اعتبار احمال الرياح والزلازل على المباني في تصميم المنشآت الخرسانية

مقدم من قبل

م.. عبدالله محمد عنصيل الساعدي

مهندس مدني – مدينة درنه - ليبيا

وباحث في مجال الهندسة والعلوم

نرجوا ان تعم الفائدة

وشكراً

الفصل الأول

المقدمة

1-1 مقدمة :

تتطلب دراسة أحمال الرياح على المبانى فى بعض الحالات دراسات خاصة لابد أن تؤخذ فى الاعتبار لتحقيق تصميم آمن و مريح للمبانى.

على سبيل المثال ..اذا كان المبنى عاليا أو نسبة ارتفاعه الى ابعاد مسقطه الأفقى كبيرة ، أو فى حالة وقوع المبنى وسط عوامل بيئية خاصة، فان أحمال الرياح يمكن ان تتضاعف نظرا للتجاوب الديناميكى الذى يمكن أن يحدث بين ذبذبة المبنى و هبوب الرياح.

فى هذه الحالات فان أفضل طريقة لايجاد أحمال الرياح هى تجارب أنفاق الرياح ، و التى يتم فيها عمل نموذج مصغر يتم فيه تمثيل المبنى بعناصره و خصائصه و كذلك تمثيل الوسط المحيط به ، و لكن نظرا للتكلفة العالية لهذة التجارب فانه سوف يتم دراسة طرق حسابية بديلة مع الأخذ فى الاعتبار هذا التأثير الديناميكى.

2-1 أهداف البحث :

يركز هذا البحث على دراسة حساب أحمال الرياح الطولية للمبانى المرنة مع الأخذ فى الأعتبار التأثير الديناميكى، و من أهم أهداف هذا البحث هو تطوير النموذج الحسابى المستخدم لتمثيل سريان الرياح حول المباني المرنة و سلوكها. و قد تم اعداد بعض حسابات الاكواد العالمية التى تتناول دراسة أحمال الرياح بالطرق الديناميكية.

الفصل الثاني

قوى الرياح واثرها على المباني

1-2 مقدمة :

1-1-2 تعريف الرياح :

تعرف الرياح بأنها تحرك أو انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الأفقي، وتتحرك الرياح نتيجة فروق الضغط الجوي، فالرياح تتحرك حركة تسارعية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض.و يحدث انحراف في حركة الرياح نتيجة دوران الكوكب - وتعرف العلاقة بين الرياح والضغط الجوي بتأثير كوريوليس، إلا عند خط الاستواء ؛ حيث تعرف هذه العلاقة باسم المعادلة الجيوستروفية للرياح، وبتوصيل خطوط بين نقط تساوي الضغط، يتم الحصول على صورة سريعة للرياح. وتسمى هذه الخطوط بخطوط تساوي الضغط، فإذا كانت متقاربة، كان ذلك دلالة على شدة الرياح، ويدل تباعدها على انخفاض الشدة، ويتناسب اتجاه الرياح مع مواضع الضغط المرتفع والمنخفض. وتهب الرياح في نصف الكرة الأرضي الشمالي في اتجاه دوران عقارب الساعة، حول مناطق الضغط المرتفع، وفي اتجاه معاكس لاتجاه دوران عقارب الساعة، حول مناطق الضغط المنخفض.

2-1-2الشدة

تقسم شدة الرياح إلى درجات حسب شدتها (سرعتها)؛ الرياح ذات السُرعات العالية تُسمى العاصفة.

3-1-2 وقت الحدوث

في بعض المناطق من الكرة الأرضية تهب رياح بصفة منتظمة، إما دائمة أو موسمية. فقط وتكون في النصف الشمالي من الكرة الارضية باتجاه عقارب الساعة وتكون عكس عقارب الساعة في النصف الجنوبي للكرة الارضية

4-1-2 نواع الرياح

دائمة: ولها ثلاث أنواع تجارية، وعكسية، وقطبية.

موسمية: ولها نوعان موسمية صيفية، وموسمية شتوية.

محلية: ولها ثلاث أنواع سموم، وخماسين، وشمالية.

يومية: ولها نوعان: إما أن تكون نسيم بر وبحر، أو نسيم جبل ووادي.

5-1-2 تأثير الرياح حول المباني (Wind around buildings)

الطبيعة المتغيرة للريحِ يمكن أَن تسبب ضوضاء، وبمساعدة ضربات المطر تلوث البناية وتخلقانِ ضغوط تفاضليةَ على الوجهِ الخارجيِ للبناية لكن الميزات المحلية تجعل الأمر صعباً للتَعميم حول تحميل الريحِ.

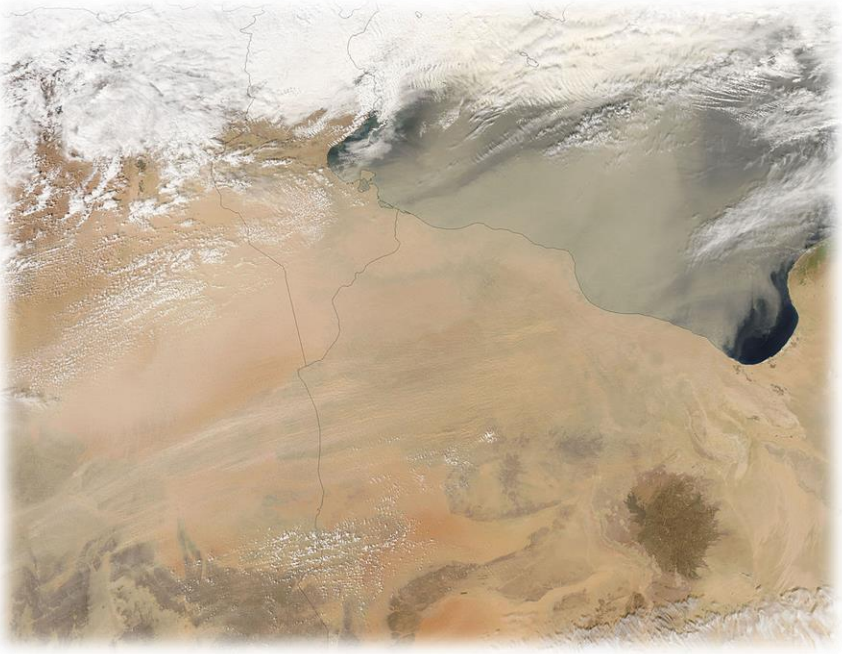
الريحِ يمكن أَن تشكل ثقلا على السقوف المستوية.

2-1-6 دراسة رياح شمال افريقيا :

هي رياح جنوبية شرقية فصلية جافة وحارة تأتي من الصحراء الكبرى محملة بآلاف الاطنان من الرمال .

وتسمى هذه الرياح بالقبلي ورياح الخماسين في مصر لأنها تنشط في فترة خمسين يوم من فصل الربيع خاصة في شهر أبريل، الا أنها نادراً ما تهب أكثر من يوم أو يومين في الأسبوع خلال هذه الفترة، تصل سرعتها إلي 100 كم/س وتؤدى إلى ارتفاع سريع في درجات الحرارة وانخفاض في معدلات الرؤية.

تنشأ رياح القبلي نتيجة منخفضات جوية تندفع بالاتجاه الشرقي عبر الشواطئ الجنوبية من البحر الأبيض المتوسط أو شمال أفريقيا من شهر فبراير (شباط) إلى يونيو (حزيران)..



شكل (2-1) يوضح صورة من الأقمار الصناعية لرياح الخماسين وهي تعم ليبيا

2-2 حمولات الرياح :

هذه الأحمال تعتبر من الأحمال الرئيسية في الكثير من دول العالم ، وتعتبر من الأحمال الثانوية في بعض الدول الأخري وذلك يعتمد علي قوة ضغط الرياح في هذه الدول.

يجرى جمع المعلومات حول الرياح وحركتها وسرعتها من خلال قياسات عملية بواسطة أجهزة خاصة توضع فى محطات الرصد ،وتسجل المعلومات لسنوات طويلة، ومن ثمَ يتم تحليل ودراسة هذه النتائج ومعالجتها بطرق إحصائية إحتمالية

،وفق القوانين والعلاقات الرياضية ،لإيجاد إحتمال وقوع السرعات الأعظمية للرياح ،وكذلك الهبَات الأعظمية (الرياح المستمرة لفترة معينة من الزمن بسرعة أكبر من سرعة الرياح المعتادة).

لقد بيَنت دراسات مخبرية أجريت فى بريطانيا على نماذج مصغرة من المبانى العالية ، أنَّ هذه المنشات تحول جزءاً من الرياح التى تصتدم بها (كرد فعل) فى إتجاه الأسفل نحو الأرض مما يتسبب فى خلق تيارات هوائية مزعجة وخطرة أحياناً للمبانى المنخفضة المجاورة لتلك المبانى وكذلك الطرق المرورية .

تسمَى سرعة الرياح التى يتم على أساسها حساب الضغوط المتولدة على واجهات الأبنية بالسرعة الحسابية ، وهى السرعة المتوسَطة لهبَة الرياح اللحظية التى يكون إستمرارها لمدة عشر دقائق ،

وتقاس هذه السرعة على إرتفاع 10 أمتار فوق سطح الأرض فى منطقة مستوية مفتوحة (لا وجود لمصدات الرياح) على أن تكون هذه السرعة تفوق متوسَط السرعات خلال ال50 سنة الماضية .

تقدير قوى دفع الرياح الممكن حدوثها على منشأ ما فى منطقة معينة لا يعتمد فقط على سرعة الرياح فى تلك المنطقة ، وإنما يعتمد على عدة عوامل أخرى ، وتبسيطاً للحسابات ؛

يعتبر ضغط الرياح مؤثراً على المبانى فى الإتجاه الأفقى ، أو بشكل متعامد مع السطوح الخارجية للمبنى ، وتخضع شدَة القوى المؤثرة على المبنى إلى العوامل التالية :

- **طبيعة وتضاريس المنطقة المراد تشييد المبنى عليها.**
- **طبيعة البناء وإرتفاعه ونسب أبعاده الأخرى .**
- **الطبيعة المناخية التى سيقام عليها المنشأ .**
- **سرعة الرياح وإتجاه حركتها .**

يمكن عند دراسة المنشأت تحت تأثير الرياح ، إعتبار المبنى المدروس كجائز ظفرى (كابولى) ،مقيَد من الأسفل وحر من الأعلى ، ومعرَض لأحمال موزعة على كامل الإرتفاع من الجهة المقابلة للرَياح .إ

ن السبب الرئيسي لإهمال قوى الرياح في ليبيا هو انخفاض ارتفاع المباني بحيث تغدو قيم حمولات الرياح بسيطة و مهملة.

لكن تأثير الرياح يظهر جلياً في المنشآت المرتفعة مثل (خزانات الماء العالي - الأبراج " أكثر من 7 طوابق " - مآذن الساجد .. الخ) .

3-2 حساب سرعة الرياح :

من أين نحصل على سرعة الرياح في منطقة ما :

هناك خرائط في الكودات تبين السرعة العظمى المتوقعة للرياح في كل منطقة و تقسم الكرة الأرضية إلى أربع مناطق تختلف فيها سرعات الرياح تتجاوز بعضها (150 كم/سا) في ليبيا أكبر سرعة متوقعة 100 كم | سا .

و قد حسبوا هذه القيم بناء على شدة الرياح التي حصلت خلال المائة عام الأخيرة في بلادنا بحيث يأخذون الوسطي بين أكبر عشر هبات رياح خلال 100 عام .

هناك طريقتين لحساب قوى الرياح :

1 - الطريقة الستاتيكية :

و هي التي تعتبر الرياح قوة ثابتة ذات قيمة على شكل مثلث رأسه عند القاعدة يؤثر على المبنى ، و هذه الطريقة هي المعتمدة في الكود الأمريكي ،

أ - يهمل الكود تأثير الرياح على المباني ذات أربع طوابق و ما دون .

ب - و يشترط الكود أن يكون ارتفاع المبنى أقل من أربع أضعاف عرض الواجهة .

بمعنى أن يكون ارتفاع المبنى قليل نسبة لعرضه و هو ما ينطبق على المنشآت العادية .

واذا كان ارتفاع المبنى كبير نسبة لعرضه كما هو الحال مع (المآذن - الخزانات - الأبراج - الهنكارات المعدنية - بسبب خفة وزنها نسبة لحجمها و عرض واجهتها -)... الخ ، في هذه الحالة تهمل الطريقة الاستاتيكية ويتم اللجوء الى الطريقة الديناميكية.

2 - الطريقة الديناميكية:

من الكود الأمريكي لرياح و الثلوج : تحسب هذه الطريقة الرياح على أساس أنها تضرب المنشأ على شكل صدمات متلاحقة و أن المنشأ يتأرجح بتأثير الرياح - و هذا أكثر واقعية - و هنا يؤخذ بالحساب موضوع - حادثة الطنين.

و هي حادثة تحصل فيما لو تساوى دور الاهتزاز للمنشأ مع دور الاهتزاز لصدمات الرياح . تنشأ عن ذلك قوى عظيمة لا يمكن مقاومتها لذلك نحرص على أن لا نصل لدرجة حادثة الطنين .

للأسف فنادراً ما يلجأ المهندسون إلى التصميم على الرياح و يهملون هذه القوى و لإن فعلوا فهم يعتمدون الطريقة الستاتيكية (الأكثر سهولة) .. و قد قمت بتصميم برج للإذاعة و التلفزيون في إدلب بارتفاع 56 متر لمقاومة الرياح بالطريقة الديناميكية مع الأخذ بعين الاعتبار قوى التمدد و التقلص و قوى الزلازل التي سنرد على تفصيلها لاحقاً .

