

المحتوى

الباب الاول المقدمة INTRODUCTION		
1-1	1/1	GENERAL
2-1	1/1	OBJECTIVE
3-1	1/1	SCOPE
4-1	1/1	DEFINITIONS
5-1	6/1	SYMBOLS
الباب الثاني المعايير التصميمية الزلزالية SEISMIC DESIGN CRITERIA		
1-2	1/2	GENERAL
2-2	1/2	SEISMIC GROUND MOTION VALUES
3-2	7/2	OCCUPANCY IMPORTANCE FACTOR
4-2	7/2	SEISMIC DESIGN CATEGORY
5-2	8/2	REDUCTION OF OCCUPANCY IMPORTANCE FACTOR AND THE SEISMIC DESIGN CATEGORY FOR FLUID STORAGE TANKS BUILDINGS
الباب الثالث متطلبات التصميم الزلزالي للمباني والمنشآت SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES		
1-3	1/3	STRUCTURAL DESIGN BASIS
2-3	2/3	STRUCTURAL SYSTEM SELECTION
3-3	9/3	DIAPHRAGMS FLEXIBILITY, CONFIGURATION IRREGULARITIES AND REDUNDANCY
4-3	17/3	SEISMIC LOAD EFFECTS AND COMBINATIONS
5-3	18/3	DIRECTION OF LOADING
6-3	19/3	SELECTION OF ANALYSIS PROCEDURE

20/3	7-3 التصميم الزلزالي للأبنية بطريقة تحليل دليل القوة SEISMIC DESIGN OF BUILDINGS USING INDEX FORCE ANALYSIS PROCEDURE
21/3	8-3 التصميم الزلزالي للأبنية بطريقة التحليل المبسط SEISMIC DESIGN OF BUILDINGS USING SIMPLIFIED ANALYSIS PROCEDURE
22/3	9-3 التصميم الزلزالي للأبنية بطريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة SEISMIC DESIGN OF BUILDINGS USING EQUIVALENT LATERAL FORCE PROCEDURE
29/3	10-3 التصميم الزلزالي للأبنية بطريقة تحليل نموذج طيف الاستجابة SEISMIC DESIGN OF BUILDINGS USING MODEL ANALYSIS PROCEDURE
32/3	11-3 متطلبات التصميم والتفاصيل DESIGN AND DETAILING REQUIREMENTS
38/3	12-3 الانحراف عن حد الازاحة وفصل المباني DEFLECTION DRIFT LIMIT AND BUILDING SEPARATION
39/3	13-3 متطلبات تصميم الأسس FOUNDATION DESIGN REQUIREMENTS
43/3	14-3 طرائق التحليل التكميلية SUPPLEMENTARY METHODS OF ANALYSIS
<p style="text-align: center;">الباب الرابع المتطلبات الخاصة بالمواد الانشائية في الابنية المقاومة للزلازل MATERIAL-SPECIFIC SEISMIC DESIGN AND DETAILING REQUIREMENTS</p>	
1/4	1-4 المنشآت الفولاذية STEEL STRUCTURES
1/4	2-4 المنشآت الخرسانية المسلحة REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
1/4	3-4 المنشآت المركبة COMPOSITE STRUCTURES
1/4	4-4 المنشآت المشيدة من الكتل البنائية MASONRY STRUCTURES
<p style="text-align: center;">الباب الخامس المتطلبات التصميمية الزلزالية للمكونات غير الانشائية SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR NON STRUCTURAL COMPONENTS</p>	
1/5	1-5 عام GENERAL
3/5	2-5 المتطلبات التصميمية DESIGN REQUIREMENTS
5/5	3-5 متطلبات تثبيت المكونات غير الانشائية ANCHORAGE REQUIREMENTS FOR NON-STRUCTURAL COMPONENTS
6/5	4-5 تصميم المكونات المعمارية ARCHITECTURAL COMPONENTS DESIGN

15/5	5-5 تصميم المكونات الميكانيكية والكهربائية DESIGN OF MECHANICAL AND ELECTRICAL COMPONENTS
<p align="center">الباب السادس</p> <p align="center">متطلبات التصميم الزلزالي للمنشآت غير المباني</p> <p align="center">SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR NON-BUILDING STRUCTURES</p>	
1/6	1-6 عام GENERAL
2/6	2-6 المعايير المرجعية REFERENCE STANDARDS
2/6	3-6 المنشآت الشبيهة بالابنية المستندة الى منشآت اخرى STRUCTURES SIMILAR TO BUILDINGS SUPPORTED BY OTHER STRUCTURES
4/6	4-6 متطلبات التصميم الإنشائي STRUCTURAL DESIGN REQUIREMENTS
7/6	5-6 المنشآت غير المباني المشابهة للأبنية NONBUILDING STRUCTURES SIMILAR TO BUILDINGS
13/6	6-6 المتطلبات العامة للمنشآت غير المباني وغير المشابهة للأبنية GENERAL REQUIREMENTS FOR NO_NBUILDING STRUCTURES NOT SIMILAR TO BUILDINGS
16/6	7-6 الخزانات والأوعية TANKS AND VESSELS
<p align="center">الباب السابع</p> <p align="center">أسلوب تصنيف الموقع لأغراض التصميم الزلزالي ومتطلبات تصميم التربة</p> <p align="center">SITE CLASSIFICATION PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN AND SOIL DESIGN REQUIREMENTS</p>	
1/7	1-7 عام GENERAL
4/7	2-7 المتطلبات التصميمية المتعلقة بالتربة الساندة DESIGN REQUIREMENTS RELATED TO SUPPORTING SOIL
<p align="center">الباب الثامن</p> <p align="center">ضمان الجودة والمتطلبات الاضافية</p> <p align="center">QUALITY ASSURANCE AND ADDITIONAL REQUIREMENTS</p>	
1/8	1-8 الغرض PURPOSE
1/8	2-8 ضمان الجودة QUALITY ASSURANCE
7/8	3-8 المتطلبات الاضافية للأسس ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR FOUNDATIONS

11/8	4-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت الحديدية ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR STEEL STRUCTURES
14/8	5-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت الخرسانية ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CONCRETE STRUCTURES
14/8	6-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت المشيدة من كتل بنائية ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR MASONRY STRUCTURES
الباب التاسع المتطلبات الزلزالية للابنية القائمة EXISTING BUILDING SEISMIC PROVISIONS	
1/9	1-9 الاضافات الانشائية المستقلة وغير المستقلة STRUCTURALLY INDEPENDENT AND DEPENDENT ADDITIONS
1/9	2-9 تغيير الاستعمال CHANGE OF USE
2/9	3-9 الاستعمالات المتعددة MULTIPLE USES
الملاحق	
الملحق أ/1	الملحق أ: فئة الاشغال للمبانى والمنشآت الاخرى المعرضة لقوى وأحمال الفيضانات والرياح والجليد والزلازل
الملحق ب/1	الملحق ب: مثال حول حساب القص القاعدي الزلزالي والقوى الزلزالية الجانبية
الملحق ج/1	الملحق ج: تصميم أعضاء الهياكل الانشائية الخرسانية المقاومة للعزم الخاص بحسب الكود السعودي للخرسانة المسلحة SBC 304/الفصل 21.4
الملحق د/1	الملحق د: تصميم الحواجز الانشائية والمسنمات بحسب الكود السعودي للخرسانة المسلحة SBC 304/الفصل 21.9

الباب الأول

المقدمة

INTRODUCTION

1-1 عام General

تتناول هذه المدونة معايير تصميم وتشديد المباني والمنشآت المماثلة التي تتعرض للهزات الأرضية. تتميز الأحمال الناتجة من الهزات الأرضية بأنها تؤدي الى تبديد طاقة المنشأ متجاوزة حد المرونة، لذلك لابد من أن تأخذ المتطلبات التصميمية للمنشأ وتفاصيله الانشائية هذه التأثيرات في الحسبان.

1-2 الغاية Aim

يتطلب أن تصمم وتشيد المنشآت المستغلة للاشغال البشري وكل جزء منها لمقاومة تأثيرات الهزات الأرضية وذلك لحمايتها من الانهيار مع تقليل الاضرار في الممتلكات والمباني وتجنب الخسائر البشرية وضمان استمرار خدمات المباني المهمة والمنشآت الحيوية قدر الامكان. أما بالنسبة للمنشآت التي تصنف بانها من غير المباني أي انها غير مستغلة للاشغال البشري (كالمخازن وأبراج الاتصالات وغيرها مما ستذكر لاحقاً)، (non-building structures) فسيتحقق بيان تصميمها وتفاصيلها الانشائية في الباب السادس من هذه المدونة. كما تعرض المدونة طرائق تصميم وإنشاء الإضافات الضرورية للمنشآت القائمة (existing structures) لتعمل على مقاومة تأثيرات الهزات الأرضية. ويجب أن تتطابق التعديلات على هذه المنشآت مع شروط هذه المدونة وكما موضح في الباب التاسع. كذلك يجب أن يراعى في التصميم الزلزالي للمنشآت تطبيق الشروط الفنية والمتطلبات المنصوص عليها في المدونات العراقية ذات العلاقة وتعديلاتها.

1-3 المجال Scope

تعرض هذه المدونة تفاصيل الشروط والمتطلبات المتعلقة بحساب تأثيرات الهزات الأرضية عند تصميم المباني والمنشآت لمقاومتها. وتتطبق شروط ومتطلبات هذه المدونة على المباني والمنشآت الجديدة، والمباني والمنشآت القائمة عند احداث تغييرات او اضافات عليها، فضلاً عن المباني والمنشآت القائمة عند تغيير استعمالها وظروف اشغالها الى الحد الذي يؤثر في سلوكها الانشائي، من خلال:

1. بحساب القوى الأفقية الاستاتيكية المكافئة للمباني والمنشآت الخاصة غير الابنية.

2. اجراء التحليل الديناميكي لها.

3. حساب القوى الجانبية المؤثرة في عناصر المبنى.

4. تحديد المتطلبات والشروط الفنية والاحتياجات التي ينبغي اتباعها في التصميم والتنفيذ.

ولا تشمل هذه المدونة منشآت الطرق والجسور والسدود والجدران الساندة ومنشآت الخرسانة مسبقة الاجهاد والمنشآت التي تستعمل فيها أنظمة العزل الزلزالي وتبديد الطاقة والتخميد والمنشآت والمباني ذات النظم الانشائية التي تختلف عن ما مذكور في هذه المدونة.

1-4 التعاريف Definitions

يضم هذا الفصل التعاريف التي توضح معاني المصطلحات المذكورة في فصول هذه المدونة وكالاتي:

(أ) الحمل الميت (Dead Load): حمل الجاذبية الناتج من وزن كل المكونات الإنشائية وغير الإنشائية للبنية مثل الجدران، والأرضيات، والسطوح، والوزن التشغيلي للأجهزة الخدمية الثابتة.

(ب) حمل الجاذبية (Gravity Load): الحمل الميت الكلي وأجزاء من الاحمال المسلطة الأخرى وكما معرفة في الفصل (3-7).

(ت) الحمل الحي (Live Load): الحمل الحي المضاف عن طريق استعمال وإشغال البنية غير شامل لحمل الرياح، ولا حمل الهزات الأرضية، ولا الحمل الميت. يراجع الفصل (3-7).

2- الاستشاري (Registered Design Professional): مهندس مُسجل أو مجاز لممارسة الهندسة بإحتراف.

3- الإزاحة (Displacement)

(أ) الإزاحة التصميمية (Design Displacement): الإزاحة الجانبية الناتجة من الهزة الأرضية التصميمية غير متضمنة الإزاحة الإضافية الناتجة من اللي الفجائي واللي الحقيقي، والمطلوبة لتصميم نظام العزل.

(ب) الإزاحة التصميمية الكلية (Total Design Displacement): الإزاحة الجانبية للهزة الأرضية التصميمية، متضمنة الإزاحة الإضافية الناتجة من اللي الفجائي واللي الحقيقي، والمطلوبة لتصميم نظام العزل أو عناصره.

(ت) الإزاحة الكلية العظمى (Total Maximum Displacement): أعظم إزاحة جانبية للهزة الأرضية المعمول بها متضمنة الإزاحة الإضافية الناتجة من اللي الحقيقي والفجائي والمطلوبة للتأكد من استقرارية نظام العزل أو عناصره، وتصميم انفصال المنشأ، واختبار الحمل العمودي لنموذج وحدة العزل.

3- الإضافة (Addition): الزيادة في مساحة المبنى، أو مساحة الأرضية الكلية، أو الارتفاع، أو عدد طوابق المنشأ.

4- الأعضاء (العناصر) الحدودية (Boundary Members): الأجزاء التي تقع على حافات جدار القص وحافات الحاجز وتكون مقواة بالتسليح الطولي والعرضي. تتضمن الأعضاء الحدودية الحبال والدعائم العائقة عند محيط الحاجز وجدار القص، والفتحات الداخلية، والتوقفات، والزوايا المشتركة.

5- الأغشية (Veneer): واجهة أو زخرفة من الطابوق أو الخرسانة أو الحجر أو القرميد، أو من مواد أخرى.

6- الأنظمة الزلزالية المعيّنة (Designated Seismic Systems): نظام مقاومة القوة الزلزالية والأنظمة المعمارية، والكهربائية والميكانيكية أو مكوناتها المطلوب تصميمها بحسب المتطلبات التصميمية المنصوص عليها في الباب الخامس والتي يكون فيها معامل أهمية الإشغال، I_p ، مساوياً إلى 1.0.

7- التصديق (Approval): الموافقة الخطية من الجهة العليا التي تمتلك سلطة إعطاء الموافقة على استعمال المواد أو النظام الإنشائي المعتمد لتحقيق متطلبات بنود المدونة.

8- التغيير (Alteration): أي إنشاء أو تجديد لمنشأ قائم عدا الإضافة.

(أ) الجدار: عضو إنشائي يميل بزاوية 60 درجة أو أكثر عن المستوي الأفقي يستعمل لتحويل الفضاء أو شطره إلى مجموعة فضاءات. وهو بأنواع:

(ب) الجدار الحامل (Bearing Wall): أي جدار ينطبق مع أحد التصنيفات الآتية:

9- أي جدار معدني يعمل على اسناد ما يتجاوز 1500 نيوتن /م من الحمل العمودي إضافة الى وزنه.

10- أي جدار خرساني أو من الكتل البنائية يعمل على إسناد ما يزيد عن 3000 نيوتن/م من الحمل العمودي إضافة الى وزنه.

(أ) الجدار غير الحامل (Non Bearing Wall): أي جدار غير حامل للأثقال (يتحمل وزنه فقط).

(ب) الجدار غير الإنشائي (Non Structural Wall) : كل الجدران عدا الجدران الحاملة أو جدران القص.

11- الحاجز (Diaphragm): هو سقف، أو أرضية، أو أي نظام دعم يعمل على نقل القوى الجانبية الى عناصر المقاومة العمودية. تُصنّف الحواجز إلى نوعين إما مرنة أو صلبة بحسب متطلبات البند (3-1/3).

12- الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete): الخرسانة المسلحة بحديد تسليح كميته مساوية أو أعلى من الحد الأدنى الموصى به في مدونة البناء العراقية (م.ب.ع.304) للخرسانة المسلحة وتكون إما مسبقة الإجهاد أو غير مسبقة الإجهاد.

13- الصلابة (Toughness): قابلية المادة على إمتصاص الطاقة بدون خسارة مقدار مهم من المقاومة.

14- الطابق (Story): جزء المنشأ المحصور بين أرضيتين منتهيتين متتابعيتين. أما بالنسبة للطابق الأعلى، فيكون محصوراً بين قمة إنهاء أرضية الطابق الاخير إلى قمة سطح العنصر الإنشائي الأعلى في المنشأ.

15- القاطع (Partition): جدار داخلي غير إنشائي يمتد افقياً أو عمودياً من مسند إلى آخر. من الممكن أن يكون المسند هيكل البناية الأساسي، أو أعضاء إنشائية مساعدة أو أي أجزاء أخرى من نظام القاطع.

16- القص عند الاساس (القاعدة) (Base Shear): قوى القص المتولدة في أساس (قاعدة) المنشأ.

17- القوى الزلزالية (Seismic Forces): القوى المفروضة المتوقع نشوؤها بسبب الهزة الأرضية والمتعلقة باستجابة المنشأ لحركات الهزة الأرضية والتي تستعمل في تصميم المنشأ ومكوناته.

18- القيسونات (Caissons): هي حجرات تتحمل الضغط تحت الماء لإنشاء اسس دعائم.

19- المكوّن (Component): جزء أو عنصر من النظام المعماري أو الإنشائي أو الكهربائي أو الميكانيكي.

20- مكوّن الآلة (Equipment Component): العنصر أو المكوّن الكهربائي أو الميكانيكي والذي يعد جزءاً من النظام الكهربائي و/أو الميكانيكي ضمن البناية أو خارجها.

21- المنشأ (Structure): ما يُبنى أو يُنشأ ويحدد للأبنية والمنشآت غير المباني وكما معرّف هنا.

22- المنشآت غير المباني (Non Building Structures): هي منشآت تستغل لأغراض غير الاشغال البشري (كالخزانات الخرسانية والحديدية وأوعية الضغط والمداخن)، تنشأ من بين الانواع المتضمنة في الباب السادس وضمن المحددات في البند (6-1/1).

23- المبني (Building): أي منشأ يمكن إستعماله ليكون مأوى لسكن الناس.

24- المراقبات الإنشائية (Structural Observations): المراقبات البصرية المقدمة من مصمم مختص معترف به لتحديد كون نظام مقاومة القوة الزلزالية قد أنشئ بشكل يتوافق مع وثائق الإنشاء.

25- المفصل (Joint): الموضع المشترك للأعضاء المتقاطعة.

26- المقاومة (Strength)

(أ) المقاومة التصميمية (Design Strength): المقاومة الاسمية مضروبة في معامل تقليل المقاومة.
(ب) المقاومة الاسمية (Nominal Strength): مقاومة العضو أو المقطع العرضي محسوبة على وفق متطلبات وفرضيات المقاومة التصميمية لهذه المدونة (أو المواصفات القياسية المشار إليها) وقبل تطبيق أي معاملات لتقليل المقاومة.

(ت) المقاومة المطلوبة (Required Strength): مقاومة العضو أو المقطع العرضي أو الوصلة المطلوبة لمقاومة الأحمال المعدلة أو ما ينتج منها من قوة أو عزوم داخلية وكما هو محدد في هذه المدونة.

27- النظام الثنائي (Dual System): هو نظام إنشائي يتكون من هياكل العزوم التي تكون قادرة على تحمل القوى العمودية وما لا يقل عن 25% من القوى الزلزالية التصميمية. وتتحقق قدرة النظام على تحمل القوى الزلزالية الكلية من خلال مشاركة كل من هيكل العزم وجدران القص أو الهياكل المدعمة بحسب متانة (Rigidity) كل منها.

(أ) النظام الهيكلي (Frame System) نظام هيكلي بنائي (Building Frame System): نظام إنشائي مع هيكل فضائي كامل يعمل على إسناد الأحمال العمودية. أما القوى الزلزالية فتتحقق مقاومتها بجدران القص أو الهياكل المدعمة.

(ب) نظام هيكلي مزدوج (Dual Frame System): نظام إنشائي مع هيكل فضائي كامل يعمل على إسناد الأحمال العمودية. أما القوى الزلزالية فتتحقق مقاومتها بالهياكل المقاومة للعزوم وجدران القص أو بالهياكل المدعمة كما مذكور بالبند (3-1/2).

(ت) نظام هيكلي فضائي (Space Frame System): نظام إنشائي مؤلف من أعضاء متقاطعة، عدا الجدران الحاملة، يكون قادراً على تحمل الأحمال العمودية، ويكون أيضاً قادراً على مقاومة القوى الزلزالية في حال تصميمه لهذا الغرض.

28- الهزة الأرضية التصميمية (Design Earthquake): هي الهزة التي تساوي شدتها ثلثي شدة الهزة الأرضية القصوى المناظرة المنتخبة.

29- الهيكل (Frame)

(أ) الهيكل المدعم (Braced Frame): هيكل عمودي أو ما يماثله من النوع المركزي أو اللامركزي والذي يستعمل في الجدران الحاملة، أو هيكل البناية، أو النظام الثنائي لكي يعمل على مقاومة قوى الزلزال.

(ب) الهيكل المدعم مركزياً (Concentrically Braced Frame): هيكل مدعم تكون أجزاؤه معرضة إلى قوى محورية بصورة رئيسة.

(ت) الهيكل المدعم لا مركزياً (هـ م ل) (Eccentrically Braced Frame): هيكل مدعم قطرياً والذي تكون فيه على الأقل إحدى نهايات كل من الهياكل المدعمة في العتب على مسافة قصيرة من مفصل العمود-العتب أو من داعم قطري آخر.

- (ث) الهيكل المدعم مركزياً بشكل إعتيادي (Ordinary Concentrically Braced Frame): هيكل فولاذي مدعم مركزياً والذي تكون أعضاؤه ووصلاته خاضعة للتصميم على وفق متطلبات (م.ب.ع. 306).
- (ج) الهيكل المدعم مركزياً بشكل خاص (Special Concentrically Braced Frame): هيكل فولاذي أو مكون من الفولاذ والخرسانة مدعم مركزياً تكون أعضاؤه ووصلاته خاضعة للتصميم وللتصرف المطيلي أو المرن. سوف تخضع الهياكل المدعمة مركزياً بشكل خاص للفصل (4-8).
- 30- إزاحة الطابق (Story Drift): هي الفرق في الإزاحة الأفقية بين قمة وقاع الطابق وكما مبين في الفقرة (1/7/9-3).
- 31- أعظم حركة زلزالية مُفترضة (المأخوذة في الحسبان) (Maximum Considered Earthquake Ground Motion): تأثيرات الهزة الأرضية الأشد قسوة والتي تؤخذ في الحسبان في المواصفات القياسية وكما معرفة في البند (3/2-2).
- 32- جدار القص (حاجز عمودي) (Shear Wall (Vertical Diaphragm): جدار إما حامل أو غير حامل، صمم لمقاومة القوى الزلزالية الجانبية المؤثرة في مستوي الجدار (يشار إليه أحياناً بالحاجز العمودي).
- 33- حبل أو وتر الحاجز (Diaphragm Chord): عنصر حدّ الحاجز العمودي على اتجاه القوة المسلطة والذي يقوم بنقل الإجهادات المحورية الناتجة من عزم الحاجز (بأسلوب مناظر لأجنحة العتبة من النوع T). يمكن تطبيق هذا التعريف أيضاً على جدران القص.
- 34- حد الحاجز (Diaphragm Boundary): المجال الذي يُنقل فيه القص إلى داخل أو خارج عنصر الحاجز. هذا النقل يكون إما إلى عنصر حدودي أو إلى عنصر مقاومة قوة آخر.
- 35- رفوف التخزين (Storage Racks): هي الرفوف المصنوعة من القش الصناعي، أو الألواح الخشبية المتحركة، أو المصنوعة بالتشكيل البارد أو البرم الحار للأعضاء الإنشائية. ولا يتضمن التعريف الأنواع الأخرى من الرفوف.
- 36- صنف الموقع (Site Class): هو التصنيف المخصص للموقع بالاعتماد على نوع التربة وخصائصها الهندسية وكما موضح في البند (2/2-2).
- 37- صنف التصميم الزلزالي (Seismic Design Category): تصنيف مُحدد أو مؤشر للمنشأ بالاعتماد على فئة إشغال المنشأ وعلى شدة حركة الهزة الأرضية التصميمية في الموقع وكما مُعرّف في الفصل (4-2).
- 38- قاعدة (Base): المستوى الذي تنتقل فيه القوى الناتجة من التأثيرات الزلزالية الأفقية إلى المنشأ.
- 39- قص الطابق (Story Shear): مجموع القوى التصميمية الزلزالية الجانبية عند مستويات تقع فوق الطابق المأخوذ في الحسبان.
- 40- لوح القص (Shear Panel): هو أرضية أو سطح أو جزء من الجدار المغلف مصمم ليعمل كجدار قص أو حاجز.
- 41- مُعامل الإستجابة الزلزالي (Seismic Response Coefficient) (المُعامل C_s) وكما هو معرف ضمن الفقرة (1/2/9-3).

42- مُعامل أهمية الإشغال (Occupancy Importance Factor): هو مُعامل مُحدد لكل مُنشأ بحسب فئة الإشغال وكما موضح في الفصل (2-3).

43- مُعاملات الموقع (Site Coefficients): هي قيمتا F_v و F_a وكما مؤشرة في الجدولين (2-1/2) و (2-2/1ب) على التوالي.

44- نسبة إزاحة الطابق (Story Drift Ratio): هي إزاحة الطابق كما مبين بالفقرة (3-1/7/9) مُقسومةً على إرتفاع الطابق.

45- هيكل مقاومة العزم (Moment Frame)

أ- هيكل مقاومة العزم المتوسط (Intermediate Moment Frame) : هيكل مقاومة عزم تكون أعضاؤه ومفاصله قادرة على مقاومة القوى بالإنتشاء إضافةً إلى القوى الواقعة على المحور الطولي للأعضاء. إن هياكل مقاومة العزم المتوسط من الخرسانة المسلحة يجب أن تحقق متطلبات (م.ب.ع.304). أما هياكل مقاومة العزم المتوسط للمنشآت الفولاذية فيجب أن تحقق متطلبات المرجع [2] من مراجع الباب الرابع. أما هياكل مقاومة العزم المتوسط للمنشآت المركبة فيجب أن تحقق متطلبات المرجع [7] من مراجع الباب الرابع.

ب- هيكل مقاومة العزم الإعتيادي (ه ع إ) (Ordinary Moment Frame): هيكل مقاومة العزم تكون أعضاؤه ومفاصله قادرة على مقاومة القوى بالإنتشاء إضافةً إلى القوى الواقعة على المحور الطولي للأعضاء. وهياكل مقاومة العزم الإعتيادي الخرسانية يجب أن تلبّي متطلبات المدونة العراقية للخرسانة (م.ب.ع.304).
ت- هيكل مقاومة العزم الخاص (ه ع خ) (Special Moment Frame): هيكل مقاومة العزم تكون أعضاؤه ومفاصله قادرة على مقاومة القوى بالإنتشاء إضافةً إلى القوى الواقعة على المحور الطولي للأعضاء. إن هياكل مقاومة العزم الخاص الخرسانية يجب أن تلبّي متطلبات التصميم المبينة في الملحق (ج) من هذه المدونة والفولاذية منها يجب أن تلبّي المتطلبات المذكورة في المرجع [2] من مراجع الباب الرابع.

46- وكالة الفحص (Testing Agency): هي شركة أو مؤسسة تعمل على فحص و/أو تقديم خدمات التفتيش. إن الشخص المسؤول عن المفتش الخاص أو المفتشين الخاصين وعن خدمات الفحص سيُسمى بالخبير التصميمي المُسجل.

1-5 الرموز (Symbols)

ستكون الوحدات البعدية والرموز المستعملة موحدة ونافاذة في كل مكان عدا ما سيشار إليه بشكل خاص.

A, B, C, D: فئات التصميم الزلزالي الموضحة بالجدولين (2-1/4) و (2-2/4).

A, B, C, D, E, F: أصناف المواقع وكما معرفة بالبند (2-2/2).

A_{ch} : مساحة الفقرة العرضية (م²) للعنصر أو المكوّن مقاسةً إلى خارج التسليح العرضي.

A_o : مساحة الأساس الحامل للحمل (م²).

A_{Sh} : مساحة الفقرة العرضية الكلية للتسليح الحلقي (م²) متضمنة الأطواق المتقاطعة الإضافية وبمسافة

تبعد (s_h) وقاطعة الفقرة ببعد قطري (h_c).

- A_{vd}**: مساحة الساق المطلوبة (ملم²) للتسليح القطري.
- a_h**: مركبة التعجيل بالاتجاه الأفقي
- a_v**: مركبة التعجيل بالاتجاه العمودي
- a_p**: معامل التضخيم المتعلق باستجابة النظام أو المكون عند تأثره بنوع المرفق الزلزالي، كما موضح في البند (3/2-3).
- b**: البعد الأقصر في المخطط للمنشأ (ملم) مقاساً بشكل عمودي على (d).
- $0.4S_{DS} = C_a$
- C_d**: معامل تضخيم الازاحة وكما معطى بالجدول (1/2-3).
- C_s**: معامل الإستجابة الزلزالي المحسوب في البند (2/9-3) (بدون وحدات).
- C_{sm}**: معامل الشكل التصميمي الزلزالي المحسوب في البند (5/10-3) (بدون وحدات).
- $S_{DI} = C_v$
- C_{vx}**: معامل التوزيع العمودي وكما موضح في البند (4/9-3).
- c**: المسافة المقاسة من محور التعادل للعضو الإنشائي إلى الخيط أو الليف (Fiber) التي تمتلك أعلى إنفعال إنضغاط (ملم).
- D**: تأثير الحمل الميت.
- D_p**: الإزاحة الزلزالية النسبية التي يجب تصميم المنشأ أو جزء المنشأ (من عنصر أو مكون) ليتحملها من دون فشل وكما معرفة بالبند (2/2-5).
- d**: العمق الكلي للعضو (ملم) كما مذكور في الباب الثالث.
- d_p**: البعد الأطول في مخطط المنشأ (ملم).
- E**: التأثير الأفقي والعمودي للقوى الناشئة عن الهزة الأرضية.
- e**: اللامركزية الفعلية (ملم)، مقاسة في المخطط بين مركز الكتلة للمنشأ فوق واجهة العزل ومركز الصلادة لنظام العزل، مضافاً إليها اللامركزية الفجائية بالـ (ملم)، التي تؤخذ كنسبة (5%) من بعد البناية الأكبر والعمودي على إتجاه القوة المأخوذة في الحساب.
- F_a**: معامل الموقع على أساس تعجيل الاستجابة الطيفي الزلزالي للفترات الزمنية القصيرة (لفترة 0.2 ثانية).
- لاحظ الجدول (2-1/2 أ).
- F_i, F_n, F_x**: جزء القص عند القاعدة (الأساس)، V، الناشيء عن الزلزال والمحدث عند المستوى n، i و x على التوالي وكما محدد بالبند (4/9-3).
- F_p**: قوة الزلزال المؤثرة في مكون من مكونات المنشأ.
- F_v**: معامل الموقع على أساس تعجيل الاستجابة الطيفي الزلزالي للفترات الزمنية الطويلة (لفترة ثانية واحدة).
- لاحظ الجدول (2-1/2 ب).
- F_{xm}**: جزء القص عند القاعدة (الأساس)، V_m، الناشيء عن الزلزال والمحدث بالمستوى x وكما محدد بالبند (6/10-3).

- f_c : مقاومة الخرسانة القصوى والمستعملة في التصميم (ميكا باسكال MPa).
- f_s : مقاومة الشد القصوى (ميكا باسكال) للمسمار الملولب (البرغي)، أو المسمار الكبير أو سلك الساق المدرج. للمسامير الملولبة (البراغي) (A307) أو المسامير (A108) تفرض مساوية الى (415 ميكا باسكال MPa).
- F_y : إجهاد الخضوع لحديد التسليح (ميكا باسكال MPa).
- F_u : الاجهاد الاقصى لحديد التسليح (ميكا باسكال MPa).
- g : التعجيل الأرضي.
- H : سمك التربة.
- h : إرتفاع جدار القص مقاساً باعتباره الإرتفاع الصافي الأعظم من قمة الأساس إلى النهاية السفلى للحاجز، أو يعرف انه المسافة الصافية من النهاية العليا للحاجز الى النهاية السفلى للحاجز المشيد فوقه.
- h : إرتفاع سطح المنشأ كما مذكور في الباب الخامس.
- h : الإرتفاع الفعال للبنية كما مذكور في الباب الثالث.
- h_c : البعد اللبي للمكون مقاساً إلى خارج التسليح العرضي (ملم).
- h_x, h_n, h_i : الإرتفاع فوق مستوى القاعدة (الأساس) حتى المستوي i, n ، و x على التوالي.
- h_{sx} : إرتفاع الطابق تحت المستوى x $[x = (h_x - h_{x-1})]$.
- I : معامل أهمية الاشغال كما موضح في الفصل (2-3).
- I_p : معامل أهمية المكون كما موضح في البند (5-3/2).
- i : مستوى البنية، يشار إليه بالجزء، فمثلاً $i=1$ يمثل المستوى الأول فوق القاعدة (الأساس).
- K_p : جساءة (Stiffness) المكون أو المرفق، لاحظ البند (5-3/5).
- KI/r : النحافة العرضية لعضو الإنضغاط مقاسة بواسطة طول الإنبعاج الفعال الخاص به KI ونصف قطر التدويري الأقل r (radius of gyration).
- k : أس التوزيع، تفصيله معطى في البند (3-4/9).
- K : جساءة (Stiffness) البنية.
- L : الطول الكلي للبنية (م) عند القاعدة (الأساس) بالإتجاه الذي يجري تحليله.
- l : بعد الحاجز العمودي على إتجاه تسليط القوة. بالنسبة للمنشأ ذي الواجهة المفتوحة l يمثل الطول من حافة الحاجز عند الواجهة المفتوحة إلى العناصر العمودية المقاومة موازياً لإتجاه تسليط القوة. أما بالنسبة للحاجز الناتيء، l يمثل طول الجزء الناتيء.
- M_f : عزم الانقلاب التصميمي للأساس، وكما معرف بالبند (3-6/9). (كيلو نيوتن.م).
- M_t : عزم اللي الناتج من مواقع كتل البنية، لاحظ البند (3-5/9).
- M_{ta} : عزم اللي الفجائي، كما محدد في البند (3-5/9).
- M_x : عزم الانقلاب التصميمي للبنية بالمستوى x وكما معرف بالبند (3-6/9).

N : عدد الطوابق.

\bar{N} : عدد ضربات فحص الاختراق القياسي، بحسب المواصفة ASTM D1586.84.

N_i : المعدل الحقلي لعدد ضربات فحص الاختراق القياسي عند الثلاثين متراً العليا، البند (1/1-7).

N_{ch} : معدل مقاومة الإختراق القياسية لطبقات التربة غير المتماسكة للقيمة (30 م)، إنظر البند (1/1-7).

n : يمثل المستوى الذي يعلو جزء البناية الرئيس.

P_n : المجموع الجبري لأحمال جدار القص والجاذبية القصوى على سطح المفصل والمؤثرة آنياً مع القص عند المستوى (n).

P_x : الحمل التصميمي الكلي غير المعدل عند وفوق المستوى x ، تلاحظ الفقرة (2/7/9-3).

Q_E : مؤشر اللدونة Plasticity Index PI، بحسب المواصفة ASTM D4318-93.

R : تأثير القوى الزلزالية الأفقية الناتجة من الهزة الأرضية، لاحظ الفصل (4-3).

R_a : أحمال مياه الامطار.

R : معامل تعديل الاستجابة.

R_p : معامل تحديث إستجابة المكون كما معرف في البند (2/1-5).

r_x : نسبة القص التصميمي للطابق الذي تتحقق مقاومته بأثقل عنصر محمل في الطابق بالاتجاه x إلى القص الكلي للطابق.

S_s : تعجيل الاستجابة الطيفية لأعظم هزة أرضية تؤخذ في الحسبان في الخريطة عند الفترات الزمنية القصيرة بتخميد 5%، كما معرف في البند (1/2-2).

S_1 : تعجيل الاستجابة الطيفي عند أعظم هزة أرضية تؤخذ في الحسبان في الخريطة عند فترة زمنية مقدارها ثانية واحدة بتخميد 5%، كما معرف في البند (1/2-2).

S_{Ds} : تعجيل الإستجابة الطيفي التصميمي بتخميد 5%، كما معرف في البند (4/2-2).

S_{D1} : تعجيل الإستجابة الطيفي التصميمي في فترة ثانية واحدة كما معرف في البند (4/2-2).

S_{Ms} : تعجيل الاستجابة الطيفي عند أعظم هزة أرضية تؤخذ في الحسبان عند الفترات الزمنية القصيرة بتخميد 5%، بعد تعديله بحسب تأثيرات صنف الموقع كما معرفة في البند (3/2-2).

S_{M1} : تعجيل الاستجابة الطيفي عند أعظم هزة أرضية عند فترة ثانية واحدة تؤخذ في الحسبان بتخميد 5%، بعد تعديله بحسب تأثيرات صنف الموقع كما معرفة في البند (3/2-2).

S_u : معدل مقاومة القص غير المبزول في الثلاثين متراً العليا، لاحظ البند (1/1-7).

S_h : مسافة تباعد التسليح العرضي (ملم).

T : الفترة الأصلية أو الأساسية للبناية كما محددة في البند (3/9-3).

T_a : الفترة الأساسية التقريبية للبناية كما محددة في الفقرة (2/3/9-3).

T_m : فترة الإهتزاز (ثانية) للطور (m) للبناية كما محددة في البند (5/10-3).

T_p : الفترة الأساسية للمكون ومرفقاته، لاحظ البند (3/5-5).

T_o : نسبة $\left(\frac{0.2S_{DI}}{S_{DS}} \right)$.

T_s : قوة المطاوعة الذاتية $\left(\frac{S_{DI}}{S_{DS}} \right)$.

V : قص القاعدة الزلزالي أي قوة التصميم الجانبية الكلية أو القص في القاعدة (الأساس).

V_t : القيمة التصميمية لقص القاعدة (الأساس) الزلزالي كما محدد في البند (3-8/10).

V_x : القص التصميمي الزلزالي في الطابق x كما محدد في البند (3-5/9).

V_s : معدل سرعة موجة القص في الثلاثين متراً العليا، انظر البند (7-1/1).

\bar{V}_{so} : معدل سرعة موجة القص للتربة الواقعة تحت الأساس عند مستويات إنفعال صغيرة (م/ثانية).

W : حمل الجاذبية الكلي للبنية. لأغراض حساب فترة العزل الزلزالي للمبنى، W ستمثل حمل الوزن الميت الزلزالي الكلي للبنية.

W_c : حمل الجاذبية لمكوّن ما في البنية.

W_m : حمل الجاذبية الفعال المصاحب للطور m الذي يحدد على وفق المعادلة (3-2/10).

W_p : مركب الوزن التشغيلي (نيوتن).

w : عرض الحاجز أو جدار القص في إتجاه تسليط القوة. بالنسبة للحواجز المغلفة، سيحدد العرض على أساس البعد بين الأوجه الخارجية لأوتار الشد والانضغاط.

w : محتوى الرطوبة (نسبة مئوية) بحسب المواصفة ASTM D2216-92.

w_i, w_n, w_x : جزء من w يقع على أو ضمن المستوى x و n و i على التوالي.

x : المستوى المأخوذ في الحساب، $x=1$ يمثل المستوى الأول فوق القاعدة (الأساس).

y : فرق الارتفاعات بين نقاط المرفق.

Z : المستوى المأخوذ في الحساب، $z=1$ يمثل المستوى الأول فوق القاعدة (الأساس).

β : نسبة القص المطلوبة إلى قابلية تحمل القص للطابق بين المستويين x و x-1.

γ : معدل الوحدة الوزنية للتربة (كيلو غرام/م³).

Δ_a : إزاحة الطابق المسموح بها كما موضح في البند (5-2/2).

δ_{max} : الإزاحة العظمى في المستوى x، التي تأخذ اللي في الحساب، كما توضحها الفقرة (3-2/5/9).

δ_{avg} : معدل الإزاحات عند النقاط البعيدة للمنشأ في المستوى x، كما توضحها الفقرة (3-2/5/9).

θ : معامل الإستقرارية لتأثيرات الحمل-الإزاحة كما محدد في الفقرة (3-2/7/9).

ρ : معامل الموثوقية بالإعتماد على مقدار ظهور أو وجود الوفرة الإنشائية في البنية (الفائضية).

ϕ : عامل تقليل المقاومة.

ϕ_{im} : سعة المساحة في المستوى الـ (i^{th}) في البنية لحالة القاعدة الثابتة (الأساس الثابت) وعندما يكون

الاهتزاز في النمط (m^{th})، يلاحظ البند (3-5/10).

Ω_o : معامل تضخيم مقاومة النظام كما موضح في الجدول (3-1/2).

مراجع الباب الاول

- [1] “*INTERNATIONAL BUILDING COD*”, INTERNATIONAL CODE COUNCIL, IBC, 2012.
- [2] “*UNIFORM BUILDING CODE-1997*”, International Conference of Building Official, 1997.
- [3] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ASCE/SEI-7-05, “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*”, 2006.
- [4] Saudi Building Code, “*Loads and Forces Requirements SBC 301*”, 2007.

الباب الثاني

المعايير التصميمية الزلزالية

SEISMIC DESIGN CRITERIA

1-2 عام General

يتضمن هذا الباب قيم المعاملات الزلزالية لمناطق العراق المختلفة وطريقة حساب قوة الهزة الأرضية المستعملة في التصميم الإنشائي، مع مقارنتها بمثيلاتها المثبتة في المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) مشفوعة بمثال تطبيقي في الملحق (ب) لبيان مدى التطابق لقيم المعاملات الزلزالية من خارطة العراق الكونتورية المعطاة في هذا الباب ونتائجها على قوة القص الزلزالي للقاعدة (Seismic Base Shear).

2-2 قيم الحركة الأرضية الزلزالية Seismic Ground Motion Values

1/2-2 قيم التعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية في خارطة العراق

تخصص للمباني أو المنشآت بحسب مواقعها الجغرافية قيمتان للتعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية أحدهما عند فترة زمنية قصيرة مقدارها (0.2) من الثانية (S_s) كما في الشكل (2-1/2 أ)) الذي يوضح خارطة العراق الكونتورية لقيم التعجيل الطيفي عند الفترات القصيرة. والقيمة الأخرى عند فترة زمنية طويلة مقدارها ثانية واحدة (S_1) كما في الشكل (2-1/2 ب)) والذي يوضح خارطة العراق الكونتورية لقيم التعجيل الطيفي عند الفترات الطويلة ثانية واحدة.

2/2-2 تصنيف تربة الموقع Site Soil Class

تصنف تربة موقع المبنى أو المنشأ بإحدى فئات التصنيف التالية (A, B, C, D, E, F) وذلك بناءً على اشتراطات اختيار وتصنيف التربة الخاص بالتصميم الزلزالي المحدد في الكود العالمي للبناء (IBC) وكما مذكور في الفصل (1-7).

3/2-2 تعديل قيم التعجيل الطيفي

تعديل القيم (S_1 و S_s) للحصول على القيم المعدلة للموقع (S_{MS} و S_{M1}) وذلك بناءً على تصنيف تربة الموقع ومعاملات الموقع (F_v ، F_a) التي تحدد كدالة من صنف الموقع وقيمة التعجيل الطيفي (S_1 و S_s) بحسب الجدولين (2-1/2 أ)) و (2-1/2 ب)). ويكون التعديل بموجب المعادلتين التاليتين:

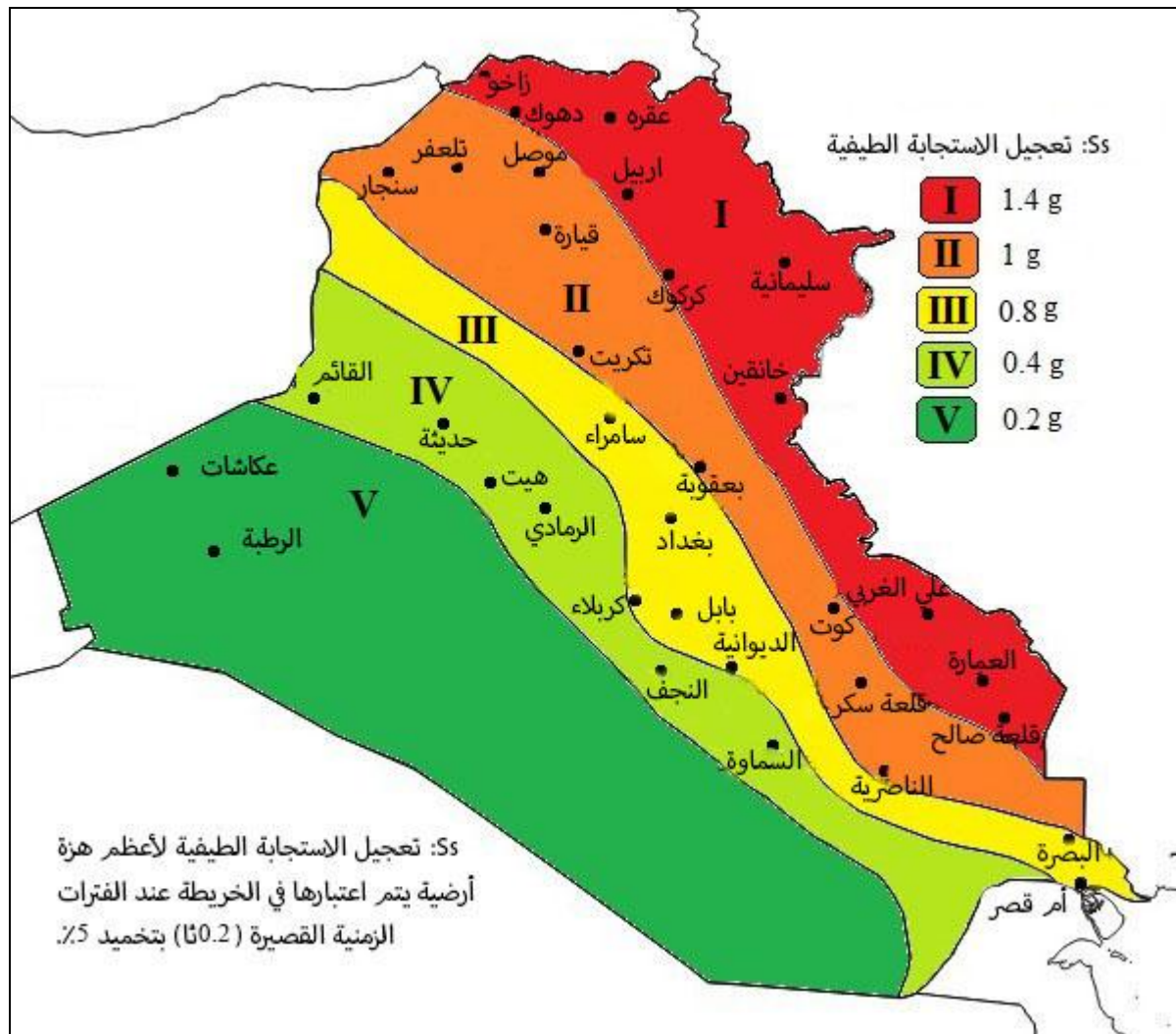
$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2-1/2 \text{ أ})$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2-1/2 \text{ ب})$$

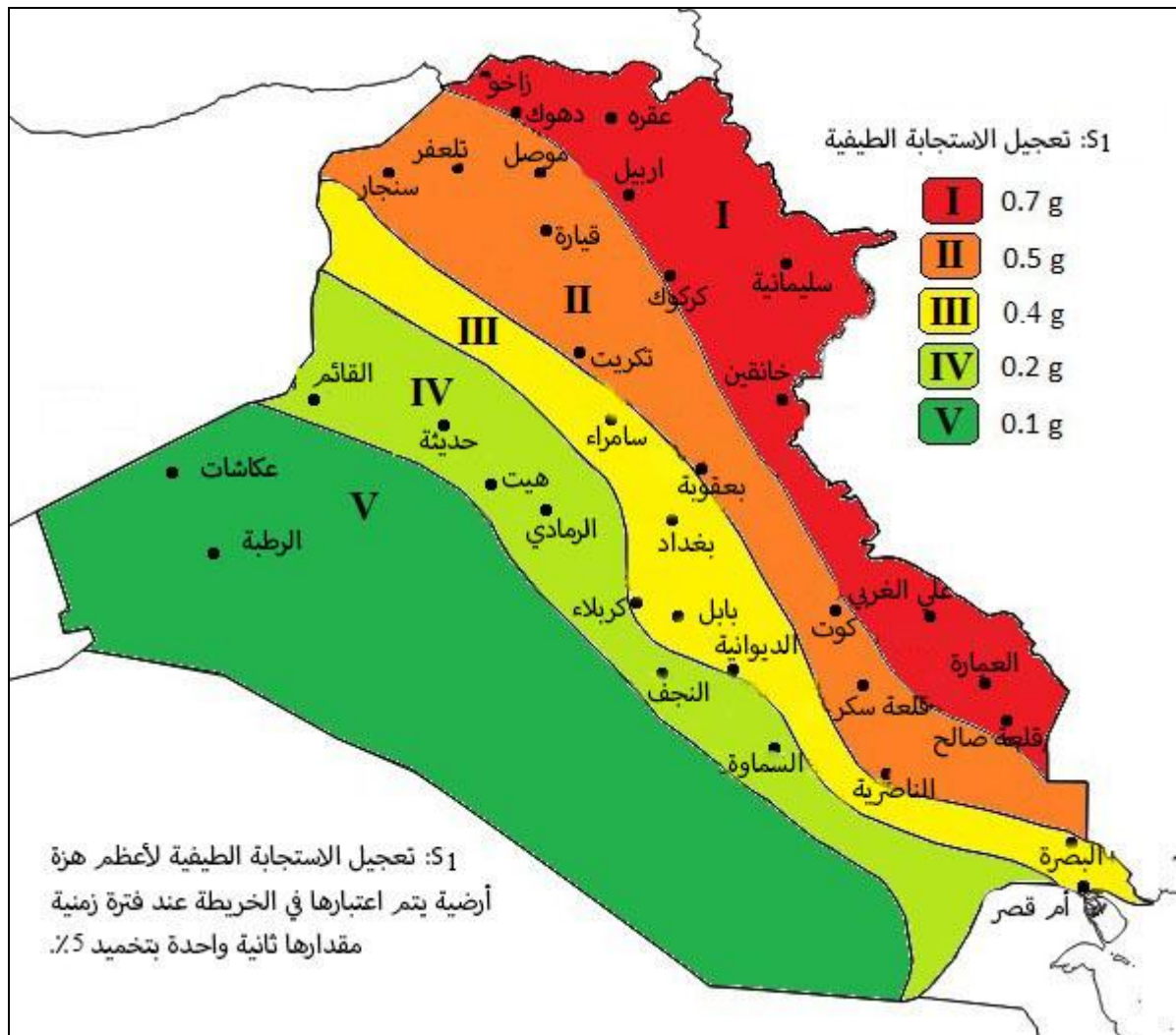
حيث أن:

S_1 = تعجيل الإستجابة الطيفي لأعظم هزة أرضية في الخارطة تؤخذ في الحسبان في فترة ثانية واحدة كما احتسب طبقاً للبند (2-1/2).

S_s = تعجيل الإستجابة الطيفية لأعظم هزة أرضية في الخارطة تؤخذ في الحسبان عند الفترات القصيرة وكما احتسب طبقاً للبند (1/2-2) أما معاملا الموقع F_a و F_v فهما معرفان في الجدولين (1/2-2) (أ) و (1/2-2) (ب) على التوالي.



الشكل 2-1/2(أ): خارطة العراق توضح قيم التعجيل الطيفي للحركة الأرضية (S_s) الزلزالية عند فترة زمنية قصيرة مقدارها (0.2) ثانية



الشكل 2-1/ب): خارطة العراق توضح قيم التعجيل الطيفي للحركة الأرضية (S₁) الزلزالية عند فترة زمنية طويلة مقدارها ثانية واحدة

تجرى اختبارات خاصة وتحليل ديناميكي لتربة المواقع المصنفة بفئة التصنيف (F)، وبما يتفق مع المواصفات القياسية المعتمدة.

2-2/4 قيم التعجيل الطيفي التصميمي

تحتسب القيمة التصميمية للتعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية عند الفترات القصيرة (S_{DS}) وكذلك عند فترة (ثانية واحدة) (S_{D1}) من المعادلتين التاليتين وباعتماد على القيم المعدلة للتعجيل الطيفي.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2-2/3)$$

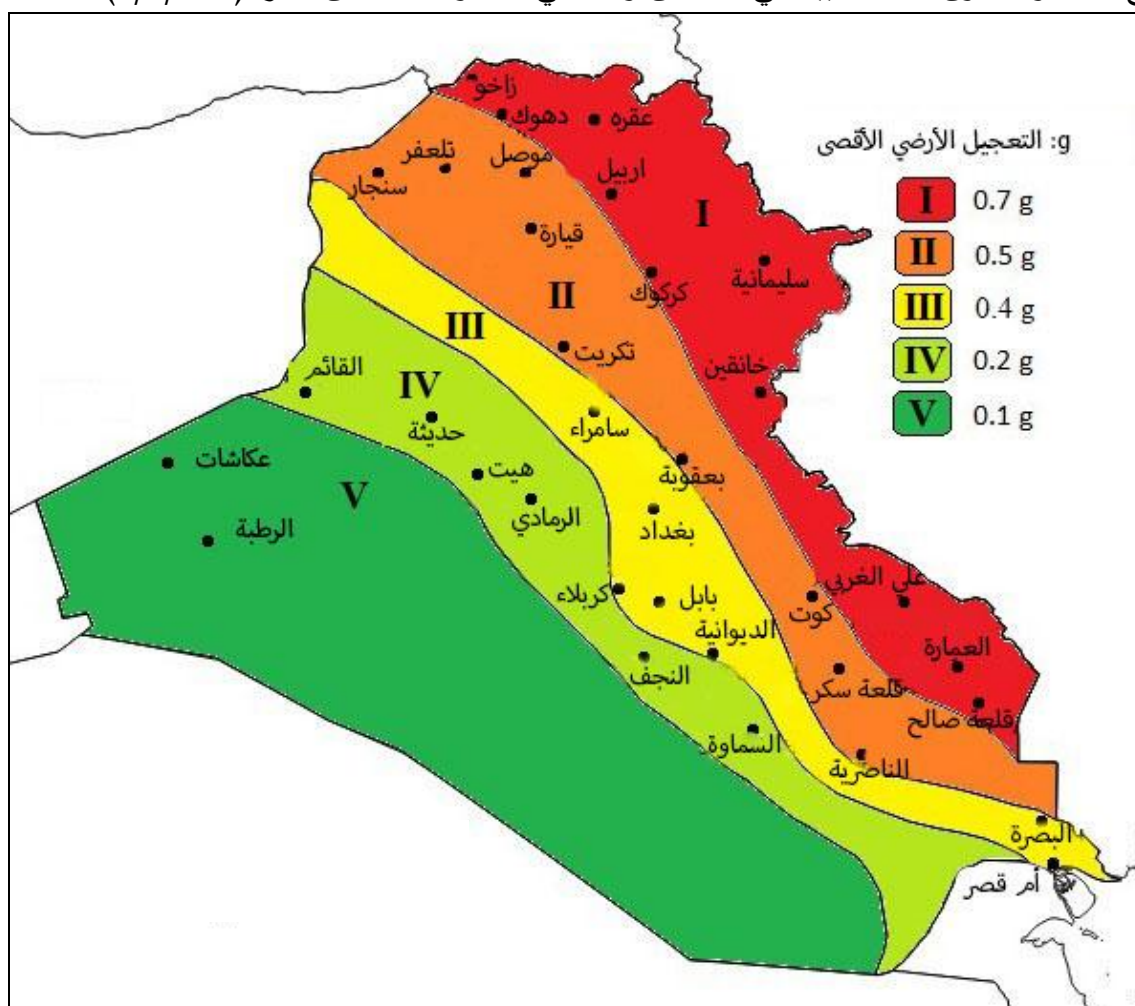
$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2-2/4)$$

الجدول 2-1/ (أ): قيم معامل الموقع F_a كدالة من صنف الموقع وأعظم تعجيل إستجابة طيفي للهزة الأرضية في الخارطة لفترات قصيرة (0.5 ثانية أو أقل)

أعظم تعجيل إستجابة طيفي للهزة الأرضية في الخارطة لفترات قصيرة					صنف الموقع
$S_s \geq 1.25$	$S_s = 1.0$	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.5$	$S_s \leq 0.25$	
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	A
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	B
1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	C
1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	D
0.9	0.9	1.2	1.7	2.5	E
a	a	a	a	a	F

ملاحظة: يستعمل التقريب الخطي لقيم S_s المتوسطة.

a: يجب القيام بتحريات تربة خاصة بالموقع لتحليل إستجابة الموقع الحركية عدا حالة المنشآت التي تكون فترات إهتزازها مساوية أو أقل من (0.5) ثانية، قيم F_a للترب القابلة للتسييل تؤخذ مساوية لقيمة صنف الموقع المحسوبة بدون أخذ التسييل في الحسبان وذلك في الخطوة الثالثة من الفقرة (2/1/1-7).



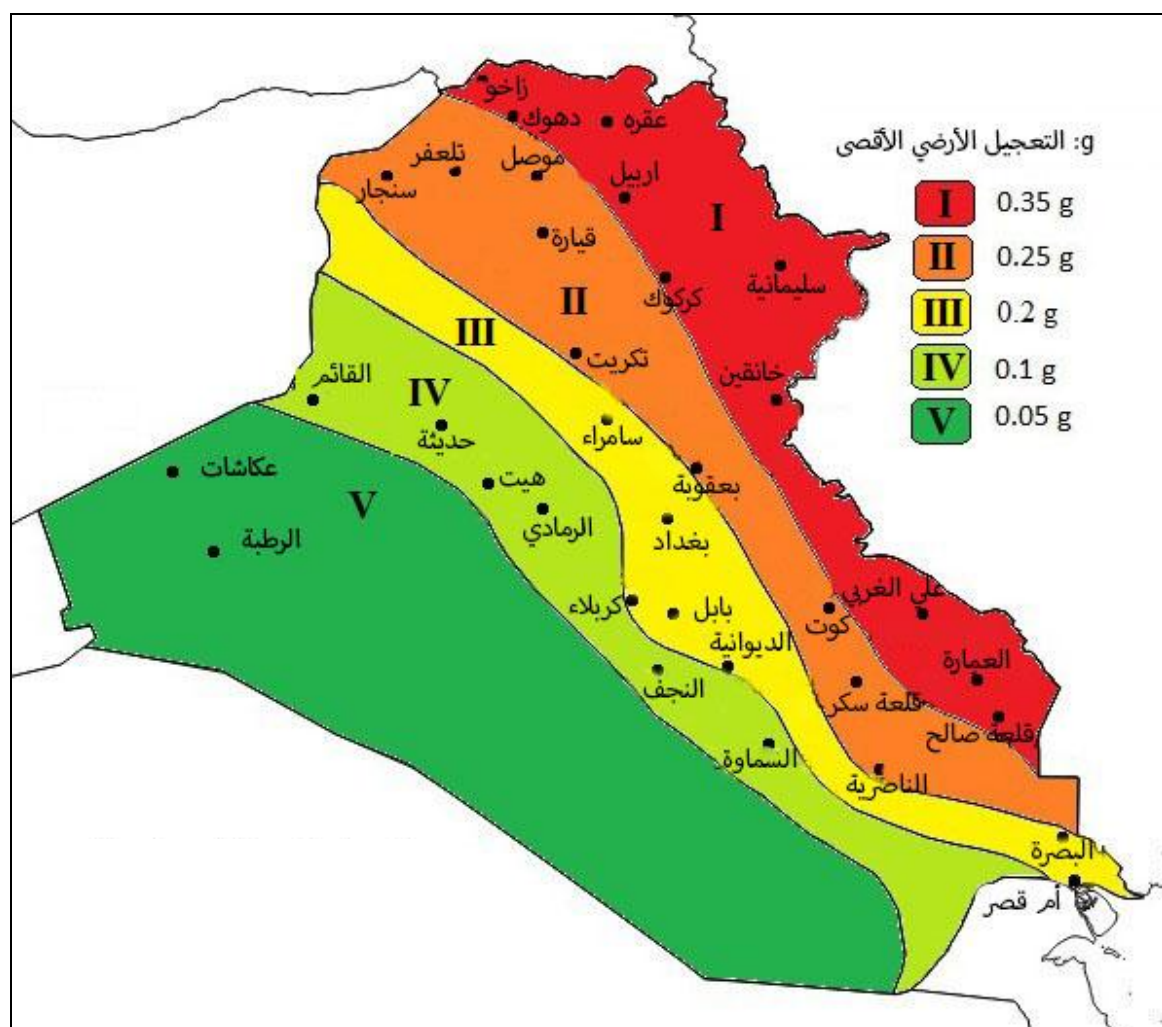
الشكل 2-1/ (ج): خارطة العراق توضح قيم التعجيل الطيفي لاحتتمالية حصول هزة ارضية تتجاوز قيمة هذا التعجيل هي 2% لفترة 50 سنة

الجدول 2-1/2 (ب): قيم معامل الموقع F_v كدالة من صنف الموقع وأعظم تعجيل إستجابة طيفي للهزة الأرضية في الخريطة ولفترة ثانية واحدة

أعظم تعجيل إستجابة طيفي للهزة الأرضية في الخريطة ولفترة ثانية واحدة					صنف الموقع
$S_1 \geq 0.5$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.2$	$S_1 \leq 0.1$	
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	A
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	B
1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	C
1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	D
2.4	2.4	2.8	3.2	3.5	E
a	a	a	a	a	F

ملاحظة: يستعمل التقريب الخطي لقيم S_1 المتوسطة.

a: يجب القيام بتحريات تربة خاصة بالموقع لتحليل إستجابة الموقع الحركية عدا حالة المنشآت التي تكون فترات إهتزازها مساوية أو أقل من (0.5) ثانية، قيم F_v للترب القابلة للتسييل مساوية لقيمة صنف الموقع المحسوبة بدون أخذ التسييل في الحسبان وذلك في الخطوة الثالثة من الفقرة (2/1/1-7).



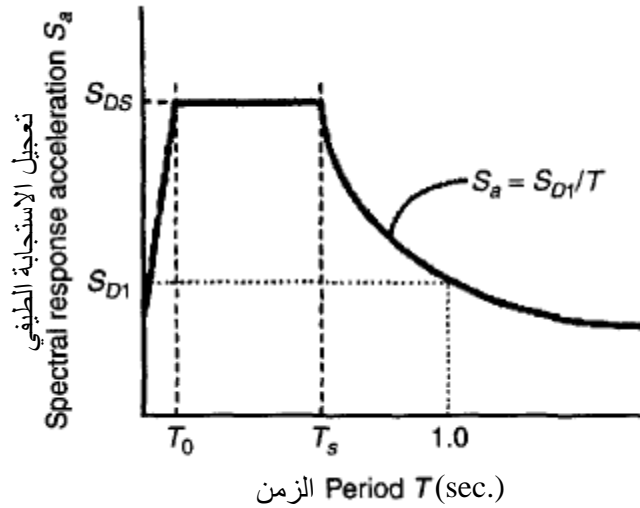
الشكل 2-1/2(د): خارطة العراق توضح قيم التعجيل الطيفي لاحتتمالية حصول هزة ارضية تتجاوز قيمة هذا التعجيل هي 10% لفترة 50 سنة

5/2-2 مخطط الإستجابة الطيفي للتعجيل التصميمي Design Response Spectrum

في الحالات التي يشترط فيها أن يعتمد التحليل والتصميم الانشائي على مخطط الاستجابة الطيفي للتعجيل (الشكل 2/2-2) فإنه يمكن حسابه على وفق مايلي:

1. للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية أقل من T_0 ، يحسب تعجيل الإستجابة الطيفي S_a من المعادلة (5/2-2).

$$S_a = S_{DS} (0.4 + 0.6 T/T_0) \quad \dots\dots\dots (5/2-2)$$



الشكل 2/2-2: الإستجابة الطيفية التصميمية

2. للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية تساوي أو تزيد عن T_0 وتقل عن أو تساوي T_s ، يعد تعجيل الإستجابة الطيفي التصميمي S_a مساوياً S_{DS} .

3. للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية أكبر من T_s ، يحسب تعجيل الاستجابة الطيفي S_a من المعادلة (6/2-2).

$$S_a = S_{D1}/T \quad \dots\dots\dots (6/2-2)$$

4. للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية أكبر من T_L ، يجب أن تؤخذ S_a من المعادلة (7/2-2).

$$S_a = S_{D1} * T_L/T^2 \quad \dots\dots\dots (6/2-2)$$

S_{DS} = تعجيل الإستجابة الطيفي عند الفترات القصيرة.

S_{D1} = تعجيل الإستجابة الطيفي عند فترة ثانية واحدة، وبوحدات (تعجيل - ثانية).

T = الفترة الأساسية للمنشأ (ثانية).

$$\left(\frac{0.2 S_{D1}}{S_{DS}} \right) = T_0$$

$$\left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) = T_s$$

T_L : Long-Period Transition Period (s) يمكن احتسابها لظروف مباني العراق تساوي (6) ثوانٍ [8].

3-2 معامل أهمية الإشغال Occupancy Importance Factor

يخصص للمبنى أو المنشأ فئة اشغال من الفئات (I أو II أو III أو IV) بحسب نوعيته، وتحدد الفئة اعتماداً على طبيعة اشغال المبنى كما مبين في الملحق (ب) وبناءً على ذلك يحدد معامل أهمية الإشغال I طبقاً للجدول (1/3-2).

الجدول 1/3-2: معاملات أهمية الإشغال

معامل أهمية الإشغال (I)	فئة الإشغال
1.0	I أو II
1.25	III
1.5	IV

4-2 فئة التصميم الزلزالي للمنشآت Seismic Design Category

تعتبر فئة التصميم الزلزالي أحد المعايير الأساسية التي تحدد وتحكم تطبيق اشتراطات ومتطلبات المدونة الزلزالية، لذلك لابد من تحديد فئة التصميم الزلزالي لكل منشأ يراد تصميمه ليتحمل تأثير الزلازل الأرضية بالإعتماد على كل من فئة الإشغال الخاصة به والقيم التصميمية لتعجيل الإستجابة الطيفية S_{DS} و S_{D1} ، والمحددة طبقاً للبند (4/2-2). يكون تحديد فئة التصميم الزلزالي لكل بناية أو منشأ لتكون الفئة الأشد من بين الفئات المبينة في الجدول (1/4-2) أو (2/4-2)، بدون الرجوع إلى فترة الإهتزاز الأساسية للمنشأ، T، حيث تمثل الفئة (A) قدرة تحمل زلزالية عادية في حين تمثل الفئة (D) أعلى قدرة تحمل زلزالية مطلوب تحقيقها للمباني والمنشآت.

الجدول 1/4-2: فئة التصميم الزلزالي استنادا الى تعجيل الاستجابة الطيفي للفترة القصيرة

فئة الإشغال			قيم S_{DS}
IV	III	I - II	
A	A	A	$S_{DS} < 0.167$
C	B	B	$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$
D	C	C	$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$
D	D	D	$S_{DS} \geq 0.50$

الجدول 2/4-2: فئة التصميم الزلزالي استنادا الى تعجيل الاستجابة الطيفي لفترة ثانية واحدة

فئة الإشغال			قيم S_{D1}
IV	III	I - II	
A	A	A	$S_{D1} < 0.067$
C	B	B	$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$
D	C	C	$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$
D	D	D	$S_{D1} \geq 0.20$

2-5 تقليل معاملات أهمية الاشغال وفئة المنشأ في حالات الخزانات الحاوية على سوائل

Reduction of Occupancy Importance Factor and the Seismic Design Category for Fluid Storage Tanks Buildings

بإمكان المصمم أن يلجأ أحياناً الى تقليل فئة المنشأ أي تقليل معامل أهمية الاشغال عندما يكون الخطر الناتج من المواد السامة وعالية السمية أو المواد القابلة للانفجار المخزونة في المباني والمنشآت الأخرى كالخزانات (Tanks) الحاوية لها مسيطراً عليه بثلاثة تحوطات على الأقل وهي السيطرة على المخاطر (Hazard assessment) وخطة وقاية (Prevention Program) وخطة استجابة فورية للمخاطر (Emergency Response Plan)، تراجع الفقرة (6-1/5/6).

مراجع الباب الثاني

- [1] المدونة الزلزالية العراقية للمباني - كود (1997/2)، مركز بحوث البناء، الهيئة العامة للبحث والتطوير الصناعي - وزارة الصناعة والمعادن، 1997.
- [2] Worldwide Seismic, "Design Maps", covered by GSHP-USGS-Geologic Hazard Science Center- 1711 Illinois Golden CO80401, 2010.
- [3] "IRAQI SEISMIC CODE REQUIREMENTS FOR BUILDINGS", CODE 2/1997.
- [4] "INTERNATIONAL BUILDING CODE", IBC, 2012, INTERNATIONAL CODE COUNCIL, 2012.
- [5] "UNIFORM BUILDING CODE-1997", International Conference of Building Official, 1997.
- [6] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ASCE/SEI-7-05, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", 2006.
- [7] Saudi Building Code, "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.
- [8] Crouse, C.B. & Others, "Development of Seismic Ground-Motion Criteria for the ASCE-7 Standard", Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, California, 2006, paper No.533.

الباب الثالث

متطلبات التصميم الزلزالي للأبنية والمنشآت

SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

1-3 أسس التصميم الانشائي Structural Design Basis

1/1-3 المتطلبات الأساسية Basic Requirements

تضم فقرات هذا الباب كلاً من طرائق التحليل الزلزالي وإجراءات التصميم التي ستتبع في تصميم المنشآت ومكوناتها. ينبغي أن يتضمن المنشأ كل أنظمة مقاومة القوى الجانبية والعمودية القادرة على اكسابه القوة الكافية والجساءة وسعة تبديد الطاقة لمقاومة الحركات الأرضية التصميمية ضمن الحدود الموصوفة لمتطلبات التشوه والمقاومة. إن التصميم سيفترض حدوث حركات الهزة الأرضية على طول أي اتجاه أفقي للمنشأ. وتوضح قدرة وفعالية الأنظمة الانشائية خلال بناء نموذج رياضي مع تحديد قدرة هذا النموذج على تحمل تأثيرات الحركات الأرضية التصميمية. بعد تحديد فئة التصميم الزلزالي للمنشأ، واعتماداً على خواصه الانشائية، تحسب قوى التصميم الزلزالية المؤثرة عليه. وتعتمد قيمة كل من هذه القوى وتوزيعها على ارتفاع المنشأ وطريقة التحليل الانشائي المتبعة في التصميم (يراجع الفصل (3-6)). ومن ثم تحسب القوى الداخلية المقابلة والتشوهات في أعضاء المنشأ. لن يستعمل الأسلوب البديل المقرر لحساب القوى الزلزالية وتوزيعها مالم يتحقق إيجاد القوى الداخلية والتشوهات المقابلة لهذه القوى في الأعضاء باستعمال نموذج يتوافق مع الأسلوب المتبع.

