Lecture 2: Earthquake design load According to

4th year Final Project

Structural Engineering Project

Dr. Said El-kholy

٤ – في حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح W أو أحمال ناشئة عن زلازل S يؤخذ الحمل الأقصى القيمة الأكبر من أي المعادلتين التاليتين:

$$U = 0.8\ (1.4\ D + 1.6\ L + 1.6\ W) \qquad (3-4)$$

$$U = 0.8\ (1.4\ D + 1.6\ L + 1.6\ S) \qquad (3-5)$$

وبشرط ألا تقل قيمة U عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٣-١) ولا يجوز الجمع بين حالتي أحمال الرياح والزلازل.

٥ – في حالات التحميل التي يؤدي فيها خفض الأحمال الدائمة إلي زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة (٠,٩٠).

٦ – في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ تُستبدل الأحمال القصوى في المعادلات الواردة فى البنود (١، ٣، ٤) السابقة بما يلى على التوالى:

$$U = 0.9\ D \qquad (3-6)$$

$$U = 0.9\ D + 1.6\ E \qquad (3-7)$$

$$U = 0.9\ D + 1.3\ W \qquad (3-8)$$

$$U = 0.9\ D + 1.3\ S \qquad (3-9)$$

جـ - قيم الأحمال والأفعال في حالة التصميم بطريقة المرونة ولحالات حدود التشغيل

١ - عند التصميم بطريقة المرونة (بند ٣-١-٢) وكذلك عند حساب حالات حدود التشغيل طبقاً للبند (٣-١-١-٣) (الترخيم والتشرخ بطريقة المرونة) تُعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسابية مساوية لقيم أحمال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ).

٢ - في حالات التحميل التي تؤدي فيها خفض الأحمال الدائمة إلى زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة (٠,٩٠).

٣ - في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تُزيد من ثبات المنشأ تؤخذ أحمال التشغيل كما يلى:

$$1)\quad 0.9\ D \qquad (3-13)$$

$$2)\quad (0.9\ D + W)\ \text{or}\ (0.9\ D + S) \qquad (3-14)$$

مع ضرورة أخذ معامل الأمان الكافي الذي يضمن استيفاء شروط حالة حد الاستقرار.

٨-١-٢ المجال والاعتبارات العامة Scope & Provisions

١ - تطبق بنود هذا الباب عند تصميم المبانى الجديدة وعند إجراء التعديلات بالمبانى القائمة. والأهداف الأساسية من تطبيق هذا الباب هى:

- حماية الأرواح
- الحد من تصدعات المنشآت.
- أن تظل المنشآت المدنية الهامة مثل (المستشفيات – المطارات – مراكز الإطفاء ... الخ) تعمل فى حالة حدوث زلازل بنفس الكفاءة .

٢ - يحتوى هذا الباب على المتطلبات الدنيا وحدود القبول للأعمال الإنشائية وأعمال المبانى فى المناطق الزلزالية، كما يحتوى على أسس حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل .

٣ - يجب مراعاة الاشتراطات الواردة بهذا الكود والمكملة للاشتراطات الواردة بجميع الكودات المعنية الأخرى (أحدث اصدار) عند تصميم كافة العناصر الإنشائية للمنشآت الواقعة فى المناطق الزلزالية .

٤ - لا يسرى هذا الباب على المنشآت ذات الطابع الخاص كالمحطات النووية والسدود وغيرها.

٥ - يشتمل هذا الباب على القواعد العامة لحساب الاحمال الناتجة عن القوى الزلزالية . ويجب استخدامه بالتوازي مع الكودات التصميمية الأخرى لكافة مواد الإنشاء من منشآت خرسانية ومعدنية وخلافه.

٦ - يمكن استخدام أساليب متطورة لعزل الأساسات (Base Isolation) مثل استخدام قواعد مطاطية وخلافه وذلك بعد عمل الدراسات اللازمة حتى وإن لم يشتمل هذا الكود على أية توصيات بهذا الخصوص .

٧ - لا يسمح بعمل أى تعديلات على الإطلاق خلال تنفيذ وكذا خلال تشغيل المنشأ إلا عند الحاجة الماسة لذلك بشرط عمل المراجعة التصميمية الكاملة للمنشأ وذلك لمعرفة مدى تأثير هذه التعديلات على السلوك الزلزالى للمنشأ .

٨ - يراعى عند التصميم عدم أخذ أحمال الزلازل وأحمال الرياح معا فى حالة تحميل واحده، ويؤخذ الأكبر تأثيراً منهما عند تصميم المنشآت وعناصرها المختلفة.

٩ - يتم حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل بإعتبار ما يلى :

- أن يتم تصميم المنشآت بواسطة مهندسين ذوى دراية سابقة بالتصميم لمقاومة الزلازل.
- أن يتم التنفيذ بواسطة شركات متخصصة ذات كفاءة وخبرة كافية وتحت إشراف هندسي متخصص مع الالتزام بتطبيق قواعد ضبط الجودة خلال جميع مراحل التنفيذ .
- أن تكون جميع المواد والمكونات المستخدمة مطابقة للمواصفات والأصول الفنية واشتراطات الكود المصرى ومواصفات المشروع ومواصفات الشركات المنتجة .
- أن يتم عمل صيانة دورية وبصفة مستمرة للمنشأ .
- أن يتم استخدام المنشأ طبقاً للغرض الذى تم إنشاؤه من أجله وطبقاً لمتطلبات التصميم.

٨-١-٣ المصطلحات Definitions

*** معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) (R) Response Modification Factor (R)**

وهو معامل يعتمد على مدى ممطولية النظام الانشائى ويمثل النسبة بين القوى المتولدة داخل عناصر النظام الانشائى اذا تصرف تصرفا مرنا بالكامل (بدون امتصاص للطاقة) الى القوى المتولدة اذا حدث بالنظام الانشائى بعض التشكلات اللدنة التى تقوم باستنفاذ جزء من طاقة التأثير الزلزالى.

*** معامل الأهمية Importance factor**

معامل مرتبط بعواقب الانهيار للمنشأ اعتمادا على اهمية المنشا من ناحية الاستخدام .

*** العناصر غير الإنشائيه Non – structural elements**

وهى عبارة عن العناصر المعمارية والميكانيكية والكهربائية التى لا تتحمل أية أحمال إنشائية نتيجة عدم جساءتها أو طريقة اتصالها بالمنشأ.

*** طيف التجاوب Response Spectrum**

منحنى يصف تغير الاستجابة القصوى للمبانى أو العناصر الإنشائية (تشكل ازاحة، دوران) مع تغير قيمة التردد الطبيعى لها نتيجة زلزال معين أو متوسط لمجموعة من الزلازل المختارة.

* زمن الرجوع لزلزال ذي قوة محددة **Return Period**

هى المدة بالسنين التى يتوقع بعدها إحصائيا حدوث زلزال آخر بنفس القوة المحددة.

* موجات القص بالتربة **Shear Wave in soil**

تنتقل الزلازل من مكان الى آخر عن طريق اهتزاز التربة فى موجات وأحد انواع هذه الموجات هى الموجات القريبة من سطح الأرض التى تتحرك فيها التربة فيما يشبه حركة القص.

* الزلازل الاصطناعية **Artificial Earthquake Records**

هى زلازل غير حقيقية يتم استنباط سجلاتها بناء على أسس رياضية للإحصاء العشوائى لتماثل الزلازل الطبيعية.

* معامل الاضمحلال **Damping Ratio**

هو معامل يمثل معدل خمود واضمحلال الاهتزاز للمبنى كنتيجة لمادة انشائه والنظام الانشائى.

* الشكل النمطي (المودى) **Mode Shape**

هو شكل لتشكل المنشأ عند اهتزازه حراً عند التردد الطبيعى المحدد له.

* **الحركة النسبية للدور** **Storey Drift**

هى الحركة الافقية نتيجة الزلازل للدور عن مستوى معين مطروحا منها الحركة الافقية للدور أسفله.

* **الزمن الدورى الأساسى** **Fundamental Period**

هو الزمن الدورى للموجة الاهتزازية الأساسية للمنشأ.

