



جمهورية مصر العربية  
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية  
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

## الكود المصرى

### لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني

اللجنة الدائمة

لاعداد الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني

كود رقم ٢٠١

طبعة ٢٠١٢



جمهورية مصر العربية  
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية  
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

---

## الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني

اللجنة الدائمة  
لاعداد الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني  
كود رقم ٢٠١

طبعة ٢٠١٢



جمهورية مصر العربية  
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية  
مكتب الوزير

الرقم البريدي ١١٥١٦

قرار وزارى

رقم (٤٣١) لسنة ٢٠١١

وزير الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية:

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ فى شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى قانون البناء الصادر بالقانون رقم ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ ولائحته التنفيذية.
- وعلى القرار الجمهورى رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ فى شأن إعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء.
- وعلى القرارين الوزاريين رقمى ١٦٢ لسنة ١٩٩٧ و ٤١ لسنة ٢٠٠٠ بشأن تشكيل اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى للأحمال والقوى.
- وعلى المذكرة المقدمة من السيد الأستاذ الدكتور / رئيس مجلس إدارة المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء بتاريخ ٢٣/١١/٢٠١١.

قرار

(المادة الأولى):

يتم العمل بالكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني المرافق لهذا القرار.

(المادة الثانية):

تتولى اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية المشكلة بالقرارين الوزاريين رقمى ١٦٢ لسنة ١٩٩٧ و ٤١ لسنة ٢٠٠٠ المشار إليهما اقتراح التعديلات والإضافات اللازمة لتحديث الكود ~~بعد إصدارها جزءاً لا يتجزأ من هذا الكود.~~





جمهورية مصر العربية  
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية  
مكتب الوزير

الرقم البريدي ١١٥١٦

**المادة الثالثة :**

يتولى المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء العمل على نشر الكود والتعريف به والتدريب عليه.

**المادة الرابعة :**

تلتزم الجهات المعنية المنصوص عليها فى القانونين رقمى ٦ لسنة ١٩٦٤ ، ١١٩ لسنة ٢٠٠٨ المشار إليهما بتنفيذ ما جاء بهذا الكود.

**المادة الخامسة :**

ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية، ويعمل به اعتباراً من اليوم التالى لمضى ستة أشهر من تاريخ نشره .

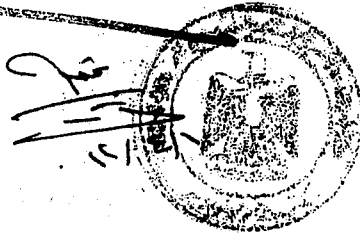
وزير الإسكان

والمرافق والتنمية العمرانية

صدر في / / ٢٠١١

محرر  
١١/١٢/٢٠١١  
محمد عبد الله

أ.د.م / محمد فتحي البرادعى



## تمهيد

نظراً للتطورات المتلاحقة فى مجال التشييد والبناء التى شهدتها مصر فى الأونة الأخيرة وظهور مواد بناء جديدة ومستحدثة فكان لزاماً أن تقوم مصر بوضع وتطوير أسس واشتراطات تنفيذ الأعمال الإنشائية بهدف توفير الأمان والراحة للمواطنين والحفاظ على الثروة العقارية بمصر.

ومن هذا المنطلق وتأكيداً لدور المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء التابع لوزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية فقد صدر القرار الجمهورى رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ بشأن إعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء والذى نص فى إحدى مواد اختصاصات المركز ومنها إعداد وإصدار وتحديث الكودات ومواصفات بنود الأعمال والمواصفات الفنية التى تتماشى مع الإتجاهات العالمية وتناسب الظروف المحلية وتحقيقاً لسياسات الدولة من توجيه الإستثمارات لمشروعات التشييد والبناء.

كما قام المركز بوضع الأسس والخطوط العامة التى تحكم اعداد الكودات بحيث تتم على أفضل وأحدث ما توصلت إليه المعرفة والخبرة العالمية مستعيناً فى ذلك بالخبرات العلمية والعالمية فى الداخل والخارج ، وجاء تشكيل اللجان التخصصية بوتقة تنصهر فيها كافة المعارف والخبرات ، ونموذجاً للصلة الوثيقة بين المركز والجامعات وقطاعات الإنتاج، وحرصاً من المركز على تطبيق تلك الكودات والمواصفات فإنه يتم عقد دورات تدريبية للمهندسين والعاملين فى مجال التشييد والبناء للتعريف على الكودات وتطبيقها.

وإنطلاقاً من دور المركز فى تطوير مجالات التشييد والبناء فقد قام بإعداد الخطة البحثية والإستراتيجية الخمسية للمركز (٢٠٠٧-٢٠١٢) والتى تهدف إلى إيجاد الحلول العلمية والعملية والتطبيقية لمواجهة المشاكل التى تعترض قطاع التشييد والبناء وقد اشتملت هذه الخطة على محور خاص بالأبحاث القومية الداعمة للكودات والتى من شأنها المساهمة فى إعداد وتحديث الكودات علماً بأنه يتم تحديث الكودات بصفة مستمرة تبعاً لما يستجد من تطورات محلية وعالمية وطبقاً للخبرات المكتسبة من ظروف التطبيق.

والجدير بالذكر فإن المركز قد قام بإعداد وإصدار الكثير من الكودات والمواصفات الفنية ولعله من المفيد أن يتعرف المهتمين والعاملين بقطاع التشييد والبناء على تلك الكودات والمواصفات الفنية والواردة فى الجداول المرفقة.

والله ولى التوفيق ،،

رئيس مجلس إدارة

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء



أ.د. خالد محمد الذهبى

$$P_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_0} \right) = \frac{1}{\rho_0} \quad (1)$$

## مقدمة

تتوقف سلامة الأعمال الإنشائية وأعمال المباني بصفة عامة على طريقة حساب الأحمال والقوى في العناصر الإنشائية المختلفة ومدى كفاءة هذه العناصر وقدرتها على تحمل الأنواع المختلفة من الأحمال والقوى المعرضة لها بما يحقق الأداء الأمثل والإقتصادي لهذه المنشآت وكذا توافر الأمان الكافي لها طوال فترة الاستخدام.

ونظراً لتعرض دول الوطن العربي والعالم من حين لآخر إلى العديد من الكوارث الطبيعية التي تؤثر سلباً على حياة الأفراد سواء من ناحية حدوث خسائر في الأرواح البشرية أو إنبهار المنشآت وخطوط البنية الأساسية ، خاصة في حالة عدم وجود إنذار مبكر لهذه الكوارث مثل الناتجة عن الزلازل، فقد إهتمت وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية ممثلة في المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء بتحديث الكودات المصرية المتخصصة في هذا المجال لمواكبة التطور العالمي السريع في مجال الهندسة الإنشائية بصفة عامة وهندسة الزلازل بصفة خاصة. وقد روعى عند تحديث هذا الكود ضرورة وضع بعض الإشتراطات والاحتياطات المطلوبة في المنشآت والمباني المقاومة للزلازل ، مع إتباع أدق الطرق المستخدمة لتقدير الأحمال الناتجة عن الزلازل على المباني.

ولما كانت الكبارى من المنشآت الحيوية الهامة التي يجب أن تعمل بنفس الكفاءة بعد حدوث الزلازل، فقد روعى في تحديث الكود أن يشتمل في أحد أبوابه على حساب أحمال الزلازل على الكبارى . حيث تم تقسيم الكبارى من حيث الأهمية إلى نوعين أساسيين هما كبارى رئيسية وكبارى ثانوية.

وحيث أن المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء هو الجهة الرسمية المسؤولة عن إصدار الكودات، فقد حرص المركز على عمل الدورات التدريبية وتبادل الخبرات لتشجيع التعاون العلمى بين الدول العربية وتعزيز قدراتها في مجال إدارة الكوارث والتخفيف من آثارها. وتجدر الإشارة إلى أنه قد تم إعداد هذا الكود طبقاً للإشتراطات الفنية المتعارف عليها دولياً وفى ضوء الظروف والإمكانيات الفنية المتاحة محلياً في الوقت الحالى وحتى تاريخ تحديث هذا الكود ، مع العلم بأن هذا الكود قابل للتحديث والتطوير مستقبلاً تبعاً لما يستجد من تطورات هندسية وتقنية في مجال الهندسة الإنشائية.

والله ولى التوفيق

رئيس اللجنة الدائمة للكود



أستاذ دكتور / حمدى عبد العظيم محسن





## مقدمة

تتوقف سلامة الأعمال الإنشائية وأعمال المباني بصفة عامة على طريقة حساب الأحمال والقوى في العناصر الإنشائية المختلفة ومدى كفاءة هذه العناصر وقدرتها على تحمل الأنواع المختلفة من الأحمال والقوى المعرضة لها بما يحقق الأداء الأمثل والإقتصادي لهذه المنشآت وكذا توافر الأمان الكافي لها طوال فترة الاستخدام.

ونظراً لتعرض دول الوطن العربي والعالم من حين لآخر إلى العديد من الكوارث الطبيعية التي تؤثر سلباً على حياة الأفراد سواء من ناحية حدوث خسائر في الأرواح البشرية أو إنبهار المنشآت وخطوط البنية الأساسية ، خاصة في حالة عدم وجود إنذار مبكر لهذه الكوارث مثل الناتجة عن الزلازل، فقد إهتمت وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية ممثلة في المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء بتحديث الكودات المصرية المتخصصة في هذا المجال لمواكبة التطور العالمي السريع في مجال الهندسة الإنشائية بصفة عامة وهندسة الزلازل بصفة خاصة. وقد روعي عند تحديث هذا الكود ضرورة وضع بعض الإشتراطات والاحتياطات المطلوبة في المنشآت والمباني المقاومة للزلازل ، مع إتباع أدق الطرق المستخدمة لتقدير الأحمال الناتجة عن الزلازل على المباني.

ولما كانت الكبارى من المنشآت الحيوية الهامة التي يجب أن تعمل بنفس الكفاءة بعد حدوث الزلازل، فقد روعي في تحديث الكود أن يشتمل في أحد أبوابه على حساب أحمال الزلازل على الكبارى . حيث تم تقسيم الكبارى من حيث الأهمية إلى نوعين أساسيين هما كبارى رئيسية وكبارى ثانوية.

وحيث أن المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء هو الجهة الرسمية المسؤولة عن إصدار الكودات، فقد حرص المركز على عمل الدورات التدريبية وتبادل الخبرات لتشجيع التعاون العلمى بين الدول العربية وتعزيز قدراتها في مجال إدارة الكوارث والتخفيف من آثارها. وتجدر الإشارة إلى أنه قد تم إعداد هذا الكود طبقاً للإشتراطات الفنية المتعارف عليها دولياً وفى ضوء الظروف والإمكانيات الفنية المتاحة محلياً في الوقت الحالى وحتى تاريخ تحديث هذا الكود ، مع العلم بأن هذا الكود قابل للتحديث والتطوير مستقبلاً تبعاً لما يستجد من تطورات هندسية وتقنية في مجال الهندسة الإنشائية.

والله ولى التوفيق

رئيس اللجنة الدائمة للكود



أستاذ دكتور / حمدى عبد العظيم محسن



## الباب الأول : المجال

- ١-١ مجال الكود ١
- ٢-١ أهداف الكود ١
- ٣-١ وحدات القياس ١
- ٤-١ أسس حساب الأحمال ٢

## الباب الثانى : التعريفات والرموز والمصطلحات

- ١-٢ التعريفات ٣
- ١-١-٢ الأحمال الدائمة ٣
- ٢-١-٢ الأحمال والقوى الحية ٣
- ١-٢-١-٢ الأحمال الحية ٣
- ٢-٢-١-٢ أحمال الرياح ٣
- ٣-٢-١-٢ أحمال الزلازل ٣
- ٤-٢-١-٢ تأثير تغير درجات الحرارة ٤
- ٥-٢-١-٢ أحمال غير مباشرة ٤
- ٢-٢ الرموز والمصطلحات ٤

## الباب الثالث : الأحمال الدائمة

- ١-٣ الأوزان الفعلية ١٥
- ٢-٣ حساب تأثير أحمال العناصر الفاصلة والقواطيع المحددة على الرسومات ١٥
- ٣-٣ حساب تأثير أحمال العناصر الفاصلة والقواطيع غير محددة الموقع ١٦

## الباب الرابع : الأحمال على المباني

- ١-٤ عام ٣٠
- ٢-٤ تخفيض الأحمال الحية فى الأبنية السكنية متعددة الطوابق ٣٥
- ٣-٤ القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات والدرابى ٣٥
- ٤-٤ تأثير تغير درجات الحرارة ٣٥
- ٥-٤ إنكماش الخرسانة ٣٦
- ٦-٤ زحف الخرسانة ٣٦
- ٧-٤ أحمال الرياح ٣٧
- ٨-٤ أحمال الزلازل ٣٧

٣٧	٩-٤ التأثيرات الديناميكية على المباني
٣٨	١٠-٤ أحمال خاصة على السطح العلوى للمباني
٣٨	٤ - ١١ الهبوط المتفاوت للأساسات
٣٨	٤ - ١٢ الضغوط الجانبية للتربة والمياه
٣٨	٤ - ١٣ تأثير الكلال
	الباب الخامس : الأحمال على كباري الطرق وكبارى المشاة
٣٩	١-٥ عام
٣٩	١-١-٥ الأحمال الرئيسية
٣٩	١-٥-٢ الأحمال الثانوية
٣٩	١-٥-٣ الأحمال الخاصة
٤٠	٥-٢ تمثيل الحارات المرورية المستخدمة في التصميم الإنشائي
٤١	٥-٣ الأحمال الرأسية على كباري الطرق
٤١	٥-٣-١ نموذج التحميل رقم (١)
٤٤	٥-٣-٢ نموذج التحميل رقم (٢)
٤٥	٥-٣-٣ نموذج التحميل رقم (٣)
٤٥	٥-٣-٤ طريقة توزيع الحمل المركز
٤٦	٥-٤ قيم القوى الأفقية
٤٦	٥-٤-١ قوى الفرامل
٤٧	٥-٤-٢ قوى الطرد المركزية والقوى الأفقية الأخرى
٤٧	٥-٥ الأحمال التصميمية في حالة الصيانة
٤٨	٥-٦ صدمة المركبات
٤٨	٥-٦-١ عام
٤٨	٥-٦-٢ تأثير صدمة المركبة على أعمدة الكوبري
٤٨	٥-٦-٣ تأثير صعود عجلة المركبة على رصيف المشاة
٤٩	٥-٦-٤ تأثير صدمة المركبة على برودة الرصيف
٥٠	٥-٦-٥ تأثير صدمة المركبة على حاجز العربات
٥١	٥-٧ القوى المؤثرة على الدرابزينات
٥١	٥-٨ الأحمال على أكتاف الكبارى والحوائط الساندة

٥١	١-٨-٥ الأحمال الرأسية
٥١	٢-٨-٥ الأحمال الأفقية
٥٢	٩-٥ كبارى الطرق التى تمر فوقها خطوط سكك حديدية
٥٣	١٠-٥ تأثير تغير درجات الحرارة
٥٤	١١-٥ أحمال الزلازل
٥٤	١٢-٥ أحمال الرياح
٥٥	١٣-٥ مقاومة الركائز للاحتكاك أو القص الأفقى
٥٦	١٤-٥ الهبوط المتفاوت للأساسات
٥٦	١٥-٥ انكماش الخرسانة
٥٦	١٦-٥ زحف الخرسانة
٥٦	١٧-٥ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ
٥٦	١٨-٥ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه
٥٦	١٩-٥ تأثير الكلال
٥٧	٢٠-٥ الحمولات غير التقليدية
٥٧	٢١-٥ حالات تجميع الاحمال على كبارى الطرق
٥٨	٢٢-٥ الأحمال على كبارى المشاة
٥٨	١-٢٢-٥ الأحمال الرأسية على كبارى المشاة
٥٩	٢-٢٢-٥ القوة الأفقية على كبارى المشاة
٥٩	٣-٢٢-٥ تجميع الاحمال على كبارى المشاة
٦٠	٤-٢٢-٥ أحمال الرياح
٦٠	٥-٢٢-٥ أحمال الزلازل
٦٠	٦-٢٢-٥ أحمال الصدم على كبارى المشاة
٦٠	٧-٢٢-٥ الأحمال على الدرابزينات لكبارى المشاة
٦٠	٨-٢٢-٥ الأحمال على الأكتاف والحوائط الساندة لكبارى المشاة
٦١	٩-٢٢-٥ نموذج التحميل الديناميكي لكوبرى المشاة
٦١	١٠-٢٢-٥ حالات تجميع الاحمال على كبارى المشاة
٦٢	الملحق (٥-أ) حالات تجميع الاحمال على كبارى الطرق
٦٣	الملحق (٥-ب) حالات تجميع الاحمال على كبارى المشاه

## الباب السادس : الأحمال على كبارى ومنشآت السكك الحديدية

٦٤	١-٦ عام
٦٤	١-١-٦ الأحمال الرئيسية
٦٤	٢-١-٦ الأحمال الثانوية
٦٤	٣-١-٦ الأحمال الخاصة
٦٤	٢-٦ الأحمال الحية
٦٥	١-٢-٦ الأحمال على الكبارى متعددة السكك
٦٦	٢-٢-٦ الأحمال على الدرابزينات
٦٦	٣-٦ التأثيرات الديناميكية:
٦٩	٤-٦ قوة الطرد المركزية فى كبارى السكك الحديدية
٦٩	٥-٦ تأثير تغير درجات الحرارة
٧٠	٦-٦ قوى الفرامل و الجر
٧٢	٧-٦ تأثير الصدمات العرضية
٧٢	٨-٦ أحمال الرياح
٧٢	٩-٦ أحمال الزلازل
٧٢	١٠-٦ مقاومة الركائز للاحتكاك
٧٣	١١-٦ الهبوط المتفاوت للأساسات
٧٣	١٢-٦ انكماش الخرسانة
٧٣	١٣-٦ زحف الخرسانة
٧٣	١٤-٦ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ
٧٣	١٥-٦ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه
٧٣	١٦-٦ تأثير الكلال
٧٣	١٧-٦ الاستقرار والتثبيت
٧٤	١٨-٦ توزيع الأحمال
٧٤	١-١٨-٦ توزيع حمل العجلة فى الاتجاه الطولى بواسطة القضبان
٧٥	٢-١٨-٦ الأرضيات والعناصر المماثلة
٧٥	٣-١٨-٦ التوزيع الطولى للحمل بواسطة الفلنكات وطبقة الصابورة
٧٥	١٩-٦ التمايل

٧٥	٦-١٩-١ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكات قطعة واحدة
٧٦	٦-١٩-٢ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعتين
٧٧	٦-١٩-٣ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعة الواحدة في المنحنيات
٧٨	٦-١٩-٤ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكة ذات القطعتين في المنحنيات
٧٨	٦-٢٠ تأثير الأحمال الحية على الأكتاف والحوائط الساندة
٧٨	٦-٢١ الخلووص
	<b>الباب السابع : أحمال الرياح على المباني والمنشآت</b>
٨١	٧-١ المجال
٨٢	٧-٢ التعريفات
٨٣	٧-٣ طريقة حساب أحمال الرياح
٨٥	٧-٤ ضغط الرياح الأساسي $q$
٨٧	٧-٥ معامل التعرض $k$
٨٩	٧-٦ توزيع معاملات ضغط الرياح
٨٩	٧-٦-١ عام
٩٠	٧-٦-٢ المباني المستطيلة
٩٢	٧-٦-٣ المباني ذات الواجهات المستطيلة والأسقف المائلة
٩٢	٧-٦-٤ أسقف المباني من الدور الواحد ذات البحور المتعددة
٩٦	٧-٦-٥ الأسوار ولوحات الإعلانات
٩٧	٧-٦-٦ المداخل والمآذن والمنائر والمنشآت الإسطوانية
٩٩	٧-٦-٧ الأسطح ذات العقود
١٠٠	٧-٦-٨ أسطح القباب
١٠١	٧-٦-٩ أسطح المظلات
١٠٢	٧-٦-١٠ الأبراج الجمالونية
١٠٣	٧-٦-١١ الإطارات الجمالونية
١٠٤	الملحق (٧-أ) معامل المنشأ $C_s$
	<b>الباب الثامن : أحمال الزلازل على المباني</b>
١٠٨	٨-١ مقدمة
١٠٨	٨-١-١ عام

- ١٠٨ ٢-١-٨ المجال والاعتبارات العامة
- ١٠٩ ٣-١-٨ المصطلحات
- ١١١ ٤-١-٨ الكودات المرجعية
- ١١٢ ٢-٨ المتطلبات الأساسية للتصميم
- ١١٢ ١-٢-٨ زمن الرجوع الزلزالي
- ١١٢ ٢-٢-٨ حالات الحدود
- ١١٣ ١-٢-٢-٨ حالات حد المقاومة القصوى
- ١١٣ ٢-٢-٢-٨ حالات حدود التشغيل
- ١١٤ ٣-٨ اعتبارات خاصة بالتربة
- ١١٤ ١-٣-٨ عام
- ١١٤ ٢-٣-٨ تصنيف نوعية تربة التأسيس (طبقات التربة أسفل الأساسات)
- ١١٦ ٤-٨ الأحمال الناتجة عن الزلازل
- ١١٦ ١-٤-٨ المناطق الزلزالية
- ١٢٠ ٢-٤-٨ التمثيل الأساسي للأحمال الناتجة عن الزلازل
- ١٢٠ ١-٢-٤-٨ عام
- ١٢٢ ٢-٢-٤-٨ طيف التجاوب الأفقى المرن
- ١٢٣ ٣-٢-٤-٨ طيف التجاوب الرأسى المرن
- ١٢٤ ٤-٢-٤-٨ الإزاحة القصوى للقشرة الأرضية
- ١٢٥ ٥-٢-٤-٨ طيف التجاوب التصميمي الأفقى (للتحليل الإنشائي المرن)
- ١٢٦ ٦-٢-٤-٨ طريقة بديلة لحساب طيف التجاوب التصميم الأفقى في حالة زمن الذبذبة الرئيسي  $T$  أكبر من  $T_B$
- ١٢٦ ٧-٢-٤-٨ طيف التجاوب التصميمي الرأسى (للتحليل الإنشائي المرن)
- ١٢٦ ٣-٤-٨ تمثيل مرادف للأحمال الناتجة عن الزلازل - سجل زمني للزلازل
- ١٢٦ ١-٣-٤-٨ عام
- ١٢٦ ٢-٣-٤-٨ السجلات الزلزالية الاصطناعية
- ١٢٧ ٤-٤-٨ نموذج فراغي للأحمال الناتجة عن الزلازل
- ١٢٧ ٥-٨ معاملات تجميع أحمال الزلازل مع الأحمال الأخرى
- ١٢٨ ٦-٨ خصائص المنشآت المقاومة للزلازل
- ١٢٨ ١-٦-٨ الحالات التى يمكن فيها استثناء المنشآت من حساب تأثير أحمال الزلازل



١٢٨	٢-٦-٨ المبادئ الأساسية للتصميم المبدئى
١٢٩	٣-٦-٨ الانتظام الإنشائى
١٢٩	١-٣-٦-٨ عام
١٢٩	٢-٣-٦-٨ محددات الانتظام فى المسقط الأفقى
١٣٠	٣-٣-٦-٨ محددات الانتظام فى المسقط الرأسى
١٣٣	٤-٣-٦-٨ اشتراطات تحديد معامل تعديل رد الفعل (R) فى حالة استخدام نظم إنشائية مختلفة بالمبنى
١٣٣	٧-٨ التحليل الإنشائى
١٣٣	١-٧-٨ النموذج الإنشائى
١٣٥	٢-٧-٨ عزوم اللى الإضافية
١٣٥	٣-٧-٨ طرق حساب تأثير أحمال الزلازل
١٣٥	١-٣-٧-٨ عام
١٣٦	٢-٣-٧-٨ طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكي المكافئ)
١٣٦	١-٢-٣-٧-٨ عام
١٣٦	٢-٢-٣-٧-٨ قوة القص الأساسية القصوى الناتجة عن الزلازل
١٣٧	٣-٢-٣-٧-٨ توزيع القوى الأفقية الناتجة عن الزلازل
١٣٨	٤-٢-٣-٧-٨ تأثير عزوم اللى الإضافية
١٣٩	٣-٣-٧-٨ طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الانماط)
١٣٩	١-٣-٣-٧-٨ عام
١٤١	٢-٣-٣-٧-٨ تجميع ردود أفعال التشكلات
١٤٢	٣-٣-٣-٧-٨ تأثير عزوم اللى
١٤٢	٤-٣-٧-٨ طريقة التحليل الديناميكي الزمنى
١٤٣	٥-٣-٧-٨ تجميع مركبات الأحمال الناتجة عن الزلازل
١٤٣	١-٥-٣-٧-٨ المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل
١٤٥	٢-٥-٣-٧-٨ المركبة الرأسية لأحمال الزلازل
١٤٦	٤-٧-٨ تحليل الإزاحات
١٤٦	٥-٧-٨ العناصر غير الإنشائية
١٤٦	١-٥-٧-٨ عام

١٤٧	٢-٥-٧-٨ التحليل
١٤٨	٣-٥-٧-٨ معاملات الأهمية ومعاملات تعديل ردود الأفعال
١٤٩	٦-٧-٨ مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية
١٥٠	٨-٨ تحقيق الأمان
١٥٠	١-٨-٨ عام
١٥٠	٢-٨-٨ حالة حد المقاومة القصوى
١٥٠	١-٢-٨-٨ عام
١٥٠	٢-٢-٨-٨ اشتراطات المقاومة
١٥١	٣-٢-٨-٨ اشتراطات الممتطولية
١٥١	٤-٢-٨-٨ اشتراطات الإتران
١٥٢	٥-٢-٨-٨ مقاومة البلاطات والشكالات الأفقية
١٥٢	٦-٢-٨-٨ مقاومة الأساسات
١٥٢	٧-٢-٨-٨ اشتراطات الفاصل الزلزالى
١٥٣	٣-٨-٨ حالات حدود التشغيل
١٥٣	١-٣-٨-٨ عام
١٥٣	٢-٣-٨-٨ حدود الحركة النسبية للدور
١٥٥	الملحق (أ-٨) معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)
١٥٦	الملحق (ب-٨) طرق تقريبية لحساب الزمن الدورى الأساسى للمنشآت
١٥٨	الملحق (ج-٨) طريقة بديلة لحساب طيف التجاوب التصميمى الأفقى (للتحليل الإنشائى المرن) فى حالة الزمن الدورى الأساسى T أكبر من $T_B$
	الباب التاسع : أحمال الزلازل على الكبارى
١٥٩	١-٩ المجال
١٦٠	٢-٩ طيف التجاوب المرن للكبارى
١٦٠	٣-٩ طيف التجاوب التصميمى للكبارى (للتحليل الإنشائى المرن)
١٦٠	٤-٩ الإنتظام الإنشائى
١٦١	٥-٩ طرق التحليل
١٦٢	١-٥-٩ طريقة الحمل الموزع بانتظام
١٦٣	٢-٥-٩ طريقة طيف التجاوب المبسطة

- ١٦٥ ٩-٥-٣ طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط)
- ١٦٥ ٩-٥-٤ طريقة التحليل الديناميكي الزمنى
- ١٦٥ ٩-٦ الأحمال المستخدمة فى تصميم الأكتاف والحوائط الساندة
- ١٦٦ ٩-٧ التأثيرات الثانوية ( $p-\Delta$ )
- ١٦٧ ٩-٨ حالات تجميع مركبات الأحمال الناتجة من الزلازل
- ١٦٧ ٩-٩ معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)
- ١٦٩ ٩-١٠ عرض الدعامات أسفل الركائز المتحركة عند فواصل التمدد
- ١٧٠ ٩-١١ تأثير الزلازل فى مراحل تنفيذ الكوبرى
- ١٧٠ ٩-١٢ الكبارى ذات الطبيعة الخاصة
- الباب العاشر : أحمال الزلازل على الخزانات
- ١٧٢ ١٠-١ المجال والأسس العامة
- ١٧٢ ١٠-٢ طيف التجاوب المرن
- ١٧٣ ١٠-٣ طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن
- ١٧٣ ١٠-٤ طرق التحليل
- ١٧٤ ١٠-٥ معامل تخفيض ردود الأفعال
- ١٧٤ ١٠-٦ طريقة طيف التجاوب المبسط لتحديد أحمال الزلازل على الخزانات
- ١٧٤ ١٠-٦-١ نموذج للتحليل الزلزالى
- ١٧٥ ١٠-٦-١-١ الخزانات المرتكزة على الأرض
- ١٧٥ ١٠-٦-١-٢ الخزانات المرفوعة
- ١٧٦ ١٠-٦-١-٣ خزانات ذات أشكال أخرى
- ١٧٦ ١٠-٦-٢ معادلات لحساب الطول الموجى الأساسى
- ١٧٦ ١٠-٦-٢-١ زمن الطول الموجى الحركى
- ١٧٧ ١٠-٦-٢-٢ زمن الطول الموجى الدفعى
- ١٧٨ ١٠-٦-٣ تأثير الخزانات المرتكزة على تربة ضعيفة
- ١٧٩ ١٠-٦-٣ قوى القص الأساسية القصوى
- ١٨٠ ١٠-٦-٤ العزم الأساسى الأقصى
- ١٨٢ ١٠-٧ تجميع مركبات الأحمال الناتجة من الزلازل
- ١٨٣ ١٠-٨ الضغط الهيدروديناميكي على أرضيات وحوائط الخزان

- ١٨٣ ١٠-٨-١ توزيع الضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الأفقية
- ١٨٣ ١٠-٨-١-١ الضغط الهيدروديناميكي الحركي
- ١٨٤ ١٠-٨-١-٢ الضغط الهيدروديناميكي الدفعي
- ١٨٦ ١٠-٨-٢ توزيع الضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الرأسية
- ١٨٦ ١٠-٨-٣ حالات تجميع أقصى قيمة للضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الأفقية والرأسية
- ١٨٧ ١٠-٨-٤ ارتفاع موجة التشكل الدفعي

## الباب الأول

## المجال

## ١-١ مجال الكود

يحتوى هذا الكود على حساب الأحمال والقوى الدائمة والأحمال التى يجب أخذها فى الاعتبار فى التصميم الإنشائى للأبنية والمنشآت الأخرى وتشمل الأحمال الحية وأحمال وقوى الرياح والزلازل والحرارة وخلافه، وذلك فى الحالات الآتية:

- أ - الأبنية والمنشآت الجديدة.
  - ب - التوسعات (الأفقية والرأسية) والتعديلات على الأبنية والمنشآت القائمة.
  - ج - المنشآت القائمة عند تغير إستخدامها وظروف تشغيلها.
- ويجب مراعاة أن جميع الأحمال الواردة فى هذا الكود هى أحمال تشغيل (Working Loads)، ما عدا الأحمال الناتجة عن الزلازل فهى أحمال قصوى (Ultimate Loads).

## ٢-١ أهداف الكود

يهدف الكود إلى تحديد الحد الأدنى للأحمال المطلوب اعتبارها عند التصميم الإنشائى وذلك لجعل المنشأ مستوفياً لمتطلبات التشغيل والأمان.

## ٣-١ وحدات القياس

تعتبر وحدة قياس الأحمال الكيلوجرام (kg) مساوية لما يلى:

$$1 \text{ kg} = 9.80665 \text{ N} \quad (1-1)$$

حيث تمثل N وحدة القوى القياسية الدولية : النيوتن

وتشمل الجداول بهذا الكود قيم الأحمال بالوحدتين بحيث تمثل المقادير بين الأقواس قيمة الحمل بالكيلوجرام.

وفى إطار العمل بهذا الكود فقد تم حساب الأحمال والقوى للسهولة طبقاً لما يلى:

$$1 \text{ kg} = 10 \text{ N} \quad (1-2)$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 10 \text{ kN} \quad (1-3)$$

حيث تمثل  $t$  وحدة الطن المترى وتمثل  $kN$  وحدة الكيلونيوتن.

#### ٤-١ أسس حساب الأحمال

تعتبر قيم الأحمال والقوى المذكورة فى هذا الكود هى الحدود الدنيا المسموح أخذها فى الاعتبار عند تصميم المنشأ، ولايجوز تقليل تلك الأحمال إلا بعد إجراء تجارب أو قياسات فعلية تجرى وتعتمد بواسطة أحد المختبرات المعتمدة وبحيث تكون تلك التجارب والاختبارات مطابقة للواقع تحت ظروف التشغيل القصوى للمنشأ المطلوب وبموافقة الجهات المختصة.

وينطبق ذلك أيضاً على كافة القيم والمقادير التى تذكر حدودها الدنيا والقصوى فى هذا الكود، حيث تعتبر الحدود القصوى إسترشادية للمصمم.

## الباب الثانى

## التعريفات والرموز والمصطلحات

## ١-٢ التعريفات

## ١-١-٢ الأحمال الدائمة

وهى مجموع الأحمال الثابتة والمستديمة سواء منها الأتقال الذاتية للعنصر، أو الأتقال الثابتة المحمولة بواسطة ذلك العنصر. وتشمل وزن التربة وقوة دفعها الجانبية وكذلك الأرضيات والحوائط والتركيبات.

## ٢-١-٢ الأحمال والقوى الحية

## ١-٢-١-٢ الأحمال الحية

وهى الأحمال المتغيرة والمتحركة التى يتعرض لها أى جزء من المنشأ بما فى ذلك الأحمال الموزعة والمركزة وأحمال الصدم والإهتزازات والقصور الذاتى وهى تشمل:

- أ - أوزان الأشخاص مستعملى المنشأ.
- ب - أحمال الماكينات وإهتزازاتها.
- ج - أحمال الأثاث والأجهزة والآلات غير المثبتة ومواد التخزين.

## ٢-٢-١-٢ أحمال الرياح

وهى الأحمال الناتجة عن تعرض المبنى أو المنشأ للقوى الناتجة عن هبوب الرياح والتى يمكن أن تكون على شكل ضغط أو سحب.

## ٣-٢-١-٢ أحمال الزلازل

وهى تلك الأحمال التى يتعرض لها المبنى أو المنشأ عند حدوث هزات الزلازل والتى يتعين تصميم المباني والمنشآت لمقاومتها.

## ٢-١-٢-٤ تأثير تغير درجات الحرارة

هى تلك الأحمال التى قد يتعرض لها المبنى أو المنشأ نتيجة تمدد أو انكماش بعض أو كل مكوناته نظراً لتغيرات درجات الحرارة المحيطة به.

## ٢-١-٢-٥ أحمال غير مباشرة

هى تلك الأحمال التى قد تنتج عن تحور المنشأ وتسبب قوى أو أحمالاً غير مباشرة على المنشأ مثل الزحف والانكماش فى الخرسانة المسلحة وتأثير الهبوط المتفاوت للأساسات.

## ٢-٢ الرموز والمصطلحات

## الباب الأول

Kg, t

وحدة قياس الوزن المترية - كيلو جرام (كجم)، طن

N, kN

وحدة القوى القياسية الدولية - نيوتن (ن)، كيلونيوتن (كن)

## الباب الثالث

h

بعد القاطوع عن الطرف الحر للبلاطة الحاملة

 $L_e$ 

بحر البلاطة الفعال

 $L_F$ 

بحر البلاطة

 $t_p$ 

سمك القاطوع بالمتر

 $W_e$ 

الحمل المكافئ للقواطع

 $W_p$ 

حمل القاطوع

## الباب الرابع :

p

الحمل الحى على الأسقف

 $\xi_t$ 

الأنفعال الناتج عن تغير درجة الحرارة

 $\alpha_t$ 

معامل التمدد الحرارى للمنشأ

 $\Delta_t$ 

فرق التغير فى درجة حرارة المنشأ



## الباب الخامس :

C	قوة الطرد المركزية
I	معامل التأثير الديناميكي
$h_f$	ارتفاع الردم أعلى سطح المنشأ
L	الطول المحمل من الكوبرى
$L_d$	الطول الفعال بالمتر لحساب التأثير الديناميكي
$R_c$	نصف قطر إنحناء المنشأ
$Q_L$	قوى الفرامل
$Q_t$	قوى الطرد المركزية
$Q_v$	مجموع أوزان عربات التحميل المستخدمة بنموذج التحميل رقم (١)
$W_L$	عرض حارة المرور الافتراضية
D	بعد القطاع عن فاصل التمدد

## الباب السادس :

$Q_{vk}$	حمل رأسى
$q_{vk}$	حمل موزع
C	قوة الطرد المركزية
$\phi$	معامل الحمل الحى شاملاً التأثير الديناميكي
$L_l$	الطول الفعال بالمتر لحساب التأثير الديناميكي
R	نصف قطر إنحناء المنشأ
V	أقصى سرعة للقطار
W	أقصى حمل رأسى للقطار
$Q_{vi}$	حمل العجلة
a	المسافة بين محاور الفلنكات
I	معامل التأثير الديناميكي
$G_A$	الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة A
$G_B$	الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة B
M	مركز تأثير الحمل الرأسى عند مستوى القياس
R	مركز تأثير محصلة الحمل عند مستوى القياس

$G_M$	الإجهاد المتوسط على مستوى القياس
$e$	سمك الفلنكة
$S$	المسافة بين القضيبين
$Q_r$	محصلة الحمل على الفلنكة
$Q_h$	الحمل الأفقى على الفلنكة
$Q_v$	الحمل الرأسى على الفلنكة

#### الباب السابع :

$A$	مساحة واجهة المبنى المقابلة لاتجاه الرياح
$A_J$	مساحة الفتحة $J$
$B^2$	معامل خلفية
$b$	بعد المبنى فى المسقط الأفقى عمودياً على اتجاه الرياح
$\beta$	معامل اضمحلال يمكن تحديده طبقاً لنوع المنشأ
$C_e$	معامل ضغط الرياح الخارجى
$C_i$	معامل ضغط الرياح الداخلى
$C_f$	معامل قوة الرياح الكلية
$C_s$	معامل المنشأ
$C_t$	معامل طبوغرافية الأرض
$d'$	عمق النتوء
$d$	عمق المبنى فى المسقط الأفقى فى اتجاه الرياح ، القطر
$e$	نسبة مساحة مسقط الأعضاء الإنشائية إلى مساحة المسقط الكلى
$F$	القوة الكلية للرياح على المبنى
$f_L(z_r, n_1)$	تغير الطيف
$g$	معامل الذروة
$h$	إرتفاع المبنى عن سطح الأرض
$I_{zr}$	شدة الاضطراب عند الارتفاع $z_r$
$k$	معامل التعرض
$L_{(zr)}$	مقياس طول الاضطراب
$L_r$	مقياس طول مرجعى

$n_1$	التردد الطبيعي للمبنى
$P_e$	ضغط الرياح الخارجى المؤثر استاتيكيًا على وحدة المساحة للأسطح الخارجية للمبنى
$P_i$	ضغط الرياح الداخلى المؤثر إستاتيكيًا على وحدة المساحة للأسطح الداخلية للمبنى
$q$	ضغط الرياح الأساسى
$\rho$	كثافة الهواء
$R^2$	معامل تجاوب الرنين
$S_L(z_r, n_1)$	دالة كثافة لابعدية لقوة الطيف
$R_b, R_h$	دوال إدخال ديناميكية
$T$	طول زمنى
$V_m(z_r)$	المتوسط الساعى لسرعة الرياح عند الارتفاع $(z_r)$
$V$	سرعة الرياح الأساسية
$v$	تردد
$\beta$	معامل اضمحلال
$z_r$	الارتفاع عن سطح الأرض
$z_o$	طول الجزء الوعر من الأرض
$z_t$	ارتفاع مرجعى
$z_j$	إرتفاع الفتحة رقم $j$ بالمتر
$z$	إرتفاع

#### الباب الثامن :

$a_g$	عجلة الحركة الأرضية فى طبقة صخرية أو تربة قوية وتعرف بالعجلة الأرضية التصميمية لزم من عودة قياسى
$a_{vg}$	المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية من طيف التجاوب
$C_u$	مقاومة التماسك من اختبار الضغط غير المحاط
$d$	إزاحة
$d_e$	الإزاحة لنقطة من النظام الإنشائى على أساس طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن

$d_g$	قيمة أقصى إزاحة للقشرة الأرضية فى طبقة صخرية أو ترابه قوية فى موقع الزلازل
$d_r$	الحركة النسبية التصميمية للدور
$d_s$	الإزاحة الناتجة عن أحمال الزلازل التصميمية لنقطة من النظام الإنشائي
$E_d$	القيمة التصميمية لتأثير الأحمال طبقاً للموقف التصميمي لمقاومة الزلازل
$E_E$	تأثير أحمال الزلازل المأخوذة فى الاعتبار
$E_{Ei}$	قيمة تأثير أحمال الزلازل نتيجة الاهتزاز بواسطة التشكل $i$
$E_{(Fx)}$	تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل نتيجة تأثير الزلازل فى إتجاه محور $x$ من المبنى
$E_{(Fy)}$	تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل نتيجة تأثير الزلازل فى إتجاه محور $y$ من المبنى
$E_{(Fz)}$	تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل نتيجة تأثير الزلازل فى إتجاه محور $z$ من المبنى
$e_o$	المسافة بين مركز الكتلة ومركز الجساءه
$e_{li}$	الترحيل الاضافى لكتلة الدور $i$ من مكانها الأساسى والمأخوذة فى نفس الإتجاه فى كافة الأدوار
$F$	قوى زلزالية أفقية
$F_a$	قوى زلزالية مؤثرة على عناصر غير إنشائية
$F_b$	قوى القص الأساسية على المنشأ والناتجة عن الزلازل
$F_{bk}$	قوى القص المقابلة للتشكل $k$
$F_i$	القوة الأفقية المؤثرة على الدور $i$
$g$	عجلة الجاذبية الأرضية $(9.81 \text{ m/sec}^2)$
$H$	ارتفاع المبنى الكلى
$H_s$	السمك الكلى لطبقات التربة
$h$	ارتفاع الدور
$h_i$	سمك طبقة التربة $(i)$
$I_{eff}$	جساءة القطاع مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الشروخ
$I_g$	جساءة القطاع الذى ليس به شروخ
$k$	عدد الموجات المأخوذة فى الاعتبار
$Le$	المسافة بين العنصرين الإنشائيين الخارجيين مقاسة فى اتجاه متعامد على اتجاه الأحمال الزلزالية تحت الاعتبار
$L_i$	بعد الدور متعامدا على اتجاه حساب أحمال الزلازل

$L_x$	البعد الأكبر للمسقط الأفقى للمبنى
$L_y$	البعد الأصغر للمسقط الأفقى للمبنى
$m$	الكتلة
$m_k$	الكتلة الترددية المؤثرة والمقابلة للتشكل $k$
$M_{ti}$	عزوم اللي للدور $i$ حول المحور الرأسى
$n$	عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات
$N_s$	عدد طبقات التربة
$N_{SPT}$	عدد الدقات لاختراق ٣٠ سم بإستخدام تجربة الاختراق القياسى SPT
$P_{tot}$	الأحمال الرأسية فوق منسوب الدور تحت الدراسة
$R$	معامل تعديل ردود الافعال (تخفيض القوى) ويعتمد على النظام الإنشائى للمبنى ومادة الإنشاء وطرق التصميم ، حسب جدول (أ)
$R_a$	معامل تعديل ردود الأفعال للعناصر غير الإنشائية
$R_d$	معامل تحويل رد فعل الإزاحة
$R_e$	مقاومة العنصر التصميمية
$V_{S.H}$	سرعة موجات القص لطبقة بعمق $(H)$ متر
$S_e(T)$	طيف التجاوب الأفقى المرن لزمن العوده القياسى
$S_{ve}(T)$	طيف التجاوب الرأسى المرن لزمن العوده القياسى
$S_d(T)$	طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن
$S_{drift}(T)$	طيف التجاوب الأفقى لحساب الإزاحات
$S$	معامل التربة
$T$	زمن الطول الموجى لنظام ترددى أحادى
$V_{tot}$	إجمالى قوى القص للدور الناتجة عن الزلازل
$x$	بعد العنصر الإنشائى من مركز المبنى والمقاس فى اتجاه متعامد على اتجاه الأحمال الزلزالية تحت الاعتبار
$v$	معامل تخفيض الإزاحة
$\alpha$	نسبة العجلة الأرضية التصميمية ( $a_g$ ) إلى عجلة الجاذبية ( $g$ )
$\psi_{Ei}$	نسبة الحمل الحى $i$
$\eta$	معامل اضمحلال تصحيحى لطيف التجاوب الأفقى ذو قيمة ( $\eta = 1.0$ ) لنسبة (٥ %) من الاضمحلال اللدن

$\eta_v$	معامل إضمحلال تصحيحي لطيف التجاوب الرأسى
$T_k$	زمن الطول الموجى المقابل للتشكل $k$
$T_B, T_C$	حدود القيم الثابتة لطيف التجاوب
$T_D$	القيمة المحددة لبداية الحركة الثابتة لطيف التجاوب
$\delta$	معامل خاص بتوزيع عزوم اللي
$T_I$	زمن الطول الموجى الأساسى للمنشأ فى اتجاه التحليل
$T_a$	زمن الطول الموجى الأساسى للعنصر غير الإنشائى
$W$	الوزن الكلى للمنشأ
$W_a$	وزن العنصر غير الإنشائى
$u$	إزاحة الكتلة $m$ فى التشكل الأساسى للمنشأ
$z$	ارتفاع الكتلة $m$ فوق مستوى منسوب الأساسات
$\gamma_I$	معامل أهمية المنشأ
$\gamma_a$	معامل أهمية العناصر غير الإنشائية
$\theta$	معامل حساسية الحركة النسبية للدور
$z_a$	ارتفاع العنصر غير الإنشائى من منسوب الأساسات
$S_a$	معامل زلزالى خاص بالعناصر غير الإنشائية
$V_i$	سرعة موجة القص لطبقة التربة $i$
$T_s$	أقل مدة زمنية للجزء الثابت من السجل
$\lambda$	معامل تصحيح
$W_i$	الوزن التصميمى للمنشأ عند الدور (i)
$u_i$	الإزاحة الأفقية للدور (i)
$C_i$	معامل يتوقف على النظام الإنشائى ومادة الإنشاء
الباب التاسع :	

$a_s$	النسبة بين إرتفاع الدعامة وطول قطاعها فى المسقط الأفقى
$E_E$	تأثير أحمال الزلازل المأخوذة فى الاعتبار
$E_{(Fx)}$	القوى الداخلى المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه محور X للكوبرى

$E_{(Fy)}$	القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه محور Y للكوبرى
$E_{(Fz)}$	القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه محور Z للكوبرى
$F$	القوة الإستاتيكية التصميمية المكافئة لتأثير أحمال الزلازل على الكوبرى
$F_e$	القوة الإستاتيكية التصميمية المكافئة فى المستوى الأفقى
$F_i$	القوة الإستاتيكية التصميمية المكافئة لتأثير أحمال الزلازل عند نقطة التقسيم (i)
$g$	عجلة الجاذبية الأرضية
$H$	إرتفاع الدعامه (العمود)
$K$	جساءة الكوبرى
$L$	طول الجزء من الكوبرى المناظر لحركة الركيزة
$L'$	طول قطاع الدعامه فى المسقط الأفقى فى الإتجاه الذى يتم إعتباره لحساب تأثير الزلازل
$L_s$	طول الكوبرى
$M$	كتلة الكوبرى بالإضافة لكتلة النصف العلوى من الدعامات
$n$	عدد شرائح الكوبرى التى تم تقسيمها
$N$	الحد الأدنى للسماح بالحركة للركائز المتحركة أو المنزلقة
$P_i$	الحمل الإفتراضى عند نقط التقسيم (i) والناجم من الحمل الموزع $P_o$
$P_o$	حمل أفقى موزع بانتظام على طول محور الكوبرى فى الإتجاه المطلوب
$R$	معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)
$S$	معامل التربة
$S_d (T)$	طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن للكبارى
$S_e (T)$	طيف التجاوب الأفقى المرن لزمن العوده القياسى
$S_{ve} (T)$	طيف التجاوب الرأسى المرن لزمن العوده القياسى
$S_{drift} (T)$	طيف التجاوب الأفقى لحساب الإزاحات
$T$	زمن الطول الموجى الأساسى
$W$	وزن الكوبرى بالإضافة لوزن النصف العلوى من الدعامات ونسبة من الأحمال الحية
$K_h$	معامل زلزالى
$N_{Ed}$	الحمل المحورى الناتج عن تأثير الأحمال الحية

$W_e$	الوزن التصميمى المكافئ للكوبرى شاملاً الأحمال الحية
$w_i$	وزن نصف كل من الشريحتين على جانبي نقطة التقسيم (i)
$\Delta$	أقصى إزاحة للكوبرى فى الاتجاه المطلوب
$\alpha$	نسبة العجلة الأرضية التصميمية إلى عجلة الجاذبية الأرضية
$\theta$	إنحراف محور الإرتكاز عن الوضع المتعامد على المحور الطولى للكوبرى
$\beta, \gamma$	معاملات
$\gamma_i$	معامل الأهمية
$\delta_i$	الإزاحة عند نقط التقسيم (i) نتيجة الحمل الافتراضى $p_i$

## الباب العاشر :

$B$	البعد الداخلى للخران فى اتجاه القوة الزلزالية
$d$	الإزاحة الجانبية المرنة لحائط الخزان عند ارتفاع $\bar{h}$ نتيجة أخذ ضغط موزع ثابت ذو قيمة $q$
$D$	القطر الداخلى للخران
$E$	معامل المرونة لحائط الخزان
$E_T$	تأثير أحمال الزلازل المأخوذة فى الاعتبار
$E_{(F_x)}$	القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه X
$E_{(F_y)}$	القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه Y
$E_{(F_z)}$	القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائى من القوى الزلزالية فى إتجاه Z
$g$	عجلة الجاذبية الأرضية
$h$	أقصى عمق للسائل
$h_c, h_i$	ارتفاعات تأخذ فى الاعتبار الضغط الهيدروديناميكى على حوائط الخزان فقط وتستخدم فى حساب العزوم أسفل حائط الخزان
$h_c^*, h_i^*$	ارتفاعات تأخذ فى الاعتبار الضغط الهيدروديناميكى على حوائط وقاعدة الخزان وبالتالي تستخدم فى حساب العزوم الانقلابية على قاعدة الخزان
$h_{cg}$	ارتفاع مركز ثقل الخزان فارغاً مقاساً من منسوب ظهر الأساسات للهيكل الحامل
$h_s$	ارتفاع الهيكل الحامل للخران مقاساً من منسوب ظهر الأساسات إلى أسفل حوائط الخزان



$h_t$	ارتفاع مركز ثقل كتلة بلاطة سطح الخزان
$h_w$	ارتفاع مركز ثقل كتلة حائط الخزان
$k_s$	الجساءة الجانبية للهيكل الحامل فى إتجاه القوة الزلزالية
$L$	الطول الداخلى للخزان فى اتجاه موازى لاتجاه القوى الزلزالية
$M, M^*$	قوى العزوم الكلية
$m_b$	كتلة بلاطة قاعدة الخزان
$M_c^*, M_c$	عزوم الانقلاب نتيجة التشكل الدفعى
$m_i$	الكتلة الحركية من السائل
$M_i^*, M_i$	عزوم الانقلاب نتيجة التشكل الحركى
$m_s$	كتلة الخزان بالإضافة إلى ثلث كتلة الهيكل الحامل له
$m_t$	كتلة بلاطة سطح الخزان
$\overline{m_w}$	كتلة أحد حوائط الخزان فى اتجاه عمودى على القوى الزلزالية
$m_w$	كتلة حوائط الخزان
$P_{cb}$	الضغط الهيدروديناميكي الدفعى الرأسى على بلاطة أرضية الخزان
$P_{cw}$	الضغط الهيدروديناميكي الدفعى الجانبى على حوائط الخزان
$P_{ib}$	الضغط الهيدروديناميكي الحركى الرأسى على بلاطة أرضية الخزان
$P_{iw}$	الضغط الهيدروديناميكي الحركى الجانبى على حوائط الخزان
$P_v$	الضغط الهيدروديناميكي الإضافى الجانبى للسوائل
$S_d(T_c)$	قيمة طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن عند زمن الطول الموجى نتيجة التشكل الدفعى ( $T_c$ )
$S_d(T_i)$	قيمة طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن عند زمن الطول الموجى نتيجة التشكل الحركى ( $T_i$ )
$S_v(T)$	إحداثى الطيف التصميمى الرأسى للتحليل الأنشائى المرن عند زمن طول موجى $T_v$ فى الإتجاه الرأسى
$t$	سمك حائط الخزان
$t_b$	سمك بلاطة قاعدة الخزان
$T_i$	زمن الطول الموجى الحركى
$V$	قوى القص الكلية
$V_c$	قوى القص نتيجة التشكل الدفعى
$V_i$	قوى القص فوق منسوب ظهر الأساسات نتيجة التشكل الحركى

X	المسافة الأفقية لنقطة على أرضية الخزان منعكسة من مركز الخزان فى اتجاه القوى الزلزالية
y	الارتفاع الرأسى لنقطة على حافة الخزان مقاساً من سطح بلاطة أرضية الخزان
$\rho$	كثافة كتلة السائل
$\phi$	زاوية دائرية
$\rho_m$	كثافة كتلة حوائط الخزان
$T_c$	زمن الطول الموجى الدفعى
$P_{ww}$	الضغط على حوائط الخزان نتيجة قصورها الذاتى
$D_{max}$	أقصى إرتفاع لموجة التشكل الدفعى للسائل
$C_i$	معامل الزمن المودى الدفعى
$C_c$	معامل الزمن المودى الحركى
$Q_{iw}$	معامل الضغط الدفعى على الحوائط
$Q_{ib}$	معامل الضغط الدفعى على بلاطة أرضية الخزان
$Q_{cw}$	معامل الضغط الحركى على الحوائط
$Q_{cb}$	معامل الضغط الحركى على بلاطة أرضية الخزان

## الباب الثالث

## الأحمال الدائمة

## ١-٣ الأوزان الفعلية

يحسب الحد الأدنى لأوزان المواد المختلفة عند تصميم المباني والمنشآت طبقاً للجدول (١-٣) ويسمح باستخدام قيم أقل من القيم المنصوص عليها بالجدول فى هذا الكود وذلك بما يكافئ الأوزان الفعلية للمواد بشرط قياس تلك الأوزان الفعلية بمعرفة جهة رسمية مختصة.