ينبغي أن تصمم الأعضاء المنفردة لتكتسب قدرة كافية على مقاومة قوى القص والقوى المحورية والعزوم التي يتحقق إيجادها بموجب البنود المذكورة في هذا الباب، وكذلك ستصمم التوصيلات لتوفير القوى في الأعضاء المرتبطة بها أو القوى المشار إليها آنفاً. حيث أن تشوه المنشأ يجب أن لا يتجاوز الحدود العليا المحددة له عندما يتأثر بقوى التصميم الزلزالية.

يجب أن يكون مسار أو مسارات الحمل مستمرة مع قوة وجساءة كافيتين لنقل كل القوى من نقطة التأثير إلى النقطة النهائية للمقاومة. تصمم الأسس لمقاومة القوى المتولدة لاستيعاب الزلاجات التي يتعرض لها المنشأ بسبب حركات الأرض التصميمية. كما يجب أن تأخذ معايير تصميم أساس المنشأ في الحسبان كلاً من الطبيعة الديناميكية للقوى والحركة الأرضية المتوقعة وقدرة المنشأ التصميمية للمقاومة وتبديد الطاقة التي يتعرض لها.

يسمح باستعمال التصميم بطريقة الإجهادات المسموح بها لتعيين قيمة كل من الإنزلاق والإنقلاب وتحمل التربة عند سطح تلامس المنشأ- التربة بغض النظر عن طريقة التصميم المستعملة في تصميم المنشأ.

2-3 اختيار النظام الانشائي Structural System Selection

ينبغي أن يتوافق النظام الأساسي الموجود في المنشأ لمقاومة قوى الزلازل الجانبية والعمودية مع أحد الأنظمة المشار إليها في الجدول (3-1/2). يقسم كل نظام من هذه الأنظمة بموجب أنواع العناصر العمودية المستعملة فيه لمقاومة القوى الزلزالية الجانبية. إن النظام الانشائي المستعمل ينبغي أن يكون ضمن فئة التصميم الزلزالي وتحديدات الارتفاع المشار إليها في الجدول (3-1/2). إن قيم المعامل المناسب لتعديل استجابة العضو الانشائي R ومعامل تضخيم مقاومة النظام Ω ومعامل تضخيم الإزاحة (C_d) المشار إليها في الجدول (3-1/2) يجب أن تُستعمل في حساب القص القاعدي والقوى التصميمية للعنصر والإزاحة التصميمية للطابق. تحدد المتطلبات الهيكلية الخاصة المشار إليها في الفصل (3-1) والفصول (4-1) و(4-2) و(4-3) و(4-4) للمنشآت استناداً إلى فئات التصميم الزلزالية المختلفة.

يسمح باستعمال أنظمة مقاومة القوة الزلزالية التي لم تذكر في الجدول (3-1/2) إذا كانت نتائج التحليل والبيانات الإختبارية المستحصلة منها حول الخصائص الديناميكية وتفاصيل مقاومة القوة الجانبية تؤكد أن سعة تبديد الطاقة كافية إلى سعة تبديد الطاقة في الأنظمة الهيكلية المدرجة في الجدول (3-1/2).

1/2-3 خصائص النظام الثنائي Dual System

يفترض أن يكون الهيكل المقاوم للعزم للنظام الثنائي قادراً على مقاومة ما لا يقل عن 25 % من قوى التصميم الزلزالية. أما مقاومة القوة الزلزالية الكلية فتتحقق بواسطة مشاركة كل من هياكل العزوم وجدران القص أو الهياكل المكثفة بحسب متانة (Rigidity) كل منها.

2/2-3 دمج الأنظمة الهيكلية Combination of Framing Systems

تحدد أنظمة مقاومة القوة الزلزالية المختلفة حدود الإزاحات المسموح بها على طول المحورين المتعامدين من المنشأ. يفترض أن تتوافق مكونات أنظمة مقاومة القوة الزلزالية مع متطلبات هذا البند.

1/2/2-3 معامل تعديل الاستجابة R ومعامل تضخيم مقاومة النظام Ω_0

ينبغي أن لا يتجاوز معامل تعديل الاستجابة (R) في الإتجاه قيد النظر في أي طابق الحد الأدنى من معامل تعديل الاستجابة (R) لنظام مقاومة القوة الزلزالية في نفس الإتجاه للطابق الذي فوقه ماعدا بناء البيتونة (Penthouse). للنظم الأخرى غير الثنائية المتكونة من أنظمة انشائية مختلفة (هياكل، جدران القص، صندوق الدرج والمصاعد) التي تشتمل على مشاركة عناصر مختلفة تستعمل لمقاومة القوى الجانبية في اتجاه معين، فإن قيمة (R) المستعملة في ذلك الإتجاه ينبغي أن لا تزيد عن أقل قيمة (R) يمتلكها أي من النظم المستعملة في نفس الإتجاه.

أما إذا كان النظام غير النظام الثنائي ذا معامل تعديل الاستجابة (R) بقيمة أقل من 5 ومستعملاً كجزء من نظام مقاومة القوة الزلزالية في أي إتجاه للمنشأ، فإن الحد الأدنى من قيمة (R) التي يمتلكها هذا النظام سيُستعمل لكامل المنشأ. أما معامل تضخيم مقاومة النظام في الإتجاه المعني في أي طابق فيجب أن لا يقل عن القيمة الأكبر لهذا المعامل لنظام مقاومة القوة الزلزالية في نفس الإتجاه للطابق الذي فوقه.

الإستثناءات: إن التحديدات المذكورة آنفاً لا تنطبق على الانظمة الانشائية المدعمة التي يبلغ مجموع أوزان أعضاء التدعيم فيها قيمة تساوي أو تقل عن 10 % من وزن المنشأ.

2/2/2-3 المتطلبات التفصيلية للأنظمة الهيكلية المندمجة

Combination Framing Detailing Requirements

إن هذه المتطلبات الموضحة في الفصل (3-11) سيحتاج إليها عندما تكون قيم معامل تعديل الاستجابة (R) عالية وستستعمل للمكونات الهيكلية المشتركة في الأنظمة التي لها معاملات تعديل استجابة مختلفة.

3/2-3 تصميم المنشآت ذات فئتي التصميم الزلزالي B و C

يفترض أن يتطابق نظام التآطير الهيكلي للمنشآت المحددة ضمن فئتي التصميم الزلزالي B و C مع إرتفاع المنشأ ومع المحددات الانشائية المذكورة في الجدول (3-1/2).

الجدول 3-1/2: معاملات التصميم للأنظمة الأساسية لمقاومة القوة الزلزالية

حدود ارتفاع المنشأ (m) لكل نظام بحسب فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ^c			معامل تضخيم الازاحة Cd ^b	معامل تضخيم مقاومة النظام Ωo ^f	معامل تعديل الاستجابة R ^a	النظام الأساسي لمقاومة القوة الزلزالية
فئة التصميم الزلزالي						
D ^d	C	B و A				
50	NL	NL	5	2.5	4	نظمة الجدران الحاملة جدران القص الخرسانية المسلحة لخاصة
NP	NL	NL	4	2.5	3	جدران القص الخرسانية المسلحة لاعتيادية
50	NL	NL	3.5	2.5	4	جدران القص البنائية المسلحة الخاصة
NP	NL	NL	2.25	2.5	2.5	جدران القص البنائية المسلحة للمتوسطة
NP	50	NL	1.75	2.5	1.5	جدران القص البنائية المسلحة لاعتيادية
50	NL	NL	4	2	7	نظمة البناء الهيكلي هياكل فولاذية مقيدة لا مركزياً، وصلات مقاومة العزم عند الاعمدة بعيدة عن لرابط

تتمة الجدول 3-1/2

حدود ارتفاع المنشأ (m) لكل نظام بحسب فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ^c			معامل تضخيم الازاحة Cd ^b	معامل تضخيم مقاومة النظام Ωo ^f	معامل تعديل الاستجابة R ^a	النظام الأساسي لمقاومة القوة الزلزالية
فئة التصميم الزلزالي						
D ^d	C	B و A				
50	NL	NL	4	2	6	هياكل فولاذية مقيدة لا مركزياً، وصلات غير مقاومة للعزوم عند الاعمدة البعيدة عن الرابط
50	NL	NL	5	2	5	الهياكل الفولاذية الخاصة المقيدة مركزياً
10 ⁱ	NL	NL	4.5	2	4	الهياكل الفولاذية الاعتيادية المقيدة مركزياً
50	NL	NL	5	2.5	5	جدران القص الخرسانية المسلحة الخاصة
NP	NL	NL	4.5	2.5	4	جدران القص الخرسانية المسلحة الاعتيادية
50	NL	NL	4	2	7	الهياكل المركبة المقيدة لامركزياً
50	NL	NL	4.5	2	4	الهياكل المركبة المقيدة مركزياً
NP	NL	NL	3	2	2.5	الهياكل المركبة المقيدة الاعتيادية
50	NL	NL	5.5	2.5	5	جدران القص من الالواح الفولاذية المركبة
50	NL	NL	5	2.5	5	جدران القص الخاصة المركبة من الخرسانة المسلحة مع عناصر فولاذية
NP	NL	NL	4.25	2.5	4	جدران القص الاعتيادية المركبة من الخرسانة المسلحة مع عناصر فولاذية
50	NL	NL	4	2.5	4	جدران القص البنائية المسلحة الخاصة
NP	NL	NL	4	2.5	3	جدران القص البنائية المسلحة المتوسطة
NP	50	NL	2.25	2.5	2	جدران القص البنائية المسلحة الاعتيادية

تتمة الجدول 3-1/2

حدود ارتفاع المنشأ (m) لكل نظام بحسب فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ^c			معامل تضخيم الازاحة Cd ^b	معامل تضخيم مقاومة النظام Ω0 ^f	معامل تعديل الاستجابة R ^a	النظام الأساسي لمقاومة القوة الزلزالية
فئة التصميم الزلزالي						
D ^d	C	B و A				
NL	NL	NL	5.5	3	7	أنظمة الهياكل المقاومة للعزوم الهياكل الفولاذية الخاصة الهياكل الفولاذية المتوسطة الهياكل الفولاذية الاعتيادية الهياكل الخرسانية المسلحة الخاصة الهياكل الخرسانية المسلحة المتوسطة
10 _g	NL	NL	4	3	4	
NP _{g,h}	NL	NL	3	3	3	
NL	NL	NL	5.5	3	6.5	
NP	NL	NL	4.5	3	4	
NL	NL	NL	4	2.5	7	الأنظمة الثنائية مع الهياكل المقاومة للعزوم الخاصة والقادرة على مقاومة ما لا يقل عن 25% من الأحمال الزلزالية المحددة هيكل فولاذي مقيد لا مركزياً، وصلات مقاومة العزم عند الاعمدة بعيدة عن الرباط هيكل فولاذي مقيد لا مركزياً، وصلات غير مقاومة للعزوم عند الاعمدة بعيدة عن الرباط الهياكل الفولاذية الخاصة المقيدة مركزياً جدران القص الخرسانية المسلحة الخاصة جدران القص الخرسانية المسلحة الاعتيادية الإطارات المركبة المقيدة لامركزياً
NL	NL	NL	4	2.5	6	
NL	NL	NL	6.5	2.5	7	
NL	NL	NL	6.5	2.5	6.5	
NP	NL	NL	6	2.5	5.5	
NL	NL	NL	4	2.5	6.5	

تتمة الجدول 3-1/2

حدود ارتفاع المنشأ (m) لكل نظام بحسب فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ^c			معامل تضخيم مقاومة الازاحة Cd ^b	معامل تضخيم مقاومة النظام Ω0 ^f	معامل تعديل الاستجابة R ^a	النظام الأساسي لمقاومة القوة الزلزالية
فئة التصميم الزلزالي						
D ^d	C	B و A				
NL	NL	NL	5	2.5	5	الإطارات المركبة المقيدة مركزياً جدران القص من الالواح الفولاذية المركبة جدران القص الخاصة المركبة من الخرسانة المسلحة مع عناصر فولاذية جدران القص الاعتيادية المركبة من الخرسانة المسلحة مع عناصر فولاذية جدران القص المبنية المسلحة الخاصة جدران القص المبنية المسلحة المتوسطة جدران القص المبنية المسلحة الاعتيادية
NL	NL	NL	6.5	2.5	6.5	
NL	NL	NL	6.5	2.5	6.5	
NP	NL	NL	6	2.5	5.5	
NL	NL	NL	6.5	3	5.5	
NL	NL	NL	5	2.5	4.5	
NL	NL	NL	5	2.5	5	
10	NL	NL	4.5	2.5	4	الهياكل الفولاذية الخاصة المقيدة مركزياً ^e
50	NL	NL	5	2.5	4.5	جدران القص الخرسانية المسلحة الخاصة
NP	50	NL	2.5	3	2.5	جدران القص الخرسانية المسلحة الاعتيادية
NP	NL	NL	4.5	3	4	جدران القص الخرسانية المسلحة المتوسطة
50	NL	NL	4.5	2.5	4	الهياكل المركبة المربوطة مركزياً

تتمة الجدول 3-1/2

حدود ارتفاع المنشأ (m) لكل نظام بحسب فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ^c			معامل تضخيم الازاحة Cd ^b	معامل تضخيم مقاومة النظام Ω0 ^f	معامل تعديل الاستجابة R ^a	النظام الأساسي لمقاومة القوة الزلزالية
فئة التصميم الزلزالي						
D ^d	C	B و A				
NP	NL	NL	3	2.5	3.5	الهيكل المركبة المربوطة الاعتيادية جدران القص الاعتيادية المركبة من الخرسانة المسلحة مع عناصر فولاذية الإطارات الفولاذية الاعتيادية المربوطة مركزياً جدران القص الخرسانية المسلحة الاعتيادية
NP	NL	NL	4.5	3	4	
50	NL	NL	4.5	2.5	4	
NP	NL	NL	4.5	2.5	4.5	
الأنظمة البندولية المقلوبة ونظم الاعمدة الناتئة						
NL	NL	NL	2.5	2	2	الهيكل الفولاذية الخاصة
NP	NL	NL	2.5	2	1	الهيكل الفولاذية الاعتيادية
NL	NL	NL	1.25	2	2	الهيكل الخرسانية المسلحة الخاصة
NP	NL	NL	3	3	2.5	النظم الانشائية الفولاذية غير المفصلة بصورة خاصة لمقاومة الزلازل

^a معامل تعديل الاستجابة (R) يستعمل في كافة فقرات المدونة. لاحظ أن (R) يُقلل القوى إلى مستوى المقاومة، وليس إلى مستوى الإجهاد المسموح به. إنَّ القيم المُعطاة تقريبية وتتطلب دراسة أخرى.

^b معامل تضخيم الازاحة (Cd) الذي سيستعمل في الفقرتين (3-1/7) و (3-2/7).

^c (NL = (not limited) = الارتفاع غير محدد و (NP = (not permitted) = نظام مقاومة القوى الزلزالية لا يتوافق مع فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ولا يجوز استعماله فيه. الإرتفاعات مقاسة من قاعدة المنشأ كما عُرِفَتْ في الفصل (1-4).

^d انظر الفقرة (3-1/4) لوصف انظمة المباني التي بإرتفاع 75م أو أقل.

^e يسمح باستعمال هيكل مقاوم للعزم عادي بدلاً عن هيكل مقاوم للعزم متوسط في فئتي التصميم الزلزالي B و C.

^f القيمة المُجدولة لمعامل تضخيم المقاومة (Ω_0) يمكن تقليلها بطرح 0.5 للمنشآت ذات الحواجز المرنة لكن لن تؤخذ أقل من 2.0 لأي منشأ.

^g) الهياكل الفولاذية الاعتيادية والهياكل الفولاذية المتوسطة مسموحة في البنايات ذات الطابق الواحد إلى حد ارتفاع 18م، مع اشتراط أن تكون العقد المقاومة للعزوم عند مناطق التقاء العناصر منشأة من ألواح ذات نهاية مُثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) والحمل الميت للسقف لا يتجاوز 0.75 كيلوباسكال.

^h) الهياكل الفولاذية الاعتيادية مسموحة في البنايات لحد ارتفاع 10م حيث الحمل الميت للجدران والطوابق والسطوح لا يتجاوز 0.75 كيلوباسكال.

ⁱ) الهياكل الفولاذية الاعتيادية المثبتة مركزياً مسموحة في البنايات ذات الطابق الواحد لغاية ارتفاع 18م عندما يكون الحمل الميت للسقف لا يتجاوز 0.75 كيلوباسكال وفي منشأ البيتونة.

3-2/4 تصميم المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D

إن نظام البناء الهيكلي للمنشأ الذي يقع ضمن فئة التصميم الزلزالي D سيخضع إلى البند (3-2/2) والفقرات الإضافية في هذا البند.

3-2/4/1 التأثيرات المتداخلة Interaction Effects

إن الهياكل المقاومة للعزم المحاطة والمجاورة إلى عناصر أكثر صلادة منها والتي لا تعد جزءاً من نظام مقاومة القوة الزلزالية يفترض أن تُصمم لكي لا يكون الفشل الحاصل في تلك العناصر يضعف قابلية الهيكل لمقاومة الحمل العمودي وقابلية مقاومة الاحمال الزلزالية.

يفترض أن يبين التصميم تأثير هذه العناصر الصلدة على النظام الهيكلي في تشوهات المنشأ المطابقة لازاحة الطابق (Δ) كما محدد في البند (3-7/9). بالإضافة إلى ذلك، فإن تأثيرات هذه العناصر ستؤخذ في الحسبان عندما يحدد فيما إذا كان المنشأ له معيار واحد أو أكثر من معايير عدم الانتظامية (Irregularities) المعرفة في البند (3-2/3).

3-2/4/2 التشوهات المتوافقة Deformational Compatibility

يفترض أن يُصمم كل مكون هيكلي غير مشمول في نظام مقاومة القوى الزلزالية في الإتجاه قيد النظر لكي يكون قادراً على تحمل الاحمال العمودية والعزوم وقوى القص الناتجة من الازاحة التصميمية للطابق (Δ) كما حددت على وفق البند (3-7/9)، انظر ايضا الفصل (3-12).

الإستثناء: إن أعضاء الهيكل الخرساني المسلح الذي لايتحقق تصميمه كجزء من نظام مقاومة القوة الزلزالي تصمم بحسب متطلبات مدونة الخرسانة المسلحة السعودية SBC 304 انظر الملحق (د).

عندما تحسب العزوم وقوى القص المتولدة في المكونات التي ليست متضمنة في نظام مقاومة القوة الزلزالي في الإتجاه المأخوذ في الحسبان، يجب الأخذ بتأثيرات الجساء للعناصر الانشائية وغير الانشائية الصلدة المجاورة وكذلك يجب استعمال قيمة مناسبة للجساء وتقبيد الجساء.

3-2/4/3 هياكل مقاومة العزوم الخاصة Special Moment Frames

إن أي هيكل خاص مقاوم للعزم مستعمل وغير مذكور في الجدول (3-1/2) سوف لايعد غير مستمر ومسنداً من قبل نظام أكثر صلادة ذي معامل تعديل استجابة (R) أقل مالم تتحقق متطلبات الفقرتين

(1/4/11-3) و (2/4/11-3). أما عندما يكون الهيكل الخاص مقاوماً للعزوم وكما مطلوب بالجدول (1/2-3)، عندها يجب أن يكون الهيكل مستمرا إلى الأساس.

3-3 مرونة الحاجز وعدم انتظام الشكل والفائضية

Diaphragms Flexibility, Configuration Irregularities and Redundancy

1/3-3 مرونة الحاجز Diaphragm Flexibility

يجب أن يراعى التحليل الانتشائي جساءة الحاجز النسبية والعناصر العمودية لنظام مقاومة القوى الزلزالية.

1/1/3-3 شرط الحاجز المرن Flexible Diaphragm Condition

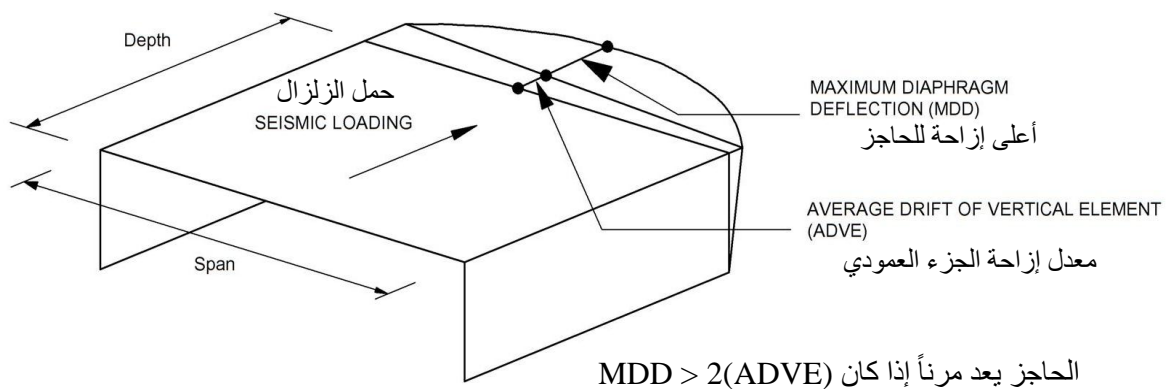
تعد الحواجز المنشأة على أرضية فولاذية حواجز مرنة في المنشآت التي تكون فيها العناصر العمودية هياكل فولاذية أو هياكل مركبة مدعمة أو خرسانية أو بنائية أو جدران قص فولاذية أو مركبة. ويشمل هذا التعريف كذلك بقية الحواجز المنشأة على أرضية فولاذية لطابق أو اثنين في الأبنية السكنية.

2/1/3-3 شرط الحاجز الصلب Rigid Diaphragm Condition

يعد الحاجز من البلاطات الخرسانية أو السقف من الخرسانة المسلحة حاجزاً صلباً إذا كان ذا نسبة فضاء إلى عمق تساوي 3 أو أقل في المنشآت التي تخلو من أي عدم انتظام أفقي.

3/1/3-3 شرط الحاجز المرن المحسوب Calculated Flexible Diaphragm Condition

تعد الحواجز التي لا تحقق الشروط في الفقرتين (1/1/3-3) و (2/1/3-3) حواجز مرنة عندما يكون الحد الأقصى المحسوب لانحراف الحاجز تحت حمل جانبي أكثر من ضعف معدل إزاحة الطابق للعناصر العمودية المجاورة في النظام المقاوم للقوة الزلزالية للطابق المرتبط تحت حمل جانبي تابع مكافئ كما في الشكل (1/3-3). إن الاحمال المستعملة في هذه الحسابات هي تلك الموصوفة في الفصل (9-3).



الشكل 1/3-3: الحاجز المرن (Flexible Diaphragm)

2/3-3 التصنيف غير المنتظم والمنتظم Irregular and Regular Classification

تصنف المنشآت بأنها منتظمة أو غير منتظمة اعتماداً على المعايير الموصوفة في هذا البند. إن هذا التصنيف يعتمد على المسقط الرأسي (plan) والهيئة العمودية.

3-1/2 معيار عدم الانتظام في المسقط الأفقي Plan Irregularity

تعد المنشآت ذات عدم انتظام انشائي واحد أو أكثر في المسقط الأفقي إذا توافر فيها نوع واحد أو أكثر من أنواع عدم الانتظام المدرجة في الجدول (3-1/3). مثل هذه المنشآت تنسب لفئات التصميم الزلزالي المبينة في هذا الجدول وستخضع لمتطلبات الفقرات المشار إليها في ذلك الجدول.

3-2/2 معيار عدم الانتظام في الاتجاه الرأسي Vertical Irregularity

تعد المنشآت ذات عدم انتظام انشائي واحد أو أكثر في الاتجاه العمودي إذا توافر فيها نوع واحد أو أكثر من أنواع عدم الانتظام المدرجة في الجدول (3-2/3). مثل هذه المنشآت تنسب لفئات التصميم الزلزالي المبينة في الجدول (3-2/3) وستخضع لمتطلبات الفقرات المشار إليها في ذلك الجدول.

الاستثناءات:

(1) ان عدم الانتظام الانشائي في الاتجاه الراسي للانواع 1أ أو 1ب أو 2 في الجدول (3-2/3) لا يعد متحققاً عندما تكون نسبة ازاحة أي طابق تحت الحمل الزلزالي الجانبي التصميمي لاتزيد على 130% من نسبة ازاحة الطابق الذي يعلوه، وعندئذٍ لاجابة أن تؤخذ تأثيرات اللي في الحسابان في حساب ازاحات الطابق، وكذلك علاقة نسبة ازاحة الطابق للطابقين العلويين للمنشأ لايتطلب ايجادها.

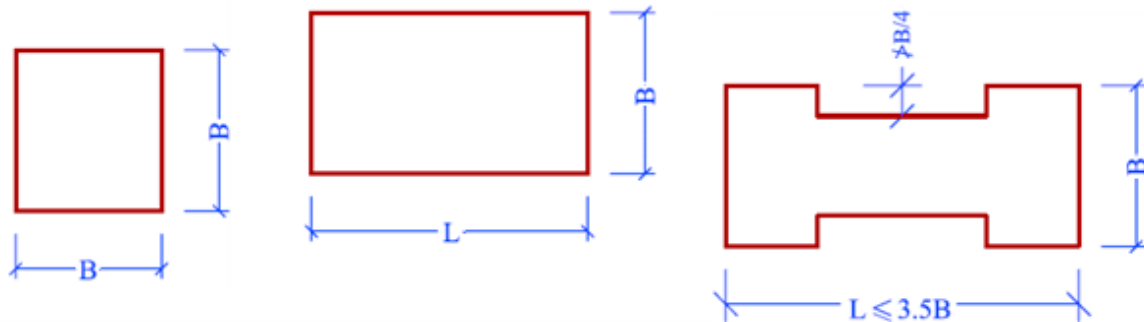
(2) عدم الانتظام في الاتجاه الراسي للانواع 1أ أو 1ب و 2 في الجدول (3-2/3) لايتطلب اخذه في الحسابان للابنية ذات الطابق الواحد أو الطابقين لفئات التصميم الزلزالي A و B و C و D.

3-3/2 معيار عدم الانتظام بسبب التكوين المعماري المرغوب به إنشائياً

3-3/2/1 التكوين المعماري والفواصل بين الكتل في المسقط الأفقي

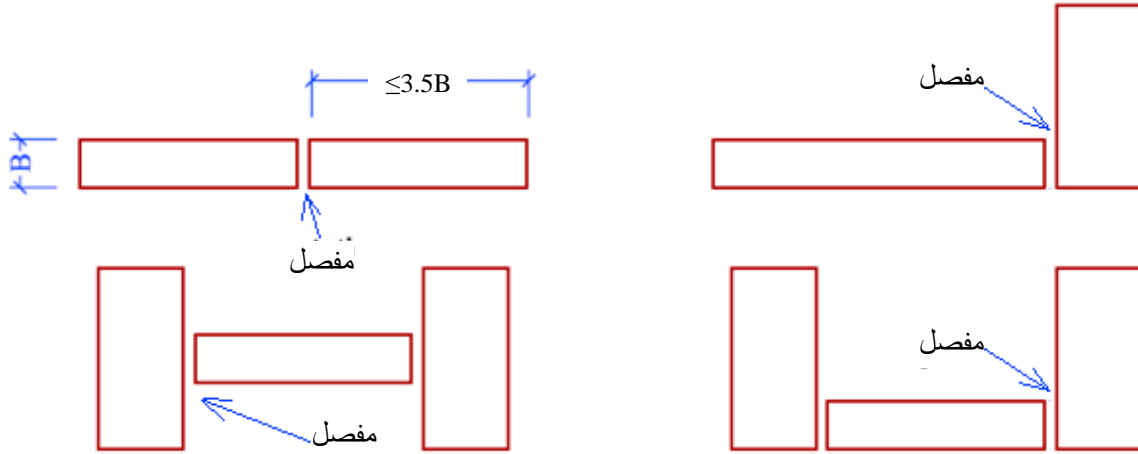
Architectural Composition and Expansion Joints in Plan

أ- يفترض أن تكون كتلة البناء خالية من الفواصل ومنتظمة قدر الإمكان (مربعة أو مستطيلة أو ذات محوري تناظر). وفي حال الضرورة، يمكن القبول بالأشكال غير المنتظمة جزئياً لكتلة البناء في المسقط الأفقي بدون مفاصل كما موضح بالشكل (3-2/3).



الشكل 3-2/3: مساقط أفقية مقبولة إنشائياً بدون مفاصل

ب- عند استعمال كتل أبنية بأشكال تختلف عما سبق (ذات مسقط أفقي يشبه الحرف T أو L أو U أو H على سبيل المثال)، فيجب أن توضع مفاصل زلزالية بحيث ينقسم البناء الواحد إلى عدة كتل تحقق كل كتلة منها الشروط المذكورة آنفاً، كما هو موضح بالشكل (3/3-3).

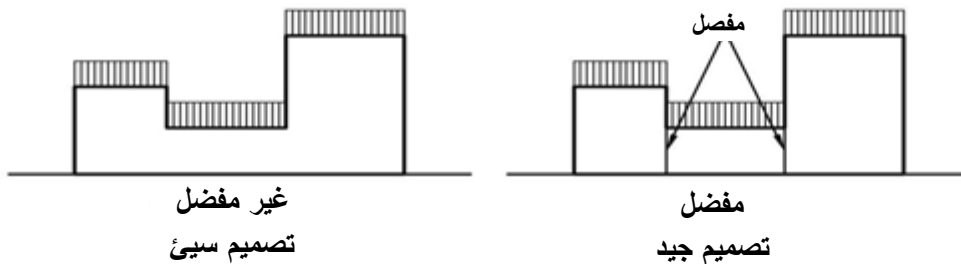


الشكل 3/3-3: وضع مفاصل زلزالية بسبب عدم انتظام الشكل

ت- يجب ألا يتجاوز طول كتلة البناء الخالية من الفواصل (3.5) مرة بقدر عرضها حتى لا يتعرض المبنى لاجهادات داخلية نتيجة لتغير طبيعة الزلزال ضمن طول المبنى، يلاحظ الشكلان (2/3-3) و (3/3-3). وفي حال التجاوز فينبغي استعمال مفاصل زلزالية التي يمكن أن تكون مفاصل تمدد حراري (Expansion Joint) أو مفاصل هبوط (Settlement Joints) (يلاحظ الشكل (4/3-3)).

ث- يجب، في جميع الأحوال، استعمال مفاصل تمدد حراري بحيث لا يتجاوز البعد الأكبر بين الأعمدة أو الجدران الخارجية للكتلة الواحدة المسافات التالية:

- (1) 45 متراً في المناطق عالية الرطوبة (القريبة من البحر).
 - (2) 40 متراً في المناطق الرطبة (الهطول السنوي للأمطار فيها أكثر من 600 ملم).
 - (3) 35 متراً في المناطق متوسطة الرطوبة (ذات الهطول السنوي للأمطار = 200 - 600 ملم)
 - (4) 30 متراً في المناطق الجافة (الهطول السنوي للأمطار فيها أقل من 200 ملم).
- وعندما تدعو الضرورة لزيادة هذه الأبعاد فيمكن السماح بزيادتها بما لا يتعدى الثلث بشرط حساب التأثيرات الحرارية على المبنى بحسب المدونة المناسبة المعتمدة.



الشكل 4/3-3: وضع مفاصل هبوط بسبب اختلاف ارتفاعات المباني

3-2/3/2 التكوين المعماري ومفاصل التمدد بين الكتل في الواجهة الرأسية [3]

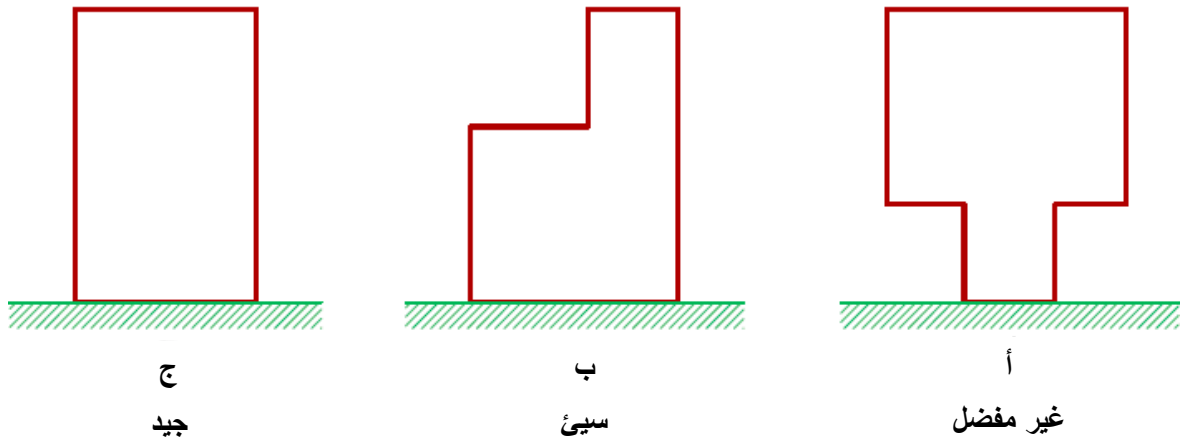
Architectural Composition and Expansion Joints in Elevation

أ- عند استعمال مبانٍ ذات مساقط امامية واجهاتها متغيرة الارتفاع فينبغي تنفيذ مفاصل هبوط تقصّل الكتل المختلفة عن بعضها كما في الشكل (3-5/3) والمفصل في الشكل (3-6/3).

ب- يعدّ المبنى ذو المسقط الامامي الذي واجهته مستطيلة واجهة مناسبة للكتلة الخالية من المفاصل (الشكل 3-5/3 ج).

ت- ينبغي تجنب المباني ذات المساقط الامامية التي يزيد فيها بعد الكتلة بالأعلى على بعدها بالأسفل سواء كانت الزيادة من جهة واحدة أو كانت من الجهتين، كما هو موضح بالشكل (3-5/3 أ). كذلك لا ينصح بقبول الواجهات التي يقل فيها العرض بالأعلى كثيراً عن العرض بالأسفل (أي حالة وجود تراجع كبير) كما هو موضح بالشكل (3-5/3 ب)، مع ملاحظة أنه كلما ورد وصف غير مفضل أو سيئ فلا يعني عدم إمكانية استعماله، وإنما لا يحقق غايتي التصميم الأمين والاقتصادي بالوقت نفسه.

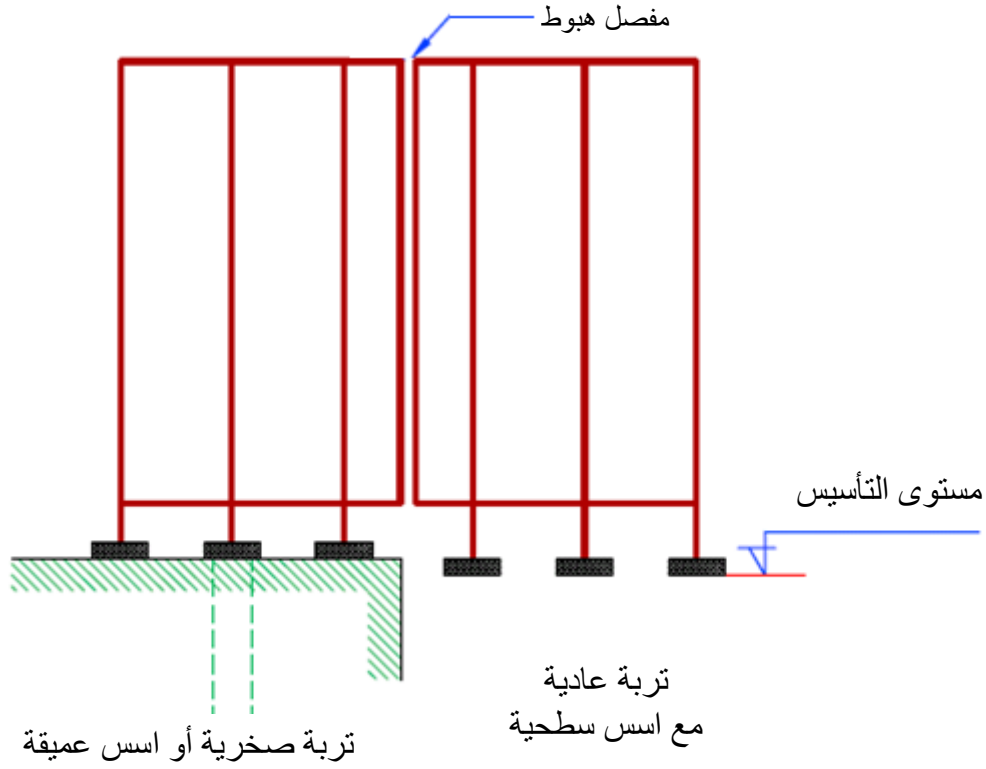
ث- يفضل عدم الرجوع في الواجهة بالطوابق العلوية عن السفلية للكتلة الواحدة. وإن دعت الحاجة الى هذا الرجوع فيجب ألا تزيد مسافة الرجوع عن ربع البعد الأصلي.



الشكل 3-5/3: مساقط امامية للمباني

ج- يمكن عند الضرورة القصوى التغاضي عن مفصل الهبوط في حال اختلاف ارتفاعات الكتل وذلك بشرط أن لا يقل ارتفاع الكتلة المنخفضة عن ثلثي ارتفاع الكتلة المرتفعة المجاورة في حال التشييد على تربة عادية، أو لا يقل عن نصف ارتفاع الكتلة المرتفعة المجاورة في حال التشييد على تربة صخرية. أما في حالة التشييد على الركائز، فيمكن إلغاء المفصل إذا وافق استشاري التربة على ذلك.

ح- عند تشييد كتلة البناء على تريبتين مختلفتين (قابلية تحمل إحدهما تزيد على مثلي قابلية تحمل الأخرى)، أو عند استعمال اسس عميقة مع اسس سطحية ضمن الكتلة نفسها فيلزم استعمال مفصل هبوط (يكون مستمراً ضمن الاسس أيضاً) يمر فوق منطقة تغير التربة أو تغير الاسس بحيث تكون كل كتلة من الكتل الخالية من المفاصل مستندة على تربة متجانسة تقريباً ولها اسس متجانسة أيضاً، كما في الشكل (3-6/3).



الشكل 3-3-6: وضع مفصل هبوط بسبب اختلاف نوعية التربة

3-3-3 الفائضية (الوفرة الانشائية في المبنى) Redundancy

يحدد معامل الموثوقية (ρ) لكل المنشآت على وفق هذا البند، استناداً الى مقدار وجود الفائضية الانشائية (الوفرة الانشائية) (redundancy) في النظام المقاوم للقوى الجانبية.

1-3/3-3 فئات التصميم الزلزالي A و B و C Seismic Design Categories

للمنشآت ذات فئات التصميم الزلزالي A و B و C، تكون قيمة (ρ) هي 1.

2-3/3-3 فئة التصميم الزلزالي D Seismic Design Category D

للمنشآت ذات فئات التصميم الزلزالي D، تكون قيمة (ρ) هي 1.25.

الجدول 3-1/3: عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي

نوع عدم الانتظام ووصفه	الفقرة المرجعية	تطبيق فئة التصميم الزلزالي
<p>عدم انتظام اللي:</p> <p>تؤخذ متطلبات عدم انتظام اللي في الحساب عندما تكون الحواجز صلبة أو شبه صلبة.</p> <p>يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحة العظمى للطابق محسوبة بعد أخذ اللي الفجائي عند نهاية واحدة للمنشأ وبشكل مستعرض متعامد مع محور ما، تزيد على (1.2) مضروباً في معدل إزاحتي الحركة النسبية في نهايتي المنشأ.</p>	<p>2/4/11-3</p> <p>2/5/9-3</p>	<p>D</p> <p>D و C</p>
<p>عدم انتظام اللي (الأقصى):</p> <p>تؤخذ متطلبات عدم انتظام اللي في الحساب عندما تكون هناك حواجز صلبة أو شبه صلبة.</p> <p>يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحة العظمى للطابق المحسوبة بعد أخذ اللي الفجائي عند نهاية واحدة للمنشأ وبشكل متعامد مع محور ما، تزيد على (1.4) مضروباً في معدل إزاحتي الحركة النسبية في نهايتي المنشأ.</p>	<p>2/4/11-3</p> <p>2/5/9-3</p>	<p>D</p> <p>D و C</p>
<p>عدم انتظام الزوايا الداخلية (Re-entrant corners):</p> <p>يقال عن المسقط الأفقي لمنشأ، بما فيه نظام مقاومة القوى الجانبية، أنه يحتوي على عدم انتظام في زواياه الداخلية، عندما يكون بروز المنشأ بعد الزاوية الداخلية أكبر من 15% من البعد المسقطي للمنشأ بالاتجاه المدروس.</p>	<p>2/4/11-3</p>	<p>D</p>
<p>الانقطاع في الحواجز (Diaphragm Discontinuity):</p> <p>يتحقق في الحواجز الحاوية على انقطاعات مفاجئة أو تغيرات في الجساءة، وكذلك تلك الحاوية على مساحات مقطوعة أو مفتوحة بأكبر من 50 % من المساحة الكلية الاجمالية للحاجز أو عند وجود تغيرات في الجساءة الفعالة للحاجز تزيد على 50% من طابق لآخر.</p>	<p>2/4/11-3</p>	<p>D</p>

تتمة الجدول 3-1/3

نوع عدم الانتظام ووصفه	الفقرة المرجعية	تطبيق فئة التصميم الزلزالي
4	تغيرات مفاجئة خارج المستوي (Out-of-plane Offsets) : وتشمل عدم الاستمرار في مسار القوة الجانبية، مثل التغيرات المفاجئة للعناصر الرأسية.	D D و C و B
5	عدم الانتظام في الأنظمة غير المتوازية: يتحقق عندما تكون العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية غير موازية أو مناظرة للمحاور المتعامدة الرئيسة لنظام مقاومة القوى الجانبية.	C, D

الجدول 3-2/3: عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الرأسي

نوع عدم الانتظام ووصفه	الفقرة أو البند المرجعي	تطبيق فئة التصميم الزلزالي
1أ	عدم انتظام الجساءة- الطابق قليل الجساءة (Soft story): يتواجد عند وجود طابق جساءته الجانبية أقل من 70 % من جساءة الطابق الذي فوقه أو أقل من 80 % من معدل الجساءات للطوابق الثلاثة التي تليه.	D
1ب	عدم انتظام الجساءة- (الطابق فائق قلة الجساءة) (Extreme Soft Story): يتواجد عندما يكون الطابق ليناً، أي إذا كانت جساءته الجانبية أقل من 60 % من جساءة الطابق الذي يعلوه أو أقل من 70 % من معدل الجساءات للطوابق الثلاثة التي تليه.	D

تتمة الجدول 3-2/3

نوع عدم الانتظام ووصفه	الفقرة أو البند المرجعي	تطبيق فئة التصميم الزلزالي
2	عدم الانتظام في الوزن (الكتلة): يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الكتلة الفعالة لأي طابق أكبر من 150% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور. إن عدم الانتظام في الوزن (الكتلة) الناشيء عن كون السقف أخف من كتلة الطابق الذي تحته لا يؤخذ في الحسبان.	D 1/6-3
3	عدم الانتظام الهندسي في الاتجاه الرأسي (Vertical Geometric Irregularity) يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما يصبح البعد الأفقي للنظام الإنشائي المقاوم للقوى الزلزالية في أي طابق أكبر من (130%) من البعد الأفقي للطابق المتاخم (Adjacent).	D 1/6-3
4	عدم الانتظام في المستوي في العناصر الشاقولية المقاومة للقوى الجانبية. وهو وجود إزاحة في المستوي لعناصر مقاومة القوى الجانبية تزيد على طول هذه العناصر أو وجود نقصان في جساءة العنصر المقاوم في الطابق الذي أسفله.	B, C, D 1/6-3 11/2/11-3
5	عدم الانتظام في المقاومة الجانبية (الطابق الضعيف): يعرف بأنه يوجد عندما تكون مقاومة الطابق الجانبية أقل من 80% من مقاومة الطابق الذي يعلوه. إن مقاومة الطابق هي مجموع المقاومات الجانبية لكافة العناصر المقاومة للزلازل التي تتقاسم تحمل قوى القص بالاتجاه المدروس.	D D و C و B 2/2/11-3 1/6-3

4-3 تأثيرات الحمل الزلزالي وتجميعات الاحمال Seismic Load Effects and Combinations

ينبغي أن تضاف تأثيرات القوى الزلزالية على المنشأ ومكوناته الى الاحمال الأخرى المسلطة على المنشأ كما مبين في المعادلات التالية. تتضمن القوة الناتجة من الهزة الارضية (E) مركبتين افقية وعمودية كما مبين في المعادلتين 1/4-3 و 14/4-3. لن يكون التأثير الزلزالي العمودي ($0.2S_{DS}D$) مشمولاً عندما تكون S_{DS} مساوية أو أقل من 0.125 في المعادلات: 1/4-3 و 14/4-3 و 15/4-3 و 16/4-3. ولن يكون التأثير الزلزالي العمودي ($0.2S_{DS}D$) مشمولاً في المعادلة (1/4-3) عندما يؤخذ في الحسبان انقلاب الأساس (Foundation Overturning):

$$E = \rho Q_E + 0.2S_{DS}D \dots\dots\dots (1/4-3)$$

يكون إستعمال تجميعات الاحمال (Factored load Combinations) كما يلي:

$$1.4(D+F) \dots\dots\dots (2/4-3)$$

$$1.2 (D + F + T_s) + 1.6 (L + H) + 0.5 (L_r \text{ or } R) \dots\dots\dots (3/4-3)$$

$$1.2 D + 1.6 (L_r \text{ or } R) + (f_1 L \text{ or } 0.8 W) \dots\dots\dots (4/4-3)$$

$$1.2 D + 1.6 W + f_1 L + 0.5 (L_r \text{ or } R) \dots\dots\dots (5/4-3)$$

$$1.2 D + 1.0 E + f_1 L \dots\dots\dots (6/4-3)$$

$$0.9 D + 1.6W + 1.6H \dots\dots\dots (7/4-3)$$

$$0.9 D + 1.0E + 1.6H \dots\dots\dots (8/4-3)$$

$$D + H + F + (L_r \text{ or } R) \dots\dots\dots (9/4-3)$$

$$D + H + F + (W \text{ or } 0.7E) \dots\dots\dots (10/4-3)$$

$$D + H + F + 0.75(W \text{ or } 0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } R) \dots\dots (11/4-3)$$

$$0.6 D + W + H \dots\dots\dots (12/4-3)$$

$$0.6 D + 0.7E + H \dots\dots\dots (13/4-3)$$

حيث:

$f_1 = 1.0$ للمساحات المشغولة للإستعمالات العامة وللأحمال الحية التي تزيد على (5 كيلو نيوتن/م²)، وكذلك للحمل الحي لمرآب السيارات.

$f_1 = 0.5$ للأحمال الحية الأخرى.

وفي حالة إستعمال أي من تجميعات الاحمال كما في المعادلات من (2/4-3 الى 8/4-3)

$$E = \rho Q_E - 0.2S_{DS}D \dots\dots\dots (14/4-3)$$

حيث أن:

E = المركبة العمودية والمركبة الأفقية للقوة الناتجة من الهزة الأرضية المؤثرة على عنصر في المنشأ.

S_{DS} = تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي عند فترات قصيرة المستحصل من البند (2-4/2).

D = الحمل الميت

Q_E = تأثير الاحمال الزلزالية الأفقية.

ρ = معامل الموثوقية كما موضح في البند (3-3/3).

F = الأحمال الناتجة من السوائل

H = قوة دفع التربة الأفقية + قوة ضغط الماء الأفقية

L = الحمل الحي

L_r = أحمال السطح

R = أحمال مياه الامطار

$T_s = \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right)$ = قوة المطاوعة الذاتية (self-straining force)

W = قوة الرياح

3-1/4 الحمل الزلزالي الخاص Special Seismic Load

سوف يستعمل الحمل الزلزالي الخاص في المعادلة (3-15/4) في حساب المركبة العمودية والمركبة الأفقية للقوة الزلزالية E في المعادلة (3-6/4) والمعادلتين (3-10/4) و (3-11/4) في الفصل (3-4) والحمل الزلزالي الخاص في المعادلة (3-16/4)، يجب أن يُستعمل لحساب E في المعادلة (3-8/4) أو المعادلة (3-13/4).

$$E = \Omega_o Q_E + 0.2 S_{DS} D \quad \dots\dots\dots (3-15/4)$$

$$E = \Omega_o Q_E - 0.2 S_{DS} D \quad \dots\dots\dots (3-16/4)$$

حيث ان:

Ω_o = معامل تضخيم مقاومة النظام كما ذكر تعريفه في الجدول (3-1/2)

ينبغي أن لا تؤخذ قيمة الكمية $\Omega_o Q_E$ في المعادلتين (3-15/4) و (3-16/4) أكبر من سعة بقية عناصر المنشأ لنقل القوة الى العنصر المطلوب.

عندما تستعمل طريقة تصميم الاجهادات المسموح بها مع الاحمال الخاصة في هذا البند، يسمح بزيادة في الاجهاد المسموح به بمقدار 1.2 مرة.

هذه الزيادة ينبغي أن لا تتراكب مع زيادة الاجهادات المسموحة أو التقليل في مركبات الحمل.

3-5 اتجاه التحميل Direction of Loading

عند تطبيق الاحمال الزلزالية المستعملة في التصميم ينبغي أن تؤخذ تلك الاتجاهات التي تنتج الحمل الاكثر حرجاً. ويتحقق هذا المتطلب باستعمال الطرائق المبينة في كل من: البند (3-1/5) لفنتي التصميم الزلزالي

A و B والبند (2/5-3) للفئة C والبند (3/5-3) للفئة D. كذلك ينبغي أن تكون جميع المكونات الانشائية وتوصيلاتها بمقاومة كافية لصد القوى الناتجة من الزلازل. ينبغي أن تكون كل المكونات الانشائية ووصلاتها بمقاومات كافية لمقاومة تأثيرات القوى الزلزالية الموصوفة هنا. يجب أن تؤخذ تجميعات الاحمال المبينة في الفصل (3-4).

1/5-3 المنشآت ذات فئتي التصميم الزلزالي A و B

للمنشآت المنسوبة الى فئتي التصميم الزلزالي هاتين، سيسمح بتطبيق الاحمال التصميمية الزلزالية بصورة منفصلة لكل من الاتجاهين المتعامدين ويمكن إهمال تأثيرات التداخل المتعامدة.

2/5-3 المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي C

ينبغي أن تكون الاحمال المسلطة على هذه المنشآت في حدها الأدنى مطابقة الى متطلبات البند (1/5-3). وينبغي أن تحلل المنشآت التي لها عدم انتظام في المسقط الافقي من النوع 5 المذكور في الجدول (1/3-3) تحت تأثير الحمل الزلزالي باستعمال التحليل ثلاثي الابعاد بالاسلوب التالي:

يفترض تحليل المنشأ باستعمال طريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة المبينة في الفصل (3-9) أو طريقة تحليل نموذج طيف الاستجابة المبينة في الفصل (3-10)، كما في البند (1/6-3) مع تطبيق التحميل بصورة مستقلة في اتجاهين متعامدين. أما تأثير الحمل الاكثر حرجا بحسب اتجاه تطبيق القوى الزلزالية على المنشأ فانه سيفرض تحققه اذا كانت عناصر الهيكل الانشائي واسسه مصممة للتجميع التالي من الاحمال: 100% من الأحمال تؤثر في اتجاه واحد مضافا اليها 30% من الاحمال تؤثر في الاتجاه العمودي. يفضل استعمال تجميع الاحمال الذي يجعل المكون بحاجة الى أن يمتلك أكبر مقاومة مطلوبة ليتحملة.

3/5-3 المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D

ينبغي أن تحقق المنشآت المنسوبة الى فئة التصميم الزلزالي D كحد أدنى متطلبات البند (2/5-3). اضافة الى ذلك، فإن أي عمود أو جدار يشكل جزءاً من اثنين أو اكثر من الأنظمة المتقاطعة لمقاومة القوى الزلزالية ومعرض الى قوة محورية بسبب القوى الزلزالية المؤثرة على امتداد محور المسقط الرئيس بقيمة تساوي أو تزيد على 20% من المقاومة التصميمية المحورية للعمود أو الجدار ينبغي أن يصمم ليتحمل تأثير الحمل الاكثر حرجاً بسبب تطبيق الاحمال الزلزالية في أي اتجاه. والطريقة المبينة في البند (2/5-3) يسمح باستعمالها لتحقيق هذا المطلب. كما يسمح بالتحليلات ثنائية الابعاد للمنشآت ذات الحواجز المرنة.

6-3 اختيار طريقة التحليل Selection of Analysis Procedure

يستعان بالجدول (1/6-3) لمعرفة طريقة التحليل المسموح اتباعها في التصميم الزلزالي لايجاد القوى الناشئة في نظام مقاومة القوى الزلزالية، ومحددات كل طريقة، اعتماداً على فئة التصميم الزلزالي للمنشأ وخواصه الانشائية. كل اعضاء المنشأ في النظام المقاوم للقوة الزلزالية ووصلاتها ينبغي أن يكون لها مقاومة فعالة ضد القوى Q_E التي تحسب أقيامها بالتحليل، مضافة الى بقية الاحمال المبينة بالفصل (3-4). أما الزلاجات التي تحسب مقاديرها بالتحليل فستكون خاضعة للحدود المعينة في الفصل (3-12).

استثناء: للمنشآت المصممة بطريقة تحليل دليل القوة (Index Force Analysis) في الفصل (3-7) أو طريقة التحليل المبسط في الفصل (3-8)، ليس هناك حاجة لإيجاد قيمة الزاحة. إن التحليل الانشائي المطلوب بالفصل (3-6) ينبغي أن يكون من أحد الأنواع المسموح بها في الجدول (3-6/1)، استناداً إلى صنف التصميم الزلزالي للمنشأ والنظام الانشائي والخواص الديناميكية والانتظام.

3-7 التصميم الزلزالي للابنية بطريقة تحليل دليل القوة

Seismic Design of Buildings Using Index Force Analysis Procedure

انظر الفصل (3-6) لمعرفة محددات هذه الطريقة. يتألف التحليل باستعمال دليل القوة من القوى الجانبية الساكنة المكافئة لنموذج رياضي خطي للمنشأ، مستقل في كلا الاتجاهين المتعامدين. تحسب أدلة القوى الجانبية من المعادلة (3-7/1) وينبغي أن تؤثر بشكل متزامن سوياً في مستوي كل أرضية. لأغراض التحليل، سيعد المنشأ مثبتاً (fixed) عند الأساس:

$$F_x = 0.01 \omega_x \dots\dots\dots (3-7/1)$$

F_x = القوة الجانبية التصميمية المؤثرة في الطابق (x)

ω_x = جزء من قوة الجاذبية الكلية للمنشأ، W، الواقعة في المستوي (x)

W = الوزن الزلزالي الفعال للمنشأ، ويشتمل على كل من الحمل الميت الكلي مع الاحمال الاخرى المدرجة التالية:

1. للمساحات المستعملة كمخازن، يؤخذ على الأقل 25% من الحمل الحي للطابق (ليس هناك حاجة لتضمين الحمل الحي للطابق في منشآت المواقف العامة للسيارات والمساحات المفتوحة).
2. في حالة شمول حمل القواطع ضمن حمل الطابق التصميمي ينبغي أن يحسب حمل القاطع إما بأخذ وزنه الفعلي أو أن يؤخذ وزن ادنى قدره 0.5 كيلو نيوتن/م² من مساحة الطابق ايهما اكبر.
3. الوزن التشغيلي الكلي للآلات الدائمة.

الجدول 3-1/6: محددات طرائق التحليل المسموحة

فئة التصميم الزلزالي للمنشأ	الخواص الانشائية له	طريقة تحليل دليل القوة الفصل (7-3)	طريقة التحليل المبسط الفصل (8-3)	طريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة الفصل (9-3)	طريقة تحليل نموذج طيف الاستجابة الفصل (10-3)
A	منتظم أو غير منتظم	P	P	P	P
B , C	منتظم أو غير منتظم	NP	NP	P	P
D	منشآت منتظمة ذات قيمة $3.5T_s > T$	NP	NP	P	P
	منشآت غير منتظمة ذات قيمة $3.5T_s > T$ ذات عدم انتظام في المسقط الأفقي من الأنواع 2، 3، 4 أو 5 للجدول (1/3-3) وعدم انتظام عمودي من النوعين 4 أو 5 للجدول (2/3-3)	NP	NP	P	P
	جميع بقية المنشآت	NP	NP	NP	P

ملاحظة: P تشير الى أن الطريقة مسموح باستعمالها، NP تشير الى أن الطريقة غير مسموح باستعمالها.

3-8 التصميم الزلزالي للابنية بطريقة التحليل المبسط

Seismic Design of Buildings using Simplified Analysis Procedure

لاغراض التحليل بهذه الطريقة، ينبغي عد البناية مثبتة (fixed) عند الأساس. انظر الفصل (3-6) لمعرفة محددات هذه الطريقة.

3-1/8 قص القاعدة (الأساس) الزلزالي Seismic Base Shear

يحسب قص القاعدة (الأساس) الزلزالي، V ، في اتجاه معين من المعادلة الآتية:

$$V = \left(\frac{1.2S_{DS}}{R} \right) W \quad \dots\dots\dots (1/8-3)$$

حيث أن:

S_{DS} = تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي عند فترات قصيرة، يحسب من المعادلة (2-3/2)

R = معامل تعديل الاستجابة، يؤخذ من الجدول (3-1/2)

W = الوزن الزلزالي الفعال للمنشأ كما ذكر تعريفه في الفصل (3-7)

2/8-3 التوزيع العمودي Vertical Distribution

تحسب القوى المؤثرة عند كل مستوٍ باستعمال العلاقة الآتية:

$$F_x = \left(\frac{1.2 S_{DS}}{R} \right) W_x \quad \dots\dots\dots (2/8-3)$$

حيث ان: W_x = جزء من قوة الجاذبية المؤثرة للمنشأ، W ، الواقعة في المستوي (x)

3/8-3 التوزيع الأفقي Horizontal Distribution

الحواجز المنشأة من أرضية فولاذية يسمح بعدها مرنة بحسب متطلبات هذه المدونة.

4/8-3 تصميم الازاحة Drift Design

لاغراض الفصل (3-12) ينبغي أن تؤخذ ازاحة الطابق التصميمية (Δ)، بنسبة 1% من ارتفاع الطابق ما لم تستعمل طريقة تحليل اكثر دقة.

9-3 التصميم الزلزالي للابنية بطريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة

Seismic Design of Buildings using Equivalent Lateral Force Procedure

1/9-3 مقدمة

لتطبيق هذه الطريقة ينبغي أن يتوافر الحد الأدنى من المعايير المطلوبة لها في التحليل الزلزالي للمنشآت. تتضمن طريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة تسليط القوى الجانبية الساكنة المكافئة على نموذج رياضي خطي للمنشأ. ينبغي أن تكون اتجاهات تسليط هذه القوى كما سبقت الإشارة إليها في الفصل (3-5). ومن ثم تجمع القوى الجانبية المؤثرة في كل اتجاه للحصول على قوة القص الزلزالية في القاعدة المبينة بالبند (3-2/9) التي يجب أن توزع عمودياً على وفق شروط البند (3-4/9). لاغراض التحليل، يعد المنشأ مثبتاً في الأساس. راجع الفصل (3-6) لمعرفة محددات استعمال هذه الطريقة.

2/9-3 القص الزلزالي في القاعدة Seismic Base Shear

يحسب القص الزلزالي في القاعدة (V)، في اتجاه معين من العلاقة الآتية:

$$V = C_s W \quad \dots\dots\dots (1/9-3)$$

حيث ان:

C_s = معامل الاستجابة الزلزالي المحدد بحسب الفقرة (3-1/2/9)

W = الوزن الزلزالي الفعال ويشمل الحمل الميت الكلي مضافاً إليه الاحمال الاخرى كما ذكر تعريفها في الفصل (3-7).

1/2/9-3 حساب معامل الاستجابة الزلزالي Calculation of Seismic Response Coefficient

عندما تحسب الفترة الأساسية للمنشأ، ينبغي ايجاد معامل الاستجابة الزلزالي C_s من المعادلة الآتية:

$$C_s = \left(\frac{S_{DS}}{R} \right) \dots\dots\dots (2/9-3)$$

حيث ان:

S_{DS} = تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي عند فترات قصيرة) المحدد في البند (2-4/2)

R = معامل تعديل الاستجابة من الجدول (3-1/2)

I = معامل أهمية الاشغال المحدد في الفصل (2-3)

ينبغي أن لا يكون معامل الاستجابة الزلزالي، C_s اكبر من القيمة المحسوبة من المعادلة التالية:

$$C_s = \left(\frac{S_{D1}}{T \cdot R} \right) \dots\dots\dots (3-9/3)$$

على أن لا يكون اقل من:

$$C_s = 0.044 S_{DS} I \dots\dots\dots (4-9/3)$$

حيث أن:

S_{D1} = تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي عند زمن 1 ثانية، بوحدات تعجيل. ثانية، كما محدد في البند (2-4/2).

T = الفترة الأساسية للمنشأ (ثانية) كما محددة في البند (3-9/3).

للمنشأ المنتظم المكون من خمسة طوابق أو اقل في الارتفاع وله زمن $T = 0.5$ ثانية اواقل، تستعمل القيمتان 1.5g و 0.6g عند حساب معامل الاستجابة الزلزالي S_s و S_1 على التوالي.

3-9/3 ايجاد الفترة الزمنية الأساسية Fundamental Period Determination

ينبغي أن تحدد الفترة الأساسية للمنشأ (T) في الاتجاه المدروس بعد معرفة وتحديد الخواص الانشائية والخواص التشوهية للعناصر المقاومة للزلزال في التحليل المثبت الدقيق. إن الفترة الأساسية (T) يجب أن لا تتجاوز ناتج ضرب معامل الحد الاعلى للفترة المحسوبة (C_u) من الجدول (3-9/1) في الفترة الأساسية التقريبية (T_a) المحسوبة من المعادلة (3-9/5). كخيار آخر لايجاد الفترة الأساسية T، يسمح باستعمال الفترة الأساسية التقريبية (T_a) المحسوبة على وفق الفقرة (3-9/2/3).

3-9/1 الحد الاعلى للفترة المحسوبة Upper Limit on Calculated Period

إن الفترة الأساسية للبنية (T)، المحسوبة بالتحليل المثبت الدقيق ينبغي أن لا تتجاوز حاصل ضرب معامل الحد الاعلى للفترة المحسوبة (C_u) من الجدول (3-9/1) في الفترة الأساسية التقريبية (T_a) المحسوبة من الفقرة (3-9/2/3).

الجدول 3-9/1: معامل الحد الاعلى للفترة المحسوبة، C_u

المعامل C_u	تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي عند زمن 1 ثانية S_{D1}
1.4	مساوٍ أو أكبر من 0.4
1.4	0.3
1.5	0.2
1.6	0.15
1.7	0.1
1.7	مساوٍ أو أقل من 0.05

3-2/3 الفترة الأساسية التقريبية Approximate Fundamental Period

الفترة الأساسية التقريبية (T_a)، بالثواني، يمكن إيجادها من المعادلة الآتية:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (5/9-3)$$

حيث أن:

h_n = هو الارتفاع (بالمتر) من القاعدة الى أعلى مستوي في المنشأ.

C_t و x = يؤخذان من الجدول (2/9-3).

كخيار آخر، يسمح بإيجاد الفترة الأساسية التقريبية (T_a)، بالثواني، من المعادلة التالية للمنشآت التي لا تتجاوز 12 طابقاً في الارتفاع والتي نظامها المقاوم للقوة الزلزالية الجانبية يتألف كلياً من هياكل خرسانية أو فولاذية مقاومة للعزم وارتفاع الطابق فيها 3 أمتار على الأقل :

$$T_a = 0.1N \quad (6/9-3)$$

حيث ان:

N = عدد الطوابق

أما الفترة الأساسية التقريبية (T_a)، بالثواني، للمنشآت ذات جدران القص الخرسانية أو الطابوقية فتحسب من المعادلة الآتية:

$$T_a = 0.0062 h_n / (C_w)^{1/2} \quad (7/9-3)$$

حيث ان:

h_n = كما عُرّف آنفاً و C_w تحسب من المعادلة الآتية:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0.83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right] \quad (8/9-3)$$

حيث ان:

A_B = مساحة اساس المنشأ بوحدة م²

A_i = مساحة جدار القص (i) بوحدة م²

D_i = طول جدار القص (i) بوحدة م

n = عدد جدران القص للبناية الفعالة في مقاومة القوى الجانبية في الاتجاه المدروس

h_i = الارتفاع (بالمتر) من القاعدة الى المستوي (i).

الجدول 3-9/2: قيم معاملات الفترة التقريبية

x	C _t	نوع المنشأ
0.8	0.068	نظم الهياكل الفولاذية المقاومة للعزم التي تقاوم 100% من القوة الزلزالية المطلوبة التي لا تجاور أو تحصر بمكونات انشائية أكثر جساءة منها تمنع هذه الهياكل من الانحراف عند تعرضها لقوى زلزالية
0.9	0.044	نظم الهياكل الخرسانية المسلحة المقاومة للعزم التي تقاوم 100% من القوة الزلزالية المطلوبة والتي لا تجاور أو تحصر بمكونات انشائية أكثر جساءة منها تمنع هذه الهياكل من الانحراف عند تعرضها لقوى زلزالية
0.75	0.07	الهياكل الفولاذية المدعمة لامركزيا
0.75	0.055	كل النظم الانشائية الأخرى

3-9/4 التوزيع العمودي للقوى الزلزالية Vertical Distribution of Seismic Forces

القوة الزلزالية الجانبية (F_x) (بالكيلو نيوتن) المؤثرة في أي مستوي تحسب من المعادلتين التاليتين:

$$F_x = C_{vx} V \quad \dots\dots\dots (9/9-3)$$

$$C_{vx} = \left(\frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \right) \quad \dots\dots\dots (10/9-3)$$

حيث ان:

C_{vx} = معامل التوزيع العمودي

V = القوة الجانبية التصميمية الكلية أو القص القاعدي الزلزالي للمنشأ، kN

W_x, W_i = جزء من وزن الجاذبية الكلي للمنشأ (W) الواقع أو المنسوب الى المستوى (i) أو (x).

h_x, h_i = الارتفاع من الأساس الى المستوى (i) أو (x)، م.

k = الأس الذي يتعلق بفترة المنشأ الأساسية وكالاتي:

للمنشآت التي لها فترة 0.5 ثانية أو اقل $k = 1$

للمنشآت التي لها فترة 2.5 ثانية أو اكثر $k = 2$

للمنشآت التي لها فترة بين 0.5 ثانية و 2.5 ثانية، $k = 2$ أو يحسب بالتناسب الخطي بين (1)

و(2).

3-9/5 توزيع القص الافقي واللي Horizontal Distribution of Shear and Torsion Force

قص الطابق التصميمي الزلزالي في أي طابق (V_x) (كيلو نيوتن) يحسب من المعادلة الآتية:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad \dots\dots\dots (11/9-3)$$

حيث ان:

F_i = جزء القص الزلزالي في القاعدة (V) بوحدة (كيلو نيوتن) المؤثر عند المستوى (i).

3-9/1 القص المباشر Direct Shear

ينبغي أن توزع قوة قص الطابق التصميمي الزلزالي (V_x) بوحدة (كيلو نيوتن) على العناصر العمودية المختلفة من النظام المقاوم للقوة الزلزالية للطابق المدروس اعتماداً على الجساءة الجانبية النسبية للعناصر العمودية المقاومة والحواجز في النظام.

3-9/2 اللي Torsion

عندما تكون الحواجز غير مرنة، ينبغي أن يتضمن التصميم حساب عزم اللي (M_t) بوحدة (kN.m) الناتج من موقع كتل المنشأ زائداً عزوم اللي الفجائية (M_{ta}) بوحدة (كيلو نيوتن. متر) الحاصلة بسبب الازاحات المفروضة لمركز الكتلة عن موقعها الحقيقي بمسافة تساوي 5% من بعد المنشأ باتجاه عمودي على اتجاه القوى المؤثرة. وعندما تؤثر القوى الناتجة من الهزة الأرضية في اتجاهين متعامدين بصورة متزامنة، فلا حاجة لأن تطبق نسبة الازاحة الـ 5% المطلوبة لمركز الكتلة في كلا الاتجاهين المتعامدين في نفس الوقت، لكن يجب أن تطبق في الاتجاه ذي التأثير الأكبر.

في المنشآت التي تقع ضمن فئتي التصميم الزلزالي (C) و (D) عندما تتحقق فيها حالة عدم انتظام اللي (النوع 1أ في الجدول (3-9/1)) يجب حساب عزم اللي بضرب (M_{ta}) عند كل مستوى بمعامل تضخيم اللي (A_x) المحدد من المعادلة الآتية:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2 \dots\dots\dots (12/9-3)$$

حيث أن:

δ_{avg} = معدل الازاحات للنقاط الأبعد في المنشأ عند المستوي (x) بوحدة (mm) ملم.

δ_{\max} = الازاحة العظمى في المنشأ عند المستوي (x) بوحدة (mm) ملم.

إن قيمة معامل تضخيم اللي (A_x) لا يجوز أن تتجاوز (3)، ويجب أن يؤخذ الحمل الأشد لكل عضو عند تصميمه.