* **الكتلة الترددية**

هى الجزء من كتلة المنشا الذى يشارك (يتحرك) فى شكل نمطى (مودى) معين.

* **الجساءة الأفقية**

هى القوة المطلوبة لتحريك المنشأ أفقيا وحدة المسافات.

* **قوى القص الاساسية**

هى مجموع القوى الافقية الناتجة عن أحمال الزلازل عند منسوب أساسات المنشا.

٨-٢ المتطلبات الأساسية للتصميم

٨-٢-١ زمن الرجوع الزلزالى

يتم اختيار زمن الرجوع للزلازل بحيث يحقق تصميم وتنفيـذ المنشآت فى المناطق ذات التاثير الزلزالى المتطلبات الآتية بدرجة كافية :

أ - عدم الانهيار **No collapse requirement**

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال التصميمية الناتجة عن الزلازل بدون انهيار للمنشأ ككل أو بعض عناصره وبالتالى يحتفظ المنشأ باتزانه ووظائفه المختلفة وذلك بعد حدوث الزلازل بإحتماليـــة تجاوز للقوى التصميميـــة لا تتعدى ١٠ % فى خمسين سنة (أى زمن رجوع للزلزال ٤٧٥ سنة).

ب - الحد من التصدعات **Damage limitation requirement**

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال الناتجة عن الزلازل بدون حدوث تصدعات للمنشأ وذلك بعد حدوث زلزال باحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ١٠% في عشرة سنوات (أى زلزال بزمن رجوع ٩٥ سنه) .

جـ - زيادة الأمان الزلزالى **Increase of earthquake safety**

ويتم ذلك بتصنيف المنشآت حسب درجة أهميتها حيث يحدد لكل منشأ معامل أهميـــة (γ_I) حسب الجدول رقم (٨-٩) وهذا المعامل يعتمد على زمن الرجوع الافتراضى للزلازل (بإعتبار أن زمن الرجوع الإفتراضى للزلازل ٤٧٥ سنة للمبانى العادية) .

جدول (٨-١) تصنيف طبقات التربة اسفل الأساسات

تصنيف التربة	وصف القطاع الطولى للتربة	N_{SPT} عدد الدقات لكل ٣٠سم من اختبار الاختراق القياسى	مقاومة التماسك C_u من اختبار الضغط غير المحاط (كن/م^2)	سرعة موجات القص V_{S30}^* (متر/ثانية)
A	صخر أو تكوينات تشبه الصخر ، يحتوى على طبقة سطحية ضعيفة يكون سمكها على الأكثر ٥ متر .	-	-	٨٠٠ <
B	ترسيبات يمتد سمكها لعشرات الأمتار مكونة من (رمل – زلط) كثيف، أو طين شديد التماسك مع تزايد قيم خواصه الميكانيكية تدريجياً مع العمق.	٥٠ <	١٠٠ <	٨٠٠-٣٦٠
C	ترسيبات عميقة من تربة غير متماسكة (رمل – زلط) متوسط إلى كثيف أو طين متماسك ، يتراوح سمكها من عشرات إلى مئات الأمتار.	٥٠-١٥	١٠٠-٥٠	٣٦٠-١٨٠
D	تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) – سائبة إلى متوسطة الكثافة (قد تتواجد بها طبقات متماسكة "طينية أو طميية" ضعيفة) أو يكون السائد تربة متماسكة ضعيفة إلى متوسطة التماسك .	١٥ >	٥٠ >	١٨٠ >

* يتم تحديد نوع التربة طبقاً للقيمة المتوسطة لسرعة موجات القص المقاسة لعمق ٣٠ متر من سطح الأرض أو يتم استخدام قيمة N_{SPT} .

فى حالة التربة الطبقية تحسب القيمة المتوسطة لسرعة موجات القص للتربة $V_{S,30}$ من العلاقة الآتية:

$$V_{S,30} = \frac{H_{s,30}}{\sum_{i=1,\, N_s} (h_i / V_i)} \qquad (8\text{-}1)$$

حيث :

h_i هى سمك طبقة التربة i

V_i هى سرعة موجة القص لطبقة التربة i وذلك لعدد N_s من طبقات التربة

H_s هو السمك الكلى لطبقات التربة $(H_s = \Sigma h_i)$

N_s عدد طبقات التربة

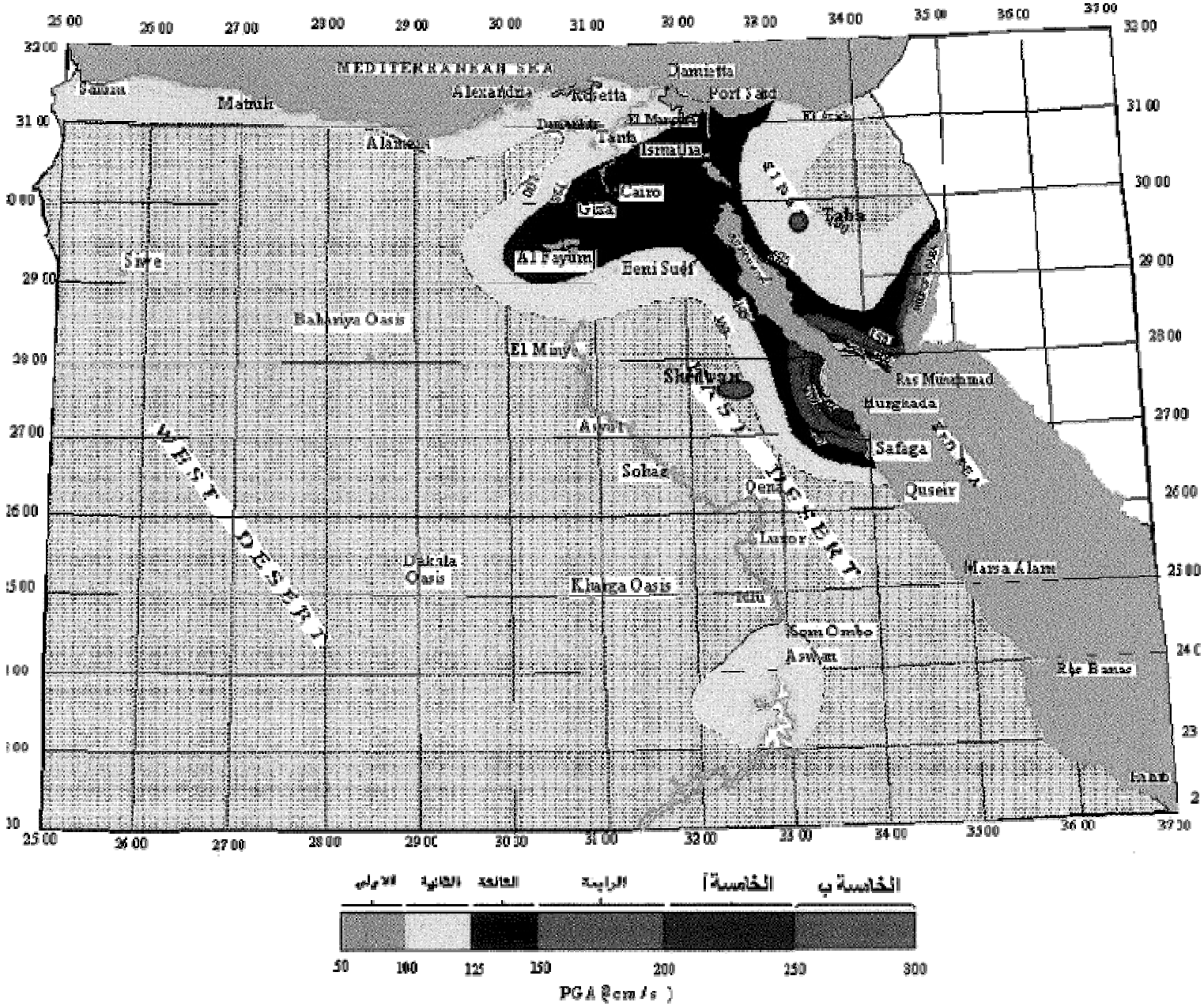
فى حالة انتهاء التتابع الطبقى بطبقة صخرية ممتدة فانه عند حساب سرعة موجات القص $V_{s,30}$، يؤخذ فى الاعتبار خمسة أمتار من هذه الطبقة الصخرية فقط وذلك لإظهار التتابع الطبقى للتربة الضعيفة أعلى هذه الطبقة الصخرية.