أما إذا زادت قيم الأوزان الفعلية عن القيم المنصوص عليها فى هذا الكود، وذلك طبقاً للمهندس المصمم المسئول، فإنه يجب أن تحسب تلك الأوزان الفعلية بالقيم المنصوص عليها من المصمم المسئول.

تؤخذ زاوية الاحتكاك الداخلى للمواد المختلفة طبقاً للجدول رقم (٢-٣).

## ٢-٣ حساب تأثير أحمال العناصر الفاصلة والقواطع المحددة على الرسومات

أ - إذا كان موقع القواطع والعناصر الفاصلة محدداً على الرسومات فإنه يتم حساب الأحمال الناتجة عنها بوضعها أحمالاً مركزة على خط طولى، وذلك عند تصميم البلاطات والكمرات وغيرها من عناصر الهيكل بالكيلونيوتن/المتر الطولى وحسب الأوزان المنصوص عليها فى هذا الكود.

ب - تصميم البلاطات الحاملة لقواطع محددة على الرسومات.

يؤخذ تأثير القواطع كأحمال مكافئة منتظمة (كن/م<sup>٢</sup>) وتحسب كالاتى:

ب-١ التصميم فى حالة تعامد القاطوع مع البحر الرئيسى للبلاطة.

ب-١-١ إذا كانت البلاطة حرة الدوران عند الارتكاز يحسب الحمل المكافئ تبعاً

للمعادلة التالية:

$$W_e (\max) = 2 W_p / L_e \quad (3-1)$$

حيث :

$$W_e = \text{الحمل المكافئ (كن/م}^2\text{)}$$

$$W_p = \text{حمل القاطوع (كن/م)}$$

$$L_e = \text{بحر البلاطة الفعال (متر)}$$

ب-١-٢ إذا كانت البلاطة مستمرة يحسب الحمل المكافئ تبعاً للمعادلة التالية:

$$W_{e (min)} = 1.5 W_p / L_e \quad (3-2)$$

ب-٢ فى حالة توازى إتجاه القاطوع مع بحر البلاطة يحسب الحمل المكافئ تبعاً للمعادلة التالية:

$$W_e = W_p / e \quad (3-3)$$

حيث:

$$e = t_p + 0.3 L_F + h$$

$$e_{(min)} = 1.0 \text{ meter}$$

حيث:

$t_p$  سمك القاطوع (متر)

$L_F$  بحر البلاطة (متر)

$h$  بعد القاطوع بالمتر عن الطرف الحر وبحيث لا تزيد المسافة عن  $(0.3 L_F)$

### ٣-٣ حساب أحمال العناصر الفاصلة والقواطع غير محددة الموقع

إذا لم يتم تحديد مواقع القواطع على الرسومات تصمم البلاطات والكمرات وغيرها من عناصر الهيكل الحامل لمقاومة أحمال مكافئة منتظمة التوزيع (كن/م<sup>٢</sup>) وتحسب على أنها وزن القواطع فى المتر الطولى مضروباً فى معامل يساوى (٠,٣٣) على ألا يقل الحمل المكافئ عن ١ كن/م<sup>٢</sup> (١٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>). ويجب أن يحدد على الرسومات نوع القواطع المستخدمة وقطاعاتها بشكل واضح وكذلك الحمل المكافئ المستخدم فى التصميم.

إذا كان الحمل الحى المستخدم فى التصميم ٥٠ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) فأكثر فإنه يجوز للمصمم أن يهمل وزن القواطع الخفيفة بشرط ألا يتعدى وزنها ١ كن/م<sup>٢</sup> (١٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) وألا تكون قواطع حاملة.

## جدول (١-٣)

## الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<b>أولاً : مواد البناء:</b>
	<b>الخرسانة المسلحة:</b>
٢٥ (٢٥٠٠)	خرسانة مسلحة بركام سليسى
٢٥ (٢٥٠٠)	خرسانة مسلحة بركام دولوميت
	<b>الخرسانة العادية:</b>
٢٢ (٢٢٠٠)	خرسانة بركام سليسى
٢٢ (٢٢٠٠)	خرسانة بركام دولوميت
١٠-٢٠ (١٠٠٠-٢٠٠٠)	خرسانة خفيفة
٦-٩ (٦٠٠-٩٠٠)	خرسانة مهواه
٢٥ فأكثر (٢٥٠٠ فأكثر)	خرسانة ثقيلة
٢٣-٢٥ (٢٣٠٠-٢٥٠٠)	خرسانة بركام البازلت
١٦-١٩ (١٦٠٠-١٩٠٠)	خرسانة بركام الفرن العالى
٧-١٧ (٧٠٠-١٧٠٠)	خرسانة بركام الطين الممدد
٣-٦ (٣٠٠-٦٠٠)	خرسانة عازلة ذات فراغات
	<b>الأسمنت:</b>
١١-١٢ (١١٠٠-١٢٠٠)	أسمنت (سائب)
١٥-١٨ (١٥٠٠-١٨٠٠)	كلنكر الاسمنت
	<b>الركام:</b>
١٧ (١٧٠٠)	زلط
١٥ (١٥٠٠)	رمل
	<b>خبث الأفران العالية:</b>
١٧ (١٧٠٠)	مبرد بالهواء
١٢ (١٢٠٠)	محبب
٣-٩ (٣٠٠-٩٠٠)	ركام الليكا ( الطين الممدد)
٣,٥٠-٦,٥٠ (٣٥٠-٦٥٠)	الحجر الخفاف

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	تابع مواد البناء: (خبت الأفران العالية)
٢-٠,٦ (٢٠٠-٦٠)	الفيرموكوليت المنفوش
١١-٦ (١١٠٠-٦٠٠)	الرماد المتطاير
١٠ (١٠٠٠)	الماء
	إضافات الخرسانة:
١٢-١٠ (١٢٠٠-١٠٠٠)	(سائلة) أو مسحوق
	أحجار البناء:
	أ. صخور نارية:
٢٨ (٢٨٠٠)	جرانيت
٣٠ (٣٠٠٠)	بازلت (ديوريت - جابرو)
٢٤ (٢٤٠٠)	بازلت (بركاني)
٢٦ (٢٦٠٠)	الشيست
	ب. صخور رسوبية:
٢٧ (٢٧٠٠)	الحجر الجيري
٢٧ (٢٧٠٠)	الحجر الرملي
	ج. صخور متحولة:
٢٨ (٢٨٠٠)	الإردواز
٣٠ (٣٠٠٠)	الجنيس
٢٧ (٢٧٠٠)	السربنتين
٢٨ (٢٨٠٠)	الرخام
	طوب البناء:
١٨-١٦ (١٨٠٠-١٦٠٠)	طوب أحمر طفلي مصمت

## تابع جدول (١-٣)

## الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<b>تابع مواد البناء</b>
١٥-١٢ (١٥٠٠-١٢٠٠)	طوب طفلى مثقب (تبعاً لنسبة الفراغات)
٢٠ (٢٠٠٠)	طوب أسمنتى مصمت
١٨-١٤ (١٨٠٠-١٤٠٠)	طوب أسمنتى مفرغ
	<b>طوب جبرى رملى:</b>
١٨,٥٠ (١٨٥٠)	مصمت
١٤ (١٤٠٠)	مفرغ
٨-٧ (٨٠٠-٧٠٠)	خفيف الوزن
	<b>طوب حرارى لأغراض مختلفة:</b>
١٨,٥٠ (١٨٥٠)	طين حرارى
١٨ (١٨٠٠)	سيلكا
٢٨ (٢٨٠٠)	منجنيزيت
٣٠ (٣٠٠٠)	كروم - منجنيزيت
٢٦ (٢٦٠٠)	كورندم
١٩ (١٩٠٠)	طوب مقاوم للأحماض
٨,٧٠ (٨٧٠)	طوب زجاجى
	<b>بلوكات البناء:</b>
١٩-١٤ (١٩٠٠-١٤٠٠)	بلوكات خرسانية
١٤ - ١١ (١٤٠٠ - ١١٠٠)	بلوكات خرسانية مفرغة (تبعاً لنسبة الفراغات)
٩-٦ (٩٠٠-٦٠٠)	بلوكات خرسانية بركام الليكا
٩,٥٠ (٩٥٠)	بلوكات جبسية
	<b>الجير:</b>
١٢ (١٢٠٠)	مسحوق الحجر الجبرى

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<b>تابع مواد البناء</b>
١٣-٨,٥٠ (١٣٠٠-٨٥٠)	كتل الجير المكلسة
١٣-٦ (١٣٠٠-٦٠٠)	كتل الجير المطحونة
١١ (١١٠٠)	الجبس المكلس المطفى
١٠-٨ (١٠٠٠-٨٠٠)	الجبس
	<b>المونة:</b>
٢١ (٢١٠٠)	مونة الأسمنت
١٨ (١٨٠٠)	مونة الجير
١٩ (١٩٠٠)	مونة الأسمنت والجير
١٨-١٤ (١٨٠٠-١٤٠٠)	مونة الجبس
١٧ (١٧٠٠)	مونة البيتومين بالرمل
	<b>الخشب ومنتجاته:</b>
	(مجفف بالهواء - رطوبة ١٥ %)
	أ. خشب صلد:
٦,٨٠ (٦٨٠)	زان
٦,٩٠ (٦٩٠)	قرو
	ب- خشب طرى:
٥,٧ (٥٧٠)	بيتش باين
٤ (٤٠٠)	خشب أبيض
	ج- ألواح من ألياف خشبية:
١١-٩ (١١٠٠-٩٠٠)	صلدة
٩-٦ (٩٠٠-٦٠٠)	متوسطة الصلادة
٤-٢,٥٠ (٤٠٠-٢٥٠)	عازل ذو فراغات



تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<b>تابع مواد البناء</b>
٨,٥٠-٧,٥٠ (٨٥٠-٧٥٠)	خشب أبلكاش مضغوط
٦,٥٠-٤,٥٠ (٦٥٠-٤٥٠)	ألواح ذات قلب خشبى
	<b>مواد بناء أخرى:</b>
٨ (٨٠٠)	أسبستوس
١٦ (١٦٠٠)	ألواح أسبستوس أسمنتى متموجة
١٨ (١٨٠٠)	ماسورة أسبستوس أسمنتى
١,٢٠ (١٢٠)	سيلتون
١٧ (١٧٠٠)	تربة جافة
٢٠ (٢٠٠٠)	تربة مبللة
١٨ (١٨٠٠)	أرضية مطاط
١٠-١٤ (١٤٠٠-١٠٠٠)	بيتومين
١١-١٤ (١٤٠٠-١١٠٠)	قار
٢٤ (٢٤٠٠)	بلاط أسمنتى
٢٢ (٢٢٠٠)	بلاط موزايكو
	<b>راتنج الإيبوكس:</b>
١١,٥٠ (١١٥٠)	بدون مواد مالئة
٢٠ (٢٠٠٠)	بمواد فلزية
١٨ (١٨٠٠)	مع الفيبير جلاس
١١ (١١٠٠)	بلاط بلاستيك
١٣,٥٠ (١٣٥٠)	راتنج بوليستر
٩,٣ (٩٣٠)	بوليثيرين

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<u>تابع مواد البناء</u>
١٤ (١٤٠٠)	ألواح ب.ف.س. الصلدة
١٦ (١٦٠٠)	ألواح ب.ف.س. للأرضيات
١٧ (١٧٠٠)	بلاط ب.ف.س. للأرضيات
١,٨-١,٦ (١٨٠-١٦٠)	فيبر جلاس
١,١٠-١ (١١٠-١٠٠)	صوف زجاجى
٣-٢ (٣٠٠-٢٠٠)	صوف خشبى
٠,٦ (٦٠)	قلين
١٥-١١ (١٥٠٠-١١٠٠)	مصيص
٢٥ (٢٥٠٠)	ألواح زجاج
٢٦ (٢٦٠٠)	زجاج بالسلك
١٢ (١٢٠٠)	زجاج أكريليك
	<u>ثانيا: المواد المعدنية:</u>
٧٨,٥ (٧٨٥٠)	صلب
٧٨,٥ (٧٨٥٠)	حديد مطاوع
٧٢,٥ (٧٢٥٠)	حديد زهر
٣٠ (٣٠٠٠)	حديد خام
٢٧ (٢٧٠٠)	ألومنيوم
٢٨ (٢٨٠٠)	سلك ألومنيوم
١١٤-١٢٠ (١٢٠٠٠-١١٤٠٠)	رصاص
٩٠ (٩٠٠٠)	رصاص أبيض (مسحوق)
٨٠ (٨٠٠٠)	رصاص أحمر (مسحوق)

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	تابع المواد المعدنية:
٨٩-٨٧ (٨٩٠٠-٨٧٠٠)	نحاس
٨٥-٨٣ (٨٥٠٠-٨٣٠٠)	نحاس أصفر
٨٥-٨٤ (٨٥٠٠-٨٤٠٠)	برونز
٨٩ (٨٩٠٠)	نيكل
٦٩ (٦٩٠٠)	زنك مصبوب
٧٢ (٧٢٠٠)	زنك مدلفن
٧٤-٧٢ (٧٤٠٠-٧٢٠٠)	صفيح مدلفن
١٨,٥٠ (١٨٥٠)	مغنسيوم
٦٦,٢ (٦٦٢٠)	أنثيمون
٣٥ (٣٥٠٠)	باريوم
٨٦,٥ (٨٦٥٠)	كادميوم
٨٧ (٨٧٠٠)	كوبالت
١٩٣ (١٩٣٠٠)	ذهب
١٠٥ (١٠٥٠٠)	فضة
٧٢ (٧٢٠٠)	منجنيز
١٠,٢ (١٠٢٠٠)	مولبدنيم
٢١٣ (٢١٣٠٠)	بلاتين
٤٥ (٤٥٠٠)	تيتانيوم
١٩٠ (١٩٠٠٠)	تتجستين
١٨٧ (١٨٧٠٠)	يورانيوم
٥٦ (٥٦٠٠)	فاناديوم

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<u>تابع المواد المعدنية:</u>
٦٥,٣ (٦٥٣٠)	زركونيم
	<u>ثالثاً : الوقود :</u>
	١- الفحم :
١٢-٩ (١٢٠٠-٩٠٠)	الفحم الحجري
٦,٥-٤,٥ (٦٥٠-٤٥٠)	فحم الكوك
٢,٥ (٢٥٠)	فحم نباتى
٧ (٧٠٠)	تراب الفحم
	٢- الزيوت :
١٠-٨ (١٠٠٠-٨٠٠)	زيت الديزل
٩,٨ (٩٨٠)	زيت خام
٨-٧,٥ (٨٠٠-٧٥٠)	جازولين
٨ (٨٠٠)	بترول
	٣-غازات سائلة :
٥ (٥٠٠)	بروبين
٥,٨ (٥٨٠)	بيوتين
	٤-الخشب :
٦-٤ (٦٠٠-٤٠٠)	خشب صلد قطع
٥ (٥٠٠)	خشب صلد كتل
٢,٥ (٢٥٠)	خشب طرى أبيض قطع
٣ (٣٠٠)	خشب طرى أبيض كتل
٤ (٤٠٠)	خشب الحريق

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان القلبية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<u>رابعاً : السوائل :</u>
١٢,٥ (١٢٥٠)	جليسرين
١١ (١١٠٠)	طلاء الزيت معلبة أو صناديق
٨ (٨٠٠)	كحول
١٠ (١٠٠٠)	بيرة في خزانات
٩ (٩٠٠)	بيرة في براميل
١٥ (١٥٠٠)	حامض النيتريك (٩١% بالوزن)
١٢ (١٢٠٠)	حامض الهيدروكلوريك (٤٠% بالوزن)
١٤ (١٤٠٠)	حامض الكبريتيك (٣٠% بالوزن)
١٠ (١٠٠٠)	نبيذ في خزانات
٨,٥٠ (٨٥٠)	نبيذ في براميل
	<u>خامساً: مواد غذائية ومنتجاتها:</u>
	<u>اللبـن :</u>
٩,٥-١٠ (٩٥٠-١٠٠٠)	في خزانات
٨,٥ (٨٥٠)	في علب
٧ (٧٠٠)	في زجاجات
	<u>العسل :</u>
١٣ (١٣٠٠)	في خزانات
١٠ (١٠٠٠)	في علب
٨ (٨٠٠)	في زجاجات

## تابع جدول (١-٣)

## الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
	<b>الزبد :</b>
٥,٥٠ (٥٥٠)	فى براميل
٨-٥ (٨٠٠-٥٠٠)	فى علب أو صناديق
٥,٥٠ (٥٥٠)	زبد صناعى براميل
٧ (٧٠٠)	زبد صناعى فى صناديق
	<b>السكر :</b>
٦ (٦٠٠)	فى غلاف ورق
٨ (٨٠٠)	فى عبوات كبيرة
٧ (٧٠٠)	فى صناديق
	<b>مواد غذائية أخرى ومنتجاتها :</b>
٤ (٤٠٠)	شاي باكوات
٥,٥٠ (٥٥٠)	كاكاو فى عبوات
٥,٥٠ (٥٥٠)	بيض فى أوراق حاملة
٨ (٨٠٠)	دهون فى صناديق
٦ (٦٠٠)	سمك فى براميل
٨ (٨٠٠)	سمك معبأ
٤-٣,٥ (٤٠٠-٣٥٠)	فاكهة فى صناديق
٧-٥ (٧٠٠-٥٠٠)	فاكهة مخزنة قطع
٤,٥ (٤٥٠)	ذرة
٧-٤ (٧٠٠-٤٠٠)	لحوم مجمدة
٥,٥ (٥٥٠)	بصل فى عبوات
٧ (٧٠٠)	مخللات فى عبوات

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

المادة	الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )
<b>تابع مواد غذائية ومنتجاتها :</b>	
مشروبات فى زجاجات داخل صناديق	٨ (٨٠٠)
أرز شعير (غير مقشر )	٥ (٥٠٠)
أرز فى عبوات	٥,٦ (٥٦٠)
ملح فى أكوام	١٠ (١٠٠٠)
ملح فى عبوات	١١,٢ (١١٢٠)
نشا فى عبوات	٨ (٨٠٠)
قمح	٨-٩ (٨٠٠-٩٠٠)
بن فى عبوات	٧ (٧٠٠)
دقيق فى عبوات	٥ (٥٠٠)
<b>سادساً: مواد أخرى:</b>	
كتب وسجلات فى أكوام	١٠-١١ (١٠٠٠-١١٠٠)
ثلج على هيئة بلوكات	٥,٨-٩ (٨٥٠-٩٠٠)
نسيج - أثواب	١١ (١١٠٠)
سليولوز بالات	٨ (٨٠٠)
بالات ملابس	٤ (٤٠٠)
بالات القطن	٧-١٣ (٧٠٠-١٣٠٠)
صوف فى بالات	٧ (٧٠٠)
صوف مضغوط فى بالات	١٣ (١٣٠٠)
بالات اللباد	٥ (٥٠٠)
بالات القنب	٤ (٤٠٠)

تابع جدول (١-٣)  
الأوزان الفعلية للمواد المختلفة

الوزن كن/م <sup>٣</sup> (كجم/م <sup>٣</sup> )	المادة
٧ (٧٠٠)	بالات الجوت
٦ (٦٠٠)	بالات الكتان
٩-١٠ (٩٠٠-١٠٠٠)	أكوام الجلد
٦,١ (٦١٠)	صابون بودرة في عبوات
١٢ (١٢٠٠)	ورق في رزم
١١ (١١٠٠)	ورق في لفات
١٣ (١٣٠٠)	مطاط ملفوف لمواد الأرضيات
١١ (١١٠٠)	مطاط خام في بالات
١,٥-٢ (١٥٠-٢٠٠)	تبين محزم بالات
١,٧ (١٧٠)	قش محزم في بالات
٣-٥ (٣٠٠-٥٠٠)	تبغ في بالات



## جدول (٢-٣)

## زاوية الإحتكاك الداخلى لبعض المواد

زاوية الإحتكاك الداخلى	المادة
	الأسمنت:
٢٠	أسمنت (سائب)
٢٠	كلنكر الأسمنت
	خبث الأفران العالية:
٤٠	مبرد بالهواء
٣٥	ركام الليكا (الطين الممدد)
٢٥	محبب
٣٥	الرماد المتطاير
	الجير :
٤٥	كتل الجير المطحونة
٢٥	الجير المكلس المطفى
٢٥	الجبس
٣٥	فحم الكوك
٤٥	خشب طرى أبيض قطع
٣٠	ذره
صفر	جميع السوائل والغازات السائلة



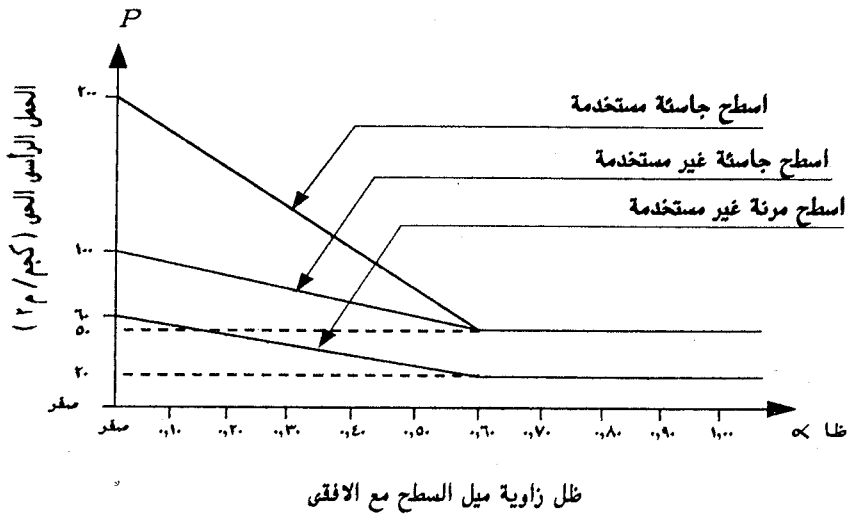
## الباب الرابع الأحمال على المباني

### ١-٤ عام

تعتبر الأحمال المذكورة فى هذا الباب طبقاً للجدول (١-٤) هى الحدود الدنيا للأحمال التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم، وعلى المهندس المصمم أن يحدد القيم الفعلية التى قد تتجاوز تلك المقادير إذا لزم الأمر حسب المتطلبات الفنية للمنشأ.

وتعرف أنواع الأحمال كالآتى:

- ١ - الأتقال الاستاتيكية التى يمكن نقلها من مكان إلى آخر كأثاث المنازل والأجهزة والآلات الاستاتيكية غير المثبتة والمواد المخزنة.
- ٢ - أوزان الأشخاص مستعملى المنشأ شرط أن يؤخذ بعين الاعتبار فى تقدير هذه الأتقال العامل الديناميكي فى حالة وجوده كما يحدث فى صالات الإجتماعات مثلاً.
- ٣ - أحمال قد يتعرض لها المنشأ أثناء مراحل التنفيذ مثل أوزان الشدات والأوناش والمعدات المستخدمة وخلافه.



شكل (١-٤) الأحمال الحية على الأسطح النهائية

جدول (٤ - ١) : الأحمال الحية للمباني المختلفة\*

عنصر المبنى	(كجم/م <sup>٢</sup> )	كن/م <sup>٢</sup>
<b>أ - الأسطح النهائية:</b>		
١- أفقية لا يمكن الوصول إليها (غير مستخدمة)		
١-١ أسطح مرنة Flexible	(٦٠)	٠,٦
٢-١ أسطح جاسئة Rigid	(١٠٠)	١,٠
٢- زاوية ميل من أفقى إلى $\alpha = ٠,٦٠$ ولا يمكن الوصول إليها (غير مستخدمة) (تحدد تبعاً للميل)		
١-٢ أسطح مرنة Flexible	(٦٠-٢٠)	٠,٦٠ - ٠,٢
٢-٢ أسطح جاسئة Rigid	(١٠٠-٥٠)	١,٠ - ٠,٥٠
٣- مائلة بزاوية الميل ( $\alpha$ ) بحيث $\alpha$ أكبر من $٠,٦٠$ ولا يمكن الوصول إليها (غير مستخدمة)		
١-٣ أسطح مرنة Flexible	(٢٠)	٠,٢٠
٢-٣ أسطح جاسئة Rigid	(٥٠)	٠,٥٠
٤- أفقية يمكن الوصول إليها (مستخدمة)	(٢٠٠)	٢,٠
	(أو مثل الحمل الحى الغالب فى الدور المتكرر)	
٥- زاوية ميل من أفقى إلى $\alpha = ٠,٦٠$ ويمكن الوصول إليها (مستخدمة) (تحدد تبعاً للميل)	(٢٠٠-٥٠)	٢,٠ - ٠,٥٠
٦- مائلة بزاوية ميل ( $\alpha$ ) بحيث $\alpha$ أكبر من $٠,٦٠$ ويمكن الوصول إليها (مستخدمة)	(٥٠)	٠,٥٠

\* عند حساب الأحمال على الأسقف ، يتم أخذ حالات التحميل لكل من الأحمال المنتظمة والمركزة الناتجة عن الأحمال الفعلية بحيث تعطى أقصى تأثير على العناصر الإنشائية

تابع ج ————— دول (٤ - ١) الأحمال الحية للمباني المختلفة \*

عنصر المبنى	(كجم/م <sup>٢</sup> )	كن/م <sup>٢</sup>
<b>ب- المباني السكنية:</b>		
١- غرف سكنية	(٢٠٠)	٢
٢- سلالم، مطابخ، حمامات	(٣٠٠)	٣
٣- بلكنات	(٣٠٠)	٣
<b>ج - المباني الإدارية:</b>		
١- غرف مكاتب	(٢٥٠)	٢,٥
٢- غرف حفظ الملفات فى المكاتب	(٢٠٠/م ارتفاع)	٢/م ارتفاع
٣- أرشيف	(٥٠٠-١٠٠٠)	٥-١٠
٤- سلالم	(٤٠٠)	٤
٥- بلكنات	(٤٠٠)	٤
<b>د - المستشفيات:</b>		
١- غرف علاج المرضى	(٢٥٠)	٢,٥
٢- عنابر علاج المرضى	(٢٥٠)	٢,٥
٣- غرف الجراحة	(٤٠٠ فأكثر)	٤ فأكثر
٤- غرف الأشعة	(٤٠٠ فأكثر)	٤ فأكثر
٥- سلالم وطرقات	(٤٠٠)	٤
٦- بلكنات	(٤٠٠)	٤
<b>هـ - المدارس والجامعات:</b>		
١- فصول	(٣٠٠)	٣
٢- معامل	(٤٠٠ فأكثر)	٤ فأكثر
٣- صالات رياضية	(٥٠٠)	٥
٤- غرف حفظ الكتب ذات أرفف وممرات	(١٠٠٠)	١٠
٥- غرف تخزين الكتب	(٤٠٠/م ارتفاع)	٤/م ارتفاع
٦- المدرجات	(٤٠٠)	٤
٧- سلالم وطرقات	(٤٠٠)	٤

\* عند حساب الأحمال على الأسقف ، يتم أخذ حالات التحميل لكل من الأحمال المنتظمة والمركزة الناتجة عن الأحمال الفعلية بحيث تعطى أقصى تأثير على العناصر الإنشائية

## تابع ج ————— دول (٤ - ١) الأحمال الحية للمباني المختلفة\*

عنصر المبنى	كجم/م <sup>٢</sup>	كن/م <sup>٢</sup>
<b>و - القاعات والصالات ودور العبادة:</b>		
١- ذات مقاعد ثابتة	(٤٠٠)	٤
٢- ذات مقاعد غير ثابتة وبدون مقاعد	(٥٠٠)	٥
<b>ز - المحلات والمخازن:</b>		
- محلات البيع العاديه	(٥٠٠)	٥
- محلات البيع بالجملة والمخازن	(١٠٠٠) فأكثر	١٠ فأكثر
(تبعاً لنوع المواد المخزنه والآلات)		
<b>ح - الفنادق:</b>		
١- غرف النزلاء	(٢٥٠)	٢,٥
٢- غرف الخدمة العامة	(٤٠٠)	٤
٣- غرف الطعام والمطاعم	(٤٠٠)	٤
٤- السلاالم والطرقات	(٤٠٠)	٤
<b>ط - المكتبات:</b>		
١- غرف حفظ الكتب ذات أرفف وممرات	(١٠٠٠)	١٠
٢- غرف تخزين الكتب	٤٠٠/م ارتفاع	٤/م ارتفاع
٣- غرف الاطلاع	(٣٠٠)	٣
<b>ي - المسارح ودور السينما:</b>		
١- غرف خلع الملابس	(٣٠٠)	٣
٢- الشرفات	(٥٠٠)	٥
٣- القاعات الرئيسية والبلكونات ذات المقاعد الثابتة	(٤٠٠)	٤
٤- القاعات الرئيسية والبلكونات ذات المقاعد غير الثابتة	(٥٠٠)	٥
٥- سلاالم وطرقات	(٦٠٠)	٦

\* عند حساب الأحمال على الأسقف ، يتم أخذ حالات التحميل لكل من الأحمال المنتظمة والمركزة الناتجة عن الأحمال الفعلية بحيث تعطى أقصى تأثير على العناصر الإنشائية

تابع جدول (٤ - ١): الأحمال الحية للمباني المختلفة\*

عنصر المبنى	(كجم/م <sup>٢</sup> )	كن/م <sup>٢</sup>
<b>ك - الورش</b> يجب حساب الأحمال طبقاً للإستخدام الفعلى والوزن الفعلى للماكينات مع إعتبار الإهتزاز الديناميكي إضافة إلى (٣٠٠ كجم/م <sup>٢</sup> ) ٣ كن/م <sup>٢</sup> على باقى المسطح بحيث لا يقل متوسط الحمل عن (٦٠٠ كجم / م <sup>٢</sup> ) ٦ كن / م <sup>٢</sup>	(٦٠٠) فأكثر	٦ فأكثر
<b>ل - ورش المسبوكات</b> يجب حساب الأحمال طبقاً للإستخدام والوزن الفعلى للماكينات مع إعتبار الإهتزاز الديناميكي إضافة إلى (٣٠٠ كجم/م <sup>٢</sup> ) ٣ كن/م <sup>٢</sup> على باقى المسطح بحيث لا يقل متوسط الحمل عن (٢٠٠٠ كجم / م <sup>٢</sup> ) ٢٠ كن/م <sup>٢</sup>	(٢٠٠٠) فأكثر	٢٠ فأكثر
<b>م - أرصفة الشحن</b>	(١٥٠٠)	١٥
<b>ن - الجراجات</b> ١- جراجات لعربات الركوب (لايزيد الإرتفاع الصافى عند المداخل عن ٢,٤ متراً) ٢- جراجات لعربات الركوب والعربات السياحية والأوتوبيسات* ٣- ممرات الجراجات	(٣٠٠) (٤٠٠) أو الأحمال الفعلية أيهما أكبر (٥٠٠)	٣ ٤ ٥
<b>ش - الإستادات الرياضية</b> ١- المدرجات ذات المقاعد الثابتة ٢- المدرجات غير المحتوية على مقاعد	(٥٠٠) (٧٥٠)	٥ ٧,٥

\* عند حساب الأحمال على الأسقف ، يتم أخذ حالات التحميل لكل من الأحمال المنتظمة والمركزة الناتجة عن الأحمال الفعلية بحيث تعطى أقصى تأثير على العناصر الإنشائية

#### ٢-٤ تخفيض الأحمال الحية فى الأبنية السكنية متعددة الطوابق

يمكن تخفيض الأحمال الحية فى الأبنية السكنية متعددة الطوابق وذلك عند تحميلها بأحمال حية متساوية وعلى ألا يكون هناك شروط خاصة بفرض الأحمال القصوى على جميع الطوابق فى نفس الوقت، كما يراعى عند حساب الأحمال على نقط الارتكاز كالجدران والأعمدة والأساسات القيم الواردة بالجدول (٢-٤) حيث تمثل (p) قيمة الحمل الحى على السقف.

ويسرى هذا التخفيض على الأدوار السكنية فقط فى المباني متعددة الأغراض ولا يسمح بتخفيض الحمل الحى فى المباني ذات خمسة أدوار أو أقل أو المنشآت الفندقية.

جدول (٢-٤)

قيمة الحمل الحى	موقع السقف
p	السقف الأعلى أو السطح
p	السقف الأول وحتى الرابع تحت السطح
0.9 p	السقف الخامس تحت السطح
0.8 p	السقف السادس تحت السطح
0.7 p	السقف السابع تحت السطح
0.6 p	السقف الثامن تحت السطح
0.5 p	السقف التاسع تحت السطح وما تحته

#### ٣-٤ القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات والدرابزات

يجب أن تتحمل حواجز الشرفات (الدرابزات) والدرابزات قوى أفقية عرضية فى أعلى نقطة بها لا تقل عن ٠,٨ كن/م (٨٠ كجم/م) فى حالة المباني الخاصة، ولا تقل عن ١,٥ كن/م (١٥٠ كجم/م) فى حالة المباني العامة كالمسارح ودور السينما ..... الخ.

#### ٤-٤ تأثير تغير درجات الحرارة

- ١ - يؤخذ التغير فى درجات الحرارة  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  للمنشآت المعدنية و  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  للمنشآت الخرسانية.
- ٢ - فى المنشآت كبيرة السمك المعرضة لدرجات حرارة مختلفة على الوجهين يؤخذ تأثير الاختلاف فى التمدد بين الوجهين عند التحليل الإنشائى.



- ٣ - فى المنشآت ذات المسافات الطويلة من فواصل التمدد ، يتم إجراء حسابات دقيقة لحساب تأثير درجات الحرارة على المنشأ.
- ٤ - فى المنشآت ذات الطابع الخاص مثل الأفران والثلاجات ٠٠٠ الخ ، يتم حساب تأثير الحرارة طبقاً لظروف تشغيل المبنى الحقيقية.
- ٥ - بحسب الإنفعال الناتج عند تغير درجة الحرارة  $\epsilon_t$  من العلاقة الآتية:

$$\epsilon_t = \alpha_t \Delta_t \quad (4-1)$$

حيث  $\Delta_t$  هى الفرق فى درجات الحرارة و  $\alpha_t$  هى معامل التمدد الحرارى للمنشأ، طبقاً للقيم التالية :

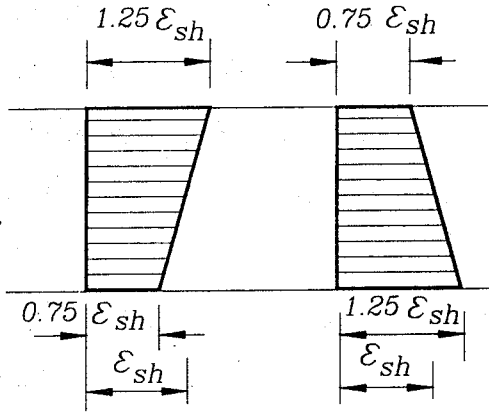
خرسانة عادية ذات ركام سليسي	$1,00 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
خرسانة ذات ركام الأحجار الرملية	من $0,9$ إلى $1,20 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
خرسانة ذات ركام الجرانيت	من $0,7$ إلى $0,90 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
خرسانة ذات ركام البازلت	من $0,8$ إلى $0,90 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
خرسانة ذات ركام الأحجار الجيرية	من $0,6$ إلى $0,90 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
خرسانة ذات ركام خفيف	من $0,5$ إلى $1,10 \times 10^{-6}$	لكل درجة مئوية
طوب	$0,6 \times 10^{-6}$	
صلب (المنشآت المعدنية)	$1,0 \times 10^{-6}$	

#### ٤-٥ إنكماش الخرسانة

- ١ - فى حالة عدم وجود بيانات تجريبية يؤخذ تأثير الإنكماش فى الاعتبار مكافئاً لتأثير الإجهاد الناتج عن إنفعال مقداره  $30 \times 10^{-6}$  أما المناطق الصحراوية الجافة أو حيث لا تتوفر المعالجة المناسبة للظروف المحيطة فيزداد مقدار الإنفعال سالف الذكر إلى  $40 \times 10^{-6}$  أو طبقاً للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ٢ - فى حالة البلاطات والكمرات حيث الإنكماش غير منتظم خلال المقطع المستعرض، تكون القيمة القصوى المسموح بها لتأثير الإنكماش مكافئة لتأثير الإجهاد الناتج عن  $1,25$  مرة الانفعال السابق الذكر، وتكون القيمة الصغرى بها مكافئة لتأثير الإجهاد الناتج عن  $0,75$  من الإنفعال المذكور . ويكون توزيع الانفعال المكافئ للإنكماش غير المنتظم على المقطع المستعرض للكمرة أو للبلاطة خطياً كما هو موضح فى شكل (٤-٢).

#### ٤-٦ زحف الخرسانة

بحسب طبقاً لما ورد بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية.



$\epsilon_{sh}$  = قيمة الإنفعال المكافئ للانكماش المنتظم المسموح به

شكل (٢-٤) انفعال الإنكماش

#### ٧-٤ أحمال الرياح

تحسب أحمال الرياح على المباني طبقاً للباب السابع من هذا الكود .

#### ٨-٤ أحمال الزلازل

تحسب أحمال الزلازل على المباني طبقاً للباب الثامن من هذا الكود .

#### ٩-٤ التأثيرات الديناميكية على المباني

- عند حساب الأحمال على المباني لا يؤخذ في الاعتبار التأثير الديناميكي للأحمال الحية إلا إذا نص على ذلك. في حالة الأحمال الحية الناتجة عن الماكينات والأوناش أو أى جهاز له تأثير ديناميكي يؤخذ تأثير هذا الحمل في الاعتبار بأن يزداد الحمل الحى المحسوب بنسبة مئوية محددة.
- تؤخذ هذه النسبة المئوية لتغطية الأحمال الديناميكية ما لم يذكر خلاف ذلك في المواصفات الخاصة بالماكينة كالاتى:

- توربينات، مصاعد ١٠٠ %
- أوناش متحركة:
- كهربائية ٢٥ %
- يدوية ١٠ %
- ماكينات ثابتة تسبب إهتزازات ٥٠ %

## ٤- ١٠ أحمال خاصة على السطح العلوى للمباني :

فى حالة إستخدام أجزاء من السطح العلوى للمبنى كمهبط للطائرات المروحية العمودية (وزن ٢ طن ، ووزن ٦ طن) تصمم العناصر الإنشائية الحاملة بهذه الأجزاء من السطح لحالتى تحميل كالتالى :

- أ - حالة حمل عجلة واحدة مقداره ٢ طن (أو ٦ طن) + التأثير الديناميكي (٤٠ %) تؤثر على مساحة  $٠,٢٠ \times ٠,٢٠$  م<sup>٢</sup> لحمل ٢ طن أو  $٠,٣٠ \times ٠,٣٠$  م<sup>٢</sup> لحمل ٦,٠٠ طن فى أسوأ الأوضاع بالنسبة للمساحة المخصصة للمهبط .
- ب - حالة حمل حى موزع بانتظام مقداره ٥,٠٠ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) شاملة التأثير الديناميكي تغطى أى أجزاء من مساحة المهبط لتعطى أكبر تأثير على العناصر الإنشائية. ويتم التصميم طبقاً للأسوأ فى الحالتين (أ) ، (ب).

## ٤ - ١١ الهبوط المتفاوت للأساسات

عندما يؤثر الهبوط المتفاوت على المنشأ ككل أو على جزء منه فان تأثيره يؤخذ فى الاعتبار على أساس دراسات وأبحاث التربة.

## ٤ - ١٢ الضغوط الجانبية للتربة والمياه

يأخذ فى الاعتبار جميع القوى الجانبية مثل ضغط التربة ، ضغط المياه ..... الخ والتي يمكن أن تؤثر على أجزاء مختلفة من المنشأ وتسبب زيادة فى الإجهادات بالنسبة للحوائط والأكتاف الساندة.

## ٤ - ١٣ تأثير الكلال

تؤخذ احتياطات مناسبة عند تصميم وتنفيذ المنشأ لتقليل تأثير الكلال إلى أقصى درجة ممكنة.



## الباب الخامس

## الأحمال على كباري الطرق وكبارى المشاة

## ١-٥ عام

يشمل هذا الباب الأحمال على كباري الطرق وكبارى المشاة والأنفاق والبرابخ... الخ. وتقسم الأحمال على هذه المنشآت إلى أحمال رئيسية وأحمال ثانوية وأحمال خاصة ويجب أن تؤخذ تلك الأحمال في الاعتبار طبقاً لأسوأ حالات التحميل والتصميم.

## ١-١-٥ الأحمال الرئيسية

وتشمل الأحمال الدائمة مثل (الحمل الذاتي للمنشأ - وزن طبقة الاسفلت - اوزان الارصفة و الجزيرة الوسطي ان وجدت - وزن انابيب الخدمات مثل المياه والغاز.... الخ - وزن الردم خلف الاكتاف)، الأحمال الحية شاملة التأثير الديناميكي المصاحب لها، الأحمال الناتجة عن رفع الكوبري لاستبدال الركائز، سبق الإجهاد، زحف الخرسانة، قوى الطرد المركزية، ضغط التربة وضغط المياه ، القوى علي الدرابزينات.

## ٢-١-٥ الأحمال الثانوية

تشمل الأحمال الناتجة عن التغير في درجات الحرارة، قوى الفرامل، أحمال الزلازل والرياح، مقاومة الركائز للاحتكاك ، ومقاومة الفواصل للحركة والتشكل، هبوط محتمل حدوثه للأساسات، انكماش الخرسانة كما هو موضح بالبنود (١٠-٥) حتى (١٦-٥).

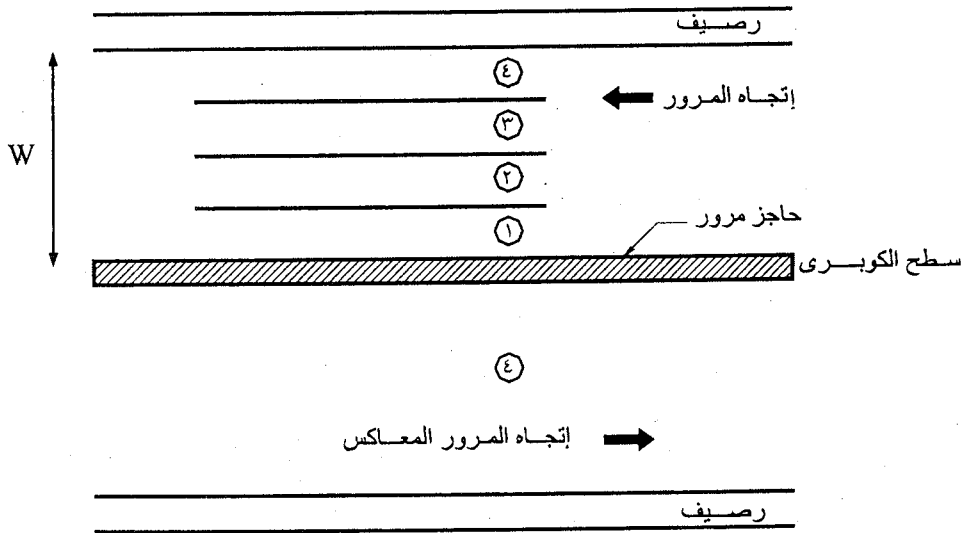
## ٣-١-٥ الأحمال الخاصة

تشمل أحمالاً خاصة أثناء مراحل التنفيذ، القوى المكافئة لاصطدام المركبات بأعمدة الكوبري أو ببردورة الرصيف أو الجزيرة الوسطى أو بالحاجز الواقى أو بالدرازينات.

## ٢-٥ تمثيل الحارات المرورية المستخدمة في التصميم الإنشائي

يقسم الطريق إلى حارات مرور افتراضية كالتالى:

- ١ - يعرف عرض الطريق (W) على أنه البعد الداخلي الصافي بين حافتي الرصيف أو بين حواجز المرور للطريق.
- ٢ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور دائمة (رصيف ثابت) فإنه يتم تقسيم كل اتجاه على حدة إلى حارات مرور افتراضية.
- ٣ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور مؤقتة فإنه يتم تقسيم سطح الكوبري كله إلى حارات مرور افتراضية. في هذه الحالة فإن العرض الكلى لسطح الكوبري يشمل عرض حواجز المرور المؤقتة.
- ٤ - عندما ينقسم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بدون وجود فاصل تمدد طولي فإنه يتم استخدام ترقيم واحد فقط لاتجاهي المرور على سطح الكوبري كله. أي أن اتجاهي المرور بهما حارة واحدة فقط لها رقم (١) أو (٢) كما هو موضح بالشكل رقم (١-٥).



شكل (١-٥) ترقيم حارات المرور لسطح الكوبري

- ٥ - عندما يتكون الكوبري من سطحين منفصلين بواسطة فاصل تمتد أو سطحين متواجدين على مستويين مختلفين فإن الحارات المرورية لكل سطح يكون لها ترقيمها المنفصل والخاص بتصميم كل سطح على حده .
- ٦ - عند تصميم كتف أو عمود مشترك يركز عليه سطحى كوبرى منفصلين يستخدم ترقيم واحد فقط للسطحين.
- ٧ - عند ارتكاز سطحى الكوبري المنفصلين على دعامتين منفصلتين فإنه يتم ترقيم كل سطح على حده بغرض تصميم سطح ودعامة الكوبري.
- ٨ - عرض حارة المرور الافتراضية المستخدمة في التصميم الإنشائي ( $W_L$ ) تساوى ٣ متر.

### ٥-٣ الأحمال الرأسية على كباري الطرق:

- يتم تمثيل الأحمال الرأسية من خلال النماذج الثلاثة الآتية:
- ١ - نموذج التحميل رقم (١): وهو عبارة عن أحمال مركزة وأحمال منتظمة التوزيع يتم توقيعهما على حارات المرور لسطح الكوبري.
- ٢ - نموذج التحميل رقم (٢): وهو عبارة عن حمل مركز يستخدم لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.
- ٣ - نموذج التحميل رقم (٣): وهو عبارة عن حمل منتظم يمثل حمل المشاة.

### ٥-٣-١ نموذج التحميل رقم (١) :

- ١ - يتكون نموذج التحميل رقم (١) من مجموعة من الأحمال المركزة والأحمال المنتظمة المؤثرة على حارات المرور كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٢) حيث يتم ترتيب حارات المرور الافتراضية ترتيباً اختيارياً بغض النظر عن ترقيمها وذلك طبقاً لأسوأ حالات التحميل كالاتي :

#### أ - حارة المرور رقم (١) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٦٠٠ كن (٦٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٥٠ كن (١٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٩ كن/م<sup>٢</sup> (٩٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على اجمالى مساحة حارة المرور.

ويمكن تخفيض الأحمال على هذه الحارة بمعامل ضبط  $\alpha = ٠,٩$  أو  $٠,٨$  تبعاً لدرجة الطريق المار على الكوبري ولا يسمح بالتخفيض في أحوال الطرق الدولية والطرق الحرة.

ب - حارة المرور رقم (٢) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٠٠ كن (١٠ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على إجمالي مساحة حارة المرور.

ج - حارة المرور رقم (٣) :

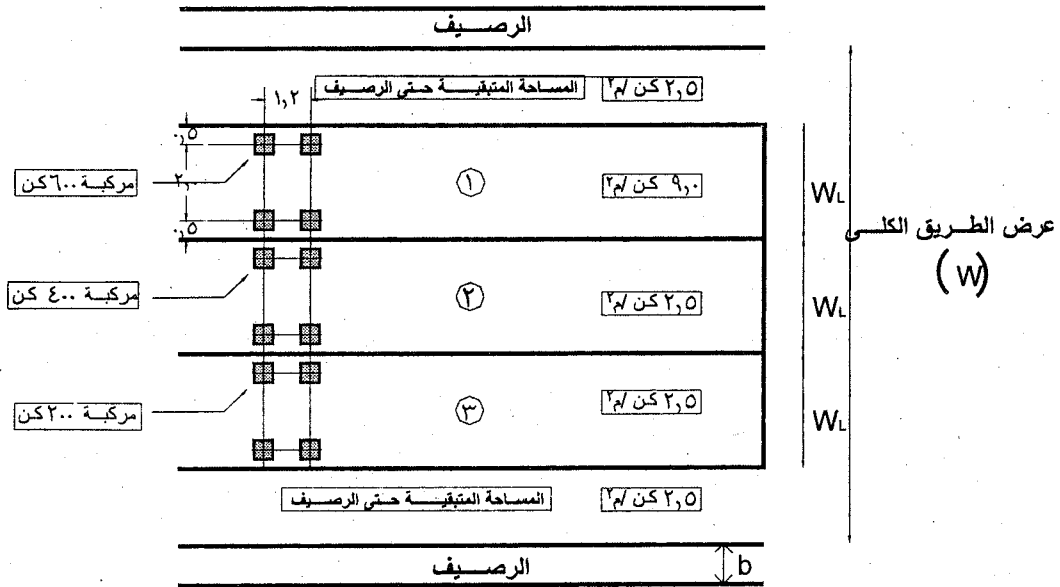
تؤثر عليها مركبة زنة ٢٠٠ كن (٢٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ٥٠ كن (٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على إجمالي مساحة حارة المرور.

د - حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على إجمالي المساحة المتبقية لنهر الطريق والأرصفة.

هـ - حمل منتظم مقداره ٥ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على أرصفة المشاة والجزر الوسطى عند تصميم العناصر الحاملة للأرصفة.

٢ - الأحمال المركزة والمنتظمة لنموذج التحميل رقم (١) تشمل معامل التأثير الديناميكي.

٣ - يتم أخذ حمل مركبة واحدة لكل حارة مرور افتراضية.



b أقل من ١,٥ متر — ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup>  
b أكبر من أو يساوى ١,٥ متر — ٥ كن/م<sup>٢</sup>

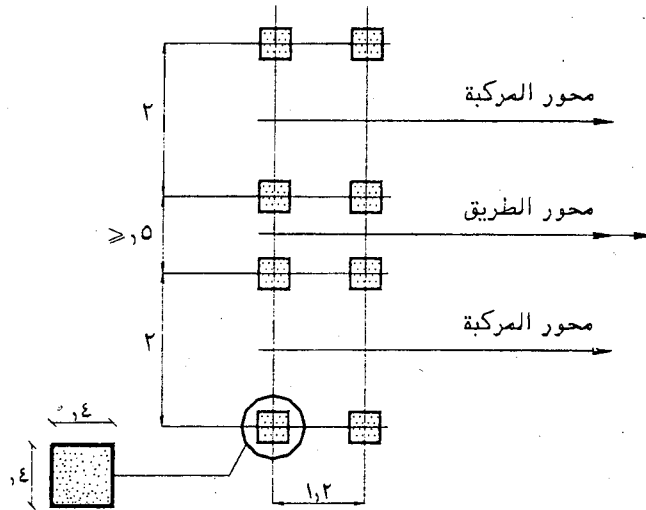
شكل (٥-٢) نموذج التحميل رقم (١)



- ٤ - يجب عدم تقسيم حمل المركبة على حارات المرور.
- ٥ - يتم توقيع محور المركبة في اتجاه محور حارة المرور ومتطابقاً معها (شكل ٥-٣).
- ٦ - مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مربع طول ضلعه ٠,٤ م (شكل ٥-٣).
- ٧ - عند تصميم البلاطات الخرسانية للكبارى تؤخذ أقل مسافة بين محوري العجلات لأى مركبتين فى حارتى مرور متلاصقتين ٠,٥٠ متراً . وفيما عدا ذلك لا تقل المسافة عن ١,٠٠ متر (شكل ٥-٣).
- ٨ - يتم توقيع الأحمال المركزة والأحمال منتظمة التوزيع على حارات المرور طبقاً لأسوأ حالات التحميل.
- ٩ - يوضح الجدول رقم (٥-١) قيم الأحمال المركزة والمنتظمة لكل حارة مرور.

