عامل تأثير الموقع ...

Site Effect Factor ...

د.م. جلال نمر الدبيك
مدير مركز علوم الارض وهندسة الزلازل في جامعة النجاح الوطنية، ونائب رئيس الهيئة الوطنية للتخفيف من اخطار الكوارث.

مقدمة Introduction

بنظرة سريعة إلى واقع التصميم والتنفيذ الهندسي الدارج في فلسطين والكثير من الدول العربية، يلاحظ بشكل واضح أن العديد من المباني يتم تصميمها تحت تأثير الأحمال الميتة والحية فقط، وكذلك ينظر الكثير من المهندسين إلى فحص تربة الموقع على أنه فحص لمعرفة مقدار تحمل (Bearing capacity) تربة الموقع فقط، وهذا يعني أن أمان المبنى وعناصره الإنشائية (العناصر الإنشائية هي: الأسقف والجسور والأعمدة والجدران الحاملة والقواعد) يمكن أن يتحقق أن اظهر المبنى مقاومة واستقرار تحت تأثير القوى الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية.

أن عدم أخذ تأثير القوى الزلزالية على المباني لدى العديد من المهندسين، حد بشكل كبير من إطلاعهم ومعرفتهم بالتطور الكبير الذي طرأ خلال العقدين الماضيين على كودات التصميم الزلزالي للمباني، وخصوصاً التطور الذي طرأ على عامل تربة الموقع وما تحدثه من تضخيم (Amplification) للقوى الزلزالية. وعموماً لا يقتصر تأثير الموقع على التضخيم الذي تحدثه التربة، فهناك تأثيرات أخرى للموقع، هي:

* الانزلاقات الأرضية (Landslides)، والتي أحياناً تحصل في الأراضي الجبلية الطينية أو الحورية.
* تميؤ التربة (Liquefaction)، فتعرض التربة الرملية المشبعة بالرطوبة لحركات اهتزازية قد تؤدي لحصول ظاهرة التميؤ.

2. التضخيم الزلزالي لتربة الموقع Site Amplification

تأثير جيولوجية المنطقة (local geologic) وتربة الموقع (Local soil) على شدة الاهتزازات الأرضية وبالتالي على حجم الأضرار والانهيارات، عرف منذ عشرات السنوات، ففي سنة 1824 دون ماك موردو (Mac Murdo) في أحد مذكراته: أن المباني المقامة على أرض صخرية عندما تعرضت للهزات الأرضية لم تتأثر بشكل كبير كمثيلاتها من المباني في نفس المنطقة والمقامة على تربة طينية، وكذلك أظهرت العديد من الوقائع والتقارير الزلزالية التاريخية خلال القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين عن تأثير جيولوجية المنطقة وتربة الموقع على السلوك الزلزالي للمباني، ففي سنة 1908 أظهر وود (Wood) وكذلك ريد (Ried) في سنة 1910 أن شدة الاهتزازات الأرضية الناتجة عن زلزال سان

Next

فرانسيسكو سنة 1906 تأثرت بشكل واضح بجيولوجية المنطقة وتربة الموقع، وفي سنة 1927 سجل العالم المعروف جتنبرغ (Gutenberg) أثر العديد من أنواع الترب السطحية على تضخيم الحركات الأرضية وحاول إيجاد علاقات ومعايير كمية لأثر هذه الأنواع من التربة.