٨-٤-١ المناطق الزلزالية Earthquake Zones

١ – تقسم جمهورية مصر العربية من حيث التاثير الزلزالى إلى خمسة مناطق تبعاً لقيمة العجلة الأرضية التصميمية طبقاً لجدول رقم (٨-٢) :

جدول (٨-٢) تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث التاثير الزلزالى

المنطقة	قيمة العجلة الأرضية التصميمية (a_g)
المنطقة الأولى	0.1 g
المنطقة الثانية	0.125 g
المنطقة الثالثة	0.15 g
المنطقة الرابعة	0.20g
المنطقة الخامسة (أ)	0.25g
المنطقة الخامسة (ب)	0.30g



شكل (٧-١) منطقة الدراسة

٨-٤-٢-٢ طيف التجاوب الأفقى المرن Elastic Horizontal Response Spectrum

طيف التجاوب الأفقى المرن $S_e(T)$ لزمن الرجوع القياسى يتحدد من الآتى :

(أنظر الشكل رقم ٨-٢)

$$0 \le T \le T_B \quad : \quad S_e(T) = a_g \gamma_I S \left[1.0 + \frac{T}{T_B}(2.5\ \eta - 1.0)\right], \quad (8\text{-}2)$$

$$T_B \le T \le T_C \quad : \quad S_e(T) = 2.5\, a_g \gamma_I\, S\, \eta\,, \quad (8\text{-}3)$$

$$T_C \le T \le T_D \quad : \quad S_e(T) = 2.5\ a_g\, \gamma_I S\, \eta \left[\frac{T_C}{T}\right], \quad (8\text{-}4)$$

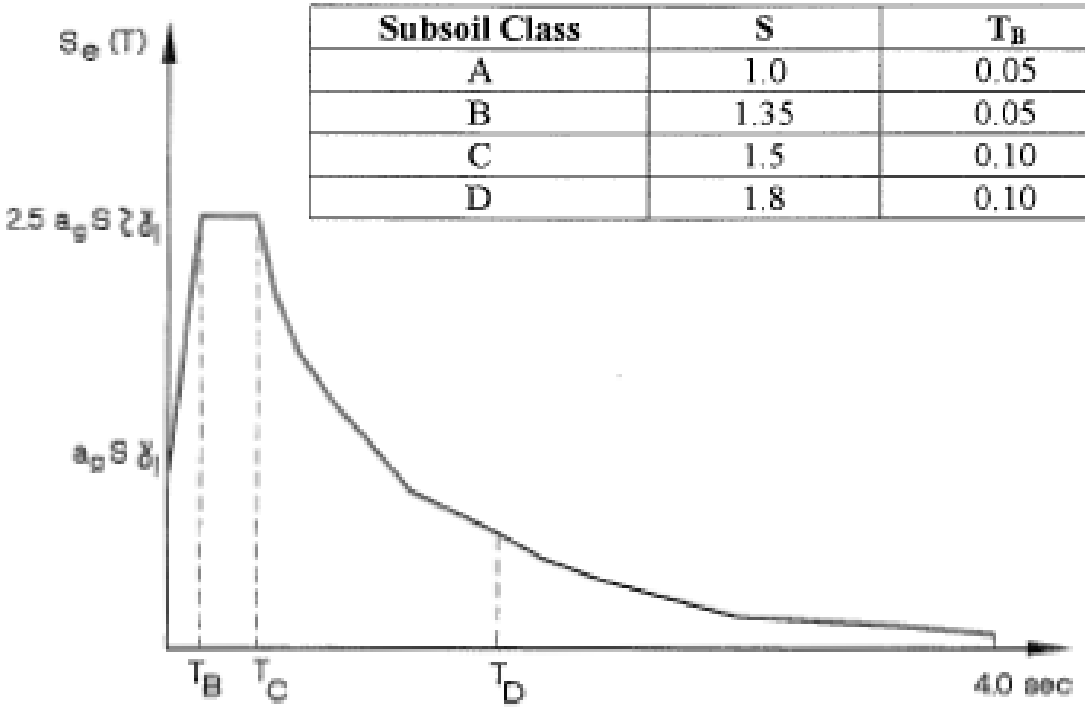
$$T_D \le T \le 4\ \text{sec} \quad : \quad S_e(T) = 2.5\ a_g \gamma_I S\, \eta \left[\frac{T_C\, T_D}{T^2}\right] \quad (8\text{-}5)$$

$S_e(T)$	طيف التجاوب الأفقى المرن لزمن الرجوع القياسى
T	الزمن الدورى لنظام ترددى أحادى
a_g	العجلة الأرضية التصميمية لزمن رجوع قياسى (٤٧٥سنه لمبنـــى ذى معامل أهمية واحد) (جدول ٨-٢)
T_B ,T_C	حدود القيم الثابتة لطيف التجاوب المرن (جدول ٨-٣)
γ_I	معامل الأهمية للمنشأ (جدول ٨-٩)
T_D	القيمة المحددة لبداية الحركة الثابتة للطيف (جدول ٨-٣)
η	معامل اضمحلال تصحيحى لطيف التجاوب الأفقى (جدول ٨-٤)
S	معامل التربة (جدول ٨-٣)

جدول (٨-٣) قيم المعاملات T_B, T_C, T_D & S

(أ) : النوع الأول من منحنى طيف التجاوب Type (1)

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2



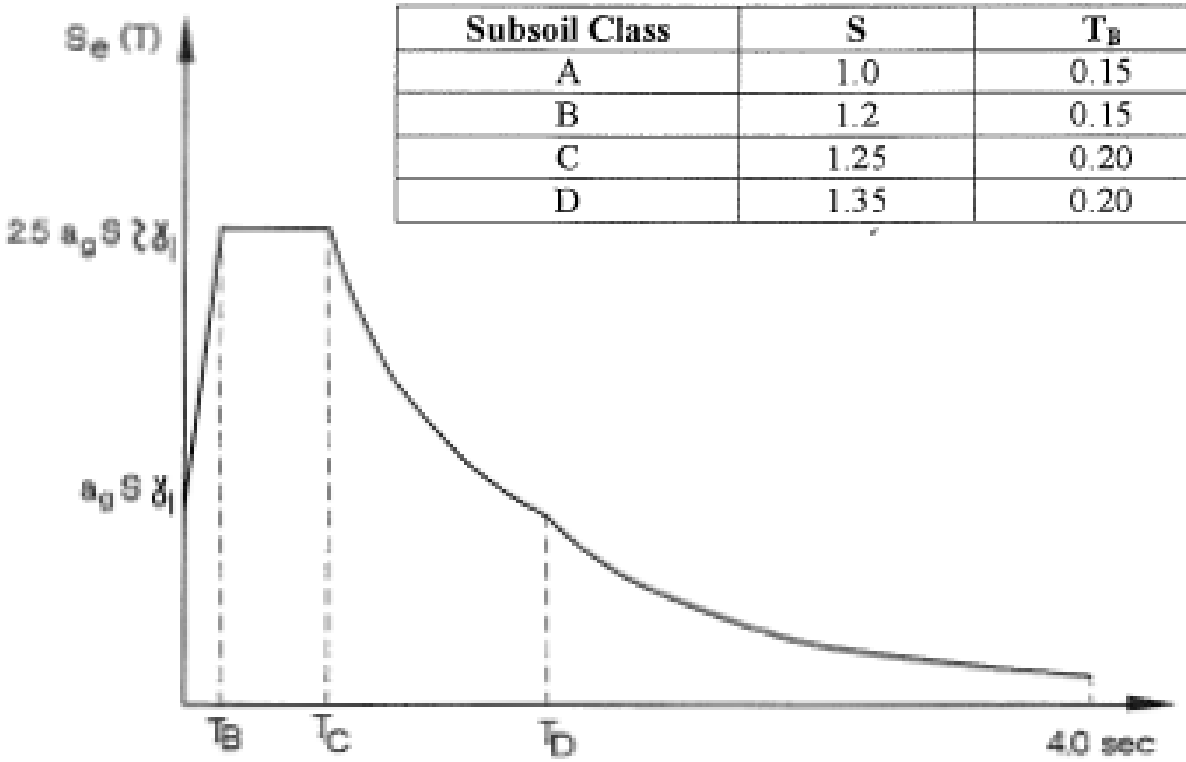
(أ) النوع الأول Type (1)