جدول (٥-١) قيم الأحمال المركزة والمنتظمة على حارات المرور:

رقم حارة المرور	وزن المركبة كن (طن)	حمل العجلة للمركبة كن (طن)	الحمل المنتظم (على إجمالي مساحة حارة المرور) كن/م <sup>٢</sup> (كجم/م <sup>٢</sup> )
حارة رقم (١)	٦٠٠ (٦٠)	١٥٠ (١٥)	٩ (٩٠٠)
حارة رقم (٢)	٤٠٠ (٤٠)	١٠٠ (١٠)	٢,٥ (٢٥٠)
حارة رقم (٣)	٢٠٠ (٢٠)	٥٠ (٥)	٢,٥ (٢٥٠)
المساحة المتبقية	صفر	صفر	٢,٥ (٢٥٠)



شكل (٥-٣) أقل مسافة بين مركبات نموذج التحميل رقم (١)

### ٥-٣-٢ نموذج التحميل رقم (٢) :

- ١ - يستخدم هذا النموذج لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.
- ٢ - يتكون نموذج التحميل رقم (٢) من عجلتين على محور واحد المسافة بينهما ٢ متر، حمل العجلة الواحدة ٢٠٠ كن (٢٠ طن) تشمل معامل التأثير الديناميكي.
- ٣ - مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مستطيل بأبعاد  $٠,٣٥ \times ٠,٦$  م (شكل ٥-٤).
- ٤ - يجوز استخدام حمل عجلة واحدة فقط من نموذج التحميل في حالة الضرورة.
- ٥ - يتم اخذ التأثير الديناميكي لمقطع البلاطة الواقع بجوار فواصل التمدد وذلك بزيادة الحمل بنسبة (I) طبقاً للمعادلة التالية:

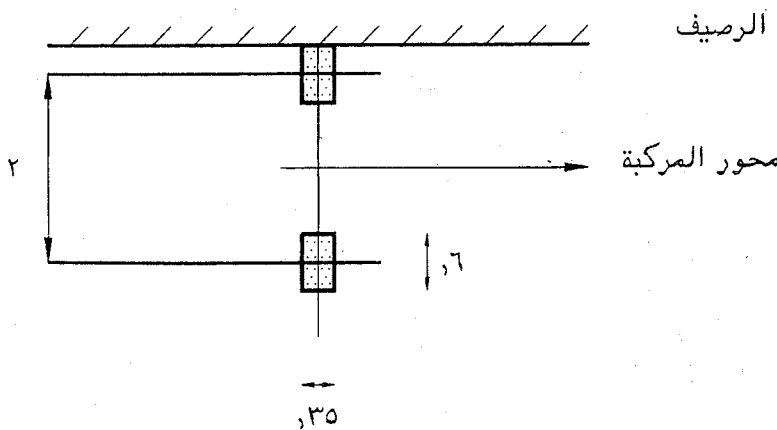
$$I = 0.3 (1 - D/6) \quad (5.1)$$

حيث :

I معامل التأثير الديناميكي الإضافي

D بعد القطع عن فاصل التمدد بالمتر

- ٦ - عند تصميم فواصل التمدد يتم زيادة التأثير الديناميكي للحمل بنسبة ٣٠ %.
- ٧ - يراعى في تصميم البلاطات أخذ حالة التحميل الأسوأ لنموذج التحميل رقم (١) أو (٢) وخصوصاً في حالة الكبارى المعدنية ذات الأعصاب المتعامدة (Orthotropic decks).
- ٨ - ويمكن تخفيض أحمال هذا النموذج بمعامل ضبط  $\alpha = ٠,٩$  أو  $٠,٨$  تبعاً لدرجة الطريق المار على الكوبرى ولا يسمح بالتخفيض في أحوال الطرق الدولية والطرق الحرة والطرق بالمناطق الصناعية.



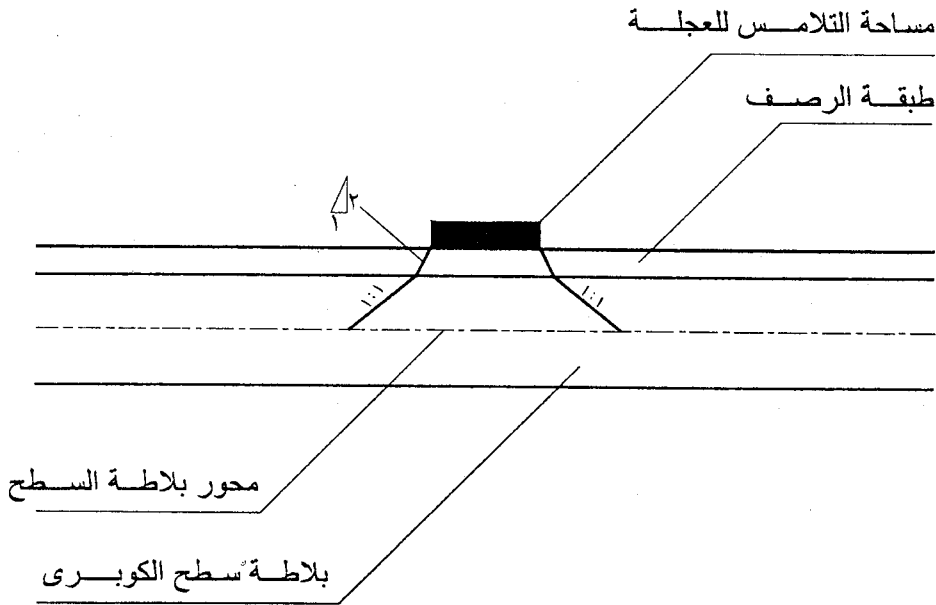
شكل (٥-٤) نموذج التحميل رقم (٢)

## ٣-٣-٥ نموذج التحميل رقم (٣) :

نموذج يمثل حمل المشاة ويتكون من حمل منتظم التوزيع مقداره ٥,٠٠ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يشمل معامل التأثير الديناميكي. ويتم توزيع هذا الحمل على اجمالى مساحة الكوبري شاملة الأرصفة والجزر الوسطى كحالة تحميل مؤقتة .

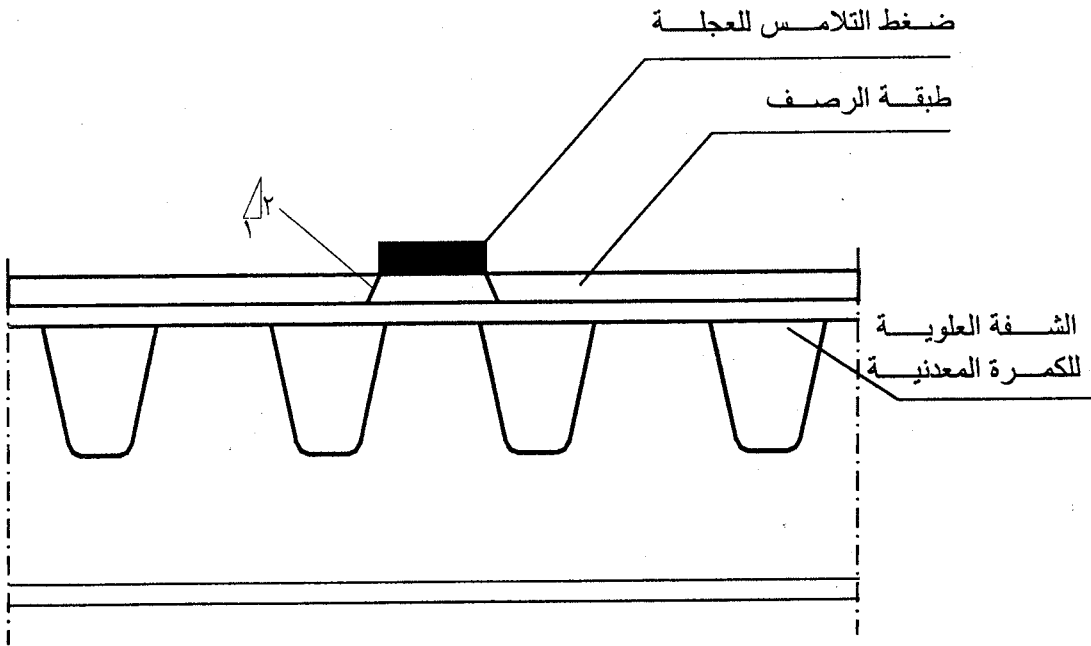
## ٤-٣-٥ طريقة توزيع الحمل المركز:

- ١ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (١) على أساس أنها أحمال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٤ × ٠,٤ م).
- ٢ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (٢) على أساس أنها أحمال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٦ × ٠,٣٥ م).
- ٣ - يتم توزيع الحمل خلال طبقة الرصف و البلاطة الخرسانية لسطح الكوبري حتى مستوى منتصف البلاطة الخرسانية (شكل ٥-٥) او حتى مستوى الشفة العلوية للكمرة المعدنية لسطح الكوبري فى حالة الكبارى ذات الاعصاب المتعامدة (Orthotropic) شكل (٥-٦).



شكل (٥-٥) توزيع الحمل المركز خلال طبقات الرصف وبلاطة السطح لكوبرى

خرسانى او لكوبرى معدنى مركب (Composite)



شكل (٥-٦) توزيع الحمل المركز خلال طبقات الرصف (Orthotropic Deck)

٥-٤ قيم القوى الأفقية :

٥-٤-١ قوى الفرامل :

- ١ - تؤخذ قوى الفرامل كقوة طولية مؤثرة عند مستوى سطح الطريق.
- ٢ - توقع قوى الفرامل على طول محور أي حارة تحميل افتراضية وتوزع بانتظام على الطول المحمل للمحور ( L ).
- ٣ - تحسب قوى الفرامل طبقاً للمعادلة التالية بحيث لا تزيد عن ٩٠٠ كن (٩٠ طن).

$$Q_L = 360 + 2.7L \quad (\text{kN}) \quad (5.2)$$

حيث:

L = الطول المحمل من الكوبري ( بالمتري ).

- ٤ - تصمم فواصل التمدد لنقل قوى فرامل أفقية قيمتها ١٨٠ كن (١٨ طن) مقسمة على قوتين المسافة بينهما ٢ متر.

#### ٥ - ٤ - ٢ قوى الطرد المركزية والقوى الأفقية الأخرى

- ١ - في حالة الكبارى التى تقع على منحنيات تؤخذ قوى الطرد المركزية كقوة مركزة عرضية عمودية على المماس لمحور الطريق ومؤثرة عند مستوى سطح الطريق.
- ٢ - يوضح الجدول (٢-٥) قيم قوى الطرد المركزية متضمنا التأثير الديناميكي.

جدول ( ٢ - ٥ ) قيم قوى الطرد المركزية ( $Q_t$ ).

قيم قوى الطرد المركزية	نصف قطر الانحناء
$Q_t = 0.2 Q_v$ (kN)	$r \leq 200$ m
$Q_t = 40 Q_v / r$ (kN)	$200 < r \leq 1500$ m
$Q_t = 0$	$r > 1500$ m

حيث:

$r$  نصف قطر الانحناء الأفقي لمحور الطريق ( بالمتر ).  
 $Q_v$  مجموع أوزان عربات التحميل المستخدمة بنموذج التحميل رقم (١) (kN).

بفرض أخذ ثلاث عربات تحميل لطريق ٣ حارات فإن قيمة قوى الطرد المركزية لنصف قطر ٣٠٠ متر تكون ١٦٠ كن (١٦ طن). بالنسبة لطريق حاريتين تصبح قوى الطرد المركزية ١٣٣ كن (١٣,٣ طن).

٣ - تؤخذ قوى فرملة عرضية (نتيجة الفرملة المائلة أو الإنزلاق) مقدارها ٢٥ % من قيمة الفرملة الطولية فى نفس اتجاه قوى الطرد المركزية ومضافة إليها.

#### ٥ - ٥ الأحمال التصميمية في حالة الصيانة:

في حالة أعمال الصيانة التي قد تشمل تغيير فواصل التمدد أو رفع الكوبري لتغيير الركائز.... إلخ، يتم أخذ ٥٠ % فقط من الحمل الحي شاملا قوي الفرامل كما يتم أخذ جميع القوي المؤثرة الأخرى بدون تخفيض (أحمال دائمة - قوي أفقية - قوي طرد مركزية). ويراعي أخذ تأثير رفع الكوبري بمقدار اسم على كل خط من خطوط الارتكاز على حده مالم يستلزم نوع الركائز المستخدمة قيمة أكبر للرفع.

## ٦-٥ صدمة المركبات

١-٦-٥ عام

يؤخذ تأثير صدمة المركبات كالآتي :

- ١ - تأثير صدمة المركبة على أعمدة ودعامات الكوبري.
- ٢ - تأثير الحمل المركز لعجلة المركبة على الرصيف.
- ٣ - تأثير صدمة المركبة على الأرصفة وحواجز العربات.

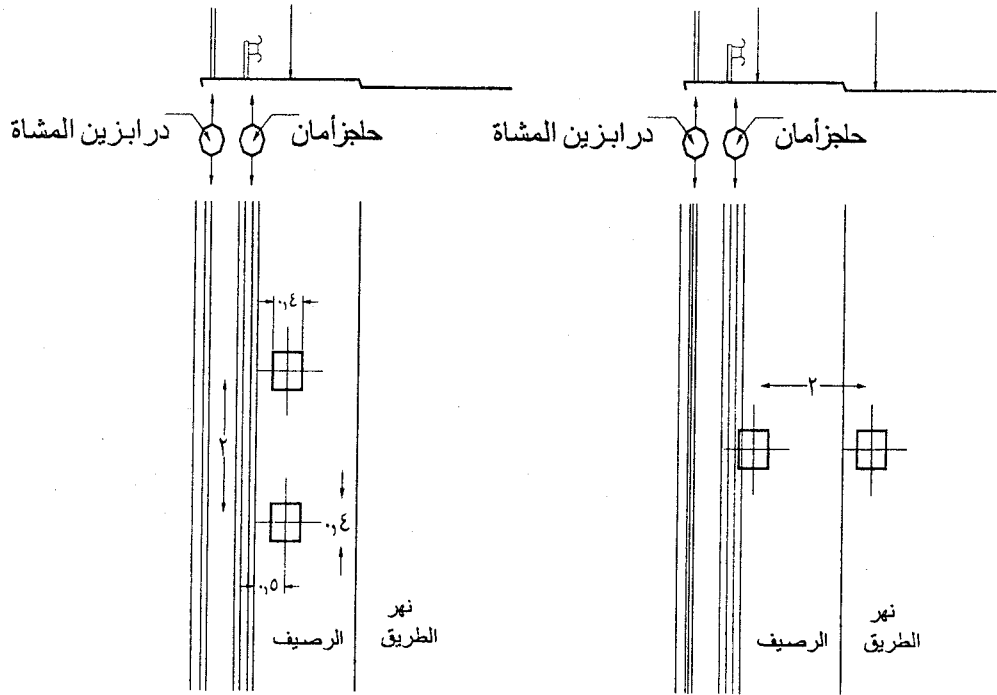
## ٢-٦-٥ تأثير صدمة المركبة على أعمدة الكوبري

- في حالة عدم تنفيذ حماية تضمن عدم تصادم المركبات بالأعمدة فإن الحد الأدنى لقوى التصادم على الأعمدة يكون :
- ١٠٠٠ كن (١٠٠ طن) في اتجاه حركة المركبة أو
- ٥٠٠ كن (٥٠ طن) عمودي على اتجاه حركة المركبة.
- وذلك على ارتفاع ١,٢٥ متر فوق منسوب الطريق.
- يتم اخذ صدمة المركبة بالإضافة إلى الأحمال الدائمة على الدعامات (كتف - عمود).

## ٣-٦-٥ تأثير صعود عجلة المركبة على رصيف المشاة

- ١ - في حالة وجود حاجز أمان بجوار الرصيف فإنه لا يؤخذ تأثير حمل صعود عجلة المركبة خلف هذا الحاجز.
- ٢ - لتصميم العناصر الإنشائية لرصيف المشاة يتم تحميل الجزء المعرض من الرصيف بعجلتي المركبة زنة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) وذلك في اتجاه موازى أو عمودي على حاجز الأمان طبقاً لأسوأ حالات التحميل. (شكل ٥ - ٧).
- ٣ - يمكن أخذ تأثير عجلة واحدة للمركبة عند عدم إمكانية وضع العجلتين كما سبق توضيحه.
- ٤ - يؤخذ حمل المركبة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) على الرصيف بدون أي أحمال أخرى على سطح الكوبري.
- ٥ - في منطقة المشاة (خلف حاجز الأمان) يؤخذ حمل مركز مقداره ١٠ كن (١ طن) مؤثراً على مربع طول ضلعه ١٠ سم وذلك بصورة منفصلة عن حمل المركبة ٤٠٠ كن (٤٠ طن).

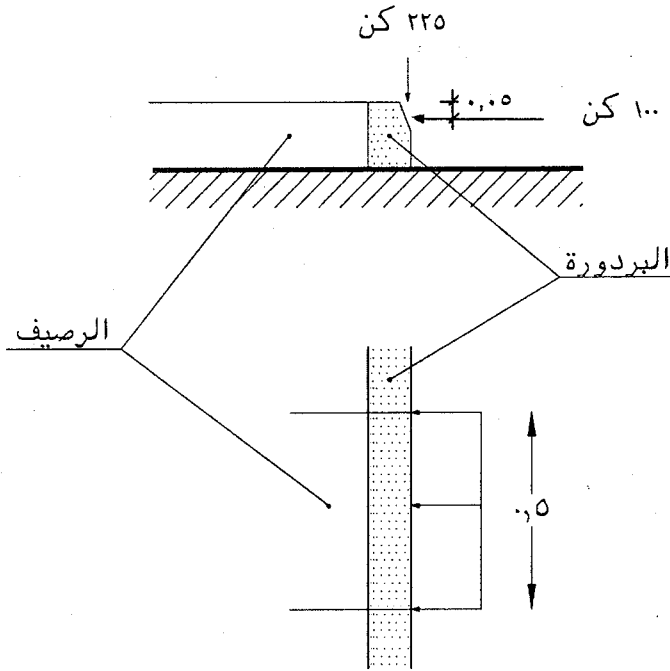
٦ - في حالة عدم وجود حاجز الأمان فإنه يتم تطبيق قواعد التحميل السابقة على رصيف المشاة حتى درابزين العربات.



(شكل ٥ - ٧) أماكن تحميل العربات على رصيف المشاة لكباري الطرق

٥-٦-٤ تأثير صدمة المركبة على بردورة الرصيف

- ١ - تؤخذ قوة أفقية مقدارها ١٠٠ كن ( ١٠ طن ) عمودية على اتجاه المرور أسفل حافة البردورة بمسافة ٥ سم. وتوزع هذه القوة على طول ٠,٥ متر.
- ٢ - يتم نقل هذه القوة الأفقية إلى العنصر الإنشائي المثبت للبردورة أو كتف الرصيف.
- ٣ - يتم اخذ حمل رأسي مقداره ٢٢٥ كن ( ٢٢,٥ طن ) موزع على طول ٠,٥ متر بالإضافة إلى قوة الصدم الأفقية شكل (٥-٨).



شكل (٥ - ٨) صدمة المركبة على بردورة الرصيف

## ٥-٦-٥ تأثير صدمة المركبة على حاجز العربات

- ١ - تؤخذ قوة أفقية مؤثرة أسفل الحد العلوي للحاجز بمسافة ١٠ سم أو أعلى مستوى سطح الطريق بمسافة ١ متر إيهما اقل. و توزع القوة المذكورة على طول ٠,٥ متر.
- ٢ - يتم تحديد قيمة قوة الصدم الأفقية المنقولة إلى سطح الكوبري وذلك طبقا لصلابة الوصلات بين حاجز العربات والعنصر الإنشائي المربوط به الحاجز. ويوضح الجدول (٣-٥) قيم القوى الأفقية المنقولة بواسطة حاجز العربات إلى سطح الكوبري.

جدول ( ٣-٥ ) قيم القوى الأفقية المنقولة بواسطة حاجز العربات إلى سطح الكوبري.

درجة الحاجز	نوع الحاجز	صلابة الوصلة بين الحاجز و سطح الكوبري	القوى الأفقية المنقولة بواسطة الحاجز كن (طن)
أ	معدنى	ضعيفة	١٠٠ (١٠ طن)
ب	معدنى	متوسطة	٢٠٠ (٢٠ طن)
ج	خرسانى	قوية	٤٠٠ (٤٠ طن)
د	خرسانى	قوية جدا	٦٠٠ (٦٠ طن)



- ٣ - تؤخذ قوة رأسية مقدارها ٢٢٥ كن ( ٢٢,٥ طن ) بالإضافة إلى قوى الصدم المذكورة.
- ٤ - يتم تصميم العناصر الإنشائية والوصلات المدعمة لحواجز العربات لتقاوم قوى صدم قيمتها ١,٢٥ مرة الحمل المؤثر على حاجز العربات .
- ٥ - يمكن كبديل لتطبيق القيم المذكورة عاليه عمل تحليل ديناميكي دقيق لتأثير الصدمة وتحقيقه بتجارب معملية أو ميدانية تعتمد على الجهة المسئولة عن مراجعة التصميم.

#### ٧-٥ القوى المؤثرة على الدرابزينات

- ١-٧-٥ فى حالة وجود حاجز عربات يجب أن تقاوم الدرابزينات ووصلاتها بعناصر الكوبري قوة أفقية عرضية مقدارها ١,٥ كن ( ١٥٠ كجم ) لكل متر طولي.
- ٢-٧-٥ فى حالة عدم وجود حاجز عربات تصمم الدرابزينات كحاجز عربات .

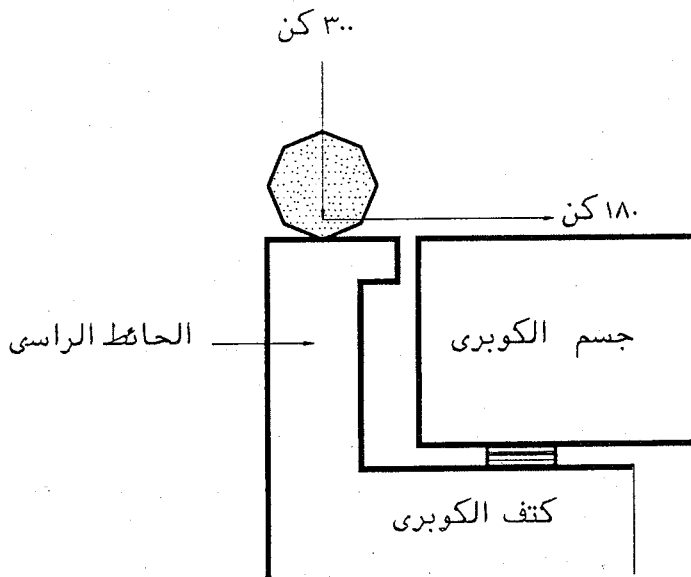
#### ٨-٥ الأحمال على أكتاف الكبارى والحوائط الساندة

##### ١-٨-٥ الأحمال الرأسية

- ١ - يستخدم نموذج التحميل رقم (١) لحساب ضغط التربة على الحوائط الساندة والأكتاف وما يماثلها.
- ٢ - يمكن افتراض حمل مكافئ مقداره ٢٠ كن/م<sup>٢</sup> ( ٢ طن/م<sup>٢</sup> ) موزع بانتظام خلف الأكتاف.
- ٣ - يفترض توزيع الحمل الرأسى على زاوية ٣٠ درجة مع الرأسى لأسفل .

##### ٢-٨-٥ الأحمال الأفقية

- ١ - لا تؤخذ أى قوة أفقية في مستوي سطح الطريق أعلى الردم .
- ٢ - لتصميم الحائط الرأسى لكثف الكوبري يتم اخذ قوة أفقية قدرها ١٨٠ كن ( ١٨ طن ) بالإضافة إلى قوة رأسية ٣٠٠ كن ( ٣٠ طن ) شكل ( ٥-٩ ) وذلك مع أخذ ضغط التربة الجانبى الناتج عن الردم خلف الحوائط.
- ٣ - لا يتم اخذ تأثير ضغط التربة الناتج عن الأحمال الحية أعلى الردم فى نفس الوقت مع الأحمال المذكورة سابقا.



شكل (٥-٩) الأحمال على الحائط الرأسى لكتف الكوبرى

#### ٥-٩ كبارى الطرق التى تمر فوقها خطوط سكك حديدية

يتم أخذ حالات التحميل التالية فى التصميم:

- ١ - إذا كان مسار خطوط السكك الحديدية منفصلاً عن مسار مركبات الطرق بحيث لا تمر المركبات فوق خطوط السكك الحديدية، يصمم الكوبرى طبقاً لأسوأ حالات تجميع أحمال السكك الحديدية مع أسوأ حالات تحميل مركبات الطرق.
- ٢ - إذا كانت القضبان فى مستوى سطح الكوبرى بحيث تمر فوقها مركبات الطرق، يتم التصميم طبقاً لحالات التحميل التالية:
  - أ - تحميل خطى سكة حديد بأحمال القطارات مع تحميل باقى الكوبرى بالحمل ٣ كن/م<sup>٢</sup> (٣٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>).
  - ب - تحميل خط سكة حديد واحد بأحمال القطارات، وتحميل باقى عرض الكوبرى بالأحمال الكاملة لمركبات الطرق.
  - ج - تحميل الكوبرى بأحمال كبارى الطرق فقط مع إعتبار عدم وجود أحمال السكك الحديدية.

## ١٠-٥ تأثير تغير درجات الحرارة

- ١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها  $20^{\circ}\text{م}$  فإنه يراعى افتراض تغير في درجات الحرارة مقداره  $\pm 30^{\circ}\text{م}$  في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار  $\pm 20^{\circ}\text{م}$ .
- ٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية أو المركبة وذلك بمقدار  $\pm 15^{\circ}\text{م}$  وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار  $\pm 5^{\circ}\text{م}$ .
- ٣ - في بعض الحالات الخاصة تؤخذ الفروق بين درجات حرارة الأجزاء المختلفة للمنشأ، مثل الفرق بين العقد والشداد، والفرق بين شدادات التلجيم والكمرات الطولية، والفرق بين العنصر العلوي والعنصر السفلي في الجمالونات. ويؤخذ مقدار تلك الفروق كما يلي:  
 $\pm 10^{\circ}\text{م}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.  
 $\pm 5^{\circ}\text{م}$  للمنشآت الخرسانية.
- ٤ - في حالات تجميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة في البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:  
 $\pm 20^{\circ}\text{م}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.  
 $\pm 10^{\circ}\text{م}$  للمنشآت الخرسانية.
- ٥ - في الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة  $\pm 5^{\circ}\text{م}$  بين الوجهين المتقابلين.
- ٦ - تؤخذ فروق درجات الحرارة في حساب حركة الركائز وفواصل التمدد كالتالي :

نوع الكوبري	أقصى درجة حرارة افتراضية	أقل درجة حرارة افتراضية
الكباري المعدنية والمركبة	$+ 60^{\circ}\text{م}$	$- 20^{\circ}\text{م}$
الكباري الخرسانية	$+ 50^{\circ}\text{م}$	$- 10^{\circ}\text{م}$

## ١١-٥ أحمال الزلازل

تحتسب طبقاً للباب التاسع من هذا الكود.

## ١٢-٥ أحمال الرياح

١ - يؤخذ ضغط الرياح كقوى أفقية ورأسية إجمالية ( شاملة الضغط والسحب) حسب القيم الواردة فى الجدول (٤-٥) .

٢-أ فى حالة ضغط الرياح الأفقى , السطح المعرض للرياح فى حالة عدم وجود حمل حى هو مساحة المسقط الرأسى الطولى للكوبرى . وفى حالة وجود حمل حى يؤخذ فى الإعتبار مساحة شريط مستمر يمثل المسقط الرأسى الطولى للحمل الحى.

٢-ب فى حالة ضغط الرياح الرأسى (إلى أعلى أو إلى أسفل) , السطح المعرض للرياح هو مساحة المسقط الأفقى الطولى للكوبرى.

جدول (٤-٥) ضغط الرياح على الكبارى كن/م<sup>٢</sup> (كجم/م<sup>٢</sup>)

ضغط الرياح الرأسى كن/م <sup>٢</sup> (كجم/م <sup>٢</sup> )	ضغط الرياح الأفقى كن/م <sup>٢</sup> (كجم/م <sup>٢</sup> )			
	مع وجود حمل حى	بدون حمل حى		الإرتفاع فوق سطح الأرض أو المياة أسفل الكوبرى ( متر)
		مع وجود حاجز صوت	بدون حاجز صوت	
١,٠٠ (١٠٠)	١,٠٠ (١٠٠)	١,٥٠ (١٥٠)	٢,٠٠ (٢٠٠)	صفر حتى ٢٠
١,٢٥ (١٢٥)	١,٢٥ (١٢٥)	١,٧٥ (١٧٥)	٢,٢٥ (٢٢٥)	أكبر من ٢٠ وحتى ٥٠
١,٥٠ (١٥٠)	١,٥٠ (١٥٠)	٢,٠٠ (٢٠٠)	٢,٥٠ (٢٥٠)	أكبر من ٥٠ وحتى ١٠٠
١,٧٥ (١٧٥)	١,٧٥ (١٧٥)	٢,٢٥ (٢٢٥)	٢,٧٥ (٢٧٥)	أكبر من ١٠٠

ملحوظة : لا يسرى هذا الجدول على الكبارى الخاصة مثل الكبارى المعلقة والكبارى المتحركة والكبارى العقدية والكبارى التى يزيد بحورها عن ١٠٠ م والتى تحتاج إلى دراسة أكثر دقة.

٣ - ارتفاع الشريط المكافئ للمسقط الرأسى الطولى للحمل الحى فوق منسوب السطح العلوى لأرضية الكوبرى هو:

أ - ٣ متر لكبارى الطرق.

ب - ١,٨ متر لكبارى المشاة والدراجات.

ج- ٣,٥٠ متر فوق منسوب القضبان فى حالة وجود سكك حديدية على كبارى الطرق.

٤ - يجوز تخفيض ضغط الرياح أثناء تنفيذ الكوبرى الى ٧٠ % من القيم الواردة بالجدول (٤-٥).

- ٥ - في مرحلة ما قبل تنفيذ البلاطة العلوية للكوبرى تؤخذ المساحة المعرضة للرياح معادلة لضعف مساحة الكمرات الطولية.
- ٦ - في حالة الكوبرى المكون من أجزاء علوية منفصلة يؤخذ ضغط الرياح بالكامل على كل جزء على حدة.

### ٥-١٣ مقاومة الركائز للاحتكاك أو القص الأفقى

نظرا لتمدد وانكماش المنشأ نتيجة لاختلاف درجة الحرارة أولاي أسباب أخرى فإنه يتم الأخذ في الاعتبار قوى الاحتكاك الناتجة على كراسي الارتكاز المنزلقة وذلك تحت تأثير الحمل الدائم فقط. ويمكن استخدام معاملات الاحتكاك التالية:

#### Roller Bearings

#### ١ - كراسي بدلافين

- فى حالة دلفين واحد أو اثنين ٠,٠٣
- فى حالة ثلاثة دلفينات أو أكثر ٠,٠٥

#### Sliding Bearings

#### ٢ - الكراسي المنزلقة

- فى حالة الصلب على كراسى من سبائك النحاس الصلدة ٠,١٥
- فى حالة الصلب على كراسى من الحديد الزهر أو الصلب ٠,٢٥
- فى حالة الصلب على كراسى من بوليتترا فلوروايثيلين (PTFE)

#### (Pot Bearings) ذات ضغط تلامس متوسط

- ١٠ نيوتن/مم<sup>٢</sup> (١ كجم / مم<sup>٢</sup>) ٠,٠٦
- ٢٠ نيوتن/مم<sup>٢</sup> (٢ كجم / مم<sup>٢</sup>) ٠,٠٤
- ٣٠ نيوتن/مم<sup>٢</sup> (٣ كجم / مم<sup>٢</sup>) ٠,٠٣

- يمكن استخدام معاملات احتكاك اقل من القيم السابق ذكرها لأنواع ركائز مسجلة مع التحقق من قيم معاملات الاحتكاك بواسطة معامل معتمدة.

#### ٣ - الكراسى من النيوبرين المسلح

- تحسب قوة قص أفقية لمخدة النيوبرين بدلالة السمك والحركة المطلوبة بإعتبار معامل القص للنيوبرين ١ نيوتن/مم<sup>٢</sup> (١٠ كجم/سم<sup>٢</sup>) والحد الأقصى لتشكل القص = ٠,٧ ما لم تحدد قيمة أخرى فى الإشتراطات الفنية.

#### ١٤-٥ الهبوط المتفاوت للأساسات

عندما يؤثر الهبوط المتفاوت على المنشأ ككل أو على جزء منه فإن تأثيره يؤخذ فى الاعتبار على أساس دراسات وأبحاث التربة.

#### ١٥-٥ انكماش الخرسانة

يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .

#### ١٦-٥ زحف الخرسانة

يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .

#### ١٧-٥ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ

يجب أن يؤخذ فى الاعتبار وزن كل المواد الدائمة والمؤقتة معا بالإضافة إلى القوى الأخرى التى يمكن أن تتولد فى أى جزء من المنشأ أثناء مراحل التنفيذ. كذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار تأثير الرياح والحرارة التى تولد أكبر قوة ممكنة تؤثر فى الأعضاء أثناء التركيب عند تصميم هذه الأعضاء ويمكن زيادة إجهاد التشغيل فى هذه الحالة طبقاً لكودات التصميم المعنية.

#### ١٨-٥ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه

يؤخذ فى الاعتبار جميع القوى الجانبية مثل ضغط التربة، ضغط المياه ..... الخ والتى يمكن أن تؤثر على أجزاء مختلفة من المنشأ وتسبب زيادة فى الإجهادات بالنسبة للحوائط والأكتاف الساندة.

#### ١٩-٥ تأثير الكلال

لحساب تأثير الكلال يؤخذ الحمل الحى طبقاً لنموذج التحميل رقم (١) بند (١-٣-٥) مع أخذ نسبة ٧٠ % من الأحمال المركزة للمركبات ونسبة ٣٠ % من الحمل المنتظم لحارات المرور.

## ٥-٢٠ الحمولات غير التقليدية

عند مرور حمولات غير تقليدية علي الكوبري يجب مراعاة الاشتراطات الآتية:

- ١ - اختيار عدد محاور الكساحة بحيث لا تتعدي الاجهادات الناشئة عن الحمولة الاجهادات القصوي للكوبري.
- ٢ - تحديد الحارة المناسبة لمرور الكساحة واللازمة للحصول علي اقل اجهادات علي الكوبري.
- ٣ - منع مرور أي مركبات علي الكوبري اثناء مرور الحمولة.
- ٤ - عدم تجاوز سرعة مرور الكساحة اعلي الكوبري عن ٥ كم / ساعة.
- ٥ - عند مرور أكثر من كساحة في نفس الوقت يجب ترك فاصل زمني لا يقل عن نصف ساعة بين كل كساحة والأخرى.
- ٦ - يجب دراسة الحالة الانشائية للكوبري والتأكد من سلامة المنشأ شاملاً كافة اجزاء الكوبري من (أساسات- أعمدة- كراسي ارتكاز - المنشأ العلوى.....الخ).
- ٧ - الالتزام بآية اشتراطات اخري تطلبها الجهة المالكة للكوبري.

## ٥-٢١ حالات تجميع الاحمال على كبارى الطرق

Load Combinations for Roadway Bridges

Ultimate Loads and Service Loads Combinations

يوضح الملحق رقم (٥-أ) حالات تجميع الأحمال على كبارى الطرق ، ويتضمن حالات

التحميل القصوى وحالات التشغيل.

تتضمن حالات التحميل القصوى مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المفاجئة Accidental .
- الزلازل EQ .

تتضمن حالات تحميل التشغيل مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المتكررة قصيرة المدى Frequent وتستخدم لحساب الترخيم Deflection .
- شبه الدائمة طويلة المدى Quasi-Permanent .

هذا ويمكن للمصمم إضافة حالات تجميع أحمال أخرى طبقاً لطبيعة المنشأ والأحمال المعرض لها.

#### ٥-٢٢ الأحمال على كباري المشاة :

- ١ = نماذج التحميل المعطاة بهذا الباب تشمل معامل التأثير الديناميكي.
- ٢ - يتم تطبيق الأحمال المعطاة لنماذج التحميل طبقاً لأسوأ حالات التحميل.

#### ٥-٢٢-١ الأحمال الرأسية على كباري المشاة:

يوجد ثلاثة نماذج للتحميل الرأسى يتم استخدامهما علي كباري المشاة كالاتي:

##### ١ - حمل منتظم التوزيع ( q ) :

حمل قدره ٥ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يمثل حمل المشاة. ويؤخذ علي كامل مسطح كوبري المشاة.

##### ٢ = حمل مركز (Q):

يستخدم حمل مركز قدرة ١٠ ك (١ طن) يؤثر على مساحة مربع طول ضلعة ١٠ م وذلك لمراجعة الاجهادات الناشئة ببلاطة سطح الكوبري .

##### ٣ - حمل عربة المرور:

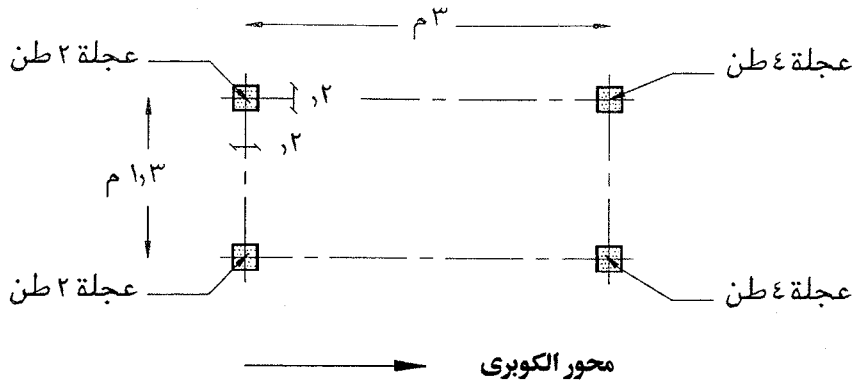
أ - يمثل حمل عربة الصيانة أو الطوارئ أو عربة مرور غير متوقعة فوق كوبري المشاة.

ب - لا يتم اعتبار حمل عربة المرور فوق كوبري المشاة في حالة وجود عائق دائم يمنع احتمال مرور أي عربات فوق الكوبري.

ج - يوضح شكل (٥-١٠) نموذج التحميل لعربة المرور كالاتي :

- محور امامي على عجلتين حمل العجلة الواحدة ٤٠ ك (٤ طن).
- محور خلفي على عجلتين حمل العجلة الواحدة ٢٠ ك (٢ طن).
- مساحة التحميل للعجلة الواحدة عبارة عن مربع طول ضلعة ٢٠ م.
- المسافة بين المحور الامامي والمحور الخلفي ٣ م.
- المسافة بين العجلات ١,٣ م.





شكل (١٠-٥) نموذج التحميل لعربة المرور

#### ٥-٢٢-٢ القوة الأفقية على كباري المشاة

- ١ - يتم توقيع القوى الأفقية على محور الكوبرى وفى مستوى سطح الطريق.
- ٢ - يتم أخذ القيمة الأكبر للقوة الأفقية من القيم التالية:
  - أ - ١٠% من الوزن الكلى للحمل منتظم التوزيع  $q$  الموضح بالبند ٥-٢٢-١.
  - ب - ٦٠% من الوزن الكلى لعربة المرور الموضحة بالبند ٥-٢٢-١.
- ٣ - يتم أخذ تأثير القوة الأفقية مع الحمل الرأسى التابع لها.
- ٤ - القوى الأفقية المذكورة كافية لدراسة اتزان الكوبرى فى الاتجاه الطولى. ولدراسة اتزان الكوبرى فى الاتجاه العرضى (out of plane) تؤخذ قوى الرياح أو الزلازل أو الصدم.

#### ٥-٢٢-٣ تجميع الاحمال على كباري المشاة:

يتم تصميم كوبري المشاة على أحد مجموعات الأحمال الآتية:

- ١ - حمل رأسى منتظم التوزيع مقداره ٥ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) ومعه حمل أفقى مقداره ١٠% من الوزن الكلى للحمل منتظم التوزيع كما هو موضح بالبند ٥-٢٢-٢.
- ٢ - حمل رأسى يمثل عربة المرور الموضحة بالبند ٥-٢٢-١ ومعه حمل أفقى يمثل ٦٠% من الوزن الكلى لعربة المرور كما هو موضح بالبند ٥-٢٢-٢. وذلك فى حالة إمكانية مرور العربة على كوبري المشاة.

٣ - عند تطبيق حمل عربة المرور على الكوبري لا يتم أخذ تأثير أي أحمال آخر (أحمال صدم - رياح - زلزال - .....).

٤ - يتم توقيع الأحمال طبقاً لأسوأ حالات التحميل.

#### ٥-٢٢-٤ أحمال الرياح :

تؤخذ أحمال الرياح على كبارى المشاة طبقاً للبند (٥-١٢) من هذا الكود .

#### ٥-٢٢-٥ أحمال الزلازل :

تحتسب طبقاً للباب التاسع من هذا الكود.

#### ٥-٢٢-٦ أحمال الصدم على كبارى المشاة

١ - تعتبر كبارى المشاة أكثر تأثراً بأحمال الصدم من كبارى الطرق. ولحماية كبارى المشاة من تصادم العربات يتم عمل الآتي:

أ - وضع حواجز الاصطدام قبل أعمدة الكبارى بمسافة مناسبة.

ب - زيادة الارتفاع الصافي للمرور أسفل كوبرى المشاة عن نظيره لكبارى الطرق الواقعة على نفس الطريق.

٢ - في حالة عدم تنفيذ حماية تضمن عدم تصادم المركبات بأعمدة الكوبرى فإن الحد الأدنى لقوى التصادم على الأعمدة تكون :

١٠٠٠ كن (١٠٠ طن) في اتجاه المرور أو

٥٠٠ كن (٥٠ طن) عمودي على اتجاه المرور.

وذلك على ارتفاع ١,٢٥ متر فوق منسوب الطريق.

#### ٥-٢٢-٧ الأحمال على الدرابزينات لكبارى المشاة:

يجب أن تقاوم الدرابزينات لكبارى المشاة ووصلاتها بعناصر الكوبرى قوى أفقية عرضية مقدارها ١,٥ كن (١٥٠ كجم) لكل متر طولي.

#### ٥-٢٢-٨ الأحمال على الأكتاف والحوائط الساندة لكبارى المشاة

يتم افتراض حمل منتظم مقداره ٥ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠ طن/م<sup>٢</sup>) موزع بانتظام خلف الأكتاف والحوائط الساندة.

## ٥-٢٢-٩ نموذج التحميل الديناميكي لكوبري المشاة

- ١ - نتيجة سير المشاة أو نتيجة أحمال الرياح فإنه يحدث اهتزاز للكوبري ، ويتم تحديد التردد الطبيعي للمنشأ بواسطة عمل نموذج إنشائي ببرنامج تحليل مناسب.
- ٢ - يجب تجنب حدوث ظاهرة الرنين في الكوبري (وهو تطابق التردد الناتج عن اهتزاز الكوبري مع التردد الطبيعي للكوبري) حتى لا يتسبب ذلك في انهيار الكوبري.
- ٣ - السير الطبيعي للمشاة على الكوبري غالبا ما ينتج عنه الترددات الآتية:
  - تردد رأسي يتراوح من ١ إلى ٣ هرتز.
  - تردد أفقي يتراوح من ٠,٥ إلى ١,٥ هرتز.
- ٤ - التردد الناتج من جرى الجمهور على كوبري المشاة يصل إلى ٣ هرتز.
- ٥ - يجب ألا تتجاوز قيمة العجلة الرأسية  $a$  (م/ثانية<sup>٢</sup>) و المؤثرة على الكوبري عن:

$$a=0.5 \sqrt{f_0} \quad (5.3)$$

حيث  $f_0$  قيمة التردد الطبيعي

- ٦ - فى حالة أن التردد الطبيعي الرئيسى فى الإتجاه الرأسى أكبر من ٥ هرتز يمكن التغاضى عن حساب قيمة العجلة الرأسية فى البند (٥)

## ٥-٢٢-١٠ حالات تجميع الاحمال على كبارى المشاه

## Load Combinations for Foot Bridges

## Ultimate Loads and Service Loads Combinations

يوضح الملحق رقم (٥-ب) حالات تجميع الأحمال على كبارى المشاه ، ويتضمن حالات

التحميل القصوى وحالات التشغيل.

تتضمن حالات التحميل القصوى مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المفاجئة Accidental .
- الزلازل EQ .

تتضمن حالات تحميل التشغيل مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المتكررة قصيرة المدى Frequent وتستخدم فى حساب الترخيم Deflection .
- شبه الدائمة طويلة المدى Quasi-Permanent .

هذا ويمكن للمصمم إضافة حالات تجميع أحمال أخرى طبقاً لطبيعة المنشأ والأحمال

المعرض لها.

الملحق (٥-١)

Annex (5-A)

حالات تجميع الاحمال على كبارى الطرق

Comb Type	Comb No.	Permanent Actions					LL							WL	TEMP	EXPL	RUPT	EQ	CONST
		DL	SDL	C&S	SETT	EP	PREST	LL				VEH IMP							
								VEH	LM1	LM2	LM3		BR						
Characteristic	1							1.35	1.35				1.35	1.35					
	2							1.00	0.54										
	3									1.35									
	4							1.35	1.35										
	5							1.35	1.35				1.35	1.35		0.90			
	6												1.35	1.35		0.90			
	7										1.35								
	8							1.00	0.54							1.50			
	9							1.00	0.54										
	10							0.75	0.40							1.00			
Accidental	11							0.75	0.40										
	12							0.75	0.40							1.00			
	13							0.75	0.40										
	14									0.75									
	15															1.00			
	16																		
	17																		
	18										0.75								
	19										0.75								
	20										0.75					1.00			
EQ	1							0.20	0.20										
	2							1.00	1.00				1.00	1.00		0.60			
Characteristic	3							1.00	1.00				1.00	1.00		0.60			
	4									1.00						0.60			
	5														0.80				
	6							0.75	0.40							1.00			
Characteristic	7							0.75	0.40							0.50			
	8							0.75	0.40							0.50			
	9														0.60				
	10														0.20				
Quasi-Permanent	1															0.50			
	11																		
Ultimate Loads Combinations																			
Service Loads Combinations																			
Frequent																			
Quasi-Permanent																			
During Construction (Ultimate Load Combinations)																			
		1	1.35	1.35				1.50	1.00						1.50			1.50	
Combinations for Global Equilibrium Checks																			
		1	1.35	1.35				1.50	1.00						1.50			1.35	
		2	1.00	1.00				1.50	1.00						1.50			1.35	

## Annex (5-B)

الملحق (٥-ب)

### حالات تجميع الاحمال على كبرى المشاه

Comb Type	Permanent Actions						LL						WL	TEMP	EXPL	RUPT	EQ	CONST
	Comb No.	DL	SDL	C&S	SETT	EP	PREST	q	Q	SERV VEH	HLE FORCE	VEH IMP						
Ultimate Loads Combinations	Characteristic	1						1.35				1.35						
		2										1.35						
		3									1.35	1.35						
		4																
		5																
		6																
		7																
		8																
	Accidental	9							0.54			0.54						
		10							0.54			0.54						
		11							0.40				1.00					
		12							0.40									
		13							0.40									
		14									0.40							
		15									0.40							
		16							0.20									
Service Loads Combinations	Characteristic	1						1.00				1.00						
		2							1.00									
		3									1.00	1.00				0.50		
		4									1.00	1.00				0.50		
	Characteristic	5							0.40			0.40				1.00		
		6							0.40			0.40				1.00		
		7							0.40			0.40				1.00		
	Frequency	8														0.50		
		9														0.50		
	Quasi-Permanent	10													0.20			
During Construction (Ultimate Load Combinations)																		
	1	1.35	1.35				1.50	1.00					1.60				1.50	
Combinations for Global Equilibrium Checks																		
	1	1.35	1.35				1.50	1.00					1.60				1.35	
	2	1.00	1.00				1.50	1.00					1.60				1.35	

**Notes:**

1- In case the Permanent Actions are on the Favorable side, the service load comb. factors 0.9, 0.9, 0.9 & 0.9 are used for DL, SDL, C&S, SETT and EP respectively

22- In case the Permanent Actions are on the Favorable side, the ultim. load comb. factors 1.15, 1.15, 1.15, 1.0 & 1.28 are used for DL, SDL, C&S, SETT and EP, respectively

2

[illegible]



## الباب السادس

## الأحمال على كبارى السكك الحديدية

## ٦-١ عام

تتقسم الأحمال على كبارى السكك الحديدية إلى أحمال رئيسية وأحمال ثانوية وأحمال خاصة ويجب أن تؤخذ تلك الأحمال فى الاعتبار طبقاً لأسوأ حالات التحميل و التصميم:

## ٦-١-١ الأحمال الرئيسية

تشمل الأحمال الدائمة، الأحمال الحية شاملة التأثير الديناميكي المصاحب لها، الأحمال الناتجة عن رفع الكوبرى لاستبدال الركائز، سبق الأجهاد، قوى الطرد المركزية، ضغط التربة وضغط المياه.

## ٦-١-٢ الأحمال الثانوية

تشمل الأحمال الناتجة عن التغير فى درجات الحرارة ، احمال الزلازل و الرياح ، قوى الفرامل والجر، الصدمات العرضية ، مقاومة الركائز للاحتكاك ، مقاومة الفواصل للحركة و التشكل، هبوط محتمل حدوثه للأساسات ، انكماش و زحف الخرسانة.

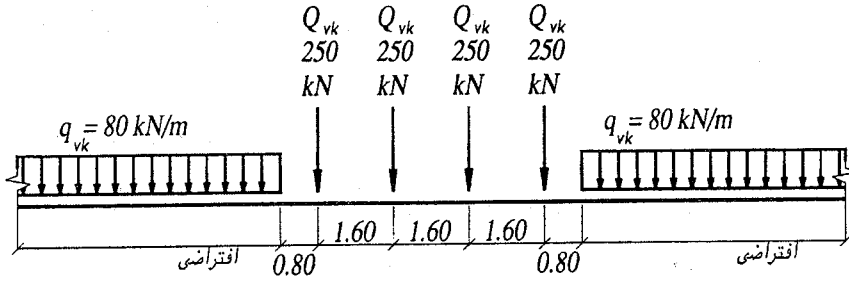
## ٦-١-٣ الأحمال الخاصة

تشمل الأحمال الخاصة أثناء مراحل التنفيذ والقوى المكافئة لاصطدام المركبات بأعمدة الكوبرى.

## ٦-٢ الأحمال الحية

لحساب الأحمال الحية على كبارى السكك الحديدية والمنشآت التحتية Sub-Structures الخاصة بها يؤخذ نموذج الحمل القياسى (الحمل الرأسى المتحرك المكافئ) فى الإتجاه الطولى كما هو موضح بالشكل (٦-١) ، وقد تم تقدير هذا النموذج لتغطية كافة أنواع الأحمال الفعلية الحالية و الزيادة المتوقعة فى الأحمال مستقبلاً للقطارات و العربات و يتكون نموذج الحمل القياسى من:

- ١ - أربعة محاور على مسافات بينية ١,٦٠ متر قيمة الحمل الرأسى لكل منها ٢٥٠ كن (٢٥ طن) ويرمز له بالرمز  $Q_{vk}$ .
- ٢ - حمل موزع منتظم من الجانبين قيمته ٨٠ كن/م (٨ طن/م) و يرمز له بالرمز  $q_{vk}$  بطول غير محدد ويشترط أن يكون الحمل متصل.
- ٣ - حمل مكافئ للقطارات الفارغة قيمته ١٠ كن/م (١ طن/م).



شكل (١-٦) نموذج الحمل القياسى

فى حالة الخطوط الخاصة التى تحمل قطارات أخف (مثل خطوط المترو) أو أثقل (مثل خطوط المصانع والموانئ) من الحمل المتحرك المكافئ المذكور أعلاه فإنه يتم ضرب الحمل المتحرك المكافئ فى المعامل  $\alpha$  وتحدد قيمته بواسطة الجهة المسؤولة وتتراوح قيمته من ٠,٧٥ إلى ١,٤٦ وتسمى الأحمال فى هذه الحالة أحمال مصنفة.

بالنسبة للخطوط الدولية فيوصى أن تكون قيمة المعامل  $\alpha$  أكبر من ١ على أن تحدد قيمته بواسطة كل دولة.

فى حالة الكبارى على المنحنيات تراعى الزيادة فى الحمل الحى على كل من الكمرات الرئيسية Main Girders والكمرات العرضية Cross Girders والمدادات الطولية Stringers بسبب لامركزية الحمل الناتجة عن الميل العرضى للسكة .

#### ١-٢-٦ الأحمال على الكبارى متعددة السكك :

عند حساب الأحمال على الكبارى متعددة السكك يؤخذ فى الاعتبار ما يلى:

- ١ - فى حالة تحميل سكتين (خط مزدوج) تؤخذ الأحمال بدون تخفيض أى ١٠٠ % لكل سكة.



٢ - فى حالة تحميل ثلاث سكك أو أكثر يؤخذ حمل السكتين الأولى و الثانية بدون تخفيض بالإضافة إلى ٥٠% من حمل السكة الثالثة و ٢٥% من حمل السكة الرابعة أو ما زاد عن ذلك.

#### ٢-٢-٦ الأحمال على الدرابزينات:

فى حالة وجود قضبان حماية يجب أن تقاوم الدرابزينات قوة أفقية عرضية مقدارها ١٥٠ كجم/م (١,٥٠ كن/م).

#### ٣-٦ التأثيرات الديناميكية:

أحمال السكة الحديد القياسية المذكورة فى البند (٢-٦) تعتبر أحمالا استاتيكية و يتم ضربها فى معامل التأثير الديناميكي وذلك لأخذ تأثير الصدم والذبذبة والتمايل ووصلات القضبان والتأثيرات الديناميكية الأخرى والتي تنشأ عن احتكاك وتذبذب العجلات ومستوى أعمال الصيانة الخاصة بالسكة والقطارات المتحركة.

#### ١-٣-٦ معامل الحمل الحى شاملاً التأثير الديناميكي على كبارى السكك الحديدية: ( $\phi$ )

بالنسبة لكبارى السكك الحديدية يؤخذ معامل الحمل الحى شاملاً التأثير الديناميكي ( $\phi$ ) طبقاً للمعادلة (6-1a) وبذلك يكون معامل التأثير الديناميكي (I) طبقاً للمعادلة (6-1b) ويؤخذ على جميع عناصر المنشأ شاملة الأساسات.

$$\phi = 0.73 + \frac{2.16}{\sqrt{L_1} - 0.2} \quad (6 - 1a)$$

$$I = \phi - 1 \quad (6 - 1b)$$

مع مراعاة إجراء أعمال الصيانة الدورية للخطوط و القطارات بصفة مستمرة.