3-9/6 الانقلاب Overturning

ينبغي أن يصمم أي منشأ لمقاومة تأثيرات الانقلاب الناتجة من القوى الزلزالية الجانبية (الافقية) المعينة في البند (3-9/4). تحدد عزوم الانقلاب عند أي مستوى، باستعمال تلك القوى الزلزالية المؤثرة في المستويات الواقعة فوق المستوى المدروس.

ينبغي أن توزع التغيرات المتزايدة في عزم الانقلاب التصميمي عند أي مستوى، على مختلف العناصر المقاومة من النظام المقاوم للقوة الزلزالية بنفس النسبة التي يوزع بها القص الأفقي على هذه العناصر. تحسب عزوم الانقلاب (M_x) عند أي مستوى x من المعادلة الآتية:

$$M_x = \sum_{i=x}^n F_i (h_i - h_x) \dots\dots\dots (13/9-3)$$

حيث أن:

F_i = جزء القص الزلزالي في القاعدة الحاصل عند المستوى (i) بوحدات كيلونيوتن.

h_x, h_i = الارتفاع من القاعدة الى المستوى (i) و (x) بالأمتار.

يسمح بتصميم اسس المنشآت، عدا تلك من النوع البندولي المعكوس، لتتحمل (75%) من عزم الانقلاب التصميمي (M_f) بوحدة (كيلو نيوتن. متر) في نقطة تلامس الأساس مع التربة محسوباً باستعمال المعادلة (13/9-3).

7/9-3 تحديد الازاحة وتأثير الحمل-الازاحة (P-Δ) Drift Determination and Effect of

تحدد قيم ازاحات الطابق وقوى وعزوم الاعضاء الناتجة بسبب تأثيرات القوة والازاحة (P-Δ) على وفق ما موضح في هذا البند. سيعتمد ايجاد ازاحات الطابق على تطبيق القوى الزلزالية التصميمية على نموذج رياضي للمنشأ الفيزيائي. يتضمن النموذج جساءة ومقاومة كل العناصر المهمة في توزيع القوى والازاحات في المنشأ ويمثل التوزيع الفضائي (Spatial) كتلة وجساءة المنشأ.

إضافة الى ذلك فان النموذج سيخضع لما يأتي:

1. خواص الجساءة للعناصر الخرسانية المسلحة والمكونات من الكتل البنائية ينبغي أن تأخذ في

الحسبان تأثير المقاطع المتشقة، و

2. لنظم الهياكل الفولاذية المقاومة للعزوم، ينبغي أن تؤخذ مساهمة تشوهات منطقة اللوح panel zone

في حساب ازاحة الطابق الكلية.

1/7/9-3 تحديد ازاحة الطابق Story Drift Determination

تحسب ازاحة الطابق التصميمية (Δ) من الفرق بين الازاحات في مراكز الكتلة للعناصر في اعلى واسفل الطابق المدروس. في حال استعمال طريقة الاجهادات المسموحة بالتصميم، ينبغي أن تحسب (Δ) من قوة الهزة الارضية بدون معامل التقليل.

إستثناء: للمنشآت ذات فئتي التصميم الزلزالي (C أو D) والتي تمتلك عدم انتظام انشائي من النوع (1أ

أو 1ب) كما معرفة بالجدول (1/3-3)، فان ازاحة الطابق التصميمية (Δ) ينبغي أن تحسب على أساس

الفرق الأكبر بين الازاحات على طول أي من حافات المنشأ عند أعلى واسفل الطابق المدروس.

يمكن تحديد الإزاحات في المستوى x عند مركز الكتلة (δ_x) بوحدة (mm) (ملم) بحسب المعادلة الآتية:

$$\delta_x = \left(\frac{C_d \delta_{xe}}{I} \right) \dots\dots\dots (14/9-3)$$

حيث أن :

C_d = معامل تضخيم الازاحة الذي يحسب من الجدول (1/2-3).

δ_{xe} = الازاحات المحسوبة بالتحليل المرن

I = معامل أهمية الاشغال الذي يحسب من الفصل (3-2).

إن التحليل المرن للنظام المقاوم للقوة الزلزالية يجب إجراؤه على القوى الزلزالية المبينة في الفصل (9-3). لأغراض هذه الفقرة، لاجابة لان تكون قيمة القص في القاعدة (V) المحسوبة في المعادلة (1/9-3) مقيدة بقيمتها الاقل المحسوبة من C_s المستحصلة من المعادلة (4/9-3).

لتحديد الالتزام مع حدود ازاحة الطابق في الفصل (3-12)، تحسب الازاحات في مركز الكتلة في المستوي (x) عند مركز الكتلة (δ_x) بوحدة (mm) كما هو مطلوب في هذه الفقرة. لأغراض تحليل الازاحة فقط، فإن حدود الحد الاعلى المعينة في البند (2-5/2) للفترة الأساسية المحسوبة (T)، بالثواني، للبنية لن تطبق للازاحات والقوى المحسوبة.

يجب زيادة الازاحة التصميمية (Δ) للطابق بضربها في معامل تضخيم يتعلق بتأثيرات الحمل الازاحة (P- Δ) كما موضح في الفقرة (3-2/7/9) وايضا تكون قابلة للتطبيق. عند حساب الازاحة، لا يستعمل معامل الموثوقية (ρ).

2/7/9-3 حساب تأثير الحمل-الازاحة (P- Δ) Effect of

يتحقق التأثير المشترك للقوة والازاحة (P- Δ) على قوى القص والعزوم للطابق، ولكن قوى وعزوم العضو وازاحات الطابق الناتجة بسبب هذه التأثيرات لاجابة لان تؤخذ في الحسبان عندما يكون معامل الاستقرار (θ) المحدد بالمعادلة الآتية مساوياً أو أقل من 0.10 .

$$\theta = \left(\frac{P_x \Delta}{V_x h_{sx} C_d} \right) \dots\dots\dots (15/9-3)$$

حيث ان:

P_x = القوة العمودية التصميمية الكلية عند أو فوق المستوي (x) بوحدة (كيلو نيوتن). عند حساب (P_x) لاجابة لان يزيد عامل تكبير الحمل المسلط المنفرد على 1.00.

Δ = ازاحة الطابق التصميمية المعروفة في الفقرة (3-1/7/9) التي تحدث مع (V_x) في وقت واحد. V_x = قوة القص القاعدي الزلزالي المؤثرة بين المستويين (x) و (x-1) بوحدة كيلونيوتن.

h_{sx} = ارتفاع الطابق اسفل المستوي (x) بوحدة (mm)

C_d = عامل تضخيم الازاحة معروفاً بالجدول (3-1/2).

معامل الاستقرار (θ) يجب أن لايتجاوز قيمته العظمى (θ_{max}) المحددة كآتي:

$$\theta_{max} = \left(\frac{0.5}{\beta C_d} \right) \leq 0.25 \dots\dots\dots (16/9-3)$$

حيث ان: β هي نسبة مقاومة القص المطلوب الى مقاومة القص المتوافرة للطابق بين المستويين (x) و (x-1) والتي يمكن أن تؤخذ قيمتها بشكل متحفظ ك (1).

عندما يكون معامل الاستقرار (θ) أكبر من 0.1 لكن يساوي أو اقل من (θ_{max}) فان معامل التضخيم المتعلق بتأثيرات الحمل-الازاحة (P- Δ) (a_d) تحسب قيمته بطريقة التحليل العقلاني (Rational analysis). لإيجاد ازاحة الطابق متضمنة لتأثير الحمل-الازاحة (P- Δ)، تضرب ازاحة الطابق التصميمية المحددة بالفقرة (3-1/7/9) في $[1.0/(1 - \theta)]$.

عندما تكون (θ) اكبر من (θ_{max}) ، يكون المنشأ غير مستقر وينبغي إعادة تصميمه. عندما يتضمن التحليل باستعمال الحاسوب تأثير الحمل-الازاحة $(P-\Delta)$ ينبغي أن يتحقق شرط المعادلة $(16/9-3)$ ، ومع ذلك ينبغي تقسيم قيمة (θ) المحسوبة من المعادلة $(15/9-3)$ باستعمال نتائج تحليل الحمل-الازاحة $(P-\Delta)$ على $(\theta+1)$ قبل تدقيق المعادلة $(16/9-3)$.

10-3 التصميم الزلزالي للابنية بطريقة تحليل نموذج طيف الاستجابة

Seismic Design of Buildings using Modal Analysis Procedure

1/10-3 عام General

توضح الفقرات الآتية المعايير المطلوبة لطريقة تحليل النموذج من التحليل الزلزالي للمنشآت. يوضح الفصل $(6-3)$ محددات هذه الطريقة. إن الرموز المستعملة في طريقة التحليل هذه لها نفس المعنى لتلك المصطلحات المشابهة المستعملة في الفصل $(9-3)$ ، على أن يضاف إلى أسفل تلك الرموز الحرف m.

2/10-3 اختيار النموذج Modeling

ينبغي أن يمثل النموذج الرياضي للمنشأ التوزيع الفراغي للكتل التي يشتمل عليها وجساءة كل منها. للمنشآت المنتظمة التي تحتوي على أنظمة مستقلة متعامدة لمقاومة القوة الزلزالية، يفترض أن تنشأ نماذج مستقلة ثنائية الأبعاد لتمثل كل نظام. أما للمنشآت غير المنتظمة أو المنشآت بدون أنظمة ذات استقلالية متعامدة، فينبغي أن يتضمن كل مستوى في المنشأ نموذجاً ثلاثي الأبعاد يؤلف ثلاث درجات من الحرية الديناميكية تتألف من الانتقال في اتجاهين متعامدين في المسقط ودوران حول المحور العمودي. وعندما تكون الحواجز غير صلبة مقارنة مع العناصر العمودية من النظام المقاوم للقوى الأفقية، ينبغي أن يتضمن النموذج تمثيل مرونة الحواجز ودرجات من الحرية الديناميكية كذلك المطلوبة لحساب مساهمة الحواجز في المنشآت ذات الاستجابة الديناميكية. بالإضافة إلى أن النموذج ينبغي أن يتحقق فيه الشرطان التاليان:

1. خواص الجساءة للعناصر الخرسانية المسلحة والبنائية ستأخذ في الحسبان تأثير المقاطع المتشققة (Cracked Section)، و
2. لنظم الهياكل الفولاذية المقاومة للعزوم، يجب أن تؤخذ في الحسابات مساهمة تشوهات منطقة اللوح عند احتساب إزاحة الطابق الكلية.

3/10-3 الأطوار (الأنساق) Modes

ينبغي أن يتضمن أي تحليل إيجاد أطوار الاهتزازات الطبيعية للمنشأ، متضمنة فترة كل طور، ومتجه شكل الطور ϕ ، ومعامل المساهمة الطوري، وكتلة النموذج. وينبغي أن يتضمن التحليل عدداً كافياً من الأطوار لاستحصال جميع مساهمة أطوار الكتلة مقداره يساوي على الأقل 90% من الكتلة الحقيقية في كلا الاتجاهين المتعامدين.

4/10-3 الفترات Periods

إن الفترات المطلوبة واشكال الأطوار ومعاملات المساهمة للمنشأ (معاملات الاطوار التصميمية) في الاتجاه المدروس ينبغي أن تحسب بواسطة الطرائق المقررة من التحليل الانشائي لحالة كون الاساس مثبتاً (fixed) باستعمال الكتل والجساءات المرنة للنظام المقاوم للقوة الزلزالية.

5/10-3 القص الشكلي في القاعدة (أساس المنشأ) Modal Base Shear

يحسب جزء القص في القاعدة (الأساس) المساهم من الطور m ، (V_m) من المعادلة:

$$V_m = C_{sm} W_m \quad \dots\dots\dots (1/10-3)$$

$$W_m = \frac{(\sum_{i=1}^n \omega_i \phi_{im})^2}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \phi_{im}^2} \quad \dots\dots\dots (2/10-3)$$

حيث ان:

C_{sm} = معامل الطور التصميمي الزلزالي المحدد في المعادلة (3/10-3).

W_m = حمل الجاذبية الفعال المصاحب للطور m

ω_i = جزء حمل الجاذبية الكلي للمنشأ عند المستوي i

ϕ_{im} = مضخم الازاحة عند المستوي i من المنشأ عند اهتزازه في الطور m

معامل الطور التصميمي الزلزالي (C_{sm}) يحسب من المعادلة:

$$C_{sm} = \frac{S_{am}}{R/I} \quad \dots\dots\dots (3/10-3)$$

حيث ان:

S_{am} = تعجيل طيف الاستجابة التصميمي في الفترة T_m محدد من التصميم العام لطيف الاستجابة في البند (5/2-2).

R = معامل تعديل الاستجابة المحدد من الجدول (1/2-3)

I = معامل اهمية الاشغال المحدد على وفق الفصل (3-2).

T_m = فترة الاهتزاز للطور (m) من المنشأ (بالثواني)

استثناء: يحسب معامل الطور التصميمي (C_{sm}) ، للمنشآت التي تتجاوز فيها فترة الاهتزاز الطورية (T_m) أربع ثوان، عند حساب طيف الاستجابة التصميمي العام على وفق البند (4/2-2)، من المعادلة الآتية:

$$C_{sm} = \frac{4S_{D1}}{(R/I)T_m^2} \quad \dots\dots\dots (4/10-3)$$

6/10-3 شكل القوى والأود (الانحراف) والازاحات Modal Forces, Deflection and Drift

القوى المصاحبة لكل طور (نموذج القوى) (F_{xm}) عند أي مستوٍ تحسب بالمعادلة الآتية:

$$F_{xm} = C_{vxm} V_m \quad \dots\dots\dots (5/10-3)$$

$$C_{vxm} = \frac{\omega_x \phi_{xm}}{\sum_{i=1}^n \omega_i \phi_{im}} \quad \dots\dots\dots (6/10-3)$$

حيث ان:

C_{vxm} = معامل التوزيع العمودي في الطور (m)

V_m = القوة الجانبية التصميمية الكلية أو القص في القاعدة (الأساس) في الطور (m)

ω_i, ω_x = جزء من قوة الجاذبية الكلية للمنشأ (W) الواقعة أو المنسوبة الى المستوي (i) أو (x)

δ_{xm} = مضخم الازاحة عند المستوي (x) من المنشأ عند اهتزازه في الطور (m)، بحسب قوانين الديناميك المعتمدة.

δ_{im} = مضخم الازاحة عند المستوي (i) من المنشأ عند اهتزازه في الطور (m)، بحسب قوانين الديناميك المعتمدة.

يحسب الأود (الانحراف) المصاحب لكل طور في كل مستوي (δ_{xm}) من المعادلتين التاليتين:

$$\delta_{xm} = \frac{C_d \delta_{xem}}{I} \dots\dots\dots (7/10-3)$$

$$\delta_{xem} = \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) \left(\frac{T_m^2 F_{xm}}{\omega_x} \right) \dots\dots\dots (8/10-3)$$

حيث ان:

C_d = معامل تضخيم الازاحة ويحسب من الجدول (1/2-3).

δ_{xem} = انحراف (أود) المستوي (x) في الطور (m^{th}) في مركز الكتلة عند المستوي (x) محسوباً بالتحليل المرن.

g = تعجيل الجاذبية الارضية (m^2/sec).

I = معامل اهمية الاشغال المحدد على وفق الفصل (3-2).

T_m = فترة الاهتزاز (بالثواني) للطور (m) من المنشأ

F_{xm} = جزء من القص الزلزالي في القاعدة (الأساس) في الطور (m) المتضمن في المستوي (x).

ω_x = جزء من قوة الجاذبية الكلية للمنشأ (W) الواقعة أو المنسوبة الى المستوي (x).

تحسب الازاحة الشكلية (نموذج الازاحة) عند أي طابق (Δ_m) من الفرق بين قيمة الأود في أعلى وأسفل الطابق (δ_{xm}).

7/10-3 قوى القص وعزوم الطابق المصاحبة لكل طور Modal Story Shears and Moments

إن قوى قص الطابق وعزوم انقلاب الطابق وقوى قص وعزوم الانقلاب للعناصر العمودية من النظام الانشائي في كل مستوي الناتجة من القوى الزلزالية المحددة من المعادلة الملائمة في البند (6/10-3) ينبغي أن تحسب لكل طور بالطرائق الستاتيكية الخطية.

8/10-3 القيم التصميمية Design Values

القيمة التصميمية للقص المصاحب لكل طور في القاعدة (الأساس) (V_t)، وكل من قيم القص للطابق والعزم والازاحة والانحراف لكل مستوي يجب ايجادها من تجميع قيمها المصاحبة لكل طور

المستحصلة من البندين (6/10-3) و(7/10-3). إن عملية التجميع هذه تتحقق إما بأخذ الجذر التربيعي لمجموع مربعات كل قيمة مصاحبة لكل طور، أو باتباع طريقة التجميع الرباعي الكلي CQC: Complete Quadratic Combination عندما يتبين من الحسابات التي تجرى باستعمال فترات متقاربة لكل من اطوار اللي والأطوار الانتقالية، وجود تقارب كبير بين نتائج هذه الاطوار.

يحسب قص القاعدة (الاساس) باتباع طريقة القوة الجانبية المكافئة في الفصل (9-3). لاغراض حسابية، ينبغي أن لا تتجاوز الفترة الأساسية يحسب للمنشأ (T) بالثنائي، معامل الحد الاعلى للفترة المحسوبة (C_u) مضروباً في الفترة الأساسية التقريبية للمنشأ (T_a). عندما تكون القيمة التصميمية للقص في القاعدة (الاساس) للنموذج اقل من 85% من قص القاعدة المحسوب باتباع طريقة القوة الجانبية المكافئة ينبغي أن تضرب القيم التصميمية للطابق من قوى القص، والعزوم، والازاحات، وأود الارضية بمعامل التعديل الآتي:

$$0.85(V/V_t) \dots\dots\dots (9/10-3)$$

حيث ان:

$V =$ قص القاعدة (الاساس) محسوباً بطريقة القوة الجانبية المكافئة، المحسوب على وفق هذا البند والفصل (9-3).

$V_t =$ قص القاعدة (الاساس) للنموذج، المحسوب على وفق هذا البند.

9/10-3 توزيع القص الافقي Horizontal Shear Distribution

يكون توزيع القص الافقي على وفق متطلبات البند (5/9-3) ويستثنى من ذلك معامل تضخيم عزم اللي (A_x) الذي يحسب في الفقرة (2/5/9-3) فهو غير مطلوب لذلك الجزء من عزم اللي المتضمن في التحليل الديناميكي للمنشأ.

10/10-3 انقلاب الأساس Foundation Overturning

بالاتمام تقليل عزم الانقلاب للاساس في مستوي جلوس الأساس على التربة بمقدار 10%.

11/10-3 تأثيرات الحمل-الازاحة (P- Δ) Effect

إن تأثيرات الحمل-الازاحة يمكن تحديدها على وفق البند (7/9-3). اما قيم ازاحات الطابق وقص القاعدة المستعملة في ايجاد قوى القص للطابق فيمكن إيجادها كما مبين في الفقرة (1/7/9-3).

11-3 متطلبات التصميم والتفاصيل Design and Detailing Requirements

ينبغي أن يكون تصميم وتفصيل عناصر النظام المقاوم للزلازل خاضعاً لمتطلبات هذا الفصل. ويكون تصميم الأساس على وفق المتطلبات القابلة للتطبيق في الفصل (13-3). كما تكون المواد والنظم المركبة من هذه المواد خاضعة لمتطلبات الفصلين (1-3) و (4-3) للفئة المطبقة.

1/11-3 فئة التصميم الزلزالي (A) Seismic Design Category

ينبغي أن يكون تصميم وتفصيل المباني المصنفة على أنها من الفئة (A) على وفق متطلبات هذا البند.

1/1/11-3 وصلات مسار الحمل Load Path Connection

يفترض أن تربط جميع أجزاء المنشأ بين العقد المتباعدة بوصلات تعمل على تشكيل مسار مستمر للنظام المقاوم للاحمال الزلزالية، وينبغي أن تكون الوصلات قادرة على نقل الحمل الزلزالي (F_p) الناتج بواسطة الأجزاء المتصلة. إن أي جزء صغير من المنشأ ينبغي أن يربط بباقي المنشأ بعناصر ذات مقاومة تصميمية قابلة على نقل الحمل الزلزالي الذي مقداره إما 0.133 مضروباً في تعجيل طيف الاستجابة التصميمي للفترة القصيرة (S_{DS})، مضروباً في وزن الجزء الصغير أو 5% من وزن الجزء، أيهما أكبر¹. إن قوة الربط هذه لا تطبق على عموم التصميم لنظام مقاومة القوة الأفقية. ينبغي أن لا تتجاوز احمال الربط التصميمية القوى القصوى التي يتحقق ايصالها الى الوصلات من قبل النظام الانشائي.

يفترض أن يتوافر وجود ربط فعال بين أجزاء المنشأ لمقاومة القوة الأفقية المؤثرة بشكل مواز للعضو لكل عتبة ورافدة ومسند وصولاً حتى مسنده، على أن تكون المقاومة الدنيا للربط بمقدار 5% من رد فعل الحمل الميت اضافة للحمل الحي، واحدى الطرائق لتوفير هذه المقاومة تكون باستعمال عناصر رابطة كالبلاطات.

2/1/11-3 تثبيت الجدران الخرسانية أو جدران الكتل البنائية

Anchorage of Concrete or Masonry Walls

يفترض تثبيت الجدران الخرسانية أو جدران الكتل البنائية مع الأرضيات والسقوف بحيث تشكل هذه المساحات الإسناد الأفقي لهذه الجدران، وأن يكون التثبيت مباشراً بين الجدران والأرضيات أو السقوف بحيث تتحقق مقاومة القوى الأفقية المنصوص عليها في الفقرة (1/1/11-3) أو مقاومة قوة تبلغ كحد أدنى (4 كيلو نيوتن) لكل متر طول من الجدار، أيهما أكبر.

2/11-3 فئة التصميم الزلزالي (B) Seismic Design Category (B)

تصمم المباني المصنفة على أنها من الفئة (B) بحسب متطلبات البند (1/11-3) ومتطلبات هذا البند.

1/2/11-3 تأثير الحمل-الازاحة (P-Δ) Effect

يفترض أن تتضمن تأثيرات الحمل-الازاحة اينما طلبت على وفق الفقرة (2/7/9-3).

2/2/11-3 الفتحات Openings

عند وجود الفتحات في جدران القص أو الحواجز أو عناصر أخرى من الألواح، يفترض أن يصمم التسليح في حافات الفتحات لتحويل الإجهادات إلى المنشأ. وان يمتد تسليح الحافة إلى جسم الحائط الخرساني أو الحاجز لمسافة كافية (Development Length) لنقل القوة من التسليح الى الخرسانة، على أن يكون الإمتداد كافياً في الطول لكي يسمح بنقل القوة بدون تجاوز قوة القص وعزم اللي للحاجز أو الحائط.

¹ الحمل الزلزالي = (0.133) * تعجيل طيف الاستجابة التصميمي S_{DS} * وزن الجزء الصغير أو يساوي 5% من وزن الجزء الصغير، أيهما أكبر.

3-2/11 Direction of Seismic Load اتجاه الحمل الزلزالي

يفترض أن يكون اتجاه تطبيق القوى الزلزالية المستعملة في التصميم هو ذلك الذي ينتج تأثير الحمل الأكثر حرجاً في كل عنصر. يكون هذا المتطلب متحققاً إذا كانت القوى الزلزالية التصميمية مطبقة بشكل منفصل ومستقل في كل اتجاهين متعامدين.

3-4/11 Discontinuities in Vertical System عدم الاستمرار في النظام العمودي

يفترض أن لا تكون المنشآت غير المستمرة في المقاومة الجانبية ذات عدم انتظام رأسي من النوع (5) المعرف في الجدول (3-2/3) بأكثر من طابقين أو بارتفاع (9) أمتار حيث يجب أن يمتلك الطابق الضعيف فيها مقاومة محسوبة مقدارها أقل من 65% من مقاومة الطابق الذي يعلوه. استثناء: لا ينطبق هذا التحديد عندما يكون الطابق الضعيف قادراً على تحمل قوة زلزالية كلية مساوية لـ (Ω_0) مضروبة في القوة التصميمية المذكورة في الفصل (3-7).

3-5/11 Nonredundant Systems النظم غير الفائضة

ينبغي أن يتضمن تصميم المنشأ التأثير المعاكس الذي يسببه فشل العضو المفرد والوصلة أو مركبة نظام مقاومة الزلزالي على استقرارية المنشأ، بحسب البند (3-3/3).

3-6/11 Collector Elements العناصر المجمعة

يفترض أن تمتلك العناصر المجمعة المثبتة للأجزاء القدرة على تحويل القوى الزلزالية الناشئة في الأجزاء الأخرى من المنشأ إلى العنصر الذي توفر مقاومة تلك القوى.

3-7/11 Stiff Diaphragms الحواجز الصلبة

يفترض أن لا يتجاوز الانحراف، المحدد بالتحليل الهندسي، في مستوى الحاجز الانحراف المسموح به للعناصر الملحقة. إن الانحراف المسموح به هو ذلك الذي يسمح للعنصر المتصل أن يحتفظ بسلامته الهيكلية تحت التحميل الفردي ويواصل دعم الأحمال الموصوفة.

حواجز الأرضية والسقف يجب أن تصمم لمقاومة F_p حيث أن F_p هي الأكبر من:

(1) جزء من قوة التصميم الزلزالية في مستوى الحاجز المطلوبة لتنتقل إلى العناصر العمودية من النظام المقاوم للقوة الزلزالية، أو

(2)

$$F_p = 0.2 S_{DS} I w_p + V_{px} \quad (1/11-3)$$

حيث أن:

F_p = القوة الزلزالية الناشئة في الأجزاء.

I = معامل أهمية الاشغال (الجدول 2-1/3)

S_{DS} = تعجيل طيف الاستجابة التصميمي للفترة القصيرة، يلاحظ البند (2-2/4).

w_p = وزن الحاجز والعناصر الأخرى من المنشأ المربوطة به

V_{px} = جزء من قوة القص التصميمية عند مستوي الحاجز، المطلوبة لتُنقل الى العناصر العمودية من النظام المقاوم للقوى الزلزالية بسبب الاختلافات في الاماكن أو التغيرات في الجساءة للعناصر العمودية اعلى أو اسفل الحاجز.

يفترض أن تصمم الحواجز لمقاومة اجهادات القص والانحناء الناتجة من هذه القوى. ويكون للحواجز اربطة أو دعائم لتوزيع قوى التثبيت في الجدار المنقولة الى الحاجز. وان تكون وصلات الحاجز ذات فاعلية، من النوع الميكانيكي أو الملحوم.

عند أماكن عدم استمرارية الحواجز مثل الفتحات والزوايا الحادة، يجب أن يضمن التصميم أن تبديد وانتقال قوى الوتر المتراكبة مع بقية القوى في الحاجز هي ضمن قدرة القص والشد للحاجز.

8/2/11-3 تثبيت الجدران الخرسانية أو جدران الكتل البنائية

Anchorage of Concrete or Masonry Walls

يفترض أن تصمم جدران التحمل الخارجية والداخلية ومثبتاتها لتحمل قوة عمودية على السطح مساوية لـ 40% من تعجيل طيف الاستجابة التصميمي للفترة القصيرة S_{DS} ، مضروباً في معامل اهمية الاشغال (I)، ومضروباً في وزن الجدار المرتبط بالمثبت بحد ادنى من القوة ومقدارها 10% من وزن الجدار. يجب أن تكون عناصر الجدار المتصلة مع بعضها والوصلات الساندة للنظم الهيكلية ذات قيم مطاوعة (Ductilities) وسعة دوران كافية أو مقاومة كافية لمقاومة الانكماش، والتغيرات الحرارية والهبوط المتفاوت لئلا يس عندما تؤثر سوية مع القوى الزلزالية. على أن تخضع الوصلات لشروط الفقرة (2/1/11-3).

يفترض أن يجهز تثبيت الجدران الخرسانية أو جدران الكتل البنائية لاسناد المنشأ باتصال مباشر قادر على مقاومة القيمة الاكبر من القوة $(0.4S_{DS}IW_c)$ بوحدات (كيلو نيوتن/متر) كما مبين آنفاً او $(5.84S_{DS}I)$ بوحدات (كيلو نيوتن/متر) من الجدار أو القوة المعينة في الفقرة (2/1/11-3). عندما تتجاوز مسافات التثبيت 1200 ملم فينبغي أن تصمم الجدران لمقاومة عزم الانحناء بين المثبتات.

9/2/11-3 المنشآت من نوع البندول المقلوب Inverted Pendulum- Type Structures

يفترض أن تصمم الاعمدة الساندة أو الدعائم للمنشآت من نوع البندول المقلوب لتحمل عزم الانحناء المحسوب في القاعدة باستعمال الطرائق المذكورة في الفصل (3-7). وتتغير قيمة عزم الانحناء هذا بانتظام لتبلغ عند الاعلى قيمة تساوي نصف عزم الانحناء المحسوب في القاعدة.

10/2/11-3 تثبيت النظم غير الانشائية Anchorage of Nonstructural Systems

جميع اجزاء عناصر المنشأ ينبغي أن تثبت لمقاومة القوة الزلزالية الموصوفة في الباب الخامس.

11/2/11-3 العناصر الساندة للهياكل أو الجدران غير المستمرة

Elements Supporting Discontinuous Walls or Frames

يفترض أن تكون الاعمدة والجسور والمسنمات أو البلاطات الساندة للجدران أو اطارات المنشآت غير المستمرة التي لها عدم انتظام في المسقط الافقي من النوع (4) في الجدول (3-1/3) أو عدم انتظام

في المسقط الرأسي من النوع (4) في الجدول (3-2/3)، ذات مقاومة تصميمية لمقاومة القوة المحورية القصوى التي تتولد على وفق تجميعات الأحمال الخاصة الموصوفة في الفصل (3-4).

3-11-3 فئة التصميم الزلزالي (C) Seismic Design Category

تصمم المباني المصنفة على أنها من الفئة (C) بحسب متطلبات البند (3-11/2) لفئة (B) ومتطلبات هذا البند.

1-3/11-3 العناصر المجتمعة Collector Elements

يفترض أن تمتلك العناصر المجتمعة القدرة على تحويل القوى الزلزالية الناشئة في الأجزاء المختلفة من المنشأ إلى العناصر التي تحقق مقاومة تلك القوى. إن العناصر المجتمعة والوصلات الرابطة ووصلاتها للعناصر يجب أن تقاوم تجميعات الأحمال الزلزالية الخاصة المبينة في الفصل (3-4).
استثناء: إن المنشآت أو الأجزاء المدعّمة كلياً بواسطة هيكل خفيف من جدران القص والعناصر المجتمعة والوصلات الرابطة والوصلات للعناصر المقاومة تحتاج فقط لأن تصمم لمقاومة القوى على وفق المعادلة (3-11/3).

ينبغي أن لا تتجاوز قيمة ($\Omega_o E$) في المعادلة (3-12/4) القوة القصوى التي تنتقل إلى العناصر المجتمعة بواسطة الحاجز وباقي العناصر للنظام المقاوم للقوى الزلزالية الجانبية.

2-3/11-3 تثبيت الجدران الخرسانية وجدران الكتل البنائية

Anchorage of Concrete or Masonry Walls

يفترض أن تثبت الجدران الخرسانية أو جدران الكتل البنائية مع جميع الأرضيات والسقوف والأعضاء التي تحقق الاسناد الجانبي الذي ليس ضمن مستوي الجدار على أن يوفر التثبيت ربطاً مباشراً موجباً بين الجدار وكل من الأرضية، والسقف أو العضو الساند القادر على مقاومة القوى الأفقية المحددة في هذه الفقرة للمنشآت ذات الحواجز المرنة، أو تلك القوى المحددة بالبند (5-1/2) (باستعمال $a_p = 1$ و $R_p = 2.5$) للمنشآت ذات الحواجز غير المرنة.

إن تثبيت الجدران مع الحواجز المرنة ينبغي أن يكون له امكانية تحمل القوة التي ليست ضمن المستوي والمحسوبة بالمعادلة الآتية:

$$F_p = 0.8 S_{DS} I W_p \quad \dots\dots\dots (2/11-3)$$

حيث ان:

F_p = القوة التصميمية في المثبتات المنفردة

I = معامل أهمية الاشغال (يؤخذ من الجدول 2-1/3)

S_{DS} = تعجيل طيف الاستجابة التصميمي للفترة القصيرة، يؤخذ من البند (2-2/4).

W_p = وزن الجدار التابع للمثبت.

يجب أن تجهز الحواجز برباطات مستمرة أو دعائم بين اوتار الحواجز لتوزيع قوى التثبيت على أجزاء الحواجز. إن اضافة الاوتار تعمل على تكوين حواجز فرعية لنقل قوى التثبيت الى الرباطات المعترضة المستمرة.

يجب أن تكون قوى المقاومة التصميمية للعناصر الفولاذية في نظام تثبيت الجدران، عدا حديد التسليح والمسامير المثبتة (anchor bolts)، مساوية الى 1.4 مضروبة في القوى التصميمية المطلوبة في هذا الباب.

في الحواجز ذات السطوح المعدنية، ينبغي أن لا يستعمل السطح المعدني كرباطات مستمرة التي هي مطلوبة في هذه الفقرة في الاتجاه العمودي على فضاء السطح.

عند تثبيت الحواجز بالجدران باستعمال الاطواق المطمورة يفتض أن تربط ب أو تعقف حول حديد التسليح أو بدلاً من ذلك تنهى كمنبث لكي يتحقق نقل القوى بصورة فعالة الى حديد التسليح، كما هو معمول به في أعمال التسليح.

عندما تكون عناصر نظام تثبيت الجدران محملة لامركزياً أو غير عمودية على الجدار، يفترض أن يصمم النظام لمقاومة جميع مركبات القوى الناتجة من اللامركزية.

وعندما تكون الاعمدة الجدارية موجودة في الجدار، يفترض عند حساب قوة التثبيت فيها أن يؤخذ في الحسبان الحمل الاضافي المنقول من الواح الجدار الى الاعمدة الجدارية. ولا يجوز أن تقلل قوة التثبيت الدنيا عند الارضية أو السقف.

4/11-3 فئة التصميم الزلزالي (D) Seismic Design Category (D)

تصمم المباني المصنفة على أنها من الفئة (D) بحسب متطلبات البند (3/11-3) لفئة الأداء الزلزالي (C) ومتطلبات هذا البند.

1/4/11-3 العناصر المجتمعة Collector Elements

بالاضافة الى متطلبات الفقرة (1/3/11-3)، يفترض أن تقاوم العناصر المجتمعة ووصلاتها للعناصر المقاومة ووصلاتها الرابطة الاحمال الزلزالية الخاصة الموصوفة في الفقرة (4/4/11-3).

2/4/11-3 عدم الانتظام الرأسى أو الافقى Plan or Vertical Irregularities

عندما تكون النسبة بين المقاومة المتوافرة في أي طابق الى المقاومة المطلوبة اقل من ثلثي النسبة للطابق الذي يعلوه مباشرة، يفترض أن يحلل التأثير المعاكس ويجب أن تصحح مقادير المقاومة المتوافرة للتعويض عن هذا التأثير.

للمنشآت التي لها عدم انتظام في المسقط الافقى من أحد الأنواع (1) أو (2) أو (3) أو (4) في الجدول (1/3-3) أو عدم انتظام في المسقط العمودي من النوع (4) في الجدول (2/3-3)، ينبغي أن تزداد مقادير القوى التصميمية المحددة في البند (2/9-3) ب 25% لوصلات الحواجز مع العناصر العمودية والمجتمعة ولوصلات العناصر المجتمعة مع العناصر العمودية. كما ينبغي أن تصمم العناصر المجتمعة

ووصلاتها أيضاً على وفق هذه القوى المضخمة إلا إذا تحقق تصميمها لمقاومة الاحمال الزلزالية الخاصة على وفق المعادلة (3-1/4) والفقرة (3-11/1/3).

3-11/3 القوى الزلزالية العمودية Vertical Seismic Forces

ينبغي أخذ تأثير المركبة العمودية للحركة الزلزالية الارضية في تصميم كل من العناصر الناتئة الافقية والعناصر المسبقة الجهد الافقية. إن تجميعات الاحمال المستعملة في ايجاد قيم هذه المركبات يفترض أن تحتوي على الحمل الزلزالي (E) الذي يحسب من المعادلتين (3-1/4) و (3-14/4). ويجب أن تصمم العناصر الانشائية الافقية الناتئة لتحتمل قوة دنيا رافعة وباتجاه نحو الاعلى قدرها 0.2 مضروباً في الحمل الميت بالاضافة الى تجميعات الاحمال المشار اليها في الفصل (3-4).

3-11/4 الحواجز الصلدة Rigid Diaphragms

ينبغي أن لا تتجاوز الإزاحة الناشئة في مستوى الحواجز الإزاحة القيمة المسموحة للعناصر المرتبطة بها. وتعرف الإزاحة المسموحة على أنها الإزاحة التي تسمح للعنصر المربوط بالمحافظة على النظام الإنشائي تحت تأثير الأحمال المنفردة المؤثرة فيه، ويستمر في تحمل الأحمال المحددة. على أن تصمم حواجز الارضيات والسقوف لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية المحددة على وفق المعادلة الآتية:

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n w_i} w_{px} \dots\dots\dots(3/11-3)$$

حيث ان:

F_{px} = قوة الحاجز التصميمية

F_i = قوة الحاجز التصميمية المطبقة للمستوى (i).

w_i = الوزن التابع للمستوي (i).

w_{px} = وزن الحاجز عند المستوي (x).

على أن لا تتجاوز القوة المحسوبة من هذه المعادلة $0.4 S_{DS} I w_{px}$ ولا تقل عن $(0.2 S_{DS} I w_{px})$.

وعندما يكون مطلوباً من الحاجز نقل القوى الزلزالية التصميمية من العناصر الرأسية المقاومة فوق الحاجز إلى عناصر رأسية أخرى مقاومة تحت الحاجز وذلك من جراء تغير مفاجئ في موقع العناصر أو لتغيرات نسبية في الجساءات الجانبية، فإن هذه القوى يفترض أن تضاف إلى تلك المحددة في المعادلة (3-11/3).

3-12 الانحراف عن حد الازاحة وفصل المباني

Deflection Drift Limits and Building Separation

3-12/1 حدود الازاحة Drift Limits

يفترض أن لا تتجاوز ازاحة الطابق التصميمية (δ) المحددة بالبنيين (3-7/9) أو (3-6/10)، ازاحة الطابق المسموح بها (Δ_a) المستحصلة من الجدول (3-1/12) لاي طابق. للمنشآت ذات انحرافات اللي العالية، ينبغي أن تتضمن الازاحة القصوى تأثيرات اللي.

2/12-3 فصل الأبنية Building Separation

ينبغي أن تتباعد كافة المنشآت عن المنشآت المجاورة لها. وتحدد هذه التباعدات إنطلاقاً من (δ_x) المحددة في الفقرة (3-1/7/9). وأن تتباعد الكتل المتجاورة والواقعة ضمن ملكية واحدة بمسافة لا تقل عن (δ_{xt}) .
حيث:

$$\delta_{xt} = \sqrt{(\delta_{x1})^2 + (\delta_{x2})^2} \dots\dots\dots (1/12-3)$$

حيث أن : (δ_{x1}) و (δ_{x2}) هي الانحراف الكلي لكل من المبنى 1 والمبنى 2 المتجاورين.

الجدول 1/12-3: ازاحة الطابق المسموح بها $(\Delta_a)^a$

فئة الاشغال			نوع المنشأ
IV	III	I,II	
$0.015h_{sx}$	$0.020h_{sx}$	$0.025 h_{sx}^b$	المنشآت، غير جدران القص من الكتل البنائية أو هياكل الجدران من الكتل البنائية، ونظم السقوف والجدران الخارجية التي صممت لتحتمل ازاحة الطابق
$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$	منشآت جدران القص من الكتل البنائية الناتئة c
$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$	منشآت جدران القص من الكتل البنائية الاخرى
$0.010 h_{sx}$	$0.013 h_{sx}$	$0.013 h_{sx}$	منشآت هياكل الجدران من الكتل البنائية
$0.010 h_{sx}$	$0.015 h_{sx}$	$0.020 h_{sx}$	باقي المنشآت كافة

(a) (h_{sx}) هي ارتفاع الطابق تحت المستوي (x) .

(b) ليس هناك حد للازاحة للمنشآت ذات الطابق الواحد ذات نظم الجدران الداخلية والقواطع والسقوف والجدران الخارجية التي صممت لتحتمل ازاحات الطابق. ولكن متطلبات تباعد المنشآت في الفصل (3-12) يفترض أن تتحقق.

(c) المنشآت التي يكون نظامها الانشائي الأساسي مؤلفاً من جدران القص من الكتل البنائية المصممة كعناصر عمودية ناتئة من القاعدة أو الأساس التي نفذت بحيث يكون انتقال العزم بين جدران القص مهماً.

13-3 متطلبات تصميم الاسس Foundation Design Requirements

1/13-3 عام General

يتضمن هذا البند فقط متطلبات تصميم الاسس في الأبنية المقاومة للزلازل، بفرض تحقق بقية المتطلبات الأساسية الاخرى التي تشمل (على سبيل المثال لا الحصر) تحريات تربة الموقع ووجود تربة الملء (البديلة) أو وضعها ضمن مساحة المنشأ واستقرارية الانحدارات والتصريف تحت الارضيات والسيطرة على الهبوط، والركائز. ولا يتضمن هذا البند متطلبات تصميم العناصر التي يشتمل عليها مصطلح "ركيزة"

المستعمل في الفقرة (4/4/13-3) والفقرة (4/5/13-3) ومنها دعائم الأساس والقيسونات والركائز، وكذلك متطلبات تصميم العناصر التي يشتمل عليها مصطلح قبعة الركيزة وهي العناصر التي تتصل بها الركائز ومنها الروافد الارضية والحصائر (فيما يخص تحقق الحد الأدنى من عزوم واجهادات الانحناء والقص والشد والانفصال المرن).

2/13-3 فئة التصميم الزلزالي Seismic Design Category A

ليس هناك متطلبات خاصة لاسس المنشآت المنسوبة الى الفئة A.

3/13-3 فئة التصميم الزلزالي Seismic Design Category B

يفترض أن يحدد معامل الموقع على وفق البند (3/2-2)، على أن تتحقق متطلبات المقاومة للاسس المعرضة الى الاحمال الزلزالية الموصوفة في البابين (الثاني والثالث) مع المتطلبات الآتية:

1/3/13-3 المكونات الانشائية Structural Components

ينبغي أن تطابق المقاومة التصميمية للاسس المعرضة للقوى الزلزالية وحدها أو بالتراكب مع الاحمال الموصوفة الاخرى ومتطلباتها التفصيلية مع المتطلبات في الفصول (1-3) الى (4-3). ويفترض أن لاتقل المقاومة التصميمية للاساس عن تلك المطلوبة للقوى المؤثرة عليه بدون القوى الزلزالية.

2/3/13-3 قابلية تحمل التربة Soil Bearing Capacity

قابلية تحمل تربة الأساس أو قابلية تحمل التربة عند التقائها مع الدعائم أو الركائز يفترض أن تكون كافية لاسناد المنشأ ضد كل الاحمال الموصوفة بدون الاحمال الزلزالية مع الاخذ في الحسبان الهبوط الذي يمكن للمنشأ أن يقاومه. وكذلك يجب أن تكون قابلية تحمل تربة الأساس قادرة على مقاومة تجميعات الأحمال التي تشمل احمال الهزة الارضية المعينة في الفصل (3-4)، على أن تكون هذه القابلية كافية لمقاومة الاحمال عند انفعالات مقبولة مع الاخذ في الحسبان فترة التحميل القصيرة والصفات الديناميكية للتربة.

4/13-3 فئة التصميم الزلزالي Seismic Design Category C

إن اسس المنشآت المنسوبة الى فئة التصميم الزلزالي C يفترض أن تتطابق مع جميع متطلبات الفئتين A و B بالاضافة الى متطلبات هذا البند.

1/4/13-3 التحريات Investigation

ينبغي تقديم تقرير تحريات تربة مفصل يشتمل على وصف الطبيعة الجيولوجية للموقع على أن يتضمن هذا التقرير بالإضافة إلى متطلبات البند (1/13-3) وما مطلوب في البند (3/13-3)، نتائج دراسة تقدير أخطار الزلزال الكامنة الآتية:

1. عدم إستقرار المنحدر (Slope instability)

2. التسهيل (Liquefaction)

3. الإنتشار الجانبي (Lateral spreading)

4. التمزق السطحي (Surface rupture)

ويجب أن يتضمن التقرير التوصيات المطلوبة لتصاميم الأساس الملائم أو الإجراءات المطلوبة لتقليل تأثيرات الأخطار المذكورة آنفاً.

2/4/13-3 المنشآت الوتدية Pole Type Structures

عندما تُستعمل في المنشآت الدعائم أو القوائم كأعمدة مغمورة في الأرض أو مغمورة في الاسس الخرسانية لمقاومة الأحمال الجانبية، فإن عمق الطمر المطلوب للدعائم والقوائم لمقاومة القوى الزلزالية يحدد بواسطة معايير التصميم المعتمدة في تقرير تحريات التربة.

3/4/13-3 رباطات الاسس Foundation Ties

إن قبّعات الركائز (Pile caps) والدعائم المحفورة (Drilled piers) أو القيسونات (القيسون هو حجرة تحت الماء) (Caissons) ينبغي أن تقيد فتربط مع بعضها برباطات ذات مقاومة تصميمية في الشد أو الانضغاط أكبر من قوة ذات مقدار يساوي (10%) من S_{DS} مضروبة في القيمة الأكبر من الاحمال المضخمة الميتة والحية لقبة الركائز أو العمود مالم يتأكد المصمم من أن التقيد المكافئ سيتحقق بوجود الاعتاب الخرسانية المسلحة ضمن البلاطات على مستوى الأرض أو البلاطات الخرسانية المسلحة على مستوى الأرض أو أي وسائل أخرى يصدق عليها.

4/4/13-3 المتطلبات الخاصة للركيزة Special Pile Requirements

الركائز الخرسانية والركائز من نوع الانابيب الفولاذية المملوءة بالخرسانة والدعائم المحفورة أو القيسون يجب أن يتحقق فيها تحمل الحد الأدنى من عزوم واجهادات الانحناء والقص والشد والانفعال المرن. ارجع إلى البند (8-1/3) والفقرات اللاحقة.

5/13-3 متطلبات الاسس لفئة التصميم الزلزالي D

اسس المنشآت المنسوبة الى فئة التصميم الزلزالي D يفترض أن تتطابق مع جميع متطلبات فئة التصميم الزلزالي C بالاضافة الى متطلبات هذا البند.

1/5/13-3 التحريات Investigation

يجب أن يقدم المالك للسلطة المختصة تقريراً شبيهاً بالتقرير المذكور في الفقرة (3-1/4/13) مع تحديد الضغط الجانبي على الطابق السفلي والجدران الساندة بسبب حركات الهزات الارضية.

2/5/13-3 رباطات الاسس Foundation Ties

قواعد الاسس المنفصلة المنتشرة المستندة على التربة ذات الصنف (E) أو (F) كما معرفة في البند (7-1/1) ينبغي أن تربط برباطات. هذه الرباطات ينبغي أن تحقق متطلبات الفقرة (3-3/4/13).

Liquefaction Potential and Soil Structure Loss

إن تقرير تحريات التربة المطلوب في الفقرة (3-13/5/1) يجب أن يشتمل على تقدير نتائج حصول التسييل وفقدان مقاومة التربة، متضمناً تخمين الهبوط المتفاوت والحركة الجانبية أو النقصان في سعة تربة الأساس، على أن يقدم التقرير أساليب العلاج. ومن بين هذه الأساليب التي تدخل في تصميم المنشأ (على سبيل المثال لا التحديد) تحسين استقرارية الأرض وتقويتها، واختيار نوع وعمق الأساس الملائم، واختيار النظم الانشائية المناسبة لتعالج الازاحات المتوقعة أو أي مجموعة من هذه الأساليب.

3-4/13/5 المتطلبات الخاصة للركيزة والعتبة الأرضية

Special Pile and Grade Beam Requirements

يفترض أن تصمم الركائز وتنشأ لمقاومة الانحناء الأعظم المتسبب من حركات الهزات الأرضية واستجابة المنشأ، على أن يتضمن الانحناء أو التقوس انفعالات المجال الحر للتربة (بدون المنشأ) المعدل لتدخل كل من التربة- والركيزة- والمنشأ المقترن مع تشوهات الركيزة الناتجة بواسطة مقاومة الركيزة الجانبية لقوى المنشأ الزلزالية. الركائز الخرسانية المنفذة في التربة ذات الصنف (E) أو (F) كما معرفة في البند (7-1/1) يجب أن تصمم وتوزع ضمن مسافة سبعة أقطار لقبة الركيزة ولسطح التلامس اللين إلى المتوسط والصلب أو الطبقات القابلة للتسييل [2] Liquefiable strata بالرجوع إلى البند (8-2/3) والفقرات الإضافية بالإضافة إلى تلك المذكورة بالبند (8-1/3).

عند الحاجة إلى تثبيت الركائز بواسطة قبعات الركائز ينبغي أن يؤخذ في الحسبان التأثير المتراكب للقوى المحورية لقوى الرفع وعزوم الانحناء الناتجة من تقييدها بقبة الركائز. للركائز التي تتطلب مقاومة قوى الرفع أو تحقق تقييداً ضد الدوران يجب أن يكون التثبيت إلى قبة الركيزة قادراً على تحقيق ما يأتي:

1- في حالة الرفع، القيمة الأقل من مقاومة الشد الاسمية لحديد التسليح الطولي في الركيزة الخرسانية، أو مقاومة الشد الاسمية للركيزة الفولاذية، أو 1.3 مرة بقدر مقاومة الاقتلاع للركيزة، أو قوة الشد المحورية الناتجة من الاحمال الزلزالية الخاصة من البند (3-1/4).

2- في حالة الدوران المقيد، تؤخذ القيمة الأقل من قوى القص والقوى المحورية والعزوم الناتجة من الاحمال الزلزالية الخاصة من البند (3-1/4). أو الناتجة من كامل المقاومة المحورية ومقاومة الانحناء ومقاومة القص الاسمية التامة للركيزة.

وصلات اجزاء الركيزة ينبغي أن تحقق المقاومة الاسمية لمقطع الركيزة، ولكن وصلة التداخل لا تحتاج أن تحقق المقاومة الاسمية للركيزة في الشد والقص والانحناء عندما تكون مصممة لمقاومة القوى المحورية والقص والعزوم من الاحمال الزلزالية الخاصة من البند (3-1/4).

إن مقادير العزوم وقوى القص والانحرافات الجانبية للركيزة المستعملة في التصميم يفترض أن تقرر على اساس تداخل مقاومتي التربة والعمود. عندما تكون نسبة عمق انطمار الركيزة إلى قطر أو عرض الركيزة أقل من أو مساوية إلى (6)، يمكن أن تعد الركيزة صلدة لمقاومة الانحناء بالنسبة إلى التربة.

ينبغي أن تدخل تأثيرات مجموعة الركائز المتجاورة (group of piles) في التربة على المقاومة الاسمية الجانبية للركيزة ضمن الحسابات عندما تكون المسافة من المركز الى المركز للركيزة في اتجاه القوة الجانبية أقل من (8) أمثال قطر الركيزة أو عرضها. وكذلك يجب أن تحسب تأثيرات مجموعة الركائز المتجاورة على المقاومة الاسمية العمودية عندما تكون المسافة من المركز الى المركز للركيزة في اتجاه القوة الجانبية أقل من (3) أمثال قطر الركيزة أو عرضها.

14-3 طرائق التحليل التكميلية Supplementary Method of Analysis

1/14-3 تحليل تاريخ الاستجابة الخطي Linear Response Analysis

إن تحليل تاريخ الاستجابة الخطية يجب أن يتكون من تحليل نموذج رياضي خطي للمنشأ لإيجاد استجابته من خلال طرائق التكامل العددي لحالات تاريخ التعجيل للحركة الأرضية المتوافقة مع الاستجابة الطيفية التصميمية للموقع. ولأغراض التحليل، يسمح للمنشأ بأن يكون مثبتاً (fixed) عند قاعدته أو كبدل يسمح باستعمال فرضيات منطقية تتعلق بصلادة الأسس.

2/14-3 تحليل تاريخ الاستجابة اللاخطي Nonlinear Response History Analysis

التحليل اللاخطي لتاريخ الاستجابة يجب أن يتكون من تحليل نموذج رياضي لا خطي للمنشأ يأخذ في الحسبان وبشكل مباشر تاريخ السلوك اللاخطي لمكونات المنشأ لإيجاد استجابته من خلال طرائق تحليل عددي لحالات تواريخ التعجيل للحركة الأرضية المتوافقة مع الاستجابة الطيفية التصميمية للموقع.

3/14-3 التداخل بين التربة والمنشأ Soil-Structure Interaction

إن دمج تأثيرات التداخل بين التربة والمنشأ اختياري للمصمم. إن استعمال هذا الخيار سوف يقلل القيم التصميمية للقص عند القاعدة والقوى الجانبية وعزم الدوران ولكنه قد يزيد من القيم المحسوبة للازاحات الجانبية والقوى الثانوية المقترنة بتأثيرات القوة - الازاحة (P - delta).

مراجع الباب الثالث

[1] Saudi Building Code, "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.

[2] Saudi Building Code, "SBC 304", 2007.

[3] "الكود العربي الموحد للمباني والمنشآت المقاومة للزلازل"، مجلس وزراء الاسكان والتعمير العرب، 2005.

[4] Zhou, Xi-Yuan, & Others, "The Complex-Complete-Quadratic-Combination (CCQC) Method for Seismic Responses of Non-Classically Damped Linear MDOF System", 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, 1-6 August, 2004, paper no.848, 2004.

الباب الرابع

المتطلبات الخاصة بالمواد الانشائية في الأبنية المقاومة للزلازل

MATERIAL-SPECIFIC SEISMIC DESIGN AND DETAILING REQUIREMENTS

1-4 المنشآت الفولاذية Steel Structures

المنشآت الفولاذية من الصنف (B) والصنف (C)، بما فيها الاسس، المعرضة لأحمال الزلازل ينبغي أن تصمم وتنفذ بموجب المواصفات المرجعية AISC341 [7] ومتطلبات المدونة العراقية للإنشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305) والمعامل R من الجدول (3-1/2). ويبين الفصل (4-8) متطلبات اضافية لها. وكذلك بالنسبة الى الاصناف F, E, D التي يفترض أن تصمم بموجب AISC314 [7].

2-4 المنشآت الخرسانية المسلحة Reinforced Concrete Structures

المنشآت الخرسانية، بما فيها اسسها المعرضة لأحمال الزلازل، يفترض أن تصمم وتنفذ بموجب المواصفات المرجعية ASCE7-05 والمدونة العراقية للخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304)، على أن تكون نوعية وفحوص مقاومة الخرسانة الانشائية مطابقة للمواصفة (ACI 318M-11) الفصول (10-7 و 10-5 و 11-11) والمدونة العراقية للخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304).

3-4 المنشآت المركبة Composite Steel and Concrete Structures

المنشآت المركبة من الحديد والخرسانة، بما فيها الاسس، المنفذة لمقاومة الزلازل يفترض أن تصمم وتنفذ بموجب ASCE7-05 والمدونة العراقية للإنشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305) [10] وكذلك المواصفة الامريكية (ACI 318M-11) (بدون الفصل 22) فضلاً عن المواصفة (AISC LRFD) و (AISC SEISMIC).

4-4 المنشآت المشيدة من الكتل البنائية Masonry Structures

المنشآت المشيدة من الكتل البنائية، بضمنها اسسها، المنشأة لمقاومة الزلازل يفترض أن تصمم وتنفذ بموجب المواصفات المصدرة AISCE7-05 [12] ومتطلبات المدونة العراقية للخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304) [11] مع ملاحظة الفصل (6-8) من هذه المدونة الخاصة بالبنود الاضافية للكتل البنائية.

مراجع الباب الرابع

- [1] Saudi Building Code , “*Loads and Forces Requirements SBC 301*”, 2007.
- [2] “*American Institute of Steel Construction, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*”, Part I, 1997, including Supplement 2, November 10, 2000.
- [3] “*American Iron and Steel Institute (AISI), Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*”, 1996, including Supplement No. 1, July 30, 1999.
- [4] ASCE, “*Specification for the Design of Cold-Formed Stainless Steel Structural Members*”, ASCE 8-90, 1990.
- [5] “*Steel Joist Institute*”, Standard Specification, Load Tables and Weight Tables for Steel Joists and Joist Girders, 1994.
- [6] ASCE, “*Structural Applications for Steel Cables for Buildings*”, ASCE 19-95, 1995.
- [7] “*American Institute of Steel Construction (AISC341)*”, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, Including Supplement No. 1 (February 15, 1999, July 1997, Parts I and II.
- [8] “*American Iron and Steel Institute (AISI341)*”, Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 1996, including Supplement 2000.
- [9] “*American Concrete Institute, Building Code Requirements for Masonry Structures*”, ACI 530-99/ASCE 5-99/TMS 402-99, 1999 and Specifications for Masonry Structures, ACI 530.1-99/ ASCE 6-99/TMS 602-99, 1999.
- [10] "مدونة الانشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305)", وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والأشغال العامة، بغداد، 2015.
- [11] "مدونة الخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304)", وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والأشغال العامة، بغداد، 2017.
- [12] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ASCE/SEI-7-05, “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*”, 2006.

الباب الخامس

المتطلبات التصميمية الزلزالية للمكونات غير الانشائية

SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR NON STRUCTURAL COMPONENTS

1-5 عام General

يحدد الباب الخامس قواعد التصميم الأدنى للأنظمة المعمارية والميكانيكية والكهربائية والأنظمة غير الانشائية والمكونات والعناصر المرتبطة بشكل دائم بالمنشآت التي تشمل المنشآت الساندة والمرافق (والتي سيشار إليها لاحقاً بالمكونات). تحدد قواعد التصميم مستويات القوة الساكنة المكافئة الدنيا ومتطلبات الازاحة النسبية لتصميم المكونات واتصالها مع المنشأ، آخذة في الحسبان الحركة الأرضية والتكبير الانشائي ووزن وصلابة المكونات وتوقعات الأداء. إن فئات التصميم الزلزالي للمنشآت قد عرضت في الفصل (2-4). ولأغراض تخص هذه الفقرة، ستعد مكوناتها ذات صنف التصميم الزلزالي نفسه الذي أعتمد للمنشأ الذي يحتويها أو الذي ترتبط به ما لم يذكر غير ذلك.

ويحدد هذا الباب أيضاً متطلبات القوة التصميمية الزلزالية الدنيا للمنشآت من غير المباني والتي يتحقق اسنادها من قبل منشآت أخرى عندما يكون وزن المنشأ غير المبنى أقل من 25% من حاصل جمع وزن المنشأ غير المبنى والمنشأ الساند.

إن متطلبات التصميم الزلزالي للمنشآت من غير المباني التي يتحقق اسنادها من قبل منشآت أخرى عندما يكون وزن المنشأ غير المبنى 25% أو أكثر من حاصل جمع وزن المنشأ غير المبنى والمنشأ الساند ستعرض في الباب السادس وكذلك متطلبات التصميم الزلزالي للمنشآت من غير المباني المستندة على الأرض أيضاً. وبذلك، فإن القوى الدنيا للتصميم الزلزالي للمنشآت من غير المباني والتي تستند الى منشآت أخرى يمكن ايجادها بموجب متطلبات الفصل (2-5) مع قيمة R_p مساوية الى قيمة R الموصوفة في الباب السادس وقيمة a_p تساوي 2.5 للمنشآت من غير المباني ذات الخصائص الديناميكية المرنة وقيمة a_p تساوي 1.0 للمنشآت من غير المباني ذات الخصائص الديناميكية الصلدة. إن توزيع القوى الجانبية للمنشآت من غير المباني المسندة وجميع المتطلبات التي لا تتعلق بالقوة الموصوفة في الباب السادس يجب تطبيقها على المنشآت من غير المباني المسندة.

كذلك، فإن جميع المكونات ستعطى معامل أهمية المكون (I_p) في هذا الباب. إن القيمة المعتمدة للمعامل I_p هي 1.0 للمكونات المثالية في الاستعمال الطبيعي، أما القيم العالية لـ (I_p) فانها تعطى للمكونات التي تتضمن حالات خطرة أو التي يجب أن تشمل على مستوى عال من الضمان للأداء أي أنها بخلافه تتطلب

اهتماما اضافيا بسبب خصائص المحافظة على الديمومة في عمرها الوظيفي. إن معاملات الأهمية للمكونات ستذكر في البند (3/2-5).

إن جميع المكونات المعمارية والميكانيكية والكهربائية والمكونات غير الانشائية الأخرى في المنشآت يجب أن تصمم وتبنى لتقاوم القوى الساكنة المكافئة والازاحات التي يمكن بموجب ما مذكور في هذا الباب. عند تصميم وتحليل المنشآت الساندة والمكونات المعمارية والأجهزة يجب أن تؤخذ مرونتها ومقاومتها في الحسبان. **استثناءات:** المكونات الآتية مستثناة من متطلبات هذا الباب:

1. جميع المكونات في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي A.
2. المكونات المعمارية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي B ما لم تتيسر مردات ماء (Parapets) مستندة الى جدران حاملة أو جدران قص بحيث أن معامل الأهمية (I_p) يساوي 1.0.
3. المكونات الكهربائية والميكانيكية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي B.
4. المكونات الكهربائية والميكانيكية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي C ذات معامل أهمية يساوي 1.0.

5. المكونات الكهربائية والميكانيكية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D عندما يكون I_p يساوي 1.0 في حالة تجهيز توصيلات مرنة بين المكونات المتعلقة بأعمال مجاري الهواء والأنابيب المحمولة على ارتفاع (1.25 م) أو أقل فوق مستوى الطابق وتزن (1800 نيوتن) أو أقل.

6. المكونات الكهربائية والميكانيكية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D التي تزن (100 نيوتن) أو أقل حيث يكون I_p مساوياً 1.0 وعند وجود توصيلات مرنة بين المكونات المتعلقة بأعمال مجاري الهواء والأنابيب أو منظومات التوزيع التي تزن (7 نيوتن/متر) أو أقل.

يفترض أن تصمم العلاقات الفيزيائية والوظيفية بين المكونات وتأثير كل واحدة على الأخرى بحيث أن الفشل في أي مكون معماري أو ميكانيكي أو كهربائي أساسي أو غير أساسي لن يؤدي الى حدوث فشل في المكون الرئيس المعماري أو الميكانيكي أو الكهربائي.

1/1-5 المعايير المرجعية Reference Standards

1/1/1-5 المعايير المعتمدة Consensus Standards

ان المراجع من [2] حتى [14] تمثل معايير مجمعا عليها وستعد جزءا من الاحتياطات من المراجع الاضافية التي سيشار اليها في هذا الباب.

2/1/1-5 المعايير المقبولة Accepted Standards

ان المراجع من [15] حتى [22] تمثل المعايير التي تحقق تطويرها في مجال الصناعة وتمثل اجراءات مقبولة للتصميم والانشاء.

5-2/1 نقل قوة المكون Component Force Transfer

ان المكونات غير الانشائية التي يراد لها أن تقاوم الزلازل يجب أن تثبت باحكام بحيث أن مركبات قوى الزلازل الناشئة فيها تنقل الى المنشأ، على أن تثبت ملحقات هذه العناصر بواسطة مسامير ملولبة (براغ) أو تلحم أو تعلق بطريقة صحيحة، وعندئذ لايجب أن تؤخذ في الحسبان مقاومة الاحتكاك الناتجة من تأثيرات الجاذبية مع وجود مسار مستمر للحمل ذي مقاومة وجساءة بين هذه المكونات والمنشأ الساند. ويجب أن تصمم العناصر المحلية للمنشأ الساند وتهيأ من أجل تحمل مركبات القوى التي تتحكم بتصميم هذه العناصر وروابطها. إن مركبات القوى هي تلك التي تحسب في البند (5-2/1) بغض النظر عن التغييرات على F_p و R_p الناتجة من شروط التثبيت. إن الوثائق التصميمية ينبغي أن تتضمن معلومات كافية تتعلق بالملحقات للتحقق من التوافق مع متطلبات هذا الباب.

5-2 المتطلبات التصميمية Design Requirements

5-2/1 القوى الزلزالية

يكون ايجاد القوى الزلزالية (F_p) اعتمادا على المعادلة الآتية:

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{R_p / I_p} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right) \dots\dots\dots (5-2/1)$$

لا يجوز أن تؤخذ F_p أكبر من:

$$F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p \dots\dots\dots (5-2/2)$$

كما إن F_p يجب أن لا تؤخذ أقل من:

$$F_p = 0.3 S_{DS} I_p W_p \dots\dots\dots (5-2/3)$$

حيث أن:

F_p = القوة الزلزالية التصميمية المؤثرة في مركز ثقل المكون وموزعة تبعا لتوزيع كتلة ذلك المكون.

S_{DS} = التعجيل الطيفي خلال مدة قصيرة، يمكن ايجاده من البند (2-4/2).

a_p = مركبة معامل التضخيم التي تتراوح بين 1.0 و 2.50 (نختار القيمة المناسبة من الجدول (5-2/4) أو الجدول (5-1/5)).

I_p مركبة معامل الأهمية التي تتراوح بين 1.0 و 1.50 (راجع البند (5-3/2)).

W_p = مركبة وزن المكون.

R_p مركبة معامل تعديل الاستجابة التي تتراوح بين 1.5 و 5.0 (اختر القيمة المناسبة من الجدول (5-2/4) أو الجدول (5-1/5)).

z = ارتفاع نقطة ارتباط العنصر في المنشأ نسبة الى القاعدة. للفقرات التي يكون فيها z عند أو تحت القاعدة، يجب أن يؤخذ z مساويا الى صفر. إن القيمة z/h يجب أن لا تتجاوز 1.0.

h = معدل ارتفاع سقف المنشأ نسبة الى قاعدته.

ان القوة (F_p) يجب أن تسلط بصورة مستقلة طوليا أو جانبيا مصحوبة بالأحمال الخدمية المؤثرة على المكوّن. يجب دمج تأثيرات الأحمال الأفقية والشاقولية كما مشار اليه في الفصل (3-4) مع تعويض F_p بدل المصطلح Q_E . إن معامل الموثوقية (ρ) يؤخذ مساويا الى 1.0.

عندما تتجاوز أحمال الرياح الموجبة والسالبة قيم F_p لجدار خارجي غير حامل فان أحمال الرياح هذه هي التي تتحكم في التصميم. وبطريقة مشابهة، عندما تتجاوز الأحمال الأفقية المحسوبة على وفق مدونة الاحمال والقوى (م.ب.ع.301) قيمة F_p للقواطع الداخلية، فان الأحمال الأفقية لمدونة البناء هي التي تتحكم في التصميم.

2/2-5 الزلازمات الزلزالية النسبية Seismic Relative Displacement

يجب ايجاد الزلازمات الزلزالية النسبية (D_p) على وفق الآتي:

- لنقطتي ربط في المنشأ نفسه (A)، أو المنظومة الانشائية نفسها، واحدى النقطتين على ارتفاع (h_x) والأخرى على ارتفاع (h_y)، يجب ايجاد (D_p) بموجب المعادلات الآتية:

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \dots\dots\dots (4/2-5)$$

ويجب أن لا تؤخذ D_p أكبر من:

$$D_p = (h_x - h_y) \Delta_{aA} / h_{sx} \dots\dots\dots (5/2-5)$$

- ولنقطتي ربط في منشأين منفصلين A و B أو منظومتين انشائيتين منفصلتين احدهما على ارتفاع (h_x) والاخرى على ارتفاع (h_y)، تحسب (D_p) بموجب المعادلات الآتية:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \dots\dots\dots (6/2-5)$$

(D_p) يجب أن لا تؤخذ أكبر من:

$$D_p = h_x \Delta_{aA} / h_{sx} + h_y \Delta_{aB} / h_{sy} \dots\dots (7/2-5)$$

حيث أن:

D_p = الزلازمة الزلزالية النسبية التي يجب أن يصمم المكوّن ليتحملها.

δ_{xA} = الهطول (الانحراف) عند المستوي (x) في المنشأ A ويمكن ايجاده من التحليل المرن.

δ_{yA} = الهطول عند المستوي (y) في المنشأ A ويمكن ايجاده من التحليل المرن.

δ_{yB} = الهطول عند المستوي y في المنشأ B ويمكن ايجاده من التحليل المرن.

h_x = ارتفاع المستوى (x) الذي عنده ترتبط النقطة العليا.

h_y = ارتفاع المستوى (y) الذي عنده ترتبط النقطة السفلى.

Δ_{aA} = انحراف الطابق المسموح به للمنشأ (A).

Δ_{aB} = انحراف الطابق المسموح به للمنشأ (B).

h_{sx} = ارتفاع الطابق المستعمل في تعريف الازاحة المسموح بها (Δ_a)، لاحظ أن (Δ_a / h_{sx}) تساوي مؤشر الازاحة.

إن تأثيرات الازاحات الزلزالية النسبية يجب أن تؤخذ في الحسبان مصاحبة للازاحات الناتجة من الأحمال الأخرى بشكل متلائم.

3-2/5 معامل أهمية المكون Component Importance Factor (I_p)

يجب اختيار معامل أهمية المكون (I_p) كما يأتي:

$I_p = 1.5$ لمكون يراد منه أن يعمل بعد انتهاء الهزة الأرضية (كمنظومة مرشحات الحماية ضد الحريق).

$I_p = 1.5$ للمكون الذي يحتوي على محتوى خطر.

$I_p = 1.5$ لرفوف المخازن في المنشآت المفتوحة العامة (مثال مخازن البيع بالمفرد).

$I_p = 1.0$ لبقية المكونات.

بالإضافة الى ذلك، للمنشآت ذات الاشغال من الصنف IV:

$I_p = 1.5$ لجميع المكونات المطلوب أن يستمر تشغيلها أو عملها أو التي فشلها يمكن أن يعطل تشغيلها المستمر.