يستخدم لجميع مناطق الجمهورية

شكل (٨-٢) منحنى طيف التجاوب الأفقى المرن

(ب) : النوع الثانى من منحنى طيف التجاوب Type (2)

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.25	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0



(ب) النوع الثانى Type (2)

يستخدم للمناطق الساحلية المطلة على البحر المتوسط

شكل (٨-٢) منحنى طيف التجاوب الأفقى المرن

جدول (٨- ٤) قيم معامل الاضمحلال التصحيحى η ، η_v

نوع المنشأ	η_v	η
صلب ذو وصلات ملحومة	١	١,٢
صلب ذو وصلات بمسامير البرشام أو وصلات بمسامير القلاووظ	٠,٧٥	١,٠٥
خرسانة مسلحة	٠,٧	١,٠٠
خرسانة سابقة الاجهاد	٠,٧٥	١,٠٥
حوائط من المبانى المسلحة	٠,٦٥	٠,٩٥

جدول (٨-٩) مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية γ_I

مجموعة الأهمية	المنشآت	معامل الأهمية γ_I
I	المنشآت التي يجب أن تعمل بكفاءة تامة أثناء وبعد حدوث الزلزال والمستخدمة لأغراض الطوارئ والتي تمثل أهمية كبيرة للأمان العام مثل : المستشفيات، محطات الإطفاء، محطات الكهرباء، أقسام الشرطة، مراكز الطوارئ، والاتصالات ... الخ	1.40
II	المنشآت التي لها أهمية وجود مقاومة زلزالية بالنسبة لما يترتب على انهيارها من خسائر فى الأرواح مثل : المدارس، صالات التجمع، المراكز الثقافية، الخزانات، المداخن والصوامع، دور العبادة .. الخ	1.20
III	المنشآت العادية وغير المرتبطة بأية مجموعة أخرى	1.0
IV	المنشآت ذات أهمية قليلة للأمان العام مثل : المنشآت الزراعية ، المنشآت المؤقتة .. الخ	0.80

٨-٤-٢-٣ طيف التجاوب الرأسي المرن Vertical elastic response spectrum

١ - يتم تمثيل المركبة الرأسية لحركة الزلازل بطيف تجاوب $S_{ve}(T)$ طبقاً للمعـادلات أرقـام من (8-6) إلى (8-9) مع الاستعانة بقيم معاملات الطيف الواردة في الجدول (٨-٥).

$$0 \le T \le T_B : S_{ve}(T) = a_{vg}\ \gamma_I \left[1.0 + \frac{T}{T_B}(3.0\ \eta_v - 1.0)\right], \quad (8\text{-}6)$$

$$T_B \le T \le T_C : S_{ve}(T) = 3.0\ a_{vg} \gamma_I \eta_v\ , \quad (8\text{-}7)$$

$$T_C \le T \le T_D : S_{ve}(T) = 3.0\ a_{vg}\ \gamma_I\ \eta_v \left[\frac{T_C}{T}\right], \quad (8\text{-}8)$$

$$T_D \le T \le 4\ \text{sec} : S_{ve}(T) = 3.0\ a_{vg}\ \gamma_I\ \eta_v \left[\frac{T_C\ T_D}{T^2}\right] \quad (8\text{-}9)$$

حيث :

$S_{ve}(T)$ طيف التجاوب الرأسي المرن لزمن الرجوع القياسي

a_{vg} المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية

η_v معامل إضمحلال تصحيحي لطيف التجاوب الرأسي جدول (٨-٤)

جدول (٨-٥): قيم معاملات طيف التجاوب الرأسي المرن

Spectrum	a_{vg} / a_g	T_B	T_C	T_D
Type (1)	0.90	0.05	0. 15	1.0
Type (2)	0.45	0.05	0.15	1.0

٢ - المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية (a_{vg}) من طيف التجاوب لا تعتمد على نـــوع التربة .

٨-٤-٢-٤ الإزاحة القصوى للقشرة الأرضية Peak Ground Displacement

يمكن حساب قيمة أقصى إزاحة للقشرة الأرضية في موقع الزلازل d_g كما يلي ما لم يتم تحديدها بدراسات أكثر دقة :

$$d_g = 0.025\ a_g\ \gamma_I\ S\ T_C T_D \qquad (8\text{-}10)$$

حيث القيم T_D , T_C , S , a_g محددة في البند (٨- ٤-٢-٢).

٨-٤-٢-٥ طيف التجاوب التصميمي الأفقى للتحليل الإنشائي المرن

Horizontal Design spectrum for elastic analysis

يمكن تصميم المنشأ على أحمال زلزالية تقل عما هو مقدر من طيف التجاوب المرن نتيجة لقدرة النظام الإنشائي على مقاومة قوى الزلازل في الحدود اللدنة (بعد مرحلة الليونه) .

١ - تتحدد قيمة طيف التجاوب التصميمي S_d (T) لزمن عودة قياسي بواسطة المعادلات التالية :

$$0 \le T \le T_B \quad : S_d(T) = a_g \gamma_I S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B}\left(\frac{2.5\eta}{R} - \frac{2}{3}\right)\right], \qquad (8\text{-}11)$$

$$T_B \le T \le T_C : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R}\eta \ , \qquad (8\text{-}12)$$

$$T_C \le T \le T_D : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R}\left[\frac{T_C}{T}\right]\eta \ , \qquad (8\text{-}13)$$

$$\ge [\,0.20\,]\ a_g\gamma_I$$

$$T_D \le T \le 4\ \text{sec} : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R}\left[\frac{T_C\, T_D}{T^2}\right]\eta \qquad (8\text{-}14)$$

$$\ge [\,0.20\,]\ a_g\gamma_I$$

حيث:

$S_d(T)$ طيف التجاوب التصميمي للتحليل الإنشائي المرن

a_g العجلة الأرضية التصميمية لزمن عودة قياسي

γ_I معامل الأهمية للمنشأ

R معامل تعديل ردود الافعال (تخفيض القوى) تبعاً للنظـــام الإنـــشائي للمبنى (طبقاً للجدول (أ) من الملحق (أ-٨))

٨-٦-٣ الانتظام الإنشائي Structural Regularity

٨-٦-٣-١ عام General

١ - يتم تصنيف المنشآت عند تصميمها لمقاومة الزلازل ، ما بين منتظمة وغير منتظمة .

٢ - بالنسبة لتأثير الانتظام الإنشائي على أعمال التصميم ، يجب الأخذ في الاعتبار محـــددات الانتظام للمبنى في المسقط الأفقية والرأسية وطبقاً للجدول رقم (٨-٦) .

٣ - البندان رقمى (٨-٦-٣-٢) ، (٨-٦-٣-٣) توضحان محددات الانتظام فـــى المـــسقطين الأفقى والرأسى على التوالى.

٤ - محددات الانتظام فى كل من المسقطين الأفقى والرأسى الواردة فى البنـــود(٨-٦-٣-٢)، (٨-٦-٣-٣) على التوالى يجب اعتبارها كشروط أساسية . ويجب على المصمم التحقق من محددات الانتظام الإنشائى المفترضة .

جدول (٨-٦) تأثير الانتظام الإنشائي على التصميم لمقاومة الزلازل

الانتظام		التبسيط المسموح به	
المسقط الأفقي	المسقط الرأسي	نموذج التحليل	التحليل الطيفي
نعم	نعم	مستوى	مبسط
نعم	لا	مستوى	تجميعي
لا	نعم	فراغي	تجميعي
لا	لا	فراغي	تجميعي

٨-٦-٣-٢ محددات الانتظام في المسقط الأفقي Criteria for Regularity in Plan

يعتبر المنشا منتظماً فى المسقط الافقى اذا تحققت الشروط الاتية:

١ - أن يكون المنشأ متماثلا تقريباً في المسقط الأفقي حول محورين أفقيين متعامدين وذلك بالنسبة لتوزيع الكتل والجساءات العرضية .

