعمال طيف الاستجابة لتقدير استجابة الأنظمة الإنشائية الخطية ذات أنماط الاهتزاز المتعددة (الأنظمة متعددة درجات الحرية)، مع العلم أن أطيف الاستجابة تعتبر دقيقة فقط في المستويات المنخفضة للتخامد. ينجز التحليل النمطي ModalAnalysis لتعريف الأنماط، ويتم الحصول على الاستجابة في ذلك النمط من طيف الاستجابة، حيث تستعمل القيمة العظمى للاستجابة الديناميكية لكافة الأنماط التي لها مساهمة هامة على الاستجابة الإنشائية الكلية، ويتم حساب القيم العظمى لاستجابة الأنماط باستعمال الاحداثيات الرأسية لمنحني طيف الاستجابة المناسب والتي تقابل الفترات المقابلة للأطوار [28]. بعد ذلك تجميع (تراكب) هذه الاستجابة العظمى PeakResponse لتقدير الاستجابة الكلية. تعتبر طريقة التجميع (الترابك) النمطي باستخدام الجذر التربيعي لمجموع المربعات SRSS، وطريقة التجميع التربيعي الكامل CQC من الطرق الاحصائية الشائعة المستخدمة حالياً.

يعاني التحليل باستخدام طيف الاستجابة من بعض الانتقادات فهو محدود بالتطبيق على الأنظمة الخطية فقط، كما أنه يجب التعاطي بحذر مع نتائج الاستجابة الإنشائية عند تطبيقه على المنشآت غير المتناظرة. وقد نشر (2015) Ed Wilson [30] مقالة بين فيها سلبيات الطريقة وأوصى بإنهاء العمل بها، علماً أنه هو الذي اقترحها في عام 1962 مع RayClough كطريقة ديناميكية في التحليل الإنشائي.

6 -التحليل باستعمال السجل (التأريخ) الزمني Time History Analysis

يعرف التحليل باستعمال السجل (التأريخ) الزمني بأنه تحليل للاستجابة الديناميكية للمنشأة عند كل زيادة في الزمن وذلك عندما تخضع قاعدة المنشأة إلى حركة محددة للأرض لها تأريخ (تسجيل) زمني [28]. تعتبر طريقة التحليل باستعمال السجل الزمني الطريقة الأكثر شمولية في تحليل المنشآت تحت تأثير الحمولات الزلزالية وهي تصلح لكل أنواع المنشآت. يمكن استعمال التحليل باستخدام السجل الزمني كتحليل مرن (خطي) أو تحليل لامرن (لاخطي). يتم تطبيق السجل الزلزالي عند قاعدة المنشأة على شكل تابع يربط التسارع مع الزمن. يتم حساب استجابة المنشأ عند كل فترة زمنية (ثانية أو أقل) لكامل مدة الزلزال. تختلف هذه الطريقة عن طريقة التحليل باستعمال طيف الاستجابة لأنه يتم اعتبار تأثير الزمن. أي أنه يتم اعتبار الإجهادات (أو الجهود الداخلية) والتشوهات (أو الانتقالات) عند كل لحظة كشرط طرفي بدئي لحساب

الإجهادات (أو الجهود الداخلية) والتشوهات (أو الانتقالات) في الخطوة التالية. أكثر من ذلك، يسمح التحليل باستعمال السجل الزمني بإدخال اللاخطية التي تحدث عموماً خلال الزلزال وهذا لايتوفر في طريقة التحليل باستعمال طيف الاستجابة. بخلاف التحليل باستعمال طيف الاستجابة، لايتحتاج التحليل الخطي واللاخطي باستعمال السجل الزمني لطريقة محددة لتجميع الأنماط. بالتالي، تكون النتائج حقيقية (واقعية) وليست محافظة. تحتاج هذه الطريقة من الناحية النظرية لاستعمال مساهمة كلية للكتل $100\% \text{ massparticipation}$ لتوليد القوى الزلزالية الصحيحة. عادة، يطلب مساهمة فقط $90-95\%$ من الكتل في التحليل باستخدام طيف الاستجابة (يشترط الكود السوري مساهمة 90%). يمكن أخذ كل أنواع اللاخطية في هذا التحليل. ويكون هذا مهم جداً عندما يتطلب التدعيم الزلزالي تبديد للطاقة باستخدام خضوع (تلدن) العناصر أو الدوران اللدن للمفصل. على كل حال يتطلب تنفيذ هذه الطريقة استهلاك أكبر للوقت وإدخالات أكثر من طريقة التحليل باستعمال طيف الاستجابة. لايمكن ضمان صحة الإدخالات الزلزالية (توابع التحريض)، لذلك تتصح الكودات ومنها الكود السوري بإدخال ثلاثة أو سبعة سجلات زمنية مختلفة كتوابع تحريض [28,31].

