جامعة محمد بوضياف المسيلة

معهد تسيير التقنيات الحضرية

قسم :تسيير المدينة

السنة: ثالثة ليسانس

مقياس: الأخطار الحضرية

المحاضرة رقم 8: تخطيط المناطق الزلزالية

كانت الزلازل ولا تزال أحد أسوء الكوارث الطبيعية التي شهدتها الكرة الأرضية، مما جعل العلوم الهندسية تركز اهتمامها لدراسة وتحليل الهزات الزلزالية وصولا إلى إنتاج خرائط زلزالية وبالتالي وضع سياسة لاستخدام الأراضي، إضافة إلى وضع قوانين لتصميم وتنفيذ منشآت مقاومة للزلازل.

وقد أظهرت الأحداث الزلزالية أن جيولوجية المنطقة ونوعية موقع البناء لهما تأثيرات كبيرة على سلوك ومقاومة المباني عند تعرضها للزلازل.

1- البنايات العادية(إنشاءات المباني العادية):

إن تصميم الهندسي العادي للمباني يعمل تحت تأثير القوى العمودية كالأحمال الميتة والحية.

أ- الأحمال الميتة:

هي الأحمال والأوزان الدائمة غير المتحركة مثل وزن المبنى نفسه.

ب- الأحمال الحية:

الأحمال والأوزان الغير دائمة أو ثابتة مثل وزن الأشخاص، ويهمل إلى حد بعيد عامل الرياح والزلزال في التصميم.

حيث أظهرت الوقائع الهندسية أن العديد من المباني تعاني من المشاكل الهندسية مثل الهبوط والتشقق رغم عدم وجود هزات زلزالية ،فماذا لو تعرضت هذه المباني للزلازل؟

2- التصميم الزلزالي:

إن التصميم الزلزالي يتعامل مع ثلاث عناصر أساسية هي:

أ- جيولوجية المنطقة: يلعب التاريخ الجيولوجي للمنطقة دورا هاما في عملية التصميم الزلزالي، حيث أن المناطق التي تقع عند حدود الصفائح أو على الفوالق و الصدوع تتعرض لهزات أرضية قوية ومدمرة وتقع باستمرار وبالتالي تتطلب اشتراطات فنية وهندسية خاصة.

ب- التربة:

تلعب تربة التأسيس دورا هاما في عملية التصميم الزلزالي، لأن نوعية أو تركيبة التربة تختلف حسب درجة الصلابة وشدة مقاومتها للأحمال.

ج- المبنى:

طريقة تصميم المبنى **(شكله الهندسي)** وتقسيماته المختلفة من **العناصر الإنشائية**(العناصر الإنشائية هي العناصر الحاملة في المبنى مثل: الأساسات، الأعمدة،الجسور، الجدران**) والعناصر الغير الإنشائية**(العناصر المحمولة في المبنى مثل: جدران الطوب الداخلية، البلاط...الخ) من العناصر التي تؤخذ بعين الاعتبار عند التصميم الزلزالي.

هذه العناصر الثلاثة تتفاعل مع بعضها البعض وتؤثر كل واحدة منها في الأخرى.

3- اعتبارات التصميم الزلزالي:

تعد دراسة الموقع من العناصر الأساسية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم المنشآت والمباني من التعرف على الطبيعة الجيولوجية للموقع، نوعية تربة التأسيس، والتعرف على خصائص المواقع المجاورة ونظام تصريف للمياه من المبنى وحوله...الخ.

أ- استطلاع الموقع ونوعية تربة التأسيس:

يهدف الاستطلاع الأولي لموقع البناء إلى جمع معلومات حول نوعية التربة الموجودة على أعماق مختلفة ومستوى المياه الجوفية من فصل لآخر، والتعرف على الظروف الطبيعية المحيطة بالموقع، حيث تعطي دراسة المباني المجاورة فكرة جيدة عن تصرفات التربة.

كذلك استطلاع الموقع يعطي فكرة عن الطبيعة المناخية للمنطقة مثلا ملاحظة وجود آثار لسيول فصلية وتحديد منسوبها يساعدان في فهم الموقع ومن ثمة وضع دراسات دقيقة وعميقة للمرافق العامة حول البناء كآبار تخزين المياه ، الحفر الامتصاصية، تصميم الممرات الخارجية والساحات...الخ.حيث تسهم في تصريف والتخلص من كمية المياه الغير مرغوب فيها والتي تؤثر على تربة التأسيس وبالتالي إلحاق الأضرار بالمباني، ويمكن تقسيم التربة إلى:

- **التربة الصخرية:**

تشكل أساسا جيدا للمباني، وتستطيع أن تأخذ أحمالا كبيرة دون أن يؤدي ذلك إلى حدوث هبوط وتشققات في المبنى.