٢ - أن يكون شكل المسقط الأفقى منتظماً بقدر الإمكان (وفى حالة وجود ردود أو نتوء فى بعض الأدوار فيجب ألا تزيد مساحة الجزء الذى به الردود أو النتوء عن ٥ % من مساحة الدور).

٣ - أن تكون البلاطة ذات جساءة كافية بحيث لا يكون لتشكلاتها تأثير على توزيع الأحمال على الأعمدة.

٤ - يجب ألا تزيد نسبة ابعاد المنشأ في المسقط الأفقي (L_x / L_y) عن ٤,٠٠ .

٥ - يجب ألا تزيد المسافة (e_0) بين مركز الكتلة ومركز الجساءة في أى دور ولكل اتجاه تحليل (اتجاها المحورين x , y) عن ١٥ % من البعد الكلى للمنشأ فى المسقط الأفقى فى الاتجاه المتعامد مع اتجاه القوى العرضية.

٨-٦-٣-٣ محددات الانتظام في المسقط الرأسي

Criteria for Regularity in Elevation

يعتبر المنشا منتظماً فى المسقط الراسى اذا تحققت الشروط الاتية:

١ - إستمرار العناصر والأنظمة الإنشائية الرأسية المقاومة للأحمال الأفقية مثل الحوائط الخرسانية والإطارات وذلك من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشأ أو حتى منسوب الردود أو النتوء .

٢ - المحافظة على ثبات الجساءة الأفقية والكتلة لكل دور أو يمكن تخفيضها تدريجياً من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشأ بدون أية تغييرات فجائية مع مراعاة الآتى :

أ - الجساءة الأفقية لأى من الأدوار يجب ألا تقل عن ٧٥ % من جساءة الدور السابق له .

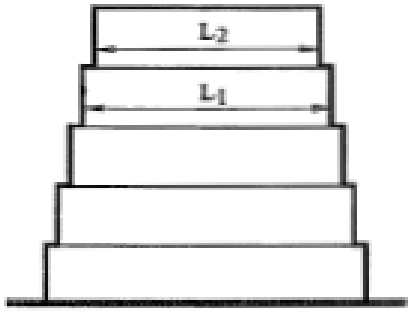
ب - توزيع كتلة المنشأ خلال المسقط الرأسى يكون منتظماً مع مراعاة عدم حدوث تغير فى الكتلة من دور إلى الذى يليه يزيد عن ± ٥٠ % .

٣ - في حالة وجود ردود ، يجب مراعاة الاحتياطات الإضافية الآتية :

أ - في حالة الردود المنتظم (التدريجى) والمحافظة على التماثل حول محور واحد على الأقل يجب ألا يتعدى الردود ٢٠ % من البعد الكلي للدور السابق فى اتجاه الردود (أنظر شكل ٨-٣أ، ٨-٣ب) .

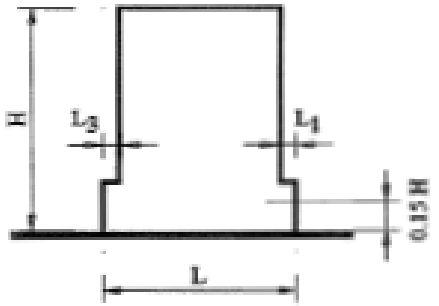
ب - في حالة وجود ردود يحدث مرة واحدة فقط ويكون عند ارتفاع من أسفل لا يزيد عن ١٥ % من الارتفاع الكلى للمبنى، يجب ألا يتعدى هذا الردود نسبة ٥٠ % من البعد الكلى للدور أسفل الردود (أنظر شكل ٨-٣جـ). ويجب فى هذه الحالة تصميم الجزء السفلى من المنشأ الواقع مباشرة تحت مساحة أدوار الردود ليقاوم قوة قص أفقية لا تقل عن ٧٥ % من قيمة قوه القص الأفقية لمبنى مماثل فى الارتفاع الكلى ومماثل فى المسقط الأفقى لأدوار الردود بكامل الارتفاع (بدون وجود أية أدوار ردود) .

جـ- وفي حالة أن الردود لا يحقق التماثل ، يجب ألا يزيد مجموع الردود في كل اتجاه فى جميع الأدوار عن ٣٠ % من بعد المسقط الأفقي عند الدور الأول، كما يجب ألا يزيد الردود في كل دور عن ١٠ % من بعد الدور السابق له في كل اتجاه (أنظر شكل ٨-٣د) .



$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0.20$$

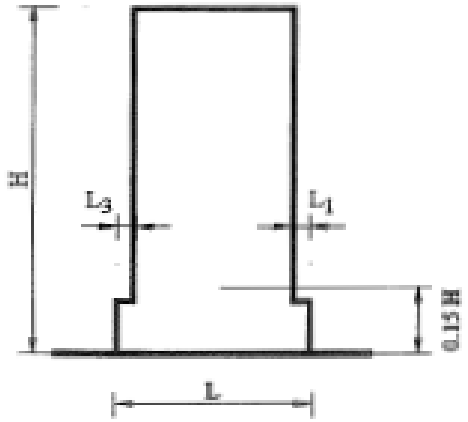
(أ)



$$\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0.20$$

الردود يبدأ من ارتفاع يزيد على
١٥ ٪ من الارتفاع الكلى للمبنى

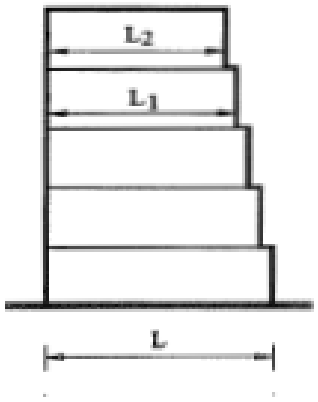
(ب)



$$\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0.50$$

الردود يبدأ من ارتفاع أقل من
١٥ ٪ من الارتفاع الكلى للمبنى

(جـ)



$$\frac{L - L_2}{L} \leq 0.30$$

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0.10$$

(د)

شكل (٨-٣) محددات الانتظام للمبانى التى بها ردود فى المسقط الرأسى

معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)

Response Modification (Force Reduction) Factors R

معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) محددة كنسبة القوى المرنة إلى القوى اللدنة المتولدة في المنشأ .

٨-٦-٣-٤ اشتراطات تحديد معامل تعديل رد الفعل (R) فى حالة استخدام نظم إنشائية مختلفة بالمبنى

١ – نظم إنشائية مختلفة فى المسقط الرأسى :

يتم تصميم المبنى بكامله باستخدام أقل قيمة لمعامل تعديل ردود الأفعال للنظم الإنشائية المختلفة والمقاومة لقوى الزلازل والمستخدمة داخله. ويستثنى من هذا الشرط حالة وجود نظام انشائي مختلف في عدد من الادوار تكون قيمة الاحمال الدائمة اعلاها أقل من ١٠% من إجمالى الاحمال الدائمة للمبنى.

٢ – نظم إنشائية مختلفة فى المسقط الأفقى :

أ – فى حالة النظم الإنشائية المختلفة فى اتجاه أحد المحاور الرئيسية فإن قيمة معامل تعديل رد الفعل المستخدم فى التصميم فى اتجاه المحور يؤخذ مساوياً لأقل قيمة لمعامل تعديل رد الفعل للنظم الإنشائية المختلفة المستخدمة في نفس الاتجاه .

ب – فى حالة اختلاف النظام الإنشائى فى اتجاه المحور الرئيسى للمبنى عن النظام الإنشائى للمحور المتعامد عليه يتم فى التصميم استخدام قيمة معامل تعديل رد الفعل المناظر لكل إتجاه.