بحيث تكون أقصى زيادة فى الأحمال بمقدار ١٠٠% وأقل زيادة ١٠% ، أى أن المعامل I لا يزيد عن ١,٠٠ ولا يقل عن ٠,١٠ . حيث  $L_1$  هو الطول الفعال بالمتر لحساب التأثير الديناميكي و تحدد قيمة  $L_1$  طبقاً للحالات الآتية:

جدول ( ٦ - ١ ) : تحديد الطول  $L_1$  لعناصر الكوبرى

الحالة	العنصر الإنشائى	الطول $L_1$
أرضية معدنية مغلقة ذات فرشاة زلطية ( أرضية أورثوتروبية Orthotropic Deck Plate )		
أرضية معدنية بكرات عرضية وأعصاب طولية مستمرة:		
١ - ١	لوح الأرضية فى الإتجاهين	٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية
٢ - ١	أعصاب طولية مستمرة بكوابيل قصيرة حتى ٠.٥ متر	٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية
٣ - ١	الكمرات العرضية	ضعف طول الكمرات العرضية
٤ - ١	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
أرضية معدنية بكرات عرضية فقط		
١ - ٢	لوح الأرضية فى الإتجاهين	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٢ - ٢	الكمرات العرضية	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٣ - ٢	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
نظام بأرضية معدنية من كمرات طولية وعرضية ذات أرضية خشبية مفتوحة (بدون فرشاة زلطية)		
١ - ٣	حوامل القضبان (Rail Bearers) ■ مستمرة ■ بسيطة الإرتكاز	■ ٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية ■ المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٢ - ٣	كابولى حوامل القضبان (End Bracket)	٣.٦ متر
٣ - ٣	الكمرات العرضية (Cross Girders)	ضعف طول الكمرات العرضية
٤ - ٣	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
أرضية من بلاطة خرسانية و فرسه زلطية		
١ - ٤	بلاطة الأرضية كجزء من كمرات صندوقية أو شفة علوية لكمرات رئيسية: ■ البحر التصميمى فى الإتجاه العرضى ■ البحر التصميمى فى الإتجاه الطولى ■ كمرات عرضية ■ كوابيل عرضية حاملة لحمل السكة الحديد	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ٣ مرات بحر البلاطة</li> <li>■ ٣ مرات بحر البلاطة</li> <li>■ ضعف طول الكمرات العرضية</li> <li>■ ٣ مرات المسافة بين الأعصاب</li> </ul> <p>- <math>e \leq 0.5m</math> - <math>e &gt; 0.5m^*</math></p>  <p>شكل (٦-٢) : الكابولى العرضى المحمل بحمل السكة</p>
٢ - ٤	بلاطة أرضية مستمرة ( فى إتجاه الكمرات الرئيسية ) محملة على كمرات عرضية	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية

\* تحتاج إلى دراسة خاصة وتحليل ديناميكى

٤ - ٣	بلاطة أرضية الكبارى النفقية ونصف النفقية (Through & Semi-Through) ■ البحر التصميمى عمودى على الكمرات الرئيسية فى الاتجاه العرضى ■ البحر التصميمى فى الاتجاه الطولى	■ ضعف بحر بلاطة الأرضية + ٣ متر ■ ضعف بحر بلاطة الأرضية ■ ضعف البحر الفعال للكمات الطولية
٤ - ٤	بلاطات الأرضية ذات بحر تصميمى عرضى بين كمات طولية معدنية مدفونة فى البلاطة الخرسانية	
٤ - ٥	الكوابيل الطولية لبلاطة الأرضية	٣.٦ متر
٤ - ٦	كمات عرضية نهائية	٣.٦ متر
كمات رئيسية		
٥ - ١	■ بسيطة الارتكاز ■ مستمرة	■ طول البحر ■ فى حالة ٢، ٣، ٤، ٥ بحور أو أكثر يكون الطول الفعال مساويا (١.٢، ١.٣، ١.٤، ١.٥) X متوسط أطوال البحور ولا يقل عن طول البحر الأكبر
٥ - ٢	الإطارات والعقود	٢/١ طول البحر

يفضل ألا تزيد أطوال كوابيل النهايات عن ٠,٥ متر و فى حالة زيادة أطوال الكوابيل عن ٠,٥ متر فإنها تحتاج إلى دراسة خاصة و تتطلب تحليل ديناميكى .

٦-٣-٢ فى حالة وجود وصلات القص الضرورية بين الكمرات الصلب و البلاطة الخرسانية، يتم معاملة القطاع كقطاع مركب، و يؤخذ المعامل (I) المعطى للحالات السابقة عند التصميم.

٦-٣-٣ فى حالة الكبارى المعدنية ذات السكة المرتكزة على طبقة من الصابورة (Ballast) بسلك أنى ٢٠ سم و سلك أقصى ٥٠ سم أسفل الفلنكات يتم تخفيض المعامل (I) بمقدار ٢٠% و إذا زاد سلك الصابورة عن ٥٠ سم يتم تخفيض المعامل (I) بمقدار ١٠% عن كل ٢٠ سم زيادة فى السلك بشرط ألا يزيد التخفيض عن ٥٠% للمعامل (I) و فى جميع الأحوال لا يقل المعامل (I) عن ٠,١٠ .

٦-٣-٤ يهمل التأثير الديناميكى فى حسابات التغير المرن فى التشكل.

## ٤-٦ قوة الطرد المركزية في كبارى السكك الحديدية

١-٤-٦ عندما تكون السكة على كبارى السكك الحديدية منحنية يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزية للأحمال المتحركة وذلك في تصميم جميع الأعضاء و تؤثر قوة الطرد المركزية (C) لكل سكة في الاتجاه القطرى على ارتفاع ٢ متر أعلى منسوب السكة و يتم حسابها من المعادلة الآتية:

$$C = \frac{W V^2}{127 R} \quad \text{kN} \quad (6 - 2)$$

حيث:

- C هي قوة الطرد المركزية بالكيلونيوتن.  
W أقصى حمل رأسى بالكيلونيوتن.  
V أقصى سرعة (كم/ساعة) للقطار على المنحنى المأخوذ في الاعتبار.  
R نصف قطر الانحناء بالمتر.

٢-٤-٦ يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزية مع التأثير الديناميكي للأحمال الحية بند (٦-٣) طبقاً للأسوأ من الحالتين التاليتين :

- أ - حالة القطارات ذات الحركة السريعة تؤخذ قوة طرد مركزية و تأثير ديناميكي كامل.  
ب - حالة القطارات ذات الحركة البطيئة تهمل قوة الطرد المركزية ويؤخذ نصف التأثير الديناميكي ( I ).

## ٦ - ٥ تأثير تغير درجات الحرارة.

- ١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها ٢٠°م فإنه يراعى افتراض تغير في درجات الحرارة مقداره  $\pm 30^\circ\text{م}$  في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار  $\pm 20^\circ\text{م}$ .  
٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية أو المركبة وذلك بمقدار  $\pm 15^\circ\text{م}$  وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار  $\pm 5^\circ\text{م}$ .

- ٣ - في بعض الحالات الخاصة تؤخذ الفروق بين درجات حرارة الأجزاء المختلفة للمنشأ، مثل الفرق بين العقد والشداد، والفرق بين شدادات التلجيم والكمرات الطولية، والفرق بين العنصر العلوي والعنصر السفلي في الجمالونات. ويؤخذ مقدار تلك الفروق كما يلي:
- $\pm 10^\circ \text{م}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.
- $\pm 5^\circ \text{م}$  للمنشآت الخرسانية.
- ٤ - في حالات تجميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة في البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:
- $\pm 20^\circ \text{م}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.
- $\pm 10^\circ \text{م}$  للمنشآت الخرسانية.
- ٥ - في الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة  $\pm 5^\circ \text{م}$  بين الوجهين المتقابلين.
- ٦ - تؤخذ فروق درجات الحرارة في حساب حركة الركائز وفواصل التمدد كالتالى :

نوع الكوبري	أقصى درجة حرارة افتراضية	أقل درجة حرارة افتراضية
الكباري المعدنية والمركبة	$+ 60^\circ \text{م}$	$- 20^\circ \text{م}$
الكباري الخرسانية	$+ 50^\circ \text{م}$	$- 10^\circ \text{م}$

#### ٦ - ٦ قوى الفرامل و الجر

تؤخذ قوى الفرامل على كبارى السكك الحديدية مساوية لمقدار ٢٥ % من إجمالى الأحمال الحية الواقعة على سكتين من الكوبرى بدون تأثير ديناميكى وتؤخذ قوى الجر مساوية لمقدار ٣٠ % من أحمال محاور الجر على سكتين بدون تأثير ديناميكى . وتؤخذ قوى الفرامل والجر كقوى أفقية عند منسوب القضبان وفى إتجاهها ويمكن استعمال القيم الواردة بالجدول الآتى :

جدول (٦-٢) : قيم قوى الفرامل و الجر لسكة واحدة

القوة	الطول المحمل $L_0$ (متر)	القيمة كن (طن)
قوة الجر	حتى ٣,٠٠	١٥٠ (١٥طن)
	أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠	٢٢٥ (٢٢,٥طن)
	أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠	٣٠٠ (٣٠طن)
	أكبر من ٧,٠٠ إلى ٢٥,٠٠	$٢٤ + ٣٠٠ (٧,٠ - L_0)$ كن $٢,٤ + ٣٠ (٧,٠ - L_0)$ طن
	أكبر من ٢٥,٠٠	٧٥٠ (٧٥طن)
قوة الفرامل	حتى ٣,٠٠	١٢٥ (١٢,٥طن)
	أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠	١٨٧ (١٨,٧طن)
	أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠	٢٥٠ (٢٥طن)
	أكبر من ٧,٠٠	$٢٠ + ٢٥٠ (٧,٠ - L_0)$ كن $٢ + ٢٥ (٧,٠ - L_0)$ طن

## ٦ - ٧ تأثير الصدمات العرضية

٦-٧-١ يؤخذ تأثير قوة الصدمات العرضية فى كبرى السكك الحديدية على كافة عناصر المنشأ المعرضة لنقل تلك الصدمات إلى الأساسات. و يؤخذ تأثير تلك القوة مساويا لحمل أستانتيكى مركز واحد مقداره ١٠٠ كن (١٠ طن) فى الإتجاه الأفقى متعامدة على اتجاه السكة و على منسوب القضيب ومؤثرة فى ذلك الموضع من البحر الذى يؤدى إلى أسوأ حالات التحميل بالنسبة لكل عنصر. وبالنسبة للكبرى التى تحمل أكثر من سكة واحدة فان قوة عرضية واحدة مقدارها ١٠٠ كن (١٠ طن) تعتبر كافية، و لا يضاف التأثير الديناميكي للإجهادات الناتجة عن هذه القوة. و بالنسبة للكبرى المقامة على خط منحنى فتؤخذ الإجهادات الناتجة من قوى الصدمات العرضية أو القوى الطاردة المركزية أيهما أكبر.

٦-٧-٢ فى حالة وجود أوناش فان تأثير ميل أحبال الرفع بالإضافة إلى تأثير الصدمة الجانبية يؤخذ فى الاعتبار لكل عجلة (ترس) كما لو كانت قوة أفقية مستعرضة مساوية ١٠/١ من أقصى حمل للعجلة.

## ٦ - ٨ أحمال الرياح

تؤخذ أحمال الرياح على كبرى السكك الحديدية كما هو مذكور بالبند (٥ - ١٢) بالباب الخامس والخاص بأحمال الرياح على كبرى الطرق. و يؤخذ ارتفاع الشريط المكافئ للمسقط الرأسى الطولى للحمل الحى ٣,٥ مترا فوق منسوب القضيب.

## ٦ - ٩ أحمال الزلازل

تحسب طبقا للباب التاسع من هذا الكود.

## ٦ - ١٠ مقاومة الركائز للاحتكاك

تحسب طبقا للبند (٥ - ١٣) من هذا الكود.

- ١١ - ٦ الهبوط متفاوت للأساسات  
عندما يؤثر الهبوط متفاوت على المنشأ ككل أو على جزء منه فإن تأثيره يؤخذ فى الاعتبار على أساس دراسات وأبحاث التربة.
- ١٢ - ٦ انكماش الخرسانة  
يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ١٣ - ٦ زحف الخرسانة  
يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ١٤ - ٦ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ  
تؤخذ طبقاً للبند ( ٥ - ١٧ ) من هذا الكود .
- ١٥ - ٦ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه  
تؤخذ طبقاً للبند ( ٥ - ١٨ ) من هذا الكود .
- ١٦ - ٦ تأثير الكلال  
يتم اختبار جميع عناصر الكبارى المعرضة لأحمال السكك الحديدية تحت تأثير الكلال الناتج عن الدورات المتكررة للأحمال الحية. و تؤخذ احتياطات مناسبة عند تصميم وتنفيذ المنشأ لتقليل هذا التأثير إلى أقصى درجة ممكنة. وفى حالة الكبارى متعددة السكك التى تحمل أكثر من سكتين يؤخذ الحمل الحى لحساب الكلال على سكتين فقط.
- ١٧ - ٦ الاستقرار والتثبيت  
يجب الا يقل معامل الأمان ضد الانقلاب من القوى الطولية و العرضية عن ١,٥ .  
ويتم أخذ الحالات الآتية فى الاعتبار :  
أ - عندما يكون المنشأ فى حالة تحميل كاملة.



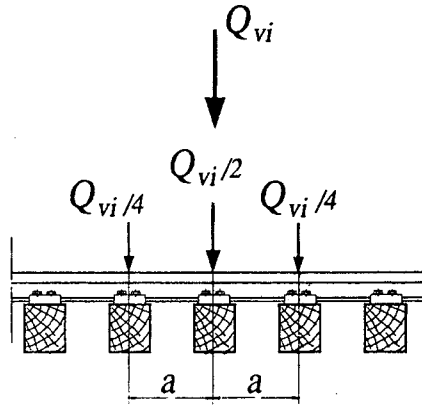
ب - عندما يكون ضغط الرياح بقوة كاملة مؤثراً على المنشأ غير المحمل تبعاً لجدول (٥ - ٤).

ج - عندما يكون المنشأ محملاً بخط سكة حديد و ضغط الرياح تبعاً لجدول (٥-٤) مؤثراً على المنشأ فإن السكة (وفى حالة وجود أكثر من سكة تحمل السكة غير المواجهة للرياح فقط) يفترض تحميلها بعربات فارغة ذات أوزان ١٠ كن / متر (١ طن / متر) مأخوذة بدون أى تأثير ديناميكى.

## ١٨-٦ توزيع الأحمال :

### ١-١٨-٦ توزيع حمل العجلة فى الاتجاه الطولى بواسطة القضبان :

- توزع الأحمال المركزة المؤثرة على القضيب توزيعاً طولياً بواسطة القضيب المستمر على أكثر من فلنكة كما توزع عرضياً على مساحة محددة من أرضية الكوبرى بواسطة الفلنكات وطبقة الصابورة.
- يفترض أن الفلنكة أسفل الحمل مباشرة تتقل نصف حمل العجلة و النصف الآخر ينتقل عن طريق الفلنكتين المجاورتين بواقع ربع الحمل لكل فلنكة طبقاً للشكل (٦-٣).



شكل (٦-٣) توزيع حمل العجلة فى الاتجاه الطولى بواسطة القضيب

حيث :

حمل العجلة :  $Q_{vi}$

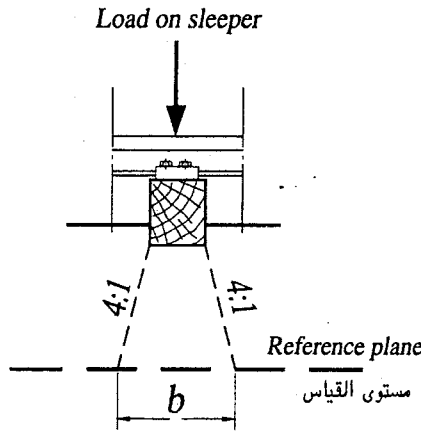
المسافة بين محاور الفلنكات. :  $a$

### ٢-١٨-٦ الأرضيات والعناصر المماثلة:

يراعى أن تكون جميع الأرضيات سواء خرسانية أو معدنية والعناصر المماثلة لها مصممة طبقاً للأحمال القياسية وهى ٢٥٠ كيلو نيوتن بالنسبة لنموذج الحمل القياسى ويكون ذلك عند أى نقطة تثبيت للقضيب والتي يجب أن يؤخذ فى الاعتبار شاملاً السماح الخاص بالتأثيرات الديناميكية والتمايل .

### ٣-١٨-٦ التوزيع الطولى للحمل بواسطة الفلنكات وطبقة الصابورة :

توزع الأحمال الرأسية القياسية أو المصنفة بانتظام فى الاتجاه الطولى عند تصميم العناصر الإنشائية للأرضية (مثال الأعصاب الطولية والعرضية-حوامل القضبان-الكمرات العرضية-البلاطة الخرسانية النحيفة) ويكون التوزيع الطولى أسفل الفلنكات كما هو مبين بالشكل رقم (٤-٦) وبحيث يكون مستوى القياس محددًا للسطح العلوى للأرضية.و ذلك فيما عدا الأحوال التى يكون فيها الحمل الموضعى مؤثر فى تصميم بعض عناصر الأرضية.

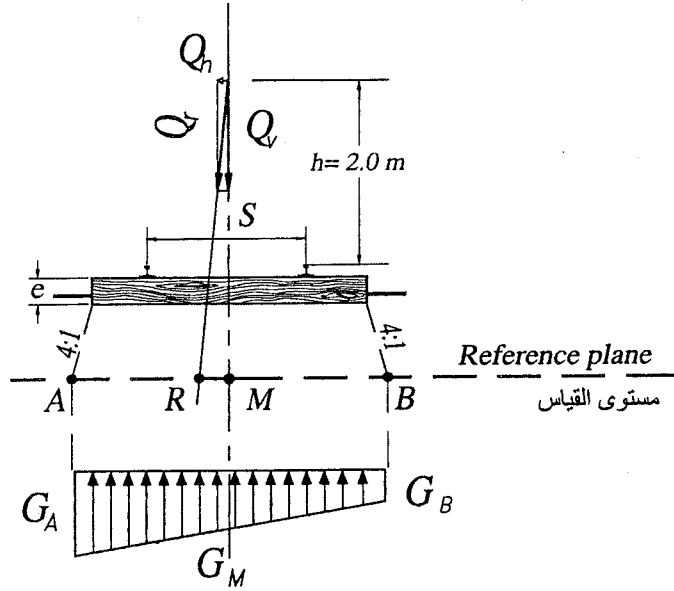


شكل (٤-٦) التوزيع الطولى للأحمال المؤثر أسفل الفلنكة وخلال طبقة الصابورة

### ١٩-٦ التمايل

### ١-١٩-٦ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكات قطعة واحدة

فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة على فرشاة زلطية ( طبقة صابورة ) ولا يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضيب أى بدون لا مركزية للأحمال الرأسية فان التوزيع العرضى المؤثر يؤخذ كما هو مبين بالشكل رقم (٥-٦).



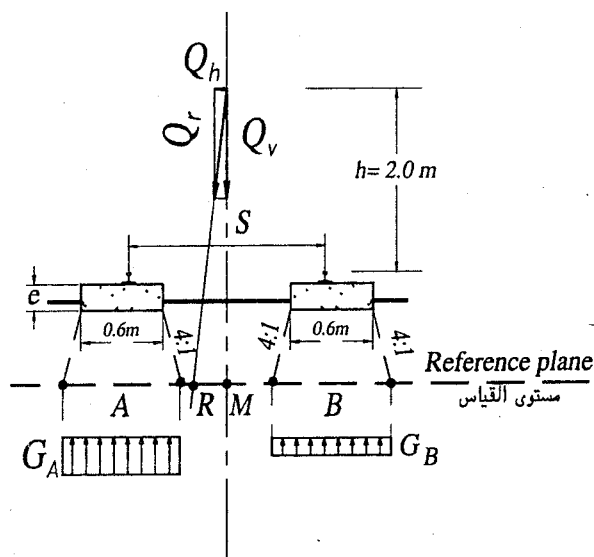
حيث :

- $G_A$  الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة A
- $G_B$  الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة B
- $M$  مركز تأثير الحمل الرأسى عند مستوى القياس
- $R$  مركز تأثير محصلة الحمل عند مستوى القياس
- $G_M$  الإجهاد المتوسط على مستوى القياس
- $e$  سمك الفلنكة
- $S$  المسافة بين القضيبين
- $Q_r$  محصلة الحمل على الفلنكة
- $Q_h$  الحمل الأفقى على الفلنكة
- $Q_v$  الحمل الرأسى على الفلنكة

شكل (٦-٥) التوزيع العرضى المؤثر للأحمال أسفل الفلنكات و خلال طبقة الصابورة

#### ٢-١٩-٦ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعتين

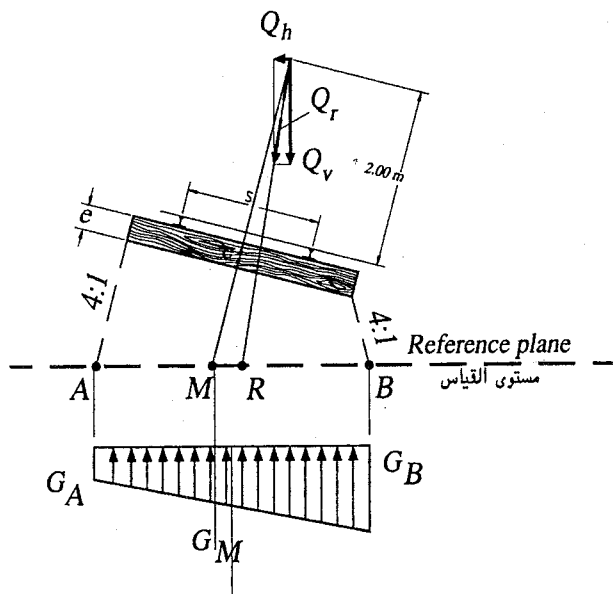
فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية (طبقة صابورة) ولا يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضيب أى بدون لا مركزية للأحمال الرأسية ويكون طول كل من جزئى الفلنكات محمل بالكامل والفرشة الزلطية مثبتة ومدموكة أسفل القضيب فقط يكون التوزيع العرضى المؤثر كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٦).



شكل (٦-٦) التوزيع العرضي للأحمال أسفل الفلنكات وخلال طبقة الصابورة

٦-١٩-٣ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعة الواحدة في المنحنيات

في حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية ( طبقة صابورة ) و يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضبان يكون التوزيع العرضى المؤثر كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٧).



شكل (٦-٧) التوزيع العرضي للأحمال أسفل الفلنكات خلال طبقة الصابورة  
في حالة ارتفاع الظهر عن البطن

## ٦-١٩-٤ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكة ذات القطعتين فى المنحنيات

فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية (طبقة صابورة) مع وجود فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضبان ويكون طول الفلنكة محمل بالكامل والفرشة الزلطية مثبتة و مدموكة أسفل القضبان فقط فى هذه الحالة يتم تعديل التوزيع العرضى المؤثر المبين بالشكل رقم (٦-٧) الى التوزيع العرضى المؤثر المبين بالشكل رقم (٦-٦).

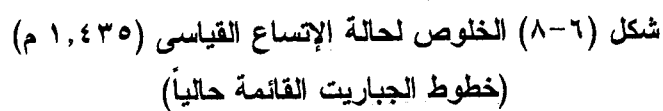
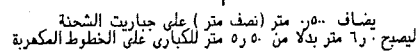
## ٦-٢٠ تأثير الأحمال الحية على الأكتاف والحوائط الساندة:

١ - يؤخذ فى الاعتبار جميع القوى الخارجية مثل ضغط التربة، ضغط المياه، الطفو... الخ و التى يمكن أن تؤثر على أجزاء مختلفة من المنشأ و تسبب زيادة فى الإجهادات و بالنسبة للأكتاف Abutments فى كبارى السكك الحديدية، يؤخذ ضغط التربة نتيجة أحمال حية Surchage مقدارها ٥٠ كن/م<sup>٢</sup> (٥ طن /م<sup>٢</sup>).

٢ - عند تصميم المنشآت التحتية و الجانبية يؤخذ تأثير حمل رأسى مكافئ مقداره ١٠ طن/م موزع على عرض ٣ متر أسفل منسوب السكة بمقدار ٧٠ سم بدون تأثير ديناميكى، و فى حالة الأحمال الرأسية المصنفة تضرب هذه القيمة فى المعامل  $\alpha$ .

## ٦-٢١ الخلو

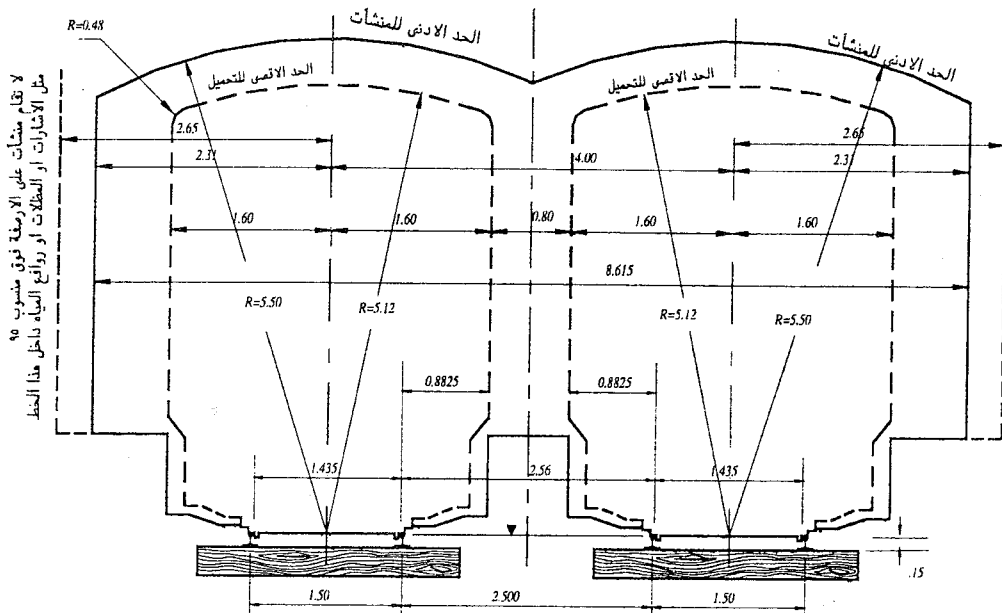
يوضح الشكل (٦-٨) الخلو Clearance لحالات كبارى السكك الحديد ذات الخط المنفرد والخط المزدوج فى حالة المقاس العادى بين القضبان (١,٤٣٥ متر) بالنسبة للمنشآت الحالية والمنشآت المستجدة.



## خط مزدوج

اتساع قیاسی ۴۳۵ ر ۱ م

القطاع التصميمي للمنشآت المستجدة



تابع شكل (٦-٨) الخلوص لحالة الإتساع القياسي (١,٤٣٥ م)  
(خطوط الجباريت للمنشآت المستجدة بعد عام ٢٠١٠)





## الباب السابع أحمال الرياح على المباني والمنشآت

- ١-٧ **المجال**
- يختص هذا الباب من الكود بتحديد أحمال الرياح التى يجب أخذها فى الاعتبار عند تصميم المباني والمنشآت كوحدة متكاملة أو عناصرها وأجزائها منفردة.
- ١-١-٧ يجب تصميم المباني والمنشآت بحيث تقاوم أحمال الرياح المؤثرة عليها.
- ٢-١-٧ عند تصميم أى مبنى يتم حساب تأثير الرياح على العناصر الآتية:
- ١ - الهيكل الإنشائي كوحدة متكاملة بما فيه القواعد والأساسات.
  - ٢ - الأعضاء الإنشائية مثل الأسقف والحوائط وخلافه.
  - ٣ - التكسيات والشبابيك والوجهات وخلافه.
- ٣-١-٧ عند حساب تأثير الرياح على الحوائط والقواطع وجميع أجزاء المبنى المعرضة لضغط أو سحب الرياح على وجهيها فإن حمل الرياح التصميمي على هذه الأجزاء يكون المجموع الجبري للضغط أو السحب على الوجه الأول والضغط أو السحب على الوجه الثانى.
- ٤-١-٧ عند حساب أحمال الرياح على المنشآت والمباني العادية يتم حساب أحمال الرياح طبقاً للإسلوب الوارد بالبند (٣-٧) أما بالنسبة للمباني والمنشآت ذات الطابع الخاص مثل:
- ١ - المباني والمنشآت ذات الأشكال غير المألوفة.
  - ٢ - المباني والمنشآت ذات القابلية للإهتزاز غير العادى تحت تأثير الرياح مثل الأسقف المعلقة والأسقف غير الجاسئة وغيرها.
- فإنه يوصى بإتباع الآتى:
- ١ - الحصول على قيم أقصى متوسط لسرعة الرياح فى الساعة من أقرب محطة أرصاد جوية لموقع المبنى وذلك لكافة سنوات الرصد المتاحة مع تحديد

- ارتفاع مكان قياس سرعة الرياح من سطح الأرض وطبيعة الموقع المحيط بمحطة الرصد.
- ٢ - يتم حساب ضغط الرياح الأساسى باستخدام المعلومات المتوفرة فى الفقرة السابقة وتحليلها باستخدام الأسلوب الإحصائى للقيم القصوى للحصول على سرعة الرياح التصميمية وضغط الرياح الأساسى.
- ٣ - الاسترشاد بنتائج الاختبارات العملية التى سبق إجراؤها على منشآت مماثلة أو التى يتم إجراؤها على نموذج للمبنى نفسه فى مختبر رياح تحت ظروف تماثل بقدر الإمكان الظروف الطبيعية لتحديد معاملات ضغط الرياح على الأسطح الخارجية والداخلية للمبنى.
- ٤ - استخدام الأسلوب الديناميكى فى التحليل الإنشائى لتحديد تأثير الرياح على القوى والعزوم الداخلية والتغير فى الشكل.
- ٥ - فى جميع الأحوال يجب ألا يقل تأثير الرياح على هذه المباني عن ذلك الناتج من استخدام أحمال الرياح التصميمية المنصوص عليها فى هذا الكود.

#### التعريفات

٢-٧

#### ١ - أحمال الرياح

هى القوى التى تؤثر بها الرياح فى إتجاه متعامد على أسطح المباني والمنشآت، وتكون موجبة إذا كانت فى اتجاه السطح (ضغط)، وسالبة إذا كانت للخارج بعيداً عن السطح (سحب).

#### ٢ - ضغط أو سحب الرياح

هى أحمال الرياح على وحدة المساحة وتقاس بوحدات كن/م<sup>٢</sup>.

#### ٣ - القوة الكلية للرياح

هى القوة الكلية للرياح على المبنى وتقاس بوحدات كن.

#### ٤ - معامل ضغط الرياح الخارجى

هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط الرياح على الأسطح الخارجية للمبنى.

### ٥ - معامل ضغط الرياح الداخلى

هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط الرياح على الأسطح الداخلية للمبنى.

### ٦ - معامل التعرض

هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط الرياح مع الارتفاع عن سطح الأرض.

### ٣-٧ طريقة حساب أحمال الرياح

١-٣-٧ يتم حساب الضغط أو السحب الخارجى الناتج عن تأثير الرياح على أسطح المبنى كوحدة واحدة أو أجزائه من المعادلة التالية:

$$P_e = C_e k q \quad (7-1)$$

حيث :

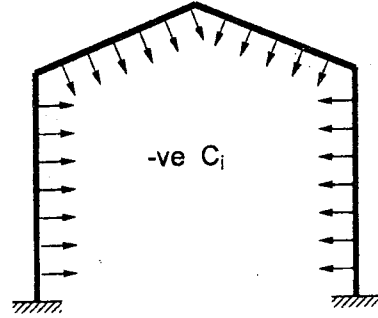
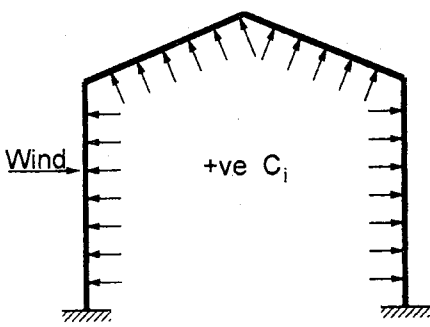
- $P_e$  ضغط الرياح الخارجى المؤثر استاتيكيًا على وحدة المساحة للأسطح الخارجية للمبنى (كن/م<sup>٢</sup>)
- $q$  ضغط الرياح الأساسى (كن/م<sup>٢</sup>) ويعتمد على الموقع الجغرافى للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٤).
- $k$  معامل التعرض و يتغير مع الإرتفاع عن سطح الأرض وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٥-٣).
- $C_e$  معامل ضغط الرياح الخارجى على أسطح المبنى ويعتمد على الشكل الهندسى للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٦).

٢-٣-٧ يتم حساب الضغط أو السحب الداخلى للرياح على الأسطح الداخلية للمبنى من المعادلة التالية

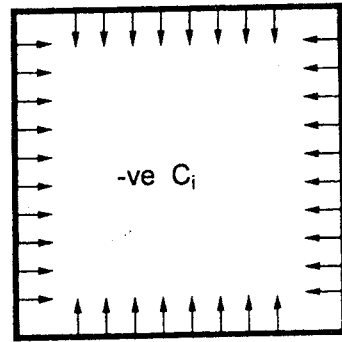
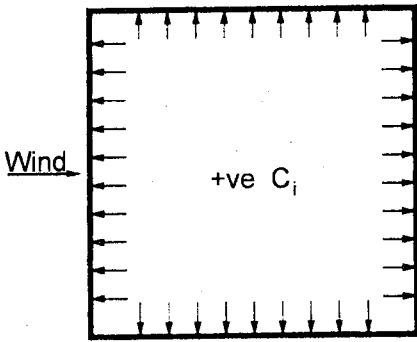
$$P_i = C_i k q \quad (7-2)$$

حيث:

$P_i$  = ضغط الرياح الداخلى المؤثر إستاتيكيًا على وحدة المساحة للأسطح الداخلية للمبنى وفى اتجاه متعامد على الأسطح ويؤثر للخارج فى اتجاه السطح إذا كانت  $P_i$  ضغطاً وللداخل إذا كانت  $P_i$  سحباً (شكل ٧-١) (كن/م<sup>٢</sup>).



قطاع رأسى



قطاع افقى

شكل (٧-١) أشكال توضح توزيع ضغط الرياح الداخلى  $C_i$  فى حالة السحب والضغط

- $k$  معامل التعرض وقيمة ثابتة بكامل ارتفاع المبنى وتحسب قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٥-٥).
- $C_i$  معامل ضغط الرياح على أسطح المبنى الداخلية ويعتمد على أماكن تواجد الفتحات بواجهات المبنى.
- $q$  ضغط الرياح الأساسى (كن/م<sup>٢</sup>) ويعتمد على الموقع الجغرافى للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٤) من هذا الباب وهى نفس  $q$  المستخدمة فى المعادلة رقم (٧-١).

٣-٣-٧ فى بعض المباني والمنشآت التى لا تتطلب حساب توزيع ضغط للرياح على أسطحها وخاصة تلك التى تكون نسبة ارتفاعها إلى باقى أبعادها عالية فإنه يفضل حساب القوة الكلية للرياح على المنشأ ككل بدلاً من حساب توزيعه على وحده المساحة لهذا النوع من المنشآت وتحسب القوة الكلية للرياح من المعادلة التالية:

$$F = C_f k q A \quad (7-3)$$

حيث :

- $F$  هى القوة الكلية للرياح على المبنى (كن/م<sup>٢</sup>)
- $k$  معامل التعرض وتحسب قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند (٧-٥-٣)
- $q$  ضغط الرياح الأساسى (كن/م<sup>٢</sup>)
- $C_f$  معامل قوة الرياح الكلية
- $A$  مساحة واجهة المبنى المقابلة لإتجاه الرياح (م<sup>٢</sup>)

٤-٧ ضغط الرياح الأساسى  $q$

١-٤-٧ يتم حساب ضغط الرياح الأساسى فى هذا الكود  $q$  (كن/م<sup>٢</sup>) من المعادلة التالية:

$$q = 0.5 \times 10^{-3} \rho V^2 C_t C_s \quad (7-4)$$

حيث :

- V سرعة الرياح الأساسية (م/ث) المقابلة لعصفه رياح مدتها ٣ ثوان على ارتفاع ١٠م فوق سطح الارض طبقاً لجدول (٧-١) و ذلك باحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ٢% فى خمسين سنة.
- $\rho$  كثافة الهواء و تؤخذ ١,٢٥ كجم/م<sup>٣</sup>.
- $C_t$  معامل طبوغرافية الارض وتعتمد قيمته على طبوغرافية سطح الارض المحيطة بالمبنى وتموجاته ، جدول رقم (٧-٢).
- $C_s$  معامل المنشأ وتحسب قيمته طبقاً لما هو وارد فى الملحق (٧-أ) وهو المعامل الذى يأخذ فى الاعتبار تأثير أحمال الرياح عند الحدوث غير المتوالى لذروة ضغط الرياح على المبنى مع تأثير اهتزاز المبنى أثناء الاضطراب (turbulence).

٢-٤-٧ تؤخذ قيم V من جدول (٧-١) وذلك تبعاً لموقع المبنى. وللمناطق غير الواردة بالجدول تؤخذ قيمة سرعة الرياح الأساسية لأقرب موقع موجود بالجدول.

جدول (٧-١) سرعة الرياح الأساسية V

الموقع	سرعة الرياح الأساسية (م/ث)
مرسى مطروح / الضبعة / الزعفرانة	٤٢
السلوم/ رأس سدر/ العين السخنة	٣٩
أسوان/ أسيوط / الغردقة / أبو صوير/ الأسكندرية/ والمناطق الساحلية	٣٦
القاهرة / الداخلة / سيوه / الأقصر	٣٣
المنيا / الفيوم / طنطا / مديرية التحرير / دمنهور / المنصورة	٣٠

جدول (٧-٢) قيم معامل طبوغرافية الارض ( $C_t$ )

المعامل $C_t$	حالة سطح الأرض المحيطة بالمبنى
١,٠	الأرض المحيطة بالمبنى مستوية لا يتجاوز معدل ميلها ٥% و لمساحة نصف قطرها ١ كيلومتر على الأقل
١,٢٠	الأرض المحيطة بالمبنى غير مستوية بشكل عام: معدل ميل الأرض: ٥% - ١٠%
١,٤٠	١٠% - ١٥%
١,٦٠	١٥% - ٢٠%
١,٨٠	أكبر من ٢٠%
١,٠٠	سفوح الجبال و الهضاب و الاماكن المشابهه
١,٨٠	قمم الجبال و اعالي الجروف و عند اعالي التقاء السطوح المنحدرة

#### ٥-٧ معامل التعرض $k$

١-٥-٧ معامل التعرض هو المعامل الذى يحدد التغير فى ضغط الرياح مع الارتفاع وهو معامل يتزايد تدريجياً مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض.

٢-٥-٧ تنقسم المناطق التى يتم حساب معامل التعرض  $k$  لها الى ثلاث مناطق طبقاً لطول وعورة الأرض ( $z_0$ ) (ground roughness length)

- منطقة التعرض (أ): وتشمل المناطق المفتوحة (open exposure) والمكشوفة ذات العوائق القليلة.

- منطقة التعرض (ب): وتشمل المناطق ذات العوائق المتوسطة (suburban exposure) مثل القرى و ضواحي المدن الصغيرة.

- منطقة التعرض (ج): وتشمل المناطق ذات العوائق الضخمة و العالية والمتقاربة (city center exposure) مثل مراكز المدن الكبيرة.

٣-٥-٧ يتم حساب معامل التعرض  $k$  من الجدول (٣-٧).

جدول (٣-٧) قيمة معامل التعرض  $k$

منطقة التعرض	أ	ب	ج
طول وعورة الأرض ( $z_0$ )	٠,٠٥	٠,٣	١,٠٠
الارتفاع $z$ بالمتري	معامل التعرض $k$		
١٠-٠ م	١,٠	١,٠٠	١,٠٠
٢٠-١٠ م	١,١٥	١,٠٠	١,٠٠
٣٠-٢٠ م	١,٤٠	١,٠٠	١,٠٠
٥٠-٣٠ م	١,٦٠	١,٠٥	١,٠٠
٨٠-٥٠ م	١,٨٥	١,٣٠	١,٠٠
١٢٠-٨٠ م	٢,١	١,٥٠	١,١٥
١٦٠-١٢٠ م	٢,٣٠	١,٧٠	١,٣٥
٢٤٠-١٦٠ م	٢,٥٠	١,٨٥	١,٥٥

٤-٥-٧ عند حساب ضغط الرياح الخارجى يكون الارتفاع  $z$  الذى يتم حساب المعامل  $k$  على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الخارجى عنده من سطح الأرض.

٥-٥-٧ عند حساب ضغط الرياح الداخلى عند أى مكان داخل المبنى يكون الارتفاع  $z$  الذى يتم حساب المعامل  $k$  على أساسه هو :

أ - بالنسبة للمباني ذات الأدوار المنفصلة فإن ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الداخلى عنده يكون مقاساً من سطح الأرض حتى المنسوب المتوسط للدور تحت الإعتبار.



ب - بالنسبة للمباني الأخرى فإن إرتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الداخلى عنده يكون مقاساً من سطح الأرض حتى المنسوب المتوسط لفتحات حوائط المبنى الخارجية.

$$z = \frac{\sum z_j \cdot A_j}{\sum A_j} \quad (7-5)$$

حيث :

$z_j$  إرتفاع الفتحة (J)

$A_j$  مساحة الفتحة (J)

٦-٥-٧ عند حساب القوة الكلية للرياح F يكون الارتفاع z الذى يتم حساب المعامل k على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب القوة الكلية للرياح عنده عن سطح الأرض.

٦-٧ توزيع معاملات ضغط الرياح

١-٦-٧ عام

١-٦-٧-١ معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الخارجية للمبنى وهو معامل يدخل فى حساب ضغط الرياح على وحدة المساحة طبقاً للمعادلة رقم (١-٧).

٢-١-٦-٧ يلزم تحديد معامل ضغط الرياح الخارجى عند حساب تأثير الرياح على الهيكل الإنشائى للمبنى كوحدة واحدة أو أجزائه وكذلك عند حساب تأثير الرياح على الشبائيك والواجهات وخلافه.

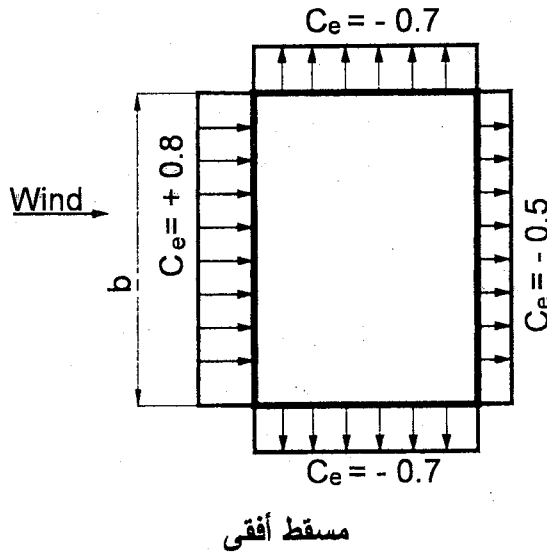
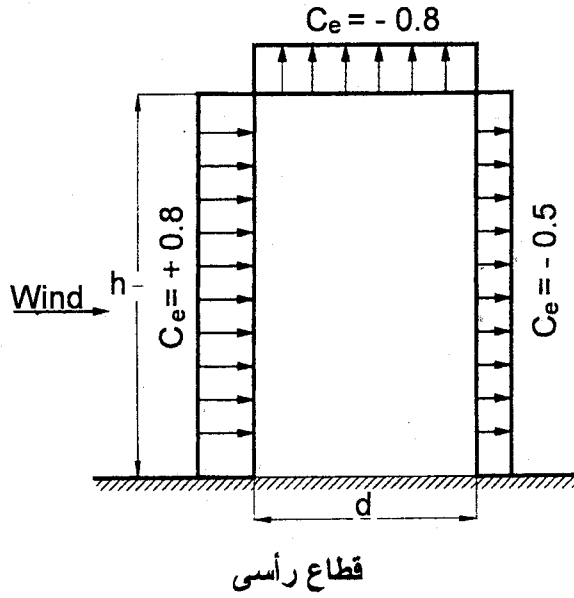
٣-١-٦-٧ قيم معامل ضغط الرياح تعتمد على الشكل الهندسي للمبنى وأبعاده.

٤-١-٦-٧ معامل ضغط الرياح الداخلى  $C_i$  هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط الرياح على الأسطح الداخلية للمبنى وهو معامل يلزم تحديده لحساب تأثيره على وحدات

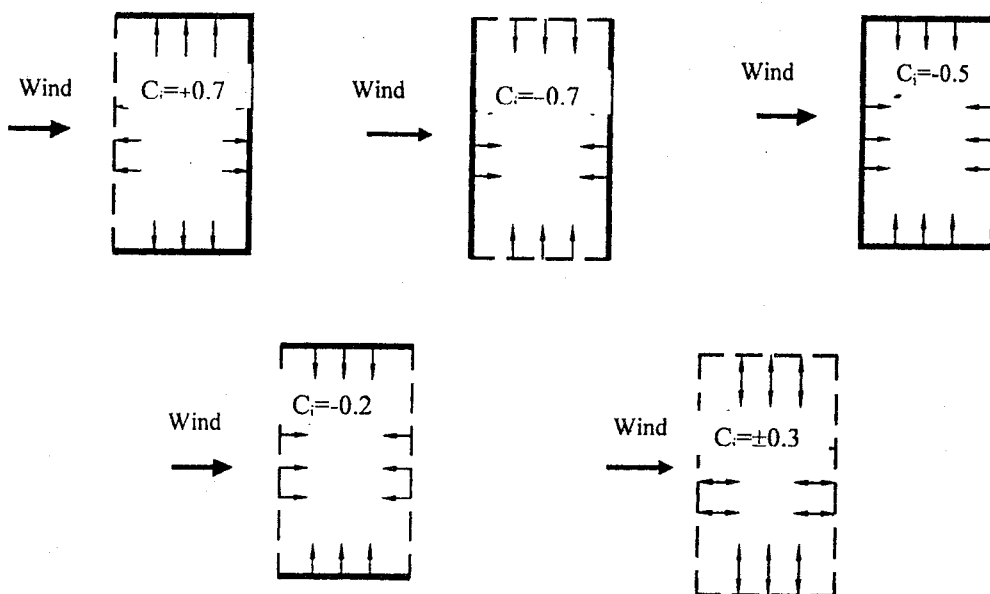
الحوائط الداخلية والخارجية والتكسيات والشبابيك ولكن لا يدخل فى حساب تأثير الرياح على المبنى كوحدة متكاملة (شكل ٧-١).

#### ٢-٦-٧ المباني المستطيلة

تؤخذ قيم  $C_e$  من (شكل ٧-٢أ) للمباني المستطيلة وتؤخذ قيم  $C_i$  من جدول (٧-٤) وشكل (٧-٢ب).



شكل (٧-٢ أ) توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  للمباني ذات الواجهات المستطيلة



شكل (٧-٢) توزيع معامل ضغط الرياح الداخلي  $C_i$  للمباني ذات الواجهات المستطيلة

جدول (٧-٤) معامل ضغط الرياح الداخلي  $C_i$  للمباني ذات الواجهات المستطيلة

$C_i$	أماكن تواجد الفتحات *
$+0.7$	١- أغلب الفتحات في الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح
$-0.5$	٢- أغلب الفتحات في الواجهة الخلفية
$-0.7$	٣- أغلب الفتحات في الواجهتين الموازيين لاتجاه الرياح
$\pm 0.3$	٤- الفتحات موزعة على الأربعة واجهات
$-0.2$	٥- أغلب الفتحات في الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح والواجهة الخلفية

\* الفتحات تشمل جميع الأبواب والنوافذ

### ٣-٦-٧ المباني ذات الواجهات المستطيلة والأسقف المائلة

تؤخذ قيم  $C_e$  لأسقف المباني ذات الواجهات المستطيلة والأسقف المائلة من (أشكال: ٣-٧، ٤-٧، ٥-٧) أما قيم  $C_i$  داخل المبنى فتؤخذ من جدول (٤-٧).

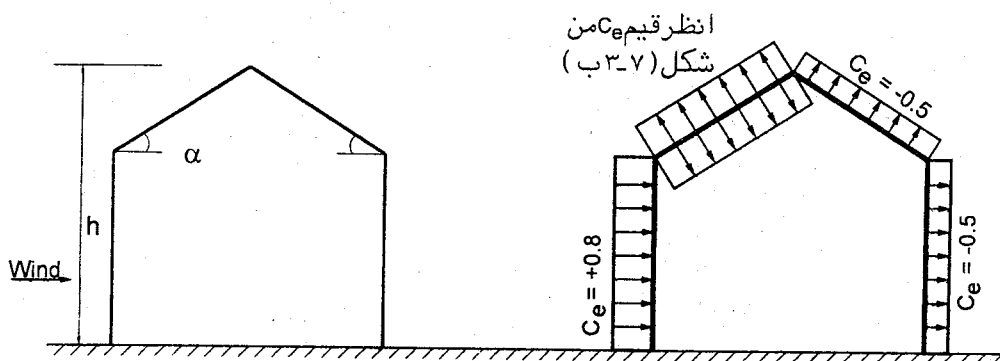
### ٤-٦-٧ أسقف المباني من الدور الواحد ذات البحور المتعددة

تؤخذ قيم  $C_e$  لأسقف المباني من الدور الواحد ذات البحور المتعددة من (شكل ٦-٧). أما قيم  $C_i$  داخل المبنى فتؤخذ من جدول (٥-٧).