7- التحليل الديناميكي واختيار وتقييم السجلات الزمنية حسب الكود السوري

ينصح الكود العربي السوري [28] وفي الحالات التي تستوجب ذلك خاصة الفقرة 1-6-5، بتنفيذ التحليل الديناميكي حيث ذكر أنه " 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 نمذجة (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 تعابر 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 للأدوار 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 وإذا تم تحليل لثلاثة تواريخ زمنية، فإن الاستجابة العظمى لكل ناتج موضوع الاهتمام، يجب استعمالها في التصميم وإذا تم تحليل المنشأة باستعمال ما لا يقل عن سبعة تواريخ زمنية، فيمكن أن يؤخذ في التصميم القيمة الوسطية لمكون (بارامتر) الاستجابة موضوع الاهتمام".

نلاحظ مما ذكر أعلاه أنه يوجد توافق في متطلبات الكود السوري بما يخص الاختيار والتقييم

بالمقارنة مع بعض الكودات الأخرى مثل الكود الأمريكي ASCE/SEI 41-06 والكود الإيراني

IranianCode2007.

8-دراسة تطبيقية لحالات أبنية واقعية قائمة Case Studies

للبحث في الاستجابة الديناميكية للأبنية تحت تأثير سجلات صناعية تم تقييسها بما يتوافق مع الكود العربي السوري تم اختيار بنائين قائمين واقعيين في مدينة اللاذقية: البناء الأول سكني برجى مكون من 9 طوابق والثاني سكني برجى مكون من 8 طوابق.

11-1- مواصفات البناء الأول

المبنى من البيتون المسلح تم تصميمه في عام 1987 أبعاده في المسقط $(25 \times 9.10)m$ يحوي شرفات من جهة واحدة في جميع الطوابق، يملك قبو وطابق نصابى ارتفاعه $2.5 m$ ، سماكة البلاطة المصمتة $14 cm$ ، يوجد تراجع بالمبنى عند الطابق الأرضي ثم ينتظم حتى الطابق الخامس ويملك تراجع في الطابقين السادس والسابع، النظام الإنشائي نواة و إطارات. يبين الجدول التالي بقية المواصفات.

الجدول (1) مواصفات البناء الأول

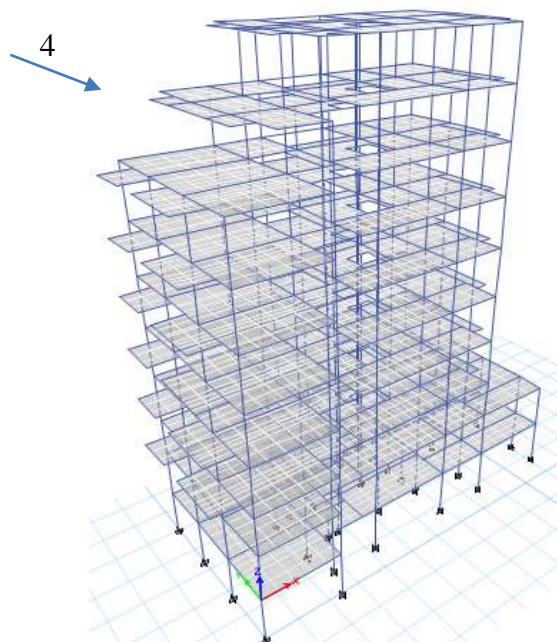
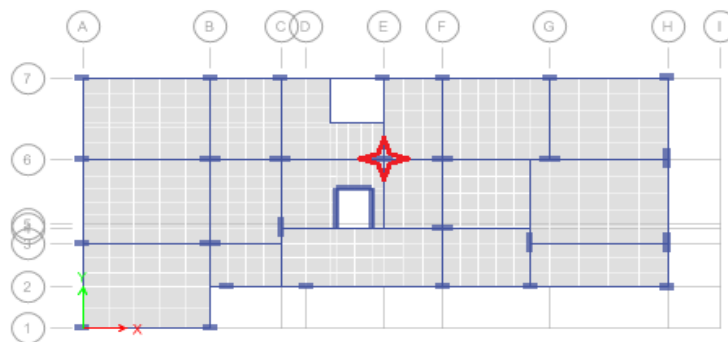
عدد الطوابق	عام التصميم	ارتفاع المبنى m	ارتفاع الطابق m	ارتفاع القبو m	المساحة الطابقية للأرضي m^2	المساحة الطابقية للطابق المتكرر m^2
9	1987	27.1	3.1	3	213	180