جدول (أ) معاملات تعديل ردود الأفعال R

النظام الإنشائي	نظام مقاومة الأحمال الأفقية	R
* حوائط حاملة : أغلب الحمل الرأسي ينتقل عن طريق الحوائط الحاملة والإعتماد على حوائط القص فى مقاومة القوة العرضية الكلية	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة	٤,٥٠
	(ب) حوائط قص من المبانى المسلحة	٣,٥٠
	(جـ) حوائط قص من المبانى غير المسلحة	٢,٠٠
* إطارات فراغية بسيطه : الحمل الرأسى ينتقل عن طريق عناصر الإطار والإعتماد على حوائط القص أو إطارات مزودة بشكالات فى مقاومة القوة العرضية الكلية	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة	٥,٠٠
	(ب) حوائط قص من المبانى المسلحة	٤,٥٠
	(جـ) إطارات مزودة بشكالات	٤,٥٠
* إطارات فراغية مقاومة للعزوم : الحمل الرأسى والقوة العرضية الكلية الناتجة عن الزلازل تنتقل بالكامل عن طريق عناصر الإطار بدون إستخدام حوائط القص أو شكالات	منشآت (معدنية – خرسانية مسلحة – مركبة) :	
	(أ) إطارات ذات ممطولية كافية*	٧,٠٠
	(ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	٥,٠٠
* نظام مركب من إطارات فراغية مقاومة للعزوم وحوائط القص (أو إطارات مزودة بشكالات) ويتم تصميم النظام طبقاً لما يلى : ١ – الإطارات أو حوائط القص (أو الإطارات المزودة بشكالات) تقاوم مشاركة بينها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجساءتها النسبية. ٢ – حوائط القص** : (أو إطارات مزودة بشكالات) تقاوم بمفردها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجساءتها النسبية. ٣ – الإطارات المقاومة للعزوم تقاوم بمفردها ٢٥% من القوة العرضية الكلية.	إطارات وحوائط – اطارات وشكالات :	
	(أ) إطارات ذات ممطولية كافية*	٦,٠٠
	(ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	٥,٠٠
* المنشآت الأخرى :	(أ) – الأبراج الشبكية	٣,٠٠
	(ب) المآذن والمداخن والصوامع	٣,٥٠

طرق تقريبية لحساب زمن الطول الموجي الأساسي للمنشآت
Approximate Formulae for the Fundamental Period of Buildings

ب-٢ الطريقة الأولى

١ - يمكن حساب القيمة T_1 للمنشآت ذات الارتفاع حتى (٦٠,٠) متر ، بطريقة تقريبية من المعادلة:

$$T_1 = C_t \ H^{3/4} \qquad \text{(B-1)}$$

حيث :

T_1 زمن الطول الموجي الأساسي للمنشأ بالثواني

C_t معامل يتوقف على النظام الإنشائي ومادة الإنشاء تبعاً لما يأتي :

٠,٠٨٥ للإطارات الحديدية الفراغية المقاومة للعزوم

٠,٠٧٥ للإطارات الفراغية الخرسانية والإطارات المعدنيـــة ذات الشكالات المحورية لمقاومة للعزوم

٠,٠٥٠ لكافة المنشآت الأخرى

H ارتفاع المنشأ بالمتر مقاساً من منسوب ظهر الأساسات

ب-٣ الطريقة الثانية

- يمكن استخدام (Rayleigh formula) لتحديد الزمن الدورى للمنشأ باستخدام :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \, u_i^2}{g \sum_{i=1}^{n} F_i \, u_i}} \qquad (B\text{-}2)$$

حيث :

g هى عجلة الجاذبية الأرضية.

W_i الوزن التصميمى للمنشأ عند الدور (i).

F_i القوة الأفقية عند الدور (i) طبقاً للمعادلات(٨-١٨)،(٨-١٩) .

n عدد أدوار المنشأ.

u_i هى الإزاحة الأفقية للدور (i) نتيجة القوى العرضية (F_i).

- قيمة (T) المحسوبة فى المعادلة (B-2) يجب ألا تزيد عن ١,٢٠ القيمة المحسوبة من المعادلة (B-1).

ب-٤ الطريقة الثالثة

- يمكن حساب T من التحليلات الفراغية بالحاسب الآلى وبحيث لا تزيد عن ١,٢٠ القيم المحسوبة من المعادلة (B-1) .

٨-٧-٣ طرق حساب تاثير أحمال الزلازل Methods of Analysis

٨-٧-٣-١ عام General

١ - الطريقة الأساسية لحساب تاثير أحمال الزلازل هي طريقة طيف التجاوب باستخدام النموذج المرن للمنشأ والطيف التصميمي المحدد في البند (٨-٤-٢-٥).

٢ - يمكن استخدام إحدى الطرق التالية في حساب تاثير احمال الزلازل وذلك طبقاً للطبيعة الإنشائية للمبنى :

أ - طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكى المكافئ) وتستخدم فى حالة المنشآت التي تحقق الشروط الواردة في البند (٨-٧-٣-٢) .

ب - طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الانماط) والتى يمكن أن تطبق على جميع أنواع المنشآت طبقاً للبند (٨-٧-٣-٣) .

٣ - يمكن استخدام طرق بديلة كطريقة التحليل الديناميكي الزمني (Time History Analysis) طبقاً للاشتراطات الواردة في البند (٨-٧-٣-٤) . وفى هذه الحالة يجب ضرب إحداثيات سجل الزلازل المستنتج من زمن الرجوع القياسي (البند (٨-٤-٣) والبند (٨-٢-١) في معامل الأهمية γ_I للمنشأ حسب البند (٨-٧-٦).

٨-٧-٣-٢ طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكى المكافئ)
Simplified Modal Response Spectrum Method

٨-٧-٣-٢-١ عام General

١ - يتم تطبيق هذه الطريقة على المنشآت التى يمكن تمثيلها بنموذجين مستويين ومتعامدين والتـــى تتأثر استجابتهما الديناميكية أساساً بموجات الاهتزاز الأساسية للمنشأ فى كل مستوى .

٢ - يجب أن تحقق المنشآت ما يلي :

أ - اشتراطات الانتظام في المسقطين الأفقى والرأسى طبقاً للبنـــود (٨-٦-٣-٢) ، (٨-٦-٣-٣).

ب - أن يكون للمنشأ زمن طول موجى أساسى T_1 في كل من الاتجاهين أقل من أو يساوى أى من القيم التالية:

$$T_1 \leq 4.0\,T_C \quad \text{or} \quad T_1 \leq 2.0 \ \text{Seconds}$$

تبعاً لقيم T_C الواردة في الجدول رقم (٨-٣) من هذا الباب .

٨-٧-٣-٢-٢ قوة القص الأساسية القصوى الناتجة عن الزلازل

Ultimate Base Shear Force

١ - تحسب قوة القص الأساسية F_b (المؤثرة عند منسوب ظهر الأساسات) لكل إتجاه أساسي كالتالى :

$$F_b = S_d(T_1).\lambda\, W / g \qquad (8\text{-}16)$$

حيث :

$S_d(T_1)$ إحداثي الطيف التصميمي للتحليل الإنشائى المرن طبقاً للبند (٨-٤-٢-٥) عند زمن طول موجي (T_1)

T_1 زمن الطول الموجي الاساسى للمنشأ في إتجاه التحليل

W الوزن الكلي للمنشأ فوق منسوب ظهر الأساسات والمحسوب طبقاً للبند (٨-٧-١)

λ معامل تصحيح ، تحدد قيمته طبقاً للآتي :

و عدد أدوار المنشأ أكثر من دورين

$\lambda = 0.85$ if $T_1 \le 2\,T_c$

or

$\lambda = 1.0$ if $T_1 > 2\,T_c$

٢ - يمكن حساب زمن الطول الموجي الاساسي للمنشأ T_1 في اتجاهي التحليل باستخدام معادلات تقريبية محسوبة من مبادئ التحليل الديناميكي للمنشآت وطبقاً للملحق (ب).

٨-٧-٣-٢-٣ توزيع القوى الأفقية الناتجة عن الزلازل

Distribution of the Horizontal Earthquake Forces

١ – يمكن حساب الإزاحات الأساسية في التشكل الرئيسي للنموذج المستوى للمبنى في كل من الإتجاهين الأفقيين المتعامدين بإستخدام طرق ديناميكا المنشآت أو يمكن تقريبها باستخدام إزاحات أفقية متزايدة خطياً على كامل ارتفاع المبنى .