4-2 تأثير قوى الرياح على المباني :

جميع الحمولات التي تتعرض لها المنشآت هي عادة حمولات شاقولية (ميتة أو حية) و هي تنتقل من البلاطات إلى الجسور فالأعمدة فالأساسات بشكل شاقولي ناظمي (VERTICAL) .

لكن قوى الرياح و الزلازل تؤثر أفقياً HORIZONTAL على المبنى و هنا يظهر الفارق .

- **مثال يوضح مبدأ التأثيرة**

تخيل لو أننا ثبتنا وتداً في الأرض لوجدنا أن هذا الوتد قادر على تحمل حمولات شاقولية كبيرة .. لكن ماذا لو دفعنا الوتد أفقياً .. سيقع و ينهار تحت قوة بسيطة .. مما يدفعنا لزيادة عمق التأسيس حتى يقاوم الوتد الحمولة الأفقية .

نفس المبدأ ينطبق على المباني فالأعمدة و الأساسات صممت عادة لمقاومة الحمولات الشاقولية فقط و في حال وجود قوة أفقية (رياح – زلازل) ستنشأ في الأعمدة و الأساسات عزوم كبيرة تساوي (القوة × الذراع) فكلما كان ارتفاع المبنى أكبر كانت العزوم عند الأساسات أكبر .

و سنضطر إلى حساب المنشأ لمقاومة حالات جديدة هي :

1 – انقلاب المبنى بالكامل .(و هذا يظهر خطره في المنشآت الرفيعة " خزانات ماء عالية – مآذن .. الخ)

2 – انزلاق المبنى مع قواعده . و هذا يظهر أكثر في المنشآت المسطحة مثل (الهنكارات ذات الوزن الخفيف " معدنية").

3 – انكسار العمود فوق القاعدة نتيجة العزم المطبق و هي حالة شائعة في الزلازل أكثر من الرياح .

1-4-2 حركة الريح

تزداد سرعة الريح عند أطراف الأبنية وتشتد عند نهايات الأبنية الكبيرة والمرتفعة بصورة خاصة، وترتفع قيم الفروقات في الضغوط عند تلك المناطق إذ تصبح سرعة الريح على أشدها عند زوايا البناء الخارجية التي تفصل بين منطقتي ضغط منخفض وأخرى مرتفع، وكذلك عند تصوينة السطوح المواجهة لمنطقة الضغط المرتفع. الحقيقة ما يهمنا في موضوع الريح هو أثرها على نسبة الرطوبة في داخل الأبنية، كمساهمتها في زيادة ضرر الأمطار والثلوج وفوائدها أو مضارها في عمليات التهوية.

ففيما يتعلق بالكيفية التي تساهم فيها الريح زيادة الضرر الناجم عن الأمطار والثلوج، تعمل الريح نتيجة تغير اتجاهها المستمر حول البناء على تحريك قطع الثلج المتساقطة في كافة الاتجاهات... الأمر الذي ييسر دخول الثلج إلى البناء من خلال ثغرات لا تستطيع مياه الأمطار في الأحوال الطبيعية التسلل من خلالها كفتحات الابجورات والشقوق والفواصل في الفتحات الخارجية.

أما فيما يتعلق بمساهمة الريح في زيادة شدة مياه الأمطار فإنها تضرب بحبات المطر بشدة على أسطح الجدران الخارجية وتساهم مناطق الضغط المرتفع، في دفع الأمطار إلى مناطق عميقة داخل الجدران وتكون أكثر المناطق تأثرا بالريح وبشدة تأثير ضرب مياه الأمطار هي أطراف الأبنية العلوية والجانبية (إذا كانت الأطراف السفلية مغلقة).

5-2 تحويل سرعة الرياح الى قوة :

1-5-2 تحويل سرعة الرياح إلى قوة ..

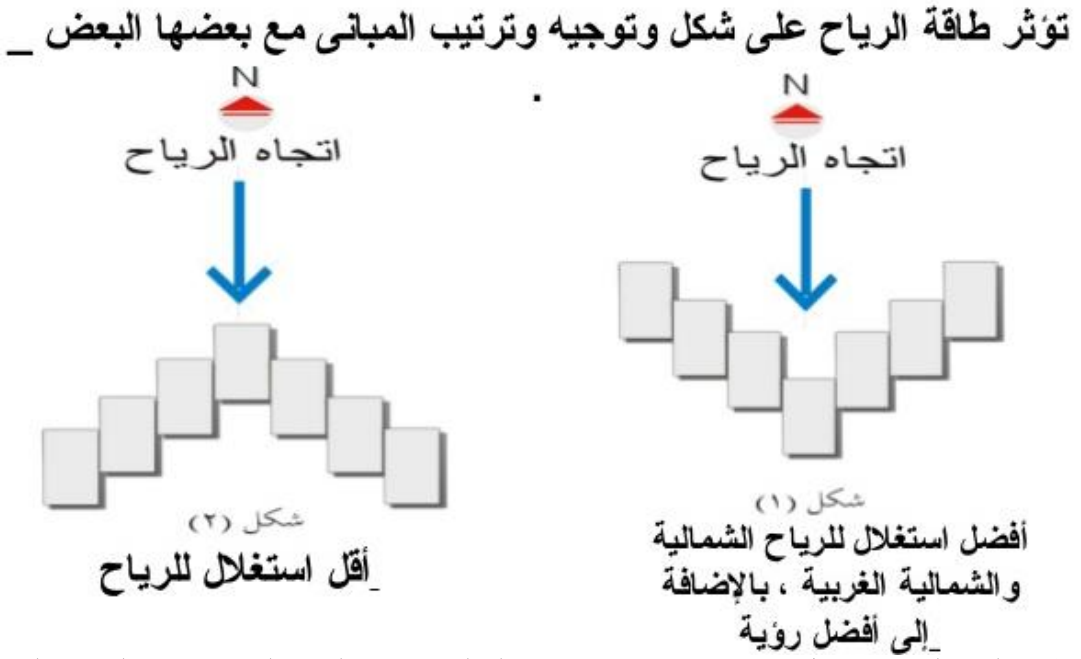
و هنا فإن الكود الامريكي أعطى للرياح في كل منطقة من العالم معامل C و مجموعة معاملات أخرى تدخل في الحساب Q

بعد حساب قوة الرياح نحدد الطريقة التي سنستخدمها مثلاً (ستاتيكية في المنشآت العادية أو ديناميكية في المنشآت الخاصة)

الطريقة الستاتيكية تستخرج قيمة قوة الرياح حسب ارتفاع المبنى و حسب شكل الواجهة المعامدة لاتجاه الريح (مستطيلة – دائرية) .

2-5-2 توزيع هذه القوة على المنشأ

يتوجب على المهندس رسم Plan للمبنى و التأمل في مراكز الكتلة (و ليس المركز الهندسي) .. و هذا يتم باستخدام



نظرية العزم الستاتيكي حول نقطة ثابتة ينتج منها مركز كتلة المبنى و هو المكان الذي تنعدم فيه القوى و الذي لو ركزنا فيه العزم الرئيسي لتوزع على كافة قواعد المنشأ . و ذلك بحسب صلابتها و بحسب بعدها عن مركز الكتلة .

هذه العملية بالذات هي الأصعب لأن البرامج الهندسية لا تفي عادة بالغرض و يطلب هذا العمل يدوياً و يحتاج إلى بعض الخبرة .

عندما نتحصل على القوى و العزوم على الأعمدة و القواعد نصممها بشكل متناظر والسبب :

لأن الرياح قد تضرب المنشأ من الجهة الثانية و عليه تحسب القواعد على القوة و العزم و من ثم تصمم بشكل متناظر كأن الرياح قد تضرب المنشأ من أية جهة كانت .

الفصل الثالث

قوى الزلازل واثرها على المباني

1-3 مقدمة عن الزلازل :

1-1-3 تعريف الزلزال أو الهزة الأرضية:

هي ظاهرة طبيعية و هو عبارة عن اهتزاز او سلسلة من الاهتزازات الارتجاجية للارض والناتج عن حركية الصفائح الصخرية ويسمى مركز الزلزال "البؤرة" ، يتبع بارتدادات تدعى أمواجا زلزالية، وهذا يعود إلى تكسر الصخور وإزاحتها بسبب تراكم إجهادات داخلية نتيجة لمؤثرات جيولوجية ينجم عنها تحرك الصفائح الأرضية. توجد الانشطة الزلزالية على مستوى حدود الصفائح الصخرية. و ينشأ الزلزال كنتيجة لأنشطة البراكين أو نتيجة لوجود انزلاقات في طبقات الأرض.

تؤدي الزلازل إلى تشقق الأرض ونضوب الينابيع أو ظهور الينابيع الجديدة أو حدوث ارتفاعات وانخفاضات في القشرة الأرضية وأيضاً حدوث أمواج عالية تحت سطح البحر (تسونامي)، فضلاً عن آثارها التخريبية للمباني والمواصلات والمنشآت. وغالباً ينتج عن حركات الحمل الحراري في المتكور الموري (Asthenosphere) والتي تحرك الصفائح القارية متسببة في حدوث هزات هي الزلازل. كما أن الزلازل قد تحدث خراباً كبيراً. وتحدد درجة الزلزال بمؤشر، وتقاس من 1 إلى 10، حيث:

- من 1 إلى 4 - زلازل قد لا تحدث أية أضرار أي يمكن الإحساس به فقط،
- من 4 إلى 6 - زلازل متوسطة الأضرار قد تحدث ضرراً للمنازل والإقامات،
- من 7 إلى 10 - الدرجة القصوى، أي يستطيع الزلزال تدمير المدينة بأكملها وحفرها تحت الأرض حتى تختفي مع أضرار لدى المدن المجاورة لها

2-1-3 كيف تتكون الزلازل :

أثناء عملية الاهتزاز التي تصيب القشرة الأرضية تتولد ستة أنواع من موجات الصدمات، من بينها اثنتان تتعلقان بجسم الأرض حيث تؤثران على الجزء الداخلي من الأرض، بينما الأربعة موجات الأخرى تكون موجات سطحية. ويمكن التفرقة بين هذه الموجات أيضاً من خلال أنواع الحركات التي تؤثر فيها على جزيئات الصخور، حيث ترسل الموجات الأولية أو موجات الضغط جزيئات تتذبذب جيئة وذهاباً في نفس اتجاه سير هذه الأمواج، بينما تنقل الأمواج الثانوية أو المستعرضة اهتزازات عمودية على اتجاه سيرها. وعادة ما تنتقل الموجات الأولية بسرعة أكبر من الموجات الثانوية، ومن ثم فعندما يحدث زلزال، فإن أول موجات تصل وتسجل في محطات البحث الجيوفيزيقية في كل أنحاء العالم هي الموجات الأولية والثانوية.

3-1-3 أنواع الزلازل :

تصنف الزلازل حسب عمق البؤرة، وهي ثلاث:

- الزلازل الضحلة وتنشأ على عمق 70كم.
- الزلازل المتوسطة وتنشأ على عمق بين 70-300كم.
- الزلازل العميقة وتنشأ على عمق 300-700كم.

2-3 المخاطر الزلزاليةSEISMIC HAZARDS

إن عدداً من الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل، والأعاصير، والأعاصير القمعية، والفيضانات، لها القدرة على التسبب في الوفيات، والجرحى، والإضرار بالممتلكات. و تتسبب هذه الكوارث الطبيعية في أضرار مروعة حول العالم كل سنة. و الأضرار التي ترافق الزلازل في العادة تدعى المخاطر الزلزالية. وممارسة هندسة الزلازل تتضمن تحديد المخاطر الزلزالية وتخفيفها. وستصف الأجزاء التالية أهم المخاطر الزلزالية.

3-2-1 الهز الأرضي Ground Shaking

تنتشر الموجات الزلزالية عندما يحدث الزلزال بعيدا من مصدر الزلزال و تنتقل بسرعة خلال القشرة الأرضية. و عندما تصل هذه الموجات إلى سطح الأرض ينتج عنها اهتزاز لفترة تتراوح بين بضع ثوانٍ و بضع دقائق. و تعتمد قوة الاهتزاز و فترته عند موقع محدد على حجم الزلزال ومكانه وعلى خصائص الموقع. فعند المواقع القريبة من مصدر زلزال كبير، يمكن أن يسبب الاهتزاز الأرضي ضرراً هائلاً. ففي الحقيقة يمكن اعتبار الاهتزاز الأرضي الأكثر أهمية من بين جميع المخاطر الزلزالية ؛ لأن كل المخاطر الأخرى تحدث بسبب الاهتزاز الأرضي. فعندما تكون مستويات الاهتزاز الأرضي منخفضة، قد تكون كل المخاطر الأخرى قليلة أو غير موجودة. و على الرغم من ذلك فعندما يكون الاهتزاز الأرضي قويا فمن الممكن أن تنتج أضرار بالغة ذات مخاطر زلزالية متنوعة.

وعلى الرغم من أن معظم رحلة انتقال الموجات الزلزالية من مصدر الزلزال إلى سطح الأرض يكون خلال الصخور ، إلا أن الجزء الأخير من هذه الرحلة يكون ، غالبا ، خلال طبقة من التربة، و تستطيع خصائص التربة التأثير ، بدرجة كبيرة جدا ، في طبيعة الاهتزاز عند سطح الأرض. و تميل ترسبات التربة إلى العمل "كمنقيات" للموجات الزلزالية وذلك بإضعاف حركتها عند ترددات محددة و تضخيمها عند ترددات أخرى. وحيث إن خصائص التربة غالبا ما تتغير كثيرا من مكان إلى آخر في مسافة قصيرة، فإنه من الممكن أن يكون هناك اختلاف كبير في مستويات الاهتزاز الأرضي في حدود مساحة صغيرة. و يعتبر تقييم تأثير حالة التربة المحلية في حركة الأرض القوية أحد أهم المواضيع التطبيقية لهندسة الزلازل الجيوتقنية. وسيقدم الفصل الثالث من هذا الكتاب طرائق تقدير أهم الخصائص للحركات الأرضية القوية، أما الفصول من الرابع إلى السابع فستعطي الخلفية العلمية وتقنيات التنبؤ للحركة الأرضية لموقع محدد.