11-2- مواصفات البناء الثاني

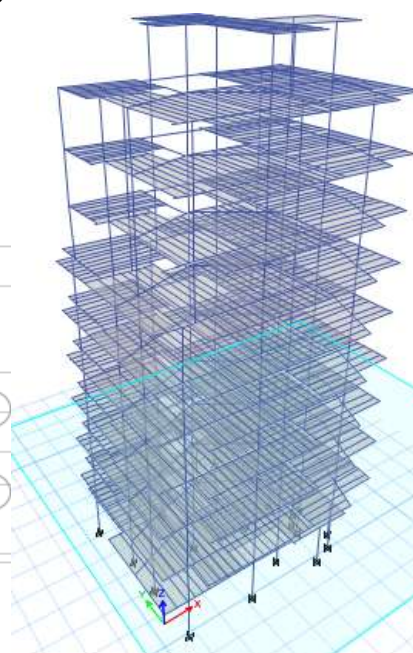
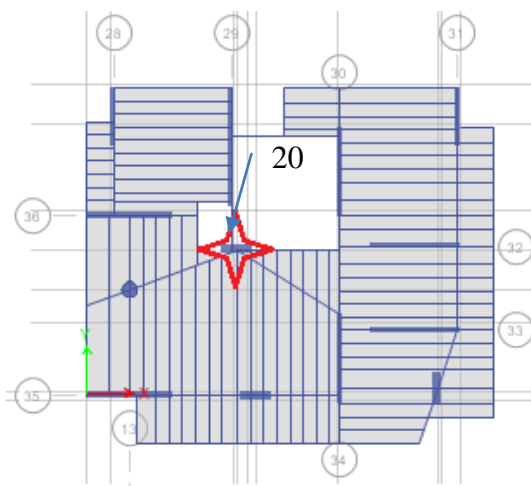
المبنى من البيتون المسلح تم تصميمه في عام 1993، أبعاده في المسقط $(14.85 \times 9.85)m$ يحوي شرفات من جميع الجهات حتى الطابق الخامس ثم تصبح من جهتين فقط من الطابق السادس حتى الثامن، يملك قبو ارتفاعه $2.95 m$ ، سماكة البلاطة المصمتة $14 cm$ ، النظام الإنشائي مختلط (جدران قص وإطارات). يبين الجدول التالي بقية المواصفات.

الجدول (2) مواصفات البناء الثاني

عدد الطوابق	عام التصميم	ارتفاع المبنى m	ارتفاع الطابق m	ارتفاع القبو m	المساحة الطابقية حتى الطابق الخامس m^2	المساحة الطابقية من السادس للثامن m^2
8	1993	28.5	2.75	3	150	125



الشكل (6) مسقط ومنظور البناء الأول



الشكل (7) مسقط ومنظور البناء الثاني

11-3- اختيار وتوليد السجلات الزمنية للحالات المدروسة

سمحت مراكز الأبحاث والهيئات والمنظمات العالمية التي تهتم بالدراسات الزلزالية بتوفير العديد من قواعد بيانات الحركات الأرضية، حيث يمكن أن تتوفر سجلات لزلزل محددة لدى قواعد بيانات متعددة. نذكر من قواعد البيانات هذه قاعدة البيانات الأوروبية (ESD) [33]، وقاعدة البيانات الأمريكية PEER [34] و قاعدة البيانات الإيطالية SIMBAD [35] ومشروع NGA [36]. تم في هذه البحث اعتماد قاعدة البيانات الأوروبية (ESD) والتي تحتوي على حوالي 1400 سجلاً زلزالياً (يتكون السجل مكون مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية) ليتم اختيار السجلات الزمنية. تم اختيار ثلاثة سجلات زلزالية تعود لزلزل مختلفة بما يتوافق مع اشتراطات الكود السوري. يبين الجدول (1) معلومات عن السجلات المختارة (رقم تعريف للمحطة المسجلة، رقم السجل، اسم الزلزال، القوة، التسارع الأرضي الاعظمي..).

أجريت عملية توليد السجلات الزمنية الصناعية بما يتوافق مع طيف الاستجابة السوري، باستعمال طريقتي مجال التردد TD ومجال الزمن FD. تم في البداية اختيار ثلاثة سجلات زمنية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري، وتم تحديد الدور الأساسي للأبنية المدروسة بإجراء التحليل النمطي Modal Analysis لها بهدف الحصول على مجال الدور المدروس، ثم تم تقييس السجلات باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييس TD و FD.

توجد برمجيات كثيرة تقدم حلول مختلفة لإجراءات التقييس ولكنها تفتقر للحل المتكامل، تمفي هذه الدراسة استعمال الإصدار الأحدث من البرنامج CSI ETABS 2015 لتوليد السجلات الصناعية في مجال التردد ومجال الزمن.