٢- تحدد الأحمال الناتجة عن الزلازل لكل نموذج مستوى على حده باستخدام قوة أفقية F_i لكتلة كل دور m_i

٣ – يتم توزيع القوى الأفقية عند منسوب كل دور طبقاً للمعادلة التالية :

$$F_i = \left[\frac{u_i \quad W_i}{\sum_{j=1,n} u_j \quad W_j} \right] . \; F_b \qquad (8\text{-}17)$$

حيث :

F_i القوة الأفقية المؤثرة على الدور i

F_b قوى القص الأساسية على المنشأ الناتجة عن الزلازل وطبقاً للمعادلة (٨-١٦)

u_i ، u_j إزاحة الكتل m_i ، m_j في التشكل الأساسي للمنشأ

W_i ، W_j أوزان الكتل m_i ، m_j والمحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-١) الفقرة (٤)

n عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات

٤ – عندما يكون التشكل الديناميكي الأساسي ممثلا بطريقة تقريبيه بحركة أفقية متزايدة خطياً مع الارتفاع ، فإن القوى الأفقية F_i يتم حسابها من المعادلة التالية :

$$F_i = \left[\frac{z_i W_i}{\sum_{j=1,n} z_j W_j} \right] \cdot F_b \qquad (8\text{-}18)$$

حيث :

z_i , z_j ارتفاعات الكتل m_i , m_j فوق منسوب الأساسات

٥ – توزع القوى الأفقية F_i والمحددة من المعادلة (٨–١٧) أو (٨–١٨) على عناصر مقاومة الأحمال الأفقية حسب جساءتها الفعليه بإعتبار أن بلاطات الأدوار متناهية الجساءة.

٨-٧-٣-٢-٤ تأثير عزوم اللي الإضافية Accidental Torsional Effects

١ - عند استخدام نموذج فراغى فى التحليل فإنه يتم إضافة تـأثير عـزوم اللـي الإضـافية المحسوبة من المعادلة :

$$M_{ti} = e_{ai} \cdot F_i \qquad (8\text{-}19)$$

حيث :

M_{ti} عزوم اللي للدور i حول المحور الرأسي

e_{ai} الترحيل الإضافى لكتلة الدور i طبقاً للمعادلة (٨-١٥) لكل الإتجاهات

F_i القوة الأفقية المؤثرة على الدور i والمحسوبة طبقاً للبنـد (٨-٧-٣-٣-١) فـى كل إتجاه على حده

٢- في حالة تماثل توزيع الجساءات الأفقية والكتل فى المسقط الأفقى وعند الحل بإستخدام نموذج فراغي وعدم توافر طرق أكثر دقة من المذكورة فى البند(٨-٧-٢)، يمكن الأخذ في الاعتبار تأثير عزوم اللي الإضافية بتكبير الأحمال الناتجة عن الزلازل في العناصر المقاومة للأحمال والمقدرة طبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٣) الفقرة (٥) بواسطة ضربها فى المعامل الخاص بتوزيع عزوم اللى δ المحسوب من المعادلة :

$$\delta = 1.0 + 0.6 \left[\frac{x}{L_e}\right] \qquad (8\text{-}20)$$

حيث :

X بعد العنصر الإنشائي عن مركز المبنى فى المسقط الأفقى مقاساً في اتجاه متعامد على الإتجاه الذى يتم فيه حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل.

L_e المسافة بين العنصرين الإنشائيين الخارجيين المقاومين للأحمال الأفقية مقاسة في اتجاه متعامد على الإتجاه الذى يتم فيه حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل.

٣ - يجب أن يحسب تأثير الأحمال طبقاً للفقرة (٢) بإشارات متغيرة (موجبة وسالبه) وبحيث يتم أخذ نفس الإشارة لجميع الأدوار (جميعها موجب أو جميعها سالب).

٤ - فى حالة التحليل باستخدام نموذجين مستويين منفصلين ومتعامدين ، فإن تأثير عزوم اللى يمكن حسابه عن طريق مضاعفة قيمة تأثير عزوم اللى الإضافية المحسوبه من المعادلة رقم (٨-١٥) ، وإستبدال المعامل 0.60 بالمعامل 1.20 فى المعادلة رقم (٨-٢٠) .

٨-٧-٣-٣ طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الانماط)

Multi-Modal Response Spectrum Method

٨-٧-٣-٣-١ عام General

١ - تستخدم هذه الطريقة لتحليل المنشآت التي لا تحقق الاشتراطات الواردة في البند (٨-٧-٣-٢-١) الفقرة (٢) لاستخدام طريقة طيف التجاوب المبسط . كما يمكن إستخدام هذه الطريقة لتحليل المنشآت التي ينطبق عليها اشتراطات طيف التجاوب المبسطه (بند ٨-٧-٣-٢) .

٢ - يمكن عمل التحليل باستخدام نموذجين مستويين فى اتجاهين متعامدين للمنشآت التي تحقق اشتراطات الانتظام في المسقط الأفقي [البند (٨-٦-3-٢)] .

٣ - يجب أن يعمل نموذج فراغي للتحليل للمنشآت التي لا تحقق اشتراطات الانتظام فى المسقط الأفقى.

٤ - فى حالة استخدام نموذج فراغي في التحليل ، يجب توقيع الأحمال الناتجة عن الزلازل في جميع الاتجاهات الأفقية المناسبة (طبقاً لشكل التوزيع الإنشائي للمبنى) وبالنسبة للمحاور الأفقية المتعامدة. أما للمنشآت التي لها عناصر مقاومة إنشائية في اتجاهين متعامدين فتؤخذ الأحمال الناتجة عن الزلازل فى هذين الاتجاهين فى التحليل الإنشائى للمبنى.

٥ - في حالة التحليل الديناميكي فإنه يجب الأخذ في الاعتبار كافة تأثيرات موجات الاهتزاز والتي لها تأثير في رد الفعل الكلي للمنشأ ، ويجب تحقيق ذلك بأحد الشرطين الآتيين :

أ – مجموع الكتل الترددية المؤثرة في الموجات المأخوذة في الاعتبار لا تقل عن ٩٠% من الكتلة الإجمالية للمنشأ .

أو

ب – جميع الموجات ذات الكتل الترددية المؤثرة الأكبر من ٥ % من الكتل الإجمالية يتم أخذها في الاعتبار .

ملاحظة :

الكتلة الترددية المؤثرة m_k والمقابلة للتشكل k ، يتم تحديدها بحيث أن قوى القص F_{bk} والمقابلة للتشكل k والمؤثرة في اتجاه تطبيق الأحمال الناتجة عن الزلازل تساوى [$F_{bk} = S_d (T_k) m_k$] ، ويمكن إثبات أن مجموع الكتل الترددية المؤثرة (لكل أشكال موجات الاهتزاز في أي اتجاه) يساوى كتلة المنشأ .

٦ – فى حالة استخدام نموذج فراغى فإنه يجب تحقيق الاشتراطات السابقة في كل اتجاه على حده.