2-2-3 المخاطر الإنشائية Structural Hazards

دون شك فإن أكثر الصور المثيرة و البارزة لأضرار الزلازل هي تلك التي تتمثل في الانهيارات الإنشائية. ومن الانهيار الممكن التنبؤ به للمنشآت الحجرية الغير مسلحة و المنشآت المبنية من اللَّبِن والتي يعيش فيها الكثير من الناس في المناطق النامية من العالم ، فإن الانهيار الإنشائي هو السبب الرئيسي للوفيات و الخسائر الاقتصادية للعديد من الزلازل. ومع ذلك فإنه ليس بالضرورة انهيار المنشأ لحصول وفيات و أضرار. إن وقوع الأشياء من الواجهة الخارجية للمبنى مثل قوالب الزينة و الشرفات أو الصور الثقيلة والأرفف داخل المبنى قد تسببت في الإصابات في العديد من الزلازل. كما يمكن أن تتضرر التركيبات الداخلية مثل تمديدات الأنابيب، و الإنارة، و مستودعات التخزين أثناء الزلازل.

و على مر السنين، عملت تطورات معتبرة في التصميم المقاوم للزلازل للمنشآت، وتحسن مستمر لمتطلبات التصميم الزلزالي في أكود البناء. فكما أن التصميم المقاوم للزلازل انتقل من التركيز على قوة المنشأ إلى التركيز على كل من المقاومة و الممطولية (ductility)، فإن الحاجة زادت للحصول على تنبؤات دقيقة للحركات الأرضية. و حسب قواعد ممارسة التصميم الحالية، فإن مهندس الزلزال الجيوتقني في الغالب يكون مسؤولا عن تزويد المهندس الإنشائي بالحركات الأرضية التصميمية الملائمة

3-2-3 التميع Liquefaction

حدث بعض من أكثر الأمثلة المذهلة لأضرار الزلازل عندما فقدت ترسبات التربة قوتها وبدت تنساب كالموائع. ففي هذه الظاهرة ، المصطلحة بالتميع، تقل مقاومة التربة، غالبا بشدة، إلى درجة لا يمكنها دعم المنشآت أو البقـاء في حالة استقـرار. ولأن التميـع يحدث فقط في الترب المشبعة، فإنه غالبا ما يلاحظ التميع بجوار الأنهار، و الخلجان، والأماكن الأخرى لتجمعات المياه.

في الحقيقة يشمل مصطلح التميع عدة ظواهر متعلقة به. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تظهر انهيارات الانسياب عندما تنخفض مقاومة التربة تحت المستوى المطلوب للمحافظة

على استقرارها تحت تأثير الظروف الساكنة. لذا فإن الانهيارات الانسيابية تنشأ بواسطة قوى الجاذبية الساكنة و التي يمكن أن تُحدث حركات كبيرة جداً.

4-2-3 الانزلاقات الأرضية Landslides

تسبب الزلازل القوية في الغالب انزلاقات أرضية. و بالرغم من أن الغالبية من هذه الانزلاقات تكون صغيرة، فإن الزلازل تسببت،أيضا،في حدوث انزلاقات كبيرة. وفي عدد من الحالات المشؤومة، تسببت الزلازل في انزلاقات أرضية دفنت مدنا وقرى بأكملها و كان العديد من الانزلاقات الأرضية المحدثة زلزالياً نتيجة لظاهرة التميع، ولكن يمثل عدد آخر، بكل بساطة ، انهيارات الميول التي كانت على حافة الانهيار تحت تأثير الظروف الساكنة. و يصف الفصل العاشر أنواعا مختلفة لانهيارات للميول الزلزالية ، وتردد حدوثها، و خطوات تحليلها.

3-2-5 انهيار المنشآت الساندة Retaining Structure Failures

تتضـــرر ، غالبـــاً ، الـحـوائـط المربـوطة، وجدران أرصفة الموانئ، و المنشآت الساندة الأخرى بالزلازل. و يتركز الضرر ، عادة ، في المناطق المواجهة للمياه مثل الموانئ و المـرافئ. ولأن مثل هذه الخدمات غالبا ما تكون أساسية لنقل البضائع التي يعتمد عليها الاقتصاد المحلي، فإن الخسائر التجارية المرافقة لانهيارها يمكن أن تتجاوز إلى حد بعيد تكاليف إصلاحها أو إعادة إنشائها. و يغطي الفصل الحادي عشر التصميم الزلزالي للمنشآت الساندة.

3-2-6 تخفيف المخاطر الزلزالية MITIGATION OF SEISMIC HAZARDS

أخيرا، فإن هدف مهندس الزلازل هو تخفيف المخاطر الزلزالية. و يكمن تخفيف المخاطر للمنشآت الجديدة في عملية التصميم المقاوم للزلازل. و تفاصيل التصميم المقاوم للزلازل للمنشآت خارج مجال هذا الكتاب، ولكن تم وصف بعض المواضيع المتعلقة بالحمل الزلزالي على المنشآت في الفصل الثامن. التصميم المقاوم للزلازل للميول للمخدرات ، والسدود، والجسور الترابية، والحوائط الساندة يعتمد على المواضيع المطروحة في الفصلين التاسع والحادي عشر. وتخفيف المخاطر الزلزالية للمنشآت المقامة أيضا مهمٌ جدا. و يغطي الفصل الثاني عشر الموضوع المهم لمعالجة ترسبات التربة لتخفيف المخاطر الزلزالية.

3-3 تأثير الزلازل :

إن تأثير الزلازل يمكن أن يقسم وفق الأصناف الثلاثة التالية: (1) تشقق سطح الأرض، (2) انهيار التربة و (3) اهتزاز الأرض. و من بين هذه الأصناف الثلاثة وحده تأثير اهتزاز الأرض يمكن أن يقلل بشكل ملحوظ من خلال التنفيذ الهندسي العالي النوعية. في حين أن مسح الأرض المستخدمة هو أداة فعالة بشكل أكبر بالنسبة للأصناف الثلاث المتبقية.

3-3-1 تشقق سطح الأرض

تشقق سطح الأرض يحدث في مناطق الصدوع. حيث تكون التشققات و الانزياحات النسبية الدائمة محتملة بشكل كبير، فإذا أمكن تحديد الأماكن المتوقعة للتشققات السطحية، يجب بكل بساطة تجنب هذه الأماكن لإقامة المنشآت و المرافق.

لقد أدى زلزال سان فرانسيسكو 1906 إلى انزياحات نسبية أفقية على طول صدع سان أندرياس تزيد عن ستة أمتار، من الواضح أنه يستحيل تصميم منظومةٍ إنشائيةٍ لتتوافق مع هكذا انزياحات، و بالتالي مهما بلغت معارفنا الهندسية يستحيل علينا تأمين أمان المنشآت في الأماكن التي يكون فيها تشقق الأرض محتملاً.

2-3-3 انهيار التربة

انهيار التربة يمكن توقعه في الترب غير الثابتة عند حدوث اهتزاز الأرض. و ظاهرة الانهيار هذه تتضمن انزلاق التربة، الهبوطات الضخمة في التربة القليلة الرص، و التميع.

هذه الآثار قد تحدث في أماكن بعيدة عن المركز السطحي للزلزال، و يستحيل تحديد الأماكن التي قد يحدث بها انهيار التربة، و أفضل استراتيجية لمجابهة هذه المشكلة هي تجنب التوسع في المواقع الحساسة، و ذلك من خلال سن النظم المتعلقة بمسح الأراضي و توصيفها.

عندما تتميع التربة فهي تفقد قدرة تحملها على القص، و بالتالي ستفقد الأساسات السطحية –مهما كانت جيدة الإنشاء- ثباتها.

3-3-3 اهتزاز الأرض

إن معظم حلول الهندسة الإنشائية تركز على تخفيف آثار اهتزاز الأرض. و لحسن الحظ يوجد الكثير مما نستطيع فعله لتحسين أداء منشآتنا عند تعرضها لهزاتٍ زلزالية.

بما أن القوى المركزة على المنشأة تتعلق بكتلة المنشأة، بالتالي ستنقص المواد الخفيفة الوزن الآثار الضارة للزلزال، و قد تعلمنا أن التشكيل المعماري يلعب دوراً هاماً في تحمل الزلازل. فالمسقط الطابقي المنتظم مع عناصر صلبة موزعة بشكلٍ متناظر يساعد في إقلال احتمال حصول إجهادات فتل. كما تؤمن المنظومة الإنشائية المطواعة القدرة على تخزين الطاقة بشكلٍ مؤقت على شكل تشوهات و تمنع الانهيار الكلي في الزلازل القوية. و من ناحيةٍ أخرى يجب أن تكون التشوهات محدودة لتجنب تضرر العناصر غير الإنشائية.

من المعلوم أن عدم الاستمرارية الإنشائية مثل التراجعات في المسقط و الانقطاعات تغير في الصلابة عند مستوى الطابق و تؤدي إلى تراكيز إجهادية خطرة. كما أن سلامة الوصلات و الوفرة الإنشائية تلعب دوراً حساساً في صمود المنشأة، و يجب أن ندرك أن سقوط العناصر غير الإنشائية (الألواح البيتونية المسبقة الصب، حواجز الشرفات، و جدران القواطع الحجرية) من المحتمل أن يشكل خطراً على السلامة البشرية كمثل تداعي العناصر الإنشائية الهامة، و هذه العناصر يجب تصميمها و تفصيلها بعناية.

4-3 الشروخ والتصدعات الناتجة عن الكوارث الطبيعية(الزلازل)

1-4-3 أنواع الشروخ التي تحدث في المنشآت الهيكلية نتيجة الزلازل:

1. انبعاج الأعمدة إذا كانت كلها في اتجاه واحد عمودي على حركة الزلازل أي أن الاتجاه الضعيف هو اتجاه الزلازل ومما يزيد الأمر سوءاً ارتفاع الدور الأرضي بارتفاع دورين.

2. شروخ قص وانحناء في الأعمدة المرتكزة على أساسات منفصلة بدون ميدات وتؤدي الحركة الأفقية إلى اتساع المسافة بين الأساسات وحدوث اجهادات قص وانحناء في أعمدة المبنى .
3. شرخ أو كسر أفقي بأعلى العمود أسفل الكمرة أو أسفل السقف إذا لم تكن هناك كمرة مثل أعمدة الأدوار الأخيرة للبلاطات ذات الأعصاب ، والأعمدة المنحنية الحاملة لخزانات المياه فوق العمارات .
4. شرخ أفقي في العامود نتيجة فقد جزئي للركيزة حيث يحدث هبوط كبير تحت بعض الأعمدة .
5. شروخ فاصلة بين الأعمدة والكمرات وتأخذ شكل شروخ مائلة قصيرة وتتناسق بعضها فوق بعض عند اتصال المباني بالعامود في الحائط الموازي لحركة الزلازل.
6. إزاحة أفقية زائدة عن المسموح وخاصة في حالة وجود صغر مجاور .
7. ميل في المبنى أو حدوث انفراج في فاصل التمدد بين المبنى وزيادة سمكه وتسرب المياه منه.
8. شروخ قص وانحناء في الكمرات نتيجة فروق الهبوط وتحدث عند وجود مجرى مائي أو حفر مجاورة.
9. شروخ انحناء في كمرات أو بلاطات السلم.
10. شروخ أفقية في دواري البلكونات والأسطح القديمة مما يؤدي إلى فصل الدورة عما تحتها وتصبح عرضة للسقوط على المارة والسيارات وحدوث خسائر في الأفراد والممتلكات.

2-4-3 أنواع الشروخ التي تحدث في المباني من الحوائط الحاملة نتيجة الزلازل:

1. شروخ فاصلة بين الحوائط الداخلية والخارجية أو عند الأركان نتيجة ضعف الرباط بينها.
2. شروخ مائلة في الحوائط الواقعة في اتجاه الزلازل بطول الحائط كله أو بطول أقصر من ذلك على حسب قوة الزلازل والحركة الأفقية الناتجة عنها.
3. شروخ رأسية في الحوائط بكامل ارتفاع الحائط أو أكثر.
4. شروخ فاصلة بين الحوائط والأرضيات نتيجة حدوث حركة أفقية أدت إلى حدوث شروخ في التبليط أو اللياسة ولا تعتبر شروخ خطيرة ، أو نتيجة حركة أكبر أدت إلى انفصال الكمرات الحديدية أو العروض الخشبية عند الحائط ويحدث هبوط مصاحب لذلك وهو الأخطر.
5. شروخ أفقية (قص) في أكتاف المبنى بين نافذتين أو عند السلم أو بين النافذة والجدار والتي تكون ضعيفة في مقاومة القص
6. ميل شديد في الحوائط بحيث لا يصبح الحمل متمركزاً عليها وقد يكون الميل في المبنى ككل نتيجة الحركة الأفقية مع عدم وجود الرباط الأفقي أو بقص الحوائط نتيجة ضعف مونة الرباط بين مدامكها.
7. شروخ انبعاج (أفقية) أو شروخ نتيجة حركة الحائط خارج المستوى (شروخ رأسية) وهذه الشروخ خطيرة.
8. عدم رأسية الحائط المسبب لعدم مركزية الأحمال عليها.
9. التآكل أو التفتت في الأحجار والطوب مع التقدم في العمر أو نتيجة الأملاح والرطوبة أو عدم صيانة توصيلات الصرف و المياه.

10. فروق الهبوط نتيجة حركة المياه تحت الأساسات و تسرب المياه من مواسير الصرف الصحي أو سحب المياه من موقع مجاور أو ترع أو مصارف مجاورة .