3-5 متطلبات تثبيت المكونات غير الانشائية

Anchorage Requirements for Non-Structural Components

1/3-5 تثبيت المكون Component Anchorage

يفترض أن تثبت المكونات اعتمادا على التحديدات الآتية:

1/1/3-5 ينبغي أن يحسب مقدار القوة في الجزء المربوط اعتمادا على القوى المحددة سابقا للمكون المحسوبة في البند (1/2-5).

عندما يكون تثبيت المكون من خلال مثبتات قليلة العمق ذات تمدد قليل (Shallow Expansion Anchors) أو مواد تثبيت كيميائية سطحية (أو تمتد لأعماق قريبة من السطح) أو مثبتات تصب موقعا (ذات تشوه قليل)، يفترض استعمال قيمة R_p تساوي 1.5 في البند (1/2-5) عند ايجاد القوى في الجزء المربوط.

2/1/3-5 المثبتات الممتدة في الخرسانة أو الكتل البنائية يجب أن تصمم لتحتمل ما يأتي:

أ- المقاومة التصميمية للجزء المربوط،

ب- 1.3 مرة بقدر القوة في الجزء المربوط نتيجة القوى المحددة مسبقا، أو

ت- القوة العظمى التي يمكن نقلها الى الجزء المربوط عن طريق المنظومة الانشائية للمكوّن.

3/1/3-5 إن ايجاد القوى في المثبتات يفترض أن يأخذ في الحسبان الظروف المحتملة للتثبيت بضمنها الانحرافات وتأثيرات الخلع.

4/1/3-5 إن ايجاد توزيع القوى لمجموعة مثبتات في موقع واحد يفترض أن يأخذ في الحسبان جساءة المنظومة المربوطة وقابليتها على توزيع الأحمال على المثبتات الأخرى في المجموعة بعد اجهاد الخضوع.

5/1/3-5 يفترض عدم استعمال المثبتات (Fasteners) المصنوعة من المساحيق والمعاجين المدفوعة في مواقع التثبيت التي فيها حمل شد في الأبنية ذات فئة التصميم الزلزالي D ما لم تكن قد خضعت لفحوص الشد وصادق عليها من قبل دوائر السيطرة النوعية لهذا النوع من الأحمال.

6/1/3-5 ينبغي حساب المقاومة التصميمية للمثبتات في الخرسانة بموجب المتطلبات التصميمية.

2/3-5 وثائق الانشاء Construction Documents

ينبغي تهيئة وثائق الانشاء بحيث تتوافق مع المتطلبات المحددة بالجدول (1/4-5).

4-5 تصميم المكونات المعمارية Architectural Component Design

1/4-5 عام General

المنظومات المعمارية والمكونات أو العناصر المدرجة في الجدول (2/4-5) وملحقاتها يفترض أن تحقق متطلبات البنود من (2/4-5 الى 9/4-5).

2/4-5 القوى والازاحات للمكونات المعمارية Architectural Component Forces and Displacements

إن المكونات المعمارية يجب أن تحقق متطلبات القوة في البند (1/2-5) والجدول (2/4-5). إن المكونات المسندة بواسطة سلاسل أو المتدلية من المنظومة الانشائية فوقها بطريقة أخرى لا يشترط فيها أن تحقق متطلبات القوة الزلزالية الجانبية ومتطلبات الازاحة الزلزالية النسبية لهذا الفصل اضافة الى أنها يجب أن لا تتهدم بحيث تصبح خطرة أو لا تسبب ضررا لمكونات أخرى عند تعرضها للحركة الزلزالية ويجب أن تكون لها توصيلات ذات مطيلية (Ductility) بالمنشأ في نقاط الارتباط. إن حمل الجاذبية التصميمي لهذه المكونات يجب أن يكون ثلاثة أمثال حملها التشغيلي.

3/4-5 تشوهات المكونات المعمارية Architectural Component Deformation

يجب أن تصمم المكونات المعمارية التي قد تتسبب في تعريض الحياة للخطر لتحقيق متطلبات الازاحة الزلزالية النسبية للبند (2/2-5). ويجب أن تصمم المكونات المعمارية لتحتمل الهطول الشاقولي الناتج من دوران المفصل في الأعضاء الانشائية الناتئة.

4/4-5 عناصر الجدران الخارجية غير الانشائية ومناطق الربط

Exterior Nonstructural Wall Elements and Connections

1/4/4-5 عام General

ان ألواح الجدران غير الانشائية الخارجية (التغليف) أو العناصر المرتبطة بالمنشأ يجب أن تصمم لمقاومة القوى بموجب المعادلة (1/2-5) أو (2/2-5) وأن تحقق متطلبات الحدود المسموح بها للازاحة النسبية الناتجة من الاستجابة للحركة التصميمية الأرضية (D_p)، أو التغيرات الحرارية. إن هذه العناصر يفترض أن تكون مسندة بطريقة انشائية مباشرة أو روابط ميكانيكية أو روابط تعليق. إن منظومة الاسناد ينبغي أن تصمم بموجب التحديدات الآتية:

- أ- الروابط ومفاصل الألواح ينبغي أن تسمح بانحراف الطابق الناتج من الازاحات الزلزالية النسبية (D_p) المستخرجة في (البند 2/2-5) أو 13 ملم أيهما أكبر.
- ب- ينبغي أن تكون الروابط التي تسمح بالحركة في مستوى اللوح لانحراف الطابق روابط منزلقة باستعمال شقوق صغيرة أو ثقوب ذات أحجام أكبر أو روابط تسمح بالحركة بحني الحديد أو أي روابط أخرى تحقق انزلاقاً مكافئاً أو قابلية مرنة.
- ت- العضو الرابط نفسه يجب أن يمتلك قابلية للسحب وقابلية على الدوران ليحول دون حدوث تفتت في الخرسانة أو فشل قصيف (Brittle) في مناطق اللحام أو بالقرب منها.
- ث- جميع الروابط في منظومة الربط مثل المسامير الملولبة (البراغي) والتداخلات واللحام والأوتاد (Dowels) وكذلك جسم الرابط يفترض أن تصمم لمقاومة القوة (F_p) المحسوبة بالمعادلة (2/2-5) مع قيم (R_p) و (a_p) من الجدول (2/4-5) المسطرة على مركز كتلة اللوح.
- ج- ينفذ التثبيت باستعمال الحزام المنبسط (Flat strap) الممتد في الخرسانة أو الكتل البنائية بربط الحزام أو لفه حول حديد التسليح بحيث ينقل القوة بفعالية الى حديد التسليح ويضمن أن انقلاع وسيلة التثبيت (الحزام) pullout of anchorage لا يكون هو آلية الفشل الأولي فيه.

الجدول 5-1/4: وثائق الانشاء

وصف المكوّن الإنشائي	الفصل والبند المرجعي	فئة التصميم الزلزالي المطلوب
ألواح الجدران الخارجية بضمنها وسائل الربط.	4/4-5	D
منظومة السقوف المعلقة بضمنها وسائل الربط.	4/4-5	D
طوابق الدخول بضمنها وسائل الربط	7/4-5	D
الخزانات الحديدية بضمنها وسائل الربط.	9/4-5	D
الزجاج في الجدران الزجاجية القاطعة، الواجهات الزجاجية والقواطع الداخلية الزجاجية بضمنها وسائل الربط.	10/4-5	D
أعمال مجاري الهواء التي تحتوي على مواد خطرة بضمنها وسائل الربط.	10/5-5	D و C
منظومات الأنابيب والوحدات الميكانيكية التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو ذات سمية عالية.	11/5-5 12/5-5 13/5-5	D و C
تثبيت الأجهزة الكهربائية للطاقة أو منظومات الطاقة البديلة.	14/5-5	D و C
المتطلبات النوعية للمكوّنات الكهربائية والميكانيكية للمشروع ومثبتاتها.	5-5	D و C

الجدول 5-2: المعاملات الزلزالية للمكونات المعمارية

المكوّن أو العنصر المعماري	a_p^1	R_p^2
الجدران الداخلية غير الانشائية والقواطع :	1	1.5
الجدران الطابوقية غير المسلحة	1	2.5
جميع الجدران والقواطع الأخرى		
العناصر النائئة (المدعمة وغير المدعمة لهيكل انشائي تحت مركز ثقلها):	2.5	2.5
المردات والجدران الداخلية غير الانشائية النائئة	2.5	2.5
المدخن عندما تكون مدعمة جانبيا أو مسندة بواسطة الهيكل الانشائي.		
العناصر النائئة (المدعمة بواسطة هيكل انشائي فوق مركز ثقلها):	1.0	2.5
مردات	1.0	2.5
مدخن		
مثبتات منظومة التثبيت	1.25	1.0
التغليف:		
العناصر ذات قابلية التشوه المحدودة وملحقاتها	1.0	2.5
العناصر ذات قابلية التشوه الواطئة وملحقاتها	1.0	2.5
العلية (الببتونة) (ما عدا الحالة التي تكون فيها هيكلية من خلال امتداد هيكل البناية)	2.5	3.5
السقوف	1.0	2.5
الجميع		
الخرانات (الكابينات):	1.0	2.5
دواليب الخزن والاجهزة المختبرية		

تتمة الجدول 2/4-5

R_p^2	a_p^1	المكوّن أو العنصر المعماري
2.5	1.0	طوابق الدخول: طوابق دخول خاصة (مصممة بموجب الفقرة 2/7/4-5).
1.5	1.0	أخرى
2.5	2.5	الملاحق والأجزاء الجمالية
2.5	2.5	العلامات ولوحات الإعلانات
3.5	1.0	المكوّنات الصلدة الأخرى العناصر ذات قابلية التشوه العالية وملحقاتها
2.5	1.0	العناصر ذات قابلية التشوه المحدودة وملحقاتها
1.5	1.0	العناصر ذات قابلية التشوه الواطئة وملحقاتها
3.5	2.5	المكوّنات المرنة الأخرى: العناصر ذات قابلية التشوه العالية وملحقاتها
2.5	2.5	العناصر ذات قابلية التشوه المحدودة وملحقاتها
1.5	2.5	العناصر ذات قابلية التشوه الواطئة وملحقاتها

1 القيمة الدنيا لمعامل التضخيم a_p يوصى بأن لا تستعمل ما لم يتحقق منها من خلال تحليل ديناميكي تفصيلي. إن قيمة a_p يجب أن لا تقل عن (1.0). إن قيمة a_p المساوية إلى 1.0 هي للآلات التي بشكل عام تعد صلدة ومربوطة بشكل صلدة. أما قيمة a_p التي تساوي 2.5 فهي للآلات التي بشكل عام تعد مرنة أو مربوطة بشكل مرنة.

2 عندما تقوم الجدران الحاجزة المرنة بتحقيق إسناد جانبي للجدران والقواطع، يوصى بأن تحسب مقادير القوى التصميمية لمثبتات هذه الجدران الحاجزة بحسب ما مبين في الفصل (3-11).

2/4/4-5 الزجاج Glass

الزجاج في جدران القواطع الزجاجية والواجهات يجب أن يثبت بموجب البند (5-10/4).

5/4-5 الانحناء خارج المستوى Out- of- Plane Bending

ان الانحناء العرضي أو خارج المستوى أو تشوه العنصر أو المنظومة المعرضة لقوى كما في البند (2/4-5) يجب أن لا يتجاوز قابلية الهطول (الانحراف) للعنصر أو المنظومة.

6/4-5 السقوف المعلقة Suspended Ceilings

يجب أن تصمم السقوف المعلقة لكي تحقق متطلبات القوى الزلزالية للفقرة 1/6/4-5. ويجب أن تحقق السقوف المعلقة متطلبات معايير الصناعة الانشائية المشار اليها في الفقرة (2/6/4-5) أو المتطلبات المذكورة في الفقرة (3/6/4-5).

1/6/4-5 القوى الزلزالية Seismic Forces

يجب أن تصمم السقوف المعلقة لتحقيق المتطلبات التصميمية للبند (1/2-5). إن وزن السقف الثانوي، W_p ، يجب أن يتضمن مشبك السقف والألواح وتراكيب الانارة اذا كانت مربوطة أو ملصقة به أو مسندة جانبيًا بمشبك السقف الثانوي والتراكيب الأخرى المسندة جانبيًا بالسقف. إن مقدار وزن السقف الثانوي W_p الداخل في الحسابات يجب أن لا يقل عن 20 نيوتن/م². والقوة الزلزالية، F_p ، يجب أن تتقل خلال ملحقات السقف الثانوي الى العناصر الانشائية للمبنى أو الحدود بين السقف الثانوي والمنشأ.

2/6/4-5 معايير الصناعة الانشائية Construction Industry Standards

إذا كانت السقوف الثانوية غير مصممة بموجب الفقرة (3/6/4-5) فانها يجب أن تصمم وتتشأ بموجب متطلبات هذه الفقرة.

1/2/6/4-5 فئة التصميم الزلزالي Design Category C

السقوف الثانوية في الأبنية ذات فئة التصميم الزلزالي C يجب أن تصمم وتثبت بموجب توصيات CISCA للمناطق الزلزالية (صفر - 2) ماعدا ذلك فان القوى الزلزالية يجب أن تحسب بموجب البند (1/2-5) والفقرة (1/6/4-5) [17].

رؤوس مرشات المياه وغيرها من الملحقات التي تخترق الأبنية ذات فئة التصميم الزلزالي C يجب أن تحتوي على فراغ أو فسحة لا تقل عن 6 ملم من جميع الجوانب.

2/2/6/4-5 فئة التصميم الزلزالي Design Category D

إن السقوف الثانوية في الأبنية ذات فئة التصميم الزلزالي D يجب أن تصمم وتثبت بموجب توصيات CISCA للمناطق الزلزالية 3-4 والمتطلبات الإضافية المبينة في هذه الفقرة [18].
أ- لتعليق السقوف الثانوية يجب أن تستعمل منظومة مشبك من نوع (قضيبي T) ذي مواصفات للإستعمالات الشديدة (Heavy Duty).

ب- إن عرض المحيط الذي يسند نهاية الزاوية يجب أن لا يقل عن 50 ملم. في كل اتجاه أفقي متعامد، يجب أن تربط نهاية واحدة لمشبك السقف الثانوي بنهاية الزاوية. أما النهاية الأخرى في كل اتجاه جانبي فيجب أن تحتوي على فراغ مقداره 20 ملم بينها وبين الجدار ويجب أن تستند على زاوية النهاية وتكون حرة الحركة عليها.

ت- لمساحات السقوف الثانوية التي تتجاوز 100 م²، يجب أن يتحقق تقييد جانبي للسقف الثانوي مع المنظومة الانشائية. إن المساحة الفرعية لهذه التقييدات الجانبية يجب أن تكون متساوية تقريباً.

ث- لمساحات السقوف التي تتجاوز 250 م²، يجب أن يتحقق وجود مفصل زلزالي عازل أو قاطع ذي ارتفاع كامل يقسم السقف الثانوي إلى مساحات لا تتجاوز 250 م² ما لم يتحقق إجراء تحليلات انشائية لمنظومة الدعم للقوى الزلزالية الموصوفة والتي تظهر أن اختراقات منظومة السقف الثانوي وزوايا النهايات تتيسر فيها فراغات إضافية لتتحمل الحركات الإضافية. إن كل مساحة يجب أن تجهز بزوايا نهايات بموجب الفقرة (5-2/2/6/4-5 ج).

ج- ماعدا الحالة التي تستعمل فيها وسائل تدعيم صلدة لتحديد الإزاحات الجانبية، فإن رؤوس مرشات المياه يجب أن تحاط بحلقة ذات قطر 50 ملم أو أنبوب أو إطار خلال بلاطة السقف الثانوي للسماح بحركة حرة بما لا يقل عن 25 ملم في جميع الاتجاهات الجانبية. وكبدل، يمكن السماح بوضع مفصل دوار يمكن أن يتحمل حركة السقف الثانوي بحدود 25 ملم في جميع الاتجاهات الأفقية، ويثبت هذا المفصل في قمة رأس المرشة.

ح- قنوات الأسلاك الكهربائية يجب أن تسند بشكل مستقل عن السقف الثانوي.

5-3/6/4 إنشاء مرشات المياه والسقوف الثانوية المكملة

Integral Ceiling Sprinkler Construction

كبدل عن ترك فراغات كبيرة حول منظومات مرشات المياه خلال أنظمة السقوف الثانوية، يمكن السماح بتصميم منظومات مرشات المياه ومشبكات السقوف الثانوية وربطها معا كوحدة مكملة. هذه الطريقة في التصميم يجب أن تأخذ في الحسبان كتلة ومرونة جميع العناصر التي تحتويها بضمنها منظومة السقف الثانوي ومنظومة مرشات المياه وتراكيب الانارة والامتدادات الميكانيكية الفرعية. ويجب أن يجرى التصميم من قبل مصمم محترف.

5-7/4 أرضيات المداخل Access Floors

5-1/7/4 عام General

يجب أن تصمم أرضيات المداخل لتحقيق متطلبات القوة للبند (5-1/2) ومتطلبات هذه الفقرة. إن وزن طابق المدخل، W_p ، يجب أن يحتوي على وزن منظومة السقف و 100% من وزن المستلزمات المعلقة بالسقف و 25% من وزن جميع العناصر المسندة به وغير المثبتة به. إن القوة الزلزالية (F_p)، يجب أن تتقل من السطح العلوي لطابق المدخل إلى المنشأ الساند، ويجب أخذ تأثيرات الانقلاب للمستلزمات المعلقة بطابق المدخل.

ويجب حساب قابلية الانزلاق على رؤوس قواعد الأعمدة (pedestals) وملاءمتها لنقل تأثيرات الانقلاب للمستلزمات. عند تصميم قواعد الأعمدة بشكل خاص لمقاومة تأثيرات الانقلاب فإن الحمل المحوري المتمركز الأعظم يجب أن لا يتجاوز ذلك الجزء من (W_p) المحدد لقاعدة العمود قيد التصميم.

2/7/4-5 أرضيات المداخل الخاصة Special Access Floors

- إن أرضيات المداخل يجب أن تعد طوابق مدخل خاصة إذا صممت لتراعي الأمور الآتية:
- (1) الروابط التي تنقل الأحمال الزلزالية تتألف من المثبتات الميكانيكية والمثبتات الخرسانية واللحام أو الوسائد. يجب أن تحسب قابليات الأحمال التصميمية بحسب اشتراطات المدونات التصميمية المتبعة و/أو نتائج الفحوص المصدق عليها من قبل الاستشاري المختص.
 - (2) الأحمال الزلزالية تنتج عادة من تأثيرات الجاذبية ولا تنقل بالاحتكاك وكذلك لا تنتقلها المثبتات التي تعمل من مواد الحقن أو اللواصق.
 - (3) التحليل التصميمي لمنظومة التدعيم يحتوي على تأثيرات عدم الاستقرار الناتج من انبعاج (Buckling) الأعضاء في الإنضغاط.
 - (4) إن وسائل التدعيم وقواعد الأعمدة تكون ذات أشكال انشائية أو ميكانيكية متوافقة مع متطلبات مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص و المواد ASTM والتي تبين خصائصها الميكانيكية الدنيا، ولا يجوز مد التوصيلات الكهربائية في انابيب.
 - (5) تستعمل أوتار (Stringers) في أرضيات التي تصمم لحمل الأحمال الزلزالية المحورية وتلك التي ترتبط ميكانيكيا بقواعد الأعمدة الساندة.

8/4-5 القواطع Partitions

1/8/4-5 عام General

إن القواطع التي تربط بالسقف الثانوي وجميع القواطع ذات الارتفاع الذي يزيد على 1.8 متر يجب أن تدعم جانبيا بهيكل البناء. إن هذا التدعيم يجب أن يكون مستقلا عن أي تدعيم مائل للسقف الثانوي. إن التدعيم يجب أن يوضع على مسافات لكي يقلل الإزاحة الجانبية أعلى القاطع بحيث يكون متوافقا مع متطلبات هطول السقف الثانوي كما احتسبت في البند (5-6) للسقوف الثانوية المعلقة والبند (5-2) للأنظمة الأخرى.

2/8/4-5 الزجاج Glass

إن الزجاج في القواطع الزجاجية يجب أن يصمم وينفذ بموجب البند (5-10).

5-9/4 رفوف التخزين الفولاذية Steel Storage Racks

ان رفوف التخزين الفولاذية الكائنة عند مستوي اساس (قاعدة) المنشأ يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة. أما رفوف التخزين الفولاذية الكائنة عند مستويات اعلى فيجب أن تصمم لتحقيق متطلبات الفصلين (5-1) و (5-4).

5-10/4 الزجاج في جدران القواطع الزجاجية والواجهات والقواطع الزجاجية

Glass in Curtain Walls, Storefronts and Partitions

5-1/10/4 عام General

الزجاج في جدران القواطع والواجهات والقواطع الزجاجية يجب أن يحقق متطلبات الازاحة النسبية بموجب المعادلة الآتية:

$$\Delta_{\text{fallout}} \geq 1.25 D_P I \quad \dots\dots\dots (5-1/4)$$

أو (13) ملم أيهما أكبر.

حيث أن:

Δ_{fallout} = الازاحة الزلزالية النسبية (الانحراف) التي تسبب تساقط الزجاج من الجدار الحاجز أو الواجهة الزجاجية أو القاطع (الفقرة 5-2/10).

D_P = الازاحة الزلزالية النسبية التي يجب أن يصمم العنصر المحتوي على الزجاج ليتحملها (المعادلة 5-4/2). يجب أن تطبق D_P على ارتفاع المكون الزجاجي المأخوذ في الحسبان.
 I = معامل أهمية الإشغال (الفصل 2-3).

استثناءات:

1. الزجاج الذي يحتوي على فراغات كافية حول هيكله (D_{clear}) بحيث لا يحدث تماس فيزيائي بين الزجاج والهيكل عند حدوث الانحراف أو الحركة التصميمية (كما مبين في المعادلة 5-2/4) يجب أن لا يخضع الى متطلبات المعادلة (5-1/4):

$$D_{\text{clear}} \geq 1.25 D_P \quad \dots\dots\dots (5-2/4)$$

حيث أن:

$$D_{\text{clear}} = 2 C_1 \left[1 + \frac{h_P \cdot C_2}{b_P \cdot C_1} \right]$$

h_P = ارتفاع الزجاج المستطيل.

b_P = عرض الزجاج المستطيل.

C_1 = الفراغ (الفجوة) بين حافات الزجاج الشاقولية والهيكل.

C_2 = الفراغ (الفجوة) بين حافات الزجاج الأفقية والهيكل.

2. الزجاج المقسى في المبنى الذي فئة إشغاله (I) أو (II) أو (III) الموجود على ارتفاع لا يزيد على (3) أمتار فوق سطح الممشى يجب أن لا يخضع الى تحديدات المعادلة (5-1/4).
3. الزجاج الصفائحي الملمن (المزالة اجهاداته بالحرارة) أو الزجاج المقوى بالحرارة منفرد السمك مع وجود طبقة وسطية لا يقل سمكها عن 0.76 ملم المثبت ميكانيكيا في منظومة الجدار والذي يكون محيطه محميا بالهيكل بواسطة منظومة تثبيت مقبولة يجب أن يستثنى من متطلبات المعادلة (5-1/4).

2/10/4-5 حدود الانحراف الزلزالي للمكونات الزجاجية Seismic Drift Limit for Glass Components

يجب إيجاد، $\Delta_{fallout}$ ، الإزاحة الزلزالية التي تسبب تساقط الزجاج من الجدار القاطع أو الواجهة الزجاجية بموجب المرجع [22] أو بواسطة التحليل الهندسي.

5-5 تصميم المكونات الميكانيكية والكهربائية Design of Mechanical and Electrical Components

1/5-5 عام General

الملحقات ومساند الأجهزة للمنظومات الميكانيكية والكهربائية وأجزائها أو عناصرها (والتي سيشار إليها لاحقا بالمكونات) يجب أن تحقق متطلبات البندين (5-2/5 و 5-16/5).

2/5-5 قوى وإزاحات المكونات الميكانيكية والكهربائية

Mechanical and Electrical Component Forces and Displacements

إن المكونات الميكانيكية والكهربائية يجب أن تحقق متطلبات القوة والإزاحة النسبية للبندين (5-1/2) و (5-2/2) والجدول (5-1/5). المكونات المسندة بالسلاسل أو المعلقة بالهيكل الانشائي فوق المكون لا يشترط فيها أن تحقق متطلبات القوة الزلزالية الجانبية والإزاحة الزلزالية النسبية لهذا البند، بشرط أن تكون قد صممت لمنع حدوث الأضرار لنفسها ولا تسبب الأضرار لأي مكون آخر عند تعرضها للحركة الزلزالية. إن مساند هذه المكونات يجب أن تحتوي على روابط ذات مطيلية (Ductility) أو روابط متمفصلة في نقطة الاستناد. إن حمل الجاذبية التصميمي لهذه المواد يجب أن يساوي ثلاثة أمثال حملها التشغيلي.

3/5-5 فترة المكون الميكانيكي والكهربائي Mechanical and Electrical Component Period

الفترة (Period) الأساسية للمكون الميكانيكي والكهربائي (ووسيلة ربطه بالبنية) (T_p)، يجب إيجادها بالمعادلة التالية، بشرط أن المكون وملحقاته يمكن تمثيلها بشكل معقول تحليليا بواسطة منظومة من نابض بسيط وكتلة، أي منظومة أحادية حرية الحركة:

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p \cdot g}} \quad \dots\dots\dots (1/5-5)$$

حيث أن:

T_p = الفترة الأساسية للمكون.

W_p = الوزن التشغيلي للمكوّن.

g = التعجيل الأرضي.

K_p = جساءة المسند المرن للمكوّن وملحقاته التي تحسب بدلالة الحمل لكل وحدة هطول عند مركز ثقل المكوّن.

ويجب أن تكون الوحدات المستعملة متوافقة وبخلافه يمكن إيجاد الفترة الأساسية للمكوّن (T_p) بالثواني من بيانات الفحوص العملية أو التحليل الموثق من قبل الاستشاري.

4/5-5 ملحقات المكوّنات الميكانيكية والكهربائية Mech. and Elect. Component Attachments

يجب أن تصمم جساءة ملحقات المكوّنات الميكانيكية والكهربائية بحيث أن مسار الحمل للتركيب يحقق الوظيفة المطلوبة.

5/5-5 مساند المكوّنات Components Supports

مساند المكوّنات الميكانيكية والكهربائية والطريقة التي تربط من خلالها بالمنشأ يجب أن تصمم لمقاومة القوى المحددة بالفصل (2-5). هذه المساند تتضمن أعضاءاً إنشائية ودعائم وهياكل وحواشي وسيفانا وأسرجة وأسلاكاً ومساند وأنطقة بالإضافة إلى العناصر المصبوبة كجزء من المكوّن الميكانيكي والكهربائي. إذا استعملت مساند قياسية، فيجب أن تصمم اما عن طريق تخمين الحمل (أي الفحص) أو لمقاومة القوى الزلزالية المحسوبة. بالإضافة الى ذلك، فإن جساءة المسند اذا كانت كافية فهي يجب أن تصمم بحيث أن مسار الحمل الزلزالي للمكوّن يحقق الوظيفة المطلوبة منه.

إن مساند المكوّنات يجب أن تصمم بشكل متوافق مع الازاحات الزلزالية النسبية بين نقاط المسند التي تحسب بموجب البند (2/2-5).

إن الطريقة التي تربط بها المساند بالمكوّن، عدا عندما تكون مجمعة (مصبوبة أو مثبتة)، يجب أن تصمم لتتحمل كلا من القوى والازاحات التي تحسب اعتماداً على البندين (1/2-5) و (2/2-5). إذا كانت قيمة I_p تساوي 1.5 للمكوّن، فإن المنطقة المحيطة بنقطة ارتباط المسند بالمكوّن يجب أن تحقق مقاومة تأثير انتقال الحمل على جدار المكوّن.

6/5-5 شهادة تصديق المكوّن Component Certification

ان المكوّنات المعمارية والميكانيكية والكهربائية يجب أن تراعي متطلبات القوة في الباب 3. أما تلك المكوّنات التي تصمم مع I_p أكبر من 1.0 في الأبنية ذات فئة التصميم الزلزالي C و D فانها يجب أن تحقق المتطلبات الإضافية المذكورة في البند (5/4-5) وبشكل خاص الآلات الميكانيكية والكهربائية والتي يجب أن تبقى مشغلة بعد انتهاء الهزة الأرضية التصميمية، فهذه الآلات يجب أن يتحقق من استمرارية تشغيلها من خلال فحص المنضدة الهززة أو بيانات الخبرة.

5-7/ Utility and Service Line at Structure Interfaces **الواجهات الإنشائية**

في الواجهات المشتركة للمنشآت المجاورة أو المكوّنات في نفس المنشأ والتي يمكن أن تتحرك بشكل مستقل يجب أن تتيسر خطوط خدمة ذات مرونة مناسبة تجعلها تتحمل الحركة التفاضلية بين الأجزاء التي تتحرك بشكل مستقل. إن حسابات الازاحات المتفاوتة يجب أن تجرى بموجب البند (5-2/2).

5-8/ الامور الأساسية للموقع التي يجب مراعاتها **Site Specific Considerations**

إن احتمال إعاقة الخدمة يجب أن يؤخذ في الحسبان في الابنية ذات فئة الاشغال (IV)، وأن يعطى اهتمام خاص لحساسية وحصانة الفعاليات تحت الأرض والسطوح المشتركة بين المنشأ والأرض عندما يكون تعجيل الاستجابة S_{DS} في الفعالية التي تحت الأرض أو عند قاعدة المنشأ مساوياً إلى أو أكبر من (0.33).

الجدول 5-1: المعاملات الزلزالية للمكوّنات الكهربائية والميكانيكية

المكوّن أو العنصر الميكانيكي والكهربائي ²	a_p ¹	R_p
آلات ميكانيكية عامة: مراجل وأفران	1.0	2.5
اسطوانات الضغط على أكداش حرة الحركة	2.5	2.5
المدخن الناتئة	2.5	2.5
أخرى	1.0	2.5
مستلزمات العمليات والتصنيع: عام	1.0	2.5
النواقل (غير الناقلة للأفراد)	2.5	2.5
منظومات الأنابيب: العناصر والملحقات ذات قابلية التشوه العالية	1.0	3.5
العناصر والملحقات ذات قابلية التشوه المحدودة	1.0	2.5
العناصر والملحقات ذات قابلية التشوه الواطئة	1.0	1.5
منظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC): الاهتزاز المعزول	2.5	2.5
الاهتزاز غير المعزول	1.0	2.5
منصوبة في الخط مع أعمال أنابيب	1.0	2.5
أخرى	1.0	2.5

تتمة الجدول 5-1

المكوّن أو العنصر الميكانيكي والكهربائي ²	a_p ¹	R_p
تراكيب المصاعد	1.0	2.5
تراكيب السلم الميكانيكي	1.0	2.5
الأبراج المسنمة (حرة الوقوف أو مثبتة بحبال)	2.5	2.5
كهربائية عامة: منظومات التوزيع (أنابيب ناقلة، قنوات، مسارات أسلاك	2.5	5.0
أجهزة	1.0	2.5
تراكيب الإنارة	1.0	1.5

1 يمكن استعمال أقل قيمة لمعامل التضخيم a_p ولكن يجب أن يبرر استعمالها بعد إجراء تحليلات ديناميكية مفصلة. ومع ذلك فإن أقل قيمة لهذا العامل a_p يجب أن لا تقل عن 1.0. تستعمل قيمة a_p تساوي 1.0 للآلات بشكل عام والتي تعد جاسئة أو مربوطة بشكل جاسئ. وتتخذ قيمة a_p تساوي 2.5 للآلات ذات السلوك المرن أو مربوطة بشكل مرن.

2 المكوّنات المنصوبة على منظومات عزل الاهتزاز يجب أن تمتلك كابحا للحركة في كل اتجاه أفقي. القوة التصميمية يجب أن تؤخذ F_p 2 إذا كان الفراغ الأقصى (الفجوة الهوائية) بين هيكل مسند الآلة والكابح أكبر من (6) ملم. أما إذا كان الفراغ الأقصى موصوفاً في وثائق الانشاء لا يتجاوز (6) ملم فيمكن أن تؤخذ القوة التصميمية F_p .

5-9 الخزانات المنصوبة في المنشآت Storage Tanks

الخزانات مع ملحقاتها ومساندها يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة في الباب 3.

5-10 أعمال أنابيب منظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC Ductwork

ان الملحقات والمساند لأعمال منظومات أنابيب منظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة في البندين (5-1/2 و 5-2/2) والمتطلبات الإضافية في هذه الفقرة. بالإضافة الى ملحقاتها ومساندها، فإن منظومات أعمال الأنابيب التي تمتلك معامل أهمية مكوّن (I_p) يساوي (1.5) يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة في البندين (5-1/2 و 5-2/2) والمتطلبات الإضافية في هذه الفقرة. عندما تعمل أنابيب منظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC بين المنشآت التي يمكن أن

تتأثر نسبياً الواحدة عن الأخرى ولل منشآت المعزولة زلزالياً حيث تعبر أنابيب هذه المنظومات سطح التماس المعزول زلزالياً، فإن أعمال أنابيب هذه المنظومات يجب أن تصمم لتحمل الازاحات الزلزالية النسبية الموصوفة في البند (2/2-5). إن الكوابح الزلزالية غير مطلوبة في أنابيب هذه المنظومات عندما تكون (I_p) تساوي (1.0) إذا تحقق أي من الشرطين التاليين:

أ- إذا كانت أنابيب هذه المنظومات معلقة بواسطة مثبتات طولها (300) ملم أو أقل من أعلى الأنبوب لغاية المنشأ الساند. ويجب أن تبين تفاصيل هذه المثبتات لتجنب حدوث انحناء واضح فيها وفي ملحقاتها.

ب- إذا كانت أنابيب هذه المنظومات ذات مساحة مقطع عرضي أقل من (0.6) م².
إن أجزاء الآلات المنصوبة على خط واحد مع منظومة الأنابيب (مثل مفرغات الهواء والمبادلات الحرارية والمرطبات) والتي تزن أكثر من (350) نيوتن يجب أن تسند وتدعم جانبياً بشكل مستقل عن منظومة الأنابيب ويجب أن تحقق متطلبات القوة للبند (1/2-5).

التفرعات مثل المخمدات وفتحات التهوية والموزعات يجب أن تربط بشكل جيد مع الملحقات الميكانيكية. أما تراكيب الأنابيب غير المدعمة المربوطة مع الآلات المنصوبة على خط واحد فيجب أن تكون وسائل ربطها ذات مرونة كافية لتحمل الإزاحات التفاضلية.

11/5-5 منظومات الأنابيب Piping Systems

إن ملحقات ومساند منظومات الأنابيب يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبندين (1/2-5) و (2/2-5) والمتطلبات الإضافية في هذه الفقرة. بالإضافة إلى ملحقاتها ومساندها، فإن منظومات الأنابيب التي تمتلك معامل أهمية مكوّن (I_p) يساوي (1.5) يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبندين (1/2-5) و (2/2-5) والمتطلبات الإضافية في هذه الفقرة. عندما تكون منظومات الأنابيب مربوطة بمنشآت من الممكن أن تتحرك نسبة إلى منشآت أخرى ولل منشآت المعزولة زلزالياً التي تعبر فيها منظومة الأنابيب المنطقة الفاصلة للعزل الزلزالي يجب أن تصمم منظومة الأنابيب لتحمل الازاحات الزلزالية النسبية المحددة في البند (2/2-5).

يجب أن تؤخذ التأثيرات الزلزالية في الحسبان في تصميم منظومة الأنابيب، وتشمل التأثيرات الديناميكية في منظومة الأنابيب ومحتوياتها ومساندها. التداخل بين منظومة الأنابيب والمنشآت الساندة لها بضمنها الآلات الميكانيكية والكهربائية يجب أن يؤخذ في الحسبان أيضاً.

1/11/5-5 منظومات أنابيب الضغط (Pressure Piping Systems)

إن منظومات أنابيب الضغط المصممة والمصنعة بموجب متطلبات مرجع الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين ASME B31 [6] يجب أن تحقق متطلبات القوة والازاحة والمتطلبات الأخرى في هذه الفقرة. وبدلاً

عن متطلبات القوة والازاحة المحددة في ASME B31 يمكن استعمال متطلبات القوة والازاحة للبندين (5-1/2) و (5-2/2).

5-11/2 منظومات مرشات الوقاية من الحريق (Fire Protection Sprinkler Systems)

منظومات مرشات الوقاية من الحريق المصممة و المصنعة بموجب متطلبات مدونة انظمة اطفاء الحريق (م.ب.ع.4/405)[23] والمرجع NFPA 13 [14] يجب أن تحقق متطلبات القوة والازاحة للبندين (5-1/2) و (5-2/2).

5-11/3 المنظومات الأخرى للأنابيب (Other Piping Systems)

إن الأنابيب المشار إلى أن لها قيمة (Ip) تساوي (1.5) ولكنها غير مصممة أو مشيدة بموجب متطلبات المرجعين ASME B31 [6] أو NFPA 13 [14] يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- المقاومة التصميمية للأحمال الزلزالية عند تجميعها مع الأحمال الخدمية الأخرى والتأثيرات البيئية ذات الصلة يجب أن لا تتجاوز ما يأتي:

(1) 90% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الأنابيب المصنعة من مواد ذات مطيلية (Ductility) (مثل الحديد والألمنيوم والنحاس).

(2) 70% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الأنابيب للروابط المسننة (Threaded) المصنعة من مواد ذات مطيلية.

(3) 10% من القيمة الدنيا لمقاومة الشد الدنيا لمادة الأنابيب المصنعة من مواد ليست ذات مطيلية (مثل البلاستيك وحديد الصب والسيراميك)،.

(4) 20% من القيمة الدنيا لمقاومة الشد الدنيا لمادة الأنابيب للروابط المسننة (Threaded) في الأنابيب المصنعة من مواد ليست ذات مطيلية.

ب- يجب وضع ما يخفف الصدمة الزلزالية لتراكيب الأنابيب المصنعة من مواد غير مطيلية أو في الحالات التي تنخفض فيها مطيلية المواد (مثل المواقع التي تسود فيها درجات الحرارة الواطئة).

ت- يجب أن تدقق الأنابيب لضمان امتلاكها قابلية انتشاء كافية بين نقاط ارتباط المسند بالمنشأ والأرض والآلات الميكانيكية والكهربائية الأخرى أو الأنابيب الأخرى.

ث- يجب أن تدقق الأنابيب لضمان التأكد من أن تأثيرات التداخل بينها وبين الأنابيب الأخرى وطريقة انشائها مقبولة.

5-11/4 المساند والملحقات للأنابيب الأخرى (Supports and Attachments for Other Piping)

الملحقات والمساند للأنابيب غير المصممة أو المصنعة بموجب متطلبات المرجعين ASME B31 أو

NFPA 13 [14] يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- يجب أن تصنع الملحقات والمساند التي تتقل أحمالا زلزالية من مواد تجعلها تناسب الاستعمال، على أن تصمم وتشيّد بموجب مدونة إنشائية معتمدة، فمثلا عندما تصنع من الحديد MSS SP-58 [16] فإنها يجب أن تصمم على وفق مدونة الانشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305).

ب- الملحقات المطمورة في الخرسانة يجب أن تكون قادرة على تحمل الأحمال المتكررة (الدورية).

ت- الحملات القصيية يجب أن لا تستعمل كمساند زلزالية ما لم يكن طول الحمالة من المنشأ الساند 300 ملم أو أقل. وهذه الحملات يجب أن لا تنشأ بطريقة تعرضها الى عزوم انحناء.

ث- المساند الزلزالية تعد غير ضرورية في الحالات الآتية:

(1) الأنابيب ذات المطيلية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D والتي يكون (Ip) لها يساوي (1.5) والقطر الاسمي للأنبوب هو (25) ملم أو أقل عندما تتوافر متطلبات حماية هذه الأنابيب من الصدمات مع تجنب اصطدام الأنابيب الكبيرة أو بقية المكونات الميكانيكية.

(2) الأنابيب ذات المطيلية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي C والتي يكون (Ip) لها يساوي (1.5) والقطر الاسمي للأنبوب هو (50) ملم أو أقل عندما تتوافر متطلبات لحماية الأنابيب من الصدمات مع تجنب اصطدام الأنابيب الكبيرة أو بقية المكونات الميكانيكية.

(3) الأنابيب ذات المطيلية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي D والتي يكون (Ip) لها يساوي (1.0) والقطر الاسمي للأنبوب هو (75) ملم أو أقل.

(4) الأنابيب ذات المطيلية في المنشآت ذات فئة التصميم الزلزالي A و B و C والتي يكون (Ip) لها يساوي (1.0) والقطر الاسمي للأنبوب هو (150) ملم أو أقل.

ج- يجب أن تشيّد المساند الزلزالية بحيث يحافظ على ارتباط المسند.

12/5-5 المراجل وأوعية الضغط Boilers and Pressure Vessels

يجب أن تصمم ملحقات ومساند المراجل وأوعية الضغط لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (5-1/2) و (5-2/2) والمتطلبات الاضافية في هذا البند. بالاضافة الى المساند والملحقات، فان المراجل وأوعية الضغط التي لها قيمة (Ip) تساوي (1.5) يجب أن تصمم هي الأخرى لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (5-1/2) و (5-2/2).

ان التصميم الزلزالي للمرجل ووعاء الضغط يجب أن يتضمن تحليلا لكل من : التأثيرات الديناميكية للمرجل أو اسطوانة الضغط ومحتوياتها ومساندها، وتدفق السائل والأحمال الناتجة من التراكيب المتصلة مثل الأنابيب، والتداخل بين المرجل أو وعاء الضغط ومساندهما.

5-12/5-1 **مراجل وأوعية الضغط المصممة بموجب متطلبات الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين (ASME Boilers and Pressure Vessels)**
إن المراجل وأوعية الضغط المصممة بموجب المرجع ASME [3] يجب أن تحقق متطلبات القوة والازاحة لهذه الفقرة. وكبديل عن متطلبات القوة والازاحة الموصوفة في المرجع ASME، يمكن استعمال متطلبات القوة والازاحة للبندين (5-1/2) و (5-2/2).

5-12/5-2 **المراجل وأوعية الضغط الأخرى Other Boilers and Pressure Vessels**
إن المراجل وأوعية الضغط التي لها المعامل (I_p) يساوي (1.5) ولكنها لم تتشأ بموجب متطلبات المرجع ASME [2] يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:
أ- المقاومة التصميمية للأحمال الزلزالية عند تجميعها مع الأحمال الخدمية الأخرى والتأثيرات البيئية ذات الصلة يجب أن لا تتجاوز التحديدات الآتية:
(1) 90% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة المراجل وأوعية الضغط المصنعة من مواد ذات مطيلية (مثل الحديد والألمنيوم والنحاس).
(2) 70% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الروابط المسننة (Threaded) في المراجل وأوعية الضغط أو مساندها المصنعة من مواد ذات مطيلية.
(3) 25% من مقاومة الشد الدنيا لمادة المراجل وأوعية الضغط المصنعة من مواد غير مطيلية (مثل البلاستيك وحديد الصب والسيراميك).
(4) 20% من مقاومة الشد الدنيا لمادة الروابط المسننة (Threaded) في المراجل وأوعية الضغط أو مساندها المصنعة من مواد غير مطيلية.
ب- يجب وضع ما يخفف الصدمة الزلزالية لتراكيب المراجل وأوعية الضغط المصنعة من مواد غير مطيلية أو في الحالات التي تقل فيها مطيلية المادة (مثل المواقع التي تسود فيها درجات الحرارة الواطئة).
ت- يجب تدقيق المراجل وأوعية الضغط لضمان أن تكون تأثيرات التداخل بينها وبين المنشآت الأخرى مقبولة.

5-12/5-3 **المساند والملحقات للمراجل وأوعية الضغط الأخرى Supports and Attachments for other Boilers and Pressure Vessels**
إن الملحقات والمساند للمراجل وأوعية الضغط يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:
أ- إن الملحقات والمساند التي تنقل الأحمال الزلزالية يجب أن تشيد من مواد ملائمة للاستعمال وتصمم وتصنع بموجب متطلبات مدونة الانشاءات الفولاذية العراقية (م.ب.ع. 305) إضافة الى المواصفات الأمريكية AISC.
ب- المساند الزلزالية يجب أن تشيد بحيث أن ارتباط المسند يكون متحققا.
ت- المساند المطمورة في الخرسانة يجب أن تكون قادرة على تحمل الأحمال المتكررة (الدورية).

5-13/5 الأجهزة الميكانيكية وملحقاتها ومساندها

Mechanical Equipment, Attachments and Supports

الملحقات والمساند للأجهزة الميكانيكية غير المشمولة في البنود (5-8/5 الى 5-12/5 أو 5-16/5) يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبندين (5-1/2 و 5-2/2) والمتطلبات الإضافية لهذا البند. بالإضافة الى ملحقاتها ومساندها، فإن مثل هذه الأجهزة الميكانيكية التي لها قيمة (I_p) تساوي (1.5) هي نفسها يجب أن تحقق متطلبات القوة والازاحة للبندين (5-1/2 و 5-2/2) والمتطلبات الإضافية لهذا البند.

إن التصميم الزلزالي للأجهزة الميكانيكية وملحقاتها ومساندها يجب أن يتضمن تحليلاً للآتي: التأثيرات الديناميكية للأجهزة ومحتوياتها وخصوصاً مساندها. إن التداخل في التأثير والعمل بين هذه الأجهزة والملحقات المرتبطة بها بضمنها الأجهزة الميكانيكية والكهربائية الأخرى يجب أن يؤخذ في الحسبان أيضاً.

5-13/5 الأجهزة الميكانيكية Mechanical Equipment

الأجهزة الميكانيكية التي لها قيمة (I_p) تساوي (1.5) يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- المقاومة التصميمية للأحمال الزلزالية مجتمعة مع الأحمال الخدمية الأخرى والتأثيرات البيئية ذات الصلة يجب أن لا تتجاوز التحديدات الآتية:

(1) 90% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الاجهزة المصنعة من مواد ذات مطيلية (مثل الحديد والألمنيوم والنحاس).

(2) 70% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الروابط المسننة في المكونات المصنعة من مواد ذات مطيلية.

(3) 25% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة للمكونات الميكانيكية المصنعة من مواد ليست ذات مطيلية (مثل البلاستيك وحديد الصب والسيراميك).

(4) 20% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الروابط المسننة (Threaded) في المكونات المصنعة من مواد غير مطيلية.

ب- يجب وضع ما يخفف الصدمة الزلزالية لتراكيب المكونات المصنعة من مواد غير مطيلية أو في الحالات التي تنخفض فيها مطيلية المادة (مثل المواقع التي تسود فيها درجات الحرارة الواطئة).

ت- يجب دراسة وتحديد مقدار الأحمال المحتمل أن تؤثر في الأجهزة الميكانيكية من التراكيب المرتبطة بها أو خطوط الخدمة بسبب الحركة التفاضلية لنقاط المساند من منشآت منفصلة.

5-13/5 2 الملحقات والمساند للأجهزة الميكانيكية

Attachments and Supports for Mechanical Equipment

الملحقات والمساند للأجهزة الميكانيكية يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- الملحقات والمساند التي تتقل الأحمال الزلزالية يجب أن تشيد من مواد ملائمة تجعلها تناسب الغرض الذي تستعمل لأجله على أن تصمم وتشيد اعتماداً على مدونة إنشائية مستعملة ومعروفة فمثلاً عندما تنشأ من الحديد فإنها تصمم على وفق مدونة الإنشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305).

ب- يجب أن لا تستعمل الكلابات التي تعتمد على مبدأ الاحتكاك في عملها للثبيت أو الإسناد.

ت- المثبتات التمددية يجب أن لا تستعمل للمكونات الميكانيكية ذات القدرة التي تفوق 10 قدرة حصانية (7.45 كيلواط).

ث- المثبتات المطمورة بالحفر أو الحقن الموقعي في المواقع التي تستعمل لتحمل أحمال الشد يجب أن يستعمل لها اما سمنت تمديدي أو حقين من الالبيوكسي التمددي.

ج- يجب أن يقدر سلوك المسند إذا كان المسند يعتمد في مقاومة القوة الزلزالية المارة خلاله على حصول انحناء حول محور ضعيف من نوعية واطئة من الحديد.

ح- المكونات المثبتة على منظومات عزل الاهتزاز يجب أن تمتلك كابحا في كل اتجاه افقي جانبي. إن القوة التصميمية يجب أن تؤخذ ($2F_p$). الهدف من ذلك هو منع حدوث حركة اضافية ولمنع حدوث كسر في نوابض المسند وأية تراكيب ليست ذات مطيلية في العازل.

خ- المساند الزلزالية يجب أن تشيد بحيث تحقق ترابط كامل بينها وبين ما تسنده.

5-14 الأجهزة الكهربائية وملحقاتها ومساندها

Electrical Equipment, Attachments and Supports

الملحقات والمساند للأجهزة الكهربائية يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (5-1/2) و (5-2/2) والمتطلبات الاضافية لهذا البند. إضافة الى ملحقاتها ومساندها، فإن الأجهزة الكهربائية التي لها (I_p) يساوي (1.5) هي نفسها يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (5-1/2) و (5-2/2) والمتطلبات الاضافية لهذا البند.

التصميم الزلزالي للأجهزة الكهربائية الأخرى يجب أن يتضمن تحليلاً زلزالياً بموجب هذه المدونة لكل من التأثيرات الديناميكية للأجهزة ومحتوياتها ومساندها إن تطلب الامر ذلك. إن التداخل بين الأجهزة والمنشآت الساندة بضمنها الأجهزة الكهربائية الأخرى يجب أن يؤخذ في الحسبان. عندما تربط أنابيب أو مسارات أسلاك أو أجزاء منظومة توزيع كهربائي ماثلة مع منشآت يمكن أن تحصل فيها حركة نسبية فيما بينها، وكذلك يؤخذ هذا التداخل في الحسبان للمنشآت المعزولة زلزالياً عندما يقطع الانبوب أو مسارات الاسلاك المنطقة الفاصلة للعزل الزلزالي. يجب أن يصمم الانبوب أو مسار السلك ليتحمل متطلبات الإزاحة الزلزالية النسبية المبينة في البند (5-2/2).

5-1/14 الأجهزة الكهربائية Electrical Equipment

الأجهزة الكهربائية التي لها (I_p) يساوي (1.5) يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- المقاومة التصميمية للأحمال الزلزالية مجتمعة مع الاحمال الخدمية الاخرى والتأثيرات البيئية ذات الصلة يجب أن لا تتجاوز ما يأتي:

(1) 90% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الأجهزة الكهربائية المصنعة من مواد ذات مطيلية (مثل الحديد والالمنيوم والنحاس).

(2) 70% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الأجهزة للروابط المسننة المصنعة من مواد ذات مطيلية.

(3) 25% من مقاومة الخضوع الدنيا لمادة الأجهزة الكهربائية المصنعة من مواد غير مطيلية (مثل البلاستيك وحديد الصب والسيراميك).

(4) 20% من مقاومة الشد الدنيا لمادة الأجهزة للروابط المسننة في الأجهزة المصنعة من مواد غير مطيلية.

ب- يجب وضع ما يخفف الصدمة الزلزالية لمكونات الاجهزة المصنعة من مواد غير مطيلية أو في الحالات التي تقل فيها مطيلية المادة (مثل المواقع التي تسود فيها درجات الحرارة الواطئة).

ت- يجب دراسة وتحديد مقدار الأحمال المحتمل أن تؤثر في الأجهزة الكهربائية من المكونات المرتبطة بها أو خطوط الخدمة بسبب الحركة التفاضلية لنقاط المساند من منشآت متصلة بها.

ث- البطاريات المعلقة يجب أن تحتوي على كوابح ملفوفة حول ابدانها لضمان عدم سقوطها من أماكنها. ويجب ترك فواصل (spaces) بين الكوابح والخلايا لمنع الاضرار التي قد تحصل لأبدانها. يجب أن تكون رفوف جلوس البطاريات ذات قابلية تحمل مناسبة للأحمال المؤثرة فيها جانبيا وطوليا.

ج- الملفات الداخلية للمحولات الجافة يجب أن تربط جيدا مع المكونات الداخلية للمحولة ضمن غلاف المحولة.

ح- المكونات القابلة للانزلاق والحركة نحو الخارج في الواح السيطرة الكهربائية يجب أن تحتوي على آلية مسك تحافظ على إبقائها في أماكنها.

خ- تصميم الحجرات الكهربائية (Cabinets) يجب أن يكون بموجب معايير الصناعة المقبولة لدى الجهة المتخصصة. ويجب فحص مفاتيح قطع التيار الكهربائي في اللوح القصي السفلي بشكل خاص إن لم تكن هذه المفاتيح قد فحصت من قبل المصنع.

د- يجب أن يهتم بربط وتثبيت وإسناد ملحقات الأجزاء الإضافية التي تزن أكثر من 450 نيوتن اذا لم توفر من قبل المصنع.

5-2/14/5 الملحقات والمساند للآلات الكهربائية

Attachments and Supports for Electrical Equipment

الملحقات والمساند للأجهزة الكهربائية يجب أن تحقق المتطلبات الآتية:

أ- الملحقات والمساند الناقلة للأحمال الزلزالية يجب أن تصنع من مواد ملائمة للاستعمال بعد أن تصمم بموجب مدونة إنشائية محلية معروفة مثل تصنيعها من الحديد المطابق لمتطلبات مدونة الانشاءات الفولاذية (م.ب.ع.305).

- ب- يجب أن لا تستعمل الكلابات التي تعتمد على مبدأ الاحتكاك في عملها للتثبيت أو الإسناد.
- ت- الحلقات المطاطية (الواشرات) كبيرة الحجم يجب إستعمالها في الروابط التي تستعمل المسامير المطلوبة (البراغي) خلال معدن القاعدة إذا لم تكن القاعدة مسلحة باستعمال وسائل تقوية خاصة (Stiffeners).
- ث- المساند يجب تقويم ودراسة سلوكها بشكل خاص إذا كان الاعتماد على تحمل القوى الزلزالية من قبلها يقوم على أساس حصول انحناء في محور ضعيف لصفحة اسناد حديدية قليلة السمك للمسدد نفسه.
- ج- المساند للأجهزة الكهربائية المنصوبة على خط واحد مثل مسارات الاسلاك والانابيب والانابيب المنزلقة يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (1/2-5) و (2/2-5) فقط إذا تحققت أي من الحالات الآتية:
- أن تكون المساند ناتئة عند أعلى الطابق.
 - أن تكون المساند تحتوي على دعائم لتحديد الهطول (الانحراف).
 - أن تكون المساند مشيدة لتكون هياكل صلدة ملحومة.
 - أن تكون المساند المطمورة في الخرسانة بشكل قطع غير تمديدية أو مسامير مقذوفة بالمسدس (Shot pins) أو امتدادات من حديد الصب.
 - الملحقات المحتوية على لحام نقطي أو سداد أو لحام صغير كما هو موصوف في المدونة الأمريكية AISC.

ح- المكونات المثبتة على منظومات عزل الاهتزاز يجب أن تمتلك كابحا في كل إتجاه افقي ويجب وضع كوابح شاقولية عندما يتطلب الامر لمنع الدوران. كذلك يجب أن لا تشيد حجرات العوازل والكوابح من حديد الصب أو المواد الأخرى ذات المطيلية المحدودة. ويجب إستعمال وسادة لزجة-مرنة لكبح وعزل الاهتزاز الناتج من الأحمال الزلزالية بين الكابح وأجزاء الآلات لتقليل الحمل الصدمي.

5-15 الطرائق البديلة لفحص قابلية التحمل الزلزالية Alternative Seismic Qualification Methods

كبدل عن طرائق التحليل التي تضمنتها أساليب التصميم التي ذكرت سابقا، فإن فحص المكونات والتراكيب يعد طريقة مقبولة لتحديد قابلية التحمل الزلزالية لها. وعليه فإن إعتداد معايير محلية معروفة لتحديد الصلاحية بالاختبار الذي يعد مقبولا للجهة المستفيدة يمكن أن يعد بديلا مقبولا وكذلك إذا كانت قابلية التحمل الزلزالية للمكونات والتراكيب بعد فحصها على وفق هذه المعايير تساوي أو تتجاوز المتطلبات المحددة في البنيين (1/2-5) و (2/2-5).

5-16 متطلبات تصميم المصاعد Elevator Design Requirements

5-16/1 المصاعد والمنظومة الانشائية الرافعة Elevators- Hoist way

المصاعد والمنظومات الإنشائية الرافعة يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (1/2-5) و (2/2-5).

Elevators Machinery and Controller Supports and Attachments

إن آلات المصاعد ومساند السيطرة وملحقاتها يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والازاحة للبنيين (1/2-5) و (2/2-5).

5-3/16/5 مفاتيح السيطرة الزلزالية (Seismic Control Switches)

هناك مفاتيح احتياطية في كل مبنى تسمى المفاتيح الزلزالية والتي يجب نصبها لجميع المصاعد المشمولة بالبند (2/5-5) بضمنها تلك التي تحقق متطلبات الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين (ASME) بشرط أنها تعمل بسرعة مقدارها (46) متر/ دقيقة أو أكثر. المفاتيح الزلزالية يجب أن تعطي إشارة كهربائية إلى أن الحركات الإنشائية الحاصلة بسبب الزلازل ذات مقدار يمكن أن يتلف أو يعيق تشغيل المصاعد. عند تفعيل المفاتيح الزلزالية فإنها يجب أن تخضع عمليات تشغيل المصاعد لتحديدات المرجع [2] ما عدا التي ستذكر لاحقاً. مفتاح الطوارئ أو المفتاح الزلزالي يجب أن يوضع عند أو فوق أعلى طابق تصل إليه المصاعد. يجب أن يحتوي المفتاح الزلزالي محورين أفقيين متعامدين يتحسسان للحركات الزلزالية. إن مستوى حساسية المفتاح الزلزالي يجب أن يضبط عند 30% من التعجيل الأرضي. في المنشآت التي يكون فيها فقدان الاستمرار في استعمال المصاعد مسألة مهمة تؤثر في تأمين حياة الشاغلين، يجوز استعمال المصعد بعد حدوث الزلزال بعد أن يكون مفتاح التحسس الزلزالي قد تحقق تشغيله بشرط أن تتحقق المتطلبات الآتية:

- (1) المصعد يعمل بسرعة لا تزيد على سرعته الخدمية.
- (2) قبل أن يتحقق إشغال المصعد، يجب تشغيله وتنزيله من الأعلى للأسفل وإعادته للأعلى للتحقق من إشغاله.
- (3) يجب على من يتولى اتخاذ القرار بإعادة المصعد إلى الخدمة أن يستعمل المصعد بنفسه من أعلى طابق وينزل به نحو أدنى طابق ويعود ثانية إلى الأعلى ليتأكد من أدائه بشكل مقبول.

مراجع الباب الخامس

[1] Saudi Building Code "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.

[2] American Society of Mechanical Engineers (ASME), ASME A17.1, "Safety Code for Elevators and Escalators", 1996.

[3] American Society of Mechanical Engineers (ASME), "Boiler and Pressure Vessel Code", including addendums through 1997.

- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM), ASTM C635, "*Standard Specification for the Manufacture, Performance, and Testing of Metal Suspension Systems For Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*", 1997.
- [5] American Society for Testing And Materials (ASTM), ASTM C636, "*Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile And Lay-in Panels*", 1996.
- [6] American National Standards Institute/American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.1-98, "*Power Piping*".
- [7] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.3-96, "*Process Piping*".
- [8] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.4-92, "*Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols*".
- [9] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.5-92, "*Refrigeration Piping*".
- [10] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.9-96, "*Building Services Piping*".
- [11] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.11-89 (Reaffirmed 1998), "*Slurry Transportation Piping Systems*".
- [12] American Society of Mechanical Engineers, ASME B31.8-95, "*Gas Transmission and Distribution Piping Systems*".
- [13] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), Standard 344, "*Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations*", 1987.
- [14] National Fire Protection Association (NFPA), NFPA-13, "*Standard for the Installation of Sprinkler Systems*", 1999.
- [15] American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning (ASHRAE), "*Seismic Restraint Design*", 1999.
- [16] Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fitting Industry (MSS). SP-58, "*Pipe-hangers and Supports - Materials, Design, and Manufacture*", 1988.
- [17] Ceilings and Interior Systems Construction Association (CISCA), "*Recommendations for Direct-Hung Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*", Seismic Zones 0-2, 1991.
- [18] Ceilings and Interior Systems Construction Association (CISCA), "*Recommendations for Direct-Hung Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*", Seismic Zones 3-4, 1991.
- [19] Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA), HVAC Duct Construction Standards, "*Metal and Flexible*", 1995.
- [20] Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA), Rectangular Industrial Duct Construction Standards, 1980.

[21] Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA), "*Seismic Restraint Manual Guidelines for Mechanical Systems*", 1991, including Appendix B, 1998.

[22] American Architectural Manufacturers Association (AAMA), "*Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from a Wall System*", Publication No. AAMA 501.6-2001.

[23] "مدونة أنظمة إطفاء الحريق (م.ب.ع.4/405)", وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والأشغال العامة، بغداد، 2017.

الباب السادس

متطلبات التصميم الزلزالي للمنشآت غير المباني

SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR NON BUILDING STRUCTURES

1-6 عام General

1/1-6 المنشآت غير المباني Non Building Structures

تتضمن المنشآت غير المباني كل المنشآت التي تسند نفسها والتي تقوم بحمل أحمال الجاذبية وقد يكون مطلوباً منها أن تقاوم تأثيرات الهزة الأرضية، بإستثناء المنشآت البنائية التي استثيت في الفصل (1-2) والمنشآت غير المباني الأخرى التي ستحدد متطلبات التحمل الزلزالية الخاصة بها في هذا الباب. المنشآت غير المباني المسندة على الأرض أو بمنشآت أخرى ستصمم وتفاصيلها لتقاوم القوى الجانبية الأدنى المحددة في هذا البند، والتصميم سيكون على وفق ما مبين في هذا الباب.

2/1-6 التصميم Design

إن تصميم المنشآت غير المباني يجب أن يجعلها ذات جساءة ومقاومة، ومطيلية كافية تحقق المتطلبات المحددة هنا للأبنية لمقاومة تأثيرات حركات الزلازل الأرضية وكما ممثلة بقوى التصميم الآتية:

أ- المقاومة التي يجب حساب مقدارها ومتطلبات التصميم الأخرى تستحصل من البنود الزلزالية الأخرى لهذه المدونة أو من الوثائق المرجعية الخاصة بها.

ب- عندما تكون المقاومة المطلوبة أو متطلبات التصميم الأخرى غير متضمنة أو مشار إليها بالبنود الزلزالية لهذه المدونة، فإن هذه المتطلبات يمكن الحصول عليها من الوثائق المرجعية. وبما أن الوثائق المرجعية تعرف معايير الاجهادات المسموح بها فيما يقابل معيار المقاومة، فإن قوى التصميم الزلزالية ستحسب في هذا الفصل وستستعمل بالإشتراك مع الأحمال الأخرى المبينة بالفصل (3-4) من هذه المدونة وتستعمل بشكل مباشر بدلالة الإجهادات المسموحة والمحددة في الوثائق المرجعية. وستذكر التفاصيل على وفق الوثائق المرجعية.

3/1-6 إختيار طريقة التحليل الإنشائي Structural Analysis Procedure Selection

إن طرائق التحليل الإنشائي للمنشآت غير المباني والمشابها للأبنية ستختار على وفق الفصل (3-6). المنشآت غير المباني التي لا تشابه الأبنية ستصمم إما بطريقة القوة الجانبية المكافئة طبقاً للفصل (3-9)، أو طريقة تحليل نموذج طيف الاستجابة المبينة في الفصل (3-10) أو بالطريقة المذكورة في الوثائق المرجعية.

2-6 المعايير المرجعية Reference Standards

1/2-6 المعايير المعتمدة Consensus Standards

المراجع المشار إليها [23-3] هي معايير متفق عليها، وتعد جزءاً من المتطلبات الخاصة بالأبواب من (الأول إلى الخامس) وما يشار إليه في الباب السادس.

2/2-6 المعايير المقبولة Accepted Standards

المراجع المشار إليها [31-24] هي معايير طورت في العمل وتمثل طرائق مقبولة للتصميم والإنشاء.

3/2-6 معايير التصميم الصناعي والتوصيات العملية Industry Design Standards

الجدول (1/3-6) يمثل مرجعاً للمعايير المتفق عليها، والمعايير المقبولة عند تصميم المنشآت غير المباني المطابقة.

3-6 المنشآت الشبيهة بالابنية المستندة الى منشآت اخرى

Structures Similar to Buildings Supported by Other Structures

عندما تكون المنشآت غير المباني المعرفة بالجدول (1/5-6) مسندة بمنشآت أخرى، والمنشآت غير المباني ليست جزءاً من نظام مقاومة القوة الزلزالية الرئيس، يستعمل أحد الأساليب الآتية:

1/3-6 حالة الوزن المشترك الأقل من 25% Less than 25% Combined Weight Condition

في حالة كون وزن المنشأ غير المبني أقل من 25% من الوزن المشترك له مع المنشأ الساند، ستحدد القوى الزلزالية التصميمية للمنشأ غير المبني طبقاً للباب الخامس حيث أن قيم (Rp) و (ap) ستحدد على وفق الفصل (5-1). سيصمم المنشأ الساند طبقاً لمتطلبات الباب الثالث أو الفصل (6-5) وبما يلائم وزن المنشأ غير المبني المأخوذ في الحساب عند تحديد الوزن الزلزالي (W).

2/3-6 حالة الوزن المشترك الأكثر أو المساوي لـ 25% 2/3-6

More than or Equal to 25% Combined Weight Condition

في حالة كون وزن المنشأ غير المبني مساوياً أو أكثر من 25% من الوزن المشترك له مع المنشأ الساند، يستعمل تحليل يربط الخصائص الإنشائية لكل من المنشأ غير المبني والمنشأ الساند لتحديد قوى التصميم الزلزالي وكما يأتي:

1- عندما يمتلك المنشأ غير المبني خصائص مركب صلد ديناميكي (وكما معرف في البند 2/4-6)، سيعد المنشأ غير المبني عنصراً صلباً rigid مع توزيع ملائم لوزنه الزلزالي، وسيصمم المنشأ الساند علون فوق متطلبات الباب الثالث أو الفصل (6-5) وكما هو مناسب. إن قيمة (R) للنظام المشترك سيعين مقدارها كقيمة (R) للنظام الإنشائي الساند. المنشأ غير المبني والملحقات ستصمم لتتحمل القوى باستعمال الطرائق المذكورة في الباب الخامس حيث تؤخذ قيمة (Rp) مساوية لقيمة (R) الخاصة بالمنشأ غير المبني كما موضح في الجدول (1/5-6) أما (ap) فستؤخذ مساوية الى (1.0).

2- عندما لا يمتلك المنشأ غير المبنى خصائص الصلادة (المعرفة في البند 6-4/2)، فإن المنشأ غير المبنى والمنشأ الساند سيعاملان سوية كنموذج مشترك ذي جساءة stiffness ووزن زلزالي موزعين بحسب ما يمتلكان من جساءة ووزن. سيصمم المنشأ المشترك على وفق الفصل (6-5) وبقيمة (R) للنظام المشترك مأخوذة بقيمة (R) للمنشأ غير المبنى وبقيمة قصوى مساوية لـ (3.0). سيصمم المنشأ غير المبنى وما يتصل به من عناصر ليتحمل القوى المحددة للمنشأ غير المبنى بالتحليل المشترك.

الجدول 6-3/1: معايير الوثائق المرجعية Standards, Industry Standards and References

التطبيق	الوثيقة المرجعية
رفوف التخزين الفولاذية	RMI [26]
الدعائم والأرصعة	NAVFAC R-939 [28], NAVFAC DM-25.1 [29]
الخزانات الفولاذية الملحومة لخزن المياه	ACI 371R [5], ANSI/AWWA D100 [16], Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/ Air Force AFM 88-3 Chapter 13 [30]
الخزانات الملحومة من الفولاذ والألمنيوم لخزن البترول والبتروكيميائيات	API 620, 9th Edition, Addendum 3 [7], API 650, 10th Edition, Addendum 1 [8], ANSI/API 653, 2nd Edition, Addendum 4 [9], ASME B96.1 [15], Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/ Air Force AFM 88-3 Chapter 13 [30]
الخزانات الفولاذية المقفلة لخزن المياه	ANSI/AWWA D103 [17], Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/ Air Force AFM 88-3 Chapter 13 [30]
الخزانات الفولاذية المقفلة لخزن البترول والبتروكيميائيات	API Specification 12B, 14th Edition [11], Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/ Air Force AFM 88-3 Chapter 13 [30]
الخزانات الخرسانية لخزن المياه	ACI 350.3/350.3R [4], ANSI/AWWA D110 [18], ANSI/AWWA D115 [19], Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/ Air Force AFM 88-3 Chapter 13 [30]
أوعية الضغط	ASME [12]
خزانات السوائل المبردة	
الأوكسجين السائل، النيتروجين، الآركون	ANSI/NFPA 50, GGA [32]
الغاز الطبيعي المسيل LNG	ANSI/NFPA 59A [23], DOT Title 49CFR Part 193 [27]
البروبان، البيوتان، ... الخ	ANSI/API 2510, 7th Edition [10], ANSI/NFPA 30 [20], ANSI/NFPA 58 [21], ANSI/NFPA 59 [22]
الأمونيا	ANSI K61.1 [6]
صوامع الحبوب الخرسانية وأوعية التكديس والخزن	ACI 313 [3]

تتمة الجدول 6-1/3

التطبيق	الوثيقة المرجعية
الخنادق، Impoundment، والجدران	
المواد الخطرة	ANSI K61.1 [6]
المواد القابلة للاشتعال	ANSI/NFPA 30 [20]
الغاز الطبيعي المسيل	ANSI/NFPA 59A [23], DOT Title 49CFR Part 193 [27]
نقل الغاز ونظام أنابيب التوزيع	ASME B31.8 [14]
الخرسانية المصبوبة موقعياً والمداخن Stacks	ACI 307 [2]
المداخن الفولاذية Guyed Steel Stacks	ASME STS-1 [13]
التبطين الطابوقي للمداخن Stacks	ASTM C1298 [25]
منشآت التسلية	ASTM F1159 [24]

6-3 المكونات المعمارية، والكهربائية والميكانيكية

Architectural, Mechanical and Electrical Components

المكونات المعمارية والكهربائية والميكانيكية المسندة بالمنشآت غير المباني تصمم على وفق الباب الخامس من هذه المدونة.