جدول (3) مجموعة السجلات الزلزالية المختارة

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA [m/s ²]
446	89	EC05	Imperial Valley	1979_October_15	6.5	strike-slip	27.68	5.0909
307	39	AI_010_BOL	Duzce	1999_November_12	7.1	strike-slip	36.1	8.1021
461	99	ST_24279	Northridge	1994_January_17	6.7	reverse	20.25	5.7838

<http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>
European Strong-Motion Data
m/s² units

11-4 التحليل الديناميكي الخطي لنماذج الأبنية المختارة

تم إجراء التحليل الديناميكي الخطي لنموذجي البنائين المختارين، وتم اسناد توابع الحمولة الزلزالية التالية من أجل إنجاز عمليات التحليل: 1- طيف الاستجابة المقابل للقيم $C_v = 0.3$, $C_a = 0.3$ وفق الكود UBC97 (الكود السوري)، 2- السجل الزمني لزلزال Northridge، 3- السجل الزمني لزلزال Duzce، 4- السجل الزمني لزلزال Imperial Valley. ثم تمتفيذ التحليل باستخدام CSI ETABS 2015 للنماذج باستخدام توابع التحريض كما يلي: 1- إجراء تحليل استاتيكي (qx) وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة الثانية لاستخدام نتائجها في عملية المعايرة لقوى القص القاعدي التي ينص عليها الكود UBC97 و الكود السوري، 2- إجراء تحليل ديناميكي باستخدام طيف الاستجابة كتاب تحريض (spx)، 3- إجراء تحليل ديناميكي باستخدام السجلات

الزمنية كتوابع تحريض بعد أن تمت معايرة السجلات لتطابق الطيف التصميمي للكود السوري في مجال الزمن وفي مجال التردد.

تم نمذجة العناصر الإطارية (الأعمدة والجيزان) كعناصر خطية، وجدران القص كعناصر سطحية، اعتبر الاتصال بين العناصر صلب (وهذه يراعي شروط النمذجة في Fema356) [37].
تم إجراء 19 عملية تحليل لكل بناء (38 عملية تحليل لكلا المنيين) باستخدام برنامج CSITABS2015، وتم دراسة الاستجابة الديناميكية عن طريق مقارنة الانتقال الكلي في الطابق الأخير، إضافة إلى الإجهادات في أحد أعمدة الطابق الأول من كل بناء.

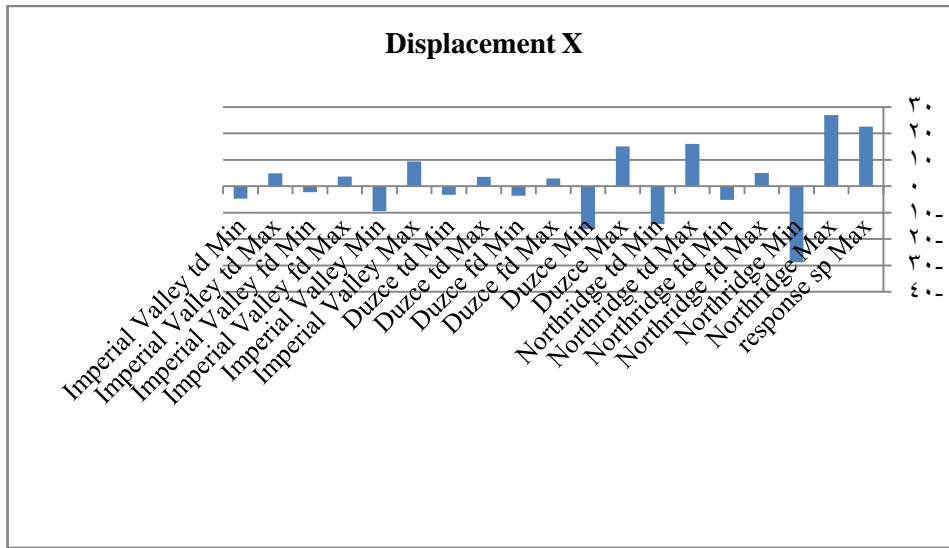
11-5- Total Displacement الكلي الانتقال

11-5-1- البناء الأول

بعد إجراء عمليات التحليل للبناء الأول والحصول على نتائج التحليل، تم مقارنة الانتقال الكلي في الطابق الأخير عند العقدة رقم 4 والموضحة في الشكل (6). تم إدراج قيم الانتقالات الكلية في الطابق الأخير من البناء الأول لكل توابع التحريض في الجدول (4)، وتم تمثيل الانتقالات لكل حالات التحريض بيانياً في الشكل (8).

جدول (4): انتقالات النقطة 4 الناتجة عن التحليل لكل حالات التحريض في البناء الأول.