وفي ظل توفر أجهزة رصد وتحليل الحركات الزلزالية القوية (Strong Motion Instruments) تمكن الخبراء من إجراء تسجيلات حقلية تجريبية، ساهمت بدورها بشكل كبير في إيجاد مقادير كمية يتم من خلالها التعبير عن التأثير الذي يحدثه الاختلاف في جيولوجية المنطقة وتربة الموقع على خصائص الحركات الأرضية (Ground Motion Characteristics)

ففي الزلزال الذي تعرضت له مدينة كاراكاس في فنزويلا سنة 1960، تبين بشكل واضح تأثير عامل تربة الموقع على الحركات الأرضية، فقد لوحظ أن المباني متوسطة الارتفاع والمقامة على أرض طينية عميقة تعرضت لانهيارات وأضرار أكبر بكثير من مثيلاتها من المباني الموجودة في نفس المنطقة والمقامة على أرض صخرية، وتتابعت الأحداث الزلزالية لتؤكد أثر تربة الموقع في تضخيم القوى الزلزالية، ومن الأمثلة على هذه الزلازل: زلزال سان فرانسيسكو 1957، وزلزال سان فرناندوا سنة 1971، وزلزال فرانشا في رومانيا 1977، وزلزال المكسيك سنة 1985، وزلزال لوما بريتا 1989 (Loma Prieta)، وزلزال تركيا 1999 وغيرها، ومع ذلك لم يظهر الأثر الكمي لمعامل تربة الموقع بشكل واضح في كودات البناء الزلزالي إلا في منتصف السبعينات من القرن الماضي.

ابتداءً من منتصف السبعينات تقريباً ولغاية منتصف الثمانيات من القرن الماضي، كان عامل تأثير تربة الموقع (S) يتروح في العديد من الكودات العالمية المستخدمة بين قيمة 1 و 1.5، فمثلاً لايجاد قيمة قوى القص الزلزالي القاعدي (Seismic base shear) بأستخدام كود البناء المتناسق Uniform Building Code (UBC-82 و UBC-79 و UBC-76)، ولغاية UBC-85 يلاحظ أن قيمة المعامل S تساوي 1 بالنسبة للتربة الصخرية القوية، و 1.2 في حالة التربة متوسطة القوة، و 1.5 في حالة التربة الضعيفة، وإضافة لأثر نوعية التربة في تحديد قيمة S يتضمن الكود عمق الطبقات السطحية للتربة وبالتالي أثرها في تصنيف نوعية التربة.

أي أن التربة الصخرية لا تؤدي إلى تضخيم القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى، في حين تؤدي التربة من النوع S2 إلى أحداث تضخيم (زيادة) في قيمة القوى الزلزالية مقداره 20%، أما المباني المقامة على تربة من النوع S3 فأنها ستتعرض إلى تضخيم زلزالي مقداره 50% بالمقارنة مع مثيلاتها من المباني المقامة في نفس المنطقة وعلى أرض صخرية من النوع S1.

وفي طبيعية الحال استندت كودات البناء في تحديدها لقيمة المعامل S أو بمعنى آخر لقيمة التضخيم الزلزالي الذي تحدثه تربة الموقع إلى قيمة المعامل Ts/T، حيث: T تمثل الزمن الدوري الطبيعي للمبنى، و Ts تمثل الزمن الدوري الطبيعي لتربة الموقع. ومع تطور أجهزة الرصد والتحليل الزلزالي تمكن خبراء هندسة الزلازل من تطوير الدراسات التي تتعلق بتأثير عامل تربة الموقع، وذلك بالاستعانة بنتائج الأحداث الزلزالية، فالمناطق والدول التي تتعرض للزلازل تعتبر مختبرات أو معامل ضخمة توفر للباحث الآلاف بل عشرات آلاف من العينات والأمثلة الحقيقية، فنتيجة للزلازل التي حصلت في أواسط الثمانينات من القرن الماضي وخصوصاً زلزال المكسيك الذي حصل سنة 1985، أدرك الباحثون أن كثير من حالات الأضرار والانهيارات التي أحدثتها الزلازل لم يكن سببها بالضرورة سوء نوعية البناء بل كان السبب الرئيسي عامل تأثير تربة الموقع (شكل 1 و 2)، ففي زلزال المكسيك 1985 تجاوزت قيمة التضخيم الزلزالي الذي أحدثته تربة الموقع 8 أضعاف قيمة القوى الزلزالية أو أكثر، لمثيلاتها من المباني المقامة على أرض صخرية قوية (انظر الشكل 2)، لذلك في سنة 1988 حصل تعديل واضح في كود البناء المتناسق UBC، فقد تم إجراء تعديل على تصنيف أنواع التربة السطحية، فأصبحت أربع أنواع بدل من ثلاثة (انظر جدول نوعية التربة في كود البناء المتناسق UBC)، واستناداً إلى نوع التربة المشار إليها في الجدول تم تحديد أربع قيم للمعامل S، حيث:

S1 = 1, S2 = 1.2, S3 = 1.5, and S4 = 2

وقد ساهمت الدراسات والأبحاث معتمدة على نتائج الأحداث والوقائع الزلزالية بالدرجة الأولى، حيث تأكد بشكل قاطع أن هناك حاجة لتعديل قيمة معامل التربة S وذلك وفقاً لتصنيف جديد، فادت الدراسات التي تم إجراؤها من قبل لجنة الزلازل في جمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا Structural Engineers Association California، والمعروفة باسم SEAOC إلى إجراء تعديل كبير وجذري في الكود UBC-94 وتحديداً في معامل تربة الموقع، فقد تم تصنيف التربة وفقاً للكود UBC-97 إلى 6 أنواع (انظر جدول نوعية التربة في كود البناء المتناسق UBC)،

واستناداً إلى نوع وعمق التربة قد تصل قيمة معامل التضخيم إلى 4 أو أكثر، ومن التطورات الجديدة التي أحدثها الكود UBC-97 لوصف نوعية التربة هو ربط قيمة سرعة الموجات الزلزالية القاصة (Shear Wave Velocity) Vs بنوعية التربة. وإضافة لاستخدام قيمة Vs في تحديد نوعية التربة، يمكن استخدامها كذلك في حساب قيمة الزمن الدوري الطبيعي Ts لتربة الموقع (انظر البند 1.3).

يُشار إلى أن تصنيف التربة وفقاً لكود البناء العالمي International Building Code (IBC 2000 و IBC2003 IBC2006)، متشابهه بشكل كبير مع تصنيف التربة وفقاً للكود UBC-97.

3. تأثير طبيعية تربة الموقع على الحركات الأرضية Effect of Local Site Condition on Ground Motion

تؤثر طبيعية ونوعية تربة الموقع بشكل كبير على الخصائص الأساسية للحركات الأرضية القوية (Stronggroundmotion)، وهي: سعة الموجات (Amplitude) وترددها (Frequency content) بالإضافة إلى مدة تأثيرها (Duration)، أما مدى أو مقدار تأثير تربة الموقع فيعتمد على عدد من العوامل، أهمها:

* خواص المواد التي تتشكل منها التربة وتشكيلاتها الهندسية.
* طوبوغرافية الموقع.
* خصائص الحركات المؤثرة.

وبشكل عام تستخدم المراجع العلمية لتوضيح طبيعية أثر تربة الموقع، الطرق التالية:

* إجراء تحليل نظري مبسط للتجاوب الأرضي (Ground response analysis).
* أجراء قياسات حقيقية للأهزازات وذلك على السطح وتحت السطح في الموقع الواحد.
* إجراء قياسات للأهتزازات الأرضية السطحية في عدد من المواقع لها طبيعة تحت سطحية مختلفة.