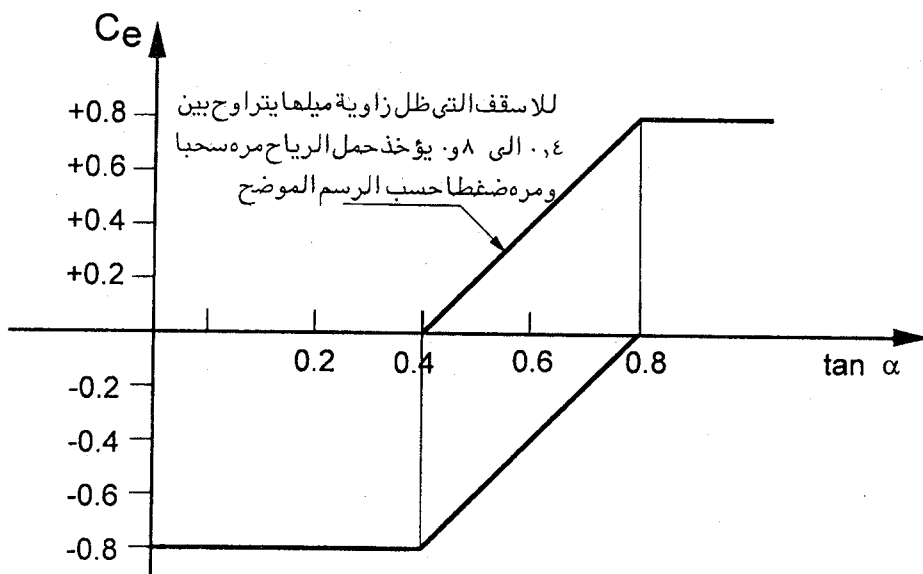
جدول (٥-٧) معامل ضغط الرياح الداخلى  $C_i$  للمباني ذات البحور المتعددة

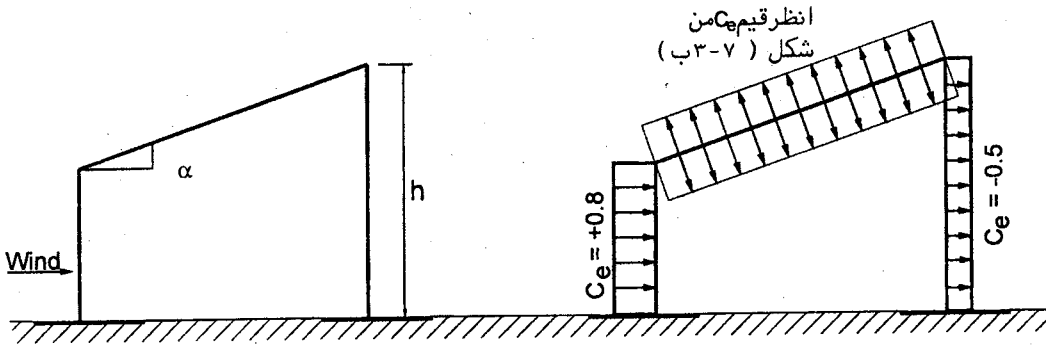
$C_i$	أماكن تواجد الفتحات *
$+0.8$	١- أغلب الفتحات فى الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح
$-0.3$	٢- أغلب الفتحات فى الواجهة الخلفية
$-0.3$	٣- أغلب الفتحات فى الواجهتين الموازييتين لاتجاه الرياح
$\pm 0.3$	٤- الفتحات موزعة بانتظام على الأربعة واجهات

\* الفتحات تشمل جميع الأبواب والنوافذ



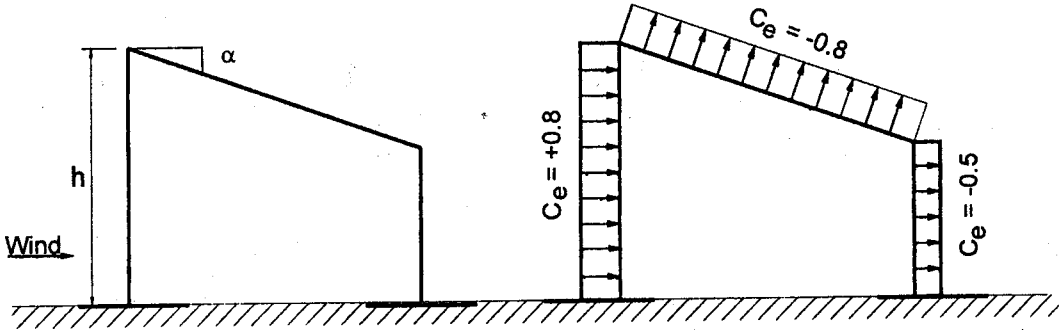
## قطاع رأسى

أ - توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على السطح والحوائطب - قيم معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على السطح المواجه للرياحشكل (٣-٧) توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على المباني ذات الأسقف المائلة من الجهتين



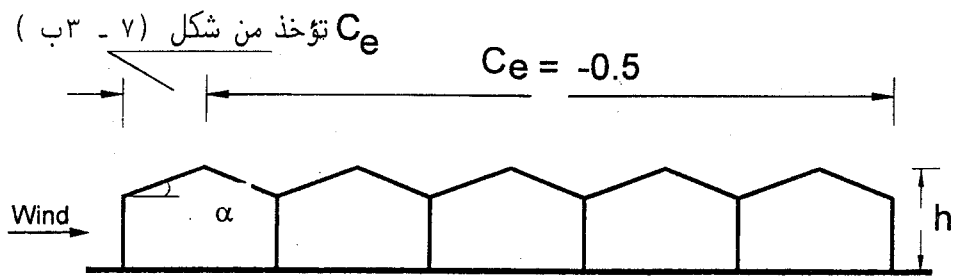
### قطاع رأسى

شكل (٧-٤) توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على المباني ذات الأسقف المائلة لأعلى

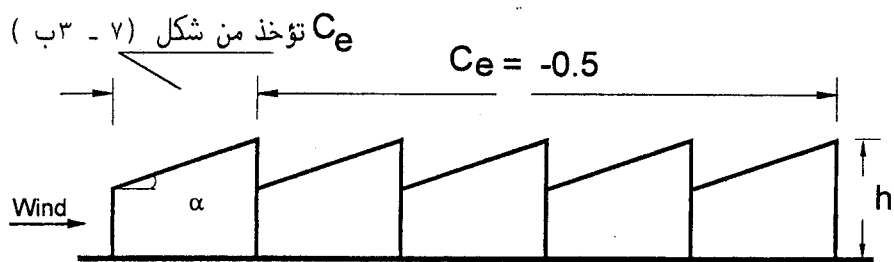


### قطاع رأسى

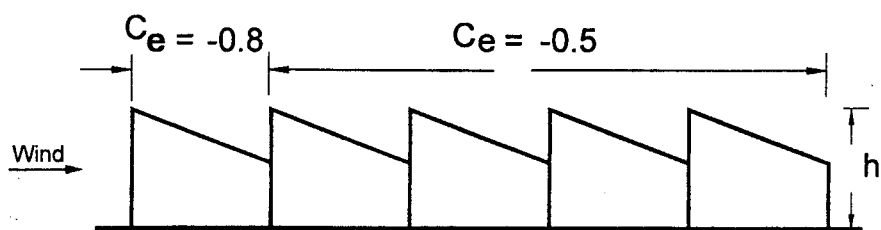
شكل (٧-٥) توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على المباني ذات الأسقف المائلة لأسفل



أ - أسقف مائلة من الجهتين



ب - أسقف مائلة لأعلى

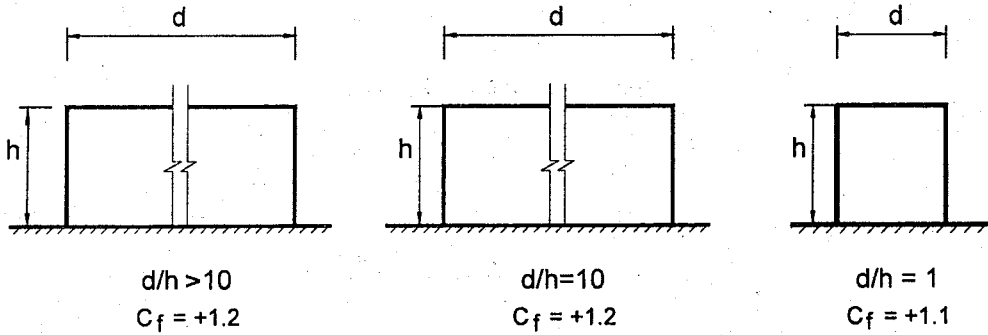


ج - أسقف مائلة لأسفل

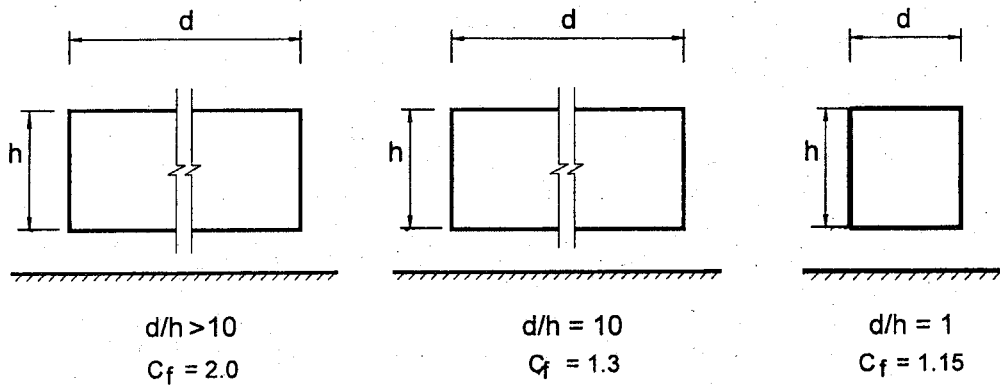
شكل (٦-٧) توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على أسقف المباني ذات البحور المتعددة

## ٥-٦-٧ الأسوار ولوحات الإعلانات

في حالة الأسوار ولوحات الإعلانات وما شابهها تحسب القوى الكلية للرياح من المعادلة رقم (٣-٧) وتتخذ قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  من (شكل ٧-٧) ويراعى أخذ هذه القوة في الاعتبار عند تصميم الأساسات.



(أ) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الأسوار ولوحات الإعلانات المرتكزة على الأرض



(ب) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الأسوار ولوحات الإعلانات المرتفعة عن الأرض

شكل (٧-٧) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الأسوار ولوحات الإعلانات



#### ٦-٦-٧ المداخل والمآذن والمنائر والمنشآت الاسطوانية

يتم حساب قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على المداخل والمآذن والمنشآت الاسطوانية والمنشآت المشابهة من جدول (٦-٧)، وتؤخذ قيمة توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  من الجدول (٧-٧) والشكل (٨-٧).

جدول (٦-٧) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على المداخل والمآذن والمنائر والمنشآت الاسطوانية والمنشآت المشابهة

h / d			المسقط الأفقى
٢٥	٧	١	
٢,٠	١,٤	١,٣٠	مربع الشكل (الرياح عمودى على الضلع)
١,٥	١,١	١	مربع الشكل (الرياح فى إتجاه الوتر)
١,٤	١,٢	١	سداسى أو ثمانى الشكل
			دائرى الشكل :
٠,٧	٠,٦	٠,٥	سطح أملس بدون نتوءات ( $d'/d=0.0$ )
٠,٩	٠,٨	٠,٧	سطح به نتوءات بنسبة ( $d'/d=0.02$ )
١,٢	١,٠	٠,٨	سطح به نتوءات ( $d'/d=0.08$ )

حيث :

$d'$  عمق النتوء

$d$  القطر أو البعد الأصغر للقطاع فى المسقط الأفقى

$h$  الارتفاع

جدول (٧-٧) معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على المداخل والمآذن والمنائر والمنشآت الأسطوانية والمنشآت المشابهة

$\phi$	معامل ضغط الرياح الخارجى $C_e$		
	$h/d = 25$	$h/d = 7$	$h/d = 1$
٠	١,٠ +	١,٠ +	١,٠ +
٥١٥	٠,٨ +	٠,٨ +	٠,٨ +
٥٣٠	٠,١ +	٠,١ +	٠,١ +
٥٤٥	٠,٩ -	٠,٨ -	٠,٧ -
٥٦٠	١,٩ -	١,٧ -	١,٢ -
٥٧٥	٢,٥ -	٢,٢ -	١,٦ -
٥٩٠	٢,٦ -	٢,٢ -	١,٧ -
٥١٠٥	١,٩ -	١,٧ -	١,٢ -
٥١٢٠	٠,٩ -	٠,٨ -	٠,٧ -
٥١٣٥	٠,٧ -	٠,٦ -	٠,٥ -
٥١٥٠	٠,٦ -	٠,٥ -	٠,٤ -
٥١٦٥	٠,٦ -	٠,٥ -	٠,٤ -
٥١٨٠	٠,٦ -	٠,٥ -	٠,٤ -

تستخدم القيم الموجودة فى الجدول (٧-٧) على أساس :

١ - السطح الخارجى متوسط النعومة مثل سطح الخرسانة العادى أو سطح المباني المنتظمة.

$$٢ - \text{قيمة } d\sqrt{q} > \frac{1}{6}$$

حيث :

$d$  القطر بالمتر

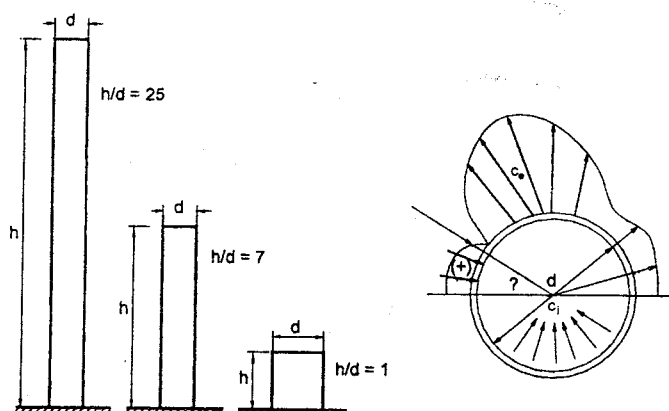
$q$  ضغط الرياح الأساسى كن/م<sup>٢</sup>

معامل ضغط الرياح الداخلى :

أ - المداخل : المدخنة تعمل بكامل طاقتها  $C_i = + 0.1$

المدخنة مغلقة  $C_i = - 0.8$

ب - المآذن  $C_i = \pm 0.3$



شكل (٧-٨) : توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على المآذن والمداخن والمنائر والمنشآت الأسطوانية والمنشآت المشابهة

#### ٧-٦-٧ الأسطح ذات العقود

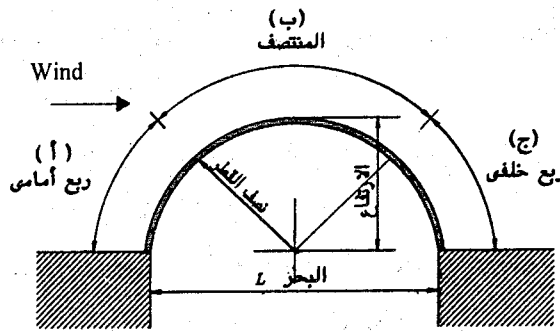
يتم حساب قيمة معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على الأسطح ذات العقود من جدول (٧-٨) وشكل (٧-٩-أ)

جدول (٧-٨) معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على الأسطح ذات العقود

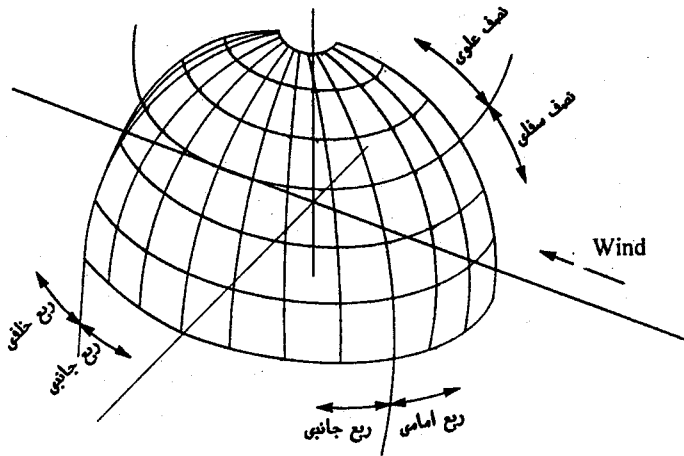
الربع الخلفي (ج)	المنتصف (ب)	الربع الأمامي (أ) (المواجه لاتجاه الرياح)	نسبة الارتفاع للبحر	الحالة
٠,٥-	٠,٨-	٠,٩-	٠,١	السطح فوق المبنى
٠,٥-	٠,٩-	(٠,٩, ٠,٩ صفر)	٠,٢	
٠,٥-	١,٠-	(٠,١٥, ٠,٣-)	٠,٣	
٠,٥-	١,١-	٠,٤٠	٠,٤	
٠,٥-	١,٢-	٠,٦٧٥	٠,٥	
٠,٥-	١,٣-	٠,٩٥	٠,٦	
٠,٥-	٠,٨-	٠,١٥	٠,١	السطح على الأرض
٠,٥-	٠,٩-	٠,٣٠	٠,٢	
٠,٥-	١,٠-	٠,٤٥	٠,٣	
٠,٥-	١,١٠-	٠,٦٠	٠,٤	
٠,٥-	١,٢٠-	٠,٧٥	٠,٥	
٠,٥-	١,٣٠-	٠,٩	٠,٦	

### ٨-٦-٧ أسطح القباب

- يتم حساب قيمة معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على سطح القباب بإستخدام جدول (٨-٧) وشكل (٧-٩ ب) وذلك كما يلى :
- النصف العلوى من سطح القبة والأرباع الجانبية بالنصف السفلى من سطح القبة تناظر قيمة ضغط الرياح بالمنتصف (ب)
  - الأرباع الأمامية المواجهة لإتجاه الرياح وكذلك الخلفية بالنصف السفلى من القبة تناظر الربع الأمامى (أ) والربع الخلفى (ج) على التوالى.



(أ) الأسطح ذات العقود



(ب) الأسطح ذات القباب

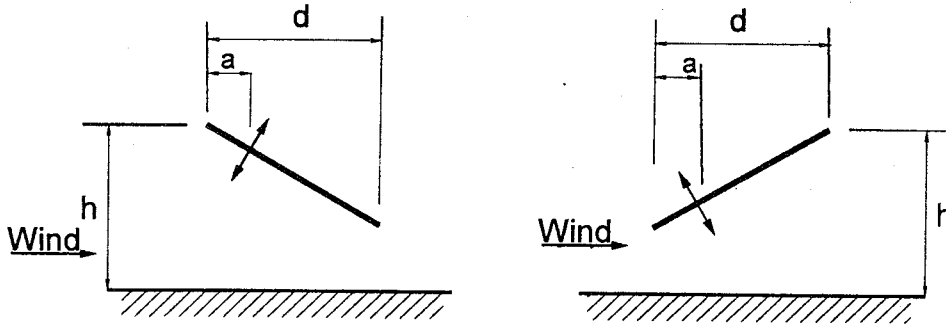
شكل (٧-٩) : توزيع معامل ضغط الرياح الخارجى  $C_e$  على الأسطح ذات العقود والقباب

## ٩-٦-٧ أسطح المظلات

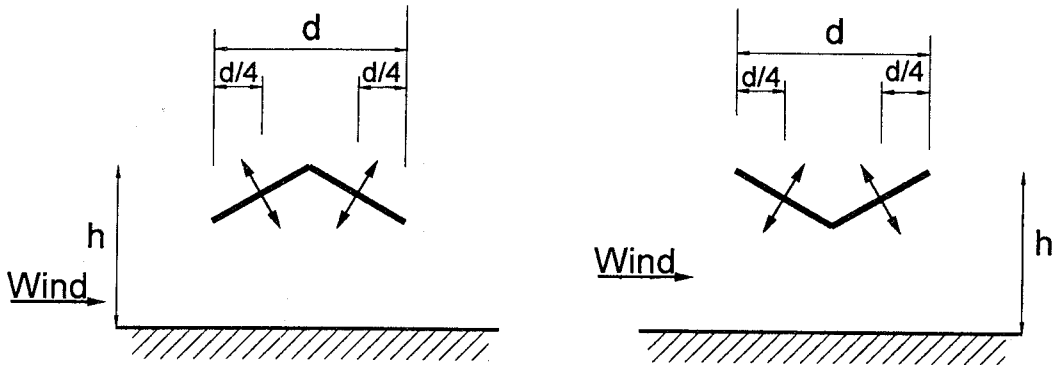
تؤخذ قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_F$  على أسطح المظلات من جدول (٩-٧).  
ويتم حساب القوة الكلية للرياح فى إتجاه السحب أو الضغط عمودياً على السطح  
وموضع مركز تأثيرها موضح بشكل (١٠-٧).

جدول (٩-٧) معامل قوة الرياح الكلية  $C_F$  على أسطح المظلات

ميل السطح على الأفقي (درجات)	المعامل $C_F$	a/d
صفر - ١٠	٠,٩٠+	٠,٣٥
٢٠	١,١٠+	٠,٤٥
٣٠	١,٣٠+	٠,٥٠



أ - أسطح مظلات مائلة فى إتجاه واحد



ب - أسطح مظلات مائلة فى إتجاهين

تؤخذ قوى الرياح الكلية معاً أو كلاً على حدة فى الاتجاه الأكثر تأثيراً على المنشأ.  
شكل (١٠-٧) يوضح مركز تأثير القوة الكلية للرياح على أسطح المظلات

## ١٠-٦-٧ الأبراج الجملونية

١٠-٦-٧-١ يتم حساب قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الأبراج الجملونية من جدول (١٠-٧) باعتبار المساحة المستخدمة لحساب القوة الكلية هي مساحة العناصر الإنشائية المعرضة للرياح.

جدول (١٠-٧) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  للأبراج الجملونية

شكل مقطع البرج في المسقط الأفقي		مربع		مثلث
شكل القطاع	$e^*$	زوايا أو أعضاء مسطحة الجوانب	دائري	زوايا أو أعضاء مسطحة الجوانب
		دائري	دائري	دائري
صفر		٤,٠٠	٢,٤٠	٣,٦٠
٠,١		٣,٥٠	٢,٢٠	٣,٢٠
٠,٢		٣,٠٠	١,٨٥	٢,٧٠
٠,٣		٢,٦٠	١,٦٥	٢,٣٥
٠,٤		٢,٣٠	١,٥٠	٢,٠٥
٠,٥		٢,٠٥	١,٤٥	١,٩٠
٠,٦		١,٩٠	١,٤٥	١,٨٠
٠,٧		١,٨٥	١,٥٠	١,٨٠
٠,٨		١,٨٥	١,٦٠	١,٨٠
٠,٩		١,٩٠	١,٨٠	١,٩٠
١,٠٠		٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٠٠

\* حيث  $e$  هي نسبة مساحة مسقط الأعضاء الإنشائية في واجهة البرج إلى المساحة الكلية لمسقط واجهة البرج.

١٠-٦-٧-٢ إذا كان شكل مقطع البرج في المسقط الأفقي مثلثاً تؤخذ قوة الرياح التصميمية عمودية على المساحة المعرضة للرياح من واجهة البرج.

١٠-٦-٧-٣ إذا كان شكل مقطع البرج في المسقط الأفقي مربعاً تؤخذ قوة الرياح التصميمية في حالتين :

- أ - عمودية على واجهة البرج .  
 ب - فى الإتجاه القطرى مع ضرب معامل قوة الرياح  $C_f$  فى معامل  $(1 + 0.75e)$  وبما لا يزيد عن ١,٢٠ لقيمة المعامل.

#### ١١-٦-٧ الإطارات الجملونية

يتم حساب قيمة معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الإطارات الجملونية من جدول (١١-٧)

جدول (١١-٧) معامل قوة الرياح الكلية  $C_f$  على الإطارات الجملونية

دائرى		أعضاء مسطحة الجوانب	شكل القطاع e
$d \sqrt{q} \leq \frac{1}{6}$	$d \sqrt{q} > \frac{1}{6}$		
٠,٨٠	١,٢٠	٢,٠٠	صفر
٠,٨٠	١,٢٠	١,٩٠	٠,١٠
٠,٩٠	١,٢٠	١,٨٠	٠,٢٠
١,١٠	١,٢٠	١,٧٠	٠,٣٠
١,١٠	١,٥٠	١,٧٠	٠,٤٠
١,١٠	١,٥٠	١,٦٠	٠,٥٠
١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠	٠,٧٠
٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٠٠	١,٠٠

حيث :

- e نسبة مساحة مسقط الأعضاء الإنشائية فى الإطار عمودياً على إتجاه الرياح إلى مساحة المسقط الكلية  
 d القطر بالمتر  
 q ضغط الرياح عند الإرتفاع المطلوب كن / م<sup>٢</sup>

## Annex (7-A)

## الملحق (٧-أ)

### Structural factor

### معامل المنشأ $C_s$

أ-١ معامل المنشأ هو المعامل الذى يأخذ فى الاعتبار تأثير أحمال الرياح عند الحدوث غير المتوالى لذروة ضغط الرياح على المبنى مع تأثير اهتزاز المبنى أثناء الاضطراب (turbulence).

أ-٢ يؤخذ قيمة معامل المنشأ مساويا ١,٠٠ فى الحالات الآتية:

١ - المباني والمنشآت التى يقل ارتفاعها عن ٦٠ مترا.

٢ - الأبراج الجمالونية (الشبكية).

٣ - المباني والمنشآت التى يقل ارتفاعها عن أربعة أضعاف اقل بعد فى المسقط الافقى لها.

أ-٣ فى غير الحالات المحددة فى البند (٧-١-٤) و البند (أ-٢) يتم حساب معامل المنشأ  $C_s$  للأشكال العامة للمنشآت و الموضحة فى شكل (٧-أ) طبقا للمعادلة التالية:

$$C_s = \frac{1 + 2gI_{Zr}\sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7I_{Zr}} \geq 1 \quad (A-1)$$

حيث:

$g$  معامل الذروة (Peak factor) يحدد النسبة بين أقصى قيمة للجزء المتغير من السجل الزمنى إلى مقياس الانحراف له و تحدد قيمته طبقا لما هو وارد فى البند (أ-٤).

$I_{Zr}$  شدة الاضطراب عند الارتفاع  $Zr$  و تحدد قيمته طبقا لما هو وارد فى البند (أ-٥) (turbulence intensity).

$B^2$  معامل خلفية (background factor) يأخذ فى الاعتبار نقص الارتباط التام للضغط على سطح المبنى و تحدد قيمته طبقا لما هو وارد فى البند (أ-٦).

$R^2$  معامل تجاوب الرنين (resonance response factor) و يأخذ فى الاعتبار تأثير الاضطراب على نسق الاهتزاز عند حدوث ظاهرة الرنين وتحدد قيمته طبقا لما هو وارد فى البند (أ-٧).



أ-٤ يتم حساب قيمة معامل الذروة  $g$  من المعادلة التالية:

$$g = \sqrt{2 \ln(Tv)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \ln(Tv)}} \quad (A-2)$$

$$v = n_1 \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \quad (A-2a)$$

حيث:

- $T$  طول زمني قيمته ٣٦٠٠ ثانية.  
 $v$  تردد (up-crossing frequency) (هرتز).  
 $\ln$  دالة اللوغاريتم الطبيعي للأساس  $e = 2.718$   
 $n_1$  التردد الطبيعي للمنشأ (هرتز) و يتم حسابه من التحليل الديناميكي للمنشأ و يمكن تقدير قيمته في الحسابات المبدئية للمباني العادية من العلاقة:

$$n_1 = \frac{30}{h} \quad (A-2b)$$

$h$  ارتفاع المبنى (متر).

أ-٥ يتم حساب قيمة شدة الاضطراب  $I_{Zr}$  عند الارتفاع  $Zr$  من المعادلة التالية:

$$I_{Zr} = \frac{1}{\ln\left(\frac{Zr}{Z_0}\right)} \quad (A-3)$$

حيث:

- $Z_0$  طول وعوره الأرض (متر) و تؤخذ من جدول (٧-٣).  
 $Zr$  ارتفاع مقياس من سطح الأرض (متر)، شكل رقم (٧-١).

أ-٦ يتم حساب قيمة معامل خلفية  $B^2$  من المعادلة التالية:

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \left[ \frac{b+h}{L_{(Zr)}} \right]^{0.63}} \quad (A-4)$$

$$L_{(zr)} = L_t \left( \frac{zr}{z_t} \right)^\alpha \quad (A-4a)$$

$$\alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_o) \quad (A-4b)$$

حيث:

$L_{(zr)}$  مقياس طول الاضطراب turbulent length scale (متر)

$L_t$  مقياس طول مرجعي يؤخذ قيمته ٣٠٠ متر

$z_t$  ارتفاع مرجعي يؤخذ قيمته ٢٠٠ متر

$b$  عرض المبنى (متر)

$h$  ارتفاع المبنى (متر)

أ-٧ يتم حساب معامل تجاوب الرنين  $R^2$  من المعادلة التالية:

$$R^2 = \frac{\pi}{4\beta} S_L(zr, n_1) R_h \cdot R_b \quad (A-5)$$

$$S_L(zr, n_1) = \frac{6.8 f_L(zr, n_1)}{[1 + 10.2 f_L(zr, n_1)]^{1.67}} \quad (A-5a)$$

$$f_L(zr, n_1) = \frac{n_1 \cdot L_{(zr)}}{V_m(zr)} \quad (A-5b)$$

$$V_m(zr) = 0.67 V \cdot \sqrt{k} \quad (A-5c)$$

حيث:

$S_L(zr, n_1)$  دالة كثافة لابعدية لقوة الطيف non-dimensional power spectral

.density function

$f_L(zr, n_1)$  تغير الطيف variance spectrum

$V_m(zr)$  المتوسط الساعي لسرعة الرياح عند الارتفاع  $(zr)$ .

$\beta$  معامل اضمحلال يمكن تحديده طبقا لنوع المنشأ

منشأ حديدي 0.01، منشأ مركب 0.015، منشأ خرساني 0.02

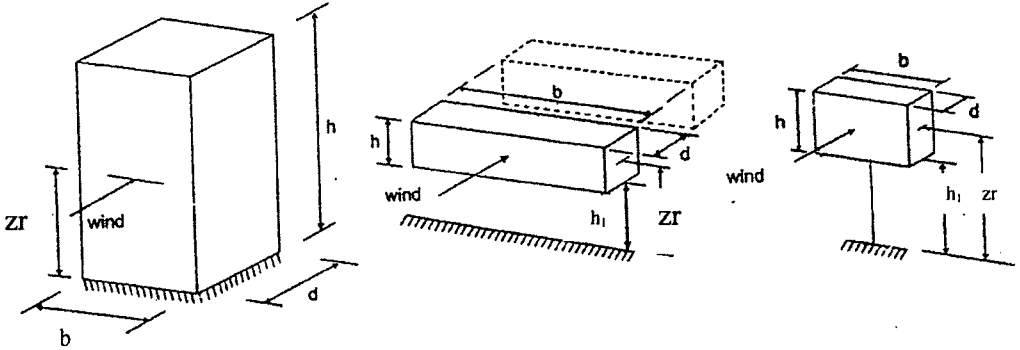
سرعة الرياح الأساسية طبقاً لجدول (٧-١)  $V$   
 معامل التعرض طبقاً لجدول (٧-٣)  $k$   
 دوال إدخال ديناميكية (aerodynamic admittance function) تحدد  $R_b, R_h$   
 طبقاً لما يلي:

$$R_L = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad (A-5d)$$

وتؤخذ قيمة  $L$  في المعادلة السابقة مثل  $b$  أو  $h$  على التوالي

$$\text{for } R_L = R_h \quad \eta = \frac{4.6 h f_L(zr, n_1)}{L_{(zr)}} \quad (A-5e)$$

$$\text{for } R_L = R_b \quad \eta = \frac{4.6 b f_L(zr, n_1)}{L_{(zr)}} \quad (A-5f)$$



$$zr = h_1 + \frac{h}{2}$$

$$zr = 0.6h$$

$$h \ll b, d \ll b$$

$$\frac{b}{zr} \geq 0.5$$

$$zr = h_1 + \frac{h}{2}$$

$$\frac{b}{zr} \leq 0.5, \frac{h}{zr} \leq 0.5$$

شكل (٧-أ) الأشكال العامة للمنشآت التي تشملها الحالات المحددة في حساب معامل المنشأ  $C_s$



## الباب الثامن

### أحمال الزلازل على المباني

#### Introduction

#### ١-٨ مقدمة

#### General

#### ١-١-٨ عام

تعتبر أحمال الزلازل المحسوبة بهذا الباب أحمالاً تصميمية عند حالات الحدود القصوى ويتم تخفيضها بالقسمة على (١,٤٠) عند إستخدامها للتصميم بطريقة المرونة (Allowable/Working stress design method).

#### Scope & General Considerations

#### ٢-١-٨ المجال والاعتبارات العامة

- ١ - تطبق بنود هذا الباب عند تصميم المباني الجديدة وعند إجراء التعديلات بالمباني القائمة. والأهداف الأساسية من تطبيق هذا الباب هي:
  - حماية الأرواح
  - الحد من تصدعات المنشآت.
  - أن تظل المنشآت المدنية الهامة (مثل المستشفيات - المطارات - مراكز الإطفاء ... الخ) تعمل في حالة حدوث زلازل بنفس الكفاءة.
- ٢ - يحتوى هذا الباب على المتطلبات الدنيا وحدود القبول للأعمال الإنشائية وأعمال المباني في المناطق الزلزالية، كما يحتوى على أسس حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل.
- ٣ - يجب مراعاة الإشتراطات الواردة بهذا الكود والمكملة للإشتراطات الواردة بجميع الكودات المعنية الأخرى (أحدث إصدار) عند تصميم كافة العناصر الإنشائية للمنشآت الواقعة في المناطق الزلزالية.
- ٤ - لا يسرى هذا الباب على المنشآت ذات الطابع الخاص كالمحطات النووية والسدود وغيرها والتي تحتاج إلى دراسات خاصة.
- ٥ - يشتمل هذا الباب على القواعد العامة لحساب الأحمال الناتجة عن القوى الزلزالية. ويجب استخدامه بالتوازي مع الكودات التصميمية الأخرى لكافة مواد الإنشاء من منشآت خرسانية ومعدنية وخلافه.

- ٦ - يمكن إستخدام أساليب متطورة لعزل الأساسات (Base Isolation) مثل إستخدام قواعد مطاطية وخلافه وذلك بعد عمل الدراسات اللازمة من بيوت الخبرة 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 الزلزالي للمنشأ .
- ٨ - يراعى عند التصميم عدم أخذ أحمال الزلازل وأحمال الرياح معا فى حالة تحميل واحد، ويؤخذ الأكبر تأثيراً منهما عند تصميم المنشآت وعناصرها المختلفة.
- ٩ - يتم حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل باعتبار 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 هندسى متخصص مع الالتزام بتطبيق قواعد ضبط الجودة خلال جميع مراحل التنفيذ .
  - أن تكون جميع المواد والمكونات المستخدمة مطابقة للمواصفات والأصول الفنية واشترطات 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.
  - أن العناصر غير الإنشائية كالقواطيع وخلافه قد تؤثر على السلوك الديناميكي للمنشأ.

## Definitions

### ٣-١-٨ المصطلحات

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

وهو معامل يعتمد على مدى ممتولية النظام الإنشائي ويمثل النسبة بين القوى المتولدة داخل عناصر النظام الإنشائي إذا تصرف تصرفاً كاملاً (بدون حدوث تشكلات لدنة) إلى القوى المتولدة إذا حدث بالنظام الإنشائي بعض التشكلات اللدنة التى تقوم باستفاد جزء من طاقة التأثير الزلزالي.

## Importance Factor

### \* معامل الأهمية

معامل مرتبط بعواقب الإنهيار للمنشأ اعتماداً على أهمية المنشأ من ناحية الإستخدام .

## Non – Structural Elements

### \* العناصر غير الإنشائية

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

## Response Spectrum

### \* طيف التجاوب

منحنى يمثل تغير الإستجابة القصوى للمباني أو العناصر الإنشائية مع تغير قيمة التردد الطبيعى لها نتيجة زلزال معين أو متوسط لمجموعة من الزلازل المختارة.

## Return Period

### \* زمن الرجوع لزلزال ذى قوة محددة

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

## Shear Wave in Soil

### \* موجات القص بالتربة

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

## Artificial Earthquake Records

### \* الزلازل الاصطناعية

هى زلازل غير حقيقية يتم إستنباط سجلاتها بناء على أسس رياضية للإحصاء العشوائى لتمثيل الزلازل الطبيعية.

## Damping Ratio

### \* معامل الاضمحلال

هو معامل يمثل معدل خمود واضمحلال الاهتزاز للمبنى كنتيجة لمادة إنشائه والنظام الإنشائى.

## Mode Shape

### \* الشكل النمطى (المودى)

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

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

هى الحركة الأفقية نتيجة الزلازل للدور عند مستوى معين مطروحا منها الحركة الأفقية للدور أسفله.

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

هو الزمن الدورى للموجة الإهتزازية الأساسية للمنشأ.

**\* الكتلة الترددية**

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

**\* الجساءة الأفقية**

هى القوة المطلوبة لتحريك المنشأ أفقيا وحدة المسافات.

**\* قوى القص الأساسية**

هى مجموع القوى الأفقية الناتجة عن أحمال الزلازل عند منسوب أساسات المنشأ.

**Reference Codes****٨-١-٤ الكودات المرجعية****١ - الكود الأوروبى الموحد**

(Eurocode 8: BS EN 1998-1:2004 - BS EN 1998-2:2005)

٢ - الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية - كود رقم (٢٠٣ - إصدار ٢٠٠٧)

٣ - الكود المصرى للمنشآت والكبارى المعدنية كود رقم (٢٠٥ - إصدارى ٢٠٠٧ - ٢٠٠٨)

٤ - الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات - كود رقم (٢٠٢ - إصدار ٢٠٠١)

٥ - الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المباني - كود رقم (٢٠٤ - إصدار ٢٠٠٥)

٦ - خريطة توزيع مناطق التأثير الزلزالى لمنطقة الشرق الأوسط ، يونسكو ٢٠٠٣ .

Global Seismic Hazard Assessment Program (RELEMR, USGS / UNESCO, Prof. Samir Riad et. al.)

٧ - Seismo-Tectonics & Seismic Hazard Assessment for Egypt, Riad & El-baz, 2002.



## ٢-٨ المتطلبات الأساسية للتصميم

## Return Period

## ١-٢-٨ زمن الرجوع الزلزالى

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

## No Collapse Requirement

## أ - عدم الانهيار

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

## Damage Limitation Requirement

## ب - الحد من التصدعات

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

## Increase of Earthquake Safety

## ج - زيادة الأمان الزلزالى

ويتم ذلك بتصنيف المنشآت حسب درجة أهميتها حيث يحدد لكل منشأ معامل أهمية ( $\gamma_I$ ) حسب الجدول رقم (٨-٩) وهذا المعامل يعتمد على زمن الرجوع الافتراضى للزلازل (باعتبار أن زمن الرجوع الافتراضى للزلازل ٤٧٥ سنة للمباني العادية) .

## Limit States

## ٢-٢-٨ حالات الحدود

يجب التأكد من أن الحدود الآتى بيانها تحقق المتطلبات الأساسية والواردة فى البند (١-٢-٨).

## ٨-٢-٢-١ حالات حد المقاومة القصوى Ultimate Limit States (ULS)

وهى التى تختص بأشكال الانهيار الإنشائى والتى تسبب خطورة على الأرواح، ويلزم تحقيق ما يأتى:

- ١ - التأكد من أن النظام الإنشائى يحقق المقاومة والممتولية طبقاً للبند (٨-٢-٨).
- ٢ - أن تكون المقاومة والممتولية للمنشأ مرتبطتين بالمستوى المسموح به من الاستجابة الديناميكية غير المرنة . وعند تطبيق هذه العلاقة بين المقاومة والممتولية فإنه يحكمها قيم معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)  $R$  والواردة فى الملحق (٨-أ).
- ٣ - التأكد من ائزان المنشأ ككل تحت تأثير أحمال الزلازل التصميمية، وكذا التأكد من الأمان ضد الانزلاق والانقلاب. طبقاً للبند (٨-٢-٨-٤) الخاص باشتراطات الاتزان.
- ٤ - التأكد من أن عناصر الأساسات والتربة الحاملة لها قادرة على تحمل الأحمال الناتجة من المنشأ بدون حدوث فروق هبوط عالية بين القواعد المختلفة، أو انفصالات ذات قيمة عالية فى العناصر الرابطة للأساسات.
- ٥ - الأخذ فى الاعتبار عند التصميم تأثير العوامل الثانوية على القيم التصميمية .
- ٦ - التأكد عند حساب أحمال الزلازل التصميمية أن العناصر غير الإنشائية لا تمثل خطورة على الحياة وليس لها تأثير محدد على استجابة العناصر الإنشائية .

## ٨-٢-٢-٢ حالات حدود التشغيل Serviceability Limit States (SLS)

وهى الحدود التى يؤثر تجاوزها سلبياً على استخدام المنشأ ولتحقيقها يلزم ما يلى :

- ١ - يتم التأكد من حسابات حدود التشغيل طبقاً لما هو وارد بالبند (٨-٣-٨).
- ٢ - التأكد من وجود درجة عالية من الثقة فى عدم حدوث تصدعات غير مقبولة وذلك بتحقيق حدود الحركة المسموح بها والحدود الأخرى المرتبطة بتصدعات المنشأ فى الأجزاء المختلفة من هذا الكود .
- ٣ - التأكد من أن النظام الإنشائى فى المنشآت الهامة ومنشآت الدفاع المدنى له من المقاومة والكفاءة ما يؤكد استمرارية التشغيل للمرافق الحيوية فى هذه المنشآت بعد حدوث زلزال بزمان رجوع مناسب .

## Soil Considerations

## ٣-٨ اعتبارات خاصة بالتربة

## General

١-٣-٨ عام

- ١ - يجب إجراء الدراسات الجيوتقنية اللازمة وبالعمق الكافى لتحديد نوعية التربة وتصنيفها طبقاً للتقسيمات الواردة بالبند (٢-٣-٨) والموضحة بالجدول (١-٨).
- ٢ - يجب عموماً أن تكون طبيعة تربة التأسيس بموقع الإنشاء المختار غير معرضة للمخاطر عند حدوث زلزال (تصدع الأرض ، إنهيار الجسور ، عدم إتران الميول والهبوط الدائم الناتج من تسيل التربة أو زيادة كثافتها النسبية).
- ٣ - فى حالة المنشآت ذات الأهمية العادية والمنخفضة ( $\gamma_I \leq 1.0$ ) الواقعة فى المناطق الزلزالية الأولى حتى الثالثة (انظر البند ٦-٧-٨ والبند ١-٤-٨) يمكن تحديد أحمال الزلازل باعتبار أن التربة من التصنيف C .
- ٤ - فى حالة المنشآت ذات الأهمية المرتفعة ( $\gamma_I > 1.0$ ) (أنظر جدول ٩-٨) والواقعة فى المناطق الزلزالية الرابعة والخامسة فإنه يجب تحديد أحمال الزلازل طبقاً لتصنيف التربة أسفل المبنى على أساس قياسات فعلية لسرعات موجات القص (Shear Wave Velocity) لعمق ٣٠ متراً فى موقع الإنشاء .

## ٢-٣-٨ تصنيف نوعية تربة التأسيس (طبقات التربة أسفل الأساسات)

## Classification of Subsoil Conditions

- يتوقف سلوك التربة أثناء الزلازل على نوعية التربة والتي يمكن تصنيفها إلى خمسة تقسيمات وهى A ، B ، C ، D ، E كما هو موضح بالجدول رقم (١-٨) .
- يجب عمل الدراسات الخاصة بتحديد معاملات التربة فى حالة ما إذا كانت تربة الموقع تختلف عما ورد بجدول (١-٨) مثل التربة القابلة للتسيل أو الطين الحساس أو الطين الطمى الضعيف بسمك لا يقل عن ١٠ م وبمعامل لدونة أكبر من ٤٠ % ومحتوى رطوبة عالى وقيمة سرعة موجات القص  $V_{s30}$  أقل من ١٠٠ م/ث .

جدول (٨-١) تصنيف طبقات التربة أسفل الأساسات

تصنيف التربة	وصف القطاع الطولى للتربة	عدد $N_{SPT}$ الدقات لكل ٣٠ سم	مقاومة التماسك $C_u$ (كن/م <sup>٢</sup> )	سرعة موجات القص $V_{s,30}$ (متر/ثانية)
A	صخر أو تكوينات تشبه الصخر ، يحتوى على طبقة سطحية ضعيفة يكون سمكها على الأكثر ٥ متر .	-	-	$800 <$
B	ترسيبات يمتد سمكها لعشرات الأمتار مكونة من (رمل - زلط) كثيف، أو طين ، ذو مقاومة تماسك $C_u$ الموضحة بالجدول ، مع تزايد قيم خواصه الميكانيكية تدريجياً مع العمق.	$50 <$	$250 <$	$800 - 360$
C	ترسيبات عميقة من تربة غير متماسكة (رمل - زلط) متوسط إلى كثيف أو طين ذو مقاومة تماسك $C_u$ الموضحة بالجدول، يتراوح سمكها من عشرات إلى مئات الأمتار.	$50 - 15$	$250 - 70$	$360 - 180$
D	تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) - سائبة إلى متوسطة الكثافة (قد تتواجد بها طبقات متماسكة "طينية أو طميية") أو يكون السائد تربة متماسكة ذو مقاومة تماسك $C_u$ الموضحة بالجدول.	$15 >$	$70 >$	$180 >$
E	يتكون قطاع التربة من طبقة سطحية من الترسبات النهرية $V_s$ لها مثل C أو D سمكها متغير من ٥ - ٢٠ متراً وأسفلها مادة أقوى $V_s$ لها أكبر من ٨٠٠ م/ثانية.	--	--	--

\* إذا كانت تربة الموقع متغيرة فيجب تصنيفها 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:

$$V_{S,30} = \frac{H_s}{\sum_{i=1, N_s} (h_i / V_i)} \quad (8-1)$$

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 ( $H_s = \sum h_i$ )  
 $N_s$  عدد طبقات التربة

فى حالة إنتهاء التتابع الطبقي 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 الطبقي للتربة الضعيفة أعلى هذه الطبقة الصخرية.

## ٨-٤ الأحمال الناتجة عن الزلازل Earthquake Actions

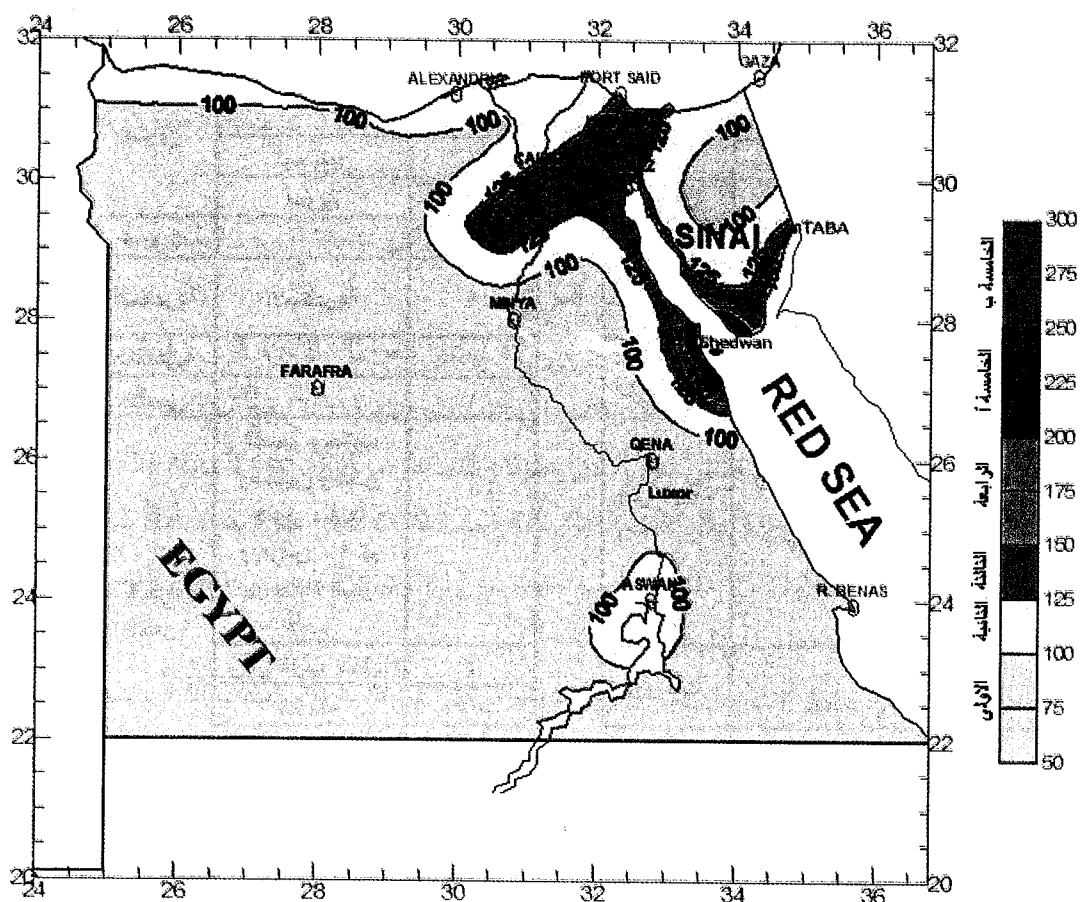
### ٨-٤-١ المناطق الزلزالية Earthquake Zones

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

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

المنطقة	قيمة العجلة الأرضية التصميمية ( $a_g$ )
المنطقة الأولى	0.10 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

- 117



شكل (٨-١) مناطق التأثير الزلزالي  
(أنظر جدول ٨-٢-ب)

## جدول (٨-٢-ب) بيان مناطق التأثير الزلزالى للمدن المختلفة

المنطقة	المدينة	المحافظة
٣		القاهرة
٢	كفر شكر	القليوبية
٣	باقي المحافظة	
٢		المنوفية
١		المنيا
١		الوادى الجديد
٣	الواسطى	بنى سويف
٢	باقي المحافظة	
٣		بورسعيد
٣	أبو رديس رأس سدر	جنوب سيناء
٤	دهب طور سيناء	
أ٥	شرم الشيخ ونويبع	
٥ ب	طابا	
٢		دمياط
١		سوهاج
٣ ، ٢		شمال سيناء
١		قنا
٢		كفر الشيخ
٢	مرسى مطروح السلوم	مرسى مطروح

المنطقة	المدينة	المحافظة
١	إدفو	أسوان
٢	كوم امبو	
٣	أسوان	
١		أسيوط
٢	الإسكندرية	الإسكندرية
٣		الإسماعيلية
١		الأقصر
٣	القصر وحلايب وشلاتين والمدن جنوب سفاجا وبعرض ٤٠ كم وبمحاذاة البحر الأحمر	البحر الأحمر
٤	رأس غارب-سفاجا	
أ ٥	الغردقة	
٥ ب	جزيرة شدوان	
٢		البحيرة
٣ ، ٢		الجيزة
٢		الدقهلية
٣	السويس	السويس
٢	بلييس - أبو حماد العاشر من رمضان	الشرقية
٣	باقي المحافظة	
٢		الغربية
٣		الفيوم



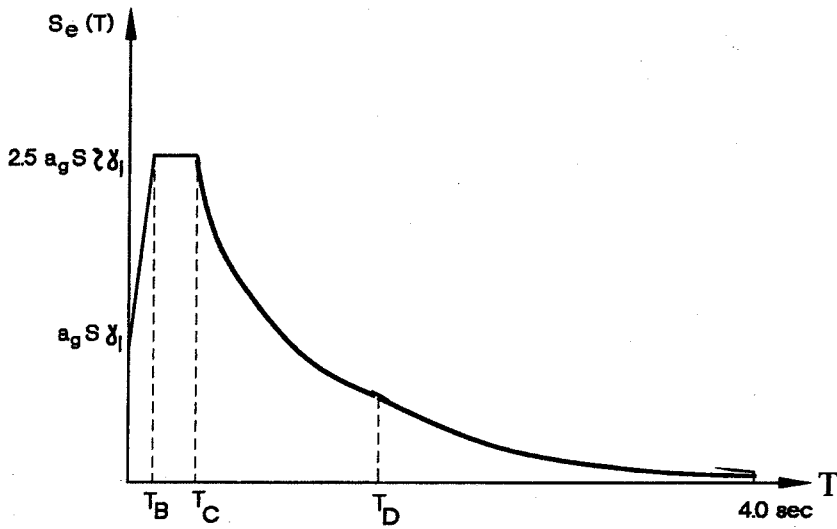
## ٢-٤-٨ التمثيل الأساسي للأحمال الناتجة عن الزلازل

## Basic Representation of Earthquake Action

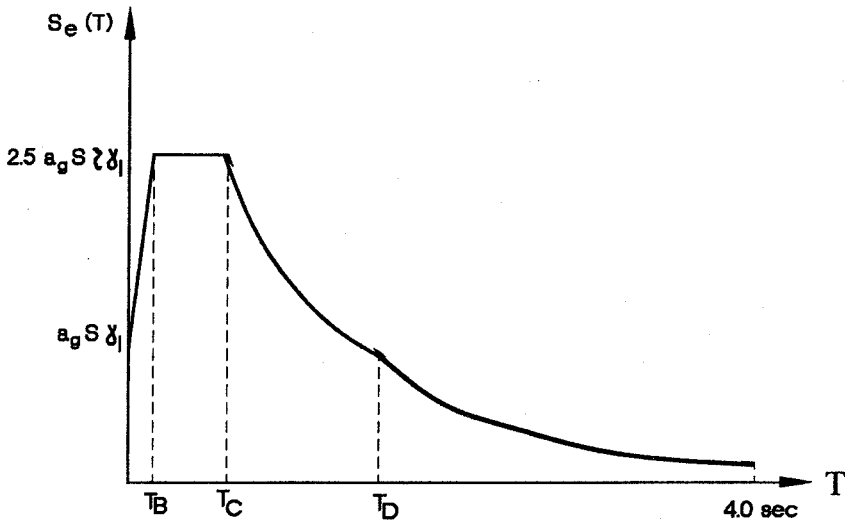
## General

١-٢-٤-٨ عام

- ١ - يتم تمثيل حركة الزلازل في أي نقطة من السطح بواسطة طيف تجاوب مرن لعجلة القشرة الأرضية ويرمز له فيما بعد " بطيف التجاوب المرن " .
- ٢ - يتم تمثيل حركة القشرة الأرضية الأفقية بمركبتين أفقيتين متعامدتين و غير مرتبطتين وكل منهما ممثلة بنفس طيف التجاوب المرن .
- ٣ - يجب أن تصمم جميع المنشآت داخل جمهورية مصر العربية، لتقاوم قوى زلزالية يتم حسابها باستخدام طيف التجاوب الموضح في الشكل رقم (٢-٨) مع مراعاة استخدام كل من النوع الأول والنوع الثاني من منحني طيف التجاوب ((Type (1) and Type (2) للمناطق الساحلية المطلّة على البحر المتوسط (لمسافة ٤٠ كيلو متراً بمحاذاة الساحل) واستخدام النوع الأول من منحني طيف التجاوب Type (1) لجميع مناطق الجمهورية (أنظر البند ٢-٢-٤-٨-٢ والجدول رقم ٢-٨).
- ٤ - المنشآت على ساحل البحر الأحمر جنوب سفاجا وحتى مسافة ٤٠ كم بمحاذاة الساحل يتم تصميمها بحيث لا تقل العجلة الأرضية التصميمية عن (0.15g).
- ٥ - يمكن أيضاً تمثيل حركة الزلازل باستخدام سجلات زلازل حقيقية في التحليل الديناميكي للمنشآت بشرط أن يتوافر في هذه السجلات قواعد الصحة الإحصائية من حيث العدد والانتشار على محاور : حجم الزلزال - المسافة بين مركز الزلزال والموقع - نوع التربة المقاس عليها الزلزال، والخصائص التي تجعلها تتوافق مع قيمة العجلة الأرضية التصميمية من حيث شدة الزلزال المستخدم، على أن يتم اعتماد هذه السجلات من خلال مراكز رسمية متخصصة.



النوع الأول (أ) Type (1)  
يستخدم لجميع مناطق الجمهورية



النوع الثاني (ب) Type (2)  
يستخدم للمناطق الساحلية المطلة على البحر المتوسط  
شكل (٨-٢) منحنى طيف التجاوب الأفقى المرن

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

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

(أنظر الشكل رقم ٨-٢)

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \gamma_I S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (2.5 \eta - 1) \right] \quad (8-2)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = 2.5 a_g \gamma_I S \eta \quad (8-3)$$

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

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

حيث :

طيف التجاوب الأفقى المرن لزمن الرجوع القياسى	$S_e(T)$
الزمن الدورى للموجة الإهتزازية الأساسية للمنشأ	$T$
العجلة الأرضية التصميمية لزمن رجوع قياسى (٤٧٥ سنة لمبنى ذى معامل أهمية واحد) (جدول ٨-٢-أ)	$a_g$
حدود القيم الثابتة لطيف التجاوب المرن (جدول ٨-٣)	$T_B, T_C$
معامل الأهمية للمنشأ (جدول ٨-٩)	$\gamma_I$
القيمة المحددة لبداية الإزاحة الثابتة للطيف (جدول ٨-٣)	$T_D$
معامل إضمحلال تصحيحي لطيف التجاوب الأفقى (جدول ٨-٤)	$\eta$
معامل التربة (جدول ٨-٣)	$S$

- يمكن إستخدام طريقة التصميم بالإزاحة Displacement Based Design وذلك باستخدام كل من نوعى منحنى طيف التجاوب المعطى بالشكلين رقمى (٨-١٢) ، (٨-٢) وذلك بعد تحويل كل منهما إلى منحنى طيف إزاحة.