D Y%(sp)	D X%(sp)	Displacement Y	Displacement X	Load Case	Label	Story
		cm	cm			
100.00	100.00	21.74	22.57	response sp Max	4	ROOF
6.62	119.45	1.44	26.96	Northridge Max	4	ROOF
-6.15	-128.00	-1.34	-28.89	Northridge Min	4	ROOF
0.73	22.04	0.16	4.97	Northridge fd Max	4	ROOF
-0.48	-22.82	-0.11	-5.15	Northridge fd Min	4	ROOF
3.27	70.86	0.71	15.99	Northridge td Max	4	ROOF
-2.80	-63.45	-0.61	-14.32	Northridge td Min	4	ROOF
3.03	66.71	0.66	15.05	Duzce Max	4	ROOF
-3.20	-71.75	-0.70	-16.19	Duzce Min	4	ROOF
0.39	13.26	0.09	2.99	Duzcefd Max	4	ROOF
-0.44	-16.06	-0.10	-3.62	Duzcefd Min	4	ROOF
0.69	15.90	0.15	3.59	Duzce td Max	4	ROOF
-0.61	-14.14	-0.13	-3.19	Duzce td Min	4	ROOF
2.16	41.34	0.47	9.33	Imperial Valley Max	4	ROOF
-2.06	-41.74	-0.45	-9.42	Imperial Valley Min	4	ROOF
0.60	16.06	0.13	3.62	Imperial Valley fd Max	4	ROOF
-0.55	-10.32	-0.12	-2.33	Imperial Valley fd Min	4	ROOF
1.21	21.58	0.26	4.87	Imperial Valley td Max	4	ROOF
-1.18	-20.68	-0.26	-4.67	Imperial Valley td Min	4	ROOF



الشكل (8): انتقالات النقطة 4 من البناء الأول الناتجة عن التحليل لكل حالات التحريض.

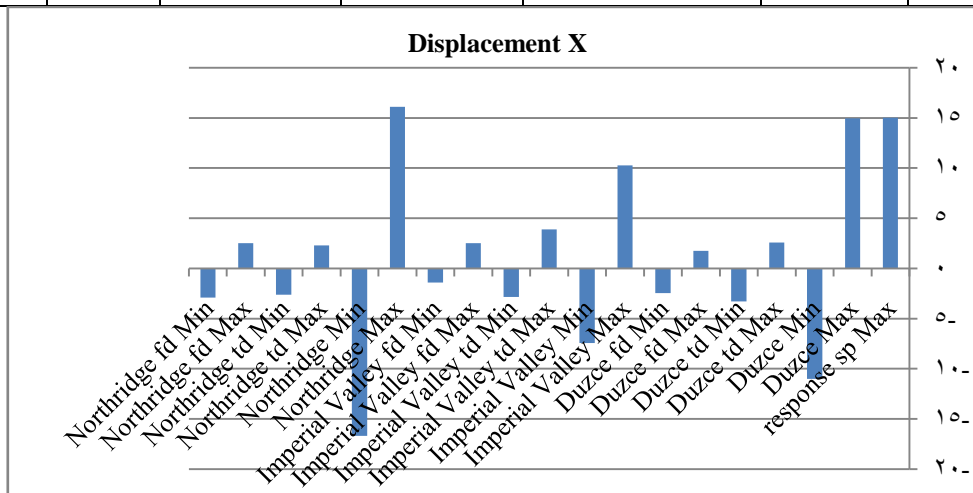
11-5-2- البناء الثاني

بعد إجراء عمليات التحليل للبناء الثاني والحصول على نتائج التحليل ، تم مقارنة الانتقال الكلي في الطابق الأخير عند العقدة رقم 20 (تقاطع المحاورين) والموضحة في الشكل (7). تم إدراج قيم الانتقالات الكلية في الطابق الأخير من البناء الثاني لكل توابع التحريض في الجدول (5)، وتم تمثيل الانتقالات لكل حالات التحريض بيانياً في الشكل (9).

جدول (5): انتقالات النقطة 20 من البناء الثاني الناتجة عن التحليل لكل حالات التحريض.

D Y%(sp)	D X%(sp)	Displacement Y	Displacement X	Load Case	Unique Name	Label	Story
		cm	cm				
100.00	100.00	19.69	15.034	response sp Max	402	20	STORY10
7.56	99.57	1.489	14.969	Duzce Max	402	20	STORY10
-6.77	-73.29	-1.333	-11.019	Duzce Min	402	20	STORY10
2.89	17.15	0.57	2.579	Duzce td Max	402	20	STORY10
-2.87	-21.81	-0.566	-3.279	Duzce td Min	402	20	STORY10
2.04	11.65	0.401	1.752	Duzcefd Max	402	20	STORY10
-2.13	-16.30	-0.419	-2.451	Duzcefd Min	402	20	STORY10
5.14	68.38	1.013	10.281	Imperial Valley Max	402	20	STORY10
-4.48	-49.45	-0.882	-7.435	Imperial Valley Min	402	20	STORY10
3.01	25.86	0.593	3.888	Imperial Valley td Max	402	20	STORY10
-3.24	-18.78	-0.637	-2.823	Imperial Valley td Min	402	20	STORY10
1.77	16.82	0.349	2.529	Imperial Valley fd Max	402	20	STORY10
-1.87	-9.33	-0.369	-1.403	Imperial Valley fd Min	402	20	STORY10
14.72	107.20	2.898	16.116	Northridge Max	402	20	STORY10
-16.19	-110.96	-3.187	-16.681	Northridge Min	402	20	STORY10
2.64	15.23	0.519	2.289	Northridge td Max	402	20	STORY10
-2.96	-17.39	-0.582	-2.614	Northridge td Min	402	20	STORY10