ويشترط في حالة البناء فوق الصخر أن يتم تسوية سطح الطبقات السطحية عند مستوى التأسيس وذلك من خلال إجراء قطع وعملية تسوية كاملة للموقع، وإذا تعذر ذلك بسبب كبر مساحة البناء ووجود انحدار في الموقع فإنه في هذه الحالة يمكن إجراء تسوية عند مستوى التأسيس على شكل درج أو تدرج.

- **التربة الرملية:**

تعتبر التربة الرملية الجافة أو القليلة الرطوبة جيدة ومناسبة كتربة تأسيس أسفل المباني وخصوصا في المناطق المصنفة ضمن المناطق الضعيفة النشاط الزلزالي.

أما في حالة التربة الرملية المشبعة بالرطوبة مثل التربة الرملية الموجودة قرب شواطئ البحار، فإن تعرضها لاهتزازات أرضية قد يؤدي إلى تميؤها وبالتالي هبوط وانهيار المنشآت المقامة عليها، واستنادا للوقائع الزلزالية التي حصلت في كثير من دول العالم أكدت على ضرورة تجنب المنشآت فوق هذا النوع من الترب خاصة في مناطق الشدة الزلزالية المرتفعة(حدوث ظاهرة تميؤ التربة التي ترافق حدوث الزلازل).

- **التربة الطينية:**

التربة الطينية لها قابلية ضعيفة للأحمال، بسبب قدرتها على التغير الحجمي، فتغير نسبة الرطوبة في تربة الأساسات في فصل الشتاء يؤدي إلى انتفاخها، وانكماشها في فصل الصيف وينجم عن هذه الحركة المستمرة إلى أعلى وإلى أسفل تشققات في الأرضيات والجدران والقواطع الداخلية، كما أن البناء على المنحدرات ذات الترب الطينية أو الكلسية يؤدي إلى تعرضها للانزلاقات الأرضية حتى وإن لم تحدث هزات أرضية، بسبب طريقة البناء والقطع الخاطئ في كتل الأرض وغالبا تظهر هذه الانزلاقات إذا تسربت المياه إلى طبقات الصخور الطينية.

ب- أنظمة تصريف المياه:

- **الممرات الأرضية حول المباني:**

تساهم الممرات الأرضية التي يتم إنشاؤها حول المباني في منع أو تخفيف تسرب المياه إلى تربة التأسيس خلال فصل الشتاء، ويساهم ميل الممر (الرصيف المحاذي للبناء) باتجاه الخارج في انسياب هذه المياه بعيدا عن المبنى، ويراعى أن يكون عرض الممرات حول البناء كبيرا، حيث لوحظ أن المباني التي تكون حولها الممرات ضيقة غالبا ما يكون ميلانها بالاتجاه المعاكس، حيث أن طرف الممر البعيد عن البناء هو أول ما يتعرض للرطوبة عند بداية فصل الشتاء لذا تنتفخ التربة تحته فيرتفع طرف الممر إلى أعلى مكونا ميلانا عكسيا نحو الداخل (أي في اتجاه البناء، فتتسرب المياه مباشرة إلى تربة الأساس وبالتالي تؤثر على اتزان محتوى الرطوبة فيها.

- **الخنادق الخارجية:**

في حالة إنشاء مبنى قرب نهر أو جدول من الماء أو جرف موسمي لمياه الأمطار، ستتسرب مياهها إلى تربة الأساس، ولمنع هذا التسرب يمكن إقامة خندق حول المبنى أو حول أضلاع المبنى المعرضة لتسرب المياه، حيث لهذه الخنادق القدرة على الحد من التسرب وتوجيه المياه للانتقال بعيدا عن المبنى.

- **زراعة الحدائق حول المبنى:**

للمحافظة على نسبة الرطوبة في التربة بحيث لا تتغير بين فصلي الصيف والشتاء، تستعمل زراعة الحدائق محيطة بالمبنى(أعشاب وشجيرات صغيرة ورشها بالماء باستمرار حيث تحافظ على رطوبة التربة في فصل الصيف وتمنع جفافها، ويجب تجني غرس الأشجار الكبيرة حول المباني مباشرة وخصوصا التي تمتلك جذورا طويلة، فامتداد الجذور أسفل المبنى يؤدي إلى امتصاص الرطوبة من التربة وبالتالي تغير خواصها وإضرار بالمباني.