6-4 متطلبات التصميم الإنشائي Structural Design Requirements

6-4/1 أسس التصميم Design Basis

المنشآت غير المباني التي لها معايير تصميم زلزالي معينة ومحددة في الوثائق المرجعية ستصمم بإستعمال المعايير المذكورة هنا. عندما تكون الوثائق المرجعية غير مذكورة هنا، المنشآت غير المباني ستصمم بما يتوافق مع الفصلين (6-5) و (6-6) لمقاومة أقل مقدار من القوى الجانبية الزلزالية والتي لا يجوز أن تكون أقل من متطلبات الفصل (3-9) مع الإضافات والإستثناءات الآتية:

أ- سيختار نظام مقاومة القوة الزلزالية كما يأتي:

(1) للمنشآت غير المباني والمشابهة للأبنية، سيختار النظام من بين الأنواع المحددة بالجدول (3-1/2) أو الجدول (6-1/5) بعد أن تتحقق محددات النظام وحدود الإرتفاع، بالإعتماد على صنف التصميم الزلزالي المؤشر بالجدول. إن القيم الملائمة لـ (R) و (Ω_0) و (C_d) المذكورة في الجدول (6-1/5) تستعمل في حساب القص في القاعدة وقوى تصميم العنصر والانحراف التصميمي للطابق وكما مبين في هذه المدونة.

(2) للمنشآت غير المباني غير المشابهة للأبنية، سيختار النظام من بين الأنواع المؤشرة بالجدول (6-2/5) بعد أن تتحقق محددات النظام وحدود الإرتفاع، بالاعتماد على صنف التصميم الزلزالي. إن القيم

الملائمة لـ (R) و (Ω_0) و (C_d) المذكورة في الجدول (2/5-6) ستستعمل في حساب قص القاعدة وقوى تصميم العنصر وكما مبين بهذه المدونة.

(3) عندما يتعذر استعمال كل من الجدول (1/5-6) والجدول (2/5-6) لعدم توافر مدخلات ملائمة، تستحصل المقاومة والمعايير التصميمية الأخرى من الوثائق المرجعية والتي يمكن تطبيقها لتعيين نوع المنشأ غير المبنى، ومع ذلك فإن متطلبات التصميم والتفصيل يجب أن تتطابق مع الوثيقة المرجعية.

ب- بالنسبة للأنظمة غير المباني التي تكون قيمة R لها مثبتة في الجدول (2/5-6)، فإن معامل الإستجابة الزلزالي (C_s) يجب أن لا يؤخذ أقل من:

$$C_s = 0.03 \quad \dots\dots\dots (1/4-6)$$

وتستثنى من هذا الشرط الخزانات والأوعية التي تصمم بحسب الوثيقة المرجعية (AWWA, D103-97) الملحق E والملحق L وبحسب ما اكتمل تحديثه في هذه المدونة، فهي ستصمم لتحمل القيمة الأكبر من أقل قيم قص في القاعدة معرف في الوثيقة المرجعية والقيمة المحسوبة من المعادلة التالية:

$$C_s = 0.01 \quad \dots\dots\dots (2/4-6)$$

ولا داعٍ لتطبيق تحقق القيمة الأقل من قص القاعدة على مركبة القوة الناتجة من حركة (ترجرج) السائل.

ت- معامل اهمية الاشغال (I) سيكون كما موضح في الفقرة (1/1/4-6) كأعلى قيمة.

ث- التوزيع العمودي لقوى الزلزال الجانبية في المنشآت غير المباني المشمولة بهذا البند سيكون:

(1) بإستعمال متطلبات البند (4/9-3)، أو

(2) بإستعمال طرائق التحليل المذكورة في الفصل (10-3)، أو

(3) بحسب الوثيقة المرجعية التي تطبق للمنشأ غير المبنى المعين.

ج- للأنظمة غير المباني الإنشائية الحاوية على السوائل والغازات والمواد الحبيبية كالحبوب، المستندة في القاعدة وكما معرف بالبند (1/7-6)، يجب أن لا يكون الحد الأدنى للقوة التصميمية الزلزالية أقل مما تتطلبه الوثيقة المرجعية للنظام المعني.

ح- المنشآت غير المنتظمة المعرفة في البند (2/3-3) في المواقع التي يكون فيها التعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية عند الفترات القصيرة (S_{DS}) أكبر من أو مساوياً لـ (0.5) والتي لا يمكن نمذجتها ككتلة أحادية ستعامل بالطريقة المبينة في الفصل (10-3).

خ- عندما توفر الوثيقة المرجعية أساساً لتصميم مقاوم للهزات الأرضية لنوع محدد من منشأ غير مبنى الموضح بالباب السادس، فلن تستعمل مثل هذه المدونة ما لم تحقق المحددات الآتية:

(1) التعجيل الأرضي الزلزالي، والمعاملات الزلزالية، يجب أن تتوافق مع متطلبات الباب الثاني.

(2) قيم القوة الجانبية الكلية وعزم القاعدة الإنقلابي الكلي المستعمل في التصميم يجب أن لا تقل عن (80) بالمائة من قيمة قص القاعدة وعزم الانقلاب، بعد تعديل كل منهما لتأثيرات تداخل التربة والمنشأ والمستحصلة من تحليل حقيقي بإستعمال الوثائق المرجعية.

- د- من الممكن تقليل قص القاعدة (V) طبقاً للفصل (3-14) عند ادخال تأثيرات تداخل التربة-المنشأ. ولكن لا يجوز تقليل قص القاعدة لأقل من (0.7 V) في أي حال من الأحوال.
- ذ- ما لم يذكر ما يخالف الملاحظات في الباب السادس فإن التأثيرات المشتركة على المنشآت غير المباني الناتجة من كل من أحمال الجاذبية والقوى الزلزالية تجمع سوية كما مبين في الباب الثالث.
- ر- عندما يراد معرفة تأثير القوى الزلزالية الخاصة على المنشأ غير المبني فإنها تحسب كما مبين بالبند (3-1/4).

1/1/4-6 معامل الأهمية Importance Factor

- إن معامل الأهمية (I) وفئة الإشغال للمنشآت غير المباني يعتمدان على الخطورة النسبية للمحتويات والوظيفة. قيمة (I) ستكون الأعلى من بين القيم المستحصلة التالية:
- أ- من الوثيقة المرجعية المشار إليها في الفصل (6-2).
- ب- أعلى قيمة تختار من الجدول (2-1/3).
- ت- كما محدد بمواضع أخرى في الباب السادس.

2/4-6 المنشآت غير المباني الصلدة Rigid Non Building Structures

- المنشآت غير المباني التي لها فترة أساسية (T) أقل من (0.06 ثانية) بضمنها مثبتاتها، ستصمم لتحمل القوة الجانبية المستحصلة من المعادلة:

$$V = 0.3 S_{DS} W I \quad (3/4-6)$$

حيث أن:

- V = قوة القص الزلزالية التصميمية الجانبية الكلية في القاعدة المستعملة للمنشآت غير المباني.
- S_{DS} = تعجيل الإستجابة التصميمية للموقع وكما محدد في البند (2-4/2).
- W = الوزن التشغيلي للمنشأ غير المبني.
- I = معامل أهمية الإشغال المحدد طبقاً للفقرة (6-1/1/4).
- ستوزع القوة مع الإرتفاع طبقاً للبند (3-4/9).

3/4-6 الأحمال Loads

- سيتضمن الوزن (W) للمنشآت غير المباني كل الحمل الميت وكما معرف للمنشآت في الفصل (3-7). وعندما يراد حساب القوى التصميمية الزلزالية في المنشآت غير المباني، يجب أن يشمل الوزن (W) أيضاً كل محتويات المنشأ غير المبني الاعتيادية مثل الخزانات والأوعية والصوامع ومحتويات أوعية الخزن.

4/4-6 الفترة الأساسية Fundamental Period

- سيحدد مقدار الفترة الأساسية للمنشآت غير المباني بالاعتماد على خصائصها الإنشائية ومميزات التشوه للعناصر المقاومة بعد اجراء تحليل موثق ملائم وكما مشار إليه في البند (3-3/9). وبعبارة أخرى، يمكن حساب الفترة الأساسية (T) من المعادلة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}} \dots\dots\dots (4/4-6)$$

حيث تمثل قيمة f_i اي قوة جانبية طبقاً لمبادئ الميكانيك الإنشائي. الهطول المرن (δ_i) يُحسب تحت تأثير القوى الجانبية المسلطة (f_i).

المعادلات (3-5/9 و 3-6/9 و 3-7/9 و 3-8/9) لا تستعمل في تحديد الفترة الاساسية للمنشأ غير المبني.

5/4-6 محددات الإزاحة Drift Limitations

لا داعٍ لأن تتحقق حدود الإزاحة المذكورة في الفصل (3-12) على المنشآت غير المباني اذا ما أكد التحليل امكانية تجاوز هذه الحدود بدون تأثير معاكس على استقرارية المنشأ أو على مكوناته المرفقة أو العناصر مثل المماشي والأنايب. ولكن يجب أن تؤخذ تأثيرات الحمل-الإزاحة ($P-\Delta$) عندما يبين التحليل أنها تؤثر على وظيفة أو استقرارية المنشأ.

6/4-6 متطلبات المواد Materials Requirements

تطبق المتطلبات الخاصة بالمواد المذكورة في الباب الرابع ما لم يستثن منها بشكل خاص في الباب السادس.

7/4-6 حدود الانحراف وفصل المبنى عن المباني المجاورة

Deflection Limits and Structure Separation

تحدد قيم حدود الانحراف وفصل المبنى عن المباني المجاورة طبقاً لهذه المدونة ما لم تعدل بشكل خاص في الباب السادس.

5-6 المنشآت غير المباني المشابهة للأبنية Non Building Structures Similar to Buildings

1/5-6 عام General

المنشآت غير المباني المشابهة للأبنية المعرفة في الفصل (1-2) ستصمم طبقاً لهذه المدونة وكما مبين في هذا الفصل والوثائق المرجعية المعينة.

هذه الفئة العامة من المنشآت غير المباني ستصمم طبقاً للمحددات الزلزالية لهذه المدونة والفصل (4-6).

تحسب تجميعات الاحمال (E) على وفق ما مذكور في الفصل (3-4).

2/5-6 رفوف الأنابيب Pipe Racks

1/2/5-6 أساسيات التصميم Pipe Racks Design Basis

بالإضافة إلى المحددات في البند (6-1/5)، رفوف الأنابيب المسندة في قاعدة المنشأ ستصمم لتفي متطلبات القوة في الفصل (3-9) أو (3-10). إن إزاحات رفوف الأنابيب والتأثيرات المحتملة للتداخل

(وتسببه في انسحاق نظام الأنابيب) يجب تكبيرها باستعمال معامل تضخيم الهطول ليصبح الهطول التصميمي تحت تأثير القوى الزلزالية كما في المعادلة الآتية:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \dots\dots\dots (1/5-6)$$

حيث أن:

C_d = معامل تضخيم الازاحة (الهطول) في الجدول (1/5-6).

δ_{xe} = الهطول الحاصل تحت تأثير قوى التصميم الزلزالي الموصى بها في هذه المدونة.

I = معامل الأهمية المحدد طبقاً للفقرة (1/1/4-6).

إنظر إلى الفصل (3-5) لتصميم نظام الأنابيب ومرفقاتها. إن الإحتكاك الناتج من أحمال الجاذبية لن يؤخذ في الحسبان لمقاومة القوى الزلزالية.

3/5-6 رفوف التخزين الفولاذية Steel Storage Racks

بالإضافة الى المحددات في البند (1/5-6)، تصمم رفوف التخزين الفولاذية طبقاً لمحددات الفقرات (1/3/5-6 إلى 4/3/5-6). وكطريقة بديلة للتصميم، يجوز تصميم رفوف التخزين الفولاذية لتتحمل القوى المعرفة في الفصل (2-2) "قوى الهزة الأرضية" حيث يجب أن تكون التغيرات الآتية متضمنة:

1- تستعمل القيم ($C_a=0.4S_{Ds}$) و ($C_v=S_{D1}$)، حيث أن S_{Ds} و S_{D1} ، تحددان طبقاً للبند (4/2-2) من هذه المدونة.

2- معامل الأهمية لرفوف التخزين في المنشآت المفتوحة لحركة الجمهور، مثل مستودعات مخازن التجزئة، تؤخذ قيمته مساوية لـ (1.5).

3- لرفوف التخزين الواقعة على أو تحت التربة، قيمة (C_s) المستعملة لن تكون أقل من ($0.14 S_{Ds}$). أما لرفوف التخزين الواقعة فوق التربة، فإن قيمة (C_s) المستعملة لن تكون أقل من قيمة (F_p) المحددة طبقاً للبند (1/2-5) من هذه المدونة حيث يؤخذ (R_p) مساوياً لـ (R) و (a_p) مساوياً لـ (2.5).

1/3/5-6 متطلبات عامة General Requirements

يجب أن تحقق رفوف التخزين الفولاذية متطلبات القوة لهذا الباب.

إستثناء: يجوز تصميم رفوف التخزين الفولاذية المسندة على القاعدة كمنشآت بقيمة (R) مساوية لـ (4) على أن تلبي المتطلبات الزلزالية لهذه المدونة. يمكن إستعمال قيم (R) أعلى عندما تتحقق متطلبات التفصيل في الوثائق المرجعية المستعرضة في الفصل (1-4). إن قيمة معامل الأهمية لرفوف التخزين للمنشآت المفتوحة لحركة الجمهور مثل المستودعات (Warehouse retail stores)، ستؤخذ مساوية لـ (1.5).

2/3/5-6 الوزن التشغيلي Operation Weight

تصمم رفوف التخزين الفولاذية لكل من الحالتين التاليتين لتتحمل الوزن التشغيلي (W) أو (W_p).

أ- وزن الرف مضافاً إليه كل مستوى تخزين محمل حتى (67) بالمئة من قابلية تحملها.

ب- وزن الرف مضافاً إليه فقط حمل أعلى رف محملاً حتى (100) بالمئة من قابلية تحمله القصوى. عند التصميم يؤخذ الإرتفاع الفعلي لمركز كتلة كل حمل خزن (Center of Gravity).

3/3/5-6 التوزيع العمودي للقوى الزلزالية Vertical Distribution of Seismic Forces

لكل رفوف التخزين الفولاذية، سيكون التوزيع العمودي للقوى الزلزالية كما محدد في البند (3-4/9) وطبقاً للآتي:

أ- قص القاعدة، V ، للمنشأ المثالي سيكون هو قص القاعدة لرف التخزين الفولاذي عندما يكون محملاً على وفق الفقرة (2/3/5-6).

ب- قاعدة المنشأ ستكون الأرضية الساندة لرف التخزين الفولاذي. وسيكون التعامل مع كل مستوى تخزين فولاذي للرف كمستوى للمنشأ بارتفاعي (h_i) و (h_x) مقاسين من قاعدة المنشأ.

ت- يمكن أخذ العامل (k) مساوياً لـ (1.0).

4/3/5-6 الإزاحات الزلزالية Seismic Displacements

يجب أن ينصب رف التخزين الفولاذي ليكون قادراً على استيعاب (accomodate) الإزاحة الزلزالية لرفوف التخزين ومحتوياتها نسبة إلى كل المكونات القريبة أو المتصلة بها والعناصر. ويجب أن لاتؤخذ قيمة الإزاحة النسبية الكلية المفروضة لرفوف التخزين أقل من (5) بالمئة من الإرتفاع فوق القاعدة.

الجدول 1/5-6: المعاملات الزلزالية للمنشآت غير المباني المشابهة للأبنية

النظام الإنشائي وحدود الارتفاع ^a (m)			C_d	Ω_0	R	نوع المنشأ غير المبنى
A&B	C	D				
NL	NL	50	5	2	5	نظام بناء هيكلي: هياكل فولاذية خاصة مدعمة مركزياً هياكل فولاذية إعتيادية مدعمة مركزياً
NL	NL	11	4.5	2	4	
NL	NL	NL	5.5	3	6	نظام هيكلي مقاوم للعزوم: هياكل مقاومة للعزوم فولاذية خاصة هياكل مقاومة للعزوم خرسانية مسلحة خاصة هياكل مقاومة للعزوم فولاذية متوسطة هياكل مقاومة للعزوم خرسانية مسلحة متوسطة
NL	NL	NL	5.5	3	6	
NL	NL	11	4	3	3	
NL	NL	NP	4.5	3	3	
NL	NL	NP ^{c,d}	3	3	2.5	هياكل مقاومة للعزوم إعتيادية من الفولاذ هياكل مقاومة للعزوم إعتيادية من الخرسانة المسلحة
NL	NP	NP	2.5	3	2	

ملاحظات:

a: NL = الارتفاع غير محدد، NP = نظام مقاومة القوى الزلزالية لا يتوافق مع فئة التصميم الزلزالي للمنشأ ولا يجوز استعماله فيه. الإرتفاع يجب أن يحسب من القاعدة.

c: هياكل مقاومة للعزوم فولاذية إعتيادية وهياكل عزم متوسطة مسموحة في رفوف الأنابيب إلى حد 20م حيث أن مفاصل العزم للوصلات قد أنشئت من صفائح مثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) (Bolted end plates).

d: هياكل مقاومة للعزوم فولاذية إعتيادية وهياكل مقاومة للعزوم متوسطة مسموحة في رفوف الأنابيب إلى حد إرتفاع 11م.

الجدول 6-2/5: المعاملات الزلزالية للمنشآت غير المباني غير المشابهة للأبنية

النظام الإنشائي وحدود الارتفاع ^a (m)			C _d	Ω _o	R	نوع المنشأ غير المبني
A&B	C	D				
NL	NL	NL	3.5	2	3	رفوف التخزين الفولاذية
NL	NL	50	2.5	2 ^b	2	الخزانات الأرضية، الأوعية، الصوامع (السائلوات)، أو الأقماع : hoppers
NL	NL	30	2.5	2 ^b	1.5	على أرجل مسندة بشكل متناظر
NL	NL	NL	2	2 ^b	1.5	على أرجل غير مسندة أو أرجل مسندة بشكل غير متناظر
NL	NL	NL	2	2 ^b	1.5	قاعدة أساس احادية أو إسناد من الحاشية أو الحافة
NL	NL	NL	2	2 ^b	1.5	- اللحام الفولاذي
NL	NL	NL	2	2 ^b	1.5	- خرسانة مسلحة أو مسبقة الإجهاد
NL	NL	NL	2.5	2 ^b	2	الأوعية الفولاذية الملحومة ذات الاسناد السرجي الافقي (Saddle support)
تستعمل القيم لنوع المنشأ الملائم في الفئات لأنظمة الأبنية الهيكلية وأنظمة الهياكل المقاومة للعزوم المذكورة في هذا الجدول						الخزانات أو الأوعية المسندة إلى الأبراج الإنشائية المشابهة للأبنية

تتمة الجدول 6-2/5

النظام الإنشائي وحدود الارتفاع ^a (m)			C _d	Ω ₀	R	نوع المنشأ غير المبنى
A&B	C	D				
NL	NL	NL	2.5	2 ^b	2	الخزانات المستندة الى الارض ذات القاعدة المسطحة: للدائن المسلحة بالفولاذ أو ذات الياف التسليح الفولاذية: المثبتة ميكانيكياً (Mechanically anchored)
NL	NL	NL	2	2 ^b	2	المثبتة ذاتياً Self-anchored
NL	NL	NL	2	2 ^b	1.5	الخرسانة المسلحة أو المسبقة الجهد قاعدة مسلحة غير قابلة للانزلاق
NL	NL	NL	2	2 ^b	2.5	قاعدة مثبتة مرنة (Anchored flexible base)
NL	NL	NL	1.5	1.5 ^b	1	قاعدة مرنة غير مثبتة وغير مقيدة
NL	NL	NL	1.5	1.5 ^b	1	Unanchored and unconstrained flexible base خزانات أخرى
NL	NL	NL	3	1.75	2	خزانات، وسابيلوات، ومداخن خرسانية مصبوبة موقعياً والتي لها جدران مستمرة إلى الأساس
NL	NL	NL	2.5	2	1.5	المنشآت الأخرى من الكتل البنائية المسلحة وغير المشابهة للأبنية
NL	NL	15	1.5	2	0.8	المنشآت الأخرى من الكتل البنائية غير المسلحة وغير المشابهة للأبنية
NL	NL	NL	2.5	2	2	المنشآت الأخرى الفولاذية والخرسانية المسلحة ذات الكتل النائمة (Cantilever) وغير المذكورة هنا والتي تشمل المستودعات والمداخن والسابيلوات والاعوية العمودية المستندة عند الحافات والتي لا تشبه المباني
NL	NL	NL	2.5	2	2	أبراج بهيئة مسنم (جملون) truss (حر أو مكتف)، مستودعات مربوطة ومداخن

تتمة الجدول 2/5-6

النظام الإنشائي وحدود الارتفاع ^a (m)			C _d	Ω ₀	R	نوع المنشأ غير المبنى
A&B	C	D				
NL	NL	NL	3	1.75	2.5	أبراج التبريد خرسانة أو حديد
NL	NL	NL	3	1.5	2	أبراج اتصالات مسمن (جملون) فولاذ
NL	NL	NL	1.5	1.5	1	سارية فولاذ
NL	NL	NL	1.5	1.5	1	سارية خرسانة
NL	NL	NL	1.5	1.5	2	هيكل فولاذ
NL	NL	NL	1.5	1.5	1.5	هيكل خرسانة
NL	NL	NL	2	2	1.5	منشآت تسليية ونصب تذكارية
NL	NL	NL	2	2	1.5	المنشآت البندولية المقلوقة (ماعد الخزانة العالية، الحاويات وصوامع القمح)
NL	NL	NL	3	1.75	2.5	العلامات والدلالات
NL	NL	15	2.5	2	1	كل المنشآت ذاتية الاسناد الاخرى، والخزانات والحاويات التي لم تذكر في الجدول أو لم تشر اليها الوثائق المرجعية المشابهة للأبنية
ملاحظات:						
a: NL = الارتفاع غير محدد، NP = غير مسموح. الإرتفاع يجب أن يحسب من القاعدة.						
b انظر الفقرة 3/7-6 (أ) لأغراض تطبيق معامل تضخيم المقاومة Ω ₀ للخزانات والاعوية.						

4/5-6 وسائل توليد الطاقة الكهربائية Electrical Power Generating Facilities

1/4/5-6 عام General

إن وسائل توليد الطاقة الكهربائية هي محطات طاقة تعمل على توليد الكهرباء بواسطة توربينات البخار، أو توربينات الاحتراق، أو مولدات الديزل، أو ما يشابهها من الآلات التوربينية.

2/4/5-6 اسس التصميم Design Basis

بالإضافة إلى اشتراطات البند (1/5-6)، فإن وسائل توليد الطاقة الكهربائية تصمم على وفق هذه المدونة والمعاملات الملائمة الموجودة في الفصل (4-6).

5/5-6 الأبراج الإنشائية للخرانات والأوعية Structural Towers for Tanks and Vessels

1/5/5-6 عام General

بالإضافة إلى اشتراطات البند (1/5-6)، الأبراج الإنشائية الساندة للخرانات والأوعية ستصمم لتفي بمتطلبات الفصل (3-6). بالإضافة إلى أخذ الأمور الآتية في الحسبان:

أ- توزيع قص القاعدة الجانبي من الخزان أو الوعاء على المنشأ الساند يجب أن يأخذ في الحسبان الجساء النسبية للخزان والعناصر الإنشائية المقاومة.

ب- توزيع ردود الأفعال العمودية من الخزان أو الوعاء على المنشأ الساند يجب أن يأخذ في الحسبان الجساء النسبية للخزان والعناصر الإنشائية المقاومة. عندما يكون الخزان أو الوعاء مستنداً الى شبكة من الاعتاب (beams) يزداد مقدار رد الفعل العمودي المحسوب والناتج من الوزن والإنقلاب بنسبة لا تقل عن (20) بالمئة ليؤخذ في الحسبان عدم إنتظام المسند. يجب أن تصمم العناصر المتصلة بشبكة الاعتاب والأوعية لتتحمل الزيادة في القيمة التصميمية.

ت- الإزاحات الزلزالية للخزان أو الوعاء يجب أن تأخذ في الحسبان تشوه المنشأ الساند عند حساب تأثيرات الحمل-الازاحة (P-Δ) أو p-delta عند تقدير مسافات السماح الصافية (Clearance) المطلوبة لمنع انسحاق (Pounding) الخزان على المنشأ الساند.

6/5-6 الدعائم والأرصفة Piers and Wharves

1/6/5-6 عام General

الدعائم والأرصفة هي منشآت تقع في المساحات المواجهة للمياه التي تكون موازية لخط الساحل أو في الماء.

2/6/5-6 أسس التصميم Design Basics

بالإضافة إلى اشتراطات البند (1/5-6)، فإن الأرصفة والدعائم المفتوحة لحركة الجمهور، مثل مرافئ السفن البحرية والدعائم الحاوية على المكاتب التجارية أو المطاعم، ستصمم لتتوافق مع هذه المدونة. يجب أن يعمل التصميم على حساب تأثيرات السيولة وميكانيكية إنهيار وفشل التربة، بالإضافة إلى أن أخذه في الحسبان تجميعات الأحمال البحرية، مثل الامواج على الدعائم والأرصفة (mooring, berthing). ويجب أن يأخذ التفصيل الإنشائي في الحسبان تأثيرات البيئة البحرية.

6-6 المتطلبات العامة للمنشآت غير المباني وغير المشابهة للأبنية

General Requirements for Non Building Structures Not Similar to Buildings

المنشآت غير المباني وغير المشابهة للأبنية التي ليس لها أنظمة مقاومة للقوى الزلزالية العمودية والافقية ستصمم كما هو موضح في هذا الفصل والوثائق المرجعية المعنية. مقادير الاحمال وتوزيعها يجب أن لا تكون اقل مما هو محدد في هذه المدونة. أما تجميعات الحمل (E) فانها تحدد طبقاً للفصل (3-4). إستثناء: معامل الموثوقية (Redundancy)، (ρ) للبند (3/3-3) سيؤخذ بقيمة (1).

6-1/6 المنشآت الساندة للتربة Earth Retaining Structures

ينطبق هذا البند على كل الجدران الساندة للتربة. ويجب أن تحسب القوى الزلزالية المسلطة طبقاً للفقرة (3-1/5/13) بوجود تحليل جيوتكنيكي معد من قبل مصمم محترف تصميمي مسجل. ستحدد فئة الإشغال بمقدار قرب الجدار الساند من الأبنية والمنشآت الأخرى. فإذا كان انهيار الجدار الساند سيؤثر في المنشأ المجاور، عندها لن تقل فئة الإشغال للجدار الساند عن تلك الخاصة بالمنشأ المجاور وكما مذكور في الجدول بالملحق (أ). يمكن تصميم الجدران الساندة للتربة بالنسبة للأحمال الزلزالية كجدران تصل فيها الاجهادات الى حد الخضوع (yielding) أو لا تصل فيها الاجهادات الى حد الخضوع. أما الجدران الساندة الناتئة الخرسانية المسلحة (Cantilever R/C Retaining Wall) فانها تصمم بفرضها جدران تصل فيها الاجهادات الى حد الخضوع، وتصمم كعناصر جدار إنشائي بسيط.

6-2/6 المداخل وأبراج المواسير Stacks and Chimneys

قد تكون المداخل وأبراج المواسير اما مبطنة أو غير مبطنة، وتنشأ من الخرسانة، أو الكتل البنائية أو الفولاذ. ستصمم أبراج المواسير الفولاذية، وأبراج المواسير الخرسانية، والمداخل الفولاذية، والمداخل الخرسانية، والتبطين لمقاومة القوى الزلزالية الجانبية المحسوبة من تحليل انشائي باستعمال الوثائق المرجعية. يجب أن يأخذ التصميم في الحسبان حصول تداخل بين المدخنة أو برج الماسورة مع البطانة. يجب ترك مسافة فاصلة دنيا بين مادة التبطين والمدخنة تساوي C_d مضروباً في الازاحة الجانبية المتفاوتة المحسوبة (Differential Lateral Drift).

6-3/6 المنشآت الترفيهية Amusement Structures

المنشآت الترفيهية هي منشآت ثابتة تنشأ أساساً لتسلية الناس. تصمم هذه المنشآت لتقاوم القوى الزلزالية الجانبية المحسوبة بعد اجراء تحليل انشائي باستعمال الوثائق المرجعية.

6-4/6 المنشآت الهيدروليكية الخاصة Special Hydraulic Structures

المنشآت الهيدروليكية الخاصة هي المنشآت المحتواة بداخل المنشآت الحاوية على السوائل. تكون هذه المنشآت متعرضة للسوائل على سطحي الجدار، عند نفس المستوى الرأسي تحت ظروف التشغيل الطبيعية. تتعرض المنشآت الهيدروليكية الخاصة إلى قوى خارج المستوي فقط في أثناء الهزة الأرضية عندما يكون المنشأ متعرضاً إلى قوى موانع هيدروليكية متفاوتة. من أمثلة المنشآت الهيدروليكية الخاصة، الجدران الفاصلة، وجدران الصد، والأسيجة، وأي منشآت أخرى مشابهة.

6-1/4/6 أسس التصميم Design Basis

تصمم المنشآت الهيدروليكية الخاصة لحركة المائع خارج الطور. إن القوى غير المتزنة الناتجة من حركة السائل يجب أن تطبق مؤثرة بشكل متزامن عند "مقدمة" و "مؤخرة" هذه العناصر. المنشآت المتعرضة للضغوط الهيدروديناميكية التي تسببها الهزات الأرضية يجب أن تصمم لتتحمل كل من: القوى المؤثرة عليها لكونها اجساماً صلبة rigid والقوى الناشئة بسبب ترجرج السائل وقوى القصور

الذاتي الخاصة بها. يحدد إرتفاع ترجرج السائل ويقارن مع الارتفاع الظاهر freeboard للمنشأ. العناصر الداخلية، مثل المصدات ومساند السطوح، تصمم لتتحمل تأثيرات القوى غير المتوازنة والقوى الناشئة بسبب ترجرج السائل.

5/6-6 أنظمة الإحتواء الثانوية Secondary Containment Systems

أنظمة الإحتواء الثانوية مثل السدود الحاجزة والجدران يجب أن تحقق المتطلبات الخاصة بالموصفات القياسية للخرانات والأوعية والأبنية، وتصمم أنظمة الإحتواء الثانوية لتقاوم تأثيرات أعظم حركة هزة أرضية تؤخذ في الحسبان عند كونها فارغة ولثلاثي أعظم حركة للهزة الأرضية التي تؤخذ في الحسبان عند كونها ممتلئة، ويشمل التصميم تحملها القوى الهيدروديناميكية وكما ذكر في الفصل (3-4). وعندما يتبين باستعمال تخمين الخطورة المطلوب لتحمل الاضرار أو لدى السلطة التي تمتلك حق التشريع وجود احتمالية تعرض الموقع إلى توابع زلزالية مرتدة وبالمقدار نفسه لأعظم حركة تؤخذ في الحسبان، عندئذ يجب أن تصمم أنظمة الإحتواء الثانوية لتقاوم تأثيرات أعظم حركة أرضية للهزة الأرضية مأخوذة في الحسبان عندما تكون ممتلئة، مع شمول كل القوى الهيدروديناميكية المحددة طبقاً لطريقة العمل في الفصل (2-2).

1/5/6-6 الارتفاع الظاهر للخران فوق سطح السائل Freeboard

ان حصول حركة للسائل الموجود ضمن حيز الإحتواء الثانوي يجب أخذه في الحسبان عند تحديد إرتفاع حجز الماء. وعندما لا يكون الخزان الأساسي قد صمم بتقليل فئة المنشأ (بمعنى، بدون تقليل في معامل أهمية الاشغال (I)) وكما مبين بالفصل (2-5) عندها ليست هناك حاجة لترك مسافة ارتفاع ظاهر (Freeboard provisions). أما عندما يكون الإحتواء الأساسي قد صمم بتقليل فئة المنشأ (بمعنى، تقليل معامل أهمية الاشغال (I)) وكما مبين بالفصل (2-5) عندئذ لابد من توفير أقل مسافة ارتفاع ظاهر δ_s freeboard وكما يلي:

$$\delta_s = 0.5 DS_{ac} \dots\dots\dots (1/6-6)$$

ان S_{ac} هي التعجيل الطيفي للمكون الانشائي الذي يحسب بالطريقة المبينة في الفصل (2-2) بفرض تخميد مقداره (0.5) بالمئة. إن قيمة (D) للسدود الحاجزة الدائرية هي قطر الحاجز الدائري. أما للسدود الحاجزة المستطيلة ستؤخذ قيمة (D) مساوية الى طول الحاجز المستطيل.

6/6-6 أبراج الإتصالات Telecommunication Towers

أبراج الإتصالات المسندة ذاتياً والمدعمة بالاسلاك (Guyed) يجب أن تصمم لتتحمل القوى الزلزالية الجانبية المحددة من تحليل انشائي باستعمال الوثائق المرجعية.

7-6 الخزانات والأوعية Tanks and Vessels

1/7-6 عام General

ينطبق هذا الفصل على كل الخزانات والأوعية والأحواض والصوامع والحاويات المشابهة الخازنة للسوائل والغازات والحببيبات الصلبة المسندة عند قاعدتها (سيشار إليها لاحقاً بشكل عام كخزانات وأوعية). تتضمن الخزانات والأوعية المشمولة هنا مواد من الخرسانة المسلحة، أو الخرسانة مسبقة الجهد، أو الفولاذ، أو الألمنيوم، أو اللدائن المسلحة بألياف. وستصمم الخزانات المسندة على مستويات مرتفعة في البنايات بحسب ما موضح في الفصل (6-3).

2/7-6 أسس التصميم Design Basis

تصمم الخزانات والأوعية الخازنة للسوائل والغازات والحببيبات الصلبة طبقاً لهذه المدونة ولتفي بالمتطلبات الخاصة بالوثائق المرجعية المتبعة والمبينة في الجدول (6-1/3). تحسب مقاومة القوى الزلزالية من تحليل انشائي يعتمد على الوثائق المرجعية المطبقة والمبينة في الجدول (6-1/3). أ- يؤخذ التخميد لمركبة قوة حركة السائل (sloshing) مساوياً لـ (0.5) بالمائة. ب- مركبات القوى الناشئة بسبب الاحمال النبضية وأحمال السوائل المترججة بهذه الخزانات impulsive and convective ستمجم بطريقة الجمع المباشر أو بطريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات SRSS (Square root of the sum of squares) عند كون فترات النموذج متباعدة. عند حدوث إزدواجية نموذج فعلية، تستعمل طريقة التجميع الرباعي الكلي (CQC) Complete Quadratic Combination المذكور في المرجع [4] من الباب الثالث.

ت- إن القوى العمودية للهزة الأرضية ستعامل بحسب ما تنص عليه الوثائق المرجعية المعتمدة. فإذا كانت الوثيقة المرجعية تجيز للمصمم ادخال أو عدم ادخال القوة العمودية للهزة الأرضية فلاجل أن يتوافق التصميم مع هذه المدونة يجب أن تؤخذ هذه القوة العمودية في الحسبان. بالنسبة للخزانات والأوعية التي لم يشر إليها في أي وثيقة مرجعية، فإن القوى الناتجة من التعجيل العمودي ستكون كالتالي:

(1) القوى الهيدروديناميكية العمودية والأفقية المؤثرة في جدران الخزان: مقدار الزيادة في الضغط الهيدروستاتيكي الناتجة من الإضطراب العمودي للسائل المحتوى تعادل حصول زيادة فعلية في الكثافة (γ_L) للسائل المخزون بمقدار ($0.2 S_{DS} I \gamma_L$).

(2) القوى الهيدروديناميكية الطوقية المؤثرة في جدران الخزان الإسطواني: في جدار الخزان الإسطواني، تحسب القوة الطوقية المؤثرة لكل وحدة ارتفاع (N_h) عند ارتفاع (y) من القاعدة، المرافقة لحصول اضطراب عمودي للسائل المحتوى من المعادلة التالية.

$$N_h = 0.2 S_{DS} \gamma_L (H_L - y) (D_i/2) \dots\dots\dots (1/7-6)$$

حيث أن:

D_i = القطر الداخلي للخزان (م).

H_L = إرتفاع السائل داخل الخزان (م).

y_L = المسافة من قاعدة الخزان إلى المستوى الذي تحسب عنده القوة الطوقية (N_h) (م).

γ_L = وحدة الوزن للسائل المخزون (kN/m^3).

I = معامل أهمية الاشغال

(3) قوى القصور الذاتي العمودية في جدران الخزان الإسطوانى والمستطيل: قوى القصور الذاتي العمودية الناشئة بسبب التعجيل العمودي للمنشأ نفسه ستؤخذ مساوية لـ ($0.2 S_{DS} I W$).

3/7-6 المقاومة والمطيلية Strength and Ductility

الأعضاء والمركبات الإنشائية التي هي جزء من نظام الإسناد الجانبي تصمم لتعمل على توفير الآتي:

أ- الوصلات وتوصيلات الربط للعناصر المقاومة للقوى الجانبية الأخرى يجب أن تصمم لتوفر مقاومة المثبت anchor (مثلاً، مقاومة الخضوع الدنيا (F_y) في الشد المباشر، وعزم الإنثناء اللدن)، أو لتتحمل ناتج ضرب معامل تضخيم المقاومة (Ω_o) مضروباً في القوة التصميمية المحسوبة للعنصر. إن متطلبات زيادة المقاومة (Overstrength) في البند (3-1/4) وقيم معامل التضخيم (Ω_o) المذكورة في الجدول (6-2/5) لا تنطبق على تصميم الجدران، بضمنها الجدران الداخلية للخرانات والأوعية.

ب- تصمم مناطق فتحات الدخول والفتحات في التراكيب القشرية للحفاظ على مقاومة وإستقرارية الهيكل القشري للخزان أو الوعاء (Shell Structure) ولتتحمل قوى الشد والانضغاط الغشائية.

ت- الأبراج الساندة للخرانات والأوعية ذات الدعم غير المنتظم، والألواح غير المدعمة، والمدعمة بشكل متناظر، أو الكتل المركزة، تصمم على وفق فقرات البند (3-2/3) للمنشآت غير المنتظمة. أما الأبراج الساندة ذات هياكل الدعم اللامركزية فإنها يجب أن تتفق مع المتطلبات الزلزالية لهذه المدونة. أما الأبراج الساندة المدعمة بالشد فقط فتصمم بحيث أن المقطع العرضي لعنصر الشد يصل الخضوع خلال التحميل الزائد.

ث- في الأبراج الساندة للخرانات والأوعية، تصمم أعضاء الانضغاط التي تعمل على مقاومة قوى ردود الأفعال من أعضاء الشد لمقاومة القيمة الأقل من حمل الخضوع للدعامة ($Ag \cdot F_y$)، أو (Ω_o) مضروباً في حمل الشد المحسوب في الدعامة.

ج- جساءة الوعاء نسبة الى منظومة الاسناد (الاساس، برج الاسناد، الحافات، ...الخ)، يجب أن تؤخذ في الحسبان عند حساب القوى في الوعاء ومركبات المقاومة والروابط.

ح- للمنشآت الخرسانية الحاوية على السوائل فإن مطيلية النظام وتبدد الطاقة تحت تأثير الأحمال غير المضخمة لا يمكن السماح بالوصول اليها عن طريق حصول التشوهات غير المرنة لدرجة المخاطرة بخدمية المنشأ.

يمكن السماح بحصول تناقص في جساءة النظام وقابليته على تبديد الطاقة إما من خلال السماح بنشوء التشققات الشعرية المحدودة، أو عن طريق ميكانيكية مقاومة القوى الجانبية التي تبدد الطاقة من دون الإضرار بالمنشأ.

6-4/7 قابلية توصيلات الأنابيب على الانثناء Flexibility of Piping Attachments

ان تصميم توصيلات الأنابيب المرتبطة بالخزانات والأوعية يجب أن يأخذ في الحسبان احتمالية حركة نقاط الربط في أثناء الهزة الأرضية والعمل على توفير الانتثائية flexibility الكافية لتجنب انطلاق السائل عند فشل نظام الأنابيب.

تصمم المساند ونظام الأنابيب بشكل لا تعمل معه على نقل تحميل ميكانيكي اساسي مؤثر في التوصيلات إلى قشرة الخزان أو الوعاء. يمكن استعمال التوصيلات الميكانيكية التي تعمل على إضافة مرونة مثل الحنيات (Elbows) ومفاصل التمدد والادوات الاخرى التي تتحمل الانتثائية عندما تكون مصممة لتتحمل الإزاحات الزلزالية والضغط التشغيلية المحددة.

ما لم تحسب بطريقة أخرى، يفرض حصول الإزاحات الدنيا في الجدول (6-1/7). بالنسبة لنقاط التوصيل الواقعة فوق مستوى المسند أو الأساس، فإن الإزاحات في الجدول (6-1/7) يجب زيادتها لتأخذ تأثير ازاحة الخزان أو الوعاء نسبةً إلى قاعدته.

نظام الأنابيب وروابط الخزان يجب أن تصمم لتسمح حصول حركة تساوي حاصل ضرب معامل تضخيم الازاحة (C_d) في الإزاحات المعطاة بالجدول (6-1/7) من دون أي تصدع في الربط، بالرغم من السماح بالتشوهات الدائمة والتصرف غير المرن في مساند الأنابيب وقشرة الخزان. بالنسبة لنقاط التوصيل فوق المسند وفوق الأساس، يجب زيادة الإزاحات المثبتة في الجدول (6-1/7) لحساب تأثير حركة الخزان أو الوعاء.

ان القيم المعطاة بالجدول (6-1/7) لا تشمل تأثير الحركة النسبية للأساس ونقاط تثبيت الأنابيب الناتجة من حركة الأساس (مثل هبوط الأساس والإزاحات الزلزالية). لذا فإن تأثيرات حركة الأساس يجب أن تؤخذ في الحسبان عند تصميم نظام الأنابيب المتضمن تحديد الحمل الميكانيكي على الخزان أو الوعاء، وعند حساب القابلية الكلية للإزاحة للتوصيلات الميكانيكية المراد منها إضفاء صفة الانتثائية للنظام (flexibility).

نسبة التثبيت (anchorage ratio) (J)، للخزانات المثبتة بنفسها (من دون وسائل تثبيت خارجية) يجب أن تتوافق مع المعيار الموجود في الجدول (6-2/7) والمعرف بما يأتي:

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 (w_t + w_a)} \dots\dots\dots (2/7-6)$$

حيث أن:

$$w_t = \frac{W_s}{\pi D} + w_r \dots\dots\dots (3/7-6)$$

w_r = حمل السطح المؤثر في القشرة بوحدات (نيوتن على الملتر من محيط القشرة). يشمل الحمل المؤثر أحمال السطح الدائمة. ولا يدخل الحمل الحي ضمن حمل السطح المؤثر.

w_a = الوزن الأقصى لمحتويات الخزان الذي يستعمل لمقاومة العزم الانقلابي للقشرة بوحدات (نيوتن على الملمتر من محيط القشرة) يحسب هذا الوزن الاعظم بفرضه مؤلفاً من عدد من حلقات السائل تحددها مقاومة قاعدة الخزان أو الصفيحة الحلقية.

M_{rw} = العزم الانقلابي المسلط على أسفل القشرة الناتج من أحمال التصميم الزلزالي بوحدات (نيوتن-ملمتر) (يعرف أيضاً بعزم الجدار الحلقي (Ring-Wall Moment)).

D = قطر الخزان بوحدات (ملمتر).

W_s = الوزن الكلي لقشرة الخزان بوحدات (نيوتن).

5/7-6 التثبيت Anchorage

يمكن للخزانات والأوعية الموضوعة على الأرض (grade) أن تصمم بدون تثبيت عندما تحقق متطلبات الخزانات غير المثبتة في الوثائق المرجعية. أما الخزانات والأوعية المسندة فوق التربة على أبراج فولاذية أو غير فولاذية فيجب أن تثبت بربطها إلى المنشأ الساند.

المتطلبات التفصيلية الخاصة الآتية يجب أن تطبق على المسامير الملولة (البراغي) لتثبيت الخزانات الفولاذية في المناطق الزلزالية حيث تكون ($S_{DS} > 0.5$)، أو عندما يصنف المنشأ بفئة اشغال (IV). أ- لا تستعمل للتثبيت مسامير ملولة (براغ) معقوفة (مسامير تثبيت مطمورة بشكل (J) أو (L)) أو أي وسائل تثبيت أخرى تعتمد فقط على الربط أو الاحتكاك الميكانيكي عندما تكون ($S_{DS} \geq 0.33$). ويمكن استعمال المثبتات المنصوبة لاحقاً إذا أثبت الفحص قدرتها على أن تتحمل حمل الخضوع في المثبت تحت تأثير الأحمال المتكررة (الدورية) في الخرسانة المتشققة.

ب- عندما يكون التثبيت مطلوباً، يجب تصميم مسافة انطمار (embedment length) المثبت في الأساس لتوليد أقل مقاومة خضوع للمثبت.

الجدول 6-1/7: الإزاحات التصميمية الدنيا لتوصيلات الأنابيب

الإزاحات (ملم)	الحالة
25	الخزانات والأوعية المثبتة ميكانيكياً
12	الإزاحات العمودية باتجاه الأعلى نسبة إلى المسند أو الأساس
12	الإزاحات العمودية باتجاه الأسفل نسبة إلى المسند أو الأساس
12	مجال الإزاحة الأفقية (قطرياً ومماسياً) نسبة إلى المسند أو الأساس
25	الخزانات أو الأوعية المثبتة ذاتياً (على الأرض) الإزاحة العمودية باتجاه الأعلى نسبة إلى المسند أو الأساس إذا كان التصميم طبقاً للوثيقة المرجعية وكما اكتمل تحديثه في هذه المدونة: نسبة تثبيت مساوية أو أقل من 0.785 (تدل على عدم وجود قوى رفع)

تتمة الجدول 6-1/7

الإزاحات (مم)	الحالة
100	نسبة تثبيت أكبر من 0.785 (تدل على وجود قوى رفع) إذا كان التصميم لتحمل القوى الزلزالية طبقاً لهذه المدونة ولكنه ليس بحسب الوثيقة المرجعية:
200	للخزانات والأوعية بقطر أقل من 12 متراً
300	للخزانات والأوعية بقطر مساوٍ إلى أو أكبر من 12 متراً
12	الإزاحة العمودية باتجاه الأسفل نسبة إلى المسند أو الأساس
25	للخزانات ذات الجدار الحلقي والاساس الحصري
50	للخزانات بأساس من الأعتاب
	مجال الإزاحة الأفقية (قطرياً أو مماسياً) نسبة إلى المسند أو الأساس

الجدول 6-2/7: نسبة التثبيت

المعيارية	نسبة التثبيت (J) (anchorage ratio)
لا توجد قوى رفع تحت تأثير عزم الانقلاب الزلزالي التصميمي والخزان مثبت ذاتياً	$J < 0.785$
الخزان يرتفع إلى الأعلى، لكن الخزان مستقر ويتحمل الحمل التصميمي بشرط الإبقاء بمتطلبات انضغاط القشرة. الخزان مثبت ذاتياً	$0.785 < J < 1.54$
الخزان غير مستقر ويجب أن يثبت ميكانيكياً لتحمل الحمل التصميمي	$J > 1.54$

6-7/6 خزانات السوائل المستندة على الأرض Ground-Supported Storage Tanks for Liquid

1/6/7-6 عام General

الخزانات الحاوية على السوائل ذات القاعدة المسطحة في الأسفل، المستندة على الأرض يجب أن تصمم لتقاوم القوى الزلزالية المحسوبة باحدى الطرائق الآتية:

أ- يحسب قص القاعدة والعزم الانقلابي بحيث يعد الخزان مع كل محتوياته نظام كتلة صلبة كما في البند (6-2/4) من هذه المدونة، أو

ب- عند تصميم الخزانات والأوعية الخزنة للسوائل ذات فئة الأشغال (IV) أو بقطر أكبر من (6) أمتار يجب أن تؤخذ في الحسبان الضغوط الهيدروديناميكية للسائل في تحديد القوى الجانبية المكافئة وتوزيع القوى الجانبية في الوثائق المرجعية المعتمدة والمعرضة في الفصل (6-2) لهذه المدونة، أو

ت- بحسب بنود القوة والإزاحة للفصل (6-4) من متطلبات هذه المدونة.

إن تصميم الخزانات الحاوية للسوائل يجب أن يأخذ في الحسبان القوى الناشئة بسبب الاحمال النبضية وأحمال التخرج الحاصل في سائل هذه الخزانات والأساس والعناصر المتصلة بها. إن القوة الناشئة بسبب الاحمال النبضية تحصل من رد الفعل المضخم الحاصل بتردد عالٍ بسبب تأثير الحركة الأرضية الجانبية في كل من سطح الخزان وقشرته، وجزء من محتويات الخزان التي تتحرك بانسجام مع القشرة. أما القوة الناشئة بسبب أحمال تخرج السائل فانها تحصل من رد الفعل المضخم لمحتويات الخزان الحاصل بتردد واطيء بسبب تخرج السائل. إن قيمة تخميد القوة الناشئة بسبب أحمال تخرج السائل هي (0.5) بالمائة للسائل ما لم يذكر ما يخالف ذلك في الوثيقة المرجعية.

قص القاعدة الزلزالي يحسب من جمع القوى الناشئة عن الاحمال النبضية وأحمال تخرج السائل، أي:

$$V = V_i + V_c \quad (4/7-6)$$

$$V_i = \frac{S_{ai} W_i}{(R/I)} \quad (5/7-6)$$

$$V_c = \left(\frac{S_{ac} I}{1.5} W_c \right) \quad (6/7-6)$$

S_{ai} = التعجيل الطيفي الذي هو تضخيم للجاذبية الأرضية ويأخذ في الحسبان تأثير القوى النبضية عند الفترة (T_i) مع تخميد مقداره (5) بالمائة.

W_c = وزن الجزء المترجج للسائل.

W_i = الوزن النبضي (مجموع اوزان المكون النبضي للسائل والسطح والآلات والقشرة وقاعدة الخزان والمكونات الداخلية).

عندما تكون $T_i \leq T_s$:

$$S_{ai} = S_{DS} \quad (7/7-6)$$

عندما تكون $T_s < T_i \leq T_L$:

$$S_{ai} = \frac{S_{DI}}{T_i} \quad (8/7-6)$$

عندما تكون $T_i > T_L$:

$$S_{ai} = \frac{S_{DI} T_L}{T_i^2} \quad (9/7-6)$$

حيث أن:

T_i = الفترة الأساسية لمنشأ الخزان والمكون النبضي للمحتويات.

V_i = قص القاعدة الناتج من الأحمال الدافعة الناشئة عن وزن الخزان والمحتويات.

V_c = قص القاعدة الناتج من القوى الناشئة بسبب وزن كتلة السائل المترججة فعلياً.

Long-Period Transition Period (s) = T_L يمكن احتسابها لظروف مباني العراق تساوي (6) ثانية: المرجع [8] من الباب الثاني.

ملاحظات:

أ- عند استعمال الوثيقة المرجعية التي تذكر أن التعجيل الطيفي لقشرة الخزان، والقوى النبضية لسائل الخزان لا تعتمد على (T_i) حينها تكون ($S_{ai}=S_{DS}$).

ب- المعادلتان (8/7-6) و (9/7-6) يجب أن لا تعطيا أقل من القيم الدنيا المطلوبة في البند (1/4-6) الفقرة 2 مضروبة في (R/I).

ت- للخزانات ذات فئة الاشغال (IV) تؤخذ قيمة عامل الأهمية (I) المستعملة في تحديد الارتفاع الظاهر للخزان فوق سطح السائل (freeboard) فقط مساوية (1.0).

ث- للخزانات ذات فئات الاشغال (I) أو (II) أو (III) تؤخذ قيمة (T_L) المستعملة في تحديد الارتفاع الظاهر للخزان فوق سطح السائل (freeboard) مساوية (4) ثوانٍ. أما قيمة عامل الأهمية (I) المستعمل لتحديد الارتفاع الظاهر للخزان فوق سطح السائل (freeboard) للخزانات ذات فئات الاشغال (I) أو (II) أو (III) ستكون بحسب القيمة المحددة من الجدول (1/3-2).

ج- القوى الزلزالية الناشئة بسبب كل من الأحمال النبضية وأحمال ترجرج سوائل الخزانات يمكن جمعها باستعمال طريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) بدل طريقة الجمع المباشر الموضحة بالبند (6/7-6) والفقرات الفرعية المتعلقة.

S_{ac} = التعجيل الطيفي للسائل المترجرج بالإعتماد على فترة الترجرج (T_c) وإخماد (0.5) بالمئة.
 $T_c \leq T_L$:

$$S_{ac} = \frac{1.5S_{DI}}{T_c} \leq 1.5S_{DS} \quad \dots\dots\dots (10/7-6)$$

$T_c > T_L$:

$$S_{ac} = \frac{1.5S_{DI} T_L}{T_c^2} \quad \dots\dots\dots (11/7-6)$$

حيث ان:

$$T_c = 2\pi \sqrt{\frac{D}{3.68g \tanh\left(\frac{3.68H}{D}\right)}} \quad \dots\dots (12/7-6)$$

حيث أن:

D = قطر الخزان بالأمتار، H = إرتفاع السائل بالأمتار، و g = التعجيل الناجم عن الجاذبية بوحدات تتوافق مع بقية وحدات متغيرات المعادلة الملائمة.

6-7/1/1 توزيع قوى القصور الذاتي والقوى الهيدروديناميكية

Distribution of Hydrodynamic and Inertia Forces

ما لم يرد ما يخالف متطلبات الوثائق المرجعية المثبتة بالجدول (6-1/3)، يمكن استعمال الطريقة المعطاة في ACI 530.3-01 لتحديد التوزيع الأفقي والعمودي لقوى القصور الذاتي والهيدروديناميكية على جدران الخزانات الدائرية والمستطيلة.

6-7/2/1 ترجح السائل sloshing

يؤخذ في الحسبان ترجح السائل المخزون في التصميم الزلزالي للخزانات والأوعية وبالتالي:

أ- يجب احتساب ارتفاع موجة السائل المترجح، δ_s باستعمال المعادلة الآتية:

$$\delta_s = 0.5 D_i I S_{ac} \dots\dots\dots (6-7/13)$$

بالنسبة للخزانات الدائرية (D_i) تمثل القطر الداخلي للخران، أما في حالة الخزانات المستطيلة، فيجب تغيير الـ (D_i) وإحلال البعد الأطول للخران (L) محله.

ب- بترك المسافة الدنيا للارتفاع الظاهر للخران فوق سطح السائل يتحقق التحسب لتأثيرات ترجح السائل (sloshing) بواسطة واحد مما يأتي:

- (1) بترك مسافة الارتفاع الظاهر فوق سطح السائل الدنيا (freeboard) طبقاً لما موجود بالجدول (6-7/3).
- (2) بتصميم منشأ ساند مسقف ليحتوي السائل المترجح كما مبين في (ت) لاحقاً.
- (3) في حالة الخزانات أو الأوعية ذات السقوف المفتوحة فقط، بعمل قناة لتصريف السائل الفائض حول الخزان أو محيط الوعاء.

ت- اذا كان ترجح السائل sloshing مقيداً لكون الارتفاع الظاهر الفعلي للخران فوق سطح السائل freeboard أقل من ارتفاعه المحسوب، عندها سيصمم السطح والمنشأ الساند لشحنة هيدروستاتيكية مكافئة ومساوية للارتفاع الظاهر المحسوب الأقل للسائل المترجح. ويجب أن يتضمن تصميم الخزان الأخذ في الحسبان كتلة السائل المحمول عندما تترجح وتسلك سلوك كتلة تنتج قوى دافعة اضافية.

6-7/3/1 الآلات والأنابيب المتصلة Equipment and Attached Piping

الآلات والأنابيب والمماشي أو التوصيلات (appurtenances) الأخرى الملحقة بالمنشأ يجب أن تصمم لتتحمل الإزاحات التي تسببها القوى الزلزالية. بالنسبة لتوصيلات الأنابيب، انظر البند (6-7/4).

6-7/4/1 المكونات الداخلية Internal Components

يجب أن تصمم توصيلات الآلات الداخلية والملحقات التي تكون باتصال مباشر مع السائل الرئيس أو الجدار القشري المعرض للضغط، أو تحقق الاسناد الإنشائي للمكونات الرئيسة (مثل العمود الساند لروافد السقف) لتتحمل القوى الجانبية الناتجة من السائل المترجح بالإضافة الى قوى القصور الذاتي بعد اجراء طريقة تحليل انشائي مقبولة.

5/1/6/7-6 مقاومة الإنزلاق Sliding Resistance

يؤخذ في الحسبان إنتقال قوة القص الجانبية الكلية بين الخزان أو الوعاء والارض subgrade :
أ- بالنسبة لأسفل الخزان الفولاذي المسطح غير المثبت، قوة القص الزلزالي الأفقية الكلية من الممكن أن تتحقق مقاومتها بواسطة الإحتكاك بين اسفل الخزان والأساس أو الارض subgrade. يجب تصميم الخزانات غير المثبتة بحيث لا يحدث إنزلاق في حالة كون الخزان ممثلاً بالمنتج المخزون. وعندئذ يجب أن لا يزيد قص القاعدة الأعظم المحسوب (V) على:

$$V < W \tan 30^\circ \quad \dots\dots\dots (14/7-6)$$

يحدد W باستعمال الوزن الفعال للخزان والسطح والمحتويات بعد تقليلها بسبب الهزة الأرضية العمودية المتوافقة. يجب أن تستعمل قيم أقل لعوامل الإحتكاك اذا كان تصميم جلوس أسفل الخزان على الأساس الساند لا يأخذ في الحسبان قيمة الإحتكاك هذه (من الامثلة على ذلك: عندما يوضع غشاء متحسس للنضح ذي معامل احتكاك اقل أو عندما تكون قاعدة الخزان ملساء ...الخ).

الجدول 3/7-6: متطلبات الارتفاع الظاهر الأدنى للخزان فوق سطح السائل Freeboard

فئة الإشغال			قيم S_{DS}
IV	III	I أو II	
δ_s^c	a	a	$S_{DS} < 0.167 g$
δ_s^c	a	a	$0.167g \leq S_{DS} < 0.33g$
δ_s^c	$0.7\delta_s^b$	a	$0.33g \leq S_{DS} < 0.50g$
δ_s^c	$0.7\delta_s^b$	a	$S_{DS} \geq 0.50g$
<p>a - لا حاجة لترك مسافة دنيا لارتفاع ظاهر فوق سطح السائل.</p> <p>b - يتطلب ترك مسافة ارتفاع ظاهر فوق سطح السائل freeboard مساوية $0.7\delta_s$ ما لم يتوافر واحد من البديلين التاليين:</p> <p>(1) وجود حاويات ثانوية للسيطرة على السائل الفائض.</p> <p>(2) أن يكون كل من سقف الخزان والمنشأ الساند قد صمما لإحتواء السائل المترجرج.</p> <p>c - يتطلب ترك مسافة ارتفاع ظاهر فوق سطح السائل مساوية لإرتفاع الموجة المحسوب (δ_s) ما لم يتوافر واحد من البديلين التاليين:</p> <p>(1) وجود حاويات ثانوية للسيطرة على السائل الفائض.</p> <p>(2) أن يكون كل من سقف الخزان والمنشأ الساند قد صمما لإحتواء السائل المترجرج.</p>			

ب- التنبيت الجانبي الإضافي يكون غير مطلوب للخزانات الفولاذية المثبتة المصممة طبقاً للوثائق المرجعية.

ت- إن اسلوب إنتقال القص الجانبي لبعض الخزانات ذات الاشكال الخاصة (مثال: shovel bottoms، tank on grillages، highly crowned tank bottoms) هو خارج نطاق هذه المدونة.

6/1/6/7-6 إنتقال القص الموضعي Local Shear Transfer

يجب أن يؤخذ في الحسبان الإنتقال الموضعي للقص من سقف الخزان الى الجدار ومن جدار الخزان الى القاعدة. بالنسبة للخزانات والأوعية الاسطوانية. يحسب القص المماسي الموضعي الأعظم لوحدة الطول كالتالي:

$$V_{\max} = \frac{2V}{\pi D} \dots\dots\dots (15/7-6)$$

أ- القص المماسي في الخزانات الفولاذية ذات القاعدة المسطحة سينتقل خلال الروابط الملحومة إلى القاعدة. يعد هذا الاسلوب للانتقال مقبولاً للخزانات الفولاذية المصممة طبقاً للوثائق المرجعية عندما تكون $(S_{DS} < 1.0 g)$.

ب- بالنسبة للخزانات الخرسانية ذات القاعدة المنزلقة التي تتحقق مقاومة القص الجانبي فيها بواسطة الإحتكاك بين جدار الخزان وقاعدته، فإن قيمة معامل الإحتكاك المستعملة في التصميم يجب أن لا تتجاوز ظل الزاوية (30) درجة.

ت- أما الخزانات الفولاذية ذات القاعدة الثابتة (fixed) أو المفصلية (hinged)، فإنها تعمل على نقل قص القاعدة الأفقي الزلزالي باسلوب مشترك بين القص الغشائي (المماسي) والقص القطري إلى الأساس. أما بالنسبة للخزانات الخرسانية ذات القاعدة المرنة المثبتة، فتتحقق مقاومة معظم قص القاعدة بواسطة القص الغشائي (المماسي) خلال نظام التثبيت مع نشوء عزم عمودي غير محسوس في الجدار. يجب تصميم الربط بين الجدار والأرضية ليقاوم القص المماسي الأعظم.

7/1/6/7-6 إستقرارية الضغط Pressure Stability

بالنسبة للخزانات الفولاذية، الضغط الداخلي من المنتج المخزون يعمل على تقوية جساءة العناصر الإنشائية القشرية الإسطوانية المعرضة إلى قوى انضغاط غشائية. لذلك يجب أن تؤخذ هذه الجساءة المقواة في الحسبان في مقاومة قوى الانضغاط المتكونة بفعل الزلزال اذا سمحت بذلك الوثيقة المرجعية.

8/1/6/7-6 مسند القشرة Shell Support

الخزانات الفولاذية الجالسة على جدران خرسانية حلقية أو صبات ارضية يجب أن تحتوي على أطواق مسندة بانتظام تحت القشرة. يتحقق الاسناد المنتظم للأطواق بواحدٍ من الأساليب التالية:

أ- التحشية shimming وحقن الأطواق.

ب- إستعمال الواح مسلحة بالألياف أو حشوة ملائمة أخرى.

ت- إستعمال قاعدة ملحومة بلحام أو ألواح طوقية جالسة بشكل مباشر على الأساس.

ث- إستعمال حشوات (shims) متقاربة (بدون حقن إنشائي) بشرط اخذ أحمال الاسناد (bearing loads) الموضوعية في الحساب عند تصميم جدار الخزان والأساس لمنع التعرج (crippling) الموضوعي والتشطي (spalling).

الخزانات المثبتة يجب أن تحقق وتحشى (shimmed). يجب الأخذ في الحساب إنبعاج القشرة الفولاذية الموضوعي بسبب اجهاد الانضغاط الاعظم الذي تسببه الأحمال التشغيلية وعزم الانقلاب الزلزالي.

6-7/9/1 Repair, Alternation and Reconstruction أو إعادة الإنشاء

الإصلاح والتطوير أو إعادة الإنشاء (بمعنى التقطيع وإعادة التشييد) للخزان أو الوعاء يجب أن يتوافق مع المعايير الصناعية وهذه المدونة. بالنسبة للخزانات الفولاذية الملحومة والخازنة للسوائل إنظر ANSI/API653-01 والوثيقة المرجعية المطبقة والمعروضة في الفصل (6-2). الخزانات التي تتغير مواقعها يجب أن يعاد تقويمها لمقاومة الأحمال الزلزالية بالنسبة للموقع الجديد ومتطلبات الإنشاء الجديد وذلك طبقاً للوثيقة المرجعية الملائمة وهذه المدونة.

6-7/7 Water and Water Treatment Tanks and Vessels المياه ومعالجة المياه

6-7/1 Welded Steel Tanks الخزانات الفولاذية الملحومة

الخزانات والأوعية الفولاذية الملحومة والخاصة بخزن المياه يجب أن تصمم طبقاً للمتطلبات الزلزالية في ANSI/AWWA D100-96 عدا وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة فيها لتكون كما يلي: يحسب كل من قص القاعدة والعزم الانقلابي من المعادلات التالية عند اتباع طريقة التصميم بالاجهادات المسموح بها. حينما تكون $T_s < T_c \leq T_L$:

$$V_{ACT} = \frac{S_{DS}}{1.4\left(\frac{R}{I}\right)} \left[(W_s + W_r + W_f + W_1) + 1.5 \frac{T_s}{T_c} W_2 \right] \quad \dots\dots\dots (16/7-6)$$

$$M = \frac{S_{DS}}{1.4\left(\frac{R}{I}\right)} \left[(W_s X_s + W_r H_t + W_1 X_1) + 1.5 \frac{T_s}{T_c} W_2 X_2 \right] \quad \dots\dots\dots (17/7-6)$$

حيث: $T_c > T_L$:

$$V_{ACT} = \frac{S_{DS} I}{1.4 R} \left[(W_s + W_r + W_f + W_1) + 1.5 \frac{T_s T_L}{T_c^2} W_2 \right] \quad \dots\dots\dots (18/7-6)$$

$$M = \frac{S_{DS}}{1.4\left(\frac{R}{I}\right)} \left[(W_s X_s + W_r H_t + W_1 X_1) + 1.5 \frac{T_s T_L}{T_c^2} W_2 X_2 \right] \quad \dots\dots\dots (19/7-6)$$

أ- تحل المعادلات المذكورة آنفاً محل المعادلتين (4-13) و (8-13) في ANSI/AWWA D100-96 حيث أن (S_{DS} و T_s) معرفتان في البند (2-2/4) و (T_L) معرفة في البند (2-2/5) و (R) معرفة في الجدول (2-5/6).

ب- إجهاد الشد الحلقى الزلزالي الهيدروديناميكي معرف في المعادلات (13-20 الى 13-25) في ANSI/AWWA D100-96. وعند إستعمال هذه المعادلات، تحل المعادلة (6-20/7) محل المقدار $\frac{Z_I}{R_W}$ مباشرة في المعادلات.

$$\frac{S_{DS}}{2.5 \left[1.4 \left(\frac{R}{I} \right) \right]} \dots\dots\dots (6-20/7)$$

ت- إرتفاع ترجرج الماء يحسب كما مبين في العبارة (6-2/1/6/7) بدلاً من المعادلة (13-26) في ANSI/AWWA D100-96.

2/7/7-6 الخزانات الفولاذية المثبتة بالمسامير الملولبة (البراغي) Bolted Steel Tanks

المنشآت الفولاذية الخازنة للمياه المثبتة بالمسامير الملولبة (البراغي) يجب أن تصمم طبقاً للمتطلبات الزلزالية في ANSI/AWWA D103-97 عدا وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة عليها بنفس الطريقة الموضحة في الفقرة (6-1/7/7).

3/7/7-6 الخزانات الخرسانية المسلحة ومسلحة الإجهاد

Reinforced and Prestressed Concrete Tanks

الخزانات الخرسانية المسلحة والخرسانية مسبقة الإجهاد يجب أن تصمم طبقاً للمتطلبات الزلزالية في ACI530.3-01 عدا وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة فيها عند اتباع طريقة التصميم بالإجهادات المسموح بها وكما يلي:

أ- عندما تكون $(T_1 > T_s)$ و $(T_1 < T_o)$ يحل المقدار $S_a/[1.4(R/I)]$ حيث أن (S_a) معرفة في الجمل الفرعية بالتسلسلات (1) و (2) و (3) من البند (2-5/2)، وكما موضح لاحقاً:

محل المقدار $\frac{ZC_1}{(R_i/I)}$ في معادلات القص والعزم الانقلابي في ANSI/AWWA D110-95.

محل المقدار $\frac{ZC_1}{(R_w/I)}$ في معادلات القص والعزم الانقلابي في ANSI/AWWA D115-95.

محل المقدار $\frac{ZSC_i}{(R_i/I)}$ في معادلات القص والعزم الانقلابي في ACI530.3-01.

ب- عندما تكون $T_o \leq T_1 \leq T_s$ ، يحل المقدار $\frac{S_{DS}}{1.4(R/I)}$ محل كل من $\frac{ZC_1}{(R_i/I)}$ و $\frac{ZC_1}{(R_w/I)}$ و $\frac{ZSC_i}{(R_w/I)}$.

ت- لكل قيم T_c (أو T_w)، ستتغير المقادير $\frac{ZC_c}{(R_c/I)}$ ، $\frac{ZC_c}{(R_w/I)}$ ، $\frac{ZSC_c}{(R_c/I)}$ ليحل محلها $\frac{1.5S_{D1}IT_L}{T_c^2}$ أو $\frac{1.5S_{DS}IT_sT_L}{T_c^2}$.

حيث أن: S_a ، S_{D1} ، S_{DS} ، T_o ، T_s و T_L معرفة في البند (2-2) من هذه المدونة.