1.91	16.78	0.377	2.523	Northridge fd Max	402	20	STORY10
-1.90	-19.36	-0.374	-2.911	Northridge fd Min	402	20	STORY10



الشكل (9): انتقالات النقطة 20 في البناء الثاني الناتجة عن التحليل لكل حالات التحريض

11-5-3 مناقشة نتائج الانتقالات الكلية في كلا البنائين

لإجراء مقارنة بين النتائج والتعرف على الفروقات في الاستجابات بين سجلات التحريض الزمنية (التسارع) المختلفة، تم في الجداول (4) و (5) والأشكال (9) و (11) نسب كل النتائج إلى الانتقال الناتج عن التحليل بطيف الاستجابة (اعتبر 100%). تسمح دراسة مقارنة الانتقالات (باتجاه x) الأعظمية والأصغرية (قيم سالبة) في الأشكال والمخططات السابقة بالتوصل لمالي:

أولاً- نتائج التقييم باستخدام التسارع الأرضي الأعظمي

1 - لوحظ أن التحليل باستخدام طيف الاستجابة يعطي قيم انتقالات كبيرة بالمقارنة مع نتائج التحليل الأخرى. باستثناء سجلات زلزال Northridge الذي تم تقييمه باستخدام التسارع الأرضي الأعظمي حيث أعطت زيادة مقدارها 19.4% و 28% في البناء الأول، و 7.2% و 10.96% في البناء الثاني.

2 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Duzce باستخدام تقييس التسارع الأرضي الأعظمي تعادل 66.7% و 71.7% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، و 99.5% و 73.2% في البناء الثاني،

3 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Imperial Valley باستخدام تقييس التسارع الأرضي الأعظمي تعادل 41.3% و 41.7% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، و 68.3% و 49.4% في البناء الثاني.

ثانياً- نتائج التقييم باستخدام المطابقة الطيفية في مجال التردد Frequency Domain

1 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Northridge قيم تعادل 22% و 22.8% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، و 16.7% و 19.3% في البناء الثاني.

2 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Duzce قيم تعادل 13.2% و 16% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، 11.6% و 16.3% في البناء الثاني.

3 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Imperial Valley قيم تعادل 16.0% و 10.3% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، 16.8% و 9.3% في البناء الثاني.

ثالثاً- نتائج التقييم باستخدام المطابقة الطيفية في مجال الزمن Time Domain

1 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Northridge قيم تعادل 70.8% و 63.4% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، 15.2% و 17.3% في البناء الثاني.

2 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Duzce قيم تعادل 15.9% و 14.1% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، 17.1% و 21.8% في البناء الثاني.

3 - تعطي نتائج التحليل لسجلات زلزال Imperial Valley قيم تعادل 21.5% و 21.6% من نتائج التحليل بطيف الاستجابة في البناء الأول، 25.8% و 18.7% في البناء الثاني.

نلاحظ من المناقشة أعلاه أن التحليل باستخدام السجلات الزمنية المقيسة يعطي استجابات مختلفة وهذا يتطابق مع الحالة بسبب اختلاف خصائص كل سجل، عدا عن اختلاف المحتوى الترددي أيضاً. أعطى التحليل باستخدام السجلات الزمنية المقيسة باستخدام المطابقة الطيفية TD&FD نتائج منسجمة لحد ما (بين 9% و 25%) ولا تحوي قفزات حدية (باستثناء زلزال Northridge في البناء الأول) بالمقارنة مع التحليل باستخدام تقييس التسارع الأعظمي، الذي أعطى قيم تتراوح بين 41% و 128% من قيم التحليل بطيف الاستجابة.

يعطي التحليل باستخدام طيف الاستجابة قيم كبيرة للانتقالات بالمقارنة مع طرق التحليل الأخرى. كما أن التقييس باستخدام التسارع الأعظمي لا يعطي استجابة منسجمة للحالات المدروسة ويعطي قيم مبالغ فيها بسبب تجاهله للمحتوى الترددي [22].