3-4-3 الاحتياطات و التوصيات الواجب اتباعها عند اكتشاف الشروخ والتصدعات:

إن معاينة المباني التي أصابها التصدع والحكم على سلامتها والتوصية بإصلاحها أو إزالة أدوار منها عملية حساسة وهامة جداً لأنه سيترتب عليها فقد للمسكن أو إنفاق كبير لإصلاحه ولذا نوصي بشدة بعدم التسرع في المعاينة أو في إصدار التوصيات وقد يقع المهندس المتسرع في نوعين من الأخطاء:

. الخطأ في تقرير أن المنشأ سليم في حين أنه يحتاج فعلاً إلى إصلاح.

. الخطأ في تقرير أن المنشأ يحتاج إلى إصلاح كثير في حين أنه لا يحتاج إليه.

والنوعية الأولى قد تسبب فقد الأرواح والنوعية الثانية من الخطأ أهون لأنها تسبب فقد المال ولكي لا يقع المهندس في أي من هذه الأخطاء فعليه:

أن يسجل كل ما يراه وكل أفكاره كتابة في تقرير فحص الحالة لأن التسجيل الذي يمكن من هو أكثر منه خبرة أن يحكم على توصياته عند قراءة التقرير ، أما عدم التسجيل فيضيع بيانات هامة أو أفكار وراء ما كتبه من توصيات ، والتسجيل بالصور الفوتوغرافية أفضل وأكثر إفادة.

أن يسأل صاحب المبنى عن تاريخ ظهور الشروخ وعن تاريخ استخدام المبنى لأن هناك ظروفاً قد تغيرت وأسباباً للتصدع قد اختفت.

5-3 تصميم مباني لمقاومة الزلازل

لقد بينت التجارب والنتائج المستخلصة من الزلازل الحديثة أن المنشآت المصممة والمنفذة بالشكل الصحيح قادرة على مقاومة زلازل عنيفة دون انهيار إلا ان معظم هذه المنشآت خاصة القديمة منها يمكن ان تتعرض إلى أضرار خطيرة أو انهيار مسبب إلى إزهاق أرواح السكان.كما أكدت الدراسات التي أجريت حول أداء المنشأ أثناء وقوع الزلازل أن الجمل الانشائية التي تمتلك قدرة كافية على مقاومة القوى الجانبية ويجب أن يكون لها أيضا مطاوعة كافية أي قدرة المحافظة على سلامتها عند زيادة الاجهادات من أجل حماية السكان.

كما أكدت الدراسات التي أجريت حول أداء المنشأ أثناء وقوع هذه الزلازل.ان الجمل الانشائية التي تمتلك قدرة كافية عتى مقاومة القوى الجانبية يجب أن يكون لها أيضا مطاوعة كافية، أو القدرة على المحافظة على سلامتها عند زيادة الاجهادات من اجل حماية السكان.

إن تأثير الزلازل على أي منشأ خرساني يتلخص في أنها تؤثر على هذا المنشأ بقوى أفقية متغيرة القيمة تبعا لموقع المنشأ وقربه أو بعده من المناطق الساحلية أو من مراكز وبؤر مناطق الزلازل الرئيسية. وهذه القوى الأفقية تتعارض في مفهومها عن الإتزان للمنشأ عن نظيراتها من القوى الرأسية التي اعتاد المهندسين تصميم المنشأ على أساس مفعولها فقط وإهمال القوى الأفقية والتصميم على أساس هذه القوى.

1-5-3 القوى الأفقية

التصميم الأفقي لمبنى

هو تحقيق دراسة إتزانه الداخلي والخارجي تحت تأثير قوى الزلزال.

الإتزان الداخلي لمنشأ:

هو تحقيق كفاية المقاومة الداخلية للقطعات الخرسانية لمنشأ للقوى الداخلية من عزم الانحناء وقوى قص وقوى عمودية.

الإتزان الخارجي لمنشأ:

هو تحقيق إتزان المبنى تحت تأثير عزم الالتواء وعزم انقلاب وكذلك تأثير التغير في إجهاد تحول التربة

التصميم الرأسي للمنشأ :

هو تصميم المنشأ ليقاوم الأحمال الميتة من وزن البلاطة الخرسانية والأعمدة ووزن الأرضيات والحوائط...وليقاوم الأحمال الحية من اوزان الأثاث والمفروشات واوزان المستخدمين لهذا المبنى.

2-5-3 التصميم الإنشائي المناسب لمقاومة الزلازل:

مباني هيكلية:

تتكون من أعمدة خرسانية تحمل فوقها كمرات خرسانية تتحمل أوزان الاسقف الخرسانية وهذا النوع يتمتع بمقاومة جيدة للزلزال إذا تم تصميمه وتنفيذه بدقة وهذا النوع من المباني ينقسم بدوره إلى الأقسام التالية:

مباني ذات ارتفاعات قصيرة:لا يزيد عدد أدوارها عن ستة أو سبعة طوابق.

مباني ذات إرتفعات متوسطة:لا يزيد عدد أدوارها 14إلى15 طابقا.

مباني ذات إرتفعات عالية:لا يزيد عدد أدوارها عن 30 طابقا.

3-5-3 مقاومة المباني الهيكلية للزلازل:

أولا اختيار النظام الإنشائي المناسب في حالة المباني ذات الارتفاعات المتوسطة والعادية.

التصميم المعماري المناسب مع اختيار النظام الإنشائي المناسب.

حساب ردود الأفعال الانتقالية المتولدة نتيجة الزلزال.

تصميم القطعات الحرجة للعناصر الإنشائية.

أخذ بعين الاعتبار: نظام أعمدة خرسانية وكمرات محملة عليها؛يتحمل هذا النظام مباني ذات إرتفعات لا تزيد عن14طابق

3-5-4 أسباب انهيار المباني:

إن الأسباب التي تؤدي إلى انهيار المباني هو نقص الحديد أو ضعف الاسمنت ولا شك أن هذه العوامل تسهم بشكل ما في الانهيارات لكنها ليست على الغالب السبب الحقيقي..

الأسباب الحقيقية لانهيار المباني لا بد أن نبين عوامل الأمان التي تتخذ عند التصميم الإنشائي للمباني السكنية العادية :

إن أول ما يفعله المهندس المصمم هو تقدير الحمولات الطابقية بدقة، وبما أن حمولات الوزن الذاتي ووزن البلاط وقواطع البلوك (الحمولات الميتة) تحسب بدقة فليس هناك مشكلة فيها.

أما الحمولات الحية فتختلف حسب طبيعة استثمار المبنى.

بعد الانتهاء من تحليل الحمولات (الميتة والحية) يحسب التصميم على أساس مقاومة البيتون..

و هكذا تضمن عوامل الأمان في المباني من حيث تقدير حمولات مثالية عالية القيمة وتخفيض قيمة المقاومة للبيتون والحديد.

3-5-5 انهيار المباني:

لا شك أن المبنى المنفذ وفق التصميم يكون أكثر أماناً من المبنى الذي استنفذ فيه المنفذ خيارات الأمان فقام بتعديل أقطار الحديد وخفض نسبة الاسمنت في البيتون مما أضعف القيمة الإجمالية لمقاومة المبنى. لكن هذا نادراً ما يكون سبباً للانهيار المفاجئ.

تحصل الانهيارات المفاجئة نتيجة عدم الدراسة الوافية للتربة ونتيجة جهل المصمم لما تحت الأرض.. فهناك وسائل كثيرة لمعرفة باطن الأرض وهناك علم كامل يسمى علم (الجيوتكنيك) مختص بدراسة تربة الموقع قبل التنفيذ وتحديد مقاومة التربة.

-حساب أي منشأة يعتمد على حساب القوى المؤثرة فيها. بحيث تقاوم المنشأة هذه العوامل بنجاح ويجعلها مستقرة طول فترة حياتها المتوقعة للاستعمال.

.يجب أن يكون المهندس واعياً لمشكلات المنطقة من جميع النواحي.. نوع التربة والتضاريس.. المناخ.. الزلازل ومتوسط تواجدها ومعدلاتها... الخ.

3-5-6 تقوية المباني ومعالجتها لمقاومة الزلازل:

المعالجة والإصلاح:

هي إعادة تامين المقاومة الأساسية اللازمة للعناصر الإنشائية للمنشأ المتضرر غير الإنشائية وتحافظ العناصر الإنشائية التي تم إصلاحها بشكل جيد على نفس مقاومتها تقريبا قبل أن تتضرر.

التقوية أو التدعيم:

هي تعديل وتصحيح مقاومة وصلابة العناصر الإنشائية منفردة أو الجملة الإنشائية ككل وذلك لتحسين أداء المنشأ ضد الزلازل اللاحقة، وتشمل التقوية غالبا زيادة مقاومة العناصر المنفردة أو مطاوعتها أو إضافة عناصر إنشائية جديدة لزيادة مقاومة المنشأ للقوى الجانبية بشكل جيد، وقد تستسلم التقوية أحيانا جعل العناصر الإنشائية المختارة أقل مقاومة ومطاوعة، وذلك لتحسين العمل المتبادل للعناصر الإنشائية ومنع الانهيار المبكر لعنصر مجاور أضعف.

التقييم الطارئ لأضرار الزلازل:

يتم إجراء تقييم أولي لكل منشأ من قبل فرق بحث متخصصة فور وقوع زلزال مدمر وذلك كي يتم وبشكل سريع تحديد المستوى العام لدمار المنشأ.

تعتبر عملية البحث الأولي التي تأتي بعد عملية التقييم الأولي تقييما مستقلا وأكثر شمولية، يتم إعداده من قبل مهندس مصمم يبدأ بعملية التحديد التفصيلي لطبيعة ودرجة الدمار والحاجة إلى اتخاذ إجراءات الطوارئ أو التدعيم، أما المرحلة الثانية فتتطلب البحث التفصيلي للأضرار بحيث يمكن تصميم ووضع تفاصيل اجراءات الإصلاح والتقوية بعد التحريات الأولية للبدء بالإجرءات الطارئة للحماية المؤقتة وذلك بالتدعيم الفوري للأبنية التي تضررت بشكل بالغ ولكنها لم تنهار عند وقوع الزلزال.

تهدف الحماية المؤقتة إلى تأمين المقاومة أو التدعيم المؤقت للعناصر والوصلات المتضررة التي تتوقف عليها سلامة الجمل ككل. ويجب أن تؤمن إجراءات الحماية المؤقتة لسلامة الناس في المناطق المجاورة.

يجب أن بقرر القيام بالتدعيم في حال وجود خطر بل يجب الأمر بهدم المنشآت التي يهددها الخطر.

إن الإجراء الأول في عملية الحماية المؤقتة هو تأمين تدعيم العناصر الشاقولية من أعمدة وجدران حاملة منهارة أو متضررة جدا، وتكون الحاجة إلى ضرورة تأمين التدعيم الشاقولي ضمن الطابق واضحة عندما يكون العنصرالشاقولي متضررا.

يجب على المصمم أن يقدر الأضرار بشكل نموذجي مستفيدا من معطيات التحريات التي تم توثيقها ثم وضع إجراءات الإصلاح والتقوية التي تحسن تجاوب المنشأ في الزلازل اللاحقة عن طريق تجنب الشذوذات في المسقط الأفقي والتغيرات المفاجئة في القساوة بين البلاطات.

ينصح بتقييم نتائج تقوية العناصر المضافة إلى المنشأ بحذر، وذلك للتأكد من أنها لن تؤدي إلى زيادة الأضرار في زلزال لاحق.

الفصل الرابع

الاعتبارات التي تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم المنشآت المتعرض لقوى الرياح والزلال

4-1 اعتبارات قوى الرياح على المباني :

كما ورد في الفصل الثاني فان قوة الرياح لا تأخذ بعين الاعتبار الا اذا زاد المبنى عن 4 طوابق وخصوصا في المنشات النحيفة لذلك سيتم التطرق الى التعريف بها وتاثير قوى الرياح عليها :

4-1-1 المنشآت النحيفة : Structures Elancèes

كامتلة على المنشآت النحيفة نذكر :

(مداخن المعامل – المآذن – الأبراج التي تبنى لأغراض مختلفة – الخزانات العالية – بعض الصوامع – الأبنية العالية النحيفة.[1]

[1] - الأبنية العالية النحيفة : هي الأبنية التي يكون ارتفاعها اكبر من اربع أمثال عرض واجهتها .

انه لفعل الرياح في المنشآت بشكل عام تأثيرات ديناميكية ، غير ان التجارب والدراسات بينت ان هذه التأثيرات الديناميكية تكون صغيرة عندما يكون المنشأ غير نحيف ، أي عندما تكون نسب ارتفاع المنشأ عرض واجتهه اقل من أربعة : $\frac{h}{4} \leq 4$

من اجل المنشآت غير النحيفة يمكن ان تتم دراسة تأثير الرياح على المنشأ بطريقة الحساب الستاتيكي في المذكورة في الكود الاميريكي ، اما في حالة المنشآت النحيفة $h > 4.d$ فتكون التأثيرات الديناميكية الناتجه عن الرياح غير صغيرة ويتوجب اخذ هذه التأثيرات الحسبان عند حساب المنشأ على الرياح .

2-4 طبيعة التأثيرات الديناميكية :

هناك نوعان من الأفعال الديناميكية المؤثرة : أفعال ديناميكية موازية لاتجاه الريح ، وافعال ديناميكية في الاتجاه المتعامد مع اتجاه الريح..