6-8/7 الخزانات والأوعية الحاوية على السوائل البتروكيميائية والصناعية

Petrochemical and Industrial Tanks and Vessels Storing Liquids

6-8/7/1 الخزانات الفولاذية الملحومة Welded Steel Tanks

الخزانات والأوعية الفولاذية الملحومة الحاوية على السوائل البتروكيميائية والصناعية يجب أن تصمم طبقاً للمتطلبات الزلزالية في API 620-02 و API 650-01 عدا وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة فيها عند اتباع طريقة التصميم بالاجهادات المسموح بها وكما يلي:

عند إستعمال المعادلات في المقطع E.3 في API 650-01، يعوض في معادلة حساب العزم الانقلابي M (حيث T_S , S_{DS} و T_L) معرفة في الفصل (2-2) من متطلبات هذه المدونة. كما يلي:

في المجال $T_S < T_C \leq T_L$

$$M = S_{DS}I[0.24(W_s X_s + W_t H_t + W_1 X_1) + 0.80 C_2 T_s W_2 X_2] \dots\dots\dots (21/7-6)$$

حيث أن:

$$C_2 = \frac{0.75 S}{T_C}, S=1.0$$

في المجال $T_C > T_L$ و

$$M = S_{DS}I [0.24 (W_s X_s + W_t H_t + W_1 X_1) + 0.71 C_2 T_s W_2 X_2] \dots\dots\dots (22/7-6)$$

حيث أن:

$$C_2 = \frac{0.8438 S T_L}{T_C^2}, S=1.0$$

6-8/7/2 الخزانات الفولاذية المثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) Bolted Steel Tanks

عند تصميم الخزانات الفولاذية المثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) والتي تستعمل لخزن السوائل المنتجة فان الوثيقة API 12B-95 تغطي متطلبات المواد والتصميم والتشييد للخزانات العمودية والاسطوانية المثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) فوق مستوى الأرض بسعة 100 الى 10000 برميل.

6-8/7/3 الخزانات الخرسانية المسلحة ومسلحة الإجهاد

Reinforced and Prestressed Concrete Tanks

الخزانات الخرسانية المسلحة لخزن السوائل البتروكيميائية والصناعية يجب أن تصمم طبقاً لمتطلبات القوى في الفقرة (3/7/7-6).

6-9/7 الخزانات المستندة الى الأرض والحواية على مواد حبيبية

Ground- Supported Storage Tanks for Granular Material

6-9/7/1 عام General

يجب الأخذ في الحسبان التصرف الداخلي للحبيبات فيما بينها عند تحديد الكتلة الفعالة ومسارات الأحمال المؤثرة، شاملاً التصرفات الآتية:

أ- الضغط الداخلي المتزايد (والإجهاد الحلقي الناتج) بسبب خسارة الإحتكاك الحبيبي الداخلي للمادة في أثناء الإهتزاز الزلزالي.

ب- الإجهادات الحلقية المتزايدة المتولدة من تغيرات درجة حرارة قشرة الخزان بعد رص المادة.

ت- الاحتكاك الحبيبي الداخلي، الذي ينقل القص الزلزالي بشكل مباشر الى الأساس.

2/9/7-6 تحديد القوة الجانبية Lateral Force Determination

القوى الجانبية للخرانات والأوعية الحاوية على المواد الحبيبية عند مستوى الارض يجب أن تحدد بواسطة المتطلبات والتعجيل الطيفي للمنشآت ذات الفترة القصيرة (أي: S_{DS}).

3/9/7-6 توزيع القوة إلى القشرة والأساس Force Distribution to Shell and Foundation

1/3/9/7-6 الضغط الجانبي المتزايد Increased Lateral Pressure

إن الزيادة في الضغط الجانبي على جدار الخزان يجب أن تضاف إلى الضغط الجانبي التصميمي الساكن ولكنها يجب ألا تستعمل في حساب تأثيرات إستقرارية الضغط على مقاومة الإنبعاج المحوري لقشرة الخزان.

2/3/9/7-6 الكتلة الفعالة Effective Mass

ان جزءاً من كتلة المادة الحبيبية المخزونة سيؤثر مع القشرة (فيسمى الكتلة الفعالة). تتأثر الكتلة الفعالة بالخصائص الفيزيائية للمنتج، ونسبة الإرتفاع إلى القطر (H/D) للخزان، وشدة الزلزال. لذا يجب أن تستعمل الكتلة الفعالة لتحديد قوى القص والأحمال الانقلابية الواجب مقاومتها بواسطة الخزان.

3/3/9/7-6 الكثافة الفعالة Effective Density

يجب أن يحدد معامل الكثافة الفعالة (وهو جزء الكتلة الكلية المخزنة للمنتج والمعلقة بواسطة الزلزال) طبقاً لـ ACI 313-97.

4/3/9/7-6 الإنزلاق الجانبي Lateral Sliding

بالنسبة لخرانات الحبوب التي لها قاعدة فولاذية وتكون مستندة بحيث أن الإحتكاك عند مستوى التقاء القاعدة مع الأساس يمكن أن يحقق مقاومة احمال القص الجانبية، فلا توجد حاجة إلى تثبيت إضافي لمنع انزلاقها. أما بالنسبة لخرانات الحبوب بدون قاعدة فولاذية (أي التي تستقر فيها الحبوب بشكل مباشر على الأساس)، فيجب أن يوجد تثبيت لقوى القص لمنع انزلاقها.

5/3/9/7-6 أنظمة التثبيت المشتركة Combined Anchorage Systems

عند إستعمال أنظمة تثبيت منفصلة لمنع الإنزلاق والانقلاب، تؤخذ في الحسبان الجساءة النسبية لهذه الأنظمة في تحديد توزيع الأحمال فيما بينها.

4/9/7-6 المنشآت الفولاذية الملحومة Welded Steel Structures

المنشآت الفولاذية الملحومة المستعملة لخرن المواد الحبيبية يجب أن تصمم طبقاً للبنود الزلزالية الخاصة بهذه المدونة. ويكون تحديد مقادير الإجهادات المسموح بها والمواد طبقاً لـ ANSI/AWWA D100-96، عدا الإجهادات الغشائية المحيطية المسموحة والمواد فيجب اتباع اشتراطات الوثيقة المرجعية API 650-01.

5/9/7-6 المنشآت الفولاذية المثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) Bolted Steel Structures

المنشآت الفولاذية المثبتة بالمسامير الملولة (البراغي) المستعملة لخرن المواد الحبيبية تصمم طبقاً للمتطلبات الزلزالية لهذا الباب. ويكون تحديد مقادير الإجهادات المسموح بها والمواد طبقاً لما مذكور في ANSI/AWWA D103-97.

6/9/7-6 المنشآت الخرسانية المسلحة Reinforced Concrete Structures

المنشآت الخرسانية المسلحة المستعملة لخرن المواد الحبيبية يجب أن تصمم طبقاً لمتطلبات تحمل القوى الزلزالية لهذه المدونة والمتطلبات في ACI 313-97.

7/9/7-6 المنشآت الخرسانية مسبقة الإجهاد Prestressed Concrete Structures

المنشآت الخرسانية مسبقة الإجهاد المستعملة لخرن المواد الحبيبية يجب أن تصمم طبقاً لبنود تحمل القوى الزلزالية في هذه المدونة والمتطلبات في ACI 313-97.

10/7-6 الخزانات العالية والأوعية للسوائل والمواد الحبيبية

Elevated Tanks and Vessels for Liquid and Granular Materials

1/10/7-6 عام General

ينطبق هذا البند على الخزانات والأوعية والصوامع والقوادر (hoppers) المرفوعة فوق مستوى الارض grade سواء أكان البرج الساند جزءاً متكاملًا مع المنشأ، أو عندما تكون وظيفة البرج الأساسية هي إسناد الخزان أو الوعاء. إن الخزانات والأوعية التي تكون مسندة داخل الأبنية، أو تكون وظيفتها ثانوية نسبة إلى الوظيفة الأساسية للبرج، ستعد من المكونات الميكانيكية وعندئذ يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات البند (9/5-5) من هذه المدونة.

تصمم الخزانات العالية لمتطلبات القوة والإزاحة للوثيقة المرجعية المعتمدة أو الفصل (4-6).

2/10/7-6 الكتلة الفعالة Effective Mass

إن تصميم البرج الساند أو القاعدة، والتثبيت والأساس لتتحمل الانقلاب الزلزالي يكون بفرض كون المادة المخزونة كتلة صلدة rigid تؤثر في مركز الجاذبية الحجمي volumetric center of gravity لها. إن تأثيرات تداخل سلوك المادة المخزونة في الخزان (مائع أو حبوب) مع الخزان هي التي تساهم في تحديد القوى والفترة الفعالة ومراكز الكتلة للنظام في حال تحقق المتطلبات الآتية:

أ- فترة الترجرج (sloshing)، (T_c) أكبر من ($3T$) حيث ان: T = الفترة الطبيعية لترجرج سائل محصور (كتلة صلبة) والمنشأ الساند.

ب- إن أسلوب ترجرج السائل (sloshing) (أي النسبة المئوية لكتلة المادة المترجرجة ومركزها) يتحددان لشكل الخزان بتحليل التداخل في سلوك السائل والخزان، أو بالفحص. من الممكن تضمين تداخل التربة والمنشأ في تحديد (T)، يراجع الفصل (3-14).

3/10/7-6 تأثيرات الحمل-الازاحة ($P-\Delta$) Effects of

يكون التعامل مع الازاحة الجانبية للخزان العالي كآلاتي:

أ- يجب زيادة كل من الازاحة التصميمية، والازاحة الجانبية المرنة لمركز جاذبية الكتلة المخزونة بضربها في المعامل، (C_d) عندما يراد تقدير الحمل الإضافي في المنشأ الساند.

ب- يفرض أن تكون قاعدة الحوض مثبتة ضد الحركة الجانبية والدورانية.

ت- يجب أن يؤخذ في الحسبان الهطول الناتج من كل من الإنثناء والشد المحوري أو الانضغاط. للخزانات المستندة الى قواعد (pedestals) بنسبة إرتفاع إلى القطر أقل من (5) يجب أن تؤخذ في الحسبان التشوهات القصية للقاعدة.

ث- يجب أن يأخذ التصميم في الحسبان تأثيرات الحمل الميت للأجهزة المثبتة بالسطح أو الأرصفة.

ج- عندما ينجز الإنشاء ضمن مسافات السماح الشاقولية (Plumbness) المحددة بالوثيقة المرجعية، فلا حاجة الى أن يؤخذ الميل الإبتدائي في الحسبان عند اجراء تحليل لتأثير الحمل - الازاحة.

4/10/7-6 إنتقال القوى الجانبية إلى البرج الساند

Transfer of Lateral Forces into Support Tower

للخزانات والأوعية المسندة بدعامات (posts) والمدعمة بشكل متقاطع:

أ- يجب تنصيب التدعيم بشكل يعمل على توافر المقاومة المنتظمة للحمل الجانبي (مثل الشد المسبق أو تضبيب وسائل التدعيم بأسلوب يجعل الهطول متساوياً).

ب- يجب أن يحسب الحمل الإضافي في الدعامة الناجم عن اللامركزية بين نقاط اتصال الدعائم مع الخزان وخط عمل التدعيم.

ت- يجب أن تؤخذ اللامركزية بين خط عمل الاعضاء المعرضة للانضغاط (أي العناصر المقاومة لقوى الشد الناشئة عن اعضاء التدعيم في نظام مقاومة القوى الزلزالية) مع نقاط ارتباطها في الحسبان عند التصميم.

ث- إن تصميم منطقة ربط الدعامة بالاساس يجب أن يحقق مقاومة كل من محصلة القوى العمودية والجانبية الناشئة عن وصول مقدار الحمل في نظام التدعيم الى حد الخضوع وبافتراض أن اتجاه القوى الجانبية مرتب لينتج منه أعظم قص قاعدة جانبي عند هذه المنطقة. وعندما تربط عدة قضبان في موقع واحد فان نظام التثبيت يجب أن يصمم لتحمل قوى الشد المتلاقية في نفس الموقع داخل الدعائم.

6-5/10/7 تقويم المنشآت الحساسة لفشل الإنبعاج

Evaluation of Structures Sensitive to Buckling Failure

من الممكن أن تتعرض المنشآت القشرية الساندة لأحمال حقيقية الى نمط فشل أساسي من الإنبعاج العام أو الموضعي للقاعدة الساندة أو حافاتها في أثناء الأحمال الزلزالية. مثل هذه المنشآت تتضمن: أبراج المياه ذات القاعدة الأحادية والاعوية المسندة عند حافاتها، والأبراج المشابهة ذات العضو الأحادي. عندما يتبين من التقويم الإنشائي بأن إنبعاج المسند هو نمط الفشل الأساسي المسيطر، ستصمم المنشآت ومرفقاتها ذات فئة الإشغال (IV) لمقاومة القوى الزلزالية وكما يلي:

أ- معامل الإستجابة الزلزالية لهذا النوع من الفشل سيكون كما بالفقرة (3-1/2/9) لهذه المدونة بـ (I/R) مساوية لـ (1.0). من الممكن الاستعانة بدراسة سلوك التربة-المنشأ والمائع-المنشأ في تحديد الإستجابة الإنشائية. ولا داعٍ لأن تؤخذ في الحسبان تجميعات القوى الشاقولية أو المتعامدة.

ب- تعرف مقاومة المنشأ أو المكون بمقاومة الإنبعاج الحرجة له، بمعنى جعل معامل الأمان مساوياً لـ (1.0).

ت- يصمم كل من الأساس والمثبت لمقاومة الحمل المحسوب في (أ). يجب أن يصمم الأساس لتكون أبعاده متناسبة لتحقيق نسبة إستقرارية لا تقل عن (1.2) ضد العزم الانقلابي. يجب أن لا يتجاوز ضغط رد فعل التربة تحت الأساس القيمة الأقل من قابلية التحمل القصوى لها أو 3 أضعاف قابلية التحمل المسموح بها. تصمم كل المكونات والعناصر الإنشائية للأساس لمقاومة تجميعات الاحمال بعامل حمل مساوٍ لـ (1.0) لكل الأحمال التي تشمل الحمل الميت والحمل الحي وحمل الهزة الأرضية. ويسمح للدعائم أن تصل الاجهادات فيها الى حد الخضوع.

6-6/10/7 المنشآت الفولاذية الملحومة لخرن المياه Welded Steel Water Storage Structures

المنشآت الفولاذية الملحومة العالية التي تستعمل لخرن المياه تصمم وتفضل طبقاً للمتطلبات الزلزالية في ANSI/AWWA D100-96 وهذه المدونة عدا وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة فيها عند اتباع طريقة التصميم بالاجهادات المسموح بها مع احلال المقادير الآتية محل $\left(\frac{ZC}{R_w / I} \right)$ في المعادلتين (13-1) و (13-3) لـ ANSI/AWWA D100-96 وجعل قيمة (S) مساوية لـ (1.0).

عندما $T \leq T_s$ عوض المقدار التالي:

$$\frac{S_{DS}}{1.4 \left(\frac{R}{I} \right)} \dots\dots\dots (23/7-6)$$

عندما $T_s < T \leq 4 \text{ sec}$ عوض المقدار التالي:

$$\frac{S_{D1}}{T \left[1.4 \left(\frac{R}{I} \right) \right]} \dots\dots\dots (24/7-6)$$

6-1/6/10/7 طرائق التحليل Analysis Procedures

يمكن استعمال طريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة، ويسمح أيضاً باستعمال أي تحليل آخر أكثر دقة. إن تحليل المنشآت ذات القاعدة الأحادية يعتمد على أن القاعدة ثابتة، ذات درجة حرية أحادية. إن كل الكتل، بضمنها السائل، يجب أن تعد صلبة ما لم يعرف أسلوب ترجرجها (sloshing) (بمعنى أن النسبة المئوية لكتلة المادة المترجرجة ومركزها يتحددان اعتماداً على شكل الخزان وتحليل التداخل بين السائل والمنشأ، أو بالفحص). وتحليل التداخل في سلوك التربة مع المنشأ مسموح به.

6-2/6/10/7 فترة المنشأ Structure Period

إن الفترة الأساسية لإهتزاز المنشأ تعين باستعمال الخواص الانشائية والتشوهات لعناصره المقاومة في التحليل الشامل الذي يجري. الفترة المستعملة في حساب معامل الإستجابة الزلزالية يجب أن لا تتجاوز 4 ثوانٍ. تراجع الوثيقة المرجعية ANSI/AWWA D100-96 للإسترشاد بها عند حساب الفترة الأساسية للمنشآت المدعمة بشكل متقاطع.

6-7/10/7 الخزانات المركبة ذات القاعدة الخرسانية Concrete Pedestal (Composite) Tanks

إن المنشآت العالية ذات القاعدة الخرسانية (المركبة من الحديد والخرسانة) المستعملة لخزن المياه تصمم طبقاً لمتطلبات ACI 371R-98 مع وجوب تعديل القوى التصميمية المؤثرة فيها كالاتي:
في المعادلة (4-8) من المرجع [5]، عندما تكون $T_s < T \leq 2.5 \text{ sec}$ يعوض المقدار $\left(\frac{1.2C_v}{RT^{2/3}}\right)$ ليحل محله:

$$\frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \dots\dots\dots (25/7-6)$$

في المعادلة (3-8) من المرجع [5]، يعوض المقدار $\left(\frac{2.5C_a}{R}\right)$ ليحل محله المقدار

$$\frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \dots\dots\dots (26/7-6)$$

في المعادلة (4-9) من المرجع [5]، يعوض المقدار $(0.5 C_a)$ ليحل محله المقدار.

$$0.2 S_{DS} \dots\dots\dots (27/7-6)$$

6-1/7/10/7 طرائق التحليل Analysis Procedures

طريقة تحليل القوة الجانبية المكافئة يسمح بها لكل الخزانات ذات القاعدة الخرسانية وهي تعتمد على أن القاعدة ثابتة ذات درجة حرية أحادية. إن كل الكتل المخزونة في الخزانات بضمنها السائلة، ستعد صلبة ما لم تعرف ميكانيكية الترجرج sloshing (بمعنى النسبة المئوية لكتلة المادة المترجرجة ومركزها) لشكل الوعاء المعني بإجراء تحليل تفصيلي لتداخل المائع - المنشأ أو بالفحص. من الممكن تضمين تداخل التربة والمنشأ وكما في الباب الثالث يسمح بأن يكون التحليل أكثر دقة.

6-7/10/2 فترة المنشأ Structure Period

ان الفترة الأساسية لإهتزاز المنشأ تعين بمعرفة المواصفات الإنشائية للمقاطع غير المتشققة وخصائص التشوه لعناصره المقاومة في التحليل الشامل المناسب. الفترة المستعملة في حساب معامل الإستجابة الزلزالية يجب أن لا تتجاوز 2.5 ثانية.

6-11/7 المراجل وأوعية الضغط Boilers and Pressure Vessels

6-11/7 عام General

تصمم التوصيلات المربوطة بحافات اوعية الضغط، وأنظمة التثبيت لمقاومة القوة الجانبية للمراجل وأوعية الضغط بحسب متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (3-8) أو (4-8) والمتطلبات الإضافية في هذا البند. أما المراجل وأوعية الضغط المصنفة ضمن فئة الإشغال III أو IV فتصمم لتفي بمتطلبات القوة والإزاحة للفصلين (3-6) و (4-6).

6-11/2 المراجل وأوعية الضغط المصممة بموجب متطلبات الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين

ASME Boiler and Pressure Vessels

المراجل وأوعية الضغط المصممة والمنشأة طبقاً لـ ASME BPVC-03 تعد انها تحقق متطلبات هذا البند إن كانت متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (3-6) و (4-6) قد استعملت بعد اجراء تغيير مناسب في متطلبات القوة والإزاحة لنتناسب مع التصميم بطريقة الاجهادات المسموح بها.

6-11/3 توصيلات الآلات والمواد المقاومة للحرارة الداخلية

Attachments of Internal Equipment and Refractory

يجب أن تصمم التوصيلات المربوطة بالحدود الخارجية للمكونات الداخلية والخارجية لأوعية الضغط (من المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية والفرزات المخروطية وغيرها) refractory, cyclones, trays,) (etc. لمقاومة القوى الزلزالية المعينة في هذه المدونة لمنع تمزق وعاء الضغط. وكبدل يمكن تصميم العنصر المتصل ليفشل قبل فشل وعاء الضغط نفسه أو تحصل فيه أضرار بحيث أن توابع فشل العنصر لا تضع وعاء الضغط تحت الخطر. بالنسبة للمراجل أو الأوعية الحاوية على السوائل، يجب أن يؤخذ تأثير الترجرج (sloshing) في الآلات الداخلية في الحسبان عندما تكون هذه الآلات قادرة على إلحاق الضرر بوعاء الضغط.

6-11/4 إزدواجية الوعاء والمنشأ الساند Coupling of Vessel and Support Structure

عندما تكون كتلة وعاء الضغط العامل أو الأوعية المسندة أكبر من 25 بالمئة من الكتلة الكلية للمنشأ بأكمله، فأن تصميم المنشأ والوعاء سيأخذ في الحسبان تأثيرات الإزدواجية الحركية بين كل منهما. كذلك يجب أن تؤخذ في الحسبان الإزدواجية مع المنشآت المجاورة المتصلة، مثل الأبراج المتعددة اذا كانت المنشآت متصلة داخلياً بعناصر تعمل على نقل الأحمال من منشأ الى آخر.

5/11/7-6 الكتلة الفعالة Effective Mass

ان التداخل في سلوك المنشأ مع المائع (المادة المخزونة) خلال ترجرجه (sloshing) يجب أن يؤخذ في الحسبان عند تحديد الكتلة الفعالة للمادة المخزونة بشرط وجود سطح سائل كافٍ لحدوث الترجرج وتكون فترة الترجرج (T_c) أكبر من $3T$. إن التغييرات الحاصلة في كثافة المادة مع الضغط والحرارة يجب أن تؤخذ في الحسبان أيضاً.

6/11/7-6 المراجل وأوعية الضغط الأخرى Other Boilers and Pressure Vessels

المراجل وأوعية الضغط المصنفة ضمن فئة الإشغال IV وغير المصممة أو المنشأة طبقاً لمتطلبات ASME BPV-03 يجب أن تتحقق فيها المتطلبات الآتية:

لايتجاوز مجموع الأحمال الزلزالية مع الأحمال الخدمية الأخرى وأحمال الظروف البيئية مقاومة المادة الموضحة في الجدول (4/7-6).

يجب أن يأخذ التصميم في الحسبان مسألة تقليل مقدار أحمال الصدم الزلزالية على المراجل أو مكونات الوعاء المصنعة من مواد غير مطيلية أو في حالات الأوعية التي تعمل بطريقة تؤدي الى تقليل مطيلية المادة المصنوعة منها. (مثل، المواقع التي تسود فيها درجات الحرارة الواطئة).

الجدول 4/7-6: أعظم مقاومة للمادة

نوع المادة	النسبة الدنيا F_u/F_y	المقاومة العظمى لمادة الوعاء أو المرجل	مقاومة المادة العظمى عندما تكون مسننة (a)
المواد المطيلية (مثل، الفولاذ، الألمنيوم، النحاس)	1.33 ^b	90% ^d	70% ^d
المواد شبه المطيلية	1.2 ^c	70% ^d	50% ^d
(المواد غير المطيلية) (مثل، حديد الصب، السيراميك، الفيبركلاس)	NA	25% ^e	20% ^e

a. الرابط المسنن للوعاء أو نظام الإسناد.

b. يجب أن تحصل فيها استطالة بمقدار 20% على الأقل بحسب المواصفة الخاصة بالمادة في المرجع ASTM.

c. يجب أن تحصل فيها استطالة بمقدار 15% على الأقل بحسب المواصفة الخاصة بالمادة في المرجع ASTM.

d. المقدار المحدد هو نسبة مئوية من مقاومة الخضوع الدنيا المحددة للمادة.

e. المقدار المحدد هو نسبة مئوية من مقاومة الشد الدنيا المحددة للمادة.

Supports and Attachments for Boilers and Pressure Vessels

يجب أن تحقق كل من التوصيلات المربوطة بالحدود الخارجية لوعاء الضغط ومساند المراجل وأوعية الضغط المتطلبات الآتية:

أ- يجب أن تنشأ التوصيلات والمساند الناقلة للأحمال الزلزالية من مواد مطيلية ملائمة للاستعمال المقصود والظروف البيئية.

ب- يجب أن تكون المثبتات الزلزالية المطمورة في الخرسانة من مواد مطيلية وتفاصيلها تقاوم الاحمال الدورية.

ت- يجب أن تصمم التوصيلات والمساند الزلزالية للمنشآت وتنشأ بحيث يبقى المسند أو التوصيل مطيلاً خلال حدود الإزاحات والأحمال الجانبية الزلزالية وارتداداتها المعاكسة.

ث- يجب أن يأخذ تصميم توصيلات اوعية الضغط في الحسبان تأثير كل من الوعاء والمسند بردود الأفعال الشاقولية غير المنتظمة الناشئة عن الاختلافات في الجساء النسبية لأعضاء المسند والتفاصيل المختلفة والحشوات shimming غير المنتظمة، أو المساند غير المنتظمة.

إن التوزيع غير المنتظم للقوى الجانبية يجب أن يأخذ في الحسبان التوزيع النسبي للعناصر المقاومة لهذه القوى، وسلوك تفاصيل ربطها، وتوزيع قوى القص على الوعاء.

يجب أن تطبق متطلبات الفصل (6-4) والفقرة (6-5/10) على هذه الفقرة.

6-7/12 خزانات السوائل والغاز الكروية Liquid and Gas Spheres

6-7/12 عام General

يجب أن تصمم التوصيلات المربوطة بالحدود الخارجية لأوعية الضغط أو خزانات السوائل، والمساند وأنظمة تثبيت مقاومة القوة الجانبية لتحقيق متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (6-3) و (6-4) والمتطلبات الإضافية في هذا البند. تصمم خزانات السوائل والغاز الكروية المصنفة ضمن فئة الإشغال (III) أو (IV) لتحقيق متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (6-3) و (6-4).

6-7/12/2 خزانات السوائل والغاز الكروية المصممة بحسب متطلبات الجمعية الامريكية للمهندسين

الميكانيكيين ASME Spheres

الخزانات الكروية المصممة والمنشأة طبقاً للجزء VIII من الوثيقة المرجعية ASME BPVC-03 تعد انها تحقق متطلبات هذا البند بشرط أن تكون متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (6-3) و (6-4) قد تحققت بعد اجراء تغيير مناسب في متطلبات القوة والإزاحة لتتناسب مع التصميم بطريقة الاجهادات المسموح بها.

6-7/12/3 توصيلات الاجهزة الداخلية والمواد المقاومة للحرارة

Attachments for Internal Equipment and Refractory

يجب أن تصمم التوصيلات المربوطة بالحدود الخارجية للمكونات الداخلية والخارجية من اوعية الضغط وخزانات السوائل (من المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية والفرزات المخروطية وغيرها)

(refractory, cyclones, trays, etc.) لمقاومة القوى الزلزالية المحددة في هذه المدونة لمنع تمزق وعاء الضغط. وكبديل، يمكن تصميم العنصر المتصل بالخزان الكروي ليفشل قبل إصابة وعاء الضغط أو الخزان بأضرار بحيث أن توابع فشل العنصر المتصل لا تضع وعاء الضغط والخزان تحت الخطر. بالنسبة للخزانات الكروية الحاوية على السوائل، يجب أن يؤخذ تأثير ترجرج السائل (sloshing) على الأجهزة الداخلية في الحسبان عندما تكون هذه الأجهزة قادرة على الحاق الضرر بالحدود الخارجية لوعاء الضغط.

4/12/7-6 الكتلة الفعالة Effective Mass

ان التداخل في سلوك المنشأ مع المائع (المادة المخزونة) خلال ترجرجه يجب أن يؤخذ في الحسبان عند تحديد الكتلة الفعالة للمادة المخزونة بشرط وجود سطح سائل كافٍ لحدوث الترجرج وتكون فترة الترجرج T_c أكبر من $3T$. إن التغييرات الحاصلة في كثافة المادة مع اختلاف الضغط والحرارة يجب أن تؤخذ في الحسبان أيضاً.

5/12/7-6 الخزانات الكروية المستندة على دعامة أو عمود Post and Rod Support

- بالنسبة للخزانات الكروية المسندة والمدعمة بشكل متقاطع:
- أ- يجب أن تتحقق متطلبات الفقرة (4/10/7-6) على هذه الخزانات.
 - ب- إن تأثير الجساءة Stiffening Effect (أي تقليل الإزاحة الجانبية) الحاصل بسبب الشد المسبق لعناصر التدعيم يجب أن يؤخذ في الحسبان عند تحديد الفترة الطبيعية.
 - ت- يجب أن يؤخذ في الحسبان الإنبعاج الموضعي ونحافة الدعامة.
 - ث- يجب أن يؤخذ في الحسبان الإنبعاج الموضعي لقشرة الخزان الكروي عند نقطة اتصال الدعامة مع الخزان.
 - ج- يجب أن تصمم وتنشأ توصيلات التدعيم، في الخزانات الكروية الخازنة للسوائل بحيث يصل الاجهاد في عنصر التدعيم الى مقاومة الخضوع الصغرى. بالنسبة للخزانات الكروية الخازنة لبخار الغاز فقط، تصمم مناطق ربط عناصر التدعيم لتتحمل حملاً مقداره (Ω_0) مضروباً في حمل التصميم الاعظم لعنصر التدعيم. يحظر ربط عناصر التدعيم الجانبية مباشرة بالحدود الخارجية لوعية الضغط وخزانات السوائل.

6/12/7-6 الخزانات الكروية المستندة على حافاتها Skirt-Supported Spherical Tanks

- بالنسبة للخزانات الكروية المستندة على حافاتها يجب أن تتحقق المتطلبات التالية:
- أ- متطلبات الفقرة (5/10/7-6).
 - ب- الإنبعاج الموضعي للحافات تحت تأثير قوى الانضغاط الغشائية الناتجة من الحمل المحوري وعزوم الإنثناء يجب أن يؤخذ في الحسبان.
 - ت- تصمم مناطق الفتحات في مساند الحافات (نقاط التفتيش، مناطق دخول الأنابيب، ... الخ) وتنشأ للحفاظ على مقاومة الحافة بدون اختراقات.

6-7/13 الخزانات والأوعية الخازنة لسوائل غازات التبريد

Refrigerated Gas Liquid Storage Tanks and Vessels

1/13/7-6 عام General

ان التصميم الزلزالي للخزانات ومستلزمات خزن الهيدروكربونات المسيلة وسوائل غازات التبريد يقع خارج نطاق هذه الفقرة. وتصميم هذه الخزانات تعالجه الوثائق المرجعية المبينة في الفصل (6-2).
إستثناء: تصمم الخزانات الفولاذية الملحومة المستعملة لخزن الغازات الهيدروكربونية المسيلة تحت الضغط المنخفض (البيوتان، البروبان... الخ) وسوائل غازات التجميد (كالامونيا) لتحقيق متطلبات البند (6-7/8) والوثيقة المرجعية (API 620-02).

6-7/14 الأوعية المسندة أفقياً أو سرجياً والخاصة بخزن السوائل أو الأبخرة

Horizontal, Saddle Supported Vessels for Liquid or Vapor Storage

1/14/7-6 عام General

الأوعية الأفقية المسندة على السروج (يشار إليها أحياناً بالمناطيد) يجب أن تصمم لتحقيق متطلبات القوة والإزاحة للفصلين (6-3) و (6-4).

6-7/14/2 الكتلة الفعالة Effective Mass

يجب أن تؤخذ في الحسبان التغيرات والإختلافات الحاصلة في كثافة المادة المخزونة. إن تصميم المساند والسروج والمثبتات والأساس لتحمل قوى وعزوم الحمل الزلزالي يقوم على افتراض أن المادة المخزونة هي كتلة صلبة تؤثر في مركز الجاذبية الحجمي لها.

6-7/14/3 تصميم الوعاء Vessel Design

ما لم يتحقق القيام بتحليل أكثر دقة:

- أ- إن الأوعية الأفقية ذات نسبة طول الى قطر تساوي (6) أو أكثر يفترض عدها عتبة بسيطة الاستناد تمتد بين حافتي السرج لأغراض تحديد الفترة الطبيعية للاهتزاز وعزم الإنثناء الكلي.
- ب- أما الأوعية الأفقية ذات نسبة طول الى قطر أقل من (6) فإن تأثيرات (قص العتبة العميقة Deep beam shear) يجب أن تؤخذ في الحسبان عند تحديد الفترة الأساسية وتوزيع الإجهاد.
- ت- يجب أن يؤخذ في الحسبان الإنثناء والانبعاج الموضعي لقشرة الوعاء عند نقطتي استناد الوعاء (حافتي السرج) بسبب الحمل الزلزالي. لايجوز أن تؤخذ تأثيرات التوازن في الضغط الداخلي في الحسبان لزيادة قدرة قشرة الوعاء على مقاومة الانبعاج.
- ث- اذا كان الوعاء يستعمل لخزن مزيج من السائل والغاز، يجب أن يصمم الوعاء ومساعده لتحمل الحالتين التاليتين: مع وبدون تأثير ضغط الغاز (أي يفرض أن الأنابيب قد تمزقت وان الضغط غير موجود).

مراجع الباب السادس

- [1] Saudi Building Code, "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.
- [2] ACI, "Standard Practice for the Design and Construction of Cast-In-Place Reinforced Concrete Chimneys", ACI 307, 1995.
- [3] ACI, "Standard Practice for the Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials", ACI 313, 1997.
- [4] ACI "Standard Practice for the Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures", ACI 350.3/350.3R, 1999.
- [5] ACI "Guide to the Analysis, Design, and Construction of Concrete-Pedestal Water Towers", ACI 371R, 1998.
- [6] ANSI, "Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia", ANSI K61.1.
- [7] American Petroleum Institute (API), "Design and Construction of Large, Welded, Low Pressure Storage Tanks", API 620, 9th Edition, Addendum 3, December, 1998.
- [8] API, "Welded Steel Tanks For Oil Storage", API 650, 10th Edition, Addendum 1, March 2000.
- [9] API, "Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction", ANSI/API 653, 2nd Edition, Addendum 4, December, 1999.
- [10] API, "Design and Construction of Liquefied Petroleum Gas Installation", ANSI/API 2510, 7th Edition, May, 1995.
- [11] API, "Bolted Tanks for Storage of Production Liquids", Specification 12B, 14th Edition, February, 1995.
- [12] ASME, "Boiler and Pressure Vessel Code", Including Addenda through, 2000.
- [13] ASME, "Steel Stacks", ASME STS-1, 1992.
- [14] ASME, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", ASME B31.8, 1995.
- [15] ASME, "Welded Aluminum-Alloy Storage Tanks", ASME B96.1, 1999.
- [16] American Water Works Association (AWWA), "Welded Steel Tanks for Water Storage", ANSI/AWWA D100, 1997.
- [17] AWWA. "Factory-Coated Bolted Steel Tanks for Water Storage", ANSI/AWWA D103, 1997.
- [18] AWWA, "Wire- and Strand-Wound Circular for Prestressed Concrete Water Tanks", ANSI/AWWA D110, 1995.

- [19] AWWA, "*Circular Prestressed Concrete Tanks with Circumferential Tendons*", ANSI/AWWA DI15, 1995.
- [20] National Fire Protection Association (NFPA), "*Flammable and Combustible Liquids Code*", ANSI/NFPA 30, 2000.
- [21] NFPA, "*Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gas*", ANSI/NFPA 58, 2001.
- [22] NFPA, "*Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases at Utility Gas Plants*", ANSI/NFPA 59, 2001.
- [23] NFPA, "*Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*", ANSI/NFPA 59A, 2001.
- [24] ASTM, "*Standard Practice for the Design and Manufacture of Amusement Rides and Devices*", ASTM F1159, 1992.
- [25] ASTM, "*Standard Guide for Design and Construction of Brick Liners for Industrial Chimneys*", ASTM C1298, 1998.
- [26] Rack Manufacturers Institute (RMI), "*Specification for the Design, Testing, and Utilization of Industrial Steel Storage Racks*", 1997.
- [27] U.S. Department of Transportation (DOT). "*Pipeline Safety Regulations*", Title 49CFR, Part 193.
- [28] U.S. Naval Facilities Command (NAVFAC). "*The Seismic Design of Waterfront Retaining Structures*", NAVFAC R-939.
- [29] U.S. Naval Facilities Engineering Command. "*Piers and Wharves*", NAVFAC DM-25.1.
- [30] U.S. Army Corps of Engineers (USACE), "*Seismic Design for Buildings*", Army TM 5-809-10/ NAVFAC P-355/Air Force AFM 88-3, Chapter 13, 1992.
- [31] Compressed Gas Association (CGA), "*Guide for Flat-Bottomed LOX/LIN/LAR Storage Tank Systems*", 1st Edition, 1999.

الباب السابع

أسلوب تصنيف الموقع لأغراض التصميم الزلزالي ومتطلبات تصميم التربة SITE CLASSIFICATION PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN AND SOIL DESIGN REQUIREMENTS

1-7 عام General

1/1-7 تعاريف صنف الموقع Site Class Definitions

يجب أن يصنف الموقع ضمن إحدى فئات التصنيف التالية:

A = صخر صلب، بحيث تكون سرعة أمواج القص المقاسة فيه، $V_s < (1500 \text{ m/sec})$.

B = صخر تكون سرعة أمواج القص فيه ضمن الحدين $[760 \text{ m/sec} < V_s \leq 1500 \text{ m/sec}]$

C = تربة ذات كثافة عالية وصخر رخو تكون سرعة أمواج القص فيها ضمن الحدين

$[370 \text{ m/sec} < V_s \leq 760 \text{ m/sec}]$ أو تربة تحقق إما $(N_{ch} > 50)$ أو $(Su \geq 100 \text{ kPa})$.

D = تربة صلبة تكون سرعة أمواج القص فيها ضمن الحدين $[180 \text{ m/sec} < V_s \leq 370 \text{ m/sec}]$ أو تحقق

$(15 \leq N_i)$ أو $(N_{ch} \leq 50)$ أو $(50 \text{ kPa} \leq Su \leq 100 \text{ kPa})$.

E = تربة طينية تتحقق فيها $(V_s < 180 \text{ m/sec})$ أو أي مقطع لتربة بسمك أكبر من ثلاثة أمتار من الطين

الرخو. ولكي يكون الطين رخو يجب أن تتحقق فيه الخصائص التالية: $(PI > 20)$ ، $(w \geq 40\%)$ ، و $(Su < 25 \text{ kPa})$.

F = الترب التي تتطلب اختبارات حقلية خاصة وتشمل:

1. التربة المعرضة لإحتمال الإنهيار أو التدمير تحت تأثير الأحمال الزلزالية مثل التربة القابلة للتسييل والتربة الطينية ذات الحساسية العالية، والتربة الانهيارية الضعيفة المقواة بالسمنت.

استثناء: للمنشآت التي لها فترات اهتزاز أساسية أقل من أو مساوية إلى (0.5 ثانية)، فإن الحاجة إلى إجراء اختبارات حقلية خاصة لتربتها غير مطلوبة لإيجاد تعجيلات الطيف للتربة القابلة للتسييل. وإنما يحدد صنف الموقع على وفق الفقرة 2/1/1-7 وتحسب القيمتان F_v و F_a من الجدولين (2-1/2) أو (2-2/1ب).

2. التربة عالية العضوية و/أو التربة الطينية ذات المحتوى العضوي العالي (سمك التربة (H) : $H > 3 \text{ m}$).

3. التربة الطينية ذات معامل اللدونة العالي جداً بحيث تكون قيمة $(H > 8 \text{ m})$ مع مؤشر اللدونة PI لها $(PI > 75)$.

4. التربة الطينية السمكة جداً ذات المتانة الضعيفة / المتوسطة حيث $(H > 37 \text{ m})$

استثناء: عندما تكون خصائص التربة غير معروفة بالتفاصيل الكافية لتحديد صنف الموقع، عندها يستعمل الصنف D. ولا يعطى للموقع الصنف E إلا إذا توافرت معلومات موثوقة بشكل رسمي تؤكد ذلك مبنية على معلومات جيوتكنيكية.

1/1/1-7 المراجع القياسية Referenced Standard

يستعان بالمراجع المذكورة في نهاية الباب [2] إلى [6] لتحديد المعاملات الزلزالية.

2/1/1-7 خطوات تصنيف الموقع Steps for Classifying a Site

تستعمل الخطوات التالية في تحديد صنف الموقع:

الخطوة الأولى: يدقق صنف الموقع لحالة تصانيف الفئات الزلزالية الأربع (A و B و C و D)، بالنسبة للصنف F فإنه يحتاج إلى اختبارات حقلية خاصة. إذا كان الموقع لا ينتمي لأي من الفئات الأربعة، يصنف الموقع ضمن الفئة F ثم تجرى اختبارات حقلية خاصة لتربيته.

الخطوة الثانية: يدقق وجود تربة طينية رخوة ذات سمك كلي أكبر من 3 م، حيث تعد طبقة التربة الطينية التي لها $S_u < 25 \text{ kPa}$ ، $w \geq 40\%$ و $PI > 20$ (بحسب المواصفة ASTM D4318-93) لدنة. وفي حال تحقق هذه الشروط يكون صنف التربة ضمن الفئة E.

الخطوة الثالثة: يصنف الموقع بإحدى الطرائق الثلاث الآتية بعد حساب كل من V_s و N و S_u في كل الحالات كما حددت بالتعاريف في البند (2/1-7).

أ- طريقة قياس سرعة الأمواج القصية للتربة V_s :

تقاس السرعة للـ (30) مترا العليا من التربة وتقارن بالقيمة المعطاة في البند (1/1-7) والجدول (1/1-7) ويحدد صنف الموقع.

V_s بالنسبة للصخور، من الصنف B، يجب قياسها في الموقع أو تقدر من قبل مهندس تربة أو جيولوجي في الزلازل بالنسبة للصخر الذي يمتلك خصائص متوسطة في التصدع والتعرية.

V_s بالنسبة للصخور الأكثر رخاوة والأكثر عرضة إلى التصدع والتعرية تقاس هذه السرعة اما في الموقع أو تصنف على أنها تربة من الصنف C.

اما الصخور الصلبة الواقعة ضمن الصنف A، فيتحقق تأكيد تصنيفها بقياس سرعة امواج القص اما في الموقع أو على مقاطع مماثلة من نفس نوع الصخور وب نفس التكوين بحيث تكون معرضة لنفس الدرجة أو اشد من عوامل التعرية والتصدع.

عندما يكون معلوما استمرار وجود الصخر الصلب حتى عمق (30 م) على الأقل، فيمكن استنتاج قيمة V_s بعملية الاستكمال الخطي (Extrapolation).

لايجوز اعتماد التصنيفين A و B لتربة الموقع في حال وجود طبقة بينية من تربة مغايرة بسمك يزيد على (3 م) تقع بين أعلى الطبقة الصخرية وأسفل الأسس المنفردة أو الحصرية.

ب- طريقة تعيين عدد ضربات فحص الاختراق القياسي للتربة (N):

يحدد عدد ضربات فحص الاختراق القياسي N للـ (30 م) العليا من التربة، ويقارن بالقيم المعطاة في البند (1/1-7) أو الجدول (1/1-7) ثم يحدد صنف الموقع.

ت- طريقة تعيين مقاومة القص غير المبزولة للتربة (S_u):

للتربة المتماسكة (الطينية) تحدد قيمة مقاومة القص غير المبزولة للـ (30) مترا العليا منها ثم تقارن بالقيم المعطاة في البند (1/1-7) أو الجدول (1/1-7) ثم يحدد صنف الموقع. وعندما تختلف معايير S_u و N_{ch} يحدد الصنف باختيار التربة الأضعف (أي أن التربة ذات صنف الموقع E تعد الأضعف من تلك المنسوبة الى الصنف D).

الجدول 1/1-7: تصنيف الموقع

تصنيف الموقع	Vs	N or N_{ch}	S_u
A صخر صلب	$> 1500 \text{ m/s}$	لا ينطبق	لا ينطبق
B صخري	760 to 1500 m/s	لا ينطبق	لا ينطبق
C تربة ذات كثافة عالية أو صخر رخو	370 to 760 m/s	> 50	$> 100 \text{ kPa}$
D تربة صلبة	180 to 370 m/s	15 to 50	50 to 100 kPa
E تربة طينية رخوة	$< 180 \text{ m/s}$	< 15	$< 50 \text{ kPa}$
	أي مقطع للتربة بسمك اكبر من 3 م وله الخصائص الآتية: - مؤشر اللدونة $PI > 20$ - محتوى الرطوبة $w \geq 40\%$ - مقاومة القص غير المبزولة $S_u < 25 \text{ kPa}$		
F أنواع التربة التي تتطلب إجراء اختبارات حقلية خاصة	1. التربة المعرضة لإحتمال الإنهيار 2. الطفال و/أو التربة الطينية ذات المحتوى العضوي المرتفع 3. التربة الطينية ذات مؤشر اللدونة العالي جداً 4. التربة الطينية السمكية الرخوة / المتوسطة		

ملاحظة: عندما تكون خصائص التربة غير معلومة بتفصيل كافٍ لتحديد صنف الموقع، تصنف ضمن أحد الصنفين D أو E.

2/1-7 تعريف عوامل صنف الموقع Definitions of Site Class Parameters

التعاريف المذكورة لاحقاً تطبق على الـ (30 م) العليا من مقطع التربة للموقع. إذا كانت الـ (30 م) العليا تتألف من مجموعة من طبقات التربة المختلفة فإنها يجب أن تقسم إلى أجزاء وتعطى أرقاماً بدءاً من (1) إلى (n) في الأسفل أي تقسم الـ (30 م) العليا إلى (n) من الطبقات المتميزة. عندما تكون بعض هذه الطبقات طينية والآخرى ليست كذلك، يكون k هو عدد طبقات التربة الطينية و m هو عدد طبقات التربة غير المتماسكة. الرمز i يشير إلى أي من الطبقات الواقعة بين 1 و n.

V_{si} : سرعة امواج القص مقاسة بـ (م/ثانية)

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}} \quad \dots\dots\dots (1/1-7)$$

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad \dots\dots\dots (2/1-7)$$

$$N_{ch} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^m \frac{d_i}{N_i}} \quad \dots\dots\dots (3/1-7)$$

$$S_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{S_{ui}}} \quad \dots\dots\dots (4/1-7)$$

حيث ان: $\sum_{i=1}^k d_i = d_c$

d_i : سمك اية طبقة بين صفر و 30 متراً

N_i : عدد ضربات فحص الاختراق القياسي للطبقة i الذي يحدد بحسب ASTM D1586-84. ويجب ألا يتجاوز 100 ضربة لكل 300 ملم عند قياسها مباشرة في الحقل بدون إجراء تصحيحات.

d_s : السمك الكلي لطبقات التربة غير المتماسكة في الـ (30 متراً) العليا.

S_{ui} : مقاومة القص غير المبزولة (كيلوباسكال) للطبقة i على أن لا تزيد على 240 كيلوباسكال بحسب

ASTM D2166-91 أو ASTM D2850-87

d_c : السمك الكلي لطبقات التربة المتماسكة في الـ 30 متراً العليا ($d_c = 30 - d_s$).

PI: مؤشر اللدونة بحسب ASTM D4318-93.

w: النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة بحسب ASTM D2216-92.

2-7 المتطلبات التصميمية المتعلقة بالتربة السائدة

Design Requirements Related to Supporting Soil

1/2-7 عام General

يحدد هذا الفصل المتطلبات التصميمية الإضافية للأسس السطحية (Shallow) والعميقة (Deep) (الركائز) الناتجة من تأثير الأحمال الزلزالية الجانبية في التربة المشيدة عليها هذه الأسس.

2/2-7 التصميم للتحمل الجانبي للتربة Design for Lateral Bearing of Soil

التصاميم التي تقاوم كلا من الأحمال المحورية والجانبية والتي تشتمل الأعمدة المدفونة في الأرض أو الممدودة في الأسس الخرسانية في الأرض يجب أن تحقق متطلبات الفقرتين (1/2/2-7) و (2/2/2-7).

1/2/2-7 تحديدات Restrictions

الاجراءات التصميمية المحددة في هذه الفقرة تتضمن التحديدات الآتية:

- أ- إن مقاومة الاحتكاك للجدران الإنشائية والبلاطات على الترب الغرينية والطينية يجب أن تزيد على نصف القوة العمودية المسلطة على التربة والناجمة من وزن الأساس أو البلاطة.
- ب- الأعمدة المغمورة في الأرض يجب أن تستعمل في تحقيق إسناد جانبي للمواد الإنشائية وغير الإنشائية مثل البلاستيك والطابوق والخرسانة ما لم يتوافر تدعيم (Bracing) يؤدي إلى تحديد الهطول المطلوب.

2/2/2-7 المعايير التصميمية Design Criterion

يجب إيجاد العمق المناسب للأساس لمقاومة الأحمال الجانبية من خلال المعايير التصميمية في العبارتين (1/2/2/2-7) و (2/2/2/2-7) أو بطرائق أخرى يصدق عليها الاستشاري.

1/2/2/2-7 الأسس غير المقيدة Unconfined Footings

المعادلة التالية يجب أن تستعمل لإيجاد عمق الامتداد المطلوب للأساس لمقاومة الأحمال عندما لا يتوافر تقييد للحركة عند سطح الأرض مثل طابق صلد أو رصيف صلد، وعندما لا يتوافر تقييد جانبي فوق سطح الأرض مثل حاجز انشائي (Structural diaphragm):

$$d = 0.5 A \left\{ 1 + [(4.36 h / A)]^{1/2} \right\} \dots\dots\dots (1/2-7)$$

حيث أن:

d = عمق الامتداد في الأرض بالأمتار ولا يزيد على (3.6 م) لأغراض حساب الضغط الجانبي.

h = المسافة بالأمتار من سطح الأرض لنقطة تأثير القوة "P".

وتعرف (A) في المعادلة (1/2-7) كما يأتي:

$$A = 2.34 P / (S_1 \cdot b) \dots\dots\dots (2/2-7)$$

P = القوة الجانبية المسلطة بالكيلونيوتن.

b = قطر العمود أو الأساس الدائري أو البعد القطري للعمود أو الأساس المربع.

2/2/2/2-7 الأسس المقيدة Confined Footings

المعادلة الآتية يجب أن تستعمل لإيجاد عمق الامتداد المطلوب للأساس لمقاومة الأحمال الجانبية عندما يتوافر تقييد عند مستوى الأرض مثل طابق أو رصيف صلد:

$$d^2 = 4.25(P h/S_3 b) \dots\dots\dots (3/2-7)$$

أو بدلا عنها المعادلة الآتية:

$$d^2 = 4.25(M_g /S_3 b) \dots\dots\dots (4/2-7)$$

حيث أن:

M_g = العزم في العمود عند مستوى سطح الأرض بوحدات كيلونيوتن.متر.

S_3 = الضغط الجانبي للتربة المسموح به، مبني على أساس أن العمق يساوي عمق الامتداد، بوحدات كيلو نيوتن/متر مربع.

3/2-7 المتطلبات الزلزالية Seismic Requirements

للأسس والمنشآت المخصصة والمصنفة ضمن فئتي التصميم الزلزالي C أو D، يجب أن تتحقق المتطلبات التصميمية الإنشائية في الوحدات السابقة والتي لا تتناقض مع المتطلبات الخاصة لهذا الباب.

4/2-7 التصميم الزلزالي للدعائم أو الركائز Seismic Design of Piers or Piles

1/4/2-7 فئة التصميم الزلزالي Seismic Design Category C

عندما يصنف المنشأ ضمن فئة التصميم الزلزالي C بموجب متطلبات الباب الثالث يجب أن تتحقق متطلبات فئتي التصميم الزلزالي A و B ، و كذلك فإن المتطلبات الآتية يجب أن تتحقق أيضا. فالركائز وقبعاتها والدعائم يجب أن تربط بواسطة رباطات (Ties) تكون قادرة على تحمل، في حالتي الشد والانضغاط، قوة مساوية إلى حاصل ضرب الحمل الأكبر لقبة الركائز أو العمود مضروبا في تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي الزلزالي S_{DS} مقسوما على 10 ما لم يُشر إلى توافر تقييد مكافيء من خلال أعتاب خرسانية مسلحة ممتدة بين البلاطات المستندة على الأرض أو البلاطات الخرسانية المسلحة المستندة مباشرة إلى الأرض أو توافر حصر (confinement) فعال من خلال صخور قوية أو تربة تماسكية قوية أو تربة حبيبية كثيفة جدا.

ان الاستجابة الزلزالية للأساس المستند إلى ركائز تختلف عن تلك التي يبديها الأساس السطحي (الضحل) (Shallow) بسبب الصلادة الكبيرة لمنظومة الركيزة - التربة مقارنة بالتربة وحدها، وكذلك بسبب تشتت الموجات بعيدا عن الركائز.

إن وجود الركائز المشيدة تحت الأسس أو الجسور الأرضية أو الأسس الحصىرية يمكن أن يؤثر بشكل كبير في دوال الاعاقة (Impedance). إذا كانت العناصر الضحلة (مثل قبة الركيزة أو الجسور الأرضية) تبقى بتماس مع التربة، فإن هذه العناصر يمكن أن تسهم بشكل مؤثر في الصلادة الجانبية والتخميد للأساس في حين تقوم الأسس العميقة بالتحكم بالاستجابة الجانبية إذا كان هناك فراغ (Gap) بين صبة قبة الركيزة والتربة. أما إعاقه الدوران فإنها تتأثر بشكل كبير بعناصر الأسس العميقة بسبب الصلادة المحورية العالية لها نسبة الى التربة. في الواقع، يفترض أن تكون قبعات الركائز بشكل عام غير ملاصقة

للتربة بسبب هبوط التربة المحتمل نتيجة التماس. وهذا يقود الى قيم واطنة للصلادة والتخميد إذا كان هناك تماس حقيقي بين القبة والتربة في أثناء حدوث الهزة الأرضية.

ان الصلادة الشاقولية والجانبية لعناصر الأسس العميقة تحلل بشكل عام باستعمال نماذج تتوزع فيها نوابض (Winkler) مربوطة على طول الركيزة. وتمثل الركيزة عادة بعناصر إنشائية من النوع (عتبة-عمود). أما تصرف التخميد للركائز المفردة ومجاميع الركائز فيمكن تحليله لحالات انفعال قليلة باستعمال حلول تحليلية مقترحة [9].

استثناءات: إن الدعائم الساندة لأسس الجدران والأعمدة الداخلية المعزولة بحيث أن العمود لا يتعرض لأية أحمال جانبية والمنصات والساحات الخارجية المحملة بحمل خفيف والبنائات المشغولة والمؤلفة من طابقين مشيدين من هيكل انشائي خفيف، لا يشترط فيها الترابط الداخلي اذا كان من الممكن اثبات أن الترب التي تستند اليها ذات صلادة مناسبة على أن يصدق الاستشاري على ذلك.

7-2/1/4 الربط بقبة الركيزة Pile Cap Fastening

الركائز الخرسانية والركائز الأنبوبية الحديدية التي تملأ بالخرسانة يجب أن تربط الى قبة الركيزة من خلال مد حديد تسليح الركيزة أو تثبيت أوتاد (Dowels) في الركيزة الخرسانية ومدها في القبة لمسافة تساوي مقدار طول التثبيت (Development length). بالنسبة للقضبان المحززة (Deformed)، يكون طول التثبيت هو نفس طول التثبيت في حالتي الشد والضغط بدون تقليل في الطول للمساحة الاضافية. إن نهايات الأطواق (Hoops) والتسليح الحلزوني (Spiral) والرباطات (Ties) يجب أن تنتهي بخطافات (عققات) زلزالية (Seismic hooks)، ويكون تدويرها باتجاه اللب الخرساني المحصور. ويكون الحد الأدنى لنسبة حديد التسليح العرضي لتحقيق الحصر الجانبي (Confinement) لا يقل عن نصف كمية الحديد المطلوبة في الأعمدة.

ولمقاومة قوى الرفع (Uplift)، يجب عمل تثبيت (Anchorage) للأنبوب الحديدي (ذي المقطع الدائري HSS أو المقطع الأنبوبي الحديدي المملوء بالخرسانة أو ركائز ذات المقطع H)، ويكون التثبيت بقبة الركيزة بطريقة تختلف عن تلك التقليدية التي تستعمل لربط الخرسانة بالمقطع الحديدي.

استثناءات: يمكن السماح باجراء تثبيت للركائز الأنبوبية الحديدية المملوءة بالخرسانة باستعمال قضبان محززة ممدودة خلال خرسانة الركيزة.

إن توصيلات حديد التسليح (Splices) يجب أن تمتد على طول الركيزة الذي يتطلب المقاومة، ولكن لا يشترط أن يتحمل حديد التسليح الوصلة المقاومة الاسمية للركيزة في حالة الشد أو القص أو الانحناء عندما تكون الركيزة مصممة لمقاومة أحمال محورية أو قوى قص أو عزوم انحناء بموجب تجميعات (Combinations) تنص عليها المواصفات التصميمية.

7-2/1/4/2 تفاصيل تصميمية Design Details

إن العزوم وقوى القص والازاحات الجانبية في الركائز والدعائم التي تستعمل في التصميم يجب أن تحسب بفرض وجود تداخل لا خطي بين الركيزة والتربة، ويتحقق ذلك من خلال توصيات مصمم محترف، وعندما تكون النسبة بين طول الامتداد للركيزة الى قطرها أو بعد مقطوعها الأصغر أقل من أو مساوية الى (6)، يمكن افتراض كون الركيزة صلبة (Rigid).

إن تأثيرات مجموعة الركائز في التربة في تقليل المقاومة الاسمية باتجاه القوة الجانبية للركيزة يجب أن تؤخذ في الحسبان عندما تكون المسافات بين مراكز الركائز لا تقل عن (8) أمثال قطر الركيزة. أما تأثيرات مجموعة الركائز في تقليل المقاومة الشاقولية الاسمية، فيجب أن تؤخذ في الحسبان عندما تكون المسافة بين مراكز الركائز أقل من (3) أمثال قطر الركيزة. إن المقاومة الاسمية لرفع الركيزة يجب أن تؤخذ مساوية الى مقاومة الرفع للركيزة التي تتحدد بقوة الاحتكاك المتولدة بين التربة والركيزة.

عندما يتطلب الامر توافر الطول الأدنى لامتداد حديد التسليح أو عندما تحدد مسافة تقارب اطواق حديد التسليح في الجزء العلوي من الركيزة أو الدعامة، يجب أن يستمر هذا الطول الأدنى أو مسافة تقارب الاطواق بعد منطقة القطع (Cutoff) في الركيزة أو الدعامة.

7-2/4/2 فئة التصميم الزلزالي Seismic Design Category D

عندما يصنف المنشأ ضمن فئة التصميم الزلزالي D يجب أن تتحقق المتطلبات التصميمية لفئة التصميم الزلزالي C بالإضافة إلى المتطلبات الآتية:

7-1/2/4/2 تفاصيل تصميمية للدعائم والركائز والعتبات الأرضية

Detail of Column, Piles and Floor Beams Design

يجب أن تصمم الركائز والدعائم وتنشأ لتحمل الأتقال القصوى والانحناءات (Curvature) الناتجة من حركة الهزة الأرضية واستجابة المنشأ. إن هذه الانحناءات يجب أن تتضمن الانفعالات في تربة المجال الحر المعدلة للتداخل الحاصل بين التربة والركيزة سوية مع تشوهات الركيزة أو الدعامة التي تسببها المقاومة الجانبية للركيزة أو الدعامة للقوى الزلزالية الجانبية للمنشأ.

يجب أن تصمم الأعتاب الأرضية لمقاومة القوى الناتجة من تجميعات القوى (Combination) بموجب المواصفات التصميمية.

7-2/2/4/2 الربط بقبة الركيزة Pile Cap Fastening

للركائز التي تصمم لمقاومة قوى الرفع أو تمتلك تقييدات ضد الدوران، يجب وضع تفاصيل لتصميم تثبيت هذه الركائز في قبعة الركيزة مع الأخذ في الحسبان التأثير المزدوج للقوى المحورية الناتجة من الرفع وعزوم الانحناء بسبب التثبيت بقبة الركيزة. يجب أن يحقق التثبيت (Anchorage) ضد الرفع حداً أدنى يمثل 25% من مقاومة الركيزة عند الشد. ويجب أن يكون التثبيت بقبة الركيزة قادراً على ما يأتي:

1. في حالة الرفع، تحقيق القيمة الأقل من مقاومة الشد الاسمية لحديد التسليح الطولي في الركيزة الخرسانية أو مقاومة الشد الاسمية للركيزة الحديدية أو المقاومة الاسمية للرفع للركيزة مضروبة في (1.3).

2. في حالة التقييد ضد الدوران، تحقيق القيمة الأقل من القوى المحورية وقوى القص والعزوم الناتجة من تجميعات الأحمال أو تحقيق المقاومة الاسمية القصوى للقوى المحورية والانحناء والقص للركيزة.

3/2/4/2-7 مقاومة الانحناء Flexural Strength

عندما تكون العناصر المقاومة للقوى الجانبية عبارة عن أعمدة، فيجب أن تكون مقاومة الانحناء للأعتاب الأرضية وقبعات الركائز أكبر من مقاومة العمود للانحناء.

3/4/2-7 التفاصيل التصميمية للدعائم والركائز ذات فئة التصميم الزلزالي E أو F

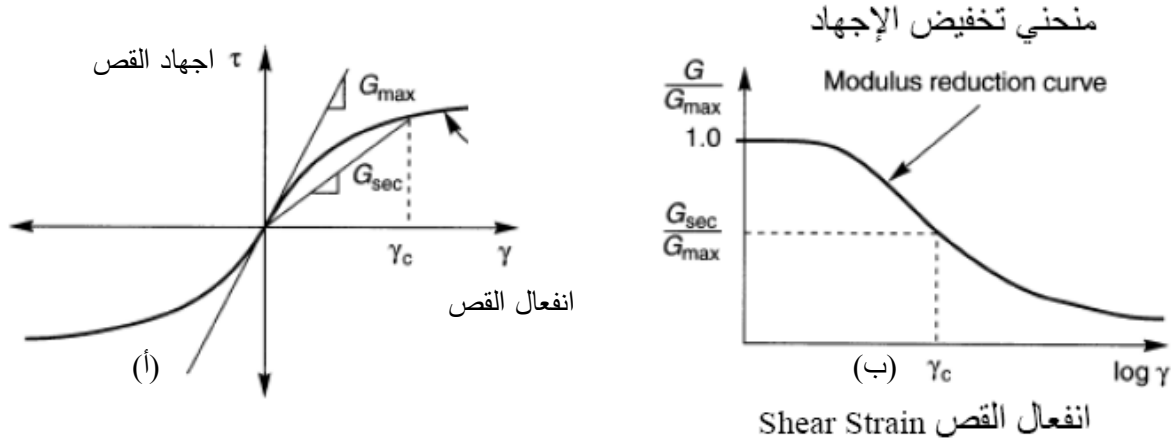
إن الدعائم والركائز يجب أن تصمم وتنشأ لتتحمل الانحناءات (Curvatures) القصوى التي تسببها الحركات الأرضية الناتجة من الهزات الأرضية واستجابة المنشأ. إن الانحناءات يجب أن تتضمن انفعالات التربة (Strains) لمجال حر معدل لحالة التداخل بين التربة والركيزة والمنشأ مقترنة مع تشوهات الدعامة أو الركيزة الناتجة من المقاومة الجانبية للدعامة أو الركيزة للقوى الزلزالية للمنشأ.

يجب أن تصمم وتسليح الدعائم والركائز في المواقع ذات فئة التصميم الزلزالي E أو F بحسب الفقرات (21.4.10) و(21.4.2) و(21.4.3) من المدونة السعودية SBC 304 والمذكورة في الملحق ج من هذه المدونة ويكون تصميمها وتسليحها ضمن مسافة مقدارها سبع مرات قطر الركيزة تبدأ من قبعة الركيزة (pile cap) ونقاط التماس (Interfaces) مع التربة الطينية الضعيفة (Soft) إلى الطين متوسط الصلادة أو طبقات التربة القابلة للتسييل (Liquefiable). وفي حالة الركائز الخرسانية مسبقة الصب والإجهاد يجب أن لا تتجاوز الإجهادات المحورية المسموح بها 35% من إجهاد الخضوع الأدنى (f_y) للحديد. وهناك استثناءات في حالات خاصة لزيادة الإجهادات المسموح بها يمكن الرجوع إلى الفقرة (14.10) من الكود السعودي SBC303.

5/2-7 الخواص الديناميكية للتربة Dynamic Soil Properties

إن كلا من استجابة الموقع والفسل الأرضي يتأثران بشدة بخواص التربة. إن استجابة الموقع تتأثر بشكل أولي بالخواص التي تتحكم بانتقال الموجات وخاصة الجساءة (Stiffness) والتخميد (Damping)، أما الفسل الأرضي فإنه يتأثر بهذه الخواص ولكنه يتأثر أيضاً بمقاومة القص للتربة. ومن المؤكد أن كلا من استجابة الموقع والفسل الأرضي جزء من الطيف المستمر للتصرف اللاخطي للتربة.

إن التربة، بخلاف العديد من المواد الانشائية، مادة ذات سلوك لا خطي عالٍ حتى تحت تأثير انفعالات واطئة. هذه اللاخطية تسبب تناقصاً في صلادة التربة وتزايداً في الاخماد مع زيادة القيمة القصوى لانفعال القص. إن التغير في الصلادة مع الانفعال يمكن أن يعبر عنه بأحدى طريقتين: بواسطة منحنيات القص أو بواسطة منحنيات الاجهاد - الانفعال اللاخطية التي ترتبط مع بعضها كما مبين في الشكل (1/2-7).



الشكل 1/2-7: العلاقة بين: أ- منحنى إجهاد القص - الانفعال. ب- منحنى تخفيض المعامل.

1/5/2-7 معامل القص والتخميد Shear Modulus and Damping

لقد بينت الفحوص المختبرية أن الجساءة الديناميكية للتربة تعتمد بشكل رئيس على كثافتها والضغط المؤثر الحاصر (Effective confining pressure) واللدونة والقيمة القصوى للانفعال. في طريقة المكافئ الخطي (Equivalent linear) من الشائع أن يحسب المعامل القاطع للتربة (Secant modulus) من حاصل ضرب معامل القص الأعظم (أي المعامل عند مستوى واطيء جدا من الانفعال)، G_{max} ، في معامل تخفيض مقداره G/G_{max} . ويمكن إيجاد معامل القص الأعظم بشكل جيد من القياسات الحقلية لسرعة انتقال موجة القص، ولكن يمكن أيضا تقديره من المعاملات الخاصة بالتربة مثل مقاومة الاختراق عندما لا تكون المعلومات الأولى متوفرة، مثال على ذلك ما يقترحه المرجعان [17] و [18].

$$G_{max} \text{ (kPa)} = 1634(q_c)^{1/4} (\sigma'_v)^{3/8} \dots\dots\dots (5/2-7)$$

حيث أن:

$(N_1)_{60}$ = القيمة المصححة لعدد ضربات فحص الاختراق القياسي (SPT).

q_c = مقاومة اختراق قاعدة المخروط القياسي بوحدات (kPa).

σ'_v = الإجهاد الشاقولي المؤثر بوحدات (kPa).

إن سلوك تخفيض المعامل يعبر عنه عادة بالرسم بدلالة منحنيات تخفيض المعامل، وهو يعتمد بشكل كبير على القيمة القصوى للانفعال ومؤشر اللدونة (Plasticity Index). إن تأثير الإجهاد المؤثر الحاصر يتناقص مع زيادة مؤشر اللدونة (PI) ويكون عادة غير مؤثر عندما يكون مؤشر اللدونة أكبر من 30. يتأثر التخميد بنفس العوامل التي تؤثر على سلوك تخفيض المعامل ولكن بشكل معاكس (العوامل التي تسبب تناقصا في نسبة تخفيض المعامل تسبب زيادة في نسبة التخميد). المنحنيات شائعة الاستعمال للترب

التماسكة بمختلف قيم مؤشر اللدونة وكذلك الترب عديمة التماسك يبينها الشكلان (7-2/2 ب) و (7-3/2 ب).