باعتبار الكود السوري يتطلب اعتماد القيم العظمى عند استخدام ثلاث سجلات مقيسة فإن القيم العظمى للانتقالات للحالات المدروسة باستخدام المطابقة الطيفية TD&FD مقارنة بالتحليل باستخدام طيف الاستجابة هي:

22.8% للبناء الأول و 19.3% للبناء الثاني للتقييس باستخدام FD

70.8% للبناء الأول و 21.8% للبناء الثاني للتقييس باستخدام TD

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تقديم دراسة مرجعية وعرض إجراءات اختيار وتقييس السجلات الزمنية وتم الحصول على سجلات زمنية باستخدام المطابقة الطيفية في مجال الزمن والتردد بما يتلائم مع طيف الاستجابة

السوري. استخدمت حالتى دراسة لمبنيين قائمين فى مدينة اللاذقية واستخدمت توابع التحريض كما هو مبين فى الفقرة 4-11. أجريت 20 عملية تحليل، وتم الحصول على قيم الانتقالات كما مبين فى الجدولين 4 و 5 والمخططات 7 و 8. تعرض الفقرة 3-5-11 مناقشة نتائج الانتقالات حسب توابع التحريض. بالنتيجة يمكن التوصل للاستنتاجات التالية:

1 تعطي نتائج التحليل باستخدام سجلات صناعية متوافقة مع الكود السوري قيم انتقالات أصغر بشكل ملحوظ من قيم الانتقالات باستخدام التحليل بطيف الاستجابة والتحليل باستخدام سجلات زمنية مقيسة باستخدام تقييس PGA.

2 باعتبار الكود السوري يتطلب اعتماد القيم العظمى عند استخدام ثلاث سجلات مقيسة فإن القيم العظمى للانتقالات للحالات المدروسة باستخدام المطابقة الطيفية TD&FD مقارنة بالتحليل باستخدام طيف الاستجابة هي: 22.8% للبناء الأول و 19.3% للبناء الثانى للتقييس باستخدام FD، 70.8% للبناء الأول و 21.8% للبناء الثانى للتقييس باستخدام TD.

3 ينصح عند التحليل باستخدام طيف الاستجابة والتحليل باستخدام تقييس PGA توحى الحذر خاصة فى حالة المباني غير المتناظرة نظراً للقيم الكبيرة التى يعطيها وهذا يتوافق مع استنتاجات [30] Ed Wilson. 4 تسمح الإجراءات التى عرضت فى ها البحث بتطبيق التحليل بالسجل الزمنى عند تحليل وتصميم المباني المحلية اعتماداً على قواعد البيانات العالمية مما يفتح المجال لتقييم أداء الأبنية القائمة والأبنية قيد التصميم بشكل أكثر دقة.

التوصيات

نوصى بإجراء دراسات لتقييم التغيرات فى الاستجابات الأخرى مثل القوى الداخلية والعزوم فى العناصر المختلفة فى مناطق مختلفة ذات بارامترات زلزالية متغيرة.

المراجع:

- [1].LilhanandK,TsengWS(1988)“Developmentandapplicationofrealisticearthquake timehistori escompatiblewithmultiple-dampingdesignspectra”,*Proceedingsofthe9thWorldConferenceonEarthquakeEngineering,Tokyo-Kyoto,Japan,II:819-824,1988.*
- [2].NaeimF,LewM(1995)“Ontheuseofdesignspectrumcompatibletimehistories”,*EarthquakeSpectra*;11(1):111-127
- [3]. HancockJ,Watson-LampreyJ,AbrahamsonN,BommerJ,MarkatisA,McCoyE,MendisR (2006)“Animprovedmethodofmatchingresponsespectraofrecordedearthquakegroundmotionusingwavelets”,*JournalofEarthquakeEngineering*;10(1):67-89.
- [4].RizzoP,ShawD,JareckiS(1975)“Developmentofreal/synthetic timehistoriestomatchsmoothdesignspectra”.*Nuclearengineeringanddesign*;32(1):148-155.
- [5]. SilvaW, LeeK(1987)“WESRASCALcodeforSynthesizingEarthquakeGroundMotions,State-of-the-ArtforAssessingEarthquakeHazardsintheUnitedState”,*U.S.ArmyEngineerswaterwaysexperimentStation,Report24.PaperS-73-1.*
- [6]. KaulM.K.(1978)“Spectrum-consistenttime-historygeneration”, *Journal of Engineering Mechanics*;EM4:781-788.