3.1 التحليل النظري للتجاوب الأرضي Theoretical Ground Response Analysis

يمكن تفسير التضخيم الزلزالي الذي تحدثه تربة الموقع، وذلك من خلال الاستعانة بطرق التحليل النظري لعدد من المعايير التي تتحكم في الخواص الفيزيوميكانيكية للمواد وبالتالي بالتجاوب الزلزالي، ففي معظم المواقع تقريباً تكون الكثافة (γ) وسرعة الموجات القاصة (Vs) لمواد الطبقات السطحية القريبة من السطح أقل من تلك المواد الموجودة على أعماق تحت السطح، فإذا تم إهمال تأثير عامل البعثره والتخميد في المادة، فإنه واستناداً إلى مبدأ حفظ الطاقة (طاقة الموجات المرنة Elastic wave energy) يجب أن يكون تدفق الطاقة من الأعماق وحتى سطح الأرض ثابت، وحيث أن الكثافة وسرعة الموجات الزلزالية القاصة تقل كلما اقتربنا من سطح الأرض، فأن سرعة الجزئيات (Particle velocity) يجب أن تزداد.

وجود اختلاف في طبيعية ونوعية التربة في المنطقة الواحدة، يؤدي إلى اختلاف معامل التضخيم الزلزالي بين تربة وأخرى، فمثلاً أظهرت دراسات استطلاع الموقع أنه في أحد المناطق وعلى مسافة متقاربة جداً أن هناك اختلاف في سرعة الموجات القاصة بين الموقع A، و الموقع B رغم أن هذه المواقع تتشابه بالعوامل الأخرى. وإذا اعتبرنا أن التربة في المواقع A. B عبارة عن مادة مرنة خطية (Linear elastic)، وطبقة الصخر (Bedrock) الموجودة أسفل التربة لسطحية هي عبارة عن مادة صلبة (Rigid)، فأنه واستناداً إلى العلاقة (2.1) والمعروفة بدالة التضخيم Amplification function (Steven Kramer 1996)، يمكن إيجاد العلاقة بين التردد في المواقع A وB ومعامل التضخيم (انظر الشكل 3).

$$|F_2(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{Cos^2(\omega H/Vs) + [\xi(\omega H/Vs)]^2}} \qquad (2.1)$$

حيث:

ω: التردد الطبيعي الزاوي Angular natural frequency

H: عمق طبقة التربة

: معامل التخميد Damping Ratio

VS: سرعة الموجات الزلزالية القاصة Shear wave Velocity

التردد الطبيعي للطبقة n في تربة سطحية تتكون من n طبقات، يساوى:

$$\omega_n = \frac{Vs}{H}\left(\frac{\Pi}{2} + n\Pi\right) \qquad n = 0,1,2,\ldots,\infty \qquad (2.2)$$

وحيث أن العلاقة عكسية بين معامل التضخيم والتردد الطبيعي، لذا فإن أكبر معامل تضخيم سيحدث تقريباً عند أقل تردد طبيعي، وهذا التردد يُعرف بالتردد الطبيعي الأساس$\omega 0$.

$$\omega_o = \frac{\Pi Vs}{2H} \qquad (2.3)$$

الزمن الدوري الطبيعي (Ts) الذي يتوافق مع التردد الطبيعي يُسمى خاصية الزمن الدوري للموقع (Characteristic site period)

$$T_s = \frac{2\Pi}{\omega o} = \frac{4H}{Vs} \qquad (2.4)$$

ويمكن كذلك إيجاد قيمة سرعة الموجات القاصة VS باستخدام نتائج القياسات الحقلية والتي من خلالها يمكن إيجاد قيمة VS مباشرة، أو من خلال الاستعانة بقيمة سرعة الموجات الزلزالية الطولية Vp.

يعتبر زلزال المكسيك الذي حصل في 19/9/1985 وكانت درجته M≅8.1 من الزلازل التي أظهرت بشكل واضح أثر تربة الموقع على السلوك الزلزالي للمباني، حيث أدى إلى حصول انهيارات وأضرار معتدلة في المناطق القريبة من المركز السطحي لكنه أحدث انهيارات وأضرار عنيفة في بعض المناطق التي تبتعد 350كم عن مدينة المكسيك، ويعتبر هذا الزلزال أهم الزلازل التي ساهمت في تطوير الكثير من كودات التصميم الزلزالي في العالم.