7-2/5 الوصف اللاخطي لسلوك التربة

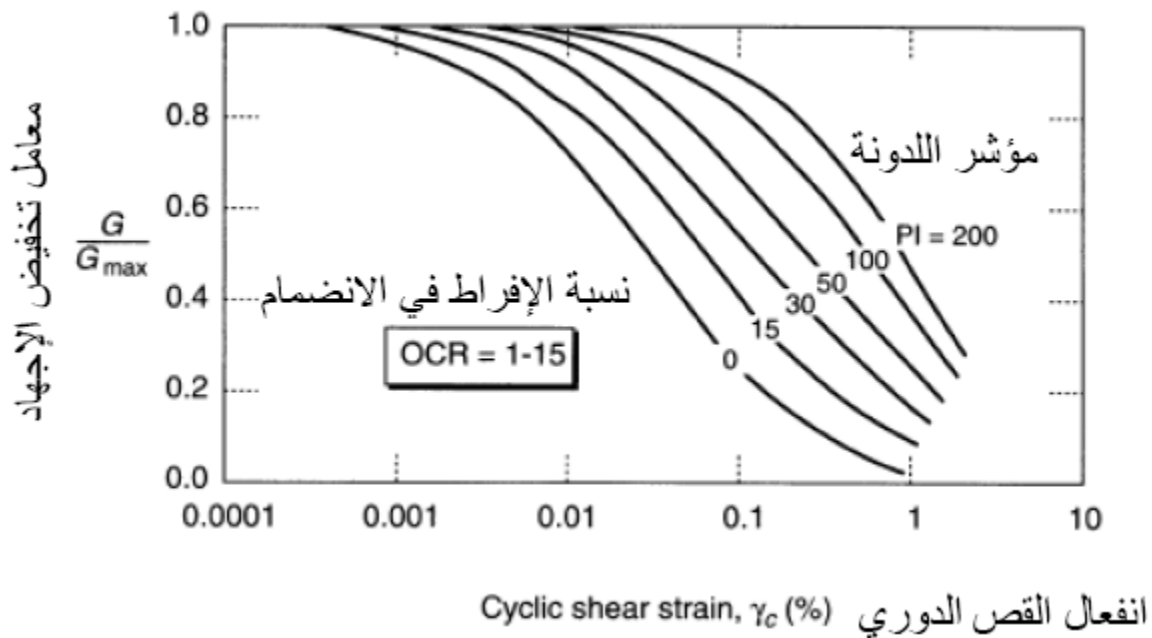
إن تحليلات الاستجابة الموقعية اللاخطية تتبع تنامي السلوك اللاخطي غير المرن خطوة بخطوة في مجال الزمن ولذلك فهي تتطلب تحديد وتوصيف سلوك الاجهاد-الانفعال للتربة. إن هذا يتحقق عادة عن طريق وصف منحنى العمود الفقري (Backbone) لوصف اللاخطية وتحديد مجموعة قواعد رفع التحميل وإعادة التحميل لوصف عدم المرونة. إن أبسط شكل لمنحنى الاجهاد - الانفعال اللاخطي هو منحنى القطع الزائد (Hyperbolic) الذي يتطلب معامل القص الأعظم، G_{max} ، ومقاومة القص العظمى، τ_{max} ، أي:

$$F_{bb}(\gamma) = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{max}} + \frac{\gamma}{\tau_{max}}} \dots\dots\dots (6/2-7)$$

حيث أن:

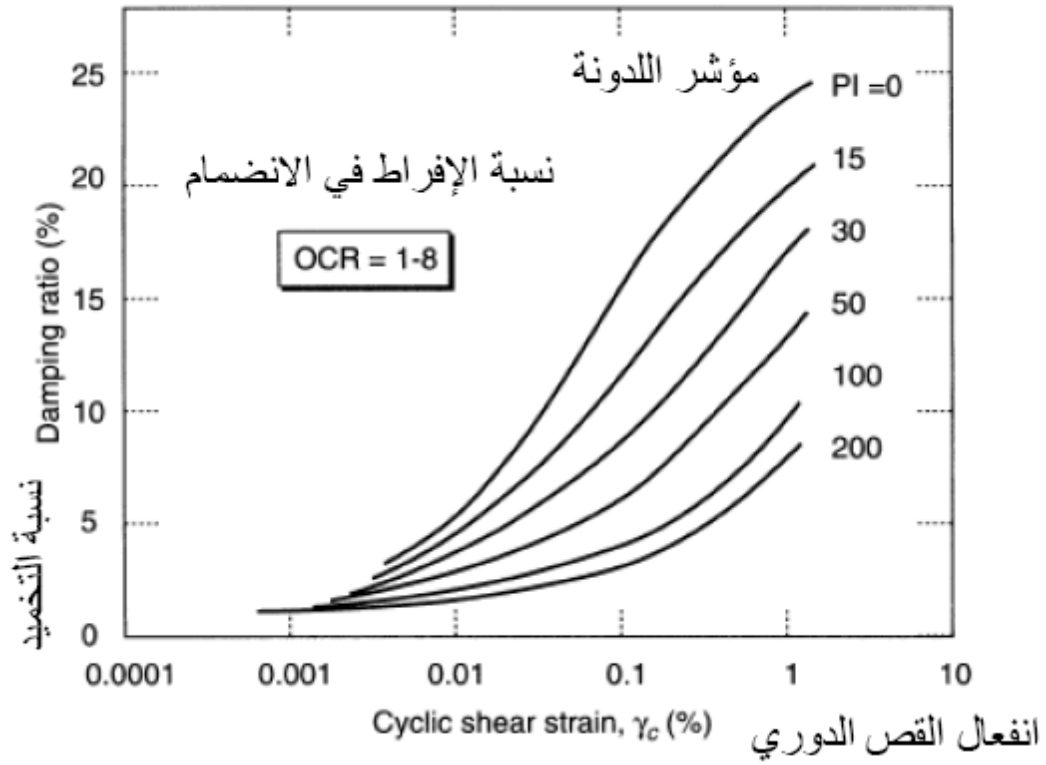
γ = انفعال القص.

$F_{bb}(\gamma)$ = قيمة معامل القص عند انفعال مقداره (γ) .



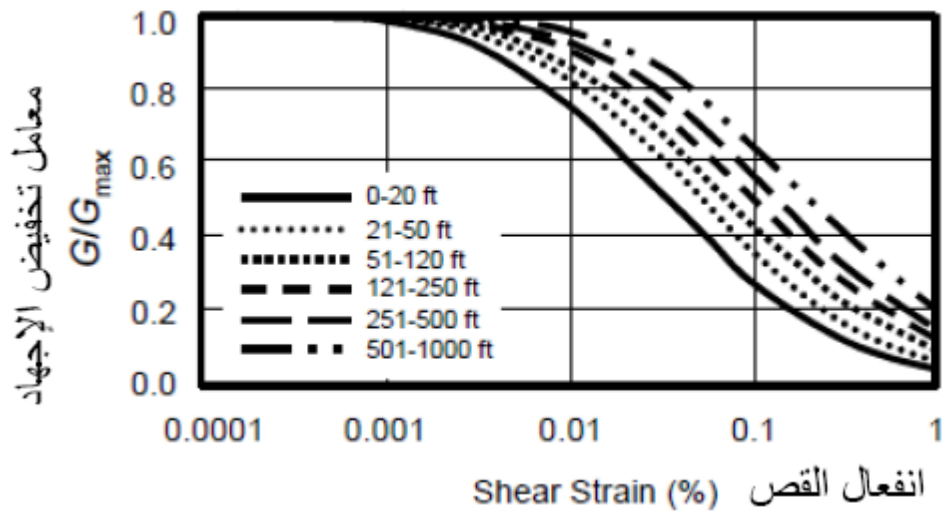
أ - منحنيات تخفيض المعامل.

الشكل 7-2/2: منحنيات تخفيض معامل القص والتخميد [20].



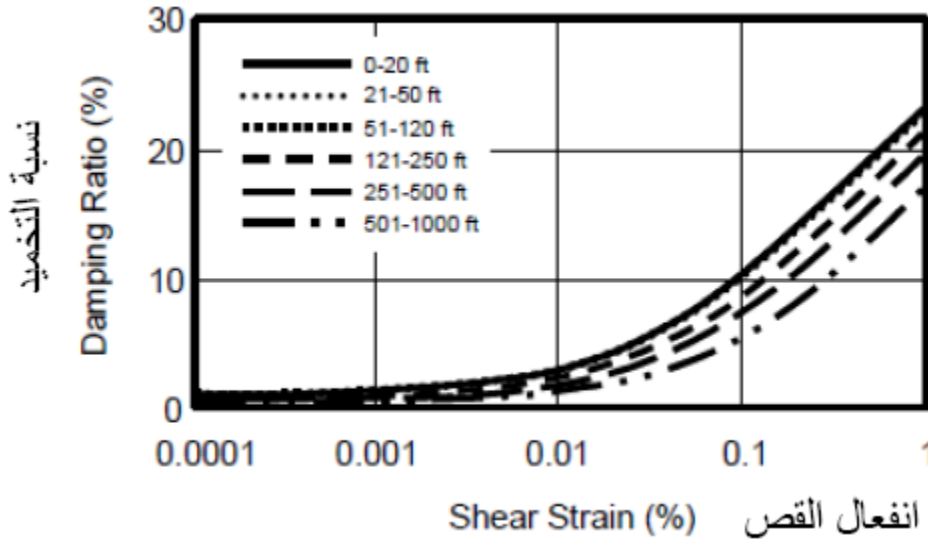
ب - منحنيات التخميد.

تتمة الشكل 2/2-7



أ - منحنيات تخفيض معامل القص.

الشكل 3/2-7: نموذج EPRI.



ب - منحنيات التخميد.

ملاحظة: 1 قدم = 0.305 متر.

تتمة الشكل 3/2-7

ويكون التعامل عادة مع سلوك رفع التحميل - اعادة التحميل من خلال مجموعة من القواعد التي تتحكم بأشكال الدورات (Hysteresis loops) وتبعاً لذلك سلوك التخميد في التربة. وعليه فإن التخميد يعد ناتجاً طبيعياً للسلوك اللاخطي غير المرن للتربة.

3/5/2-7 مقاومة القص الديناميكية Dynamic Shear Strength

إن مقاومة القص للتربة يمكن أن تتأثر بتولد ضغط ماء المسام (Pore water pressure) وتأثيرات معدل التحميل والتلاشي الدوري (Cyclic degradation). إن اختيار مقاومة القص المناسبة للتحليل والتصميم يجب أن تقوم به الجهة الاستشارية (الجيو تكنولوجية). إن سلوك التربة غير المتماسكة الجافة يمكن أن يكون واضحاً بسبب أنها لا تولد ضغط ماء مسام إضافياً عند تحميلها ولا تتأثر بمعدلات التحميل. ويمكن افتراض أن حالات تصريف المياه هي القائمة وتجرى تحليلات الاستقرار الزلزالية باستعمال معاملات مقاومة القص المؤثرة (Effective). وعندما تكون التربة غير المتماسكة مشبعة بالماء فإنها تسلك سلوكاً معقداً كما سيوصف لاحقاً في البند (7/2-7). إن التحميل الزلزالي للتربة المشبعة يحدث بشكل عام تحت ظروف غير مبزولة (Undrained) (ما عدا حالة التربة ذات النفاذية العالية وذات السمك القليل) ولكن ضغط ماء المسام المتولد يمكن أن يتبدد بسرعة بعد حدوث الهزة الأرضية أو خلالها. ويمكن أن تكون كلتا الحالتين المبزولة وغير المبزولة بحاجة إلى تدقيق. ويجب تخمين مقاومة القص المتبقية (Residual) للتربة التي يتوقع أن تسيل (Liquefy).

أما التربة الناعمة اللدنة فإنها تولد ضغط ماء مسام إضافياً وتتأثر بمعدلات التحميل والتلاشي الدوري، فالتحميل السريع يعمل على زيادة المقاومة (بحدود 10% إلى 40%) لكل دورة لوغاريتمية من معدل الانفعال مع قيم عالية للتربة ذات اللدونة الأعلى، وتعمل تأثيرات التلاشي على تقليل مقاومة القص. إن

الفحوص الدورية للعديد من الأطنان اللدنة بينت أن التأثير الصافي لمعدلات التحميل (بحدود تردد حمل 1 هرتز) والتلاشي الدوري، يتراوح فيه التغير في مقاومة القص غير المبزولة بين 80 إلى 100% من مقاومة القص الساكنة أو الأحادية (Monotonic).

إن هذا المجال في التغير (0.8 – 1.0) يقترن بالعدد المكافئ من دورات الاجهاد التي تسطها الهزة الأرضية (الحد الأقصى (1) هو للهزات الأرضية ذات المقدار (Magnitude) القليل والحد الأدنى (0.8) هو للهزات ذات المقدار العالي). ويجب أخذ الحذر عند تقدير احتمالية حدوث القص في الترب في أعمار فائتة (بسبب انزلاقات أرضية سابقة، وحدث انزلاق مستو خلال الالتواء وحدث حالات تحميل ورفع تحميل سابقة وغيرها). إن مقاومة القص المتوافرة لهذه الترب يجب أن تخفض الى قيم مقاومة القص المتبقية والتي يعبر عنها بدلالة معاملات الاجهاد المؤثر بسبب أن الترب عند ظروف المقاومة المتبقية لا يتوقع منها أن تولد ضغط ماء مسام خلال الهزات الأرضية. بالإضافة الى ذلك، يمكن اهمال تأثيرات التلاشي الدوري لمثل هذه الترب.

6/2-7 التداخل بين التربة والأساس والمنشأ Soil – Foundation – Structure Interaction

إن استجابة المنشأ لحركة الهزة الأرضية تتأثر بالتداخلات بين ثلاثة أنظمة مترابطة: المنشأ والأساس والوسط الجيولوجي الذي يقع تحت الأساس ويحيط به. إن تحليل التداخل الزلزالي للتربة والأساس والمنشأ هو الذي يقدر الاستجابة التجميعية لهذه الأنظمة لحركة أرضية محددة. وبما أن تأثيرات التداخل غير موجودة في الحالات النظرية للأساس الصلب وظروف التربة الطبيعية، وعليه فإن التداخل بين التربة والأساس والمنشأ يعكس الفروق بين الاستجابة الحقيقية للمنشأ والاستجابة النظرية. وبناءً على هذه الحقيقة، هناك ثلاثة تأثيرات للتداخل يمكن أن تكون مهمة في التصميم الهندسي:

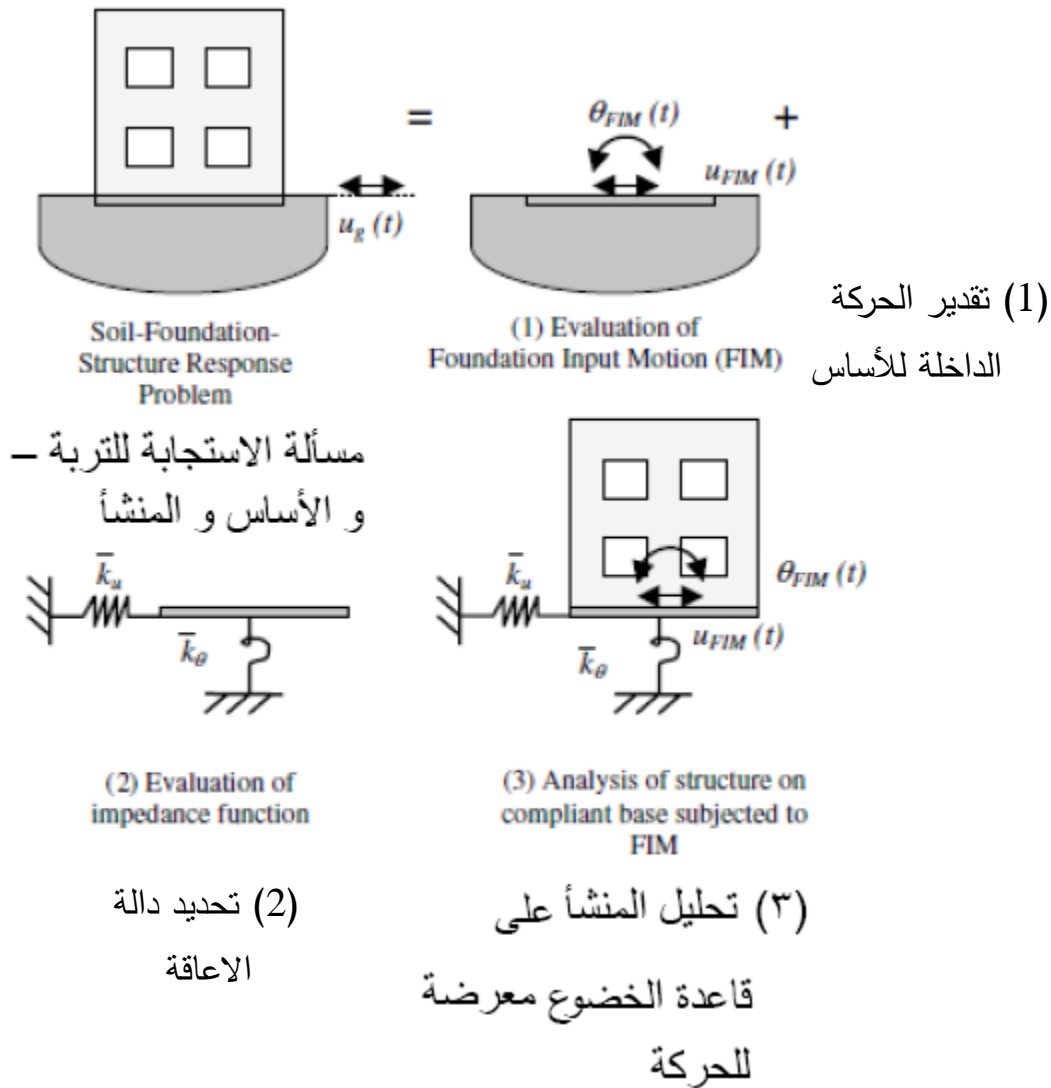
1. صلادة الأساس والتخميد. إن قوة القصور الذاتي (Inertia) المتولدة في المنشأ المهتز تعطي زيادة للقص عند قاعدة المنشأ والعزم واثارة اللي (Torsional excitation)، وهذه الأحمال تسبب ازاحات ودوراناً للأسس نسبة الى الفضاء الحر.

2. تغيرات بين الفضاء الحر والحركات الأرضية عند مستوى الأساس. إن الفروق بين حركات الأساس والفضاء الحر تنتج من عمليتين الأولى تعرف بالتداخل الكينماتيكي (Kinematic) وتنتج من الاستجابة لعناصر الأساس الصلب على أو داخل التربة والتي تسبب حركة الأساس لكي ينحرف عن حركة الفضاء الحر نتيجة لتأثيرات حركة التربة وتأثيرات الطمر (Embedment). العملية الثانية متعلقة بالقصور الذاتي للمنشأ والأساس وتتكون من الازاحات للأساس نسبة الى الفضاء الحر وكذلك الدوران.

3. تشوهات الأساس: إن تشوهات الانحناء والقص والتشوهات المحورية لعناصر الأساس تحدث نتيجة الأحمال المسلطة من المنشأ والوسط الجيوتكنيكي للتربة الساندة. إن هذه التشوهات تمثل المتطلبات الزلزالية التي يجب أن تصمم مكونات الأساس في ضوءها بموجب هذه المدونة، ويمكن لهذه التشوهات أن تؤثر بشكل مهم في تصرف المنظومة الكلية وخاصة فيما يتعلق بالتخميد.

إن طرائق تحليل التداخل بين التربة والأساس والمنشأ والتي يمكن أن تستعمل لتقييم التأثيرات المذكورة آنفاً يمكن أن توصف بأنها طرائق مباشرة لتحليل ما تحت المنشأ. ففي التحليل المباشر، يجب تضمين التربة والمنشأ في نفس النموذج ويحلل التداخل في خطوة منفردة. التربة غالباً ما تقسم الى عناصر محددة (Finite elements) صلبة في حين يقسم المنشأ إلى عناصر أعتاب (Beams) محددة. ويمكن اختيار واحد من التحليلات اللاخطية الموجودة التي تستعمل خواص مرنة خطية مكافئة للتربة.

عند تحليل ما تحت المنشأ، تجزأ مسألة التداخل بين التربة والأساس والمنشأ الى ثلاثة أجزاء منفصلة، والتي يمكن أن تجمع فيما بعد لتكوين الحل المتكامل. إن مبدأ التجميع في هذه الطريقة يتطلب فرضية السلوك الخطي للتربة والمنشأ. وبالرجوع الى الشكل (7-4/2)، هناك ثلاث خطوات في هذا التحليل وهي:



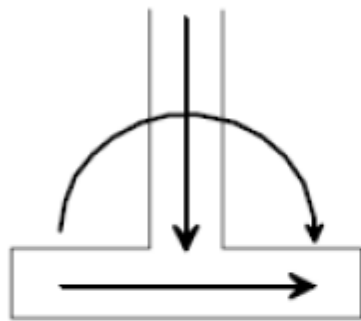
الشكل 7-4/2: طريقة تحليل ما تحت المنشأ لمعرفة التداخل بين التربة والمنشأ [14].

1. تقدير الحركة الداخلة إلى الأساس (Input motion) والتي تمثل الحركة التي تحدث عند قاعدة صبة الأساس اذا أهملت كتلة المنشأ والأساس. إن الاختلاف في نتائج هذا التقدير عن الحركة في الفضاء الحر يعتمد على جساءة الأساس وشكله والتربة المحيطة.
2. تحديد دالة الإعاقة (Impedance): هذه الدالة تصف الجساءة وخصائص التخميد للتداخل بين الأساس والتربة، ويجب أن تأخذ في الحسبان اختلاف طبقات التربة وجساءة المنشأ والشكل الهندسي، وتحسب عادة باستعمال خواص خطية مكافئة وملائمة للتربة.
3. تحليل ديناميكي للمنشأ على قاعدة الخضوع (Compliant) ممثلة بدالة الإعاقة ومعرضة إلى اثاره للقاعدة تتألف من تقدير الحركة في الفقرة (1).

7-1/6/2 تداخل القصور الذاتي Inertial Interaction

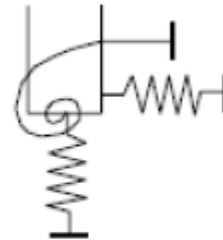
من الشائع في تحليل التداخل بين التربة والأساس والمنشأ تمثيل خصائص الجساءة والتخميد للتداخل بين التربة والأساس من خلال استعمال نوابض ومخمّدات (Dashpots) مربوطة بعناصر الأساس. يتألف النموذج الذي يستعمل بشكل عام في الأسس السطحية (Shallow) من مجموعة من عناصر النوابض والمخمّدات موزعة على طول الأساس وتعمل بشكل مستقل أو قد يتألف النموذج من نوابض ونكلر (Winkler) المعقدة التقدير في الاتجاه الشاقولي ونابض منفرد في الاتجاه الأفقي.

هناك تمثيل أكثر تبسيطاً لمسألة التداخل بين التربة والأساس ينتج من فرضية جساءة الأساس. في هذه الحالة، يحتوي الأساس ست درجات حرية للحركة (ثلاثاً انتقالية واثنين تدويرية Rocking وواحدة للي)، ويمكن تمثيل التداخل بواسطة نوابض معقدة التقدير لكل اتجاه كما يبدو ذلك في الشكل (7-5/2). وبشكل عام، في مصفوفة الجساءة للأساس ومصفوفة التخميد، تكون حدود المزاج (Coupling) بين درجات حرية الحركة غير صفريّة، ولكن في التطبيقات العملية يمكن أن تهمل هذه الحدود.



Foundation Load

الأحمال المؤثرة على الأساس



Uncoupled spring model

نموذج من نوابض غير متزاوجة

الشكل 7-5/2: نموذج نابض مرن-لدن غير متزاوج (Uncoupled) للأسس الصلدة

7-2/6 Kinematic Interaction التداخل الكينماتيكي

ان التداخل الكينماتيكي ينتج من وجود عناصر أساس جاسيء على أو في التربة والتي تسبب حركة للأساس تحرفه عن حركة الفضاء الحر نتيجة لتأثيرات الطمر في التربة.

7-3/6 التطبيق في معايير التصميم الزلزالي

ان تحديدات التداخل بين التربة والمنشأ موجودة في العديد من المواصفات التصميمية المهمة لحالات الهزات الأرضية فمثلا تقترح مواصفات NEHRP إضافات تصميمية للتحكم الزلزالي في الأبنية الجديدة وغيرها، وكذلك مواصفات المرجعين [8] و [9].

ان الخطوط التصميمية المساعدة في NEHRP للأبنية الجديدة تتطلب تقدير القوة عند القاعدة وكذلك السعة الانشائية والمتطلبات الزلزالية والتي تمثل بقوة قص في القاعدة تتناسب مع حاصل ضرب كتلة البناية في التعجيل الطيفي للطور الأول للحركة. إن تأثيرات تداخل القصور الذاتي تؤخذ في الحسبان في التحليل من خلال طول مدة التحميل ومعامل التخميد للأساس والتي تعمل على تغيير قص القاعدة. ومن بين نماذج التصميم المعتمدة النموذج الذي يتألف من مجموعة من النواض التي توصف بعلاقة بين القوة المرنة - اللدنة والازاحة والتي يتحقق تقديرها كالآتي:

1- تقدر جساءة الأساس باستعمال الأبعاد الكلية لمنظومة الأساس لأطوار اهتزاز مختلفة، شاقولية (K_v) ودوران (K_θ) وانتقالية (K_u).

2- تؤخذ الجساءة للناض الجانبي من القيمة الموصوفة في (1) ويفترض أن الأساس جاسيء جانبيا.

3- إن قيم شدة الجساءة للناض الموزعة شاقوليا تحسب عند تقسيم (K_v) على مساحة الأساس (A_f) ثم تقسيم (K_θ) على عزم القصور الذاتي للأساس (I_f). فإذا كان الفرق بين الاثنين قليلا يمكن أن يؤخذ المعدل، أما اذا كان الفرق كبيرا وكان الأساس يهتز بشكل رئيس بالاتجاه الشاقولي أو الدوراني، يجب أن تستعمل شدة جساءة لحالة طور تشوه مسيطر (Dominant). ثم تحسب جساءة عنصر نابض شاقولي من خلال شدة الجساءة مضروبة في المساحة المحيطة (Tributary) بالنابض.

4- إن قوة النابض مرتبطة بقيمة قابلية تحمل الأساس (Foundation bearing capacity) والتي يمكن تقديرها من خلال الطرائق المعروفة. إن النابض لدن أيضا بمعنى أنه يستمر بالتشوه عند قوة ثابتة بعد وصوله حد الخضوع وعند بلوغه قابلية التحمل القصوى.

7-2/7 الفشل الأرضي Ground Failure

تتعرض طبقات التربة الحرة الى تشوهات قليلة أو غير دائمية عند تعرضها الى مستويات اهتزاز واطئة الى متوسطة. ولكن عندما تكون الاستجابة للهزة الأرضية قوية جدا يمكن أن تحدث انفعالات دائمية خلال الطبقة نتيجة التغيرات الحجمية في التربة أو نتيجة تشوهات القص التي تحدث خلال الزيادات في الاهتزاز حيث تتجاوز اجهادات القص المسطرة مقاومة القص في التربة. إن هذه الانفعالات الدائمة ينتج منها تشوهات دائمية يشار اليها غالبا (وبوجود عوامل جيولوجية اخرى) بالفشل الأرضي والتي يمكن أن

تشاهد على شكل انزلاقات أرضية (Landslides) أو انزلاقات جريان أو انتشار جانبي والتي يمكن أن تسهم في حدوث فشل في الأسس والمنشآت الساندة.

1/7/2-7 التسييل Liquefaction

التسييل مصطلح يستعمل لوصف ظواهر يحصل خلالها تقليل مقاومة القص والجساءة لطبقة التربة نتيجة تنامي ضغط ماء المسام. إن التسييل مع أنه يمكن أن يحدث نتيجة حمل ساكن، إلا أن أغلب حالات حدوثه سببها الهزات الأرضية. يحدث التسييل بشكل عام في الترب الغرينية (Silty) أو الرملية المفككة (Loose) المشبعة بالماء والنظيفة، ولكن حدوثه لوحظ أيضا في الترب الحصوية والغرين غير اللدن. إن التسييل يمكن أن ينتج منه تدمير يتراوح بين قيم هبوط قليلة وانتشار جانبي الى حدوث انزلاقات لكتل كبيرة من التربة مع ازاحات قيسية في بعض الأحيان بالأمتار. إن التسييل يمكن أن يؤدي الى هبوط ودوران الأسس والمنشآت الترابية الساندة أو قد يؤدي الى كسرها من خلال حدوث قيم هبوط متفاوتة كبيرة.

1/1/7/2-7 خصائص حمل التسييل Characteristics of Liquefaction Loading

إن مستوى التحميل الذي تتعرض له التربة المحتمل حدوث التسييل فيها هو دالة للحركات الأرضية التي تتعرض لها التربة. ومن الضروري أن نعرف أن الحركة الأرضية الكلية تؤثر في التربة، ولذلك فإن القيمة القصوى والتردد ومدة حدوث الهزة الأرضية تعد عوامل مهمة في تحديد حمل التسييل. يحدث التسييل عندما تصل قيمة ضغط ماء المسام الى قيمة مساوية للجهد الكلي في التربة وعندها يصبح الجهد المؤثر صفرا:

$$\sigma'_v = \sigma_v - u \quad \dots\dots\dots (7/2-7)$$

حيث أن:

$$\sigma_v = \text{الجهد الكلي}$$

$$\sigma'_v = \text{الجهد المؤثر}$$

$$u = \text{ضغط ماء المسام}$$

• طريقة الاجهاد الدوري Cyclic Stress Approach

لغرض تقدير حمل التسييل باستعمال طريقة الإجهاد الدوري، يميز التحميل عادة بدلالة نسبة الإجهاد الدوري (Cyclic stress ratio) (CSR)، والتي تعرف بأنها النسبة بين إجهاد القص الدوري المكافيء، τ_{cyc} ، وإجهاد القص الشاقولي الابتدائي، σ'_{vo} :

$$CSR = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{vo}} \quad \dots\dots\dots (8/2-7)$$

إن إجهاد القص الدوري المكافيء يؤخذ بشكل عام مساويا إلى (65%) من إجهاد القص الدوري الأعظم، وهي قيمة يستحصل عليها من مقارنة معدلات تنامي ضغط ماء المسام الذي تسببه اجهادات القص

لللهزة الأرضية المسجلة مع المعدلات التي يسببها إجهاد القص المنتظم التوافقي (Harmonic) المسجل، المرجع [12] والمرجع [18].

في طريقة الإجهاد الدوري واسعة الاستعمال، تخمن القيمة القصوى لاجهاد القص الدوري من القيمة القصوى للتعجيل عند سطح الأرض ومعامل تقليل الإجهاد مع العمق (r_d)، والذي يمثل المعدل الذي يتلاشى بموجبه إجهاد القص الأعظم مع العمق. وعليه فان قيمة نسبة الاجهاد الدوري بموجب الطريقة المبسطة تحسب كالآتي:

$$CSR = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \quad \dots\dots\dots (9/2-7)$$

حيث أن:

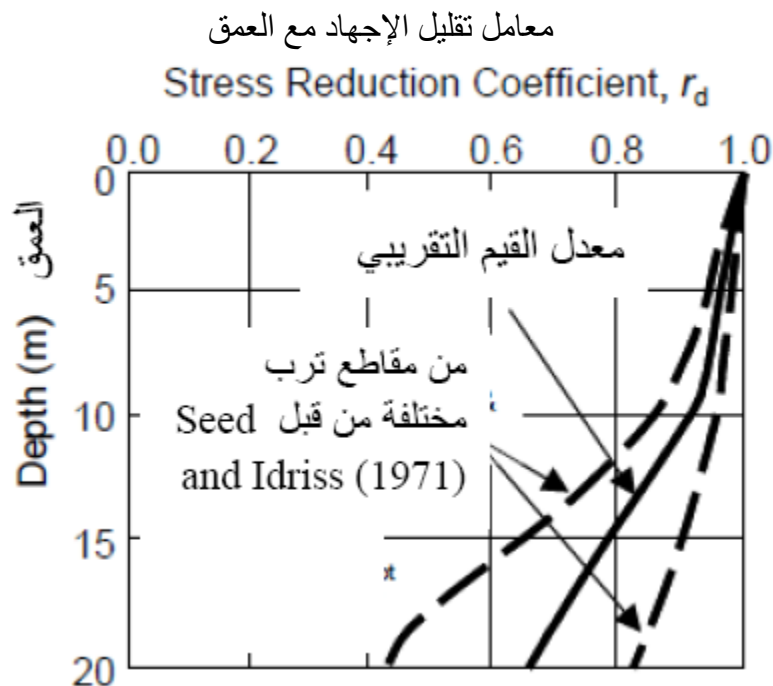
a_{max} = التعجيل الأرضي السطحي الذي يتوقع حدوثه في حالة عدم حدوث تسيل، وهذا يعني أن قيمة a_{max} تخمن من خلال علاقة تلاش أو تحليل الاستجابة الأرضية بدلالة الاجهادات الكلية (Total stresses) والتي فيها لا يؤخذ تنامي ضغط ماء المسام الإضافي في الحسبان، المرجع [21]:

σ_{vo} = الإجهاد الكلي الابتدائي،

σ'_{vo} = الإجهاد المؤثر الابتدائي،

r_d = معامل تقليل الإجهاد مع العمق الذي يأخذ في الحسبان تأثير التربة في القيمة القصوى لاجهاد القص.

ويجب أن يلاحظ أن قيمة a_{max} يمكن أن تختلف عن القيمة الحقيقية ل a_{max} التي تحدث على السطح في طبقات تربة محتمل حدوث التسيل فيها. ويبين الشكل (6/2-7) تغير معامل تقليل الإجهاد مع العمق، r_d ، مع العمق كما تتطلبه طريقة الإجهاد الدوري المبسطة.



الشكل 6/2-7: تغير معامل تقليل الاجهاد مع العمق، r_d ، في طريقة الاجهاد الدوري المبسطة المرجع [21].

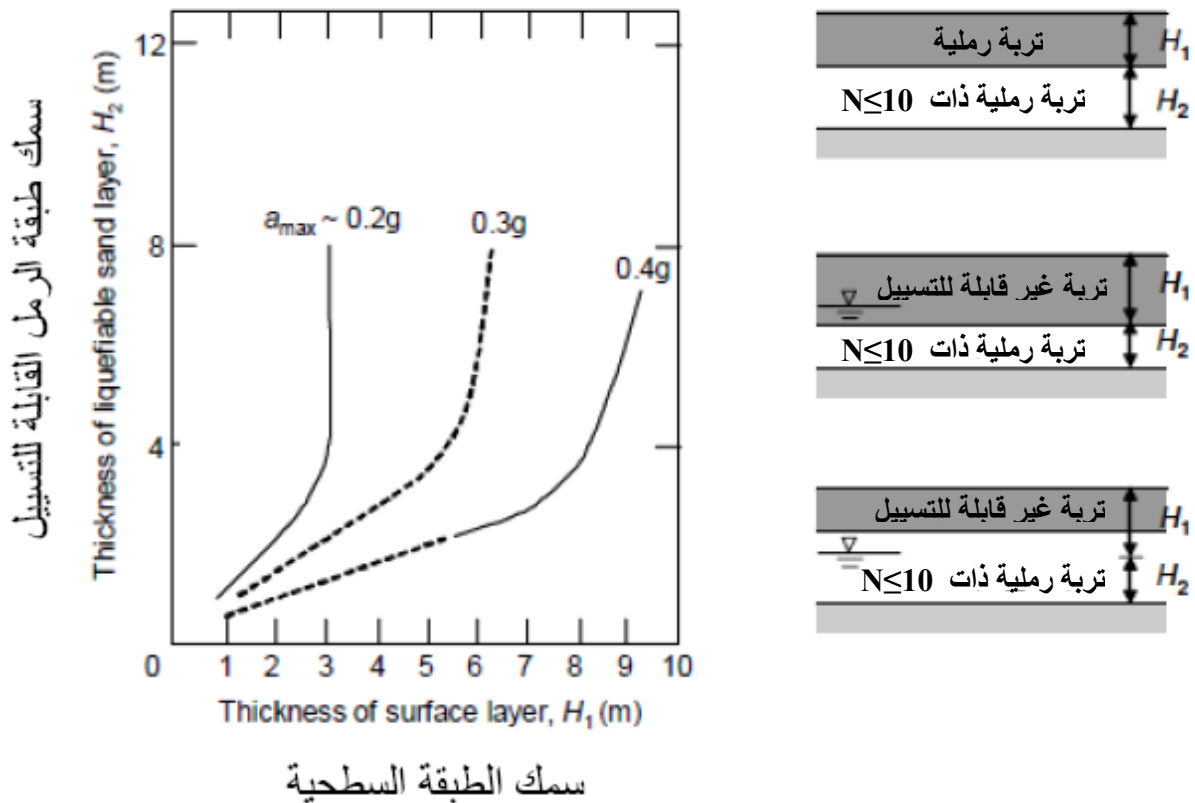
7-2/1/2 Evaluation of Liquefaction Potential احتمال التسييل

ان احتمال شروع التسييل بالحدوث تحت تأثير هزة أرضية يعبر عنه عادة بدلالة معامل أمان ضد حدوث التسييل. ويعرف معامل الأمان F_s عادة كنسبة بين القابلية إلى شدة الإجهاد المسلط (CSR). وفي حالة التسييل، يمكن أن يعبر عن معامل الأمان كالآتي:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \dots\dots\dots (10/2-7)$$

حيث أن (CRR) تمثل نسبة المقاومة الدورية (Cyclic resistance ratio) والتي تعرف بأنها نسبة المقاومة الدورية التي عندها يحدث التسييل الأولي.

ان قيم معامل الأمان التي تقل عن (1) تدل على أن حدوث تسييل أولي ممكن. يجب أن يلاحظ أن معامل الأمان هذا لا يميز بين تسييل جريان أو متغير دورياً (Cyclic mobility) أو انزلاق أرضي ولا يعطي أية معلومة عن تصرف التربة بعد حدوث التسييل، لأنه مبني على سجل معلومات لحالات حصل فيها تسييل مثل غليان ترب رملية (Sand boils) أو تشققات أو اهتزازات أرضية متكررة وغيرها، أي أنه يعطي تقديراً عن احتمالية حدوث مثل هذه التأثيرات في الموقع الذي تجري دراسته. ويمكن الاستعانة بالعلاقات التجريبية التي استحصل عليها من حالات سابقة حدثت فيها ظاهرة التسييل بدلالة خواص التربة المعروفة مثل العلاقة التي يبينها الشكل (7/2-7) ويمكن من خلالها تخمين حدوث التسييل بمعرفة سمك الطبقة الرملية المحتمل حدوث التسييل فيها وسمك الطبقة السطحية (Thickness of Surface Layer).



الشكل 7-2/7: علاقات تجريبية لتخمين الحالات التي يحدث فيها تسييل، المرجع [8].

7-2/7/2 الانزلاقات الأرضية Landslides

7-2/7/2-1 أنواع الانزلاقات الأرضية والظروف التي تحدث فيها

ان الانزلاقات الأرضية تعرف بأنها التشوهات الدائمة الناتجة من الهزات الأرضية في الأوساط الجيولوجية وهي تمثل مصدرا مهما من مصادر الفشل الأرضي خلال حدوث الهزات الأرضية، فالتشوهات القصية لكونها من التشوهات الدائمة يجب أن تميز عن الهبوطات الأرضية المقترنة بالانفعالات الحجمية التي تظهر من تبدد ضغط ماء المسام بعد حدوث التسييل أو التي تنتج من الانضغاط الزلزالي. إن المنحدر الترابي الذي يتعرض الى اهتزاز شديد خلال الهزة الأرضية يمكن أن يتعرض الى إزاحات سطحية ناتجة من تراكم كل من انفعالات القص والانفعالات الحجمية.

إن الانزلاقات الأرضية سواء كانت ناتجة من هزات أرضية أو عمليات أخرى يمكن أن تصنف إلى أصناف رئيسة، المرجع [11]:

1. كتل من مواد مقطوعة (Disrupted) منزلقة مثل الصخور الساقطة أو الانهيارات الثلجية (Avalanches).
2. كتل من مواد مترابطة (Coherent) منزلقة نسبيا والتي تحدث إزاحاتها على طول سطوح انزلاق معروفة أو عبر مناطق قص قاطعة عريضة نسبيا.
3. انتشار جانبي وانزلاق جريان مقترن بفقدان في مقاومة قص التربة نتيجة زيادة ضغط ماء المسام.

إن الانزلاقات الأرضية من نوع الكتل من مواد مترابطة (Coherent) في التربة يمكن أن تحدث على امتداد سطوح انزلاقات قاعدية (Basal slip) أو مناطق القص الموزعة في التربة. هذه الانزلاقات تحدث بشكل واسع في السدات الترابية (Embankments) أو الاملائيات (Fills) حيث تحدث الانزلاقات خلال مادة السدة الترابية أو في طبقة أساس التربة الضعيفة.

أما الانتشار الجانبي وجريان التربة فيمكن أن يحدثا في المنحدرات الصغيرة أو خلف الواجهات الحرة في الترب حديثة التكوين والتي لها تركيب نسيجي حبيبي وعندما يوجد الماء الجوفي عند أعماق ضحلة. إن الفكرة الرئيسية المقترنة بهذه الأنواع من الانزلاقات الأرضية تتعلق بالتسييل وتخمين قيم مقاومة القص المتبقية بعد حدوث التسييل، فإذا كانت مقاومة القص هذه تتجاوز إجهادات القص الساكنة فالفشل الذي يمكن أن يحدث هو انتقال دوري، أما إذا كانت أقل من القيم الساكنة فإن انزلاقا جريانيا سوف يحدث وترافقه إزاحات كبيرة.

7-3/7/2 المنشآت الساندة Retaining Structures

ان المنشآت الساندة للتربة يمكن أن تتعرض الى أحمال جانبية خلال حدوث الهزات الأرضية التي تزيد على تلك المحسوبة لحالة التحميل الساكن طويل الأمد. وقد لوحظ حدوث أضرار لأنواع عديدة من المنشآت الساندة في الهزات الأرضية السابقة. إن الجدران الساندة الصلدة الحرة تحقق التوازن من خلال تركيبة من القوى الفعالة (Active) وغير الفعالة (Passive) وقوى الانزلاق، حيث يميل الجدار الى الانزلاق والدوران تحت تأثير هذه القوى. إن نظرية ضغط التراب الجانبي التي وضعها كولومب (Coulomb) تفترض

أن مقاومة القص لتربة الدفن التي كثافتها (γ) خلف الجدار الذي ارتفاعه H سوف تستنفر (Mobilized) على مستوى سطح فشل محتمل، وعليه فإن النظرية تخمن محصلة القوى الفعالة لدفع التراب الجانبي كما يأتي:

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 \quad \dots\dots\dots (11/2-7)$$

حيث أن:

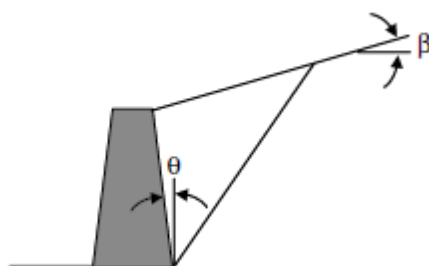
$$K_A = \frac{\cos^2 (\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos (\delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\delta + \phi) \sin (\phi - \beta)}{\cos (\delta + \theta) \cos (\beta - \theta)}} \right]^2} \quad \dots\dots\dots (12/2-7)$$

حيث ان:

ϕ = زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة،

δ = زاوية الاحتكاك بين التربة والجدار،

θ ، β = زاويتا ميل الجدار والتربة خلف الجدار (لاحظ الشكل 8/2-7).



الشكل 8/2-7: شكل توضيحي لجدار ساند

وقد افترض كولومب أن القوة المحصلة لضغط التراب الجانبي تعمل عند ارتفاع $H/3$ فوق قاعدة الجدار.

وقد قام Okabe وبعده (Mononobe and Matsuo) بتطوير نظرية كولومب للأحمال الساكنة لتخمين قوة الدفع التي تؤثر في الجدار في حالة حدوث هزة أرضية. وعلى افتراض قيمة ثابتة للتعجيل g في الاتجاهين الجانبي والشافولي فتكون الحسابات وتعويض قيمتهما بموجب نظرية كولومب باستعمال:

$$a_h = K_h \cdot g \quad \dots\dots\dots (13/2-7أ)$$

$$a_v = K_v \cdot g \quad \dots\dots\dots (13/2-7ب)$$

حيث أن:

K_h = المركبة الأفقية لتعجيل الهزة الأرضية.

K_v = المركبة الشاقولية لتعجيل الهزة الأرضية.

ويمكن التعبير عن قوة الدفع الجانبي التي اقترحها Mononobe-Okabe كما يأتي:

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot K_{AE} \cdot \gamma \cdot H^2 (1 - K_v) \quad \dots\dots\dots (14/2-7)$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2 (\phi - \theta - \psi)}{\cos \psi \cos^2 \theta \cos (\delta + \theta + \psi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\delta + \phi) \sin (\phi - \beta - \psi)}{\cos (\delta + \theta + \psi) \cos (\beta - \theta)}} \right]^2} \dots (15/2-7)$$

حيث أن:

$$\psi = \tan^{-1} \left[\frac{K_v}{(1 - K_v)} \right] \quad \phi - \beta \geq \psi$$

وقد بينت التجارب العملية أن المركبة الديناميكية لقوة الدفع الجانبي الفعالة تعمل عند ارتفاع (0.6 H) فوق قاعدة الجدار.

إن هذه الطريقة تساعد على تخمين قوة الدفع الجانبي الناتجة من الهزة الأرضية، أما الازاحات والهبوط فتحتاج الى دراسات أكثر تعقيدا باستعمال الطرائق العددية كطريقة العناصر المحددة.

مراجع الباب السابع

- [1] Saudi Building Code, "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.
- [2] ASTM, "Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils", ASTM D1586-84, 1984.
- [3] ASTM, "Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils", ASTM D4318-93, 1993.
- [4] ASTM, "Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock", ASTM D2216-92, 1992.
- [5] ASTM, "Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil", ASTM D2166-91, 1991.
- [6] ASTM, "Test Method for Unconsolidated, Undrained Compressive Strength of Cohesive Soils in Triaxial Compression", ASTM D2850-87, 1987.
- [7] Federal Emergency Management Agency, FEMA, "NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings", FEMA 273; FEMA 274; FEMA (Series) 273; FEMA (Series) 274, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2 v., 1997.
- [8] Federal Emergency Management Agency, FEMA, "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings", FEMA (Series) 356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 1 v., 2000.
- [9] Gazetas, G., Chapter 15: "Foundation Vibrations, Foundation Engineering Handbook", H.-Y. Fang, Ed., 2nd ed., Chapman and Hall, New York, 1991.
- [10] Ishihara, K., "Stability of natural deposits during earthquakes, Proceedings, Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering", 1, 321-376, 1985.

- [11] Keefer, D.K, “*Landslides caused by earthquakes*”, Geol. Soc. Am. Bull., 94, 406–421, 1984.
- [12] Liu, A.H., Stewart, J.P., Abrahamson, N.A., Moriwaki, Y., “*Equivalent number of uniform stress cycles for soil liquefaction analysis*”, J. Geotech. Geoenviron. Eng., ASCE, 127, 1017–1026, 2001.
- [13] Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C.-F., and Seed, H.B. ,”*FLUSH — A computer program for approximate 3-D analysis of soil structure interaction problems, Report*”, No. UCB/EERC-75/30, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1975.
- [14] Lysmer, J., Tabatabaie-Raissi, M., Tajirian, F., Vahdani, S., and Ostadan, F. “*SASSI: A system for analysis of soil-structure interaction*”, Report No. UCB/GT-81/02, Geotech. Engineering., University of California, Berkeley, April, 1981.
- [15] Mononobe, N. and Matsuo, H., “*On the determination of earth pressures during earthquakes, Proceedings*”, World Engineering Congress, 9, 1929.
- [16] Okabe, S., “*General theory of earth pressures*”, J. Japan Soc. Civil Eng., 12(1), 1277–1323, 1926.
- [17] Rix, G.J. and Stokoe, K.H., “*Correlation of initial tangent modulus and cone penetration resistance, Calibration Chamber Testing*”, International Symposium on Calibration Chamber Testing, A.B. Huang, Ed., Elsevier, New York, 351–362,1991.
- [18] Seed, H.B., Idriss, I.M., Makdisi, F., and Banerjee, N., “*Representation of Irregular Stress Time Histories by Equivalent Uniform Stress Series in Liquefaction Analyses*”, EERC 75-29, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1975.
- [19] Seed, H. B., Wong, R. T., Idriss, I. M., and Tokimatsu, K., “*Moduli and Damping Factors for Dynamic Analyses of Cohesionless Soils*”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 112, no. 11, 1986, pp. 1016–1032.
- [20] Vucetic, M. and Dobry, R., “*Effect of soil plasticity on cyclic response*”, J. Geotech. Eng., ASCE, 117(1), 89–107, 1991.
- [21] Youd, T.L. et al, “*Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils*”, J.Geotech. Geoenviron. Eng., ASCE, 127, 817–833, 2001.

الباب الثامن

ضمان الجودة والمتطلبات الإضافية

QUALITY ASSURANCE AND ADDITIONAL REQUIREMENTS

1-8 الغرض Purpose

هذه المتطلبات ليست متعلقة بصورة مباشرة بحساب احمال الزلازل، لكنها تعد اساسية للاداء المقنع للمنشآت في الهزات الارضية عند تصميمها على وفق الاحمال المحددة في الابواب (من الاول الى السادس)، بسبب سعة الانفعال الدوري غير المرن الذي افترض في أساليب الأحمال المعطاة في الفصول السابقة.

2-8 ضمان الجودة Quality Assurance

هذا الفصل يحدد المتطلبات الدنيا لضمان الجودة للنظم المقاومة للاحمال الزلزالية والنظم الزلزالية المخصصة الاخرى. إن هذه المتطلبات تكمل متطلبات الفحص المذكورة في معايير الوثائق الرجعية المعطاة في الابواب من (الرابع الى السادس).

1/2-8 الهدف Scope

كحد ادنى، اشتراطات ضمان الجودة تنطبق على الآتي:

1. النظم المقاومة للقوة الزلزالية في المنشآت المنسوبة الى فئتي التصميم الزلزالي C و D.
 2. الاساليب الانشائية المخصصة الاخرى في المنشآت المنسوبة الى فئة التصميم الزلزالي D المطلوبة في الجدول (1/4-5).
- استثناء:** المنشآت التي تتحقق فيها المعايير الآتية تستثنى من اعداد خطة ضمان الجودة لكنها ليست مستثناة من الفحوص الخاصة ومتطلبات الاختبار:
- أ- المنشأ المبني من هيكل حديدي خفيف مشكل على البارد ذو S_{DS} لا تتجاوز $0.5g$ ، وارتفاع المنشأ لا يتجاوز 10 أمتار فوق الارض ويحقق المتطلبات في الفقرتين ت و ث المذكورتين لاحقاً او
 - ب- المنشأ المشيد من كتل بنائية مسلحة أو خرسانة مسلحة ذو S_{DS} لا تتجاوز $0.5g$ ، وارتفاع المنشأ لا يتجاوز 8 أمتار فوق الارض ويحقق المتطلبات في الفقرتين ت و ث المذكورتين لاحقاً.
 - ت- المنشأ ذو فئة الاشغال I.
 - ث- عندما يكون المنشأ لايمك أيأ من أنواع عدم الانتظام التالية في المسقط الافقي كما معرف في الجدول (1/3-3) أو أيأ من أنواع عدم الانتظام التالية في المسقط الرأسي المعرفة في الجدول (2/3-3):
- (1) عدم الانتظام في اللي
 - (2) عدم انتظام اللي الأقصى
 - (3) عدم الانتظام في النظم غير المتوازية
 - (4) عدم انتظام الجساءة (الطابق قليل الجساءة)

(5) عدم انتظام الجساءة (الطابق فائق قلة الجساءة)

(6) عدم الانتظام في المقاومة (الطابق ضعيف)

2/2-8 المراجع القياسية Reference Standards

يعتمد الفصل (2-6) للمراقبة والفحص.

3/2-8 خطة ضمان الجودة Quality Assurance Plan

يجب أن تقدم خطة ضمان الجودة الى السلطة المخولة المختصة.

1/3/2-8 تفاصيل خطة ضمان الجودة Details of Quality Assurance Plan

يجب أن تحدد خطة ضمان الجودة النظم الزلزالية الخاصة أو النظم الزلزالية المقاومة للقوة الزلزالية وفقاً للفصل (2-8) التي تخضع لضمان الجودة. المصمم المحترف المسؤول عن تصميم النظام المقاوم للقوة الزلزالية والنظام الزلزالي الخاص سَيَكُونُ مسؤولاً عن الجزء الخاص بخطة الضمان المطبقة على ذلك النظام. يجب أن تتضمن خطة الضمان المطبقة على النظام الزلزالي الخاص الفحوص الخاصة والاختبارات المطلوبة للتحقق من أن البناء في حالة توافق مع الشروط. تتضمن خطة ضمان الجودة:

- أ- انظمة مُقاوَمة القوة الزلزالية والأنظمة الزلزالية الخاصة على وفق هذا الباب التي تخضع لضمان الجودة.
- ب- الفحوص والاختبارات الخاصة التي تنفذ بحسب ما مطلوب في البنود ومعايير الوثائق المرجعية في الابواب (من الرابع إلى السادس).
- ت- نوع الفحص وتكراراته.
- ث- نوع وتكرارات الفحوص الخاصة.
- ج- تكرار وتوزيع الفحوص وتقارير الاختبارات الخاصة.
- ح- الملاحظات الانشائية التي تنفذ.
- خ- تكرار وتوزيع تقارير الملاحظات الانشائية.

2/3/2-8 مسؤولية المقاول Contractor Responsibility

يجب على كُلِّ مقاول مسؤول عن بناء نظام مُقاوَمة القوة الزلزالية أو يشار له بالنظام الزلزالي، أو مكوّن أُدرَج في خطة ضمان الجودة أن يقدمَ بياناً (يعترف فيه بمسؤوليته) الى كل من مالك المبنى والسلطة المخولة بتدقيق توافر شروط مقاومة الزلازل قبل بدء العمل على النظام أو المكوّن. وبيان مسؤولية المقاول يشمل ماياتي:

- أ- الاقرار بمعرفة المتطلبات الخاصة التي تتضمنها خطة ضمان الجودة.
- ب- الاقرار بانه ستتحقق السيطرة للحُصُول على التوافق مع وثائق التصميم المصدقة من قبل السلطة المخولة.
- ت- الإجراءات التي ستتبعها ادارة المقاول لضمان تحقق هذه السيطرة وطريقة وتكرار وتوزيع التقارير.

ث- التعريف بالشخص أو الأشخاص ومؤهلاتهم ممن سيمارسون تحقيق هذه السيطرة وموقعهم في الإدارة.

4/2-8 الفحص الخاص Special Inspection

يجب أن يعين مالك البناية فاحصاً خاصاً أو فاحصين لمراقبة تشييد كافة النظم الزلزالية الخاصة على وفق خطة ضمان الجودة لاعمال البناء الآتية:

1/4/2-8 الأسس Foundations

إن التفتيش المستمر الخاص مطلوب في اثناء دق الركائز وصب الخرسانة في الدعائم أو الركائز. يتطلب كذلك اجراء تفتيش دوري خاص في اثناء انشاء الركائز المحفورة، والدعائم والقيسونات (Caissons) اضافة الى اعمال صب الخرسانة في الاسس السطحية (الضحلة) ووضع حديد التسليح.

2/4/2-8 حديد التسليح Reinforcing Steel

1/2/4/2-8 يجب اجراء تفتيش دوري خاص في اثناء وضع حديد التسليح وبعد إكماله في الهياكل الخرسانية المتوسطة والخاصة المقاومة للعزوم وجدران القص الخرسانية.

2/2/4/2-8 يجب اجراء تفتيش مستمر خاص في اثناء لحام حديد التسليح المقاوم للعزم والقوى المحورية في الهياكل الخرسانية المتوسطة والخاصة المقاومة للعزوم، في الاعضاء الخرسانية الكائنة في الحدود الخارجية لجدران القص الخرسانية، وكذلك في اثناء لحام تسليح القص.

3/4/2-8 الخرسانة الانشائية Structural Concrete

يجب اجراء فحوص دورية خاصة في اثناء صب الخرسانة وبعد اكمالها في الهياكل الخرسانية المتوسطة والخاصة المقاومة للعزوم وفي الاعضاء الكائنة في الحدود الخارجية لجدران القص الخرسانية.

4/4/2-8 الخرسانة مسبقة الإجهاد Prestressed Concrete

يجب اجراء تفتيش دوري خاص في اثناء وضع الحديد مسبق الإجهاد وبعد اكماله مع فحوص مستمرة خاصة مطلوبة في اثناء كل عمليات الاجهاد والحقن وفي اثناء صب الخرسانة.

5/4/2-8 كتل البناء الانشائية Structural Masonry

1/5/4/2-8 يجب اجراء معاينة دورية خاصة خلال تحضير المونة، ورصف وحدات الكتل البنائية ووضع حديد التسليح وقبل الحقن.

2/5/4/2-8 يجب اجراء فحوص مستمرة خاصة في اثناء لحام حديد التسليح والحقن والرص واعادة الرص ووضع قضبان التثبيت المحنية كما مطلوب في الفصل (6-8).

6/4/2-8 الحديد الانشائي Structural Steel

1/6/4/2-8 يجب اجراء فحوص مستمرة خاصة لكل اللحام الانشائي.

استثناء: إن الحاجة الى اجراء فحوص دورية خاصة للحام من النوع الزاوي (Fillet) المنفذ بالمرور لمرة واحدة (single-pass fillet weld) أو اللحام المقاوم واللحام المحمل الى اقل من 50% من المقاومة

التصميمية يجب أن تكون مطلوبة بالحد الأدنى، بشرط التحقق من مؤهلات عامل اللحام مع التفتيش على اقطاب اللحام في بداية العمل وتحقيق انجازه على وفق الوثائق المصدقة للبناء عند اكمال اللحام.

2/6/4/2-8 يتطلب اجراء تفتيش دوري خاص عند تثبيت وربط المسامير الملولة (البراغي) عالية مقاومة الشد عند وصلات الانزلاق الحرج والوصلات المعرضة لشد مباشر. أما المسامير الملولة في الوصلات التي لا تتعرض لشد مباشر أو انزلاق حرج فلنيس من الضروري أن يتحقق فيها من شد المسامير ما عدا الضمان بأن أجزاء العناصر المرتبطة بها قد شُدت باتصال محكم.

7/4/2-8 هياكل الحديد المشكل على البارد Cold- Formed Steel Framing

1/7/4/2-8 يجب تنفيذ تفتيش دوري خاص في اثناء كل عمليات اللحام لعناصر النظام المقاوم للقوى الزلزالية.

2/7/4/2-8 يجب تنفيذ تفتيش دوري خاص مطلوب لتوصيلات المسامير الملولة والتوصيلات المسننة والمثبتات ووسائل ربط التراكيب الاخرى في النظام المقاوم للقوى الزلزالية متضمناً الدعائم، والمساند وجميع اجزائه.

8/4/2-8 المكونات المعمارية Architectural Components

يتضمن التفتيش الدوري الخاص للمكونات المعمارية التفاصيل التالية:

أ- تفتيشاً دورياً خاصاً عند تركيب وربط التغليف الخارجي والجدران الداخلية والخارجية غير الحاملة والواح التغليف الداخلية والخارجية ضمن فئة التصميم الزلزالي D.

استثناءات:

- (1) المكونات المعمارية التي تقع عند ارتفاع يقل عن 9 م فوق مستوى الارض أو الممشى.
 - (2) التغليف والواح التغليف ذات الوزن 250 نيوتن/م² أو اقل.
 - (3) الجدران الداخلية غير الحاملة بوزن 700 نيوتن/م² أو اقل.
- ب- تفتيشاً دورياً خاصاً في اثناء تثبيت مدخل الارضيات، والسقوف المعلقة، ورفوف الخزن التي يساوي أو يزيد ارتفاعها على 2.5 م في فئة التصميم الزلزالي D.
- ت- تفتيشاً دورياً خاصاً في اثناء تركيب الزجاج الذي يقع عند ارتفاع 9 م أو اكثر فوق مستوى الارضية المجاور أو الممشى في الجدران الستارية المزججة، وواجهات المخازن الزجاجية والقواطع الداخلية المزججة ضمن فئة التصميم الزلزالي D.

9/4/2-8 المكونات الميكانيكية والكهربائية Mechanical and Electrical Component

يتضمن التفتيش الدوري الخاص للمكونات الميكانيكية والكهربائية التفاصيل التالية:

- أ- تفتيشاً دورياً خاصاً في اثناء تثبيت الاجهزة الكهربائية لانظمة الطوارئ والطاقة الاحتياطية ضمن فئتي التصميم الزلزالي C و D.
- ت- تفتيشاً دورياً خاصاً في اثناء تنصيب انظمة الانابيب القابلة للاشتعال والقابلة للاحتراق أو السامة جداً ووحداتها الميكانيكية المتعلقة بها ضمن فئتي التصميم الزلزالي C و D.

ث- تفتيشاً دورياً خاصاً خلال تنصيب منظومات أنابيب التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) التي تحوي مواداً خطرة ضمن فئتي التصميم الزلزالي C و D.

ج- تفتيشاً دورياً خاصاً خلال تنصيب الانظمة المخمدة للاهتزاز عندما تشير وثائق البناء الى أن الحد الأقصى للمسافة المتروكة بين هيكل دعم الجهاز ومخمد الحركة هو أقل من أو مساوٍ 6 ملم.

5/2-8 الفحص Testing

يجب أن تناط الى مفتش (أو أكثر) مهمة التحقق من أن الاختبارات الخاصة بتفحصها وكالة اختبار مصدقة لانجاز الاختبارات على الانظمة الزلزالية التالية:

1/5/2-8 حديد التسليح والحديد مسبق الإجهاد Reinforcing and Prestressed Steel

إن الاختبارات الخاصة لحديد التسليح والحديد مسبق الإجهاد هي كالاتي:

1/1/5/2-8 فحص تقارير اختبار الحديد المدلفن (Mill Test) المصدقة لكل شحنة حديد تسليح تُستعمل لمقاومة القوى الانحنائية والمحورية في الهياكل الخرسانية المتوسطة والخاصة بالمقاومة للعزوم والاعضاء الكائنة في الحدود الخارجية لجدران القص الخرسانية المسلحة أو جدران القص الطابوقية المسلحة وتحديد مقدار مطابقتها مع وثائق البناء.

2/1/5/2-8 التأكد من تطبيق متطلبات مقاومة حديد التسليح للقوى الزلزالية والقوى المحورية في الهياكل الخاصة بالمقاومة للعزوم والاعضاء الكائنة في الحدود الخارجية لجدران القص للمنشآت من فئة التصميم الزلزالي D.

3/1/5/2-8 التأكد من انجاز الفحوص الكيميائية للتحقق من قابلية اللحام بحسب اشتراطات مدونة الخرسانة الامريكية ACI 318, sec 3.5.2 [7].

2/5/2-8 الخرسانة الانشائية Structural Concrete

يجب أن تستحصل عينات من الخرسانة الانشائية في موقع المشروع وتفحص على وفق متطلبات مدونة الخرسانة الامريكية ACI 318, sec 5.6 [7].

3/5/2-8 الطابوق الانشائي Structural Masonry

يجب أن تجرى فحوص ضمان الجودة لكل البناء الانشائية على وفق متطلبات مدونة الخرسانة الامريكية [8] أو [9].

4/5/2-8 الحديد الانشائي Structural Steel

يجب أن تتضمن خطة ضمان الجودة الفحوص اللازمة للتأكد من أن البناء يطابق المتطلبات الآتية:

1/4/5/2-8 فحص القاعدة المعدنية Base Metal Testing

عندما تكون القاعدة المعدنية أكثر سمكاً من 38 ملم ومعرضة الى انفعالات انكماش اللحام يجب أن تفحص بالامواج فوق الصوتية للتأكد من خلو اللحام من عدم الاستمرارية في المناطق الخلفية والجانبية له.

يقبل أو يرفض أي عدم استمرارية في لحام المعدن بحسب متطلبات ASTM A435 أو ASTM A898 والمعايير المثبتة من المصمم المحترف عن وثائق البناء.

5/5/2-8 الأجهزة الميكانيكية والكهربائية Mechanical and Electrical Equipment

كما هو مطلوب لضمان الإلتزام بشروط التصميم الزلزالي هنا، يجب أن يحدد المصمم الاستشاري المحترف المسؤول المتطلبات القابلة للتطبيق بشكل واضح على وثائق البناء. كذلك يجب على كل مصنع لمكونات النظام الزلزالي المعين أن يفحص أو يُحلّل المكوّن ونظام تركيبه أو تثبيته بحسب ما مطلوب وإن يقدم تأييداً بالالتزام للمراجعة والقبول من قبل المصمم المحترف المسؤول عن النظام الزلزالي المعين ثم يصدق من قبل السلطات المختصة. ولا يؤخذ بالتأييد سوى المبني على نتائج الاختبار الفعلي على منضدة اهتزازية، بواسطة فحص الاهتزاز ثلاثي الأبعاد، بطريقة تحليلية باستعمال الخواص الديناميكية السائدة مع القوى، بالاعتماد على البيانات التجريبية (المأخوذة من التأريخ الزلزالي للموقع والذي يوضح الأداء الزلزالي المقبول)، أو بإجراء تحليل أكثر دقة يضمن بلوغ حالة أمان مكافئة. المفتش الخاص (يراجع البند (5/2-8)) يجب أن يفحص النظام الزلزالي المعين ويُقرّر إذا كانت المثبتات وجميع مواصفاتها تتوافق مع شهادة التطابق.

6/2-8 المعاينة الانشائية Structural Observation

يجب أن تجرى المعاينة الانشائية للمنشآت المنسوبة الى فئة التصميم الزلزالي D، عند توافر احد أو أكثر من الشروط الآتية :

أ- إنّ المنشأ واقع ضمن صنف الاشغال (III) أو (IV).

ب- إنّ إرتفاع المنشأ أكبر من 25م فوق قاعدته.

يجب أن يبلغ عن حالات النقص المشاهدة بعد المعاينة الانشائية بكتاب معنون إلى المالك والجهة المسؤولة.

7/2-8 التقارير واجراءات الالتزام Reporting and Compliance Procedure

كُلّ مفتش خاصّ يجب أن يقدم إلى السلطة المخولة والى المصمم المحترف المسؤول والى المالك، نسخاً من تقارير اسبوعية منتظمة عن ملاحظاته لتقدّم سير العمل، شاملة أي حالات نقص غير مصحّحة والتصحيحات التي اجريت على حالات النقص التي تحقق الاخبار عنها سابقاً. كُلّ حالات النقص يجب لفت نظر المقاول اليها مباشرة لتعديلها. عند إكمال البناء، كُلّ مفتش خاصّ يجب أن يُقدّم تقريراً نهائياً إلى السلطة المخولة مؤيداً بانه تحقق انجاز العمل كله بموجب وثائق البناء المصدقة. يجب أن يوصف العمل الذي لايتطابق مع الالتزامات في التقرير النهائي. عند إكمال البناء، يجب أن يقدم مقاول البناية تقريراً نهائياً الى السلطة المخولة مؤيداً بانه تحقق انجاز كل اعمال البناء المتضمنة في النظام المقاوم للقوى الزلزالية والنظم الزلزالية الاخرى بموجب وثائق البناء المصدقة ومتطلبات المهارة العملية.

3-8 المتطلبات الإضافية للأسس Additional Requirements for Foundations

1/3-8 المتطلبات الخاصة للركيزة للصنف C Special Pile Requirements for Category C

كل الركائز الخرسانية والركائز الانبوبية المملوءة بالخرسانة يجب أن تربط بقبة الركيزة بطمر حديد تسليح الركيزة في قبة الركيزة بمسافة مساوية لطول التثبيت المحدد في الفصل (8-5) من هذه المدونة أو باستعمال الاوتاد المثبتة حلقياً في الركيزة Field-Placed Dowels Anchorage . بالنسبة للقضبان المحززة، يكون طول التثبيت هو طول التثبيت الكامل نفسه في الانضغاط أو الشد، في حالة وجود قوى رفع بدون انقاص في الطول للمساحة الزائدة.

يجب أن تنهى الاطواق والحزونات والرباطات بالخطافات (العققات) الزلزالية كما معرفة في الفقرة (21-1) من الكود السعودي SBC 301.

عندما تتطلب مقاومة قوى الرفع، تثبيت الانبوب الحديدي أو الانبوب الحديدي المملوء بالخرسانة أو ركائز H الى قبة الركيزة يجب أن يكون التثبيت بوسائل لاتعتمد على ربط الخرسانة بمقطع الحديد المكشوف.

استثناء: يسمح بأن يثبت الانبوب الحديدي المملوء بالخرسانة باستعمال القضبان المحززة الممدودة داخل خرسانة الركيزة.

عندما يتطلب الامر توافر الطول الأدنى لامتداد حديد التسليح أو عندما تحدد مسافات تقارب اطواق حديد التسليح في الجزء العلوي من الركيزة أو الدعامة، يجب أن يستمر هذا الطول الأدنى أو مسافة تقارب الاطواق بعد قطع الركيزة.

1/1/3-8 الركائز الخرسانية غير المغلفة Uncased Concrete Piles

يجب أن يجهز التسليح أينما كان مطلوباً بالتحليل. ويجب أن تتوافر، نسبة التسليح الطولي الدنيا البالغة (0.0025) للركائز الخرسانية المصبوبة في الموقع أو الدعائم أو القيسونات في الثلث العلوي من طول الركيزة أو على امتداد لا يقل عن (3) امتار تحت الارض. يجب أن يكون هناك على الاقل اربعة قضبان طولية محصورة باطواق مغلقة (أو تسليح حلزوني مكافئ للأطواق) ذات قطر 10 ملم على الاقل ممدودة بمسافات عظمى لاتزيد على 16 مرة قطر القضيب الطولي. ويجب أن يتوافر تسليح الحصر العرضي (الأطواق المغلقة أو التسليح الحلزوني) بمسافات تباعد لاتزيد على 150 ملم أو 8 مرات بقدر قطر القضيب الطولي ايهما اقل في الركيزة ضمن المسافة البالغة ثلاثة امثال قطر الركيزة من اسفل قبة الركيزة.

2/1/3-8 الركائز الخرسانية ذات الغلاف المعدني Metal- Cased Concrete Piles

ان متطلبات تسليح هذه الركائز كذلك المطلوبة للركائز الخرسانية غير المغلفة.

استثناء: يمكن عد التسليح الحلزوني الملحوم بغلاف معدني سمكه لا يقل عن معيار No.14 انه يحقق حصر الخرسانة وكافيء عمل الاطواق المغلقة أو التسليح الحلزوني المكافئ والمطلوب توافره في الركيزة الخرسانية غير المغلفة، بشرط أن يكون معدن التغليف محمياً جيداً ضد التأثير الضار المحتمل بسبب

مكونات التربة، أو تغير مستويات المياه الجوفية، أو أي عوامل أخرى ملاحظة من سجلات الحفر في ظروف الموقع.

3/1/3-8 الانبواب المملوء بالخرسانة Concrete Filled Pipe

يجب أن يتوافر حد أدنى من مساحة التسليح مساوية إلى 0.01 من مساحة المقطع العرضي لخرسانة الركيزة عند أعلى الركيزة ممتد على مسافة تساوي مرتين بقدر طول التثبيت للقبعة المطمورة في قبعة الركيزة.