٧ - إذا لم تتحقق الاشتراطات الواردة في الفقرة (٥) (مثل حالة المنشآت التي بها نسبة مشاركة عالية من موجات اللي) فإن الحد الأدنى k من عدد الموجات المأخوذة في الاعتبار في التحليل يجب أن يحقق كلاً من الشرطين التاليين :

$$k \geq 3.0 \sqrt{n} \qquad (8\text{-}21)$$

and

$$T_k \leq 0.20 \text{ sec.} \qquad (8\text{-}22)$$

حيث :

k	عدد الموجات المأخوذة فى الاعتبار
n	عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات
T_k	زمن الطول الموجي للتشكل k

٨-٧-٣-٣-٢ تجميع ردود أفعال التشكلات Combination of Modal Responses

١ - يمكن اعتبار ردود الأفعال للتشكلات i , j (شاملة كل من التشكلات الإزاحية والتشكلات الدورانية الناتجة عن اللى) منفصلة عن بعضها البعض وذلك عندما يكون زمن طولها الموجي T_j , T_i محققاً الشرط التالى :

$$T_j \leq 0.90\ T_i \qquad (8\text{-}23)$$

٢ - عندما يمكن اعتبار كافة ردود أفعال التشكلات[انظر بند (٨-٧-٣-٣-١) الفقرات من (٥) إلى (٧)] منفصلة عن بعضها البعض ، فان الحد الأقصى لتأثير أحمال الزلازل يمكن الحصول عليه بطريقة الجذر التربيعي لمجموع مربعات القيم (SRSS) :

$$E_E = \sqrt{\Sigma E_{Ei}^2} \qquad (8\text{-}24)$$

حيث :

E_E تأثير أحمال الزلازل المأخوذة في الاعتبار (قوة ، إزاحة ، .. الخ)

E_{Ei} قيمة تأثير أحمال الزلازل نتيجة الاهتزاز بواسطة التشكل i

٣ - إذا لم تتحقق الفقرة (١) يجب استخدام أساليب تجميع أكثر دقة مثل التحصيل التربيعي المتكامل (Complete Quadratic Combinations–CQC) لتجميع الحد الأقصى لردود أفعال التشكلات .

٨-٧-٣-٣-٣ تأثير عزوم اللى Torsional Effects

١ - عند إستخدام نموذج فراغي في التحليل ، فإنه يتم إضافة تأثير عـزوم اللـى الإضـافية المحسوبة من المعادلة (٨-٢٠) وحسب النقطة (١) بالبند (٨-٧-٣-٢-٤). وفـى هـذه الحالة ، يمكن حساب عزوم اللى الإضافية من القيم القـصوى Envelope الناتجـة مـن تطبيق الأحمال الإستاتيكية نتيجة مجموعات من عزوم اللى حول الرأسى لكل دور (i) .

٢ - يجب أن يحسب تأثير الأحمال طبقاً للفقرة (١) بإشارات متغيرة (موجبة وسالبه) ، وبحيث يتم أخذ نفس الإشارة لجميع الأدوار (جميعها موجب أو جميعها سالب) .

٣ - فى حالة التحليل بإستخدام نموذجين مستويين منفصلين ومتعامدين ، فإن تأثير عزوم اللـى يتم حسابه طبقاً للفقرة (٤) من البند (٨-٧-٣-٢-٤).

٨-٧-٣-٤ طرق بديلة للتحليل Alternative Methods of Analysis

١ - عند استخدام طريقة التحليل الديناميكى الزمنى فان المتطلبات الأساسية طبقاً للبند (٨-٢-١) من هذا الباب يجب أن تتحقق بمستوى ثقة يتوافق مع استخدام الطرق الأساسية الموضحة بالبند (٨-٧-٣-٣) .

٢ - يمكن التحقق من الفقرة (١) بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ - أن مجموع قوى القص الأفقية المحسوبة عند منسوب الأساسات في كل من اتجاهين متعامدين لا يقل عن (٨٠ %) من مجموع القوى المحسوبة باستخدام طريقة طيف التجاوب المركب طبقاً للبند (٨-٧-٣-٣) .

ب - عندما يكون مجموع قوى القص الافقية المحسوبة في أي من الاتجاهين أقل من ٨٠% من القيمة المحسوبة بطريقة طيف التجاوب المركب ، يجب زيادة كل قيم ردود الأفعال التى يتم حسابها بالنسبة التي تحقق أن إجمالي قوى القص يعادل نسبة (٨٠%) وطبقاً للشرط السابق.

٨-٧-٣-٤-١ طريقة التحليل الديناميكي الزمني Time-History Method

١ - يمكن حساب الاستجابة الديناميكية الزمنية باستخدام التكامل العددى للمعادلات التفاضلية للحركة باستخدام سجلات للزلازل المحددة في البند (٨-٤-٣-٢) لتمثل حركة القشرة الأرضية .

٢ - عند افتراض الاستجابة غير المرنة للمنشأ ، يطبق البند (٨-٧-٣-١) الفقرة (٤) .

٣ - يجب إستخدام ثلاثة تسجيلات زلازل على الأقل مع أخذ القيم القصوى للقوى الداخلية فى العناصر الإنشائية المختلفة. وفى حالة إستخدام سبعة تسجيلات أو أكثر فإنه يمكن أخذ المتوسطات العدديه لقيم القوى الداخلية .

٨-٧ التحليل الإنشائى Structural Analysis

٨-٧-١ النموذج الإنشائى Structural Modeling

١ - يجب أن يكون النموذج الإنشائى معبراً عن توزيع الجساءات والكتل بحيث تؤخذ كافة التشكلات المؤثرة وقوى القصور الذاتى في الاعتبار عند حساب أحمال الزلازل .

٢ - يمكن عمل التحليل الإنشائي للمنشآت المحققة لمحددات الانتظام في المسقط الأفقى طبقاً للبند (٨-٦-٣-٢) ، باستخدام نموذج إنشائى مستوى لكل من الاتجاهين المتعامدين بدون تداخل فيما بينهما .

٣ - تحسب جساءة العناصر الحاملة في المنشآت الخرسانية المسلحة والمنشآت المركبة والمنشآت من الطوب ، بصفة عامة ، على اعتبار أن قطاعاتها بها شروخ.

وفى حالة عدم استخدام طريقة دقيقة لتحليل القطاعات التى بها شروخ، فإن جساءة العزوم والقص لقطاعات العناصر الخرسانية غير المسلحة والطوب يجب ألا تزيد عن نصف قيمة الجساءة للقطاعات التى ليس بها شروخ.

وفى حالة العناصر الخرسانية المسلحة، تؤخذ الجساءه الفعلية (عزم القصور الذاتى الفعلى) كما يلى:

- الأعمدة	$I_{eff} = 0.70\ I_g$
- الحوائط القص التى ليس بها شروخ	$I_{eff} = 0.70\ I_g$
- الحوائط القص التى بها شروخ	$I_{eff} = 0.50\ I_g$
- الكمرات (مع أخذ مشاركة البلاطات)	$I_{eff} = 0.50\ I_g$
- البلاطات اللاكمرية والمسطحة (كامل مسطح البلاطة)	$I_{eff} = 0.25\ I_g$
ولا يتم عمل اى تخفيض فى مساحة القطاع	$A_{eff} = A_g$

حيث :

I_{eff} : جساءة القطاع مع الأخذ فى الإعتبار تأثير الشروخ

I_g : جساءة القطاع الذى ليس به شروخ

A_g : مساحة القطاع الذى ليس به شروخ

A_{eff} : مساحة القطاع مع الأخذ فى الإعتبار تأثير الشروخ

٤ - يجب حساب الكتل من الوزن التصميمى للمنشأ ويؤخذ مساويا للحمل الدائم للمنشأ مضافا إليه نسبة من الحمل الحى ψ_{Ei} طبقاً للجدول (٨-٧) .

جدول (٨-٧) نسبة الحمل الحى (ψ_{Ei})

توصيف المنشأ	(ψ_{Ei})
*الصوامع *خزانات المياه * المنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة متصلة (المكتبات - المخازن الرئيسية - جراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأوتوبيسات... الخ)	1.0
* المنشآت والمبانى العامة مثل : المخازن غير الرئيسية - الاسواق التجارية - المدارس - المستشفيات - المسارح - جراجات السيارات الملاكي ...الخ	0.5
المنشات السكنية	0.25

٨-٧-٢ عزوم اللى الإضافية Accidental Torsional Effects

بالإضافة إلى اللامركزية المحسوبة (وهى المسافة بين مركز الكتلة ومركز الجساءة) ولتغطية عدم التأكد من مركز الكتلة فان مركز ثقل الكتل في كل دور i يجب ترحيله من مكانه النظرى في كافة الاتجاهات مسافة e_{ai} بحيث تزيد قيمة عزوم اللي المحسوبة طبقاً للمعادلة :

$$e_{ai} = \pm 0.05\ L_i \qquad (8\text{-}15)$$

حيث :

e_{ai} اللامركزية الاضافية لكتلة الدور i من مكانها الأساسي والمأخوذة في نفس الاتجاه في كافة الأدوار،

L_i بعد الدور المتعامد على اتجاه حساب أحمال الزلازل