يُظهر الشكل (2-أ) تسجيل التسارع الأرضي (الأكيسليروغرام) لموقعين متقاربين UNAM و SCT، أما الشكل (2-ب) فيوضح الاستجابة الطيفية لتسجيل التسارع الأرضي المبين في الشكل (2-أ)، ويلاحظ من مخططات الاستجابة الطيفية أن التسارع الطيفي (Spectral Acceleration) في الموقع SCT كان أكبر بعشرة أضعاف من التسارع الطيفي في الموقع UNAM، وباستخدام مخطط الاستجابة الطيفية يتبين أن الزمن الدوري المسيطر / الدور السائد (Predominant period) للموقع SCT كان 2 ثانية. ولأخذ فكرة عن الفرق بين طبيعة الموقع SCT و UNAM يمكن استعراض خواص التربة في الموقعين:

الموقع UNAM: تتكون تربته من الصخر

الموقع SCT: تتكون تربة من طبقة من الطين الرخو (Soft clay) يتراوح عمقها بين 35-40 متر، ومعدل سرعة الموجات القاصة في هذه الطبقة 75m/sec تقريباً.

وللمقارنة بين قيمة الزمن الدوري المسيطر للموقع SCT والناتج عن كل من مخطط الاستجابة الطيفية والقيمة الناتجة عن استخدام العلاقة (4.2) ؟

$$T_s = \frac{4H}{V_s} = 4(37.5)/75 = 2\ \text{sec.}$$

لذلك في المنطقة SCT كانت المباني التي ارتفاعاتها تتكون من 16-22 طابق تقريبا الأكثر تأثراً، وقد أكدت تقارير التقييم الميداني أن معظم المباني التي تتألف من 40-50طابق والموجود في المنطقة SCT لم تتعرض للانهيار، واقتصرت الخسائر على الأضرار غير الإنشائية وبعض الأضرار الإنشائية الطفيفة.

إضافة للنتائج المذكورة أعلاه، أكدت نتائج معظم الأحداث الزلزالية: زلزال سان فرانسيسكو 1957، وزلزال سان فرناندوا سنة 1971، وزلزال فرانشا في رومانيا 1977، وزلزال المكسيك سنة 1985، وزلزال لوما بريتا 1989 (Loma Prieta)، وزلزال نوتردج -كاليفورنيا 1994 (Nouthridge)، وزلزال تركيا 1999، وزلزال تايوان 1999، وزلزال الهند 2001، وزلزال الجزائر أيار/ 2003، وزلزال بام في أيران كانون أول/ 2003، وغيرها، أثر خواص تربة الموقع على تضخيم القوى الزلزالية، وانعكاسات ذلك على السلوك الزلزالي للمباني.

3.2 دراسات الاستكشاف الزلزالي
Seismic Exploration Studies

تمتلك الدول التي تتعرض لزلازل قوية بشكل مستمر سجل زلزالي يمكن استخدامه بشكل فعال في الكثير من الدراسات ومنها دراسة عامل تأثير الموقع، ولكن في الدول التي تحدث الزلازل فيها على فترات متباعدة (مثلاً كل 50 أو 100 عام) فانها وبلا شك تفتقر إلى تسجيلات لزلازل حقيقية للزلازل، لذلك بدأت الدراسات الزلزالية بتطوير وسائل حديثة مستنبطة من تراكم الخبرات في مجال التسجيل والتحليل الزلزالي ومن أهم الطرق المستخدمة حالياً في الدراسات الحقلية: استخدام التحليل الزلزالي لزلازل مصغرة (Micro-seism) أو استخدام أثر ضوضاء المحيط (Ambient noise)، بالإضافة إلى استخدام سرعة الموجات الزلزالية في المقاطع تحت السطحية الناتجة عن نتائج التسجيل والتحليل الحقلي لجهاز الرسم الزلزالي والمعروف باسم السيسموغراف (Seismograph).