4/1/3-8 الركائز الخرسانية مسبقة الصب وغير مسبقة الإجهاد

Precast Nonprestressed Concrete Piles

يجب أن يتوافر حد أدنى من نسبة حديد التسليح الطولي مساوٍ إلى 0.01 للركائز الخرسانية مسبقة الصب وغير مسبقة الإجهاد. يجب أن تحصر قضبان التسليح الطولية باطواق مغلقة أو حديد تسليح حلزوني مكافئ بقطر 10 ملم كحد أدنى، ويجب أن يتوافر تسليح الحصر العرضي هذا بمسافات لا تتجاوز 8 مرات أصغر قطر قضيب طولي على أن لا تتجاوز 150 ملم، ضمن مسافة تبلغ ثلاثة أقطار الركيزة من أسفل قبعة الركيزة. أما خارج منطقة الحصر، فيجب أن تتوافر أطواق مغلقة (أو حديد تسليح حلزوني مكافئ) موزعة على مسافة قصوى تساوي 16 مرة بقدر قطر القضيب الطولي على أن لا تزيد على 200 ملم. يجب أن يكون التسليح ممتداً على كامل الطول.

5/1/3-8 الركائز الخرسانية مسبقة الصب والإجهاد Precast Prestressed Piles

بالنسبة لستة الامتار العليا من الركيزة مسبقة الصب والإجهاد، يجب أن لا يقل الحد الأدنى من النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني عن 0.007 أو المقدار المطلوب بالمعادلة الآتية:

$$\rho_s = \frac{0.12f'_c}{f_{yh}} \dots\dots\dots (1/3-8)$$

ρ_s : النسبة الحجمية (حجم التسليح الحلزوني / حجم لب الخرسانة)

f'_c : مقاومة الانضغاط للخرسانة، ميكا باسكال

f_{yh} : مقاومة الخضوع للتسليح الحلزوني، التي يجب أن لا تزيد على 580 ميكا باسكال.

ويجب أن يتوافر ما لا يقل عن نصف النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني المحدد بالمعادلة (1/3-8) على امتداد الطول المتبقي من الركيزة.

2/3-8 متطلبات الركيزة الخاصة للفئة D Special Pile Requirements for Category D

1/2/3-8 الركائز الخرسانية غير المغلفة Uncased Concrete Piles

يجب أن تتوافر نسبة تسليح طولية قدرها 0.005 للركائز الخرسانية غير المغلفة المحفورة والمصبوبة موقعياً أو الدعائم أو القيسونات في نصف طول الركيزة العلوي، أو على امتداد ارتفاع علوي لطول الركيزة لا يقل عن 3م تحت الأرض، أو خلال الطول الإنتثائي للركيزة، أيهما كان أكبر. إن الطول الانتثائي (flexural

(length) هو طول الركيزة حتى النقطة التي يكون فيها عزم التشقق للمقطع الخرساني المضروب في معامل المقاومة 0.4 أكبر من العزم المعامل (factored moment) المطلوب في تلك النقطة. يجب أن تتوفر على الأقل أربعة قضبان طولية مع تسليح عرضي للحصار في الركيزة بموجب المدونة السعودية SBC 304 [10] في الملحق (ج). إن حديد تسليح الحصر العرضي يجب أن يمتد ليشمل الطول الكلي للركيزة في فئتي تصنيف الموقع E أو F، أما في فئات أصناف الموقع عدا E أو F فيجب أن يمتد حديد تسليح الحصر العرضي لمسافة تساوي سبع مرات البعد الأصغر للركيزة فوق وتحت مستوى طبقات التربة الطينية الرخوة إلى المتوسطة أو طبقة التربة القابلة للتسييل، وثلاث مرات البعد الأصغر للركيزة تحت أسفل قبعة الركيزة. في فئات تصنيف الموقع الأخرى عدا E أو F، يجب استعمال نسبة حديد تسليح حلزوني عرضي لا تقل عن نصف ما هو مطلوب خلال الطول المتبقي للركيزة. أما مقدار تباعد الأطواق خلال الطول المتبقي للركيزة فيجب أن لا يتجاوز 12 مرة بقدر قطر قضبان التسليح الطولية، أو نصف قطر مقطع الركيزة، أو 300 ملم. والأطواق المستعملة تكون بقضبان ذات قطر لا يقل عن 10 ملم للركيزة بقطر 500 ملم أو أقل وبقضبان ذات قطر لا يقل عن 12 ملم للركائز ذات الأقطار الأكبر.

2/2/3-8 الركائز الخرسانية ذات الغلاف المعدني Metal- Cased Concrete Piles

ان متطلبات تسليح هذه الركائز ماثلة للركائز الخرسانية غير المغلفة. **استثناء:** يمكن عد التسليح المعدني الحلزوني الملحوم بغلاف معدني سمكه لا يقل عن معيار No.14 انه يحقق حصر الخرسانة ويكافي عمل الأطواق المغلفة أو التسليح الحلزوني المطلوب توافره في الركيزة الخرسانية غير المغلفة، بشرط أن يكون المعدن محمياً جيداً ضد التأثير الضار المحتمل بسبب مكونات التربة، أو تغير مستويات المياه الجوفية، أو أي عوامل أخرى تلاحظ من سجلات الحفر في ظروف الموقع.

3/2/3-8 الركائز الخرسانية مسبقة الصب Precast Concrete Piles

يجب أن يتوافر فيها تسليح حصر عرضي للطول الكلي للركيزة مؤلف من اطواق متقاربة أو ما يكافؤها من تسليح حلزوني للطول الكلي للركيزة، على وفق الفقرات (21-1/4 الى 21-3/4) من المدونة السعودية SBC 304 [10] المذكورة في الملحق (ج). **إستثناء:** في أصناف الموقع الأخرى عدا E أو F، يجب أن يتوافر حديد تسليح الحصر العرضي المحدد ضمن مسافة من طول الركيزة مقدارها ثلاثة أقطار للركيزة تحت أسفل قاعدة الركيزة، على أن تستعمل نسبة تسليح عرضي لا تقل عن نصف ما تتطلبه الفقرة (21-1/4) من المدونة السعودية SBC 304 [10] للخرسانة خلال طول الركيزة المتبقي والمذكورة في الملحق (ج).

4/2/3-8 الركائز مسبقة الصب ومبسقة الإجهاد Precast Prestressed Piles

بالإضافة إلى متطلبات التصميم الزلزالي للفئة C، يجب أن تتحقق المتطلبات الآتية:
أ- لا تطبق متطلبات وشروط مدونة الخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304).

ب- عندما يكون طول الركييزة الكلي في التربة مساوياً (10) أمتار أو أقل، سيكون حديد تسليح الحصر العرضي في المنطقة المطيلية Ductile على كل طول الركييزة. أما عندما يتجاوز طول الركييزة 10 أمتار، يكون موقع المنطقة المطيلية Ductile للركييزة القيمة الأكبر من القيمتين التاليتين: 10 أمتار أو المسافة من أسفل قبعة الركييزة الى النقطة التي يصبح فيها التقوس صفراً مضافاً إليها ثلاثة أمثال البعد الأصغر للركييزة.

ت- في المنطقة المطيلية Ductile للركييزة، يجب أن لا تزيد مسافة التباعد من المركز الى المركز للتسليح الحاصر الحلقي أو الحلزوني على $\frac{1}{5}$ (خمس) بعد الركييزة الأصغر، أو ستة اضعاف قطر جديلة حديد التسليح (strand) مسبق الاجهاد الطولي، أو 200 ملم أيها أصغر.

ث- يوصل (spliced) التسليح الحلزوني (ربط نهاية لفة ببداية لفة جديدة) بمسافة تراكب مساوية للفة دوران كاملة إما باللحام أو بإستعمال رابط ميكانيكي. عند وصل التسليح الحلزوني بمسافة التراكب، يجب أن يكتمل إنهاء نهايتي الحلزون بخطاف (عققة) زلزالي بتفصيل مطابق لما تشترطه الفقرة (9-1/2) من مدونة الخرسانة العادية والمسلحة (م.ب.ع.304) [11]، ولكن مع اشتراط أن تكون نهاية الخطاف ذات حنية بزاوية لا تقل عن 135 درجة. الوصلات (splices) الملحومة أو الروابط الميكانيكية ستخضع لشروط الفقرة (9-3/1/2) (لوصلات الميكانيكية والوصلات الملحومة) من مدونة الخرسانة العادية والمسلحة (م.ب.ع.304) [11].

ج- عندما يكون التسليح العرضي مؤلفاً من قضبان تسليح دائرية حلزونية، تحسب النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني العرضي في المنطقة المطيلية Ductile من الركييزة من المعادلة:

$$\rho_s = 0.25 \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1.0 \right] \times \left[0.5 + \frac{1.4p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots (2/3-8)$$

على أن لا تقل عن

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + \frac{1.4p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots (3/3-8)$$

وعلى أن لا تزيد على $\rho_s = 0.021$

حيث أن:

ρ_s : النسبة الحجمية (حجم التسليح الحلزوني / حجم لب الخرسانة)

f'_c : مقاومة الانضغاط للخرسانة، لا تتجاوز 40 ميكا باسكال

f_{yh} : مقاومة الخضوع للتسليح الحلزوني، التي يجب أن لا تزيد على 580 ميكا باسكال.

A_g = مساحة المقطع العرضي للركييزة، ملم²

A_{ch} = مساحة اللب الخرساني المحاط بالقطر الخارجي للتسليح الحلزوني، ملم²

P = الحمل المحوري على الركييزة الناتج من تجميع الأحمال التالية: $1.2D + 0.5L + 1.0E$ بالكيلونيوتن

هذه الكمية من التسليح الحلزوني المطلوبة يمكن وضعها بعمل تسليح حلزوني داخلي وخارجي.

ح- عندما يكون التسليح العرضي مؤلفاً من حلقات مستطيلة وأطواق متقاطعة، تحسب مساحة هذا التسليح العرضي في المنطقة المطيلية بمسافة تباعد مقدارها s، ومتعامدة مع البعد h_c، من المعادلة التالية:

$$A_{sh} = 0.3sh_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1.0 \right] \times \left[0.5 + \frac{1.4p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots (4/3-8)$$

على أن لا تقل عن:

$$A_{sh} = 0.12sh_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + \frac{1.4p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots (5/3-8)$$

حيث أن:

s = مسافة تباعد التسليح العرضي مقاسة على طول الركيعة، ملم.

h_c = بعد المقطع العرضي للرب الركيزة مقاساً من المركز الى المركز للتسليح الحلقي، ملم.

f_{yh}: مقاومة الخضوع للتسليح الحلزوني، التي يجب أن لا تزيد على 480 ميكا باسكال.

يجب أن تكافىء الحلقات والأطواق المتقاطعة قضباناً محززة ذات قطر لا يقل عن 10 ملم. مع جعل نهايات الأطواق المستطيلة بركن ذات خطافات (عققات) زلزالية.

في مناطق طول الركيزة الأخرى التي لا تحتاج تسليحاً عرضياً حاصراً يوضع حديد تسليح حلزوني أو حلقي بنسبة حجمية لا تقل عن نصف ما هو مطلوب للتسليح العرضي المطلوب في المناطق التي تحتاج تسليحاً عرضياً.

5/2/3-8 الركائز الفولاذية Steel Piles

تصمم منطقة الربط بين قبعة الركيزة والركائز الفولاذية أو الركيزة الفولاذية الأنبوبية غير المملوءة لتتحمل قوة شد مكافئة لـ 10% من قابلية تحمل الركيزة للانضغاط.

إستثناء: قابلية تحمل منطقة الربط للشد يجب أن لا تتجاوز المقاومة المطلوبة لمقاومة الأحمال الزلزالية الخاصة بحسب البند (3-1/4)، لا توجد حاجة لمثل هذه الروابط التي تتحمل اجهادات الشد عندما يكون الأساس أو المنشأ المسند لا يعتمد على قابلية تحمل الركيزة للشد بالنسبة لتحقيق الإستقرارية تحت تأثير القوى الزلزالية التصميمية.

4-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت الحديدية Additional Requirements for Steel Structures

1/4-8 عام General

يجب أن يتوافق التصميم والإنشاء ونوعية التراكيب الفولاذية التي تعمل على مقاومة القوى الزلزالية مع متطلبات المراجع المثبتة في الفصل (4-1) عدا ما يذكر تحديثه من متطلبات في هذا الفصل.

2/4-8 المتطلبات الزلزالية للمنشآت الفولاذية Seismic Requirements for Steel Structures

المنشآت الفولاذية والعناصر الإنشائية فيها التي تقاوم القوى الزلزالية يجب أن تصمم بحسب متطلبات البندين (3/4-8) و (4/4-8) لفئة التصميم الزلزالي الملائمة.

3/4-8 فئات التصميم الزلزالي A، و B، و C Seismic Design Categories

المنشآت الفولاذية التي تقع ضمن فئات التصميم الزلزالي A، و B، و C ستكون من أي إنشاء محدد بالمراجع في البند (1/4-8). يحدد مقدار المعامل R كما موضح في الجدول (3-1/2) عندما يصمم ويفصل المنشأ بحسب متطلبات المرجع [6] من هذا الباب للابنية الإنشائية الفولاذية وكما هو مبين بهذا الباب والبند (6/4-8) للجدران الهيكلية الخفيفة. أما الانظمة الانشائية الفولاذية التي لا تحقق متطلبات المرجع [6] من هذا الباب فانها تستعمل معامل R للأنظمة غير المصممة لتحمل الزلازل.

4/4-8 فئة التصميم الزلزالي D Seismic Design Category

المنشآت الفولاذية ذات فئة التصميم الزلزالي D ستصمم وتفضل بحسب المرجع [6] من هذا الباب الجزء I أو البند (6/4-8) لأنظمة الجدران الهيكلية الخفيفة الفولاذية ذات التشكيل البارد.

5/4-8 المتطلبات الزلزالية للفولاذ ذي التشكيل البارد Cold- Formed Steel Seismic Requirements

التصميم لهياكل الفولاذ الكربوني ذي التشكيل البارد أو الفولاذ قليل المحتوى من الكربون low-alloy لمقاومة الأحمال الزلزالية سيكون بحسب المصدر [12]، والتصميم للأعضاء الإنشائية الفولاذية غير القابلة للصدأ ذات التشكيل البارد لمقاومة الأحمال الزلزالية سيكون بحسب المصدر [13]، باستثناء ما يذكر تحديثه في هذا الفصل. إن الإشارة الى الفصل أو البند أو الفقرة هي لتلك المواصفات المحدثة.

6/4-8 متطلبات الجدار الهيكل الخفيف Light- Framed Wall Requirements

تصمم انظمة الجدران الفولاذية ذات التشكيل البارد بحسب المصدر [12] أو [13] وكذلك يجب أن تتوافق مع متطلبات هذه الفقرة.

1/6/4-8 الأعضاء الكائنة عند الحدود الخارجية Boundary Members

كل الأعضاء الكائنة عند الحدود الخارجية، والحوال، والعناصر المجتمعة، يجب أن تصمم لتعمل على نقل القوى المحورية الناشئة بسبب الاحمال المحددة من الباب الثاني وصولاً الى الباب السادس.

2/6/4-8 الروابط Connections

روابط اعضاء التدعيم القطرية، وتوصيلات الاوتاد العليا والأعضاء الكائنة في الحدود الخارجية والعناصر المجتمعة يجب أن تكون لها مقاومة تصميمية تساوي أو أكبر من مقاومة الشد الاسمية للأعضاء المربوطة بها أو Ω_0 مضروبة في قوى التصميم الزلزالية. يجب أن لا تستعمل مقاومة المسامير الملولة (البراغي) ضد السحب لتحمل القوى الزلزالية.

3/6/4-8 الأعضاء بين الاعمدة المدعمة Braced Bay Members

في أنظمة الاسناد القائمة على اساس استعمال اوتاد تثبيت (stud) تتحقق فيها مقاومة القوى الجانبية بواسطة الهياكل المدعمة، فان الأعضاء العمودية والقطرية للأعضاء بين الاعمدة (bays) المدعمة يجب تثبيتها بحيث أن الاجزاء السفلية لا يتطلب منها مقاومة قوى الشد عن طريق انشاء مسار التثبيت أو وتره

مسار التثبيت. يجب تدعيم كلتا شفتي قضيب التثبيت الناتية في الاعضاء بين الاعمدة المدعمة للحيلولة بدون حدوث انبعاج اللي الجانبي. في جدران القص المدعمة، تثبت الأعضاء الحدودية العمودية بحيث أن الجزء السفلي من مسار التثبيت لا يتطلب منه مقاومة قوى الرفع بواسطة انثناء وترة مسار التثبيت.

4/6/4-8 التدعيم القطري Diagonal Braces

تتخذ الاجراءات المناسبة لعمل الشد المسبق أو أي أسلوب آخر في تنصيب اعضاء التدعيم التي تتحمل قوى الشد فقط للحيلولة دون حدوث ترهل في الروابط القطرية.

5/6/4-8 جدران القص Shear Walls

إن قيم القص الأسمي لمواد تغليف الجدران مذكورة في الجدول (1/4-8). أما قيم القص التصميمية فتحسب بضرب تلك القيم الأسمية في المعامل 0.55. للمنشآت التي يزيد ارتفاعها على طابق واحد، لا تستعمل المجاميع المذكورة في الجدول (1/4-8) لمقاومة الأحمال الأفقية التي تتسبب بها القوى المنقلة اليها من العناصر الانشائية الخرسانية أو المكونة من الكتل البنائية. إن قيم السمك لمواد تغليف الجدران المبينة بالجدول (1/4-8) تعد أقل قيم يمكن استعمالها، وكذلك لايجوز أن تستعمل الواح مواد التغليف بعرض يقل عن 50 ملم. الواح الخشب الرقائقي (المعكس) أو الالواح الإنشائية ستكون من النوع الذي يصنع باستعمال صمغ خارجي. لتثبيت هذه الالواح يستعان بوسائل من هياكل أو حواجز أو اربطة عند حافاتها. يوضع المثبتات على طول حافات الواح القص بمسافة لا تقل عن 10 ملم من حافات اللوح. تكون المسامير الملولة (البراغي) بطول كافٍ للتأكد من اختراقها للتثبيت الفولاذي بما لا يقل عن سنين اثنين كاملين.

نسبة الإرتفاع الى الطول لجدران التغليف المذكورة في الجدول (1/4-8) يجب أن لا تتجاوز الـ 1:2.

لا بد من وضع الأعضاء المحيطية عند الفتحات مع تفصيلها لتقوم بتوزيع اجهادات القص. ولا يجوز استعمال الأغلفة الخشبية كتوصيلات لهذه الأعضاء.

ان أقل سمك قاعدة غير مغطاة لمسارات التثبيت والمثبتات (studs) للجدار يكون بما لا يقل عن 0.85 ملم وأيضاً لا يكون لها سمك قاعدة معدني غير مغطى أكبر من 1.22 ملم. مثبتات نهاية اللوح وروابطها للرفع يجب أن تكون ذات مقاومة تصميمية تجعلها تتحمل القوى المحددة بالأحمال الزلزالية.

7/4-8 المتطلبات الزلزالية للسطوح الحديدية الحاجزة

Seismic Requirements for Steel Deck Diaphragms

تعمل السطوح الحديدية للحواجز (Steel Deck Diaphragms) من مواد مطابقة لمتطلبات المرجعين [12] و [13] من هذا الباب. يحسب مقدار المقاومة الاسمية باستعمال طرائق تحليلية معتمدة أو بطرائق فحص معدة من قبل محترف متمرس ذي خبرة في فحص تراكيب الفولاذ ذي التشكيل البارد وموافق عليه من قبل السلطة المسؤولة. وتحسب المقاومات التصميمية بايجاد حاصل ضرب المقاومة الأسمية بمعامل المقاومة ϕ المساوي لـ 0.6 في حالة الحواجز المربوطة ميكانيكياً والمساوي لـ 0.5 للحواجز الملحومة. يجب

أن يتوافق تتصيب السطوح الفولاذية للبنائية، متضمناً المثبتات مع اسلوب فحصها كمجموعة. إن معايير النوعية المقررة لفحص المقاومة الأسمية هي المعايير الدنيا المطلوبة لتتصيب السطح الفولاذي، متضمناً المثبتات.

8-4 الحبال الفولاذية Steel Cables

تحسب المقاومة التصميمية للحبال الفولاذية بحسب متطلبات المرجع [14] من الباب الرابع عدا ما هو مبين بهذا البند. ولكن مع تعديل البند (5d) في المصدر [14] من الباب الرابع بتعويض (T4) 1.5 عندما يكون الـ (T4) هو الشد الصافي في الحبل والناتج من الحمل الميت، والإجهاد المسبق، والحمل الحي، والحمل الزلزالي. تضاف قوة الاجهاد المسبق الى تجميعات الاحمال المشار اليها في الفصل (2-1-3) من المرجع [14] من الباب الرابع بعد ضربها في المعامل (1.1).

5-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت الخرسانية Additional Requirements for Concrete Structures

المتطلبات الإضافية للخرسانة هي متضمنة مسبقاً في المواصفة السعودية SBC 304 [10].

6-8 المتطلبات الإضافية للمنشآت المشيدة من كتل بنائية

Additional Requirements for Masonry Structures

1/6-8 لغرض تصميم المنشآت المؤلفة من الكتل البنائية باستعمال أحمال الهزة الأرضية المعطاة في المدونة السعودية SBC 301 [1] الفقرة (15.6)، سيكون من الضروري عمل عدد من التعديلات على المعايير المرجعية من ضمنها جدران القص الخاصة المؤلفة من الكتل البنائية المسلحة حيث لن يكون لها نسبة تسليح ρ تتجاوز تلك المعطاة في أي من الطريقتين A أو B اللتين ستذكران لاحقاً.

1/1/6-8 الطريقة A

يسمح باستعمال الطريقة A عندما لا تتجاوز ازاحة الطابق $0.01 h_{sx}$ ، كما مذكور في الجدول (1/12-3) وكذلك اذا كانت قيم إنفعال الإنضغاط في الألياف الأبعد أقل من 0.0035 ملم/ملم للكتل البنائية من الطابوق الطيني و 0.0025 ملم/ملم للكتل البنائية الخرسانية. ولكن:

أ- عندما تكون الجدران معرضة الى قوى مؤثرة في مستوي الجدار نفسه، ولأعمدة والأعتاب، تعد حالة الانفعال الحرج متحققة عندما تصبح قيمة الإنفعال في تسليح الشد الأبعد مساوية خمسة اضعاف الإنفعال المصاحب لإجهاد الخضوع للتسليح f_y .

ب- وعندما تكون الجدران معرضة الى قوى خارج مستوي الجدار، يعد الإنفعال الحرج مطابقاً الى قيمة الإنفعال في التسليح مساوية 1.3 مرة بقدر الإنفعال المصاحب لإجهاد الخضوع للتسليح f_y .

تفرض قيمة الانفعال في الياف الإنضغاط الابدع مساوية 0.0035 ملم/ملم للكتل البنائية من الطابوق الطيني و 0.0025 ملم/ملم للكتل البنائية الخرسانية.

يجب أن تدخل أحمال الجاذبية المحورية المعاملة عند حساب نسبة التسليح العظمى. يفرض أن اجهاد الشد في التسليح يساوي $1.25f_y$ ، ويهمل تحمل الشد للكتل البنائية، وعند حساب المقاومة في منطقة

اجهادات الإنضغاط يفرض انها تعادل 80% من مساحة منطقة اجهادات الإنضغاط. وعند حساب الاجهاد في تسليح منطقة الإنضغاط يفرض وجود توزيع خطي للانفعال.

2/1/6-8 الطريقة B

يسمح باستعمال الطريقة B عندما لا تتجاوز ازاحة الطابق $0.013h_{sx}$ كما معطى بالجدول (1/12-3).

أ- يجب وضع اعضاء انشائية عند حدود جدران القص عندما يتجاوز انفعال الإنضغاط في الجدار 0.002. يحسب الانفعال باستعمال القوى المعاملة مع قيمة R مساوية 1.5.

ب- الطول الادنى للعضو الحدودي يجب أن يكون ثلاثة أمثال سمك الجدار، ولكن يتضمن كل المساحات التي يكون فيها انفعال الإنضغاط بحسب العبارة 1 من الفقرة (2/1/6-8) أكبر من 0.002.

ت- يجب أن يوضع حديد تسليح جانبي للعناصر الحدودية. إن ادنى تسليح جانبي يجب وضعه هو باستعمال اطواق مغلقة باقطار 10 ملم وبمسافة تباعد عظمى بين المراكز مساوية 200 ملم، لأجل أن تصل قيمة الانفعال الأقصى للإنضغاط 0.006 على الأقل.

ث- نسبة التسليح الطولي العظمى يجب أن لا تتجاوز $(0.15 \frac{f'_m}{f_y})$.

حيث أن f'_m تمثل مقاومة الكتلة البنائية

2/6-8 عند استعمال طريقة التصميم بالاجهادات المسموح بها allowable stresses لمجاميع الاحمال المتضمنة الهزات الارضية في المعادلتين 3-9/4 و 3-13/4 من هذه المدونة تعدل مجاميع الاحمال (c) و (e) في الفقرة (2.1.1.1) من المصادر المرجعية بحسب الفقرة (15.6.5) من المدونة السعودية SBC 301 [1].

الجدول 1/4-8: قيم قوى القص الاسمية الناشئة بسبب القوى الزلزالية والمؤثرة على ألواح التغليف

المؤطرة باستعمال قضبان تثبيت ناتئة من الفولاذ المشكل بارداً بوحدات $(kN/m)^{a, b}$

وصف لوح التغليف	مسافة تباعد الروابط عند حافات اللوح ^c (ملم)				مسافة تباعد الواح التغليف (mm o.c.)
	50	75	100	150	
12ملم تغليف انشائي مصنف (4-ply) الواح من خشب رقائقي (معاكس) جهة واحدة ^d	11.4	14.4	21.4	23.7	600
12ملم حبل strand موجه جهة واحدة ^d	10.2	13.3	18.6	23.7	600

^a قيمة القص الاسمية تضرب بمعامل تقليل المقاومة المناسب لتحديد المقاومة التصميمية وكما جاءت في البند (5/6/4-8)

^b إن أقل أبعاد لدعائم التثبيت الفولاذية هي 90 ملم x 40 ملم مع 10 ملم مسافة رجوع (return lip). وأقل أبعاد لمسار التثبيت هي 30 ملم x 90 ملم. وكل من مسار التثبيت وقضيب التثبيت الناتيء تعمل له قاعدة معدنية غير مغطاة ذات سمك مقداره 0.85 ملم وتكون متوافقة مع اشتراطات ASTM A653 (SS/Grade 33)، (ASTM A792 SS/Grade 33) أو (ASTM A875 SS/Grade 33). تكون المسامير الملولبة (البراغي) المثبتة للهيكل من النوع wafer head No. 8x25 mm ذاتية الحفر. وعند استعمال الأربطة الأفقية لتوفير الحجز، يجب أن تكون بعرض لا يقل عن 40 ملم ومن نفس المادة والسمك كما للـ (stud) ومسار التثبيت.

^c يجب أن توضع المسامير الملولبة (البراغي) (Screws) في مواقعها مرتبة على مسافات (300) ملم بين المراكز مالم يُشر الى خلاف ذلك.

^d تدعم كلتا شفتي القضيب الناتيء (stud) بحسب الفقرة (8-4/3/6).

مراجع الباب الثامن

[1] Saudi Building Code “*Loads and Forces Requirements SBC 301*”, 2007.

[21] American Society of Civil Engineering, ASCE/SEI-7-05, “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*”, 2006.

[3] ANSI, “*Structural Welding Code-Steel*”, ANSI/AWS D1.1-98, 1998.

[4] ASTM, “*Specification for Straight Beam Ultrasound Examination of Steel Plates*”, ASTM A435-90, 1990.

[5] ASTM, “*Specification for Straight Beam Ultrasound Examination for Rolled Steel Shapes*”, ASTM A898-91, 1991.

[6] American Institute of Steel Construction, “*Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*”, Part I, 1997, including Supplement 2, November 10, 2000.

[7] ACI318-05, “*Building Code Requirement for Structural Concrete*”, American concrete institute, 2005.

[8] “*American Concrete Institute, Building Code Requirements for Masonry Structures*”, ACI 530-99/ASCE 5-99/TMS 402-99, 1999

[9] “*American Concrete Institute, Building Code Requirements for Masonry Structures*”, Specifications for Masonry Structures, ACI 530.1-99/ ASCE 6-99/TMS 602-99, 1999.

[10] Saudi Building Code “*Concrete Structure SBC 304*”, 2007.

[11] “*مدونة الخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304)*”، وزارة الاعمار والاسكان والبلديات والأشغال العامة، بغداد، 2017.

[12] “*American Iron and Steel Institute (AISI341)*”, Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 1996, including Supplement 2000.

[13] ASCE, “*Specification for the Design of Cold-Formed Stainless Steel Structural Members*”, ASCE 8-90, 1990.

[14] ASCE, “*Structural Applications for Steel Cables for Buildings*”, ASCE 19-95, 1995.

الباب التاسع

المتطلبات الزلزالية للابنية القائمة

EXISTING BUILDING SEISMIC PROVISIONS

9-1 الاضافات الانشائية المستقلة وغير المستقلة

Structurally Independent and Dependent Additions

يجب أن تتحقق الشروط التالية في الاضافات الانشائية للابنية القائمة:

9-1/1 لايسمح بعمل الاضافات مالم تكن المنشآت القائمة مصممة على وفق اشتراطات هذه المدونة.

9-1/2 عندما تكون الاضافات مستقلة انشائياً عن المنشأ القائم فيجب أن تصمم وتتأ على وفق المتطلبات الزلزالية للمنشآت الجديدة.

9-1/3 الاضافات غير المستقلة انشائياً عن المنشأ القائم يجب أن تصمم وتتأ بحيث يكون المنشأ كله يحقق تماماً متطلبات مقاومة القوى الزلزالية للمنشآت الجديدة مالم تتحقق الشروط الثلاثة التالية مجتمعة:

1- عندما تخضع الاضافة الى متطلبات المنشآت الجديدة.

2- عندما لاتزيد الاضافة من القوى الزلزالية الناشئة على الهزة الارضية المؤثرة في أي من عناصر المنشأ القائم أكثر من 5% الا اذا كانت قدرة العنصر المعرض الى القوى الزائدة مازالت تحقق متطلبات هذه البنود.

3- عندما لا تقلل الاضافة الانشائية من المقاومة الزلزالية لاي عنصر انشائي من المنشأ القائم إلا اذا كانت المقاومة المقللة تساوي أو أكبر من تلك المطلوبة للمنشأ الجديد.

9-2 تغيير الاستعمال Change of Use

عندما يعاد تصنيف المنشأ الى فئة اشغال أعلى بسبب تغيير استعماله، يجب أن يحقق المنشأ المتطلبات الزلزالية للمنشآت الجديدة.

استثناءات:

1- عندما يكون هناك تغيير في استعمال منشأ يؤدي الى تغيير تصنيفه من احدى فئتي الاشغال I أو II الى الفئة III ويقع هذا المنشأ ضمن الخريطة الزلزالية التي يكون فيها S_{DS} أقل من 0.33، عندئذ لايشترط أن يحقق المنشأ المتطلبات الزلزالية للمنشآت الجديدة.

2- لايتطلب أن تتحقق المتطلبات التفصيلية الزلزالية المحددة في الباب الثامن للمنشأ الجديد عندما يظهر بالتحليل أن مستوى الاداء والامان ضد الزلازل مكافئ لذلك المطلوب في المنشأ الجديد. يجب أن تؤخذ الامور التالية في الحسبان عند اجراء هذا التحليل: الانتظام، والمقاومة الزائدة، والفائضية ومطيلية المنشأ ضمن سياق التفصيلات الموجودة والمضافة.

3-9 الاستعمالات المتعددة Multiple Uses

يجب أن تصنف المنشآت ذات الاستعمالات المتعددة ضمن تصنيف الاستعمال ذي أعلى فئة اشغال ماعدا تلك المنشآت المؤلفة من جزأين أو أكثر منفصلين انشائياً على وفق الفصل (3-12)، حيث يصنف كل جزء بصورة منفصلة. وعندما يكون هناك جزء منفصل انشائياً يشترك في المدخل، أو في المخرج، أو في تيسير متطلبات الأمان للشاغلين مع جزء آخر ذي فئة اشغال أعلى، يجب أن يصنف كلا الجزأين ضمن فئة الاشغال الأعلى.

مراجع الباب التاسع

- [1] Saudi Building Code, "Loads and Forces Requirements SBC 301", 2007.
- [2] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), "Standard 344-Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations", 1987.
- [3] American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning (ASHRAE), "Seismic Restraint Design" 1999.
- [4] INTERNATIONAL CODE COUNCIL, "INTERNATIONAL BUILDING CODE", 2012.
- [5] International Conference of Building Official, "UNIFORM BUILDING CODE", 1997.
- [6] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ASCE/SEI-7-05, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", 2006.

الملحق (أ)

الجدول أ-1 فئة الاشغال للمباني والمنشآت الاخرى المعرضة لقوى وأحمال الفيضانات والرياح والجليد والزلازل والصقيع بموجب المواصفة الامريكية (ASCE/SEI 07-05)

فئة الاشغال	طبيعة الاشغال (Nature of Occupancy)
I	المباني والمنشآت الاخرى التى تسبب أخطاراً قليلة للارواح عند انهيارها. وتشمل ولكن لا تتحدد فقط بما يلى : <ul style="list-style-type: none"> • المنشآت الزراعية • المنشآت المؤقتة • المخازن الثانوية
II	جميع المباني والمنشآت الاخرى ماعدا المذكورة فى فئات الاشغال I و III و IV
III	المباني والمنشآت الاخرى التى تمثل أخطاراً جسيمة على الحياة عند انهيارها وتشمل ولكن لا تتحدد فقط بما يلى : <ul style="list-style-type: none"> ▪ المباني والمنشآت الاخرى عند تجمع اكثر من 300 شخص فى مساحة واحدة منها. ▪ المباني والمنشآت الاخرى الخاصة بالرعاية الاجتماعية التى تستوعب أكثر من 150 شخصاً. ▪ المباني والمنشآت الاخرى الخاصة بالمدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية التى تستوعب أكثر من 250 شخصاً. ▪ المباني والمنشآت الاخرى الخاصة بالكليات وتعليم الكبار التى تستوعب أكثر من 500 شخص. ▪ مراكز الرعاية الصحية التى تستوعب 50 مريضاً مقيماً أو أكثر والتى لا تحتوى على صالات عمليات جراحية وطوارئ. <p>السجون ومراكز الاحتجاز</p> <p>المباني والمنشآت الاخرى غير المذكورة فى فئة الاشغال IV مع قابليتها لاحداث ضرر اقتصادى بالغ و/أو تعطيل للحياة المدنية فى حالة حدوث الانهيار والتى تحتوى ولكن لا تتحدد بـ:</p> <p>محطات توليد الطاقة الكهربائية^(a)</p>

تتمة الجدول أ-1

طبيعة الاشغال (Nature of Occupancy)	فئة الاشغال
<p>محطات تصفية المياه محطات معالجة مياه المجارى مراكز الاتصالات</p> <p>الأبنية والمنشآت الأخرى غير المتضمنة في فئة الاشغال IV (وتشمل، ولا تقتصر على، مواقع تصنيع أو إنتاج أو نقل أو خزن أو استعمال أو التخلص من بعض المواد مثل الوقود الخطر والمواد الكيميائية والمخلفات الخطرة والمتفجرات) التي تحوي كميات كافية من المواد السامة أو المتفجرة والتي تكون خطرة على الناس اذا انطلقت.</p> <p>الأبنية والمنشآت الأخرى التي تحتوي على مواد سامة أو متفجرة يجب أن تصنف ضمن فئة الاشغال II</p> <p>المنشآت التي يمكن تقديمها لتصديق السلطات أو المراجع التي تمتلك سلطة مخولة في تقدير الخطر كما هو موصوف في البند (1.5.2) من المواصفة الامريكية ASCE 7-05 [6] من مراجع الباب الثاني والتي تشترط على أن اطلاق المواد السامة أو المتفجرة لا يسبب تهديدا للناس.</p>	III
<p>الأبنية والمنشآت الأخرى المشار اليها بوضوح على أنها منشآت أساسية وتشمل على، ولكنها ليست محددة بما يلي:</p> <ul style="list-style-type: none"> • المستشفيات ومنشآت العناية الصحية الأخرى التي تحتوي على صالات عمليات جراحية أو صالات طوارئ. • مراكز اطفاء الحريق والانقاذ والاسعاف والشرطة ومواقف سيارات الطوارئ. • الملاجئ المؤشرة على أنها ملاجئ زلازل وأعاصير وغيرها. • مراكز الاستعداد والاتصالات والعمليات المؤشرة وغيرها من المنشآت المطلوبة لحالات الطوارئ. • محطات توليد الطاقة وغيرها من المنشآت الخدمية العامة المطلوبة في حالة الطوارئ. • المنشآت الملحقة (وتشمل، ولكنها ليست محددة بـ: أبراج الاتصالات وخزانات خزن الوقود وأبراج التبريد ومنشآت المحطات الكهربائية الفرعية وخزانات خزن ماء الحريق أو أية منشآت أخرى لخزن الماء أو أية آلات أو مواد مكافحة 	IV

تتمة الجدول أ-1

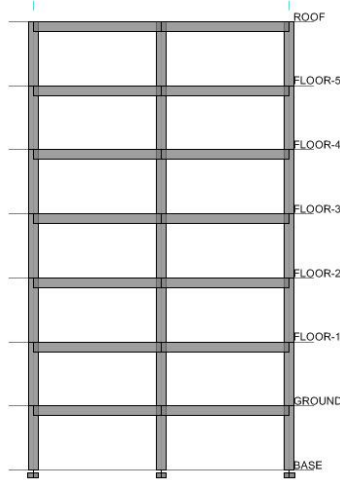
فئة الاشغال	طبيعة الاشغال (Nature of Occupancy)
IV	<p>لاشتعال الحريق) مطلوبة لتشغيل منشآت من نوع فئة الاشغال IV خلال فترة الطوارئ.</p> <ul style="list-style-type: none"> • أبراج سيطرة الملاحة الجوية ومراكز تنظيم الملاحة الجوية وحظائر الطوارئ للطائرات. • منشآت خزن المياه ومنشآت الضخ المطلوبة لتحقيق ضغط ماء لآخمد الحريق. • الأبنية والمنشآت الأخرى التي تحتوي على مستلزمات الدفاع المدني الأساسية. <p>الأبنية والمنشآت الأخرى (وتشمل، ولكنها ليست محددة بـ: المنشآت التي تصنع أو تنقل أو تخزن أو تستعمل أو تتخلص من مواد مثل الوقود الخطر والمواد الكيميائية الخطرة أو النفايات الخطرة) وتشمل المواد عالية السمية حيث تتجاوز كميات المواد قيمة اسمية محددة من قبل السلطات المخولة.</p> <p>الأبنية والمنشآت الأخرى التي تحتوي على مواد عالية السمية يجب أن تصنف ضمن منشآت فئة الاشغال II إذا تأكد بالدليل القاطع للسلطات المخولة من خلال تقدير الأخطار كما ذكر في البند (1.5.2) من المواصفة الأمريكية ASCE7-05 [6] من مراجع الباب الثاني من أن قيامها بإطلاق المواد ذات السمية العالية لا يسبب تهديدا لعامة الناس. إن هذا التصنيف المخفض يجب أن لا يؤخذ به إذا كانت هذه الأبنية أو المنشآت الأخرى تعمل أيضا كمنشآت أساسية.</p>

a محطات توليد الطاقة التي لا تجهز الطاقة الى الشبكة الوطنية يجب تمييزها بوضوح على أنها من فئة الاشغال II.

الملحق (ب)

مثال حول حساب القص القاعدي الزلزالي والقوى الزلزالية الجانبية

احسب القص القاعدي الزلزالي (V) والقوى الزلزالية الجانبية (Fx) الناتجة في كل مستوٍ من البناية الخرسانية المكونة من 7 طوابق المبينة في الشكل (ب/1).



الشكل ب/1: بناية خرسانية مكونة من سبعة طوابق

المعطيات :

الوزن الزلزالي المؤثر (W) ويشمل الحمل الميت الكلي والاجزاء المؤثرة من الاحمال الاخرى.

w_x = جزء من وزن الجاذبية الكلي (W) للبناية عند المستوى x.

الارتفاع لكل طابق = 3 أمتار.

تربة الموقع هي تربة صلبة.

البناية هي بناية لدائرة حكومية تقع في مدينة بغداد-العراق.

النظام الانشائي للبناية هو هيكل خرساني مكون من أعمدة وأعتاب.

الجدول ب/1: الوزن الزلزالي المؤثر

Floor	w_x (kN)
GROUND	687
FLOOR -1	682
FLOOR -2	676
FLOOR -3	671
FLOOR -4	665
FLOOR -5	661
ROOF	813
W(kN)	4855

خطوات الحل بحسب مدونة الزلازل العراقية (م.ب.ع.303)

(1) قيم التعجيل الطيفي للحركة الزلزالية لمنطقة بغداد وبحسب خارطة العراق الكونتورية هي كما يلي:

قيمة التعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية عند فترة زمنية قصيرة (0.2) ثانية، هي $S_s=0.6$

قيمة التعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية عند فترة زمنية (1) ثانية، هي $S_1=0.2$

(2) لكون التربة صلبة يصنف الموقع بحسب الجدول (7-1/1) ضمن الصنف D.

(3) يحدد مقدار معامل الموقع (F_a) عند اعظم تعجيل استجابة طيفي للهزة الأرضية ولفترات قصيرة من الجدول (2-1/2) وهو $F_a=1.1$.

(4) يحدد مقدار معامل الموقع (F_v) عند اعظم تعجيل استجابة طيفي للهزة الأرضية لفترة ثانية واحدة من الجدول (2-1/2 ب) ولقيمة S_1 تساوي 0.2 وهي $F_v=2$.

(5) تعدل القيمتان (S_s و S_1) للحصول على القيم المعدلة للموقع (S_{MS} و S_{M1}) وبالاتماد على معادلات البند (2-3/2) وكما يلي:

$$S_{MS} = F_a * S_s \quad \dots\dots\dots (1/2-2)$$

$$S_{MS} = 1.32 * 0.6 = 0.792$$

$$S_{M1} = F_v * S_1 \quad \dots\dots\dots (2/2-2)$$

$$S_{M1} = 2 * 0.2 = 0.4$$

(6) تحسب القيم التصميمية للتعجيل الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية بحسب معادلات البند (2-4/2) عند الفترة القصيرة (S_{DS}) والفترة الطويلة (S_{D1}) وكما يلي:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} * S_{MS} \quad \dots\dots\dots (3/2-2)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} * 0.792 = 0.528$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} * S_{M1} \quad \dots\dots\dots (4/2-2)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} * 0.4 = 0.2667$$

(7) يحسب مخطط الاستجابة الطيفي للتعجيل التصميمي بحسب معادلات البند (2-5/2) كما يلي:

أ- للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية تساوي أو اقل من (T_o) يحسب تعجيل الاستجابة الطيفي (S_a) :

$$S_a = S_{DS}(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots (5/2-2)$$

ب- للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية تساوي أو تزيد على (T_0) والاقبل أو المساوية الى (T_s) ، يعد تعجيل الاستجابة الطيفي التصميمي (S_a) مساوياً الى (S_{D1}) .

ت- للمنشآت التي تمتلك فترات أساسية تساوي أكبر من (T_s) ، يحسب تعجيل الاستجابة الطيفي (S_a) كما يلي:

$$S_a = S_{D1}/T \dots\dots\dots (6/2-2)$$

مع العلم أن :

$$T_0 = 0.2(S_{D1}/S_{DS})$$

$$T_0 = 0.2(0.2667/0.528) = 0.101 \text{ sec}$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS}$$

$$T_s = 0.2667/0.528 = 0.505 \text{ sec}$$

(8) حيث أن البناية هي دائرة حكومية فان تصنيف فئة الاشغال بحسب الجدول في الملحق (أ) هو II وعليه يكون معامل اهمية الاشغال I مساوياً 1.0 وبحسب الجدول (2-1/3).

(9) تحدد فئة التصميم الزلزالي للمنشأ (SEISMIC DESIGN CATEGORY) بالاعتماد على فئة الاشغال والقيم التصميمية لتعجيل الاستجابة الطيفي $(S_{D1}$ و S_{DS}) المحددة سابقاً ثم باستعمال الجدولين (2-1/4) و(2-2/4) نجد أن فئة التصميم الزلزالي هي (D).

(10) بالاعتماد على فئة التصميم الزلزالي (D) وباستعمال الجدول (3-1/2) تحدد قيمة معامل تعديل الاستجابة (R) التي تكون تساوي 6.5 (نظام الهياكل الخرسانية المسلحة الخاصة).

(11) يحسب القص القاعدي الزلزالي (SEISMIC BASE SHEAR) بحسب طريقة القوة الجانبية المكافئة كما يلي:

أ- تحسب الفترة الاساسية التقريبية :

$$T_a = C_t * h_n^x \dots\dots\dots (5/9-3)$$

باستعمال الجدول (2/9-3) لكون نظام مقاومة القوى الزلزالية فيها هو من الهياكل الخرسانية المسلحة المقاومة للعزم ولا تجاور أو تحصر بتراكيب انشائية أكثر جساءة تمنع الهياكل من الانحراف عند تعرضها لقوى زلزالية فان:

$$C_t = 0.044$$

$$x = 0.9$$

$$T_a = 0.044 * 21^{0.9} = 0.681 \text{ sec}$$

ب- يحسب معامل الاستجابة الزلزالي (C_s) كما يلي:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} \dots\dots\dots (2/9-3)$$

$$C_s = \frac{0.528}{6.5/1} = 0.0812$$

ت- ينبغي أن لا يكون معامل الاستجابة الزلزالي (C_s) المحسوب من المعادلة (2/9-3) أكبر مما يلي:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{(T \cdot R/I)} \dots\dots\dots (3/9-3)$$

$$C_s = \frac{0.2667}{(0.681 \cdot 6.5/1)} = 0.06$$

ث- ينبغي كذلك أن لا يكون معامل الاستجابة الزلزالي (C_s) المحسوب من المعادلة (2/9-3) أقل مما يلي:

$$C_s = 0.044 S_{DS} I \dots\dots\dots (4/9-3)$$

$$C_s = 0.044 * 0.528 * 1 = 0.0232$$

فتكون قيمة معامل الاستجابة الزلزالي (C_s) مساوية (0.096). وعليه يكون القص القاعدي الزلزالي

(V):

$$V = C_s W \dots\dots\dots (1/9-3)$$

$$V = 0.096 W$$

$$V = 0.096 * 4855 = 466.08 \text{ KN}$$

(12) التوزيع العمودي للقوى الزلزالية: تحسب القوى الزلزالية الجانبية (F_x) الناتجة في أي مستوٍ كما يلي:

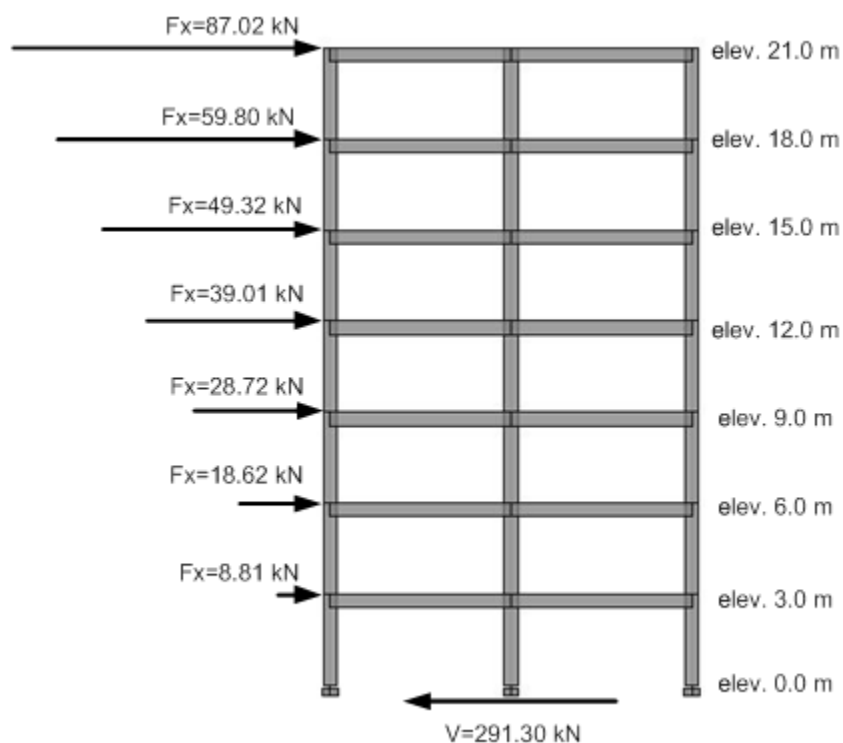
$$F_x = C_{vx} V \dots\dots\dots (9/9-3)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (10/9-3)$$

بالاعتماد على فترة المنشأ (T_a) المحسوبة سابقا (0.681 sec) وهي واقعة بين (0.5 sec) و (2.5 sec) تحسب قيمة (k) بالاستكمال الخطي بين ($k=1$) و ($k=2$) وعليه تكون قيمة (k) مساوية (1.0905). ثم تحسب قيمتا (F_x) و (C_{vx}) كما موضح في الجدول (2/ب) والشكل (2/ب).

الجدول 2/ب: حساب قيمة (F_x)

Floor	$w_x(kN)$	$h_x(m)$	h_x^k	$w_x h_x^k$	C_{vx}	$F_x(kN)$
GROUND	687	3	3.31	2276.45	0.03	8.81
FLOOR -1	682	6	7.06	4812.36	0.06	18.62
FLOOR -2	676	9	10.98	7422.46	0.10	28.72
FLOOR -3	671	12	15.03	10082.53	0.13	39.01
FLOOR -4	665	15	19.17	12745.27	0.17	49.32
FLOOR -5	661	18	23.38	15455.25	0.21	59.80
ROOF	813	21	27.66	22489.03	0.30	87.02



الشكل 2/ب: توزيع القوى الأفقية نتيجة قوة الهزة الأرضية

استعملت طريقة القوة الجانبية المكافئة والمعطاة في المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) مع التحقق من دقة قيم التسارع الطيفي للحركة الأرضية الزلزالية عند فترة زمنية قصيرة (0.2) ثانية (S_s) وعند

فترة زمنية (1) ثانية (S_1) المعطاة في خارطة العراق الشكل 2-1/2 (أ) والشكل 2-1/2 (ب) عن طريق حساب القص القاعدي الزلزالي (SEISMIC BASE SHEAR) وكما موضح تالياً:
يكون القص القاعدي الزلزالي بحسب مامعطى في المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2):

$$V = Z.I.S.K.W$$

حيث ان

V = القص القاعدي الزلزالي.

Z = معامل خطورة النطاق الزلزالي بحسب الخارطة الزلزالية المعطاة المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) $= 0.05$ لمدينة بغداد.

I = معامل درجة أهمية المنشأ بحسب المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) حيث تعد البناية من الصنف الثالث فان $I=1$.

S = المعامل الديناميكي لنوع التربة بحسب المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) حيث تعد البناية من الصنف II فان:

$$S = 0.75/T$$

وتستعمل نفس قيمة الفترة الاساسية التقريبية (T) $= 0.681$ ثانية وعليه يكون:

$$S = \frac{0.75}{0.681} = 1.1013$$

K = معامل النظام الانشائي بحسب المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) $= 1$

$$V = 0.05 * 1 * 1.1013 * 1 * W = 0.055W = 0.055 * 4855 = 267.03kN$$

قيمة القص القاعدي الزلزالي (V) المحسوب في المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) والمساوية (267.03kN) تضرب في المعامل (1.5) لجعل قيمتها في الاجهادات القصوى وعليه يكون (V) مساوية (400.5kN) وهذه القيمة مساوية تقريبا الى القص القاعدي الزلزالي المحسوب وفق مدونة الزلازل العراقية (م.ب.ع. 303) والمساوية (466.08kN) بنسبة زياده مقدارها (16%). وعليه تكون دقة ومعقولية مدونة الزلازل العراقية (م.ب.ع. 303) افضل من المدونة الزلزالية العراقية للمباني (كود 1997/2) مع زيادة عامل الامان في التصميم الزلزالي للمنشآت.

واستعمل برنامج الـ ETABS) للتحقق من دقة نتائج حسابات قيمة معامل الاستجابة الزلزالي (C_s) والقص القاعدي الزلزالي (V) والمعاملات المرتبطة بها بتحليل المعطيات وكما موضح تالياً:

STORY DATA

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
ROOF	None	3.000	21.000
FLOOR-5	None	3.000	18.000
FLOOR-4	None	3.000	15.000
FLOOR-3	None	3.000	12.000
FLOOR-2	None	3.000	9.000
FLOOR-1	None	3.000	6.000
GROUND	None	3.000	3.000
BASE	None		0.000

STATIC LOAD CASES

EQX QUAKE IBC2006 0.0000

AUTO SEISMIC IBC 2006

Case: EQX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X

Typical Eccentricity = 0%

Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: User Defined

User T = 0.681

Top Story: ROOF

Bottom Story: BASE

R = 6.5

I = 1

Ss = 0.6g

S1 = 0.2667g

TL = 8

Site Class = D
Fa = 1.32
Fv = 2

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

S_{Ds} = 0.5280g
S_{D1} = 0.2667g

T Used = 0.6810 sec

W Used = 4855.00

V Used = 0.06W = 292.48

K Used = 1.0905

AUTO SEISMIC STORY FORCES

الجدول ب/3: AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX (kN)
ROOF	87.37
FLOOR-5	60.04
FLOOR-4	49.52
FLOOR-3	39.17
FLOOR-2	28.84
FLOOR-1	18.70
GROUND	8.84

الملحق (ج)

تصميم أعضاء الهياكل الإنشائية الخرسانية المقاومة للعزم الخاص بحسب الكود

السعودي للخرسانة المسلحة/الفصل 4.21

Design of Concrete Special Moment Frame Members According to SBC 304 /Section 21.4

21-4/1 إن متطلبات هذه الفقرة تطبق على الأعضاء الإنشائية (بضمنها الركائز) ذات العزوم الخاصة: (أ) المقاومة للقوى الزلزالية المتولدة، (ب) التي تتجاوز القوى المحورية التصميمية لها (بعد ضربها في معامل التكبير) (Factored Axial Design Loads) قيمة $(Ag.f_c / 10)$ حيث أن:

Ag : مساحة مقطع العضو المحوري.

f_c : مقاومة الانضغاط للخرسانة.

هذه الأعضاء الإنشائية يجب أن تحقق الشرطين التاليين:

1. البعد الأصغر للمقطع المقاس على خط مستقيم يمر خلال المركز الهندسي لمساحة مقطع العضو يجب أن لا يقل عن 300 ملم.

2. النسبة بين البعد الأصغر للمقطع إلى البعد العمودي عليه يجب أن لا تقل عن 0.4.

21-4/2 الحد الأدنى لمقاومة الانحناء للأعمدة

أ- إن مقاومة الانحناء لأي عمود مصمم لتحمل قوى محورية تصميمية مضروبة في معامل التكبير ذات قيمة تتجاوز $(Ag.f_c / 10)$ يجب أن تحقق شروط الفقرتين التاليتين. ولالأعمدة التي لا تحقق شروط هاتين الفقرتين يجب أن تهمل المقاومة الجانبية والجساءة (Stiffness) لها عند إيجاد المقاومة والجساءة للمنشأ.

(1) إن مقاومة الانحناء للأعمدة يجب أن تحقق المعادلة $(1-3/2/3-8)$:

$$\sum Mc \geq (6/5) \sum Mg \quad \dots\dots\dots (1-3/2/3-8)$$

حيث أن:

$\sum Mc$: مجموع العزوم على أوجه المفصل (Joint) (رأس العمود) المحسوبة من المقاومة الاسمية للانحناء للأعمدة الملتقية عند ذلك المفصل. إن مقاومة العمود للانحناء يجب أن تحسب لتحمل القوى المحورية المضروبة في معامل التكبير وتكون متوافقة مع اتجاه القوة الجانبية المأخوذة في الحساب وينتج منها الحصول على المقاومة الدنيا للانحناء.

$\sum Mg$: مجموع العزوم على أوجه المفصل (Joint) المحسوبة من المقاومة الاسمية للانحناء للروافد (Girders) الملتقية عند ذلك المفصل. في حالة إنشاء عتاب (Beams) ذات مقطع على شكل الحرف T بحيث تكون البلاطة (Slab) في حالة شد تحت تأثير العزوم عند وجه المفصل، فإن تسليح البلاطة

ضمن العرض الفعال للبلاطة يجب أن يفترض بأنه يسهم في مقاومة الانحناء إذا تحقق مد حديد التسليح للبلاطة إلى المقطع الحرج للانحناء. يجب ألا يتجاوز العرض الفعال للبلاطة (الذي يعمل كجزء من شفة العتبة ذات المقطع على شكل الحرف T) بحسب ما تذكره المدونة العراقية للخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304) ربع مسافة فضاء العتبة وكذلك لا يزيد على أي من القيمتين التاليتين:

- ثمانية أضعاف سمك البلاطة.

- نصف مسافة الفضاء الصافي بين وتر (Web) العتبة والوتر الأقرب لها.

إن مقاومات الانحناء يجب أن تجمع بحيث أن عزوم العمود تعاكس عزوم الاعتاب (Beams). ويجب أن تتحقق المعادلة (1-3/2/3-8) عند تطبيقها على عزوم الاعتاب المؤثرة في كلا الاتجاهين في المستوى الشاقولي للهيكل المأخوذ في الحسبان.

(2) إذا لم يتحقق المتطلب المبين في الفقرة (1) في مفصلٍ ما، فإن الأعمدة التي تسند ردود الفعل في ذلك المفصل يجب أن تجهز بحديد تسليح عرضي (Transverse) ممتد على طول العمود، كما مبين في الفقرة (4/4-21) التالية.

3/4-21 التسليح الطولي

إن نسبة حديد التسليح ρ_g يجب أن لا تقل عن 0.01 ويجب أن لا تزيد على 0.06. وصلات حديد التسليح (Splices) المتداخلة (Lap) يجب أن يسمح بها فقط ضمن النصف الوسطي من طول العضو الإنشائي ويجب أن تصمم كوصلات تداخل معرضة للشد، ويجب أن تمتد وتطوق بحديد التسليح العرضي.

4/4-21 التسليح العرضي

1/4/4-21 التسليح العرضي كما هو مطلوب في الفقرات بالتسلسلات التالية (أ) إلى (ح) يجب أن يتوافر ما لم يكن مطلوباً توافر كمية أكبر منه مطلوبة كما محدد في الفقرة (ب) لاحقاً. أ- النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني أو طوق التسليح الدائري ρ_s يجب أن لا تقل عن تلك المطلوبة بموجب المعادلة (2-3/2/3-8):

$$\rho_s = 0.12 f_c' / f_{yh} \quad \dots\dots\dots (2-3/2/3-8)$$

ب- مساحة المقطع العرضي الكلية لطوق التسليح المستطيل يجب أن لا تقل عن تلك المطلوبة بموجب المعادلتين (3-3/2/3-8) و (4-3/2/3-8):

$$A_{sh} = 0.3 (sh_c f_c' / f_{yh}) ((A_g / A_{ch}) - 1) \quad \dots\dots\dots (3-3/2/3-8)$$

$$A_{sh} = 0.09 sh_c f_c' / f_{yh} \quad \dots\dots\dots (4-3/2/3-8)$$

ت- يجب توافر تسليح عرضي إما من خلال أطواق مفردة أو متداخلة (Overlapping hoops). ويجب أن يسمح باستعمال أطواق متقاطعة (Cross ties) بمقاس حديد التسليح نفسه وكذلك بالمسافات بين الأطواق نفسها. ويجب أن تربط كل نهاية من نهايتي الطوق المتقاطع (Cross ties) مع قضيب حديد التسليح الطولي الرئيس.

ث- إذا كانت المقاومة التصميمية للعضو الإنشائي تحقق المتطلبات لتجميعات الأحمال التصميمية بضمنها تأثير الهزات الأرضية، فيجب أن تتحقق المعادلة (3-3/2/3-8).

ج- إذا كان سمك الخرسانة خارج حديد التسليح العرضي الحاصر يتجاوز 100 ملم، فيجب أن يتوافر حديد تسليح عرضي إضافي موزع على مسافات لا تتجاوز 300 ملم. ويجب أن لا يتجاوز الغطاء الخرساني للحديد الإضافي 100 ملم.

21-4/4/2 حديد التسليح الإضافي يجب أن يوضع على مسافات لا تتجاوز:

(1) ربع البعد الأدنى للعضو الإنشائي.

(2) ستة أضعاف قطر حديد التسليح الطولي.

(3) كما معرف بالمعادلة (3-3/2/3-8):

$$S_x = 100 + (350 - h_x)/3 \quad \dots\dots\dots (3-3/2/3-8)$$

إن قيمة S_x يجب أن لا تتجاوز 150 ملم ويجب أن لا تؤخذ أقل من 100 ملم.

21-4/4/3 الاطواق المتقاطعة (Cross-ties) أو سيقان التداخل للأطواق يجب توضع على مسافات لا تتجاوز 350 ملم بين المراكز في الاتجاه العمودي على المحور الطولي للعضو الإنشائي.

الملحق (د)

تصميم الحواجز الانشائية والمسنمات بحسب الكود السعودي

للخرسانة المسلحة/الفصل 21.9

Design of Structural Diaphragms and Trusses According to SBC 304/Section 21.9

أ- إن صبات السقوف وأرضيات الطوابق التي تعمل كحواجز إنشائية (Structural diaphragms) لنقل الحركات التصميمية التي تسببها حركات الهوة الأرضية يجب أن تصمم بموجب متطلبات هذا الملحق. هذه المتطلبات تطبق أيضا على دعائم التقوية (Struts) والأوتار (Chords) والعناصر المجتمعة التي تتقل القوى التي تسببها الهزات الأرضية وكذلك المسنمات (Trusses) التي تعمل كجزء من الأنظمة المقاومة لقوى الهزة الأرضية.

ب- البلاطات المصبوبة موقعا كطبقة علوية من عضو مركب (composite member) التي تعمل كحواجز انشائية:

إن البلاطة الإضافية المركبة التي تصب موقعا على أرضية مسبقة الصب أو على السقف يمكن عدها تعمل كحاجز إنشائي، بشرط أن تسلح وتجعل نقاط ربطها متناسبة ومفصلة ليتحقق نقل كلي للقوى إلى الأوتار والعناصر المجتمعة والمنظومة المقاومة للقوى الجانبية. إن سطح الخرسانة المتصلبة سابقا والتي تصب فوقها البلاطة يجب أن يكون نظيفا وخاليا من الشوائب ومخشنا.

ت- البلاطات المصبوبة موقعا كطبقة علوية وتعمل كحواجز انشائية:

إن البلاطة الإضافية غير المركبة والمصبوبة موقعا على أرضية طابق أو سقف مسبق الصب يمكن عدها تعمل كحاجز إنشائي، بشرط أن تصمم البلاطة الإضافية المصبوبة موقعا لمقاومة القوى التصميمية الزلزالية.

* تابع الى الفقرة 2/4/2-3 من هذه المدونة

ث- السمك الأدنى للحاجز الانشائي: إن البلاطات الخرسانية المصبوبة موقعا كطبقة علوية كجزء من عضو مركب التي تعمل كحواجز انشائية تستعمل لنقل قوى الهزة الارضية يجب أن لا يقل سمكها عن 50 ملم. أما البلاطات المصبوبة موقعا كطبقة علوية ولا تعمل كجزء من عضو مركب مع الطبقة التي تحتها والتي تعمل كحواجز انشائية تستعمل لنقل قوى الهزة الارضية فيجب ألا يقل سمكها عن 65 ملم.

ج- إن الحد الأدنى لنسبة التسليح للحواجز الإنشائية في هياكل مقاومة العزوم الخاصة يجب أن يكون على وفق (العبارة 4-3/11/2/2 في المدونة العراقية للخرسانة المسلحة والعادية (م.ب.ع.304)). إن المسافات بين حديد التسليح في كل اتجاه في أرضية الطوابق غير مجهددة حديد التسليح لاحقا وفي أنظمة السقوف يجب أن لا تزيد على 250 ملم. وعند استعمال مشبكات من الأسلاك الملحومة كحديد تسليح

لمقاومة القص في البلاطات الإضافية المصبوبة موقعياً فوق أرضيات الطوابق مسبقة الصب وعناصر السقوف، يجب أن توضع الأسلاك الموازية لفضاء العناصر مسبقة الصب على مسافات لا تقل عن 250 ملم بين المراكز. يجب أن يكون حديد التسليح المجهز لمقاومة القص مستمراً وموزعاً بانتظام على طول مستوى القص.

ح- الأوتار (Tendons) المربوطة المستعملة كتسليح ابتدائي في أوتار الحواجز أو العناصر المجتمعة يجب أن تصمم بحيث أن الإجهاد الناشئ فيها والناجم من القوى الزلزالية التصميمية لا يتجاوز 420 ميكاباسكال. يسمح بعمل ضغط مسبق في الأوتار غير المربوطة لمقاومة القوى التصميمية للحواجز إذا توافر مسار مستمر لانتقال الحمل.

خ- إن عناصر المسنمات الإنشائية ودعائم التقوية (Struts) والرباطات وأوتار الحواجز الإنشائية والعناصر المجتمعة التي لها إجهادات ضغط تتجاوز $0.2 f_c'$ في أي مقطع منها يجب أن تجهز بتسليح عرضي كما مفصل في الفقرات (21-4/4-1) حتى (21-4/4-3) من الملحق (ج) وعلى طول العنصر. ولكن هذا التسليح العرضي الخاص يسمح بقطعه عند المقطع الذي تكون فيه مقاومة الانضغاط المحسوبة أقل من $0.15 f_c'$. يجب أن تحسب الإجهادات للقوى بعد ضربها في معاملات تكبير (Factored) مع استعمال نموذج مرن خطي وخصائص مساحة المقطع كلها للعناصر ذات الاعتبار.

د- جميع التسليح المستمر في الحواجز الإنشائية والمسنمات ودعائم التقوية والرباطات والأوتار والعناصر المجتمعة يجب أن يثبت أو يوصل (spliced) بموجب متطلبات طول التثبيت لحديد تسليح الشد المحدد في 21.5.4 من الكود السعودي للخرسانة المسلحة SBC304.

ذ- التوصيلات من النوع الثاني مطلوبة في حالة استعمال التوصيلات الميكانيكية لنقل القوى بين الحاجز والاعضاء الإنشائية الشاقولية للمنظومة المقاومة للقوى الجانبية. فيما يخص الفقرة (3-2-4/4) من هذه المدونة العراقية نقتبس الآتي من المدونة السعودية بخصوص القوى التصميمية:

إن القوى الزلزالية التصميمية للحواجز الإنشائية يجب الحصول عليها من تحليل القوى الجانبية بموجب تجميعات الأحمال التصميمية.

فيما يخص الفقرة (3-2-5/4) من هذه المدونة العراقية نقتبس الآتي من المدونة السعودية بخصوص مقاومة القص:

أ- إن مقاومة القص الاسمية V_n للحواجز الإنشائية يجب أن لا تتجاوز:

$$V_n = A_{cv} \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} + \rho_n f_y \right) \quad \dots\dots\dots (A \text{ 5-4-2-3})$$

ب- مقاومة القص الاسمية V_n للبلاطات المصبوبة موقعياً كطبقة علوية من عضو مركب وتعمل كحواجز انشائية وللبلطات المصبوبة موقعياً كطبقة علوية ولا تعمل كجزء من عضو مركب وتعمل كحواجز انشائية على أرضية طابق مسبق الصب أو سقف يجب أن لا تتجاوز:

$$V_n = A_{cv} \rho_n f_y \quad \dots\dots\dots(3-2-4-5 B)$$

حيث أن A_{cv} هي مساحة المقطع العرضي الكلية للحاجز الانشائي ويدخل ضمنها سمك البلاطة الإضافية. إن التسليح المطلوب للوتر (Web) يجب أن يوزع بانتظام بالاتجاهين.

ت- إن مقاومة القص الاسمية يجب أن لا تتجاوز بأي حال المقدار $2/3 A_{cv} \sqrt{f'_c}$.

فيما يخص الفقرة (3-2-4-6) من هذه المدونة العراقية نقتبس الآتي من المدونة السعودية:

أ- العناصر الحدودية للحواجز الإنشائية:

إن العناصر الحدودية للحواجز الإنشائية يجب أن تصمم لتقاوم مجموع القوى المحورية المضروبة في معاملات تكبير (Factored) و التي تعمل في مستوي الحاجز نفسه و القوى المستحصلة من تقسيم العزم المضروب في معامل تكبير في المقطع على المسافة بين العناصر الحدودية للحاجز في ذلك المقطع.

ب- إن توصيلات تسليح الشد في الأوتار و العناصر المجمعة للأغشية يجب أن تحقق مقاومة الخضوع للتسليح.

ت- يجب أن يتحقق أحد الشرطين التاليين في مناطق توصيلات تسليح الأوتار و العناصر المجمعة في التوصيلات وعققات تثبيتها:

(1) وجود مسافة دنيا من المركز إلى المركز تساوي ثلاث مرات بقدر قطر قضيب حديد التسليح بالاتجاه الطولي و لا تقل عن 40 ملم مع وجود مسافة غطاء خرساني واضح لا تقل عن 2.5 مرة بقدر قطر قضيب حديد التسليح بالاتجاه الطولي و لا تقل عن 50 ملم.

(2) أو وجود تسليح عرضي كما هو مفصل في الفقرة 11.5.5.3 من الكود السعودي للخرسانة المسلحة (SBC 304) ما عدا ما منصوص عليه في الفقرة 21.9.5.3 من الكود نفسه.

فيما يخص الفقرة (3-2-4-7) من هذه المدونة العراقية نقتبس الآتي من المدونة السعودية بخصوص المفاصل الإنشائية:

أ- جميع المفاصل الإنشائية في الحواجز يجب أن تحقق مواصفات المفاصل الإنشائية المعتمدة.

ب- إن مساحة التحميل للحمل على الكوائف (Brackets) أو النتوءات (Corbels) يجب أن لا يقع مسقطها خارج الجزء المستقيم من قضبان حديد تسليح الشد الابتدائية ولا يقع مسقطها خارج الوجه الداخلي لقضيب التثبيت العرضي (إذا كان موجوداً).