- تؤخذ قيم المعاملات  $T_B, T_C, T_D$  and  $S$  لنوعيات التربة A, B, C, D & E كما هو وارد في الجدول (٣-٨) .

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

( أ ) : النوع الأول من منحني 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
E	1.6	0.05	0.25	1.2

( ب ) : النوع الثانى من منحني 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	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

\* يتم تعديل قيم (S) عند وجود المبنى على جرف بناء على دراسات خاصة.

معامل الاضمحلال التصحيحي  $\eta_v, \eta$  يمكن تحديده طبقاً للجدول رقم (٤-٨) :

جدول (٤ - ٨) قيم معامل الاضمحلال التصحيحي  $\eta_v, \eta$

$\eta$	$\eta_v$	نوع المنشأ
١,٢٠	١,٠٠	صلب ذو وصلات ملحومة
١,٠٥	٠,٧٥	صلب ذو وصلات بمسامير البرشام أو وصلات بمسامير القلاووظ
١,٠٠	٠,٧٠	خرسانة مسلحة
١,٠٥	٠,٧٥	خرسانة سابقة الإجهاد
٠,٩٥	٠,٦٥	حوائط من المباني المسلحة

٨-٤-٢-٣ طيف التجاوب الرأسى المرن Vertical Elastic Response Spectrum

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

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \gamma_I \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (3.0 \eta_v - 1) \right], \quad (8-6)$$

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

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

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

حيث :

$S_{ve}(T)$  طيف التجاوب الرأسى المرن لزمن الرجوع القياسى

$a_{vg}$  المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية

$\eta_v$  معامل إضمحلال تصحيحي لطيف التجاوب الرأسى جدول (٨-٤)

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

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

٢ - المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية ( $a_{vg}$ ) من طيف التجاوب لا تعتمد على نوع 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 يلى ما لم يتم تحديدها بدراسات أكثر دقة :

$$d_g = 0.025 a_g \gamma_I S T_C T_D \quad (8-10)$$

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

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

**Horizontal Design Spectrum (for Elastic Structural Analysis)**

يمكن تصميم المنشأ على أحمال زلزالية تقل عما هو مقدر من طيف التجاوب المرن نتيجة لقدرة النظام الإنشائي على تشتيت الطاقة عن طريق حدوث تشكلات لدنة (بعد مرحلة المرونة) .

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

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

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \quad (8-12)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \left[ \frac{T_C}{T} \right] \quad (8-13)$$

$$\geq [0.20] a_g \gamma_I$$

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

$$\geq [0.20] a_g \gamma_I$$

حيث:

$S_d(T)$	طيف التجاوب التصميمي الأفقى (للتحليل الإنشائي المرن)
$a_g$	العجلة الأرضية التصميمية لزمن عودة قياسي
$\gamma_I$	معامل الأهمية للمنشأ
$R$	معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) تبعاً للنظام الإنشائي للمبنى [طبقاً للجدول (٨-أ) من الملحق (٨-أ)]

٢ - قيمة المعاملات  $S, T_B, T_C, T_D$  موضحة بالجدول (٨-٣)

٣ - طيف التجاوب التصميمي المحدد باستخدام المعادلات السابقة غير كاف لتصميم منشآت ذات قواعد مطاطية عازلة للحركة الأرضية أو مضاف لها عناصر لامتناص الطاقة .

٨-٤-٢-٦ طريقة بديلة لحساب طيف التجاوب التصميمي الأفقى (للتحليل الإنشائي المرن) فى

حالة الزمن الدورى الأساسى  $T$  أكبر من  $T_B$

فى حالة أن الزمن الدورى الأساسى  $T$  أكبر من  $T_B$  يمكن حساب طيف التجاوب التصميمي الأفقى  $S_d(T)$  من المعادلات الموضحة فى الملحق رقم (٨-ج) ، حيث  $T$  هو الزمن الدورى الأساسى للمنشأ طبقاً للمعادلتين (B-1) أو (B-2) أو من التحليل الديناميكي للمنشأ، علماً بأن الزمن الدورى الأساسى يجب أن يحقق كتلة مشاركة (Participating Mass) أكبر من ٩٠ % .

٨-٤-٢-٧ طيف التجاوب التصميمي الرأسى (للتحليل الإنشائي المرن)

**Vertical Design Spectrum (for Elastic Structural Analysis)**

يؤخذ طيف التجاوب التصميمي الرأسى (للتحليل الإنشائي المرن) مساوياً لطيف التجاوب الرأسى المرن مع الأخذ فى الاعتبار أن  $(R = 1.0)$  . ما عدا خزانات المياه فيؤخذ طبقاً لما هو منكور فى الباب العاشر .

٨-٤-٣ تمثيل مرادف للأحمال الناتجة عن الزلازل - سجل زمني للزلازل

**Alternative Representation of the Earthquake Action - Time History Representation**

**General**

٨-٤-٣-١ عام

١ - يمكن تمثيل حركة الزلازل بدلالة عجلة الجاذبية الأرضية مع الزمن وكذلك السرعة والإزاحة مع الزمن .

٢ - عند عمل نموذج فراغى للمنشأ (أى فى ثلاثة أبعاد ) فإن حركة الزلازل يجب أن تكون ممثلة بثلاثة سجلات للعجلة فى الاتجاهات الثلاثة : (شرق-غرب) ، (شمال-جنوب) ، الاتجاه الرأسى .

٣ - يمكن تمثيل حركة الزلازل بسجلات اصطناعية للزلازل مستنبطة من الدراسات السيزمولوجية المتاحة والسجلات التاريخية والمستنبطة بما يتفق مع البند (٨-٤-٣-٢) .

٨-٤-٣-٢ السجلات الزلزالية الاصطناعية

١ - يمكن إستحداث سجلات زلزالية اصطناعية بحيث تتطابق مع طيف التجاوب المرن والوارد فى البنود (٨-٤-٢-٢) ، (٨-٤-٢-٣) مع الأخذ فى الاعتبار قيم معاملات الأهمية  $\gamma_i$  وذلك طبقاً للقيم الموضحة فى جدول (٨-٩) .

- ٢ - يجب أن تكون مدة السجل الاصطناعي متناسبة مع القوى والمحددات التصميمية الأخرى للحدث الزلزالي والمحدد لعجلة الحركة الأرضية التصميمية ( $a_g$ ) .
- ٣ - في حالة غياب المعلومات المحددة فإن أقل مدة زمنية للجزء الثابت من السجل يجب ألا تقل عن ١٠ ثوان .
- ٤ - يحدد عدد السجلات الواجب استخدامها بحيث تعطى قيمة إحصائية ثابتة من حيث المتوسط ومعاملات التغير للقيم التصميمية ذات الأهمية. ويجب اختيار السعة ومحتوى التردد للسجل بحيث تحقق النتائج الواردة منها نفس مستوى الثقة والمصادقية الواردة في طريقة حساب الطيف المرن.
- ٥ - تعتبر هذه الطريقة مقبولة إذا تحقق الآتي :
  - استخدام ثلاثة سجلات اصطناعية على الأقل .
  - يجب ألا يقل متوسط عجلة الحركة الأرضية التصميمية المحسوبة من كل سجل على حدة (الزمن الدورى يعادل الصفر) عن ( $a_g.S$ ) لنفس الموقع .
  - يجب ألا يقل متوسط قيم الطيف لكل السجلات الاصطناعية عن ( $2.5 a_g S$ ) وذلك في حدود الزمن الدورى  $T_B$  إلى  $T_C$  من الطيف المرن للموقع موضوع الدراسة .
  - يجب ألا تقل أي قيمة في متوسط قيم الطيف والمحسوب من كل السجلات الزمنية بأكثر من ١٠ % عن القيمة المرادفة من الطيف المرن بند (٨-٤-٢-٢).

#### ٨-٤-٤ نموذج فراغي للأحمال الناتجة عن الزلازل

##### Spatial Model of Earthquake Action

في حالة المنشآت ذات الطابع الخاص الذي لا يصح معه فرض تأثير جميع نقاط الارتكاز للمنشأ بنفس السجل الزلزالي يجب تمثيل المنشأ فراغياً باستخدام نموذج يأخذ في الاعتبار تغير خصائص الموجات الزلزالية فراغياً من نقطة إرتكاز إلى أخرى، ويجب أن تكون هذه النماذج متوافقة مع طيف التجاوب المرن المستخدم في حساب أحمال الزلازل طبقاً لما جاء بالبند (٨-٤-٢-٢) و (٢) و (٣-٢-٤-٨).

#### ٨-٥ معاملات تجميع أحمال الزلازل مع الأحمال الأخرى

##### Combination of the Earthquake Action with other Actions

تحدد القيم التصميمية لمعاملات تجميع أحمال الزلازل مع حالات تجميع الأحمال الأخرى طبقاً لكودات التصميم المختلفة.



## ٨-٦ خصائص المنشآت المقاومة للزلازل

## Characteristics of Earthquake Resistant Buildings

٨-٦-١ الحالات التى يمكن فيها استثناء المنشآت من حساب تأثير أحمال الزلازل:

- ١ - يمكن استثناء المباني من الحوائط الحاملة من حساب تأثير أحمال الزلازل طبقاً للاشتراطات الواردة بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ أعمال المباني كود رقم ٢٠٤ إصدار ٢٠٠٥.
- ٢ - يمكن بناء على التقدير الفنى للمصمم إستثناء المنشآت الخرسانية أو المعدنية من حساب تأثير أحمال الزلازل فى حالة توافر جميع الشروط التالية:

- المنشأ ذو طابع سكنى.
- لا يزيد ارتفاع المبنى مقاساً من منسوب الأساسات عن ١٠م بالمنطقة الزلزالية الأولى و ٨م بالمنطقة الزلزالية الثانية.
- العناصر والأنظمة الإنشائية الرأسية مثل الحوائط والأعمدة تستمر من منسوب ظهر الأساسات حتى نهاية المنشأ.
- أعمدة المنشأ ذات جساءة مناسبة فى الإتجاهين الرئيسيين للمنشأ .
- الأعمدة الخارجية والأعمدة المحيطة بفراغ السلم ترتبط بكرمات جاسئة لا يقل عرضها عن ٢٥سم فى حالة المنشآت الخرسانية.
- ضرورة تحقيق الإشتراطات الخاصة بالتفاصيل الإنشائية الواردة فى الكودات المعنية لضمان مطوليه كافية على الأقل.

## ٨-٦-٢ المبادئ الأساسية للتصميم المبدئى

## Basic Principles of Conceptual Design

- ١ - يجب الأخذ فى الاعتبار عامل الخطورة الزلزالية فى المراحل الأولية للتصميم المبدئى للمنشأ فى المناطق الزلزالية.
- ٢ - الأساسيات الحاكمة للتصميم المبدئى وإختيار النظام الإنشائى للمبنى هى :
  - البساطة الإنشائية
  - الانتظام والتماثل
  - مقاومة وجساءة فى اتجاهين
  - مقاومة وجساءة لعزوم اللي
  - تأثير لوجي فى منسوب الأدوار
  - أساسات مناسبة

## Structural Regularity

## ٣-٦-٨ الإنتظام الإنشائي

## General

## ١-٣-٦-٨ عام

- ١ - يتم تصنيف المنشآت عند تصميمها لمقاومة الزلازل ، ما بين منتظمة وغير منتظمة .
- ٢ - بالنسبة لتأثير الانتظام الإنشائي على طريقة التحليل الإنشائي ، يجب الأخذ في الاعتبار محددات الإنتظام للمبنى في المساقط الأفقية والرأسية وطبقاً للجدول رقم (٦-٨) .
- ٣ - اليندان رقمي (٢-٣-٦-٨) ، (٣-٣-٦-٨) يوضحان محددات الانتظام في المسقطين الأفقي والرأسي على التوالي.
- ٤ - محددات الإنتظام في كل من المسقطين الأفقي والرأسي الواردة في البنود (٢-٣-٦-٨) ، (٣-٣-٦-٨) على التوالي يجب إعتبارها ك شروط أساسية . ويجب على المصمم التحقق من محددات الإنتظام الإنشائي المفترضة .

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

التبسيط المسموح به		الانتظام	
التحليل الطيفي	نموذج التحليل	المسقط الرأسي	المسقط الأفقي
مبسط	مستوى	نعم	نعم
مركب (متعدد الأنماط)	مستوى	لا	نعم
مركب (متعدد الأنماط)	فراغي	نعم	لا
مركب (متعدد الأنماط)	فراغي	لا	لا

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

- يعتبر المنشأ منتظماً في المسقط الأفقي إذا تحققت الشروط الآتية:
- ١ - أن يكون المنشأ متماثلاً تقريباً في المسقط الأفقي حول محورين أفقيين متعامدين وذلك بالنسبة لتوزيع الكتل والجساعات 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 والعناصر الإنشائية الرأسية.
- ٤ - يجب ألا تزيد نسبة أبعاد المنشأ فى المسقط الأفقى ( $L_x / L_y$ ) عن ٤,٠٠ .
- ٥ - يجب ألا تزيد المسافة ( $e_0$ ) بين مركز الكتلة ومركز الجساءة فى أى دور ولكل اتجاه تحليل (اتجاهها المحورين  $x, y$ ) عن ١٥ % من البعد الكلى للمنشأ فى المسقط الأفقى فى الاتجاه المتعامد مع اتجاه القوى العرضية.

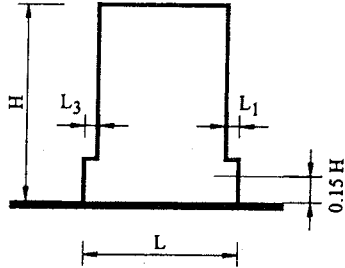
#### ٨-٦-٣-٣ محددات الإنتظام فى المسقط الرأسى

#### Criteria for Regularity in Elevation

- يعتبر المنشأ منتظماً فى المسقط الرأسى إذا تحققت الشروط الآتية:
- 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  $\pm ٥٠ \%$  .
- ٣ - فى حالة وجود ردود ، يجب مراعاة الاحتياطات الإضافية الآتية :
- أ - فى حالة الردود المنتظم (التدرجى) والمحافظة على التماثل حول محور واحد على الأقل يجب ألا يتعدى الردود ٢٠ % من البعد الكلى للدور السابق فى اتجاه الردود (أنظر شكل ٨-٣، ٨-٣ب) .
- ب - فى 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 ٨-٣ج). 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 قوة القص الأفقية لمبنى مماثل في الارتفاع الكلي ومماثل في المسقط الأفقي لأدوار الردود بكامل الارتفاع (بدون وجود أية أدوار ردود) .

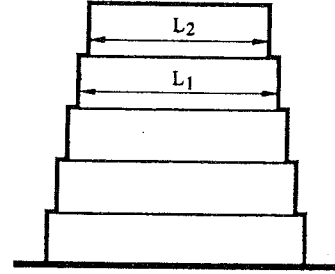
ج- وفي حالة أن الردود لا يحقق التماثل ، يجب ألا يزيد مجموع الردود في كل إتجاه في جميع الأدوار عن ٣٠ % من بعد المسقط الأفقي عند الدور الأول، كما يجب ألا يزيد الردود في كل دور عن ١٠ % من بعد الدور السابق له في كل إتجاه (أنظر شكل ٨-٣د) .



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

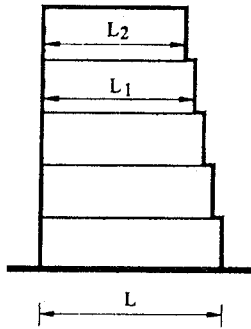
الردود يبدأ من ارتفاع يزيد على  
١٥ ٪ من الارتفاع الكلى للمبنى

( ب )



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

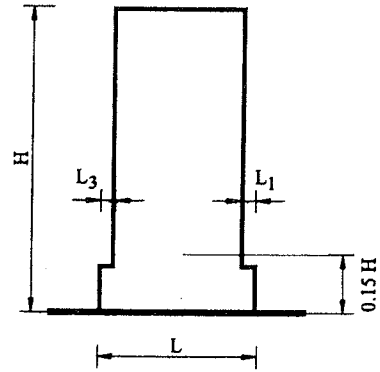
( ا )



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

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

( د )



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

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

( ج )

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

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

### ١ - نظم إنشائية مختلفة في المسقط الرأسى :

يتم تصميم المبنى بكامله باستخدام أقل قيمة لمعامل تعديل ردود الأفعال للنظم الإنشائية المختلفة والمقاومة لقوى الزلازل والمستخدمه داخله. ويستثنى من هذا الشرط حالة وجود نظام إنشائي مختلف فى عدد من الأدوار تكون قيمة الأحمال الدائمة أعلاها أقل من ١٠% من إجمالى الأحمال الدائمة للمبنى.

### ٢ - نظم إنشائية مختلفة في 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 فى نفس الاتجاه .
- ب - فى حالة اختلاف النظام الإنشائي فى اتجاه المحور الرئيسى للمبنى عن النظام الإنشائي للمحور المتعامد عليه يتم فى التصميم استخدام قيمة معامل تعديل رد الفعل المناظر لكل اتجاه.

## Structural Analysis

### ٨-٧ التحليل الإنشائي

## Structural Modeling

### ٨-٧-١ النموذج الإنشائي

- ١ - يجب أن يكون النموذج الإنشائي 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 إنشائي 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 عزم القصور الذاتى الفعلى كما يلى:

$$I_{eff} = 0.70 I_g \quad \text{— الأعمدة}$$

$$I_{eff} = 0.70 I_g \quad \text{— حوائط القص التى ليس بها شروخ}$$

$$I_{eff} = 0.35 I_g \quad \text{— حوائط القص التى بها شروخ}$$

$$I_{eff} = 0.50 I_g \quad \text{— الكمرات (مع أخذ مشاركة البلاطات)}$$

$$I_{eff} = 0.25 I_g \quad \text{— البلاطات اللاكمرية والمسطحة (كامل مسطح البلاطة)}$$

$$A_{eff} = A_g \quad \text{— ولا يتم عمل أى تخفيض فى مساحة القطاع}$$

حيث :

$I_{eff}$  : عزم القصور الذاتى للقطاع مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الشروخ

$I_g$  : عزم القصور الذاتى للقطاع الذى ليس به شروخ

$A_g$  : مساحة القطاع الذى ليس به شروخ

$A_{eff}$  : مساحة القطاع الفعال

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

جدول (٧-٨) نسبة الحمل الحى ( $\psi_{Ei}$ )

( $\psi_{Ei}$ )	توصيف المنشأ
1.0	*الصوامع *خزانات المياه * المنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة متصلة ( المكتبات - المخازن الرئيسية - جراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأوتوبيسات... الخ)
0.5	* المنشآت والمباني العامة مثل : المخازن غير الرئيسية - الأسواق التجارية - المدارس - المستشفيات - المسارح - جراجات السيارات الملاكى - الاستادات - دور العبادة... الخ
0.25	المنشآت السكنية

**Accidental Torsion****٢-٧-٨ عزوم اللي الإضافية**

بالإضافة إلى اللامركزية المحسوبة (وهي المسافة بين مركز الكتلة ومركز الجساءة) وللأخذ في الاعتبار عدم التأكد من مركز الكتلة فإن مركز ثقل الكتل في كل دور  $i$  يجب ترحيله من مكانه النظري في كافة الاتجاهات مسافة  $e_{ai}$  بحيث تزيد قيمة عزوم اللي المحسوبة طبقاً للمعادلة :

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

حيث :

$e_{ai}$  اللامركزية الإضافية لكتلة الدور  $i$  من مكانها الأساسي والمأخوذة في نفس الاتجاه في كافة الأدوار،  
 $L_i$  بعد الدور المتعامد على إتجاه حساب أحمال الزلازل

**٣-٧-٨ طرق حساب تأثير أحمال الزلازل****Methods of Calculating Earthquake Effects****General****١-٣-٧-٨ عام**

- ١ - الطريقة الأساسية لحساب تأثير أحمال الزلازل هي طريقة طيف التجاوب بإستخدام النموذج المرن للمنشأ والطيف التصميمي الوارد في البند (٥-٢-٤-٨).
- ويمكن استخدام طيف التجاوب التصميمي الوارد في البند (٦-٢-٤-٨) في حالة توفر الشروط المذكورة في ذلك البند.
- ٢ - يمكن إستخدام إحدى الطرق التالية في حساب تأثير أحمال الزلازل وذلك طبقاً للطبيعة الإنشائية للمبنى :
  - أ - طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكي المكافئ) وتستخدم في حالة المنشآت التي تحقق الشروط الواردة في البند (٢-٣-٧-٨).
  - ب - طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط) والتي يمكن أن تطبق على جميع أنواع المنشآت طبقاً للبند (٣-٣-٧-٨).
- ٣ - يمكن إستخدام طرق بديلة كطريقة التحليل الديناميكي الزمني (Time History Analysis) طبقاً للاشتراطات الواردة في البند (٤-٣-٧-٨) . وفي هذه الحالة يجب ضرب إحدائيات



سجل الزلازل المستتجة من زمن الرجوع القياسي [البند (٣-٤-٨) والبند (١-٢-٨)] فى معامل الأهمية  $\gamma_I$  للمنشأ حسب البند (٦-٧-٨).

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

#### General

١-٢-٣-٧-٨ عام

- ١ - يتم تطبيق هذه الطريقة على المنشآت التى يمكن تمثيلها بنموذجين مستويين ومتعامدين والتي تتأثر استجابتهما الديناميكية أساساً بموجات الاهتزاز الأساسية للمنشأ فى كل مستوى .
- ٢ - يجب أن تحقق المنشآت ما يلي :
  - أ - إشتراطات الإنتظام في المسقطين الأفقى والرأسى طبقاً للبند (٢-٣-٦-٨) ، (٣-٣-٦-٨).
  - ب - أن يكون للمنشأ زمن دورى أساسى  $T_1$  في كل من الإتجاهين 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 (٣-٨) من هذا الباب .

### ٢-٢-٣-٧-٨ 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 :

$$F_b = S_d(T_1) \cdot \lambda W / g \quad (8-16)$$

حيث :

- $S_d(T_1)$  إحدائي الطيف التصميمي للتحليل الإنشائي المرن طبقاً للبند (٥-٢-٤-٨) أو (٦-٢-٤-٨) عند زمن طول موجي ( $T_1$ )

$T_1$  الزمن الدوري الأساسي للمنشأ في اتجاه التحليل  
 $W$  الوزن التصميمي الكلي للمنشأ فوق منسوب ظهر الأساسات والمحسوب طبقاً للبند (١-٧-٨) الفقرة (٤)  
 $\lambda$  معامل تصحيح وتحدد قيمته طبقاً للآتي :

$$\lambda = 0.85 \quad \text{if} \quad T_1 \leq 2 T_c$$

or

$$\lambda = 1.0 \quad \text{if} \quad T_1 > 2 T_c$$

وعدد أدوار المنشأ أكثر من دورين

٢ - يتم حساب الزمن الدوري الأساسي للمنشأ  $T_1$  في إتجاهي التحليل باستخدام معادلات تقريبية محسوبة من مبادئ التحليل الديناميكي للمنشآت وطبقاً للملحق (٨-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 المستوي للمبنى في كل من الاتجاهين الأفقيين المتعامدين باستخدام 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  $F_i$  لكل كتلة كل دور  $m_i$

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

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

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 ممثلاً بطريقة تقريبية بحركة أفقية متزايدة خطياً مع الارتفاع ، فإن القوى الأفقية  $F_i$  يتم حسابها من المعادلة التالية :

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

حيث :

$z_i, z_j$  ارتفاعات الكتل  $m_i, m_j$  فوق منسوب الأساسات

٥ - توزع القوى الأفقية  $F_i$  والمحددة من المعادلة (١٧-٨) أو (١٨-٨) على عناصر مقاومة الأحمال الأفقية حسب جسامتها الفعلية باعتبار 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 تأثير عزوم اللي الإضافية المحسوبة من المعادلة :

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

حيث :

$M_{ti}$  عزوم اللي للدور  $i$  حول المحور الرأسي  
 $e_{ai}$  اللامركزية الإضافية لكتلة الدور  $i$  طبقاً للمعادلة (١٥-٨) لكل الاتجاهات  
 $F_i$  القوة الأفقية المؤثرة على الدور  $i$  والمحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٣) فى كل اتجاه على حده

٢ - فى حالة تماثل توزيع الجساءات الأفقية والكتل فى المسقط الأفقى وعند الحل باستخدام نموذج فراغى وعدم توافر طرق أكثر دقة من المذكورة فى البند (٨-٧-٢)، يمكن الأخذ فى الاعتبار تأثير عزوم اللي الإضافية بتكبير القوى الأفقية الناتجة عن الزلازل فى العناصر المقاومة لها والمقدرة طبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٣) الفقرة (٥) بواسطة ضربها فى المعامل الخاص بتوزيع عزوم اللي  $\delta$  المحسوب من المعادلة :

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

حيث :

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

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

- ٣ - يجب أن يحسب تأثير القوى الأفقية طبقاً للفقرة (٢) بإشارات متغيرة (موجبة وسالبة) وبحيث يتم أخذ نفس الإشارة لجميع الأدوار (جميعها موجب أو جميعها سالب).
- ٤ - فى حالة التحليل باستخدام نموذجين مستويين منفصلين ومتعامدين ، فإن تأثير عزوم اللي يمكن حسابه عن طريق مضاعفة قيمة تأثير عزوم اللي الإضافية المحسوبة من المعادلة رقم (٨-١٥) ، واستبدال المعامل 0.60 بالمعامل 1.20 فى المعادلة رقم (٨-٢٠) .

### ٣-٣-٧-٨ طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط)

#### Multi-Modal Response Spectrum Method

##### General

٣-٣-٧-٨ عام

- ١ - تستخدم هذه الطريقة لتحليل المنشآت التي لا تحقق الإشتراطات الواردة فى البند (٨-٣-٧-٢-٢) الفقرة (٢) لاستخدام طريقة طيف التجاوب المبسطة. كما يمكن استخدام هذه الطريقة لتحليل المنشآت التي ينطبق عليها إشتراطات طريقة طيف التجاوب المبسطة (بند ٨-٣-٧-٢) .
- ٢ - يمكن عمل التحليل باستخدام نموذجين مستويين فى اتجاهين متعامدين للمنشآت التي تحقق إشتراطات الانتظام فى المسقط الأفقى [ البند (٨-٣-٦-٢) ] .
- ٣ - يجب عمل نموذج فراغي للتحليل للمنشآت التي لا تحقق إشتراطات الانتظام فى المسقط الأفقى.
- ٤ - فى حالة استخدام نموذج فراغي فى التحليل ، يجب توقيع الأحمال الناتجة عن الزلازل فى 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 في هذين الاتجاهين في التحليل الإنشائي للمبنى.

٥ - في حالة التحليل الديناميكي فإنه يجب الأخذ في الاعتبار كافة تأثيرات موجات الإهتزاز والتي لها تأثير في رد الفعل الكلي للمنشأ ، ويتم تحقيق ذلك باستيفاء أحد الشرطين الآتيين:

أ - مجموع الكتل المؤثرة المأخوذة في الاعتبار في حساب رد الفعل الكلي للمنشأ لا يقل عن ٩٠% من الكتلة الإجمالية للمنشأ .  
أو

ب - جميع الكتل المؤثرة بنسبة أكبر من ٥ % من الكتلة الإجمالية للمنشأ يتم أخذها في الاعتبار .

ملاحظة: الكتلة المؤثرة  $m_k$  والمقابلة للتشكل  $k$  ، يتم تحديدها بحيث أن قوى القص  $F_{bk}$  المقابلة للتشكل  $k$  والمؤثرة في اتجاه تطبيق الأحمال الناتجة عن الزلازل تساوى  $[ F_{bk} = S_d ( T_k ) m_k ]$ .

٦ - في حالة استخدام نموذج فراغى فإنه يجب تحقيق الإشتراطات السابقة في كل اتجاه على حده.

٧ - إذا لم تتحقق الإشتراطات 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 :

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

and

$$T_k \leq 0.2 \text{ sec.} \quad (8-22)$$

حيث :

$k$  عدد الموجات المأخوذة في الاعتبار

$n$  عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات

$T_k$  زمن الطول الموجي للتشكل  $k$

٨ - عند إستخدام هذه الطريقة يجب إستيفاء ما يلى:

أ - مجموع قوى القص الأفقية المحسوبة عند منسوب الأساسات لا يقل عن (٨٥%) من مجموع قوى القص المحسوبة باستخدام طريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ وطبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٢).

ب- فى حالة عدم تحقيق الشرط الوارد بالفقرة (أ) أعلاه يتم زيادة قيمة قوى القص المحسوبة بطريقة طيف التجاوب المركب بحيث تحقق أن إجمالي قوى القص يعادل نسبة (٨٥%) من قوى القص المحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٢).

### ٨-٧-٣-٢-٣-٢ 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 اللي) منفصلة عن بعضها البعض وذلك عندما يكون زمن طولها الموجي  $T_j$  ,  $T_i$  محققاً الشرط التالى :

$$T_j \leq 0.90 T_i \quad (8-23)$$

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 التربيعى لمجموع مربعات القيم (SRSS) :

$$E_e = \sqrt{\sum E_{ei}^2} \quad (8-24)$$

حيث :

$E_e$  تأثير أحمال الزلازل المأخوذة في الاعتبار (قوة ، إزاحة ، .. إلخ)

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

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

## Torsional Effects

## ٨-٧-٣-٣ تأثير عزوم اللي

- ١ - عند إستخدام نموذج فراغى فى التحليل ، فإنه يتم إضافة تأثير عزوم اللي الإضافية المحسوبة من المعادلة (٨-١٩) وحسب الفقرة (١) بالبند (٨-٧-٣-٢-٤). وفى هذه الحالة ، يمكن حساب عزوم اللي الإضافية من القيم القصوى Envelope الناتجة من تطبيق الأحمال الإستاتيكية نتيجة مجموعات من عزوم اللي حول المحور الرأسى لكل دور (i) .
- ٢ - يجب أن يحسب تأثير الأحمال طبقاً للفقرة (١) بإشارات متغيرة (موجبة وسالبة) ، وبحيث يتم أخذ نفس الإشارة لجميع الأدوار (جميعها موجب أو جميعها سالب) .
- ٣ - فى حالة التحليل باستخدام نموذجين مستويين منفصلين ومتعامدين ، فإن تأثير عزوم اللي يتم حسابه طبقاً للفقرة (٤) من البند (٨-٧-٣-٢-٤) .

## Time-History Method

## ٨-٧-٣-٤ طريقة التحليل الديناميكي الزمنى

- ١ - عند إستخدام طريقة التحليل الديناميكي الزمنى فان المتطلبات الأساسية طبقاً للبند (٨-٢-٨-١) من هذا الباب يجب أن تتحقق بمستوى ثقة يتوافق مع إستخدام طريقة طيف التجاوب .
- ٢ - عند استخدام هذه الطريقة يجب استيفاء ما يلى :
  - أ - مجموع قوى القص الأفقية المحسوبة عند منسوب الأساسات لا يقل عن (٨٥ %) من مجموع قوى القص المحسوبة باستخدام طريقة الحمل الاستاتيكي المكافئ وطبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٢) .
  - ب - فى حالة عدم تحقق الشرط الوارد فى الفقرة (أ) أعلاه يتم زيادة قوى القص المحسوبة بطريقة التحليل الديناميكي الزمنى بحيث تحقق أن اجمالى قوى القص يعادل نسبة ٨٥% من قوى القص المحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-٣-٢-٢) .
- ٣ - يمكن حساب الإستجابة الديناميكية الزمنية باستخدام التكامل العدى للمعادلات التفاضلية للحركة باستخدام سجلات للزلازل المحددة فى البند (٨-٤-٣-٢) لتمثل حركة القشرة الأرضية .
- ٤ - عند افتراض الإستجابة غير المرنة للمنشأ ، يطبق البند (٨-٧-٣-٣-١) الفقرة (٣) .
- ٥ - 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 العددية لقيم القوى الداخلية .

### ٨-٧-٣-٥ تجميع مركبات الأحمال الناتجة عن الزلازل

### Combination of the Components of the Earthquake Action

### ٨-٧-٣-٥-١ المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل

### Horizontal Components of the Earthquake Action

١ - يمكن اعتبار المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل [البند (٨-٤-٢-١) الفقرة (٢)] مؤثرة معاً في نفس الوقت (Simultaneously).

٢ - حالات تجميع المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل (شكل (٨-٤)) هي كالآتي :

- الاستجابة الإنشائية لكل مركبة أفقية يجب حسابها بشكل منفصل طبقاً لقواعد تجميع ردود أفعال التشكلات لطيف التجاوب والمبينة في البند (٨-٧-٣-٣-٢) .

- يمكن حساب القيمة العظمى  $E_T$  لتأثير أحمال الزلازل على المنشأ نتيجة المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل في اتجاهين متعامدين بطريقة الجذر التربيعي لمجموع مربع مركبات ردود الأفعال في كل إتجاه .

$$E_T = \sqrt{E_{(Fx)}^2 + E_{(Fy)}^2}$$

٣ - كبديل لأسلوب الحساب في البند (٢) يمكن تجميع تأثير المركبات الأفقية للأحمال الناتجة عن الزلازل في الاتجاهين من التجميعات الآتية:

$$E_T = E_{(Fx)} + 0.30 E_{(Fy)} \quad \text{أ -}$$

$$E_T = 0.30 E_{(Fx)} + E_{(Fy)} \quad \text{ب -}$$

حيث :

+ ترمز إلى "بالاشتراك مع"  
 $E_{(Fx)}$  تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل نتيجة تأثير الزلازل في إتجاه محور x من المبنى  
 $E_{(Fy)}$  تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل نتيجة تأثير الزلازل في إتجاه محور y من المبنى

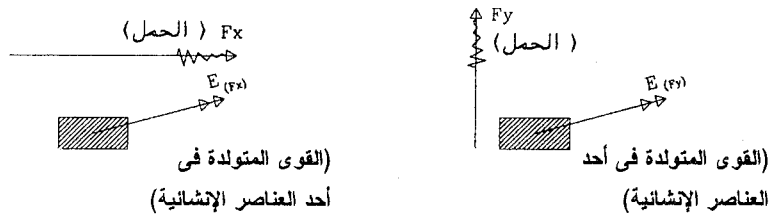
٤ - يجب أن تؤخذ إشارة كل مركبة في الاتجاه الأكبر تأثيراً على المنشأ .



- ٥ - للمنشآت التي تحقق إشتراطات الإنتظام في المسقط الأفقي والتي يكون فيها مقاومة الأحمال الأفقية عن طريق حوائط فقط، يمكن أخذ أحمال الزلازل في الإتجاهين الأفقيين المتعامدين للمنشأ كل على حدة .
- ٦ - عند إستخدام طريقة التحليل الديناميكي الزمني طبقاً للبند (٨-٧-٣-٤) بعمل نموذج فراغي للمنشأ يمكن استخدام السجل الزمني للزلازل في كل من الإتجاهين الأفقيين معاً في نفس الوقت بالنسب السابقة.



١- الحالة العامة (تجميع احمال المركبتين)



## قوى التصميم

$E_T = \sqrt{E_{(Fx)}^2 + E_{(Fy)}^2}$ <p>أو</p> $E_T = E_{(Fx)} + 0.3 E_{(Fy)}$	$E_T = \sqrt{E_{(Fy)}^2 + E_{(Fx)}^2}$ <p>أو</p> $E_T = E_{(Fy)} + 0.3 E_{(Fx)}$
--	--

ب- حالة التحليل بكل مركبة احمال على حدة

شكل (٨-٤) تجميع الأحمال الزلزالية في الاتجاهين

## ٨-٧-٣-٥ المركبة الرأسية لأحمال الزلازل

### Vertical Component of the Earthquake Action

- ١ - يجب أن تؤخذ المركبة الرأسية لأحمال الزلازل المعروفة في البند (٨-٤-٢-٣) في حساب القوى على المنشآت في الحالات الآتية :
  - جميع المنشآت في حالة ما إذا كانت المركبة الرأسية للعجلة الأرضية التصميمية ( $a_{vg}$ ) أكبر من  $0.25g$  .
  - العناصر الأفقية وشبه الأفقية ذات بحور ( $20.0$ ) متر أو أكثر .
  - الكوابيل الأفقية وشبه الأفقية ذات البحور التي تزيد على  $5.0$  أمتار .
  - الكمرات سابقة الإجهاد الأفقية وشبه الأفقية .
  - الكمرات الحاملة للأعمدة (وذلك بالنسبة للمباني القائمة) . أما المباني المستجدة ، فيجب عمل الدراسات الخاصة في حالة السماح بعمل هذا النظام الإنشائي بها.
  - المنشآت المعزولة زلزالياً (Base isolated structures)
- ٢ - يتم تجميع تأثير المركبات الثلاث لأحمال الزلازل (باستثناء المنشآت المنفذة بنظام الحوائط الحاملة من الطوب) كما يلي :
 

أ -	$0.30 E_{(Fz)}$	+	$0.30 E_{(Fy)}$	+	$E_{(Fx)}$
ب -	$0.30 E_{(Fz)}$	+	$E_{(Fy)}$	+	$0.30 E_{(Fx)}$
ج -	$E_{(Fz)}$	+	$0.30 E_{(Fy)}$	+	$0.30 E_{(Fx)}$
- مع مراعاة أنه يجب أن تؤخذ إشارة كل مركبة في الاتجاه الأكبر تأثيراً على المنشأ.
- ٣ - يمكن أن يتم التحليل لتحديد تأثير المركبة الرأسية للأحمال الناتجة عن الزلازل بصفة عامة على أساس تمثيل جزئى للمنشأ يشمل العناصر تحت الاعتبار التي يتم حساب المركبة الرأسية عليها والمذكورة في الفقرة (١) مع الأخذ في الإعتبار جساءة العناصر المجاورة لها.
- ٤ - تؤخذ تأثيرات المركبة الرأسية في الاعتبار فقط للعناصر تحت الدراسة (المذكورة في الفقرة (١)) والعناصر المساعدة والحاملة لها مباشرة.
- ٥ - في حالة عمل تحليل إستاتيكي غير خطى للمنشأ non-linear static analysis فإنه يمكن إهمال المركبة الرأسية للأحمال الناتجة عن الزلازل .

## Displacement Analysis

## ٨-٧-٤ تحليل الإزاحات

١ - يتم حساب الإزاحة المتولدة عن الزلازل على أساس التشكل المرن للنظام الإنشائي،  $d_s$  بواسطة المعادلة المبسطة التالية :

$$d_s = 0.7 R d_e \quad (8-25)$$

حيث :

$d_e$  إزاحة النقطة في النظام الإنشائي محسوبة باستخدام طيف التجاوب التصميمي الأفقى (للتحليل الإنشائي المرن) وطبقاً للبند (٨-٤-٢-٥) أو (٨-٤-٢-٦).  
 $R$  معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) تبعاً للنظام الإنشائي للمبنى (طبقاً للجدول (٨-١) من الملحق (٨-١)).

ويجب ألا تزيد  $d_s$  عن قيمة الإزاحة المحسوبة من التحليل باستخدام طيف التجاوب الأفقى المرن طبقاً للبند (٨-٤-٢-٢).

٢ - يمكن أيضاً حساب الإزاحات ( $d_s$ ) عن طريق تطبيق معادلات طيف التجاوب الأفقى المرن (معادلات ٨-٢ حتى ٨-٥) مضروباً في معامل قيمته (٠,٧) وعمل تحليل مرن للمنشأ.

٣ - عند حساب الإزاحات باستخدام طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط) [بند (٨-٣-٣-٧)] أو طريقة التحليل الديناميكي الزمني [بند (٨-٣-٧-٤)] يجب ألا تقل عن (٨٥%) من الإزاحات المحسوبة باستخدام طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكي المكافئ) [بند (٨-٣-٧-٢)].

٤ - عند حساب الإزاحات فإن تأثير عزوم اللي نتيجة أحمال الزلازل يجب أن يؤخذ في الاعتبار .

٥ - في حالة عمل تحليل غير خطي للمنشأ (سواء إستاتيكي أو ديناميكي) ، فإن قيم الإزاحات تكون بنفس القيم المحسوبة من هذا التحليل دون الأخذ في الاعتبار معامل تعديل ردود الأفعال (أى : يتم أخذ قيمة  $R$  مساوية واحد صحيح في جميع مراحل الحسابات) عند حساب الأحمال الناتجة عن الزلازل .

## Non-Structural Elements

## ٨-٧-٥ العناصر غير الإنشائية

## General

## ٨-٧-٥-١ عام

١ - العناصر غير الإنشائية في المنشآت (مثل الدراوى ، حوائط النهايات ، الهوائيات ، المعلقات الميكانيكية والمعدات ، الحوائط الستائرية ، القواطيع ، القضبان وغيرها)

والتي يمكن في حالة انهيارها أن تمثل خطورة على الأرواح أو تؤثر على الهيكل الأساسى للمبنى أو الخدمات الهامة يجب أن تصمم لتقاوم الأحمال الناتجة عن الزلازل .

٢ - في حالة وجود عناصر غير إنشائية ذات أهمية كبيرة ، أو ذات خطورة ، يجب أن يشتمل التحليل الزلزالي على تمثيل حقيقى لكافة عناصر المنشأ وكذلك يجب استخدام الطيف المناسب المستنتج من رد فعل العناصر الإنشائية الحاملة من النظام الإنشائى المقاوم للزلازل .

## Analysis

### ٢-٥-٧-٨ التحليل

- ١ - العناصر غير الإنشائية وكذلك وصلات الإتصال والربط الخاصة بها يجب أن تراجع لمقاومة حالات تحميل الأحمال الدائمة، والحية والأحمال الناتجة عن الزلازل .
- ٢ - يؤخذ التأثير الزلزالي على العناصر غير الإنشائية كقوة أفقية ( $F_a$ ) تؤثر فى مركز كتلة العنصر فى الاتجاه الأكبر تأثيراً، وتحسب قيمة هذه القوة من المعادلة التالية :

$$F_a = (S_a W_a \gamma_a) / R_a \quad (8-26)$$

حيث :

- $W_a$  وزن العنصر غير الإنشائى
- $S_a$  معامل زلزالي خاص بالعناصر غير الإنشائية طبقاً للفقرة (٣) من هذا البند
- $\gamma_a$  معامل الأهمية للعناصر غير الإنشائية طبقاً للبند (٣-٥-٧-٨)
- $R_a$  معامل تعديل ردود الأفعال للعناصر غير الإنشائية طبقاً للجدول رقم (٨-٨)

- ٣ - المعامل الزلزالي للعناصر غير الإنشائية  $S_a$  يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$S_a = \alpha \cdot S \left[ \frac{3(1.0 + z_a/H)}{1.0 + (1.0 - T_a/T_i)^2} - 0.50 \right] \geq \alpha \quad (8-27)$$

حيث :

- $A$  النسبة بين العجلة الأرضية التصميمية ( $a_g$ ) إلى عجلة الجاذبية  $g$
- $S$  معامل التربة
- $T_a$  الزمن الدورى الأساسى للعنصر غير الإنشائى
- $T_i$  الزمن الدورى الأساسى للمنشأ فى ذات إتجاه التحليل

$Z_a$  ارتفاع العنصر غير الإنشائي فوق منسوب أساسات المبنى  
 $H$  الارتفاع الكلى للمبنى فوق منسوب الأساسات

### ٣-٥-٧-٨ معاملات الأهمية ومعاملات تعديل ردود الأفعال

#### Importance Factors and Response Modification Factors

- ١ - يجب ألا يقل معامل الأهمية  $\gamma_a$  عن (١,٥٠) وذلك للعناصر غير الإنشائية الآتية :
  - أنظمة ربط المعدات والماكينات المطلوبة لأنظمة الإنقاذ .
  - الخزانات والحاويات المحتوية على مواد سامة أو عناصر قابلة للانفجار والتي يفترض أنها تمثل خطورة على الأرواح .
- ٢ - يمكن أخذ معامل الأهمية ( $\gamma_a$ ) للعناصر غير الإنشائية بنفس قيمة معامل الأهمية ( $\gamma_i$ ) لذات المنشأ (بند ٦-٧-٨) وذلك فى جميع الحالات الأخرى.
- ٣ - قيم معامل تعديل رد الفعل  $R_a$  للعناصر غير الإنشائية مبينة بالجدول رقم (٨-٨) .

جدول (٨-٨) قيم معامل تعديل رد الفعل  $R_a$  للعناصر غير الإنشائية

$R_a$	نوعية العناصر غير الإنشائية
1.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- الدراوي والبروزات الكابولية</li> <li>- الإشارات ولوحات الإعلانات</li> <li>- المداخل والأبراج والخزانات المحملة على كوابيل غير مقيدة لمسافة تزيد عن نصف الارتفاع الكلى</li> </ul>
2.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- الحوائط الخارجية والداخلية</li> <li>- القواطع والواجهات</li> <li>- المداخل والأبراج والخزانات المحملة على كوابيل مقيدة على مسافة لا تزيد عن نصف الارتفاع الكلى أو مقيدة أو مربوطة بالمنشأ عند أو أعلى مركز كتلتها</li> <li>- أشاير وجوايط ربط الدواليب والأرفف الحاملة للكتب والمرتكزة على الأسقف</li> <li>- أشاير السقف المستعار (معلق) ووحدات الإضاءة</li> </ul>

#### ٦-٧-٨ مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية

#### Importance Categories and Importance Factors

- ١ - تصنف المنشآت عادة ضمن أربع مجموعات أهمية تتوقف على حجم واستعمال المنشأ وقيمته وأهميته للأمان العام (Public Safety) واحتمال حدوث خسائر فى الأرواح فى حالة الانهيار طبقاً للجدول رقم (٨-٩).
- ٢ - مجموعات الأهمية تكون مميزة بواسطة معاملات أهمية ( $\gamma_I$ ) طبقاً لما جاء فى البند (٨-١-٢).
- ٣ - معامل الأهمية ( $\gamma_I = 1.0$ ) مرتبط بحدث زلزالى تصميمى ذى زمن رجوع قياسي كالمحدد فى البند (٨-٢-١).

جدول (٨-٩) مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية  $\gamma_I$

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

## Safety Verifications

## ٨-٨ تحقيق الأمان

## General

## ١-٨-٨ عام

- ١ - يجب مراعاة الاحتياطات الخاصة الواردة في البند (٢-٨) لتحقيق الأمان للحدود الواردة في البنود (٢-٨-٨) ، (٣-٨-٨) .

## Ultimate Limit State (ULS)

## ٢-٨-٨ حالة حد المقاومة القصوى

## General

## ١-٢-٨-٨ عام

- في حالة التصميم لمقاومة الزلازل يعتبر الأمان ضد الإنهيار (حد الإنهيار الأقصى) محققاً إذا ما توافرت الإشتراطات الآتية بالنسبة لكل من المقاومة، الممتطولية، الإتزان، البلاطات والشكالات الأفقية، إستقرار الأساسات والفواصل الزلزالية.

## Resistance Conditions

## ٢-٢-٨-٨ إشتراطات المقاومة

- ١ - يجب تحقيق العلاقات التالية لجميع العناصر الإنشائية شاملة الوصلات وكذلك العناصر غير الإنشائية الموضحة فى البند (٨-٧-٥-١) الفقرة (١) .

$$E_d \leq R_e \quad (8-28)$$

حيث :

$E_d$  القيمة التصميمية لتأثير الأحمال طبقاً للموقف التصميمي لمقاومة الزلازل شاملة التأثيرات الثانوية إذا كانت الضرورة تستلزم ذلك [ انظر الفقرة (٢) ]  
 $R_e$  مقاومة العنصر التصميمية ، مقدرة طبقاً لقواعد التصميم لمواد الإنشاء المختلفة الواردة بكودات التصميم المصرية

- ٢ - التأثيرات الثانوية ( $P-\Delta$ ) لا تؤخذ فى الاعتبار إذا تحقق الشرط التالى لكل الأدوار :

$$\theta = \frac{P_{tot} d_r}{V_{tot} h} \leq 0.10 \quad (8-29)$$

حيث :

 $\theta$  معامل حساسية الحركة النسبية للدور $P_{tot}$  الأحمال الرأسية الكلية عند منسوب الدور تحت الدراسة طبقاً للافتراضات

الموضوعة لحساب تأثير الأحمال الناتجة عن الزلازل

 $d_r$  الحركة النسبية التصميمية للدور مقدرة كالفرق بين متوسط الحركة الجانبية عند

أعلى وأسفل الدور تحت الدراسة والمحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-٤)

 $V_{tot}$  إجمالي قوى القص للدور الناتجة عن الزلازل $h$  ارتفاع الدور٣ - في حالة ما إذا كانت (  $0.10 \leq \theta \leq 0.20$  ) يمكن الأخذ في الاعتبار التأثيراتالثانوية (  $P-\Delta$  ) بطريقة تقريبية وذلك بضرب القوى الناتجة عن الزلازل في معامل

$$1/(1 - \theta)$$

٤ - في حالة ما إذا كانت (  $0.20 < \theta \leq 0.30$  ) يجب أن يتم التحليل باستخدام طريقة(  $P-\Delta$  ).٥ - غير مسموح أن يزيد المعامل  $\theta$  عن ٠,٣٠

### Ductility Conditions

### ٣-٢-٨-٨ اشتراطات الممتطولية

١ - يجب التأكد من أن العناصر الإنشائية والمنشأ كوحدة واحدة تشتمل على الممتطولية

المطلوبة مع الأخذ في الاعتبار احتمالات إنخفاض الممتطولية والتي تتوقف على

النظام الإنشائي ومعامل تعديل ردود الأفعال.

٢ - يجب تحقيق اشتراطات الكودات المصرية المختصة بالممتطولية ومقاومة مواد الإنشاء

المستخدمة، بما في ذلك اشتراطات حد المقاومة القصوى (Capacity Design Provisions)

إذا تطلب الكود ذلك لتحديد مقاومة العناصر الإنشائية المختلفة والتأكد من إمكانية حدوث

مفاصل لديه بترتيب مناسب لتفادي حدوث انهيار قصف (brittle failure mode).

### Equilibrium Conditions

### ٤-٢-٨-٨ اشتراطات الإتران

يجب أن يتحقق الإتران للمبنى تحت تأثير تجميعات الأحمال المنوه عنها في البند (٨-٥)

خاصة بالنسبة للإنقلاب والإنزلاق (Overturning and Sliding).



## ٨-٢-٥ مقاومة البلاطات والشكالات الأفقية

**Resistance of Horizontal Diaphragms and Bracings**

يجب أن يكون للبلاطات والشكالات فى المستويات الأفقية مقاومة إضافية لنقل أحمال الزلازل لمختلف الأنظمة الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية المتصلة بها.

**Resistance of Foundations**

## ٨-٢-٦ مقاومة الأساسات

- ١ - يجب مراجعة تصميم الأساسات طبقاً للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .
- ٢ - يتم التصميم الإنشائى للأساسات الضحلة (Shallow Foundation) باستخدام قيمة لمعامل تعديل ردود الأفعال (R) تساوى ٦٠ % من قيمة معامل تعديل ردود الأفعال المستخدمة فى تصميم الهيكل العلوى على ألا تقل القيمة عن (١,٠).
- ٣ - يستثنى من البند رقم (٢) الأساسات الضحلة من القواعد المنفصلة غير المربوطة بسملات حيث يؤخذ فى هذه الحالة قيمة معامل ردود الأفعال (R) يساوى (١,٠).
- ٤ - يتم تصميم الخوازيق وهاماتها باستخدام قيمة لمعامل تعديل ردود الأفعال (R) مساوية (١,٠).
- ٥ - يمكن تصميم الخوازيق وهاماتها بافتراض تكون مفاصل لدنة عند أماكن التقائها بالهامات وفى هذه الحالة يمكن استخدام قيمة (R) تساوى (٢,٠) عند تصميم الخوازيق الرأسية وتساوى (١,٥) للخوازيق المائلة على أن يتم الالتزام بتفاصيل التسليح الخاصة بتكون المفصلة للدنة فى العناصر المعرضة لأحمال رأسية وعزوم انحناء كما هو وارد بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ٦ - يجب أن يشتمل التصميم على التحقق من أمان الأساسات ضد فشل التربة والانزلاق تحت تأثير أحمال الزلازل.

## ٨-٢-٧ اشتراطات الفاصل الزلزالى

**Requirements of Earthquake Separation**

- ١ - يجب حماية المباني المتجاورة من الإصطدام مع بعضها البعض نتيجة الحركة الأرضية للزلازل. ويتحقق ذلك عندما تكون المسافات بين حدود المباني القابلة للتصادم (الفاصل الزلزالى) لا تقل عن الجذر التربيعى لمجموع مربعى ازاحتى المبنيين ( $d_s$ ) المحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-٤).

- ٢ - عند تساوي مناسيب الأدوار للمباني المتجاورة، يمكن تخفيض مسافة الفاصل الزلزالي الواردة في البند (١) بنسبة ٠,٧ .
- ٣ - يمكن تخفيض مسافة الفاصل الزلزالي بين المباني المتلاصقة في حالة وجود حوائط قص على محيط المباني والمنفذة كحوائط تصادم. ويجب وضع حائطين على الأقل متعامدين على إتجاه الفاصل بشرط أن تمتد هذه الحوائط بكامل ارتفاع المنشأ . في هذه الحالة يمكن تخفيض مسافة الفاصل الزلزالي إلى ٤,٠ سم .
- ٤ - في حالة عدم تحقيق عرض الفاصل الزلزالي للاشتراطات الواردة بالفقرة رقم (١) أو (٢) أو (٣) من هذا البند فإنه يجب أخذ تأثير ظاهرة الطرق في التحليل الإنشائي للمبنى .
- ٥ - يراعى الاشتراطات الواردة في الكودات التخصصية بالنسبة للمسافة بين المباني المتجاورة.