4. الانزلاقات الأرضية Landslides

تحدث الانزلاقات الأرضية عادة في المناطق الجبلية المنحدرة « أو شديدة الانحدار» والتي تتكون تربتها السطحية من الحور أو الطين، وعادة يمكن للأنزلاقات الأرضية أن تحدث بسبب الاستخدام الخاطئ للأرض كأعمال البناء والقطع والحفر، وتعتبر الزلازل عامل محفز لحصول الانزلاقات في المناطق التي لها قابلية لحصول انزلاقات.

4.1 أسباب حصول الانزلاقات الأرضية

تعتبر طبيعية ونوعية التربة والتركيب الجيولوجي أهم العوامل التي قد تؤدي لحصول الانزلاقات الأرضية في المناطق المنحدرة أو شديدة الانحدار، أن الإشارة الأولية لحدوث الانزلاقات الأرضية، هي الشقوق السطحية في القسم العلوي للمناطق المنحدرة، وعادة ما تكون هذه الشقوق عمودية على اتجاه الحركة، وغالباً ما تمتلئ هذه الشقوق تدريجياً بالمياه حتى تضعف التربة وتزيد القوة الأفقية التي تحدث الانزلاقات. أن القوى الأساسية المسبة للانزلاقات بشكل عام هي الجاذبية الرضية، ويمكن أن يكون لحدوث هزات أرضية أو أحداث تغير في شكل واتزان المنطقة، دوراً في هذه الانزلاقات، وتحدث الانزلاقات عادة عندما تتساوى أو تتجاوز قوة القص المؤثرة مع قوة تحمل التربة للقص (انظر الشكل 4، والى مجلة المهندس الفلسطيني الاعداد الصادرة عام 1998).

أن اعتماد سياسة وطنية لاستخدامات الأراضي، وفق الأسس والمعايير الخاصة بذلك يؤدي إلى تجنب حدوث الانزلاقات الأرضية، سواء تلك التي تنتج من جراء حدوث هزات أرضية أو غير ذلك، ومثال على ذلك ما حصل في أكثر من منطقة في فلسطين (انظر الشكل 5) وفي كثير من الدول العربية، ويمكن أخذ حالات الانزلاقات التي حصلت في مناطق في نابلس وجنين والخليل كحالة دراسية.

وبأخذ الانزلاقات التي حصلت في منطقة الجبل الأبيض في منطقة نابلس كمثال، يمكن تلخيص الأسباب التي أدت إلى حصول الانزلاقات في الجبل وفقاً لتقرير الدراسة التي تم اجراؤها (دبيك، جردانة وجوهري، مجلة المهندس الفلسطيني الاعداد الصادرة عام 1998) بما يلي:

* السبب الرئيسي هو طبيعية المنطقة، فهي تحتوي على تربة طينية كلسية (تتكون من صخور كلسية متماسكة بملاط من المواد الطينية والكلسية) تفقد الكثير من قوتها عند تسرب الماء إليها، فتصبح القوى التي تسبب الانزلاق وخاصة الناتجة عن تأثير الجاذبية الأرضية أكبر من القوى المعاكسة لها بسبب فقدان هذا النوع من التربة لجزء كبير من قوته (شكل 4).
* تعرضت المنطقة إلى قطع كبير في المنطقة السفلية للانحدار قبل ثلاث سنوات من حصول انزلاقات، وفي نفس الفترة الزمنية تقريباً تم بناء منزل في المنطقة العلوية للانحدار، وقد لوحظ خلال هذه السنوات ظهور تشققات أرضية في المنطقة العلوية للمنحدر، وكذلك ظهور شقوق وتصدعات في المنزل الذي تعرض للانهيار لاحقاً، بالاضافة لحصول تشوهات طفيفة لشارع نابلس طولكرم في الجزء المحاذي لمنطقة الانزلاق.
* حركة المركبات على الشارع المحاذي للمنطقة، و حصول هزات أرضية خفيفة قبل أيام من حصول الانزلاقات، تعتبر عوامل اضافية ذات تأثير ثانوي جداً، إلا أن حصولها مع وجود الأسباب التي سبق ذكرها يؤدي إلى إضافة قوى فجائية، وبالتالي مساهمتها في تشكيل آلية سريعة للانزلاق.