- [7]. LilhanandK, TsengWS(1987)“Generationofsynthetictimehistoriescompatiblewithmultiple-dampingdesignresponsespectra”,SMiRT-9,Lausanne,K2/10.
- [8]. AbrahamsonNA(1992)“Non-stationaryspectralmatching”,*Seismologicresearchletters*;63(1):.
- [9]. GrantD, DiaferiaR(2013) “Assessingadequacyofspectrum-matchedgroundmotionsforresponsehistoryanalysis”,*EarthquakeEngineeringandStructuralDynamics*; 42(9):1265:1280.
- [10]. AlAtikL, AbrahamsonNA(2010)“Animprovedmethodfornonstationaryspectralmatching”,*EarthquakeSpectra*;26(3):601-617.
- [11]. CSISoftware | Computers and Structures, Inc. available at:<http://www.csiamerica.com/products/etabs/>
- [12]. Carballo J (2000) Probabilistic seismic demand analysis spectrum matching and design. PhD Thesis, Stanford University, Stanford USA
- [13]. Bazurro P, Luco N (2006) “Do scaled and spectrum matched near-source records produce biased nonlinear structural responses?”, Eighth U.S. National Conference on Earthquake Engineering. San Francisco, California
- [14] Juan C. REYES, Andrea C. RIAÑO, Erol KALKAN, Oscar A. QUINTERO and Carlos M. ARANGO(2014) “IS TIME-DOMAIN SPECTRUM MATCHING PROCEDURE ACCURATE AND EFFICIENT FOR RESPONSE HISTORY ANALYSIS OF BUILDINGS?”, *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (2ECEES) Istanbul AUG. 25-29, 2014.*
- [15]. Mathieu Causse, AuroreLaurendeau, Matthieu Perrault, John Douglas, Luis Fabian Bonilla, Philippe Guéguen" Eurocode 8-compatible synthetic time-series" as input to dynamic analysis", Springer Science+Business Media Dordrecht 05 November 2013, Bull Earthquake Eng DOI 10.1007/s10518-013-9544-2.
- [16]. Bommer, J. J., Acevedo, A. B. and Douglas, J., 2003, "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.
- [17]. Y. M. Fahjan, and Z. Ozdemir " Scaling of earthquake accelerograms for non-linear dynamic alalysis to match the earthquake design spectra", The 14thWorld Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China
- [18]. American Society of Civil Engineers. (2007). ASCE/SEI 41-06. Seismic rehabilitation of existing buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Va.2007.
- [19]. Bommer JJ, Acevedo AB. The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis. *J Earthquake Eng* 2004;8(4):1–50
- [20]. Hudson, D.E. (1956), Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology, World Conference on Earthquake Engineering, Berkeley, California.
- [21]. Fahjan, Y.M., Ozdemir, Z. and Keypour, H. 2007. Procedures for real earthquake time histories scaling and application to fit iranian design spectra, 5th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering (SEE5), May 14-16, Tehran, Iran
- [22]. Nau, J. and Hall, W. (1984). ”Scaling Methods for Earthquake Response Spectra.” *J. Struct. Eng.*, 110(7), 1533–1548.
- [23]. Kurama Y. and Farrow, K. 2003. Ground motion scaling methods for different site conditions and structure characteristics. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*.32(15): 2425-
- [24]. Somerville., P., N. C. Smith, and R. W. Graves, 1997. Modification of Empirical Strong Ground Motion Attenuation Relations to Include the Amplitude and Duration Effects of Rupture Directivity, *Seism. Res.Lett.* 68, no. 1, 199–221.
- [25]. Somerville, P., Smith, N., Punyamurthula, S. and Sun, J., 1997. Development of ground motion time histories for phase 2 of the FEMA/SAC steel project. SAC Joint Venture, Report No.SAC/BD-97/04, California.

- [26]. Naumoski N., Saatcioglu M., and Amiri-Hormozaki K., 2004, Effects of Scaling of Earthquake Excitations on the Dynamic Response of Reinforced Concrete Frame Buildings, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 2917.
- [27]. Somerville, P. G. (1998). Emerging Art: Earthquake Ground Motion. Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III, ASCE Geotechnical Special Publication No. 75, Vol. 1, 1-38.
- [28]. Syrian Arab Code – Appendix 2. Design And Check Of Seismic Resistant Buildings And Constructions. 2en Edition, Damascus, Syria, 2012, 254p.
- [29]. Z.F. Chen & E.M Lui ,Earthquake Engineering for Structure Design - Taylor & Francis CRC Press LLC , 2006.
- [30]. Ed Wilson . Termination of the Response Spectrum Method - RSM – July 13, 2015.
- [31]. ASCE/SEI(2007)SeismicRehabilitationofexistingbuildings,ASCE/SEI41-06,Reston,VA.
- [32]. ParvathaneniSubash, S.Elavenil (2012). TIME HISTORY RESPONSE PREDICTION FOR MULTI-STOREY BUILDINGS UNDER EARTHQUAKE GROUND MOTIONS. (JCSEWIER) Vol.2, Issue 2 June 2012 16-23.
- [33]. http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm
- [34]. <http://peer.berkeley.edu/smcat>
- [35]. <http://www.reluis.it/>
- [36]. <http://peer.berkeley.edu/products/ngaproject.html>
- [37]. FEMA 356, 'Pre-standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings', U.S. Federal Emergency Management agency, 2000.
- [38]. Graham B. ; Muawia B. Tectonic and Geologic Evolution of Syria GeoArabia, Vol. 6, No. 4, 2001 Gulf PetroLink, Bahrain 573.
- [39]. 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>>