### Serviceability Limit States (SLS)

### ٣-٨-٨ حالات حدود التشغيل

#### General

#### ١-٣-٨-٨ عام

- ١ - تعتبر إشتراطات حدود التشغيل محققة تحت تأثير أحمال الزلازل اذا كانت الإزاحات المحسوبة تحت تأثير أحمال ناتجة عن زلازل باحتمال حدوث أكبر من التصميمي لا تتجاوز الموجودة بالبند (٢-٣-٨-٨) .
- ٢ - يتم طلب اشتراطات إضافية لحدود التشغيل في حالة المنشآت ذات الأهمية للدفاع المدني أو التي تحتوى على مواد أو معدات حساسة .

### Limitations of Interstorey Drift

### ٢-٣-٨-٨ حدود الحركة النسبية للدور

- ١ - ما لم يتم تحديد حدود الحركة النسبية للدور في الكودات التصميمية للمواد المختلفة فإنه يجب مراعاة الحدود التالية :
- أ - للمنشآت التي بها عناصر غير إنشائية قصفة متلاصقة (مثل المباني الطوب غير المسلحة):

$$d_{rv} = d_r \cdot v \leq 0.0050 h \quad (8-30)$$

- ب - للمنشآت التي بها عناصر غير إنشائية ذات ممطولية :

$$d_{rv} = d_r \cdot v \leq 0.0075 h \quad (8-31)$$

ج- للمنشآت التي بها عناصر غير إنشائية مثبتة بطريقة تمنع التداخل مع الحركة الإنشائية للمبنى:

$$d_{rv} = d_r \cdot v \leq 0.01 h \quad (8-32)$$

حيث :

$d_{rv}$  الحركة النسبية التصميمية للدور لحالة حدود التشغيل (SLS)  
 $d_r$  الحركة النسبية التصميمية للدور مقدرة كالفرق بين متوسط الحركة الجانبية ( $d_s$ ) عند أعلى وأسفل الدور تحت الدراسة والمحسوبة طبقاً للبند (٤-٧-٨)  
 $h$  ارتفاع الدور  
 $v$  معامل تخفيض الإزاحة يأخذ في الاعتبار زمن عودة (رجوع) للزلازل أقل من التصميمي والمطابق لحالات حدود التشغيل

٢ - يتوقف معامل التخفيض على أهمية المنشأ حسب البند (٦-٧-٨) وطبقاً للجدول رقم (١٠-٨) .

جدول (١٠-٨) معامل تخفيض الإزاحة  $v$

IV	III	II	I	مجموعة الأهمية
0.5	0.5	0.4	0.4	معامل التخفيض ( $v$ )

Annex (8-A)

الملحق (٨-أ)

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 .

جدول (٨-أ) معاملات تعديل ردود الأفعال R

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

\* تؤخذ قيم حالة الممطولية الكافية في الإطارات المقاومة للعزوم، إذا روعي في التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل لدنة في أماكن الوصلات، بحيث يمكن افتراض تشكيل آلية لدنة مستقرة.

\*\* يجب الأخذ في الاعتبار العزوم الناشئة على أعمدة المبنى نتيجة الإزاحات الانحرافية للأدوار أو أن يراعى في التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل لدنة في أماكن الوصلات ، بحيث يمكن افتراض تشكيل آلية لدنة مستقرة .

## Annex (8-B)

## الملحق (٨-ب)

طرق تقريبية لحساب الزمن الدورى الأساسى للمنشآت  
Approximate Formulae for the Fundamental Period of Buildings

## General

## ب-١ عام

يمكن إستخدام الطرق التقريبية لحساب الزمن الدورى الأساسى للمنشآت كما هو موضح بالبيندين (ب-٢)، (ب-٣).

## ب-٢ الطريقة الأولى

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

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

حيث :

$T_1$	الزمن الدورى الأساسى للمنشأ بالثنائى
$C_t$	معامل يتوقف على النظام الإنشائى ومادة الإنشاء تبعاً لما يأتى :
٠,٠٨٥	للإطارات الحديدية الفراغية المقاومة للعزوم
٠,٠٧٥	للإطارات الفراغية الخرسانية والإطارات المعدنية ذات الشكالات المحورية لمقاومة للعزوم
٠,٠٥٠	لكافة المنشآت الأخرى
$H$	إرتفاع المنشأ بالمتر مقاساً من منسوب ظهر الأساسات

## ب-٣ الطريقة الثانية

- يمكن إستخدام ( Rayleigh formula ) لتحديد الزمن الدورى الأساسى للمنشأ تبعاً للمعادلة:

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

حيث :

g عجلة الجاذبية الأرضية.

 $W_i$  الوزن التصميمى للمنشأ عند الدور (i). $F_i$  القوة الأفقية عند الدور (i) طبقاً للمعادلة (8-18)

n عدد أدوار المنشأ.

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

- قيمة (T) المحسوبة من المعادلة (B-2) يجب ألا تزيد عن ١,٢ القيمة المحسوبة من المعادلة (B-1).

ب-٤ الطريقة الثالثة

- يمكن حساب T من التحليلات الفراغية بالحاسب الآلى وبحيث لا تزيد عن ١,٢ القيم المحسوبة من المعادلة (B-1).

## Annex (8-C)

## الملحق (٨-ج)

طريقة بديلة لحساب طيف التجاوب التصميمى الأفقى (للتحليل الإنشائى المرن) فى حالة الزمن الدورى الرئيسى  $T$  أكبر من  $T_B$

فى حالة أن الزمن الدورى الأساسى  $T$  أكبر من  $T_B$  يمكن حساب طيف التجاوب التصميمى الأفقى  $S_d(T)$  من المعادلات التالية، حيث  $(T)$  هو الزمن الدورى الأساسى للمنشأ طبقاً للمعادلتين (B-1) أو (B-2) أو من التحليل الديناميكى للمنشأ.

$$0 \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \left[ \frac{T_C}{T} \right] \geq [0.20] \gamma_I a_g$$

$$T_D \leq T \leq 4\text{sec} : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \geq [0.20] \gamma_I a_g$$





## الباب التاسع

### أحمال الزلازل على الكبارى

المجال	١-٩	Scope
١-١-٩	يختص هذا الباب بضوابط أخذ تأثير الزلازل عند تصميم الكبارى العادية بنظام البلاطات والكمرات والكمرات الصندوقية والإطارات والجمالونات وما يماثلها وذلك من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو من الصلب أو المركبة من الصلب والخرسانة ذات البحر الواحد أو المتعددة البحور بسيطة الارتكاز أو المستمرة على ألا يزيد طول أكبر بحر عن (١٥٠) متر .	
٢-١-٩	فيما لم يرد ذكره فى البند ١-١-٩ تراعى متطلبات البند ٩-١٢.	
٣-١-٩	تقسيم مناطق النشاط الزلزالى يؤخذ طبقاً للبند (٨-٤-١) بالباب الثامن.	
٤-١-٩	تتقسم الكبارى من حيث الأهمية إلى نوعين : أ - كبارى رئيسية : مثل الكبارى على نهر النيل والترع الرئيسية وفوق السكك الحديدية والكبارى على الطرق الرئيسية ، والمحاور الهامة داخل المدن، ويؤخذ معامل الأهمية لها $(\gamma_I = 1.3)$ . ب - كبارى ثانوية : مثل الكبارى على الترع والمصارف الثانوية والطرق الفرعية بالمحافظات ، ويؤخذ معامل الأهمية لها $(\gamma_I = 1.0)$ .	
٥-١-٩	لتطبيق البنود الواردة فى هذا الباب لحساب قوى الزلازل على الكبارى فإنه يجب أن يراعى فى تصميم الكبارى عمل التفاصيل الإنشائية اللازمة لتحقيق ممطولية مناسبة للوصلات و نهايات الدعامات وتحقيق إمكانية حرية حركة ملائمة للركائز وفواصل التمدد طبقاً لأسس تصميم وتنفيذ الكبارى.	

٦-١-٩ يستخدم هذا الكود لتصميم الكبارى المستجدة فقط وعند تغيير الركائز .

٧-١-٩ أحمال الزلازل المحسوبة طبقاً لهذا الكود هى أحمال قصوى (Ultimate Loads) وفى حالة التصميم بطريقة إجهادات التشغيل (Working Stresses)، يمكن تخفيض هذه القيم بالقسمة على المعامل (١,٤٠).

٢-٩ طيف التجاوب المرن للكبارى

### Elastic Response Spectrum for Bridges

يدخل طيف التجاوب المرن ضمن حسابات تأثير الزلازل على الكبارى الواردة بالبندين (١-٥-٩) ، (٢-٥-٩) ويرجع إلى الباب الثامن بند ٢-٢-٤-٨ لتحديد شكل طيف التجاوب الأفقى المرن للكبارى  $S_e(T)$  ويرجع إلى البند ٣-٢-٤-٨ لتحديد طيف التجاوب الرأسى المرن للكبارى  $S_{ve}(T)$  مع مراعاة معامل الأهمية ( $\gamma_i$ ) المذكور فى البند (٤-١-٩).

٣-٩ طيف التجاوب التصميمى للكبارى (للتحليل الإنشائى المرن)

### Design Spectrum for Bridges (for Elastic Strucural Analysis)

قدرة النظام الإنشائى للكوبرى على مقاومة قوى الزلازل فى الحدود اللدنة (بعد مرحلة المرونة) تتيح للمصمم إمكانية تصميم الكوبرى على أحمال زلزالية أقل من المقدرة بواسطة طيف التجاوب المرن، ويتم الرجوع للبند (٥-٢-٤-٨) و (٦-٢-٤-٨) من الباب الثامن لتحديد شكل طيف التجاوب التصميمى، ويؤخذ معامل تعديل ردود الأفعال ( $R$ ) طبقاً للبند (٩-٩).

٤-٩ الانتظام الإنشائى

### Structural Regularity

١-٤-٩ تعتبر الكبارى ذات نظام إنشائى منتظم إذا لم يحدث بها تغيرات فجائية سواء فى الكزازة أو الكتلة أو الشكل الهندسى فى البحر الواحد أو من بحر إلى بحر

مجاور ، أو دعامة إلى دعامة أخرى مجاورة باستثناء الأكتاف. وجدول رقم (١-٩) يوضح متطلبات الكبارى ذات النظام الإنشائى المنتظم.

جدول (١-٩) متطلبات الكبارى ذات النظام الإنشائى المنتظم

القيم					الأبعاد
٦	٥	٤	٣	٢	عدد البحور
90°	90°	90°	90°	90°	الحد الأقصى لزاوية تغير اتجاه المماس لمحور الكوبرى فى المسقط الأفقى (للكبارى على منحنى أفقى)
١,٥	١,٥	٢	٢	٣	الحد الأقصى للنسبة بين أطوال البحور المتجاورة
٢	٣	٤	٤	—	الحد الأقصى لنسبة جساءة دعامين متجاورين باستثناء الأكتاف (Abutments)

٢-٤-٩ فى حالة الكبارى المقوسة ( فى المسقط الأفقى ) ذات النظام الإنشائى المنتظم طبقاً لجدول (١-٩) يمكن حساب أحمال الزلازل عليها بافتراض أنها مستقيمة بأطوال بحور مساوية للأطوال المقوسة.

## Methods of Analysis

## ٥-٩ طرق التحليل

طرق حساب أحمال الزلازل على الكبارى مرتبة حسب تزايد درجة الدقة هى كالتالى:

(أ) طريقة الحمل الموزع بانتظام (بند ١-٥-٩)

Uniform Load Method

(ب) طريقة طيف التجاوب المبسطة (بند ٢-٥-٩)

Simplified Modal Response Spectrum Method

(ج) طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط) (بند ٣-٥-٩)

Multi – Modal Response Spectrum Method

(د) طريقة التحليل الديناميكى الزمنى (بند ٤-٥-٩)

Time History Method

والجدول (٢-٩) يبين المجال الذى يمكن فيه استخدام كل من هذه الطرق. ويمكن استخدام الطريقة الأكثر دقة فى التحليل وذلك باستخدام الطرق ب، ج، د بدلاً من الطرق أ، ب، ج على سبيل المثال.

## جدول (٩-٢) طرق التحليل الزلزالى

درجة أهمية الكوبرى				المنطقة الزلزالية
كبارى ثانوية		كبارى رئيسية		
غير منتظمة	منتظمة	غير منتظمة	منتظمة	
(أ)	(أ)	(أ)	(أ)	الأولى
(ب)	(ب)	(جـ)	(ب)	الثانية
(جـ)	(جـ)	(جـ) أو (د)	(جـ)	الثالثة
(جـ) أو (د)	(جـ)	(د)	(جـ) أو (د)	الرابعة
(جـ) أو (د)	(جـ) أو (د)	(د)	(جـ) أو (د)	الخامسة*

\* وتشمل المنطقة ٥-أ والمنطقة ٥-ب .

يلاحظ أن الطريقتين (أ) ، (ب) تعتبران من طرق التحليل الاستاتيكي المكافئ ، والطريقتين (جـ) ، (د) تعتبران من طرق التحليل الديناميكي.

والجدول (٩-٣) يبين نسبة الحمل الحى المكافئ المستخدمة فى حساب الوزن التصميمى للكوبرى.

## جدول (٩-٣) نسبة الحمل الحى المكافئ المستخدمة فى حساب الوزن التصميمى للكوبرى

نسبة الحمل الحى المكافئ*	توصيف الكوبرى
٣٠ %	كبارى السكك الحديدية
٢٠ %	كبارى الطرق**
٢٥ %	كبارى المشاة**

\* الحمل الحى المكافئ هو الحمل الحى موزع بانتظام على طول الكوبرى

\*\* يمكن افتراض الحمل الحى المكافئ ٥,٠ كـن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) لكبارى الطرق وكبارى المشاة

## Uniform Load Method

## ١-٥-٩ طريقة الحمل الموزع بانتظام

يؤخذ تأثير الزلازل كقوة استاتيكية فى اتجاه المحور الطولى للكوبرى وفى الاتجاه العمودى على المحور كل على حده وذلك عن طريق حساب الزمن الدورى الأساسى فى الاتجاه المطلوب كما هو موضح فى الخطوات التالية:

- ١ - يفترض وضع حمل أفقى (وحدة حمل لكل متر طولى) موزع بانتظام على طول محور الكوبرى فى الاتجاه المطلوب (الاتجاه الطولى ثم الاتجاه العرضى) وتحسب أقصى إزاحة للكوبرى فى الاتجاه المطلوب ( $\Delta$ ).
- ٢ - تحسب جساءة الكوبرى ( $K$ ) من المعادلة (١-٩)

$$K = \frac{L_s}{\Delta} \quad (9-1)$$

حيث :

$L_s$  طول الكوبرى بالمتر  
 $\Delta$  أقصى إزاحة للكوبرى فى الاتجاه المطلوب

- ٣ - يحسب الزمن الدورى الأساسى  $T_1$  من المعادلة (٢-٩)

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \quad (9-2)$$

حيث :

$M$  كتلة الكوبرى + كتلة النصف العلوى من الدعامات (الأعمدة أو البغال)  
 + نسبة من الحمل الحى المكافئ طبقاً لما هو وارد بالجدول (٣-٩) .

- ٤ - تحسب القوة الاستاتيكية التصميمية ( $F$ ) المكافئة لتأثير أحمال الزلازل على الكوبرى من المعادلة (٣-٩)

$$F = S_d (T_1) W/g \quad (9-3)$$

حيث :

$S_d (T_1)$  إحدائى الطيف التصميمى (للتحليل الإنشائى المرن) طبقاً للبند (٨-٥-٢-٤) أو (٨-٤-٢-٦) عند زمن طول موجي ( $T_1$ )  
 $W$  وزن الكوبرى + وزن النصف العلوى من الدعامات + نسبة من الأحمال الحية المكافئة طبقاً للجدول (٣-٩) .

#### ٢-٥-٩ طريقة طيف التجاوب المبسطة

#### Simplified Modal Response Spectrum Method

يؤخذ تأثير الزلازل كقوة استاتيكية فى اتجاه المحور الطولى للكوبرى وفى الاتجاه العمودى على المحور كل على حده عن طريق حساب زمن طول موجة الاهتزاز

الأساسية (Fundamental mode period) فى الاتجاه المطلوب كما هو موضح فى الخطوات التالية:

- ١ - يجزأ الكوبرى إلى عدد (n) من الشرائح ويفترض وضع حمل أفقى ( $p_0$ ) موزع بانتظام على طول محور الكوبرى فى الاتجاه المطلوب (الاتجاه الطولى ثم الاتجاه العرضى) وتحسب الإزاحة ( $\delta_i$ ) عند نقط التقسيم.
- ٢ - يحسب زمن طول موجة الاهتزاز الأساسية  $T_1$  من المعادلة (٩-٤)

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n p_i \delta_i}} \quad (9-4)$$

حيث:

- $p_i$  الحمل الافتراضى عند نقط التقسيم (i)  $\times p_0 =$  مجموع نصفى طول الشريحتين على جانبي نقطة التقسيم.
- $w_i$  وزن الكوبرى مضافاً إليه وزن النصف العلوى من الدعامات ونسبة من الأحمال الحية طبقاً للجدول (٩-٣) موزعاً على نقط التقسيم (i)، أى وزن مجموع نصفى كل من الشريحتين على جانبي نقطة التقسيم (i).

$g$  عجلة الجاذبية الأرضية.

$\delta_i$  الإزاحة عند نقط التقسيم (i) نتيجة الحمل الافتراضى ( $p_0$ ).

- ٣ - تحسب القوة الاستاتيكية التصميمية المكافئة لتأثير الزلازل من المعادلة (٩-٥)

$$F_i = \frac{\beta}{\gamma} S_d(T_1) \delta_i w_i / g \quad (9-5)$$

حيث:

$F$  القوة الإستاتيكية التصميمية المكافئة لأحمال الزلازل عند نقطة التقسيم (i)

$S_d(T_1)$  إحداثى الطيف التصميمى (للتحليل الإنشائى المرن) طبقاً للبند

(٨-٤-٢-٥) أو (٨-٤-٢-٦) عند زمن طول موجي ( $T_1$ )

$\gamma, \beta$  معاملات تحدد طبقاً لما يلى:

$$\beta = \sum_{i=1}^n w_i \delta_i$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2$$

- n عدد شرائح الكوبرى التى تم تقسيمها  
 $\delta_i$  الإزاحة عند نقطة التقسيم (i)  
 $w_i$  وزن مجموع نصفى كل من الشريحتين على جانبى نقطة التقسيم  
 (i) مضافاً إليه وزن النصف العلوى من الدعامات ونسبة الأحمال الحية طبقاً للجدول (٣-٩).

### ٣-٥-٩ طريقة طيف التجاوب المركب (متعدد الأنماط)

#### Multi-Modal Response Spectrum Method

يتم الرجوع إلى الباب الثامن.

#### Time History Method

### ٤-٥-٩ طريقة التحليل الديناميكي الزمنى

يتم الرجوع إلى الباب الثامن.

### ٦-٩ الأحمال المستخدمة فى تصميم الأكتاف والحوائط الساندة

١-٦-٩ يطبق هذا البند على الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة ، وعلى أكتاف الكبارى المتصلة بجسم الكوبرى من خلال ركائز وعائية (Pot bearings) ثابتة أو منزلقة أو ركائز إستمروارية (Elastomeric bearings) ، بينما لا يطبق هذا البند فى حالة أكتاف الكبارى المصبوبة ميليثياً مع جسم الكوبرى.

٢-٦-٩ تؤخذ الأحمال الآتية ، والمفترض تأثيرها بطريقة متزامنة ، فى تصميم الحوائط الساندة وأكتاف الكبارى تحت تأثير الزلازل :

أ - ضغط التربة الجانبى الاستاتيكي والديناميكي طبقاً للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

ب - قوى عزم القصور الذاتى المؤثرة على كتلة جسم الكتف أو الحائط الساند وكتلة الردم أعلا أساس الكتف أو الحائط الساند . ويؤخذ هذا التأثير باستخدام قوة أفقية استاتيكية مكافئة تساوى حاصل ضرب الأحمال الرأسية بمعامل زلزالى ( $K_h$ ) تحدد قيمته من المعادلة (٩-٦) :

$$K_h = \frac{\alpha \cdot S \gamma_I}{R} \quad (9-6)$$

حيث :

$\alpha$  نسبة العجلة الأرضية التصميمية ( $a_g$ ) إلى عجلة الجاذبية الأرضية ( $g$ ) وطبقاً للمناطق الزلزالية المحددة فى بند (٨-٤-١)

$S$  معامل التربة من جدول (٨-٣)

$R$  معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)، ويؤخذ مساوياً (٢,٠) فى حالة أكتاف الكبارى والحوائط الساندة من الخرسانة العادية أو المسلحة على أساسات ضحلة، بينما يؤخذ مساوياً (١,٠) فى حالة أكتاف أو حوائط جاسئة مدعمة بتقويات (anchored or braced walls) أو فى حالة أكتاف وحوائط من الخرسانة المسلحة على أساسات خازوقية ذات خوازيق رأسية.

$\gamma_I$  معامل أهمية المنشأ

٣-٦-٩ يتم تطبيق هذا البند لتصميم الأكتاف والحوائط الساندة التى لا يزيد ارتفاعها عن ١٠,٠ متراً ، ويتم فى هذه الحالة أخذ المعامل ( $K_h$ ) ثابتاً بكامل ارتفاع الحائط . وفى الحالات التى يزيد الارتفاع عن ١٠,٠ متر يتم استخدام طرق حسابية دقيقة .

## Secondary Effects

## التأثيرات الثانوية (P-Δ)

٧-٩

عند التحليل الإنشائى المرن للكبارى المحققة لاشتراطات الممتطولية الكافية ، وفى حالة غياب الطرق الدقيقة لأخذ التأثيرات الثانوية (P-Δ) فى الاعتبار عند التصميم يتم حساب زيادة قيم عزوم الانحناء المستخدمة فى تصميم الدعامات الرأسية من المعادلة (٧-٩)

$$\Delta M = \frac{1+R}{2} \cdot d_s \cdot N_{Ed} \quad (9-7)$$



حيث :

$d_s$  الإزاحة العرضية النسبية بين طرفى الدعامات الرأسية والمحسوبة باستخدام النموذج الإنشائى للكوبرى طبقاً للبند (٨-٧-٤).

$N_{Ed}$  الحمل المحورى الناتج عن تأثير الأحمال المجمعة من حالات التحميل لأحمال الزلازل طبقاً لحالات جميع الأحمال على الكبارى.

$R$  معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) طبقاً للبند (٩-٩).

## ٨-٩ حالات جميع مركبات الأحمال الناتجة من الزلازل

## Combination of the Components of the Earthquake Action

١-٨-٩ يتم الرجوع إلى الباب الثامن لتجميع الأحمال فى الاتجاهات الثلاثة.

## ٩-٩ معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)

## Response Modification Factor (R)

١-٩-٩ يؤخذ معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) ( $R$ ) طبقاً للجدول (٩-٤) وحسب درجة الممطولية (ممطولية محدودة أو ممطولية كافية).

٢-٩-٩ تؤخذ قيم حالة الممطولية الكافية إذا روعى فى التصميم وتفاصيل التسليح إمكانية تكوين مفاصل لدنة (Plastic Hinges) تحت تأثير حالات الأحمال القصوى شاملة الأحمال الناتجة عن الزلازل، وذلك فى أماكن الوصلات ونهايات الدعامات ، بحيث يمكن افتراض تشكيل آلية لدنة مستقرة (Stable plastic mechanism). ويراعى أن تكون المفاصل للدنة الافتراضية فى أماكن يمكن الوصول إليها.

٣-٩-٩ فى حالة عدم تحقيق اشتراطات الممطولية الكافية المذكورة فى البند (٩-٩-٢) تؤخذ قيم  $R$  لحالة الممطولية المحدودة ، مع مراعاة التفاصيل الإنشائية المناسبة للوصلات ونهايات الدعامات.٤-٩-٩ يراعى عند تصميم الوصلات بين جسم الكوبرى والدعامات أو الوصلات بين الدعامات والأساسات ، أن يتم أخذ قيمة معامل تعديل ردود الأفعال ( $R$ ) مساوياً (١,٠).

٥-٩-٩ فى حالة اختلاف معامل تعديل ردود الأفعال (R) لدعامات الكوبرى فى نفس الاتجاه، تؤخذ أقل قيمة. ويمكن استخدام قيمة مختلفة للمعامل (R) فى كل اتجاه على حدة.

#### ٦-٩-٩ أساسات الكبارى

أ - يراعى عند التصميم الإنشائى للأساسات الضحلة للكبارى أن يتم أخذ قيمة معامل تعديل ردود الأفعال (R) مساوياً (١,٠). وفي حالة استخدام سمات جاسئة لربط القواعد الضحلة فى اتجاه تأثير قوى الزلازل يتم أخذ قيمة معامل تعديل ردود الأفعال (R) مساوياً ٦٠% من قيمته المستخدمة فى تصميم الدعامات (الأعمدة) ، على ألا تقل قيمة R المستخدمة عن (١,٠) فى جميع الحالات .

ب - يتم تصميم الخوازيق وهاماتها باستخدام قيمة لمعامل تعديل ردود الأفعال (R) مساوية (١,٠).

ج- فى حالة الكبارى الخرسانية ذات الدعامات الرأسية المحققة لاشتراطات الممتدولة الكافية يمكن تصميم الخوازيق وهاماتها بافتراض تكون مفاصل لدنة عند أماكن التقائها بالهامات، وفى هذه الحالة قيمة R تساوى (٢,٠) عند تصميم الخوازيق الرأسية وتساوى (١,٥) عند تصميم الخوازيق المائلة . على أن يراعى الالتزام بتفاصيل التسليح الخاصة بتكون المفصلة اللدنة فى العناصر المعرضة لأحمال رأسية وعزوم انحناء كما هو وارد بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .

د - يجب أن يشمل التصميم على التحقق من أمان الأساسات ضد فشل التربة والانزلاق تحت تأثير أحمال الزلازل.

## جدول (٩-٤) معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) (R)

مطلوبة كافية	مطلوبة محدودة	العنصر الإنشائي
		<b>أولاً: دعامات (أعمدة) من الخرسانة:</b>
٣,٥ *	١,٥	١- دعامات رأسية تحت تأثير عزم انحناء Vertical piers in bending ( $a_s \geq 3.0$ )
٢,٠ *	١,٥	٢- دعامات رأسية حائطية Squat piers ( $a_s \leq 1.0$ )
٢,١ *	١,٢	٣- دعامات مائلة تحت تأثير عزم انحناء Inclined piers in bending ( $a_s \geq 3.0$ )
١,٢ *	١,٢	٤- دعامات مائلة تحت تأثير عزم انحناء Inclined piers in bending ( $a_s \leq 1.0$ )
١,٠	١,٠	٥- دعامات تحمل ركائز مطاطية (بدون مصدات) Piers with elastomeric bearings (in absence of seismic buffers/ stoppers)
		<b>ثانياً: دعامات (أعمدة) من الصلب:</b>
٣,٥	١,٥	١ - دعامات رأسية تحت تأثير عزم انحناء Vertical piers in bending
٢,٠	١,٢	٢ - دعامات مائلة Inclined piers in bending
٢,٥	١,٥	٣ - دعامات بتقويات عادية Piers with normal bracing
٣,٥	-	٤ - دعامات بتقويات لامركزية Piers with eccentric bracing
١,٠	١,٠	٥ - دعامات (أعمدة) تحمل ركائز مطاطية (بدون مصدات) Piers with elastomeric bearings (in absence of seismic buffers/ stoppers)
٢,٠	١,٢	<b>Archives</b>
		<b>ثالثاً: العقود</b>

\* بالنسبة للدعامات (الأعمدة) ذات الممتولية الكافية: ( $a_s = L_s / h$ ) حيث  $L_s$  = المسافة من المفصلة اللدنة فى الدعامه حتى النقطة التى بها عزوم الانحناء = صفر فى نفس الدعامه، و  $h$  = سمك القطاع فى اتجاه الانحناء بالنسبة للمفصلة اللدنة (الاتجاه الذى يتم اعتباره لحساب تأثير الزلازل)، وفى حالة ( $1.0 < a_s < 3.0$ ) تؤخذ قيمة (R) من القيم المبينة فى الجدول ليند (أولاً: (١) أو ((٣)) بعد ضربها فى المقدار  $(\sqrt{a_s/3})$ .

## ١٠-٩ عرض الدعامات أسفل الركائز المتحركة عند فواصل التمدد

## Pier Width Under Movable Supports at Expansion Joints

١٠-٩-١ يجب توفير عرض كافى للدعامات عند فواصل التمدد بحيث لا يقل طول الارتكاز

(N) الموضح بالشكل رقم (٩-١) عن الطول (N) المعطى بالمعادلة رقم (٩-٨).

$$N = (200 + 1.7 L + 6.7 H) (1 + 0.000125 \theta^2) / 1000 \quad (9-8)$$

حيث :

N طول الارتكاز بالمتر

L طول الجزء من الكوبرى المناظر لحركة الركيزة بالمتر حسب المبين بالشكل (٩-١)

H متوسط ارتفاع الدعامه (العمود) بالمتر .

$\theta$  انحراف محور الارتكاز عن الوضع المتعامد على المحور الطولى للكوبرى، وتقاس بالدرجات

٩-١٠-٢ يجب فى جميع الحالات ألا تقل قيمة الحد الأدنى للسماح بالحركة N عن قيمة الإزاحة الناتجة عن التحليل الزلزالى للكوبرى ويتم تخفيض قيمة N للنصف فى المناطق ذات الشدة الزلزالية الأولى.

٩-١٠-٣ يمكن تخفيض عرض فواصل التمدد باستخدام ضابط للحركة (restrainer) يصمم لإخماد حركة الفاصل الناتجة عن الزلازل مع مراعاة أخذ تأثير القوى الناتجة عن ذلك على كل من ضابط الحركة والعناصر الإنشائية للكوبرى على أن يسمح ضابط الحركة بحرية الحركة العادية لفاصل التمدد بدون مقاومة.

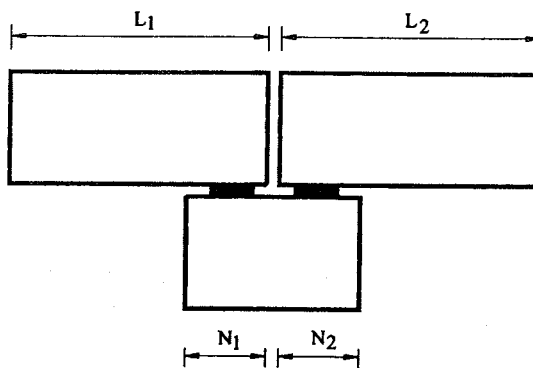
٩-١١ تأثير الزلازل فى مراحل تنفيذ الكوبرى

### Seismic Effects on Bridges During Construction

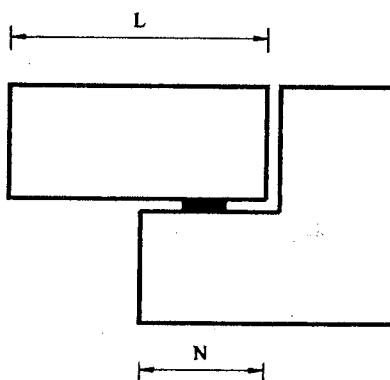
تخفيض القيم التصميمية لتأثير الزلازل فى مراحل التنفيذ بنسبة (٥٠ %) .

٩-١٢ الكبارى ذات الطبيعة الخاصة Special Bridges

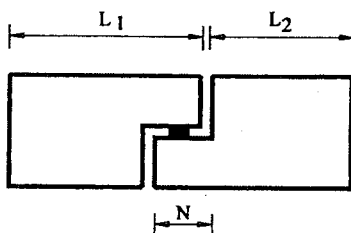
فى الكبارى ذات الطبيعة الخاصة مثل الكبارى المعلقة والكبارى الملجمة والكبارى العقدية والكبارى المتحركة والكبارى التى يزيد طول البحر فيها عن (١٥٠) متر، فإنه يمكن استخدام طريقة طيف التجاوب المركب أو طريقة التحليل الديناميكي الزمنى لحساب القوى الداخلية فى العناصر المختلفة للكوبرى تحت تأثير الحركة الأرضية الناتجة عن الزلازل ، وبحيث يتم عمل دراسات خاصة لتحديد معامل العجلة الخاصة بموقع الكوبرى واحتمال اختلاف قيمتها عند الدعامات المختلفة ، وكذلك إجراء دراسات ديناميكية تفصيلية متقدمة من قبل متخصص كفاء لتحديد القوى الداخلية نتيجة الزلازل فى الكوبرى وأساساته ، ودراسة تأثير الإجهادات الناشئة عن التصرف غير الخطى لبعض العناصر الإنشائية ، مع أخذ القيم الفعلية لجساءة العناصر الإنشائية المختلفة فى الاعتبار ، وتجرى دراسات تفصيلية لحساب هذه التأثيرات تعتمد على الجهة المسئولة عن الكوبرى فى كل حالة على حده.



عمود أو حائط ( Column or Pier )



حائط ارتكاز ( Abutment )



فاصل تمدد داخل باكية بالمشأ العلوى ( Expansion joint within a Span )

شكل (٩-١) أقل مسافة مسموح بها لارتكاز الكبارى



## الباب العاشر

## أحمال الزلازل على الخزانات

## Scope and General Concept

## ١-١٠ المجال والأسس العامة

١-١-١٠ يختص هذا الباب بضوابط أخذ تأثير الزلازل عند تصميم خزانات المياه العالية أو المرتكزة على الأرض وذلك من الخرسانة المسلحة أو من الصلب وكذلك الضغط الهيدروديناميكي للسوائل داخل الخزانات على كل من الحوائط والأرضيات.

٢-١-١٠ تقسيم مناطق النشاط الزلزالي يؤخذ طبقاً للبند (٨-٤-١) بالباب الثامن.

٣-١-١٠ لتطبيق البنود الواردة في هذا الباب لحساب قوى الزلازل على الخزانات فإنه يجب أن يراعى في تصميم تلك المنشآت عمل التفاصيل الإنشائية اللازمة لتحقيق مطولية مناسبة للوصلات طبقاً لأسس تصميم وتنفيذ الخزانات.

٤-١-١٠ أحمال الزلازل المحسوبة طبقاً لهذا الكود هي أحمال قصوى وفي حالة التصميم بطريقة إجهادات التشغيل يمكن تخفيض هذه القيم بالقسمة على المعامل (١,٤٠).

٥-١-١٠ الكودات المرجعية :

١ - الكود الأمريكي لمؤسسات أعمال المياه (AWWAD.100) .

٢ - الكود الأوروبي الموحد - الجزء الثامن.

٣ - الكود الأمريكي لمعهد الخرسانة (ACI 350.3)

٤ - الكود الهندي (IS 1893) .

## Elastic Response Spectrum

## ٢-١٠ طيف التجاوب المرن

يدخل طيف التجاوب المرن ضمن تأثير الزلازل على الخزانات ويرجع إلى الباب الثامن بند (٨-٤-٢-٢) لتحديد شكل طيف التجاوب الأفقي المرن للخزانات  $S_e(T)$  ويرجع

إلى البند ( ٣-٢-٤-٨ ) لتحديد طيف التجاوب الرأسى المرن للخرانات  $S_{ve}(T)$  مع مراعاة ضرب قيم طيف التجاوب فى معامل الأهمية  $(\gamma_i)$  المذكور فى البند ( ٦-٧-٨ ) .

#### ٣-١٠ طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن

#### Design Response Spectrum for Elastic Structural Analysis

قدرة النظام الإنشائى للخرانات على مقاومة قوى الزلازل فى الحدود اللدنة (بعد مرحلة المرونة) تتيح للمصمم إمكانية تصميم الخرانات على أحمال زلزالية أقل من المقدرة بواسطة طيف التجاوب المرن ويتم الرجوع للبند (٥-٢-٤-٨) من الباب الثامن لتحديد شكل طيف التجاوب التصميمى  $S_e(T)$  ويؤخذ معامل تعديل ردود الأفعال  $(R)$  طبقاً للبند (٥-١٠) .

#### Methods of Analysis

#### ٤-١٠ طرق التحليل

١ - يتم حساب تأثير الزلازل على الخرانات على أساس أن العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمنشأ والتربة تكون علاقة خطية.

٢ - يتم استخدام إحدى الطرق الثلاث التالية فى التحليل الإنشائى للخرانات ما لم يذكر خلاف ذلك.

أ - طريقة طيف التجاوب المبسط ( بند ٢-٣-٧-٨ )

#### Simplified Modal Response Spectrum Method

ب - طريقة طيف التجاوب المركب (بند ٣-٣-٧-٨)

#### Multi-Modal Response Spectrum Method

ج - طريقة التحليل الديناميكى الزمنى ( بند ٤-٣-٧-٨ )

#### Time History Method

٣ - يجب أن يكون النموذج الحسابى المستخدم لحساب تأثير الزلازل قادراً على تمثيل الجساءة والمقاومة والأحمال والكتلة والشكل الهندسى للمنشأ، وكذلك تمثيل قوى الضغط الهيدروديناميكى للسائل والتأثير المتبادل مع التربة - إذا لزم.

٤ - يتم التحليل الإنشائى للخرانات بفرض أن التشكلات فى حدود المرونة، ما لم يوضح فى الحالات الخاصة وجود تصرف لا خطى، ويوضح البند ( ٦-١٠ ) طرق طيف التجاوب المبسط للتحليل الزلزالى للخرانات ذات الأشكال الشائعة.



## Response Modification Factor (R)

## ١٠-٥ معامل تخفيض ردود الأفعال

١٠-٥-١ يؤخذ معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) R طبقاً للجدول (١٠-١)، وحسب درجة الممطولية (ممطولية محدودة أو ممطولية كافية).

## جدول (١٠-١) معامل تخفيض رد الفعل (R)

Type of tank	نوع الخزان	R
Elevated tank		
خزان مرتكز على قلب من الحوائط الخرسانية المسلحة مسلح بشبكتين من التسليح		1.8
Tank Supported on RC shaft		
خزان مرتكز على إطار من الخرسانة المسلحة		
Tank Supported on RC frame		
(a) Frame conforming to limited ductility	(أ) إطار ذو ممطولية محدودة	1.8
(b) Frame conforming to sufficient ductility	(ب) إطار ذو ممطولية كافية	2.5
خزان مرتكز على إطار من الصلب		2.5
Tank Supported on steel frame		
Ground Supported Tank		
خزان من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد		
RC/ Prestressed tank		
a) Fixed or hinged base tank	(أ) قاعدة مثبتة أو تسمح بالدوران	2.0
خزان من الصلب		
Steel tank		
a) Unanchored base	(أ) خزان غير مثبت بالأرض	2.0
b) Anchored base	(ب) خزان مثبت بالأرض	2.5

## ١٠-٦ طريقة طيف التجاوب المبسط لتحديد أحمال الزلازل على الخزانات

## Simplified Response Spectrum Method for Determining Seismic Loads on Tanks

## ١٠-٦-١ نموذج للتحليل الزلزالي

يؤدي اهتزاز السوائل داخل الخزانات إلى توليد ضغط هيدروديناميكي دفعي وحركي على كل من حوائط وأرضية الخزان وذلك بالإضافة إلى الضغط الاستاتيكي. ويمكن حساب الضغط

الهيدروديناميكى فى التحليل يتمثل الخزان بنموذج مكافئ فى الكتلة والجساءة مع الأخذ فى الاعتبار التأثير المتبادل بين الحائط والسائل. وتعتمد العوامل المحددة لهذا النموذج على شكل الخزان ومدى مرونته.

#### ١٠-١-٦-١ الخزانات المرتكزة على الأرض

- أ - يمكن تمثيل الخزانات بنموذج مكافئ من الكتلة والجساءة له درجة حرية واحدة كما هو موضح بشكل (١٠-١-أ). تتصل الكتلة الحركية من السائل ( $m_i$ ) بحائط الخزان عند ارتفاع  $h_i$  أو  $h_i^*$  بجساءة عالية. وبالمثل تتصل الكتلة الدفعية من السائل ( $m_c$ ) بحائط الخزان عند إرتفاع  $h_c$  أو  $h_c^*$  بزنبك ذو جساءة  $k_c$ .
- ب - تحدد العوامل البارامترية  $k_c, h_c, h_i, h_i^*, m_c, m_i$  من شكل رقم (١٠-٢) بالنسبة للخزانات الدائرية وشكل رقم (١٠-٣) بالنسبة للخزانات المستطيلة.
- ج - الارتفاعات  $h_i$  و  $h_c$  أخذ فى الاعتبار الضغط الهيدروديناميكى على حوائط الخزان فقط وبالتالي تستخدم فى حساب العزوم أسفل حائط الخزان.
- د - الارتفاعات  $h_i^*$  و  $h_c^*$  تأخذ فى الاعتبار الضغط الهيدروديناميكى على حوائط وقاعدة الخزان وبالتالي تستخدم فى حساب العزوم الانقلابية على قاعدة الخزان.

#### ١٠-١-٦-٢ الخزانات المرفوعة

- أ - يمكن تمثيل الخزانات المرفوعة المثبتة على أبراج بنموذج مكافئ فى الكتلة والجساءة له درجتين من حرية الحركة واحدة تمثل الكتلة الحركية من السائل ( $m_i$ ) مضافا إليها كتلة المنشأ ( $m_s$ ) وذات جساءة جانبية تساوى ( $k_s$ ) والأخرى تمثل الكتلة الدفعية من السائل ( $m_c$ ) وذات زنبك بجساءة ( $k_c$ ) كما هو موضح فى شكل رقم (١٠-١-ب). وتحدد قيمة كتلة المنشأ ( $m_s$ ) مساوية لكتلة الخزان بالإضافة إلى ثلث كتلة الهيكل الحامل له.
- ب - تحدد العوامل البارامترية  $k_c, h_c, h_i, h_i^*, m_c, m_i$  من شكل رقم (١٠-٢) بالنسبة للخزانات الدائرية وشكل رقم (١٠-٣) بالنسبة للخزانات المستطيلة.
- ج - الارتفاعات  $h_i, h_c, h_i^*, h_c^*$  تحدد كما جاء فى الفقرة (ج) ، (د) من البند (١٠-١-٦-١)

## ٣-١-٦-١٠ خزانات ذات أشكال أخرى

بالنسبة لأشكال الخزانات الأخرى غير الدائرية والمستطيلة مثل الشكل المخروطى تؤخذ قيمة  $h/D$  المناظرة لخزان دائرى مكافئ له نفس الحجم وقطره مساوياً لقطر الخزان عند المستوى العلوى للسائل كما أن العوامل البارامترية  $k_c, m_i, m_c, h_i, h_i^*, h_c, h_c^*$  تكون المناظرة للخزان الدائرة المكافئ.

## ٢-٦-١٠ معادلات لحساب الطول الموجى الأساسى

## (Impulsive mode)

## ١-٢-٦-١٠ زمن الطول الموجى الحركى

أ - بالنسبة للخزانات الدائرية المرتكزة على الأرض والتي يكون فيها اتصال الحوائط ببلاطة قاعدة الخزان يسمح بانتقال العزوم (rigidly connected)، يتم حساب زمن الطول الموجى الحركى ( $T_i$ ) من المعادلة:

$$T_i = C_i \frac{h\sqrt{\rho}}{\sqrt{t/D}\sqrt{E}} \quad (10-1)$$

حيث :

 $T_i$  زمن الطول الموجى الحركى بالثانية $C_i$  معامل يحدد من شكل رقم (٤-١٠) $h$  أقصى عمق للسائل $t$  سمك حائط الخزان $E$  معامل مرونة لحائط الخزان $\rho$  كثافة كتلة السائل

ب - بالنسبة للخزانات المستطيلة المرتكزة على الأرض والتي يكون فيها اتصال الحوائط ببلاطة قاعدة الخزان يسمح بانتقال العزوم (rigidly connected) ، يتم حساب زمن الطول الموجى الحركى ( $T_i$ ) فى اتجاهين متعامدين من المعادلة:

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}} \quad (10-2)$$

حيث:

d الإزاحة الجانبية المرنة لحائط الخزان عند إرتفاع  $\bar{h}$  نتيجة أخذ ضغط موزع ثابت ذو قيمة q طبقاً للمعادلات الآتية :

$$\bar{h} = \frac{\frac{m_i}{2} h_i + \overline{m_w} \frac{h}{2}}{\frac{m_i}{2} + \overline{m_w}} \quad (10-3)$$

$$q = \frac{\left( \frac{m_i}{2} + \overline{m_w} \right) g}{Bh} \quad (10-4)$$

$m_i$  الكتلة الحركية من السائل.

$\overline{m_w}$  كتلة أحد حوائط الخزان فى إتجاه عمودى على القوى الزلزالية.

B البعد الداخلى للخزان فى إتجاه القوة الزلزالية.

جـ- بالنسبة للخرانات المرفوعة سواء الدائرية أو المستطيلة يتم حساب زمن الطول الموجى الحركى ( $T_i$ ) من المعادلة:

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{m_i + m_s}{k_s}} \quad (10-5)$$

حيث:

$m_s$  قيمة كتلة الخزان مضافا لها ثلث كتلة الهيكل الحامل له.

$k_s$  الجساءة الجانبية للهيكل الحامل فى إتجاه القوة الزلزالية .

(Convective mode)

١٠-٦-٢-٢ زمن الطول الموجى الدفعى

أ - بالنسبة لجميع أنواع الخزانات سواء الدائرية أو المستطيلة الشكل يتم حساب زمن الطول الموجى الدفعى ( $T_c$ ) من المعادلة:

$$T_c = 2\pi \sqrt{\frac{m_c}{k_c}} \quad (10-6)$$

حيث : أن قيم  $m_c$  و  $k_c$  يمكن تحديدها من الشكل (١٠-٢) للخران الدائرى وشكل رقم (١٠-٣) للخران المستطيل.

ب - كحل بديل يمكن حساب زمن الطول الموجى الدفعى ( $T_c$ ) :

- للخرانات الدائرية من المعادلة :

$$T_c = C_c \sqrt{D/g} \quad (10-7)$$

حيث:

$C_c$  : معامل يمكن الحصول عليه من شكل رقم (١٠-٤)  
 $D$  : القطر الداخلى للخرانات

- للخرانات المستطيلة من المعادلة :

$$T_c = C_c \sqrt{L/g} \quad (10-8)$$

حيث:

$C_c$  : معامل يحدد من شكل رقم (١٠-٥).  
 $L$  : الطول الداخلى للخران فى إتجاه موازى لأتجاه القوى الزلزالية.

#### ١٠-٢-٣ تأثير الخزانات المرتكزة على تربة ضعيفة

أ - فى الخزانات المرتكزة على تربة ضعيفة يمكن أخذ تأثير مرونة التربة فى حساب زمن الطول الموجى.

ب - بصفة عامة فإن مرونة التربة لا تؤثر على زمن الطول الموجى الدفعى بينما يمكن أن تؤثر على زمن الطول الموجى الحركى.

## ١٠-٦-٣ قوى القص الأساسية القصوى

أ - بالنسبة للخزانات المرتكزة على الأرض فإن قوى القص أسفل حائط الخزان ( $V_i$ ) نتيجة التشكل الحركى:

$$V_i = S_d(T_i).(m_i + m_w + m_t) \quad (10-9)$$

وقوى القص  $V_c$  نتيجة التشكل الدفعى:

$$V_c = S_d(T_c).(m_c) \quad (10-10)$$

حيث:

$S_d(T_i)$  قيمة طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن

( طبقاً للبند ( ٨-٤-٢-٥ ) ) عند زمن طول موجى ( $T_i$ )

$S_d(T_c)$  قيمة طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن

( طبقاً للبند ( ٨-٤-٢-٥ ) ) عند زمن طول موجى ( $T_c$ )

$m_i$  الكتلة الحركية من السائل

$m_w$  كتلة حوائط الخزان

$m_t$  كتلة بلاطة سطح الخزان

$g$  عجلة الجاذبية الأرضية

ب - بالنسبة للخزانات المرفوعة المثبتة على هياكل حاملة فإن قوى القص فوق منسوب ظهر الأساسات ( $V_i$ ) نتيجة التشكل الحركى يتم حسابها من المعادلة التالية :

$$V_i = S_d(T_i).(m_i + m_s) \quad (10-11)$$

وقوى القص ( $V_c$ ) نتيجة التشكل الحركى يتم حسابها من المعادلة التالية :

$$V_c = S_d(T_c).(m_c) \quad (10-12)$$

حيث :  $m_s$  كتلة الخزان بالإضافة إلى ثلث كتلة الهيكل الحامل له.

ج- قوى القص الكلية  $V$  يمكن حسابها بالجذر التربيعي لمجموع مربعات قوى القص نتيجة للتشكل الحركي والدفعي معاً:

$$V = \sqrt{(V_i)^2 + (V_c)^2} \quad (10-13)$$

د - قيم طيف التجاوب طبقاً لجدول (٣-٨) تم حسابها على أساس نسبة اضمحلال تصميمي قيمتها ٥% ويتم تعديله إذا اختلفت نسبة الاضمحلال (على سبيل المثال، يتم ضرب القيم في ١,٧٥ في حالة نسبة اضمحلال تصميمي قيمها ٠,٥%).

#### ١٠-٦-٤: العزم الأساسي الأقصى

أ - بالنسبة للخزانات المرتكزة على الأرض فإن عزوم الانحناء أسفل حائط الخزان نتيجة التشكل الحركي  $(M_i)$  :

$$M_i = S_d(T_i) \cdot (m_i h_i + m_w h_w + m_t h_t) \quad (10-14)$$

وعزوم الانحناء نتيجة التشكل الدفعي  $(M_c)$  :

$$M_c = S_d(T_c) \cdot (m_c h_c) \quad (10-15)$$

حيث :

$h_w$  ارتفاع مركز نقل كتلة حائط الخزان  
 $h_t$  ارتفاع مركز نقل كتلة بلاطة سطح الخزان

ب - عزوم الانقلاب للخزانات المرتكزة على الأرض نتيجة التشكل الحركي لحساب إيزان الخزان أسفل بلاطة قاعدة الخزان  $M_i^*$ :

$$M_i^* = S_d(T_i) \cdot \left( m_i(h_i^* + t_b) + m_w(h_w + t_p) + m_t(h_t + t_b) + \frac{m_b t_b}{2} \right) \quad (10-16)$$

وعزوم الانقلاب نتيجة التشكل الدفعى  $M_c^*$  :

$$M_c^* = S_d(T_c) \cdot m_c(h_c^* + t_b) \quad (10-17)$$

حيث :

$m_b$  كتلة بلاطة قاعدة الخزان

$t_b$  سمك بلاطة قاعدة الخزان

ج- بالنسبة للخزانات المرفوعة المثبتة على هياكل فإن عزوم الانقلاب فوق منسوب ظهر

الأساسات  $(M_i^*)$  نتيجة التشكل الحركى :

$$M_i^* = S_d(T_i) \{ m_i(h_i^* + h_s) + m_s h_{cg} \} \quad (10-18)$$

وعزوم الانقلاب  $(M_c^*)$  نتيجة التشكل الدفعى :

$$M_c^* = S_d(T_c) \cdot m_c(h_c^* + h_s) \quad (10-19)$$

حيث :

$h_s$  ارتفاع الهيكل الحامل للخزان مقاساً من فوق منسوب ظهر الأساسات إلى أسفل

حوائط الخزان.

$h_{cg}$  ارتفاع مركز ثقل الخزان فارغاً مقاساً من فوق منسوب ظهر الأساسات للهيكل

الحامل.

د - قوى العزوم الكلية  $M$  يمكن حسابها بالجذر التربيعى لمجموع مربعات قوى العزم نتيجة

التشكل الحركى والدفعى معاً :

$$M = \sqrt{M_i^2 + M_c^2} \quad (10-20 a)$$

or

$$M^* = \sqrt{(M_i^*)^2 + (M_c^*)^2} \quad (10-20 b)$$



## ٧-١٠ تجميع مركبات الأحمال الناتجة من الزلازل

## Combination of the components of the Seismic Action

١-٧-١٠ بعد عمل تحليل زلزالي فى إتجاهين أفقيين متعامدين وفى الاتجاه الرأسى طبقاً للبند (٦-١٠)، يتم استخدام إحدى الطريقتين التاليتين لحساب القوى الداخلية بالأعضاء الإنشائية للخران.

١-١-٧-١٠ عن طريق التجميع المطلق (بدون إشارات) = ( ١٠٠ % ) من قيم القوى الناتجة عن الحركة الزلزالية فى أحد الإتجاهات الثلاثة مع ( ٣٠ % ) من قيم القوى الناتجة عن الحركة الزلزالية فى الاتجاهين الآخرين.

$$\begin{array}{llll} E_T = E_{(Fx)} & + & 0.30 E_{(Fy)} & + & 0.30 E_{(Fz)} & \text{أ -} \\ E_T = 0.30 E_{(Fx)} & + & E_{(Fy)} & + & 0.30 E_{(Fz)} & \text{ب -} \\ E_T = 0.30 E_{(Fx)} & + & 0.30 E_{(Fy)} & + & E_{(Fz)} & \text{ج -} \end{array}$$

حيث :

$E_{(Fx)}$  القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائي من القوى الزلزالية فى إتجاه محور X

$E_{(Fy)}$  القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائي من القوى الزلزالية فى إتجاه محور Y

$E_{(Fz)}$  القوى الداخلية المتولدة بالعنصر الإنشائي من القوى الزلزالية فى إتجاه محور Z

$E_T$  تأثير أحمال الزلازل المأخوذة فى الاعتبار

مع مراعاة أن إشارة كل مركبة يجب أن تؤخذ فى الإتجاه الأكبر تأثيراً على الخزان.