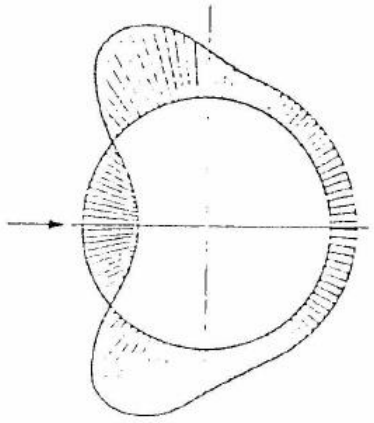
1-2-4 الأفعال الديناميكية الموازية لاتجاه الريح :

في البداية – عند السرعات المنخفضة للرياح – يكون جريان الرياح منتظماً، ويكون بالتالي تأثير الرياح على المنشأ (في الاتجاه الموازي لاتجاه الريح) ذو طبيعة ستاتيكية (غير ديناميكية) ، وبالتالي فان حساب تأثير الرياح على المنشأ في اتجاه الرياح من اجل السرعات المنخفضة ليس له ايه أهمية.

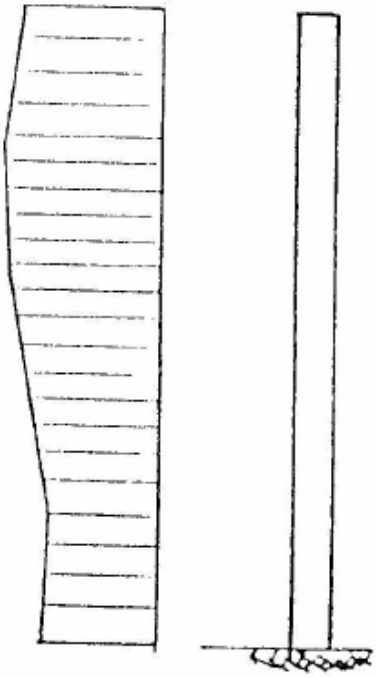
ولكن بعد ذلك ، وعند سرعات الرياح الاعلي ، يصبح جريان الهواء مضطربا ويؤثر على المنشأ على شكل هبات متتالية ، ان خطورة هذه الهبات تكمن في كونها تؤثر بشكل دوري ، وتزداد خطورتها عندما يصبح دور تواردها على المنشأ قريباً من الدور الأساسي لاهتزاز المنشأ، (خطر الطنين) ، في هذه المرحلة (مرحلة الجريان المضطرب) يصبح تأثير الرياح ديناميكا، واننا سنرى ان العلاقات التي ستسحب بواسطتها قيم القوى المؤثرة في المنشأ يدخل فيها عامل ديناميكي له علاقة بالدور الأساسي T لاهتزاز المنشأ..

2-2-4 الأفعال الديناميكية في الاتجاه المتعامد مع اتجاه الرياح :

تحصل في مرحلة الجريان المنتظم فتضع المنشأ في حالة اهتزاز قسري في الاتجاه المتعامد مع اتجاه الريح ، وسببها هو الدوامات المتناوبه (دوامات برنارد كارمان) التي تؤثر في المنشآت الاسطوانية وفي المنشآت الموشورية التي قاعدتها بشكل مضلع منتظم (كما هي حال المآذن والمداخن والابراج ...الخ) ، تصبح هذه الدوامات المتناوبة خطرة عندما يصبح دورها قريبا من الدور الأساسي T لاهتزاز المنشأ ، تسمى سرعة الرياح التي من اجلها يحصل الطنين بين الدوامات والمنشأ : السرعة الحرجة . V_{α} .

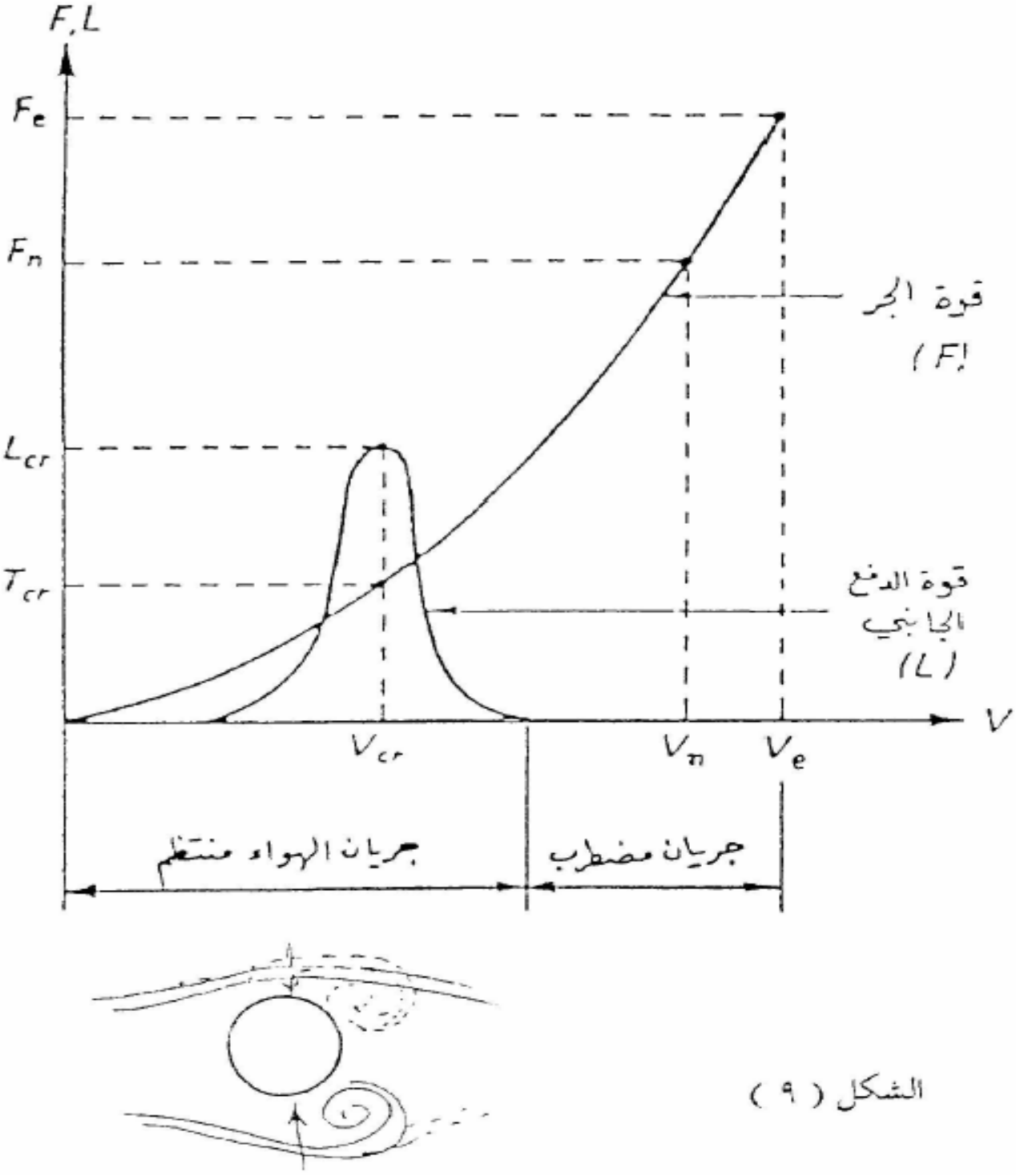


شكل(4-1) يوضح التأثير الموضعي للرياح وتوزيع القوى الناتجه عن الرياح على المقطع العرضي الدائري للمنشأ



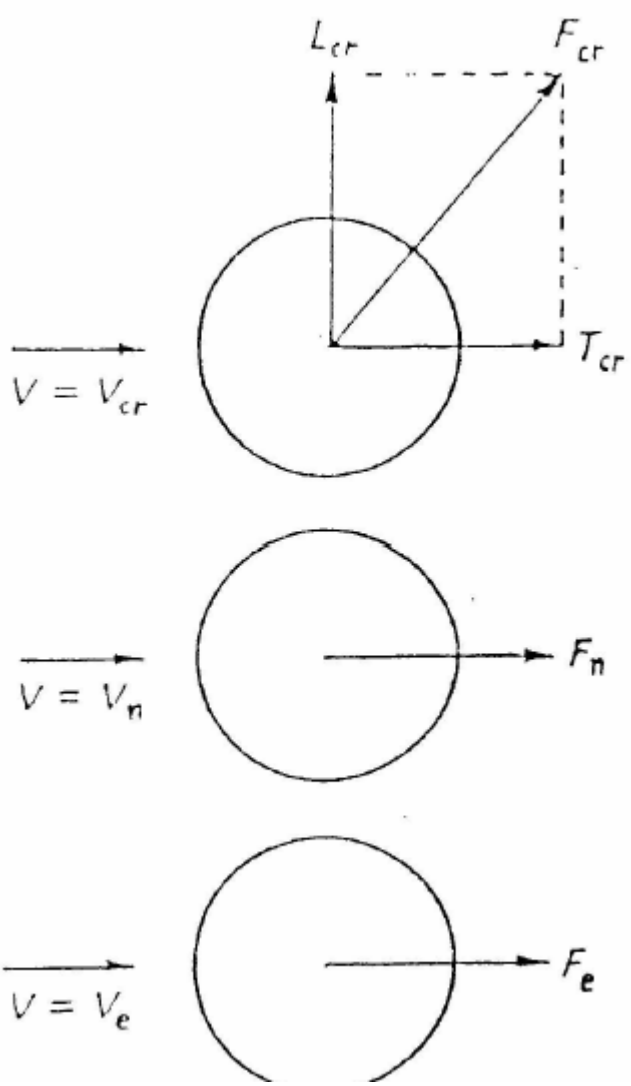
شكل (4-2) يوضح فعل الرياح على المنشأ ككل

مخطط تمثيلي لافعال الرياح :



الشكل (٩)

شكل (4-3)



شكل (4-4)

4-3 أفعال الرياح في الاتجاه الموازي لاتجاه الرياح :

1-3-4 العلاقة بين سرعة الرياح V والضغط الديناميكي q الناتج عنها.

(قانوني برنولي)

$$q = \frac{V^2}{16}$$

2-3-4 السرعة العادية والسرعة القصوى :

حددث القواعد الامريكية والفرنسية سرعتان للرياح (تقعان كلاهما في مرحلة الجريان المضطرب) لاستخدامها في حساب المنشأ على الرياح ، الأولى تسمى " السرعة العادية " يتم تصميم المنشأ تحت تأثيرها والأخرى تسمى " السرعة القصوى" يتوجب على المصمم استخدامها لاجراء تحقيقات إضافية على المنشأ النحيف تحت تأثيرها، وقد عرفت القواعد الاميريكية هذين السرعتين كما يلي :

- سرعة الرياح العادية Vn : هي السرعة الانية (في ذروة الهبة) التي لا يمكن بلوغها او تجاوزها الا بنسبة 3% (3 أيام كم من بين كل الف يوم) خلا مدة 25 سنة.
- سرعة الرياح القصوي Vn : هي اكثر ايه (في ذروة الهبة القصوى) يمكن ان يتعرض لها المنشأ خلال عمره التصميمي (40-60 سنة) ، وسيطاً 50 سنة.

3-3-4 العلاقة بين السرعة العادية والسرعة القصوى :

تحدد السرعة القصوي – وفق القواعد الفرنسية – بأنها هي السرعة التي تعطي ضغطاً قيمته تساوي :

(1.75 x قيمة الضغط الذي تعطيه السرعة العادية) ، وبالتالي فإن :

$$\frac{qe}{qn} = 1.75 \qquad \frac{Ve}{Vn} = \sqrt{1.75}$$

4-3-4 الاجهاد المسموح بها وطريقة التصميم :

- تحت تأثير الرياح العادية : تطبق تركيبة الاحمال $S1 = G + P + Wn$ ويجب عدم تجاوز الاجهادات المسموحه .
- تحت تأثير الرياح القصوى : تطبق تركيبة الاحمال $S2 = G + P + 1.1Wn$ ويجب عدم تجاوز الاجهادات التالية $1.5\ \sigma c$

وتتم دراسة المقطع ي كلتا الحالتين (العادية والقصوى) بالطريقة المرنة .

5-3-4 إيجاد قيم الضغط الديناميكي عند مناسيب مختلفة من المنشأ :

من اجل ايه نقطة من المنشأ عند منسوب H عن سطح الأرض يمكن استنتاج قيمة الضغط q_H بدلالة الضغط الديناميكي الأساسي q_{10} من العلاقة التالية :

$$\frac{q_H}{q_{10}} = 2.5\ \frac{H+18}{H+60}$$

6-3-4 عامل الموقع K_S :

جدول (4-1) يوضح قيم عامل الموقع حسب المواصفة الامريكية

الموقع	المنطقة I	المنطقة I	المنطقة I
محمي (مثلاً : محاط بالتلال من جميع الجهات)	0.8	0.8	**0.8**
عادي (متوسط التعرض) في السهو	1	1	**1**
شديد التعرض (قرب السواحل او على رؤوس التلال)	1.35	1.3	**1.25**

ملاحظة : لا يمكن اعتبار المنشآت العالية محمية

7-3-4 علاقة حساب قيم ضغط الرياح النهائية :

- الضغط العادي النهائي عند ارتفاع ما :

$$q_n = k_s[q_{HN}.C_t.\beta.\delta]$$

- الضغط الاقصى النهائي عند ارتفاع ما :

$$q_e = k_s[q_{He}.C_t.\beta.\delta]$$

حيث :

C_t : عامل الجر

β : عامل التصعيد الديناميكي.

δ : عامل تخفيض الضغط تبعا لابعاد المنشأ.

وبالتالي تكون قوة دفع الرياح على المتر الطولي من المنشأ هي :

- في الحالة العادية

$$F_N = q_n . d$$

- في الحالة القصوى

$$F_e = q_e . d$$

حيث d عرض الواجهة المعرضة للرياح عند الارتفاع المعتبر.