انزلاقات وتدحرج القطع الصخرية:

إضافة للانزلاقات الكتلية بأنواعها المختلفة، قد تتعرض المناطق الجبلية لتدحرج القطع الصخرية المفككة التي تحدثها الزلازل القوية، وهذا فعلاً ما حصل في بعض دول العالم (انظر الشكل 6)، وبنظره سريعة إلى المنحدرات الجبلية في كثير من المناطق في فلسطين وفي العالم العربي بشكل عام، نلاحظ أن هناك تجمعات سكنية ومنشآت موجودة بالقرب أو خط مسار تدحرج القطع الصخرية المفككة والموجودة على سطح الأرض.

وللاطلاع على بعض الانزلاقات التي حصلت في العالم نتيجة لحصول الزلازل (انظر الشكل 7).

5. تميؤ التربة
Soil Liquefaction

تعرض التربة الرملية المشبعة بالرطوبة (التربة الرملية الموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية) إلى حركات أرضية زلزالية قد يؤدي

Next

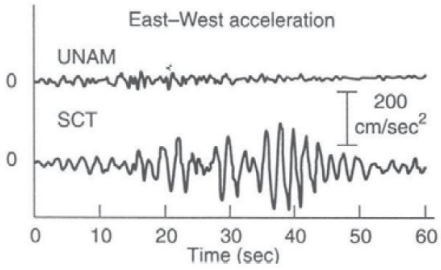
إلى تميؤها، فمرور الموجات الزلزالية القاصة في حبيبات التربة الرملية المشبعة بالمياه يؤدي إلى خلخلة جزئيات التربة، وبالتالي زيادة الضغط المائي واندفاع جزئيات هذه التربة إلى الأعلى، وهذا يعني تميؤ التربة أي تحول تربة الموقع الى سائل لزج. وأظهرت الأحداث الزلزالية (الشكل 8) أن حصول ظاهرة التميؤ قد أدى لحصول أضرار وخسائر كبيرة، وعادة ما تكون المناطق الساحلية هي الأكثر تأثراً من حصول هذه الظاهرة، وتميؤ التربة يمكن أن يحصل بعدة أشكال ويؤدي بدوره إلى أضرار وانهيارات مختلفة. يتطلب معالجة تربة المناطق المعرضة للتميؤ إجراء دراسات جيوتقنية متقدمة وغالباً ما تكون تكلفة هذه المعالجة عالية جداً، لذلك يعطي الأولوية دائماً لتجنب استخدام المناطق المحتمل تعرضها للتميؤ، ويراعى ذلك في سياسة استخدام الأراضي التي تعتمدها الدولة.

6. تأثير تربة الموقع وسياسة استخدام الأراضي Site Effect and Land Use Policy

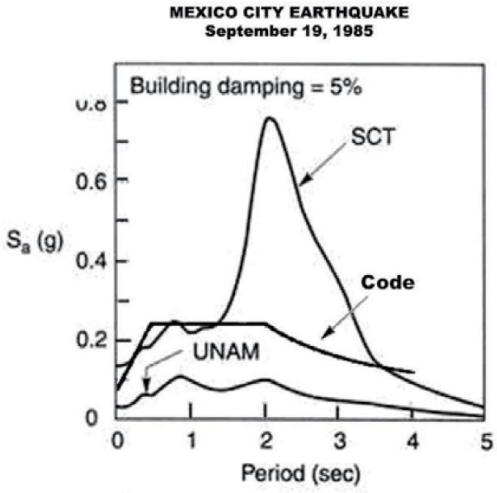
بناءً على نتائج الأحداث الزلزالية التي حصلت في العالم، أظهر عامل تأثير الموقع بما لا يدعو للشك أن الكثير من الأضرار والخسائر التي ترافق حصول الزلزال كان سببها التضخم الزلزالي الذي تحدثه تربة الموقع، والانزلاقات الأرضية التي ترافق حصول بعض الزلازل بالاضافة الى ظاهرة التميؤ.