٢-١-٧-١٠ يأخذ الجذر التربيعى لمجموع مربعات القوى الداخلية بأى عنصر نتيجة تأثير الزلازل فى الثلاثة إتجاهات المتعامدة كل على حده، أى -

$$E_T = \sqrt{E_{(Fx)}^2 + E_{(Fy)}^2 + E_{(Fz)}^2} \quad (10-21)$$

١٠-٧-٢ يتم تجميع أحمال الزلازل في الإتجاهات المختلفة والسابق حسابها في البند (١٠-٧-١) مع الأحمال الدائمة والأحمال الحية طبقاً لكودات التصميم المعنية.

#### ١٠-٨ الضغط الهيدروديناميكي على أرضيات وحوائط الخزان

#### Hydrodynamic Pressure on Tank Floor and Walls

##### ١٠-٨-١ توزيع الضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الأفقية

يمكن حساب توزيع الضغط الهيدروديناميكي الدفعي والحركي للسوائل على أرضيات وحوائط الخزان نتيجة أحمال الزلازل الأفقية طبقاً لما هو مبين في البنود التالية :-

##### ١٠-٨-١-١ الضغط الهيدروديناميكي الحركي

##### أ - الخزانات الدائرية

- معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الجانبي على حوائط الخزان ( $P_{iw}$ ):

$$P_{iw} = Q_{iw}(y) \cdot S_d(T_i) \cdot \rho h \cos \phi \quad (10-22)$$

حيث :

$\rho$  كثافة كتلة السائل

$\phi$  زاوية دائرية

$y$  الارتفاع الرأسى لنقطة على حافة الخزان مقاساً من سطح بلاطة أرضية الخزان

$Q_{iw}(y)$  معامل يحدد من شكل (١٠-٦) ، (١٠-٧)

- ومعادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الرأسى على بلاطة أرضية الخزان : ( $P_{ib}$ )

$$P_{ib} = 0.866 S_d(T_i) \rho h \frac{\sinh\left(0.866 \frac{x}{h}\right)}{\cosh\left(0.866 \frac{L'}{h}\right)} \quad (10-23)$$

حيث :

$x$  المسافة الأفقية لنقطة على أرضية الخزان منعكسة من مركز الخزان فى اتجاه القوى الزلزالية.

ب - الخزانات المستطيلة

• معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الجانبى على حوائط الخزان ( $P_{iw}$ ):

$$P_{iw} = Q_{iw}(y) \cdot S_d(T_i) \cdot \rho \cdot h \quad (10-24)$$

حيث :

$Q_{iw}(y)$  معامل يحدد من شكل (٧-١٠)

• معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الرأسى على بلاطة أرضية الخزان ( $P_{ib}$ )

$$P_{ib} = Q_{ib}(x) \cdot S_d(T_i) \cdot \rho \cdot h \quad (10-25)$$

حيث :

$Q_{ib}(x)$  معامل يحدد من شكل (٧-١٠)

٢-١-٨-١٠ الضغط الهيدروديناميكي الدفعى

أ - الخزانات الدائرية :

• معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الدفعى الجانبى على حوائط الخزان ( $P_{cw}$ ):

$$P_{cw} = Q_{cw}(y) \cdot S_d(T_e) \cdot \rho \cdot D \left( 1 - \frac{1}{3} \cos^2 \phi \right) \cos \phi \quad (10-26)$$

حيث :

$Q_{cw}(y)$  معامل يحدد من الشكل (٦-١٠) ، (٨-١٠)

• معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الدفعى الرأسى على بلاطة أرضية الخزان ( $P_{cb}$ ):

$$P_{cb} = Q_{cb}(x).S_d(T_c).\rho.D \quad (10-27)$$

حيث :

$$Q_{cb}(x) \text{ معامل يحدد من الشكل (١٠-٨).}$$

ب - الخزانات المستطيلة :

- معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الجانبى على حوائط الخزان ( $P_{cw}$ ):

$$P_{cw} = Q_{cw}(y).S_d(T_c).\rho.L \quad (10-28)$$

حيث :

$$Q_{cw}(y) \text{ : معامل يحدد من شكل رقم (١٠-٩)}$$

- معادلة توزيع الضغط الهيدروديناميكي الحركي الرأسى على أرضية الخزان ( $P_{cb}$ ):

$$P_{cb} = Q_{cb}(x).S_d(T_c).\rho.L \quad (10-29)$$

حيث :

$$Q_{cb}(x) \text{ معامل يحدد من شكل رقم (١٠-٩).}$$

١٠-٨-١-٣ فى الخزانات الدائرية يكون توزيع الضغط الهيدروديناميكي الجانبى على الحوائط متغير القيمة على محيط الخزان . ولكن يمكن فرض توزيع تقريبي مبسط ذو توزيع ضغط هيدروديناميكي ثابت القيمة مساوى لأقصى قيمة ضغط كما هو موضح بشكل (١٠-١٠).

١٠-٨-١-٤ فى الخزانات الدائرية والمستطيلة يكون توزيع الضغط الهيدروديناميكي الجانبى على الحوائط منحنى متغير القيمة مع إرتفاع الخزان . ولكن يمكن فرض توزيع خطى متغير القيمة ويعطى قوى قص وعزوم إنقلاب أسفل حائط الخزان مكافئة للتوزيع الحقيقى كما هو موضح بالشكل (١٠-١٠).

١٠-٨-١-٥ قيمة الضغط على حوائط الخزان نتيجة قصورها الذاتي :

$$P_{ww} = S_d(T_i).t.\rho_m \quad (10-30)$$

حيث :

$\rho_m$  كثافة كتلة حوائط الخزان .

$t$  سمك حائط الخزان .

١٠-٨-٢ توزيع الضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الرأسية

يمكن حساب توزيع الضغط الهيدروديناميكي الإضافي الجانبي للسوائل ( $P_v$ ) على حوائط الخزان نتيجة أحمال الزلازل الرأسية طبقاً لما يلي :

$$P_v = S_v(T). \rho . h \left(1 - \frac{y}{h}\right) / R \quad (10-31)$$

حيث :

$y$  مسافة رأسية مقاسة من أسفل نقطة لحائط الخزان.

$S_v(T)$  إحدائي الطيف التصميمي الرأسى للتحليل الإنشائي المرن طبقاً للبند ( ٨-٤-٢-

٣ ) عند زمن طول موجي في الإتجاه الرأسى  $T_v$  وفي حالة عدم وجود حسابات

دقيقة تؤخذ قيمة  $T_v$  مساوية ٠,٣ ثابتة لجميع أنواع الخزانات.

١٠-٨-٣ حالات تجميع أقصى قيمة للضغط الهيدروديناميكي نتيجة أحمال الزلازل الأفقية والرأسية

يؤخذ الجذر التربيعي لمجموع مربعات قيمة الضغط الهيدروديناميكي (SRSS) نتيجة

أحمال الزلازل الأفقية والرأسية طبقاً لما يلي :

$$P_{max} = \sqrt{(P_{iw} + P_{ww})^2 + P_{cw}^2 + P_v^2} \quad (10-32)$$

## ١٠-٨-٤ ارتفاع موجة التشكل الدفعى

## Sloshing Wave height

تؤخذ قيمة أقصى ارتفاع لموجة التشكل الدفعى للسائل فى الخزانات الدائرية

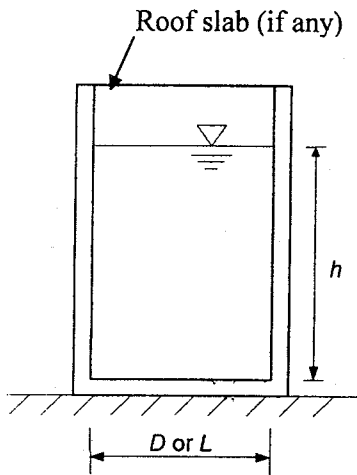
$$d_{\max} = S_d(T_c) \cdot R \cdot \frac{D}{2} \quad (10-33)$$

وفى الخزانات المستطيلة

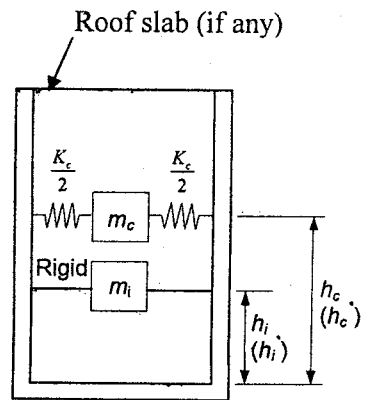
$$d_{\max} = S_d(T_c) \cdot R \cdot \frac{L}{2} \quad (10-34)$$

حيث :

$S_d(T_c)$  قيمة طيف التجاوب التصميمى للتحليل الإنشائى المرن عند زمن الطول الموجى  
للتشكل الدفعى  $(T_c)$ .

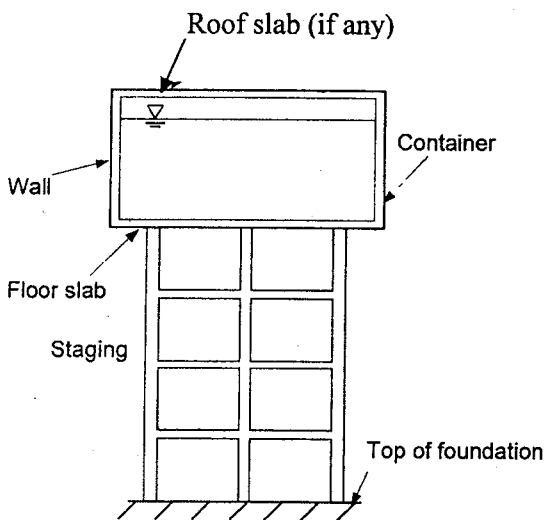


(a) Tank

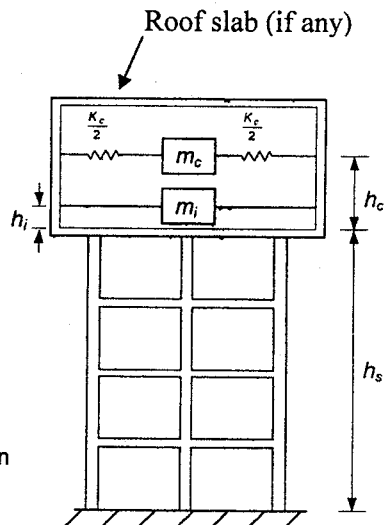


(b) Spring mass model

### أ - الخزانات المرتكزة على الأرض



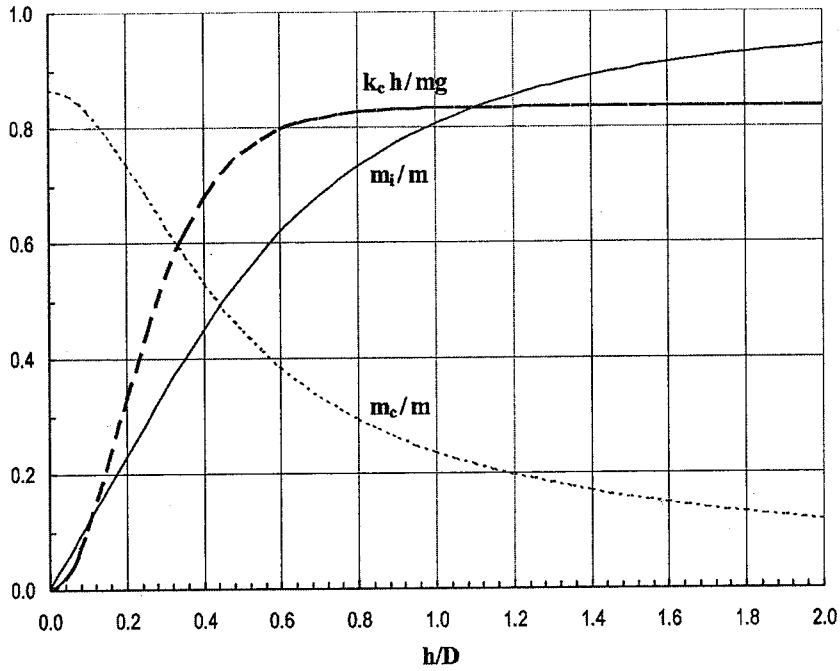
(a) Elevated tank



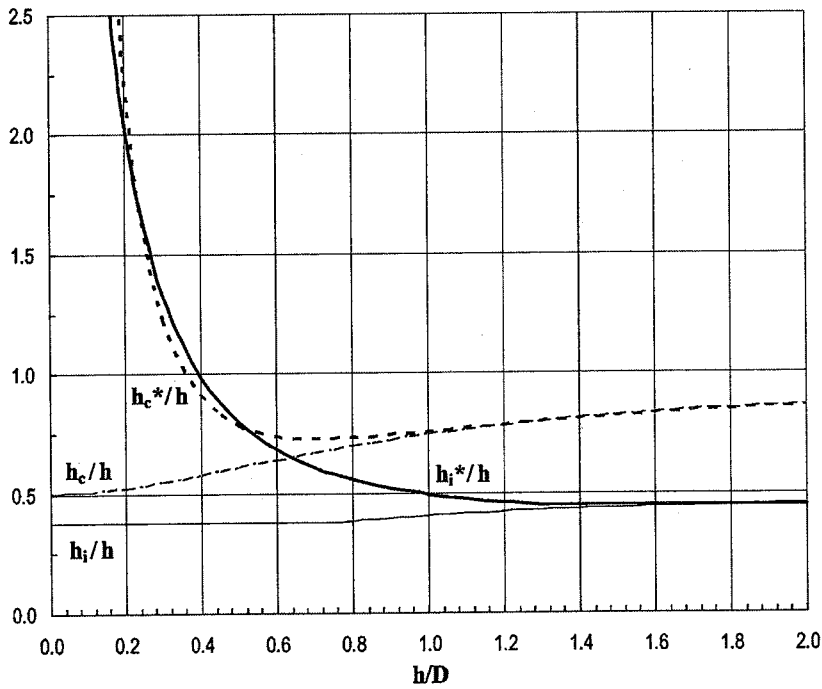
(b) Spring mass model

### ب - الخزانات المرفوعة عن الأرض

شكل (١٠-١) نماذج الزنبرك - الكتلة للخزانات الإسطوانية والمستطيلة



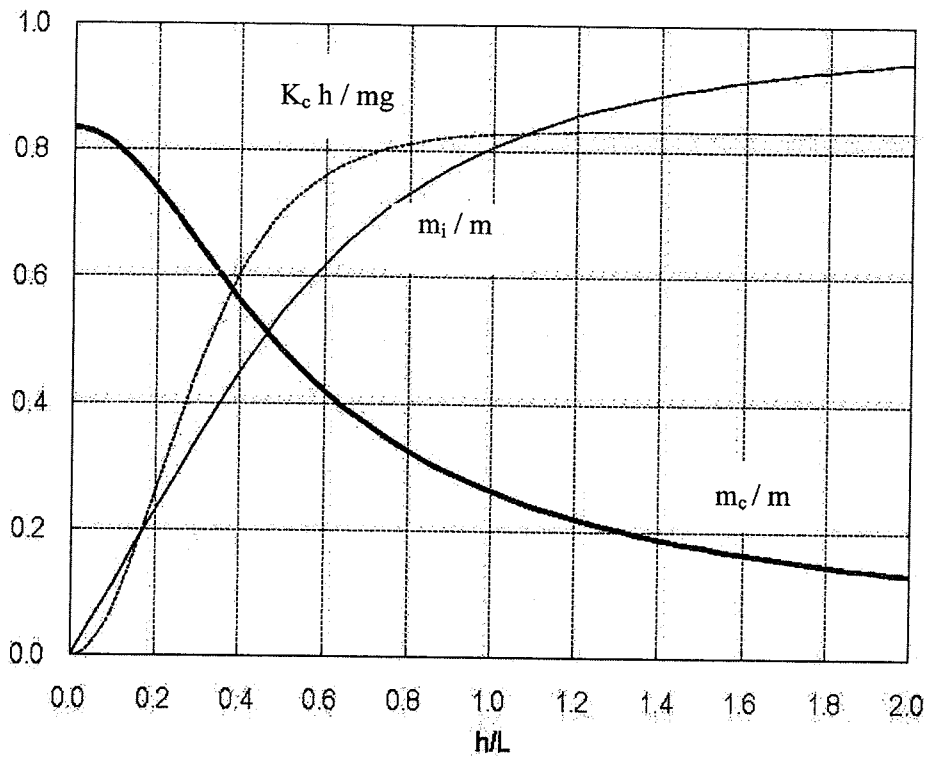
نسب الكتلة الدفعية والحركية وجساءة الزنبرك الحركي



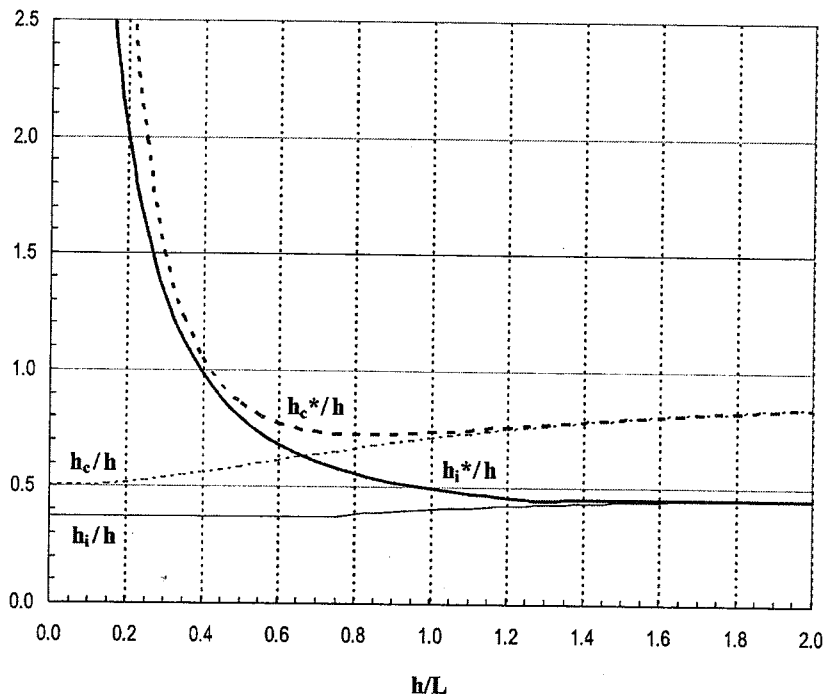
ارتفاعات تأثير الكتلة الدفعية والحركية

شكل (١٠-٢) معاملات نموذج الزنبرك - الكتلة للخزانات الاسطوانية



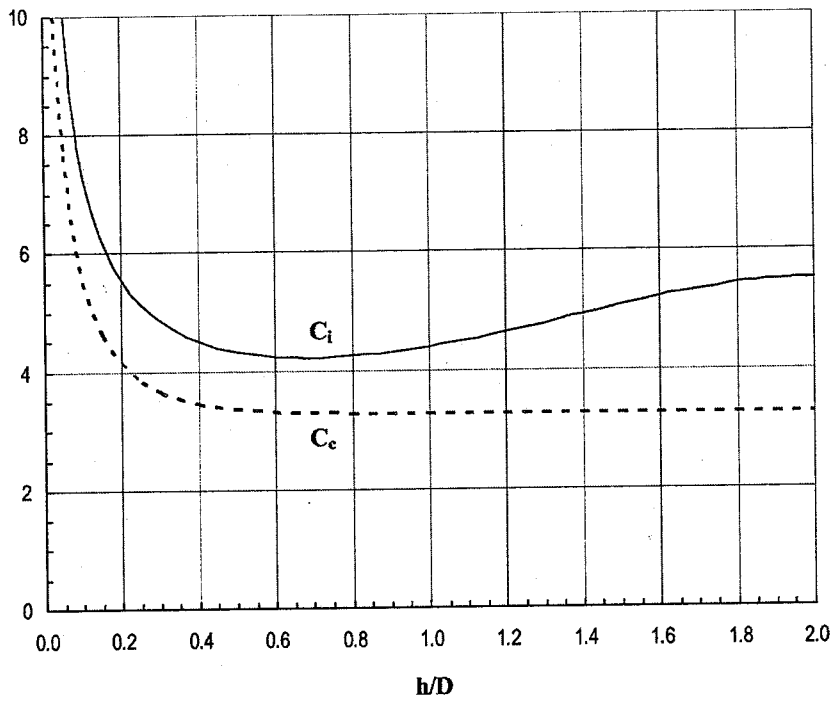


نسب الكتلة الدفعية والحركية وجساءة الزنبرك الحركي

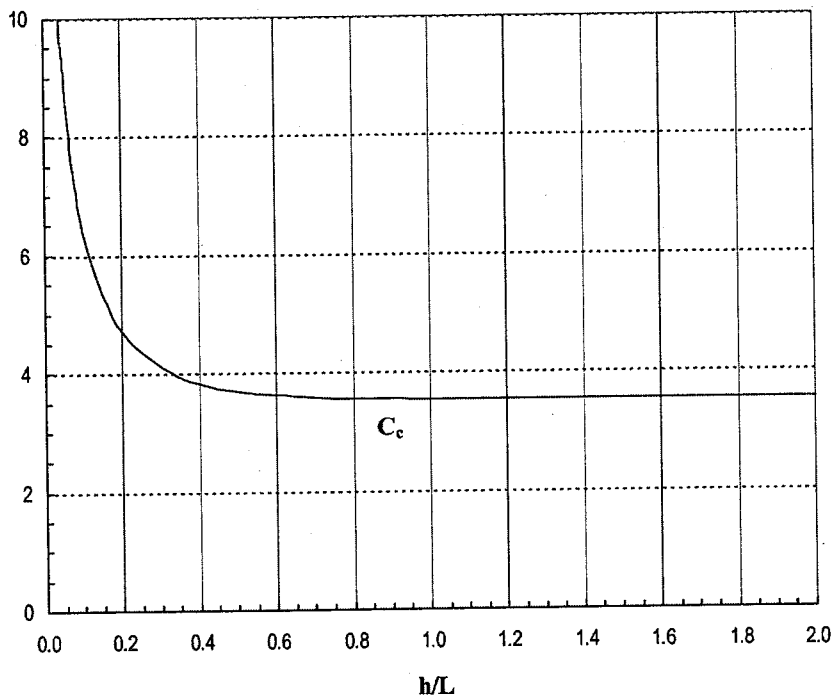


ارتفاعات تأثير الكتلة الدفعية والحركية

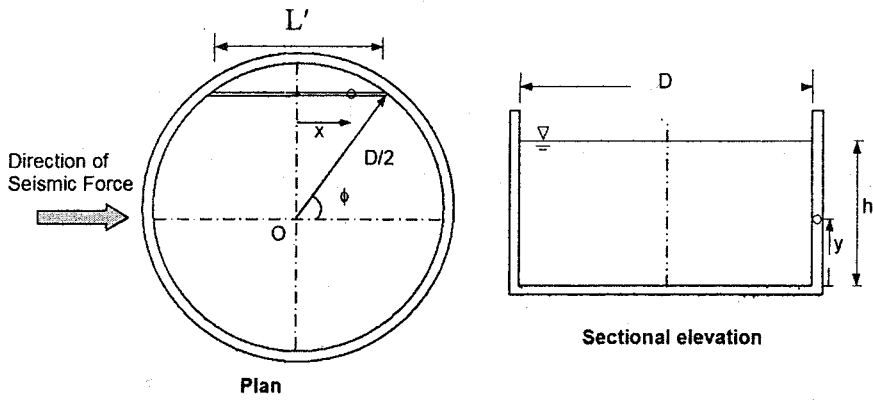
شكل (٣-١٠) معاملات نموذج الزنبرك - الكتلة للخزانات المستطيلة.



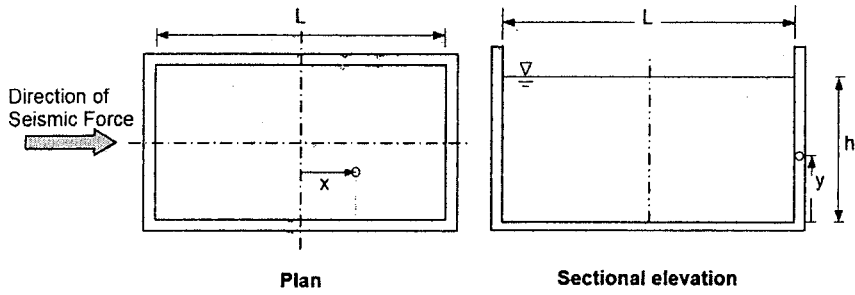
شكل (١٠-٤) معاملات الزمن المودى الدفعية ( $C_i$ ) والحركية ( $C_e$ ) للخزانات الإسطوانية.



شكل (١٠-٥) معاملات الزمن المودى الدفعية ( $C_e$ ) للخزانات المستطيلة.

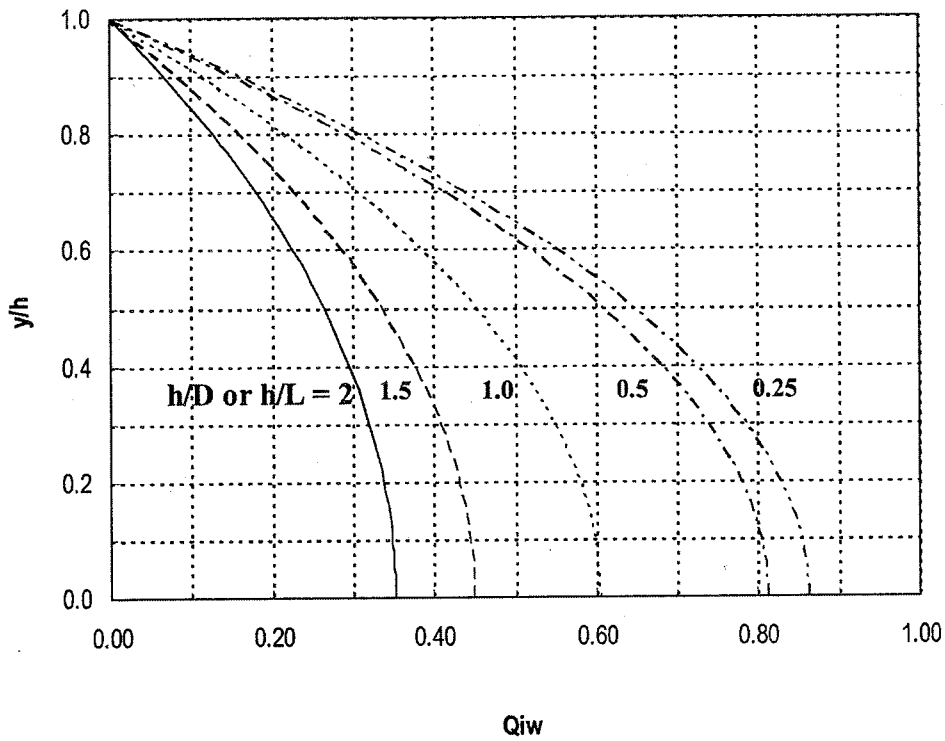


أ - خزان إسطوانى

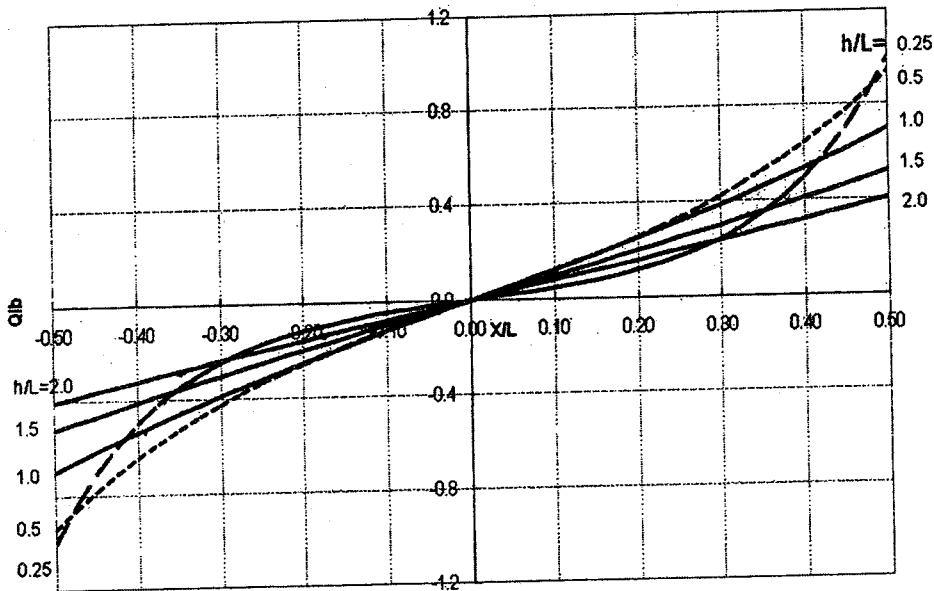


أ - خزان مستطيل

شكل (٦-١٠) الأبعاد الهندسية للخزانات الإسطوانية والمستطيلة.

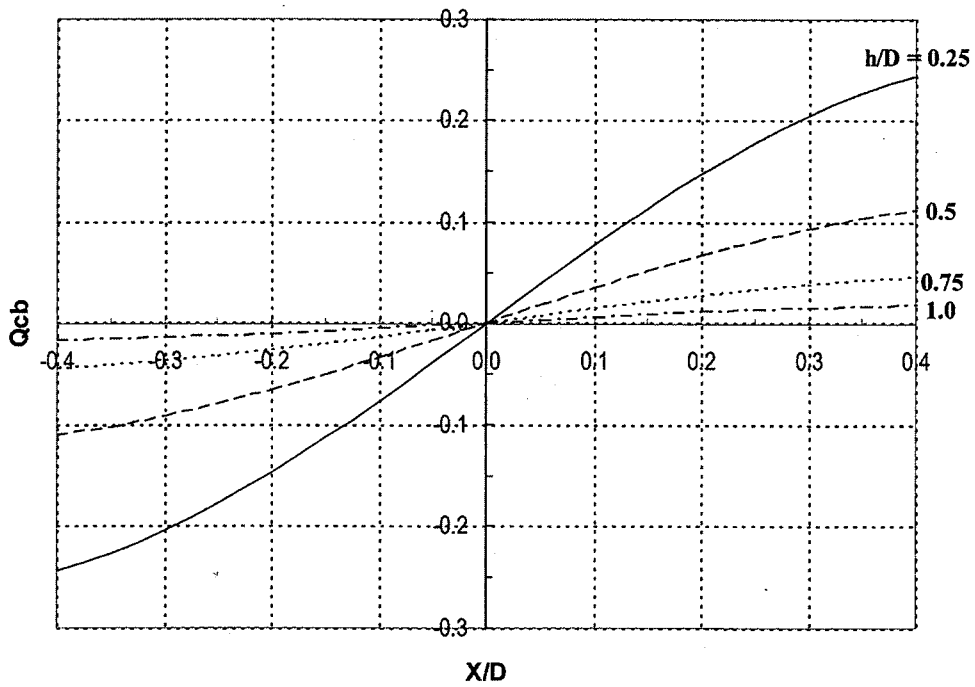
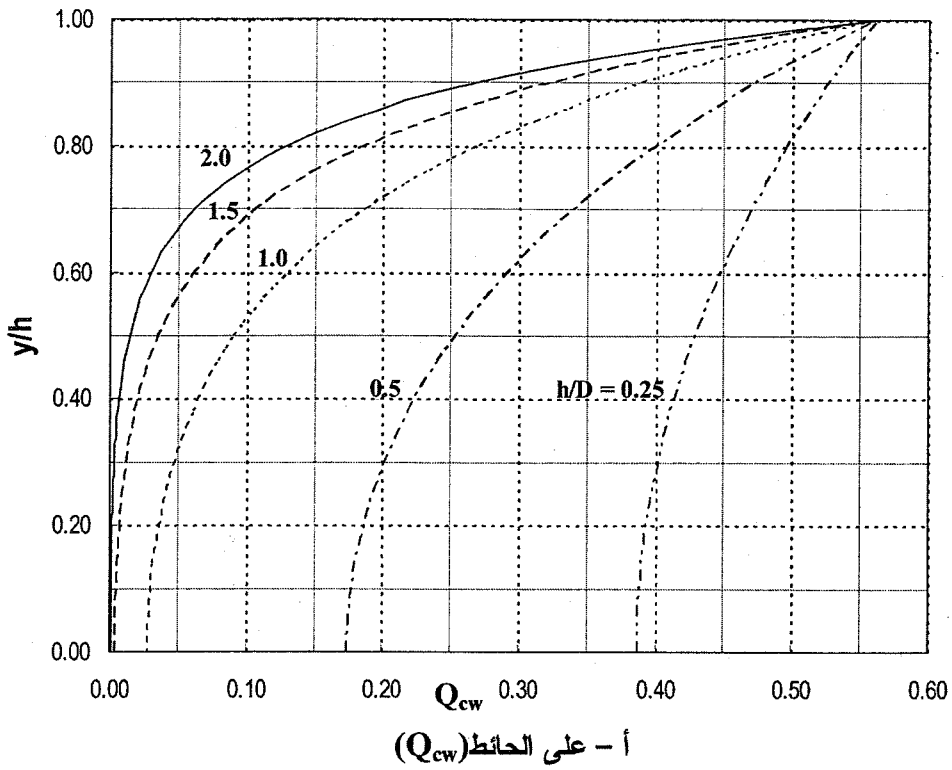


أ - على الحوائط ( $Q_{iw}$ )

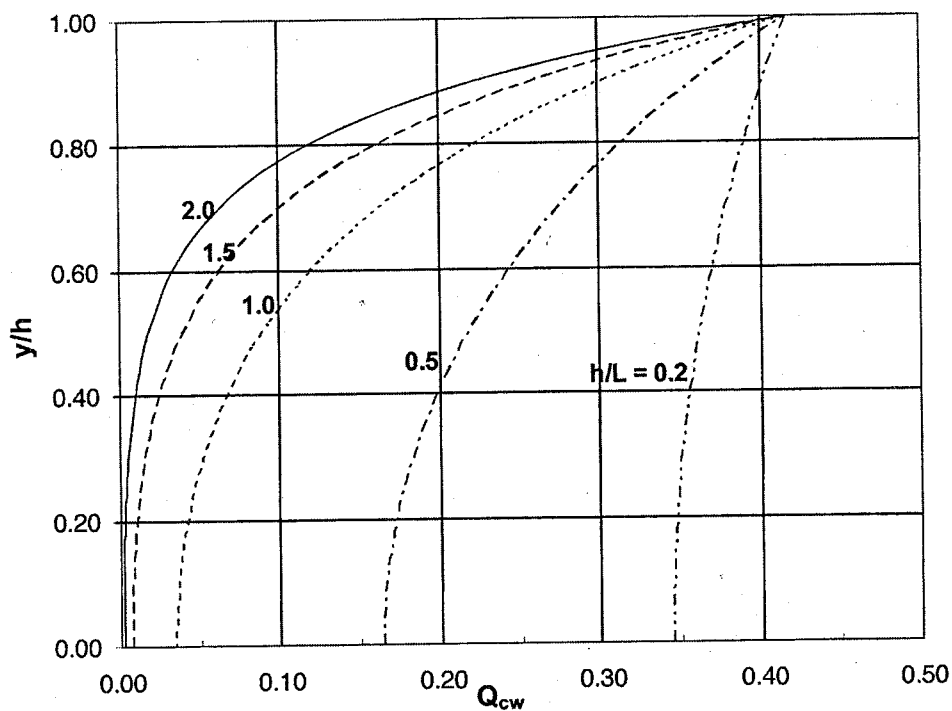


ب - على أرضية الخزان ( $Q_{ib}$ )

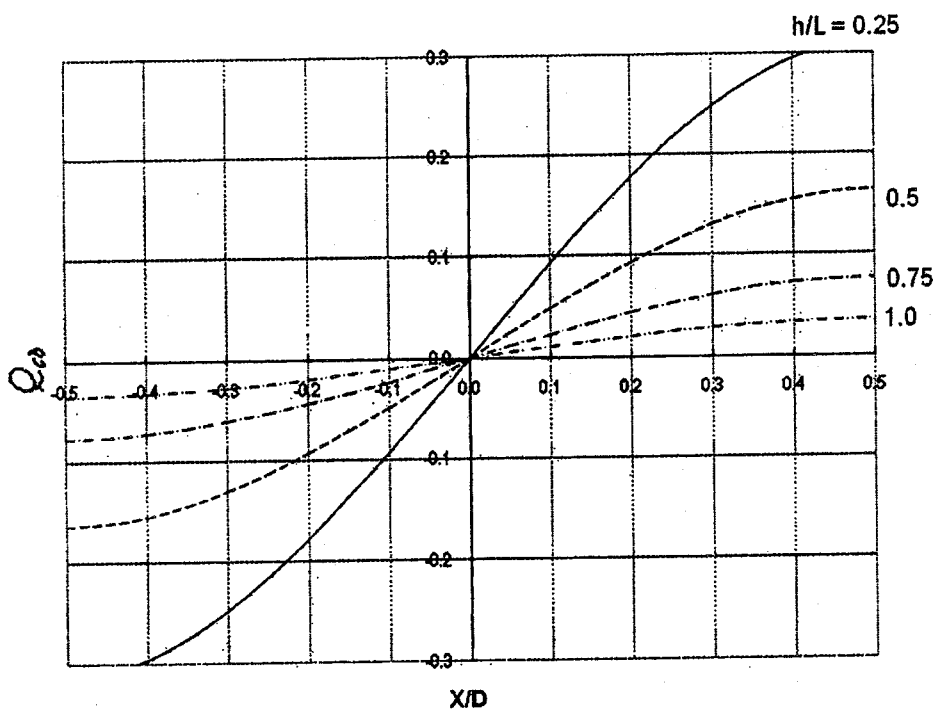
شكل (١٠-٧) معاملات الضغط الدفعي للخزانات الاسطوانية والمستطيلة



شكل (١٠-٨) معامل الضغط الحركى للخزانات الإسطوانية

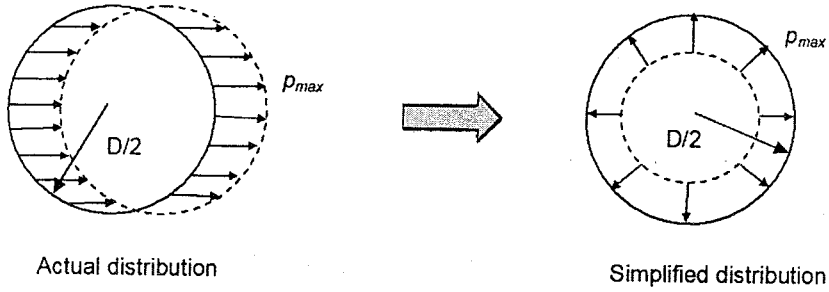


أ - على الحائط ( $Q_{cw}$ )

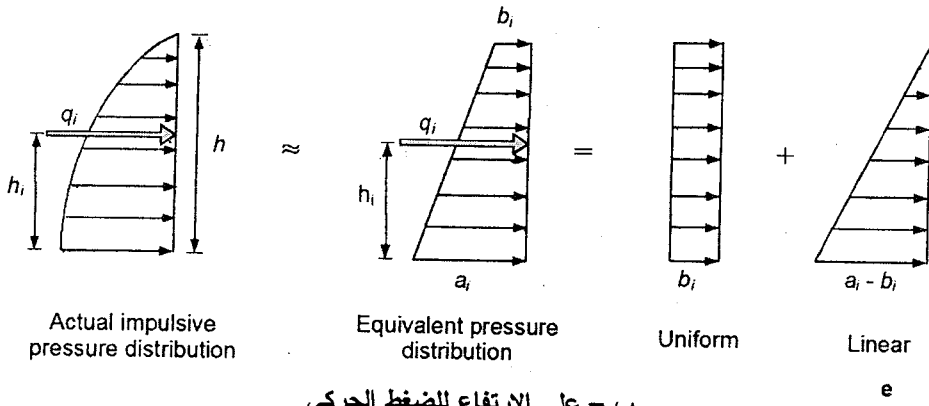


ب - على أرضية الخزان ( $Q_{cb}$ )

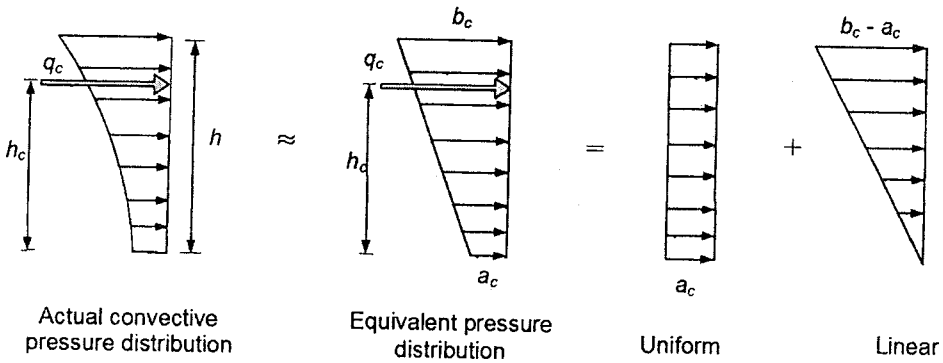
شكل (٩-١٠) معاملات الضغط الحركي للخزانات المستطيلة



أ - على المحيط



ب - على الإرتفاع للضغط الحركي



ب - على الإرتفاع للضغط الدفعي

شكل (١٠-١٠) توزيع الضغط الهيدروديناميكي على الحوائط





لجان الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني

اللجنة الدائمة	
أ.د. حمدى عبد العظيم محسن	رئيساً
أ.د. حسن محمود إمام	
أ.د. عادل حلمى سالم	
أ.د. صبرى سمعان ميخائيل	
أ.د. محمد نبيل العطروزي	
أ.د. شاكر أحمد البحيرى	
أ.د. عبد الرحمن صادق بازرعه	
أ.د. على عبد الرحمن يوسف	
أ.د. فيروز فهيم الديب	
أ.د. محمد نور الدين فايد	
أ.د. عمرو صلاح الدين النشائى	
الأمانة الفنية	
د. طارق محمد بهاء الدين	

اللجان التخصصية

لجنة حساب الأحمال الحية على كبارى الطرق
أ.د. شاكر أحمد البحيرى
أ.د. صبرى سمعان ميخائيل
أ.د. مراد ميشيل باخوم
أ.د. سامح سمير فهيم مهنى
عقيد د. أحمد عبد المنعم محمد فودة
عقيد د. طاهر مختار أحمد الخوانكى
م. إيمان عبد العال سليم
الأمانة الفنية
م. عادل الجعفر اوى

لجنة حساب الأحمال الحية والدائمة والحرارة على المباني
أ.د. على عبد الرحمن يوسف
أ.د. محمد نبيل العطروزي

لجنة حساب أحمال الرياح
أ.د. فيروز فهيم الديب
أ.د. محمد نور الدين فايد
الأمانة الفنية
م. حسن حمد

لجنة حساب الأحمال الحية على كبارى السكك الحديدية	
رئيساً	أ.د. عادل حلمى سالم
	أ.د. حمدى عبد العظيم محسن
مقرراً	أ.د. محمد نبيل العطروزي
	م. فؤاد على إبراهيم
	م. درية فرحات محمد عبد الله
	أ.د. مراد ميشيل باخوم
	الأمانة الفنية
	م. محمد عاصم

لجنة الصياغة والمراجعة	
رئيساً	أ.د. حمدى عبد العظيم محسن
مقرراً	أ.د. أحمد كمال عبد الخالق
	أ.د. محمد نور الدين فايد
	د. طارق محمد بهاء الدين
	الأمانة الفنية
	د. غادة ضياء عبد الحميد

لجنة حساب أحمال الزلازل	
رئيساً	أ.د. حمدى عبد العظيم محسن
	أ.د. أحمد كمال عبد الخالق
	أ.د. أميرة عبد الرحمن
	أ.د. حسن محمود إمام
	أ.د. سمير رياض إسماعيل
	أ.د. شاكر أحمد البحيرى
	أ.د. شريف أحمد مراد
	أ.د. عبد الرحمن صادق بازرحه
	أ.د. على عبد الرحمن يوسف
	أ.د. على عبد العظيم تعيلب
	أ.د. محمد نور الدين فايد
مقرراً	أ.د. مدحت أحمد هارون
	أ.د. مراد ميشيل باخوم
	أ.د. مشهور غنيم أحمد غنيم
	د. أحمد ضيف جمعة
	الأمانة الفنية
	د. محمد عبد الجواد زكى
	د. طارق محمد بهاء الدين
	د. أنور محمود

## إدارة الكودات

قائمة الكودات المصرية للأعمال الإنشائية وأعمال البناء والمواصفات والدلائل الإسترشادية والملاحق والمعاجم المكملة لها

م	اسم الكود
١	الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية مساعادات التصميم مع أمثلة طبقاً للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية (الجزء الأول) مساعادات التصميم مع أمثلة طبقاً للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية (الجزء الثانى) دليل التفاصيل الإنشائية دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة
٢	الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ الأساسات وميكانيكا التربة الجزء الأول : دراسة المواقع الجزء الثانى : الإختبارات المعملية الجزء الثالث : الأساسات الضحلة الجزء الرابع : الأساسات العميقة الجزء الخامس : الأساسات على التربة ذات المشاكل الجزء السادس : الأساسات المعرضة لإهتزازات الأحمال الديناميكية الجزء السابع : المنشآت الساندة الجزء الثامن : ثبات الميول الجزء التاسع : الأعمال الترابية ونزح المياه الجزء العاشر : التأسيس على الصخر الجزء العشرون : المصطلحات الفنية لميكانيكا التربة والأساسات معجم ميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الدليل الإسترشادى للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
٣	الكود المصرى لأعمال الطرق الحضرية والخلوية الجزء الأول : الدراسات الأولية للطرق الجزء الثانى : هندسة المرور الجزء الثالث : التصميم الهندسى الجزء الرابع : مواد الطرق واختباراتها الجزء الخامس : تصميم وإنشاء جسور الطرق الجزء السادس : التصميم الإنشائى للطرق الجزء السابع : حماية الطرق من الأمطار والسيول والرمال المتحركة الجزء الثامن : معدات الطرق الجزء التاسع : اشتراطات تنفيذ الطرق داخل وخارج المدن الجزء العاشر : أعمال الصيانة الدليل الإسترشادى معايير تنسيق عناصر الطرق

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

إدارة الكودات

قائمة الكودات المصرية لأعمال الإنشائية وأعمال البناء والمواصفات والدلائل الإسترشادية والملاحق والمعاجم المكملة لها

م	اسم الكود
٤	الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المباني المجلد الأول المجلد الثانى المجلد الثالث المجلد الرابع : التأريض المجلد الخامس : الوقاية من الصواعق المجلد السادس : تحسين معامل القدرة المجلد السابع : التوافقيات المجلد الثامن : الملامسات والبادئات المستعملة فى التحكم فى المحركات التأثيرية ثلاثية الطور المجلد التاسع : التحكم فى الإضاءة المجلد العاشر : مولدات الطوارئ الدليل الإسترشادى المجلد الأول (أعمال التصميم) الدليل الإسترشادى المجلد الثانى (تنفيذ الأعمال) الدليل الإسترشادى المجلد الثالث (إستلام الأعمال)
٥	الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ الإنارة
٦	الكود المصرى لأسس تصميم وإشتراطات التنفيذ لأعمال الإنارة (المجلد الثانى: إنارة الطرق والأنفاق)
٧	الكود المصرى لتكييف الهواء والتبريد المجلد الأول : (تكييف الهواء) المجلد الثانى : (التبريد) المجلد الثالث : (أعمال التحكم والكهرباء)
٨	الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت والكبارى المعدنية على أساس إجهادات التشغيل الكود المصرى لأسس تصميم وإشتراطات تنفيذ المنشآت المعدنية على أساس الأحمال والمقاومة المعيارية
٩	الكود المصرى لتصميم وتنفيذ أعمال المباني
١٠	الكود المصرى لأسس تصميم وإشتراطات تنفيذ استخدام البوليمرات المسلحة بالألياف فى مجالات التشييد
١١	الكود المصرى لتحسين كفاءة الطاقة فى المباني الجزء الأول : المباني السكنية الجزء الثانى : المباني التجارية الجزء الثالث : المباني الحكومية الجزء الرابع : المنشآت الصناعية
١٢	الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية فى أعمال المباني
١٣	الكود المصرى لتصميم الفراغات الخارجية والمباني لإستخدام المعاقين

المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

إدارة الكودات

قائمة الكودات المصرية للأعمال الإنشائية وأعمال البناء والمواصفات والدلائل الإرشادية والملاحق والمعاجم المكملة لها

م	اسم الكود
١٤	الكود المصري لتصميم واختيار وأسس تنفيذ البياض (خارجي - داخلي - خاص)
١٥	الكود المصري لأسس تصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحريق
	الجزء الأول :
	الجزء الثاني : متطلبات أنظمة خدمات المبنى للحد من أخطار الحريق
	الجزء الثالث : أنظمة الكشف والإنذار عن الحريق
	الجزء الرابع : أنظمة الإطفاء بالمياه
١٦	الكود المصري لإشترطات الأمان للمنشآت متعددة الأغراض (الجزء الأول : الجراجات)
١٧	الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ لهندسة التركيبات الصحية في المباني
	الجزء الأول : التركيبات الصحية للمباني
	الجزء الثاني : أعمال التغذية بالمياه ومعالجة الصرف الصحي في التجمعات السكنية الصغيرة
	الجزء الثالث : أعمال التغذية بالمياه الساخنة وحمامات السباحة
	الجزء الرابع : تجهيز المطابخ والمغاسل التجارية
	شبكة الغازات الطبية وتجهيزات التعقيم المركزي بالمستشفيات
	التخلص من القمامة والمخلفات الصلبة بالمباني
١٨	الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياه الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع
	الجزء الأول : محطات الرفع - الصرف الصحي
	المجلد الثاني : أعمال المعالجة (الصرف الصحي)
	الجزء الثالث : محطات التنقية - مياه الشرب
	المجلد الرابع : الروافع (مياه الشرب)
١٩	الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي
٢٠	الكود المصري لإستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة
	الملحق الأول : الدليل الإرشادي المصري لإستغلال مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة
	الملحق الثاني : طرق التحاليل المتبعة لتقييم حالة التلوث لكل من التربة والنبات والمياه
٢١	الكود المصري للشروط الفنية لإعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها وكذلك وشبكات ومحطات الرفع المعالجة لمياه الصرف الصحي
	الجزء الأول : تشغيل وصيانة محطات تنقية مياه الشرب وروافعها
	الجزء الثاني : تشغيل وصيانة شبكات المياه
	الجزء الثالث : (الكود المصري للشروط الفنية لإعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها وكذلك وشبكات ومحطات الرفع المعالجة لمياه الصرف الصحي)
	الجزء الرابع : (الكود المصري للشروط الفنية لإعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها وكذلك وشبكات ومحطات الرفع المعالجة لمياه الصرف الصحي)

المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

إدارة الكودات

قائمة الكودات المصرية للأعمال الإنشائية وأعمال البناء والمواصفات والدلائل الإرشادية والملاحق والمعاجم المكملة لها

م	اسم الكود
٢٢	الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ المصاعد فى المباني الجزء الأول : المصاعد الكهربائية الجزء الثاني : المصاعد الهيدروليكية الجزء الثالث : السلالم والمشايات
٢٣	الكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية
٢٤	الكود المصري لإدارة مشروعات التشييد
٢٥	المعايير التصميمية للمستشفيات والمنشآت الصحية (الجزء الأول)
٢٦	المعايير التصميمية للمستشفيات والمنشآت الصحية (الجزء الأول)
٢٧	مواصفات بنود أعمال الخرسانة المسلحة
٢٨	مواصفات بنود أعمال عزل الرطوبة والمياه
٢٩	مواصفات بنود أعمال العزل الحرارى (إشتراطات أسس التصميم والتنفيذ)
٣٠	مواصفات بنود أعمال البياض
٣١	مواصفات بنود الأعمال الصحية
٣٢	مواصفات بنود أعمال الدهانات
٣٣	مواصفات أعمال المصروفات العمومية والإدارية و الالتزامات المالية العامة
٣٤	مواصفات الأعمال الترابية (الحفر والردم)
٣٥	مواصفات بنود الأرضيات والتكسيات وأعمال الرخام
٣٦	مواصفات بنود أعمال التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المباني (الجزء الأول) (١)
٣٧	مواصفات بنود أعمال التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المباني الجزء الثانى (٢)
٣٨	مواصفات بنود أعمال الحدادة المعمارية
٣٩	مواصفات بنود أعمال الألمونيوم
٤٠	نموذج عقد تصميم و تنفيذ (بتمويل من المالك) بشأن المواصفات المصرية العامة لبنود الأعمال الجزء الرابع من العقود النمطية
٤١	عقد خدمات إستشاريه هندسية للإشراف المستمر على التنفيذ (إدارة التشييد)
٤٢	عقد خدمات إستشاريه هندسية للدراسات والتصميمات (نموذج إسترشادى)
٤٣	عقد خدمات إستشاريه هندسية للدراسات والتصميمات والإشراف على التنفيذ
٤٤	الشروط العامة لعقد أعمال المقاولات (نموذج إسترشادى)
٤٥	مواصفات بنود أعمال النجارة المعمارية (١٩٩٤-٣/٩٠٢)
٤٦	المواصفات الفنية للخرسانة ذاتية الدمك
٤٧	المواصفات الفنية للقطاعات المصنعة من UPVC
٤٨	المواصفات الفنية لصناعة الخرسانة فى الأجواء الحارة