تحديد قيم العوامل $C_t . \beta . \delta$

أ- تحديد عامل الجر C_t :

$$C_t = C_{t0} - \gamma 0$$

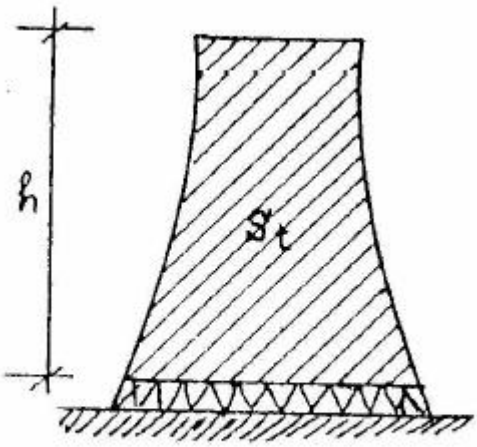
توخذ قيمة C_{t0} عامل الجر الإجمالي من الجدول الخاص رقم ( )

تؤخذ قيمة $\gamma 0$ من الاباك الخاص بها الشكل () بدلالة النحاف λ .

تحسب النحافة λ كما يلي :

- اذا كانت الواجهة المعرضة للريح ذات عرض متغير

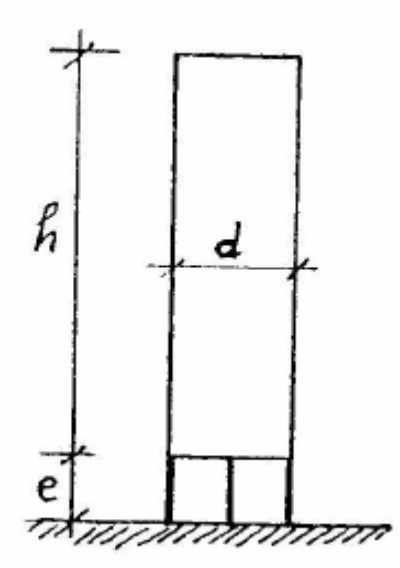
$$\lambda = \frac{h2}{st}$$



St : مساحة الواجهة

- اذا كان عرض الواجهة ثابتاً ويساوي D

$$\lambda = \frac{h}{d}$$



ب- تحديد β (عامل التصعيد الديناميكي)

$$\beta = (1 + 3.\tau)\theta$$

حيث :

θ : عامل يعتمد على شكل المنشأ.

τ : عامل النبض.

3 : عامل الاستجابه.

- تؤخذ $\theta = 1$ من اجل جميع المنشآت الاسطوانية او الموشورية التي مقطعها مضلع منتظم، اما من اجل مباني السكن او المكاتب (وحيث Hs هو منسوب قمة المنشأ) نطبق ما يلي:

اذا كان $Hs \leq 30\ m$ تؤخذ $\theta = 0.7$

اذا كان $30m < Hs \leq 60\ m$ تؤخذ $\theta = 0.7 + 0.01(Hs - 30)$

اذا كان $Hs \geq 60\ m$ تؤخذ $\theta = 1$

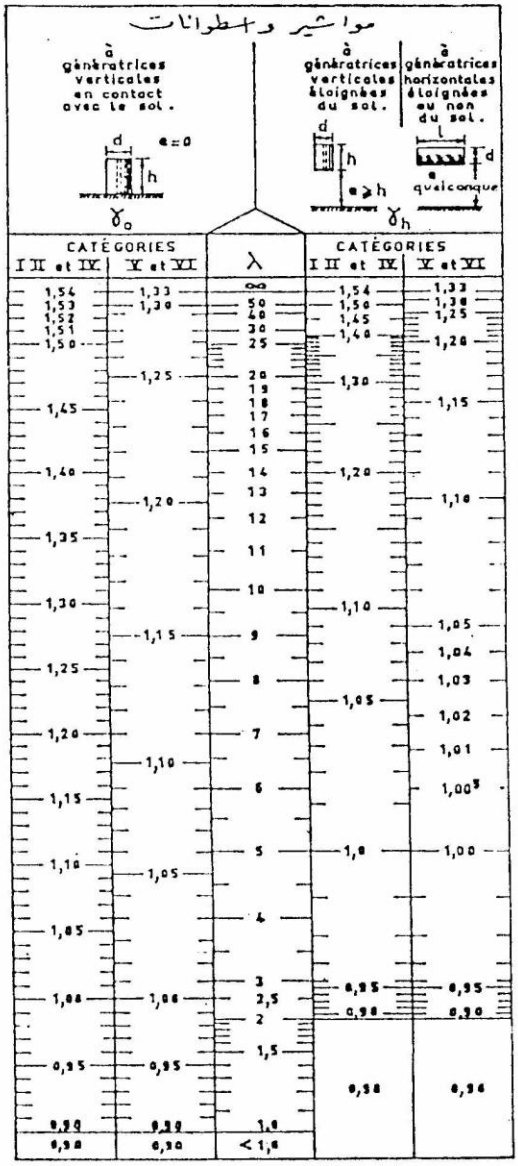
ج- تحديد τ (عامل النبض) :

تحديد قيمة τ من اجل كل منسوب من المنشأ بدلالة بعد المقطع عن سطح الأرض، وذلك الجدول الخاص به .شكل (4-7)

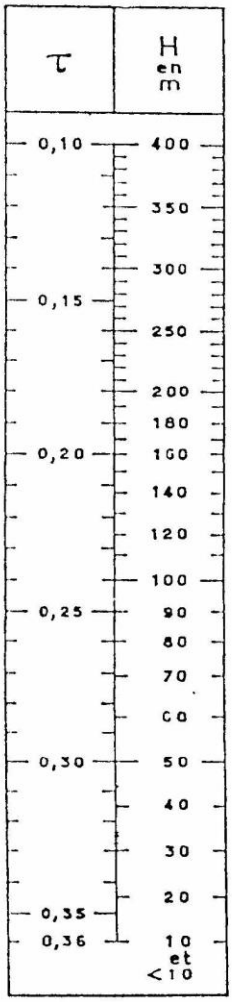
Catégorie	منشآت ذات قاعدة بشكل مضلع منتظم أو دائرية		Coefficients c_{to}
I	مواشير ذات ثلاث أو أربع وجوه		1,30
II	مواشير يزيد عدد وجوهها على أربع ولا يزيد عدد وجوهها على عشرة وجوه، مع أو بدون أعصاب مدوّرة الحواف.	خمس وجوه ست وجوه ثمان وجوه عشرة وجوه	1,05 0,95 0,85 0,80
III	مواشير يزيد عدد وجوهها على عشرة ولا يزيد عدد وجوهها على عشرين، مع أو بدون أعصاب مدوّرة (1) (n هو عدد الوجوه).	$d \geq 0,28$ $d < 0,28$ $d\sqrt{q} \geq 1,5$ $0,5 < d\sqrt{q} < 1,5$ $d\sqrt{q} \leq 0,5$	$1,05 - 0,025\,n$ $1,05 - 0,025\,n$ $0,80 - 0,02\,d\sqrt{q} - 0,25\,(n - 10)$ $0,85 - 0,005\,n$
IV	اسطوانات ذات قاعدة مستديرة، مع أعصاب رقيقة أو سميكة صوانها حادة.		0,75
V	مواشير ذات عشرين وجه أو أكثر، مع أو بدون أعصاب مدوّرة الحواف. اسطوانات خشنة، قاعدتها دائرية، بدون أعصاب (1)	$d \geq 0,28$ $d < 0,28$ $d\sqrt{q} \geq 1,5$ $0,5 < d\sqrt{q} < 1,5$ $d\sqrt{q} \leq 0,5$	0,55 0,55 $0,85 - 0,20\,d\sqrt{q}$ 0,75
VI	اسطوانات ملساء قاعدتها دائرية بدون أعصاب، ومطلية بطلاء مرآوي (لامع) ذي ديمومة طويلة (1).	$d \geq 0,28$ $d < 0,28$ $d\sqrt{q} \geq 1,5$ $0,5 < d\sqrt{q} < 1,5$ $d\sqrt{q} \leq 0,5$	0,45 0,45 $0,90 - 0,30\,d\sqrt{q}$ 0,75

(1) في هذه المتراجحات d يعبّر عنها بالأمتار و q بالديكانيوتن/متر². [$q = v^2/16,3$]

شكل (4-5)



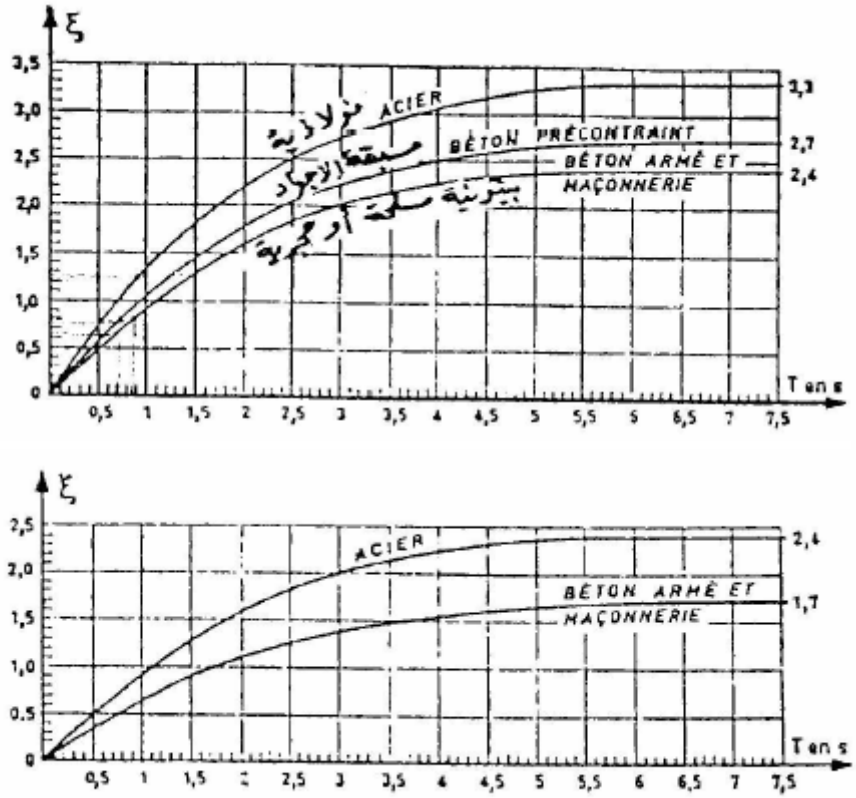
شكل (4-6)



شكل (4-7)

د- إيجاد قيمة عامل الاستجابة β :

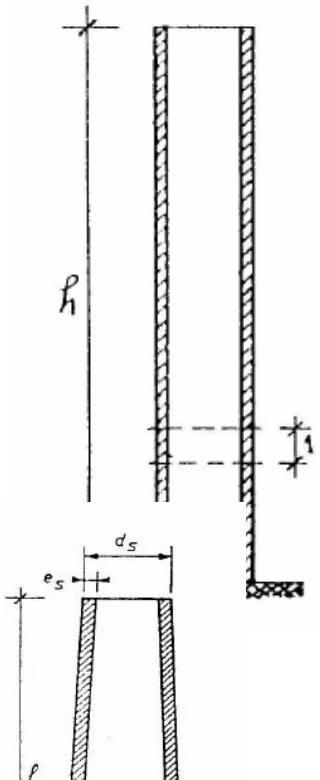
يتم إيجاد قيمة عامل الاستجابة β من المنحنى المبين بالشكل (4-8) وذلك بدلالة دور الاهتزاز الأساسي T للمنشأ وحسب مادة البناء ، هذا يتطلب منا تحديد قيمة دور الاهتزاز الأساسي .T



شكل (4-8) يستخدم لحساب الأبنية ذات الهيكل المعدني او الخرساني والحاوية على جداران وقواعد

هـ- حساب دور الاهتزاز الأساسي T :

- في حالة اسطوانه ذات مقطع ثابت :



$$T = 1.75\, h^2 \sqrt{\frac{p}{g.EI}}$$

حيث :

H : ارتفاع الاسطوانه

P : وزن واحدة الطول من الارتفاع.

I : عزم عطالة مطقع الموشورة او الاسطوانه.

E : معامل مرونة المادة الاني .

g : التسارع العرضي.

- في حال جذع مخروط او جذع هرم :

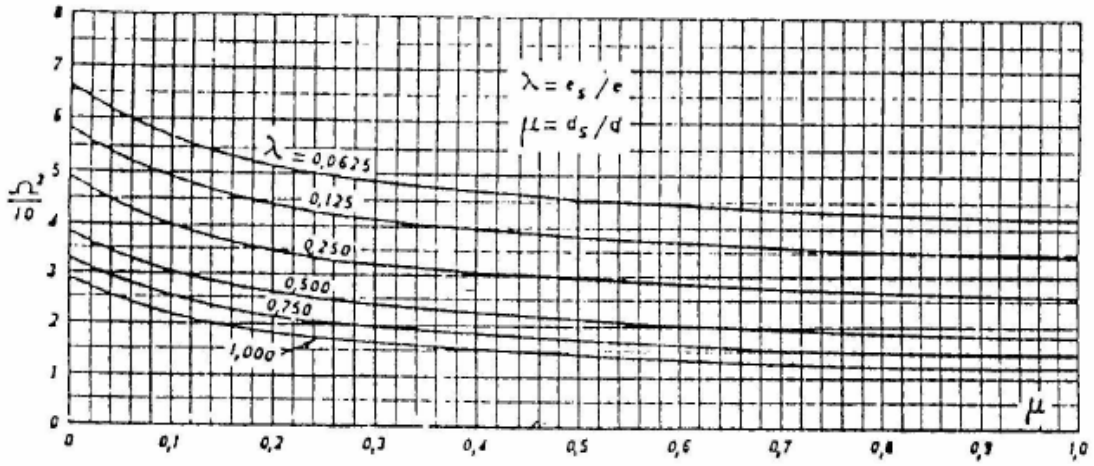
$$T = \frac{2\,\pi h^2}{\Omega}\sqrt{\frac{p}{g.EI}}$$

حيث :

P : وزن واحدة الارتفاع عند مستوى القاعدة السفلية.