من وجهة النظر الهندسية يمكن معالجة أي موقع أو تصميم وتنفيذ أي مبنى وبغض النظر عن موقعه، لكن ذلك سيؤدي الى حصول زيادة كبيرة جداً على سعر التكلفة، لذلك تعطى الأولوية دائماً لتجنب عامل تأثير الموقع ما أمكن، وهذا يتطلب وضع سياسة واضحة لاستخدامات الأراضي في الدول، بحيث يتم استخدام الأراضي وفقاً لطبيعتها ومراعاة جميع العوامل والمتطلبات التي تحكم الاستخدامات المختلفة، حيث يتم تصنيف الأراضي الى ثلاث أنواع هي: مناطق حماية وتطوير محدود وتطوير مراقب.

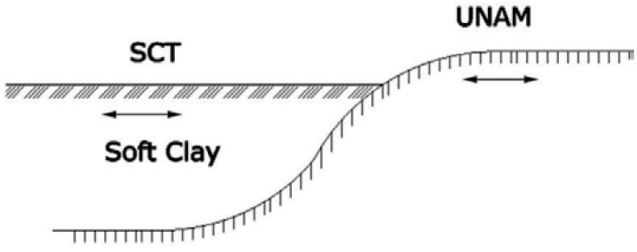
شكل (1): انهيار المباني بسبب ظهور ظاهرة الرنين– زلزال المكسيك 1985



A) Time Histories.

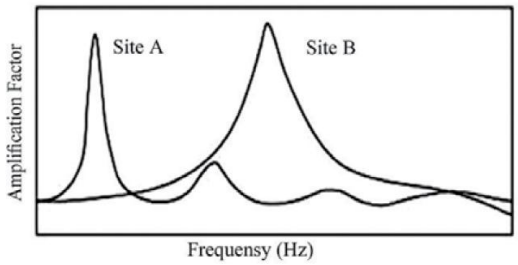


B) Response Spectra

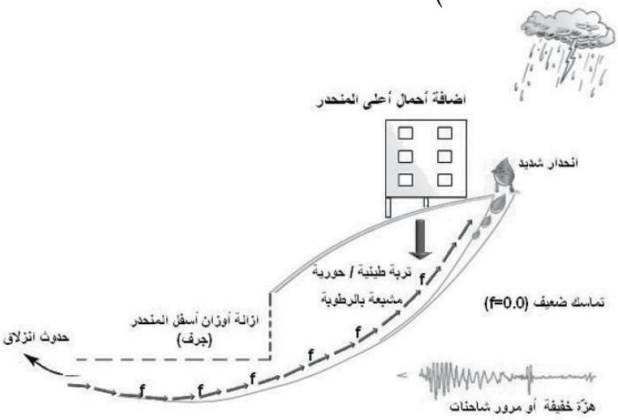


C) Soil Condition

شكل (2):الحركات الأرضية السطحية والتضخيم الزلزالي نتيجة تأثير الموقع – زلزال المكسيك



شكل (3): العلاقة بين تردد تربة الموقع ومعامل التضخيم (Steven Kramer)



شكل (4): كيفية حصول الانزلاقات الأرضية

شكل (5): مشاهدات لانزلاقات حصلت في فلسطين

Next

شكل (6): تساقط وتدحرج القطع الصخرية في المناطق الجبلية المنحدرة بسبب تعرض هذه المناطق للهزات الأرضية

شكل (7): مشاهدات لانزلاقات حصلت في العالم
نتيجة حصول الزلزال