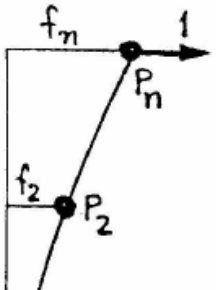
Ω : تحدد قيمته من المنحنيات الشكل (4-9) بدلالة النسبتين

$$\lambda = \frac{e_s}{e} \qquad \text{و} \qquad \mu = \frac{d_s}{d}$$



شكل(4-9)

- لمنشأ ذو شكل غير منتظم :



(حيث يمكن ان نفترض ان كتلته مركزة عند مناسيب مختلفة) .

- يمكن ان نطبق قانون Rayleigh التالي :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\sum p_i.f_i}{g.fn}}$$

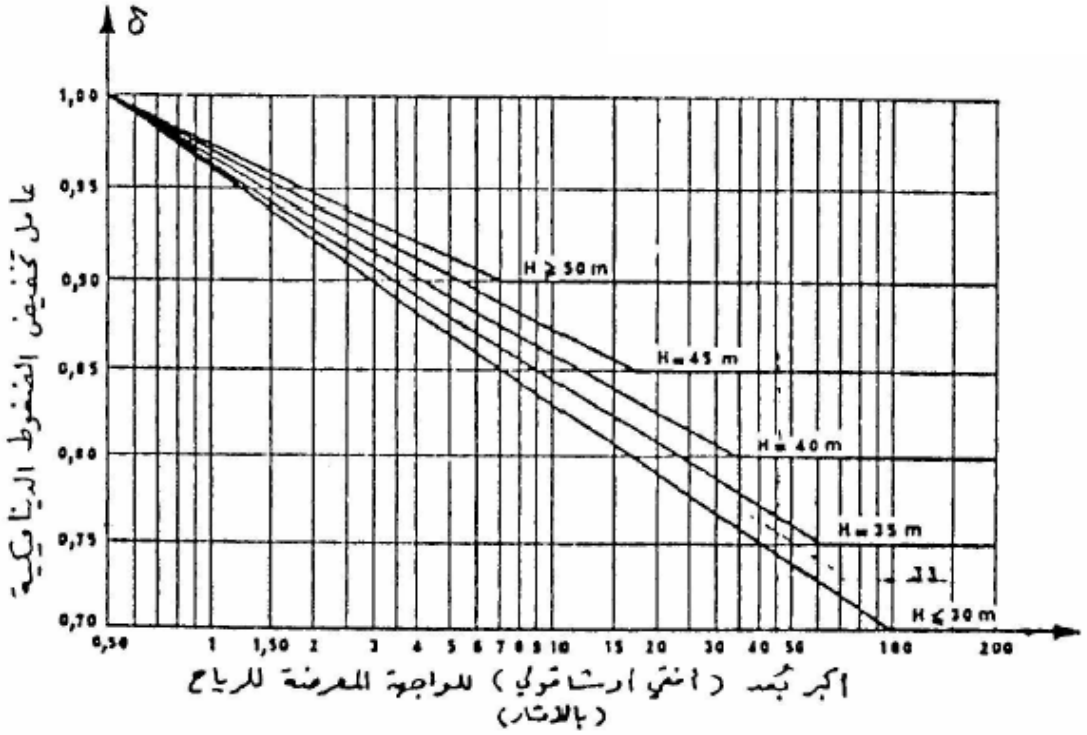
حيث :

- P1-P2 ، Pn هي اوزان أجزاء المشنأ معتبرة مركزة في مراكز ثقل هذه الأجزاء،

هـ - تحديد قيمة δ (عامل تخفيض الضغط تبعاً لابعاد المنشأ) :

تحديد قيمة هذا العامل من المخطط الخاص به (الشكل 4-10) وذلك بدلالة :

- أكبر بعد (افقي او شاقولي) المواجهة المعرضة للرياح .
- H منسوب المقطع المعتبر عن سطح الأرض .



شكل (4-10)

4-4 أفعال الرياح في الاتجاه الموازي لاتجاه الرياح :

- يعطي دور دوامات برنارد كلومان بالعلاقة التالية :

$$T_K = \frac{d}{S.V}$$

حيث :

d : عرض الواجهة المعرضة للسائل (الهواء) .

V : سرعة السائل.

S : ثابت يدعى رقم شتروهال يتعلق بخشونة السطح وبشكل المنشأ وبلزوجة السائل.

قيمة رقم شنروهال هي :

من اجل الأسطوانات $0.18 < S < 0.27$

(وينصح بالقيمة S=0.2 من اجل الأسطوانات الخشنة : الفئة V).

من اجل المواشير ذات القاعدة المربعة $0.25 < S < 0.3$

- تصبح هذه الدومات المتناوبة خطره عندما يصبح دورها قريباً من الدور الأساسي لاهتزاز المنشأ.
- السرعة الحاجه للرياح (Vcr) : هي السرعة التي من اجلها يصبح تأثير الدوامات في حالة طنين مع الاهتزاز الجانبي للمنشأ .
- يحصل هذا الطنين عندما :

$$Tk = T$$

وبالتالي فإن القانون الذي يعطي قيمة السرعة الحرجة هو :

$$Vcr = \frac{d}{S.T}$$

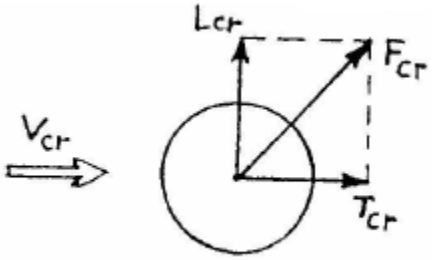
ملاحظة هامة : ان زيادة سرعة الرياح تقلل احتما وضع المنشأ في حالة طنين ، لذلك اتفق على انه من أجل $Vcr > 25\ M\backslash m\ /s$ يمكن اهمال التأثير الجانبي للرياح.

- عند السرعة الحرجة Vcr يكون المنشأ خاضعاً في ان معا الى :

Lcr : دفع جانبي متعامد مع اتجاه الريح تسببه دوامات كارمان.

Tcr : دفع الريا ح في الاتجاه الموازي لاتجاه الرياح والموافق للسرعة الحرجه Vcr

وتكون محصلتهما هي :



$$F_{cr} = \sqrt{\mathrm{Lcr}^2 + \mathrm{Tcr}^2}$$

قانون حساب Lcr (المتعامد مع اتجاه الريح) :

$$\mathrm{Lcr} = \delta . CL . \beta' . q_{cr} . d . \frac{H}{h}$$

حيث :

δ عامل تخفيض يأخذ الاعتبار ابعاد المنشأ (تسهيلا للحساب اتفق على ان تؤخذ قيمة وسطيه له هي 0.8).

CL عامل الدفع الجانبي ، اتفق اغلب المؤلفين على اعتبار CL=0.2

β' عامل تصعيد ديناميكي يأخذ بالاعتبار التخامد ، من الدراسات النظرية تم تحديد قيمته $\beta' = \frac{\pi}{\Delta}$

حيث Δ تساوي : 0.1 للمنشات المعدنية

0.2 للمنشات الخرسانية المسبقة الاجهاد.

0.3 للمنشات الخرسانية الملسحة.

0.4 للمنشات الحجرية او من الطوب.

q_{cr} هو الضغط الديناميكي الحرج (أي $q_{cr} = \frac{Vcr^2}{16}$).

d : عرض الواجهة المعرضة للرياح .

h : ارتفاع المنشأ.

H : بعد المنسوب المعتبر عن سطح الأرض.

بناء على ما تقدم يمكن اختصار العلاقة السابقة لتصبح كما يلي :

$$\text{Lcr} = \frac{0.5}{\Delta}.qcr.d.\frac{H}{h}$$

قانون حساب Tcr (دفع الرياح بالاتجاه الموازي لاتجاه الموازي لاتجاه الريح ، عند السرعة الحرجة):

$$Tcr = qcr.C_t.\beta.\delta.d$$

يتم تحديد قيم العوامل $C_t.\beta.\delta$ من الجداول والمنحنيات التي سبق عرضها.

نقارن قيمة Fcr مع قيمة Fn ، ونستخدم الأكبر بينهما لدراسة استقرار المنشأ ومقاومته لافعال لارياح ، حيث يجب ان يحقق :

- المقاومة ضد الانقلاب
- مقاومة المقاطع لحالات الضغط اللامركزي المؤثرة فيها.
- مقاومة المقاطع للقص.

5-4 اعتبارات قوى الزلازل على المباني :

يختص هذا الفصل بمعايير تصميم وتنفيذ المنشآت من المباني وما يماثله والمنشآت من غير المباني لمقاومة أحمال الزلازل.

في حال اعتبار أحمال الزلازل ضمن مجموعات تراكيب أحمال التصميم ، فإنه يلزم تحقيق جميع الاشتراطات والمتطلبات الزلزالية الخاصة بالتصميم ، وتفاصيل الحديد ، والتنفيذ المحددة في الكود حتى و إن كانت تراكيب الأحمال التي تتضمن أحمال الزلازل لا تمثل الحالة الحرجة لقوى التصميم.

تطرح الزلازل مشكلة هندسية فريدة من نوعها حيث تشكل الزلازل عالية الشدة عندما تحدث أقصى وأشد حمل يمكن أن يتعرض له أي منشأ ولكن الاحتمال أن يتعرض منشأ ما في فترة عمره الافتراضية إلى مثل هذا الزلزال تعتبر ضئيلة جداً . هذا هو السبب الذي يؤدي إلى أن تهدف مواصفات الزلازل إلى لتأمين مستوى أدنى من التصميم يسمح للمباني بالتالي:

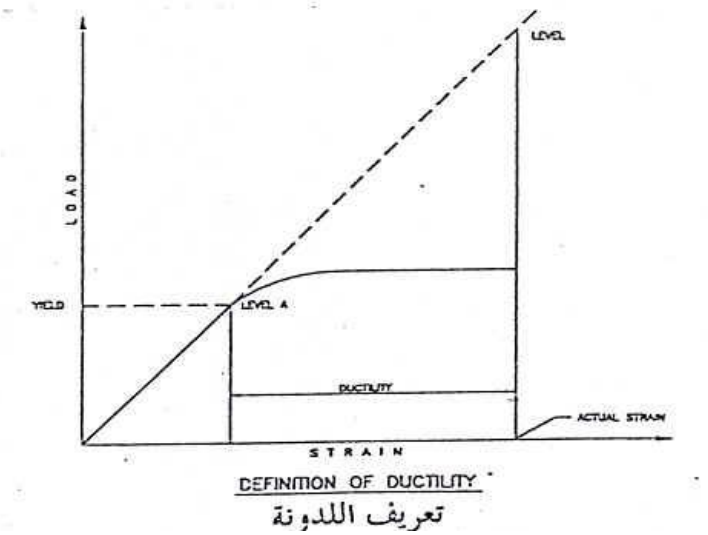
1) مقاومة الزلازل الضعيفة بدون حدوث أضرار .

2) مقاومة الزلازل معتدلة الشدة بدون حصول أضرار إنشائية كبيرة ويسمح بحصول بعض الأضرار غير إنشائية.

3) مقاومة زلازل عالية الشدة بدون انهيار النظام الإنشائي ولكن يسمح بحصول تصدعات إنشائية قوية وغير إنشائية في المبنى .

1-5-4 اللدونة Ductility

يمكن لمبنى ما أن يتعرض لقوى أعلى بكثير من تلك التي صمم لها حسب المواصفات ، وتعزى سلامة المنشآت المعرضة لمثل هذه الظروف بشكل رئيسي لخاصيه بمواد البناء تدعى اللدونة Ductility توجد هذه الخاصيه في الفولاذ بشكل خاص حيث ينقطع بعد أن تحصل له استطالة كبيرة . أما الخرسانة فإنها تنكسر بسرعة وبأقل حد من الاستطالة والتشويه Distortion ولكن عندما يوضع فيها حديد التسليح فإنه يمنحها لدونة كبيرة .يمتص التغير في الشكل والطاقة ويؤجل الانهيار الكامل للخرسانة المسلحة ، وبهذا فإنه يتم الاعتماد على خاصيه اللدونة لامتصاص الطاقة التدميرية ولمنع الانهيار في الحالات النادرة عندما تزيد قوى الزلازل عن تلك التي صمم لها المبنى . يشير الخط البياني للقوه والانفعال (شكل رقم 1) إلى متطلبات اللدونة فإذا كانت المادة المقاومة مـرنة Elastic فيمكن أن تحمل حتى النقطة (B) ويكون ميل المستقيم هو المرونــة Elasticity .



DEFINITION OF DUCTILITY
تعريف اللدونة

أما إذا كان لدينا مادة لها نقطة خضوع على المنسوب (Level A) فإنهــا ستتصرف بشــكل لــدن Plastically بعد هـذه النقطة كنتيجة لمقاومتها للأحمال عليها . فـي هذه الحالة سيكون مسـار الخـط البيــاني بعـد هذه النقطـة غير مستقيم . وتعتبر المسافة بين نقطة الخضـوع (A) وتلك التي هـي على منسوب (B) تعبيراً عن لدونة المنشأ .

2-5-4 الأنظمــة المقاومــة للــزلازل

هناك ثلاثة عناصر تقاوم القوى الأفقية وهي حوائط قوى القص والإطارات المسندة والإطارات المقاومة للعزوم ، أما في المستوي الأفقي فإنه يتم استعمال الأغشية الصلبة (وتشكل غالباً من مستويات أرضيات وسطح المبنى) أو جمالونات Trusses أفقية . الأغشية الصلبة موجودة دائماً ويمكن لها أن ترتكز على عناصر مثل الجدران أو إطارات Frames أو عليهما معاً . وعلى المصمم أن يختار عناصر الارتكاز الأفقي لأن هذا الخيار له أكبر الأثر في مقاومة قوى الزلازل وكذلك على التصميم المعماري وتكاليف المبنى .

3-5-4 الأغشيــة الصلبــة Diaphragms

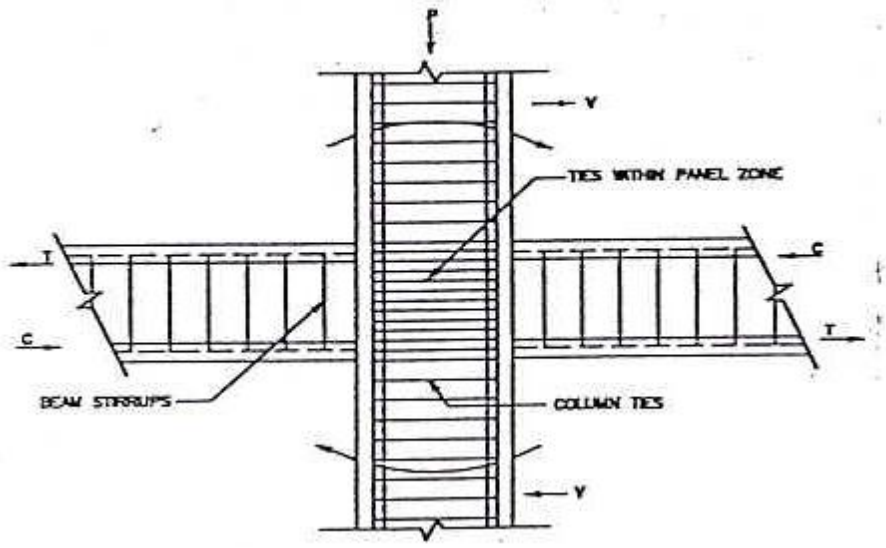
ينقل الغشاء الصلب القوى الأفقية إلى عناصر المقاومة الرأسية (مثل الإطارات أو حوائط قوى القص) ويتصرف كأنه كمرة أفقية .

4-5-4 حوائـط قـوى القـص Shear Walls

حوائط قوى القص هي جدران كابولية Cantilever رأسية مصممة لاستلام القوى الأفقية من الأغشية الصلبة ونقلها إلى الأرض وتسود في هذه الحوائط قوى القص . تدخل الحركة الأرضية الزلزالية في مبنى عادي يوجد في أطرافه حوائط قوى قص فيسبب تحرك أغشية أرضيات الأدوار الصلبة نشوء قوى عطالة يتم مقاومتها من حوائط قوى القص التي تصرف هذه القوى بدورها عائدة إلى قواعد المبنى .

6-5-4 إطــارات مقاومــة للعــزوم

عندما يقاوم إطار مقاوم للعزوم القوى الأفقية الزلزالية فإن هذه المقاومة تتم عبر عزوم الانثناء وقوى القص التي تنشأ في الأعمدة والكمرات الملتحمة مع بعضها بعقد Joints تقاطع قويـة (انظر الشكل 2).



تنشـأ في هذه العقد إجهادات عالية ولهذا فإنه من المهم عمل تفاصيل (شكل رقم 2) لتصميمهـا . تقوم استراتيجية الإطارات في المقاومة على امتصاص الطاقة (كملاذ أخير) بحيث يحصل لديها التغيير في الشكلDeformation دائم قبل حصول الانهيار النهائي . تعتبر الإطارات المسلحة بشكل جيد والتي تحتوي على كمية كبيرة من حديد التسليح فعالة كإطارات لدنة Ductile حيث تغير شكلها وتحتفظ بمقاومتها قبل الانهيار ولا تنهار بشكل هش Brittle .

7-5-4 مفهوم التغيير في الشكل Deformation المعكوس Reversal غير المرن Inelastic والتصميم اللدن Ductile

يتم في مجال التصميم المقاوم للزلازل تقدير القوى التي ستؤثر على المنشآت ويتوقع أن تعادل قوى (العطالة) المؤثرة على المنشأ أثناء حصول زلزال عالي الشدة أضعاف القوة التي تم تصميمه عليها حسب المواصفات ، ولهذا سيرتفع مستوى إجهاد المبنى إلى أعلى من إجهاد الخضوع ويجب على المبنى أن يبقى ، وهو في هذه الحالة ، متماسكا وأن يكون التغيير في شكله Deflection مستقر على الرغم من أنه يزيد أضعافاً عن التغيير في شكله في مرحلة الخضوع . هذا يعني أنه لا يكفي أن يقاوم المبنى قوى معينة كحد أدنى إنما يجب دراسة كفاءته أثناء تحميله لأحمال كبيرة وأثناء حصول تغيرات كبيرة في شكله Deformations وهذه هي طاقة لدونته Ductility Capacity .

حتى يمكن تصميم عناصر خرسانية مسلحة قابلة لمقاومة تغييرات شكل كبيرة لدنة Inelastic معكوسة Reversal فإن المواصفات تتضمن عدد كبير من متطلبات مختلفة عن المتطلبات الواردة في التصميم العادي للخرسانة المسلحة ، وتتطلب هذه المواصفات أخذ الإجهادات الناشئة في مكان تقاطع الأعمدة مع الكمرات Panel Zone بعين الاعتبار حيث تنتقل الإجهادات عبر الانثناء Bending من عنصر إلى آخر . ويسبب هذا نشوء قوى قص عالية ضمن مكان التقاطع Panel Zone (انظر الشكل صفحة (26)) ويجب وضع كانات Stirrups في هذا المكان لحمل هذه القوى . كما تفرض المواصفات وجود كميات من حديد التسليح السفلي والعلوي في الكمرات بشكل مستمر لمقاومة العزوم الموجبة والسالبة على كامل طول الكمرة . كما يطلب للخرسانة المسلحة اللدنة أن يتم تربيط حديدها بشكل كامل وتزويدها بكانات كافية بحيث لا يحصل انبعاج لأسياخ الحديد المعرضة للضغط وحتى لا يحصل للكمرات انهيار بسبب القص . والمبدأ هو أن يحصل التدهور بأن يخضع Yield حديد التسليح بسبب السحب وألا يحصل تدهور بسبب إجهاد الضغط أو إجهاد القص . كما أنه من الضروري تقيد الخرسانة بالكانات لرفع مقاومتها .

6-4 دروس مستقاة من تأثير الزلازل على المباني

الاستنتاج العام من هذه الدروس هو أن المباني التي تم تصميمها حسب مواصفات جيدة وتم الإشراف على تنفيذها بشكل دقيق ولم يتجاوز الزلزال حدود زلزالية المنطقة تصبح التصدعات في هذه المباني جزءا ضئيلا من تلك التي تمت معاينتها على مبان لم تحقق أيا من الشروط آنفة الذكر .

· تقاوم المباني المدروسة بشكل جيد والتي لها تفاصيل جيدة والمنفذة بشكل جيد قوى الزلازل بدون أن يحصل لها تدهور كبير .

· التنفيذ السيئ وعدم مراقبة الجودة قد يؤدي إلى تدهور كبير أو انهيار .

من أسباب الانهيار التي تم الكشف عليها في مواقع الانهيارات هي فواصل العمل السيئة أو عدم إحاطة حديد التسليح بالخرسانة أو نقص كانات في الأعمدة والجدران .

يمكن أن تسبب انهيار التربة أو تحركات التربة الكبيرة تدهورا كبير وانهيار .

كانت كفاءة المباني ، المربط قواعدها بشكل جيد ، عاليه تجاه التحركات الناتجة عن التميع Liquefacation .

· عندما تتعرض المباني إلى زلازل متتابعة فإنها قد تتعرض إلى ضعف متدرج عندها يجب تحديد إقامة الناس فيها والدخول إليها ، كما يجب بناء دعامات وسنادات (bracing) مؤقتة من أجل السلامة العامة تمهيداً لترميمها .

في المباني التي تمت دراسة خواصها الديناميكية والتي تمكن خواص مقاومتها ولدونتها Ductility.من نقل العطالة إلى القواعد بشكل مريح كانت كفاءتها جيدة في الزلازل السابقة . وتكشف الزلازل على مناطق ضعف المبنى من حيث التصميم أو التنفيذ وتظهرها .

· تؤمن اللدونة والاستمرارية Redundancy السلامة من انهيار المباني بشكل فعال جداً .

· تحدث التصدعات الشديدة أو حتى الانهيارات في المباني أثناء الزلازل القوية عادة كنتيجة لانهيار عناصر محددة أو لانهيار عدد من العناصر ليس لها المقاومة أو اللدونة الكافيين . وتعتبر الوصلات بين العناصر الإنشائية من أكثر العناصر حرجاً .

· تؤثر العناصر الصلبة التي لم يتم أخذها بعين الاعتبار في التصميم على استجابة المبنى الديناميكية بشكل كبير . ويمكن في كل زلزال مشاهدة أمثلة للأثر السيئ لمثل هذه العناصر الصلبة (مثل جدران البلوك) على الهيكل الخرساني .

· يتكرر كثيراً الخطأ المتمثل في بناء جدران بلوك في الطوابق العليا وقد لا تبنى مثل هذه الجدران في الدور الأرضي . هذا الوضع غير المقصود يزيد مقاومة وصلادة الطوابق العليا وتنشأ مشكلة الطابق الأرضي الطري Soft Storey حيث يتركز بغير قصد امتصاص الطاقة الزلزالية وصرفها على هذا الطابق وعناصره غير المصممة لها . في حين أن الطوابق الطرية مهددة بالضرر أكثر من غيرها .

· تسببت الجدران البلوكية التي لم تكن مبنية بارتفاع كامل بين الأعمدة في تصدعات شديدة وانهيارات .

· يشاهد بعد كل زلزال كبير أمثلة من التصدعات الحاصلة بسبب عدم الانتظام في تصميم المباني وتحصل تلك التصدعات بسبب تغير الصلادة Stiffness المفاجئ بين الطوابق المتجاورة ويكفي مثلاً عدم الاستمرار في حائط قوة قص واحد للتسبب في تصدعات كبيرة في المبنى .

· تتضمن تقارير الزلازل الإشارة إلى الأثر السيئ الذي يحدثه عدم الانتظام في المسقط الأفقي للمبنى حيث يتسبب ذلك في حدوث عزوم لي اهتزازية قد لا تكون أخذت بعين الاعتبار في التصميم .

· يمكن للمباني المتجاورة أن ترتطم مع بعضها عندما تتمايل بتأثير الزلازل إذا لم تكن مبنية متباعدة عن بعضها بشكل كاف ، وقد يكون الدمار كبيراً إذا لم تكن بلاطات الطوابق في المباني المتجاورة على منسوب واحد .

· إن من أهم أسباب الانهيارات في المصاعد هي أثقال التوازن Counter Weights غير المقيدة ومشاكل الكابلات .

· تمت مشاهدة مشاكل إنشائية في بيوت الإدراج الداخلية أثناء الزلازل وهذه المشاكل تعيق عادة أو تعرقل ترحيل الناس من المبنى .

· تبين بالدليل الواضح أن أعمدة الزوايا في الإطارات المقاومة للزلازل هي أكثر تعرضاً للتدهور القوىمن باقي الأعمدة .

· تشكل الدراوي Parapets وألواح الواجهة Exterior Panels غير المثبتة بشكل مناسب خطورة كبيرة على أرواح الناس .

· تعتبر الكفاءة الزلزالية للمنشآت المبنية من جدران بلوك حاملة غير مسلحة سيئة جداً .

· يجب أن تربط العناصر الإنشائية مسبقة الصب Pre-cast بشكل جيد .

· تعتبر الكفاءة الزلزالية للمباني الفولاذية عالية .

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

2-5 التوصيات :

1 - الحرص على استمرار الحديد العلوي للكمرات والميدات في الأعمدة الداخلية وإنهاء هذا الحديد على شكل خطاف قياسي داخل الأعمدة الخارجية .

2 - استمرار الحديد العلوي للبلاطات والأعصاب عبر الكمرات المحيطة بها أو إنهاؤه بشكل متشابك مع هذه الكمرات .

3 - العناية بتسليح القص في الكمرات والأعمدة في المناطق القريبة من اتصال الكمرات مع الأعمدة وكذلك في رقاب الأعمدة .

4 - العناية بتصنيع وصب ومعالجة الخرسانة للحصول على الإجهادات المطلوبة في الدراسات ويستحسن استعمال الخرسانة التي لا يقل إجهاد كسرها بعد 28 يوماً عن 250 كغ/سم2 .

5 - تجنب نحافة الأعمدة بصفة عامة حيث جرت العادة أن يكون عرض العمود 15سم أو 20سم بارتفاع 3م ويفضل قطاع العمود المربع .

6 - شبك دروة السطح مع العناصر الإنشائية للمبنى (امتداد الأعمدة ، طبانة إلخ ...) .

7 - العناية بالدراسات الإنشائية وتفاصيلها وكذلك بالتنفيذ والإشراف ومراقبة جودة المواد .

8 - عدم استعمال المنشآت إلا لما صممت له .

9 - عدم تحميل الهيكل الإنشائي أثناء التنفيذ بأحمال أكبر من الأحمال التصميمية .

10- الأخذ في الاعتبار مقدار الزيادة في قوى الزلازل بسبب التربة وفي حالة التأسيس على منطقة ردم فلابد من تحقيق كفاءة دمك عالية .

المراجع

1- تقوية المباني ومعالجتها لمقاومة الزلازل<ترجمة وإعداد المهندس محمد بسام الجلي> دار الأندس للنشر والتوزيع الحجاز شارع مسلم البارودي-دمشق.

-2

-3

-4