4- تأثير تربة الموقع عند حدوث الزلزال:

إن خطورة الزلازل لا تكمن في حدوث الزلزال نفسه، وإنما في الأخطار والخسائر التي تحدثها تربة الموقع أثناء حدوث الزلزال إذ تؤدي إلى:

- تضخيم القوى الزلزالية التي تتعرض لها المباني.

- الانزلاقات الأرضية.

- تميؤ التربة الرملية المشبعة بالرطوبة.

أ- التضخيم الزلزالي لتربة الموقع:

تؤثر جيولوجية المنطقة وتربة الموقع على شدة الاهتزازات الأرضية وبالتالي حجم الأضرار والانهيارات، فالمباني المقامة على أرض صخرية التي تتعرض لهزات أرضية لا تتأثر بشكل كبير كمثيلاتها في نفس المنطقة والمقامة على تربة طينية.

فقد أثبتت عدة دراسات تأثير تربة الموقع على تضخيم القوى الزلزالية.

- **كيف يحدث التضخيم الزلزالي؟**

يحدث التضخيم الزلزالي بسبب العلاقة بين تردد الاهتزازات الطبيعية وتربة الموقع، فإذا تقارب أو تساوى تردد الاهتزازات تربة الموقع مع التردد الطبيعي للمبنى يحصل تضخيم زلزالي، أي تتضاعف القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى، وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة **(الرنين).**

تعرض المبنى لهذه الظاهرة يعني مضاعفة القوى الزلزالية التي ستؤثر على المبنى أكثر من 10 أضعاف أحيانا، وهذا يعني أن انهياره شبه مؤكد.

- **تجنب ظاهرة الرنين :**

لتجنب هذه الظاهرة يجب أن يكون الفرق واضح بين قيمة التردد الطبيعي لتربة الموقع والمباني التي ستقام عليها، بمعنى اختيار أنماط مباني التي تتلاءم مع طبيعة تربة الموقع، وللسيطرة على تردد المبنى يتحكم المهندس بالعوامل التي تؤثر في قيمة هذا التردد أهمها:

- عدد طوابق المبنى.

- ارتفاع الطابق.

- النسبة بين ارتفاع المبنى وعرضه,

- النظام الإنشائي المستخدم(نظام الأعمدة والجدران المسلحة)

ب) الانزلاقات الأرضية:

تحدث الانزلاقات الأرضية في المناطق الجبلية الشديدة الانحدار والتي تكون بين طبقاتها طبقات من التكوينات الطينية، أو بسبب الاستخدام الخاطئ للأرض كأعمال الحفر والبناء والقطع .

وتعتبر الزلازل عاملا محفزا لحصول انزلاقات أرضية في المناطق التي لها قابلية لذلك.

عند حدوث هزات أرضية فإن المناطق الجبلية المنحدرة التي لها قابلية للحصول انزلاقات بسبب طبيعة تربتها، يكون نصيبها من الأضرار أكثر من غيرها من المناطق وذلك بسبب انهيار المباني والبنى التحتية.

ج) تميؤ التربة:

تتعرض التربة الرملية المشبعة بالرطوبة إلى حركات أرضية زلزالية تؤدي إلى تميؤها، فمرور الموجات الزلزالية القاص في حبيبات التربة الرملية المشبعة بالمياه يؤدي إلى خلخلة جزيئات التربة وبالتالي تميؤ التربة أي تحولها إلى سائل لزج، وعادة ما تكون المناطق الساحلية أكثر عرضة لهذه الظاهرة وتنجم عنها خسائر كبيرة، لذلك تعمل الدول على إنتاج خرائط استخدامات الأراضي لتجنب استخدام هذا النوع من المناطق لأن تكلفة المعالجة عالية جدا.

5- تطوير الأنظمة الانشائية المقاومة للزلازل:

يصمم المهندسون المباني لتقاوم الأحمال الرأسية فقط، بمعنى أن تحمل المباني نفسها وما عليها من أحمال دون الأخذ بعين الاعتبار القوى التي قد تحدثها الزلازل.

- ومن أجل القضاء على مساوئ التصميم الزلزالي العادي أو التقليدي وإضافة لما سبق عملت مراكز ومعاهد هندسة الزلازل على تطوير أنظمة إنشائية، يتم من خلالها فقد الطاقة الزلزالية من خلال فصل المبنى عن تربة التأسيس ،وذلك عن طريق ما يسمى **بأنظمة العزل الزلزالي**، حيث تعمل المواد المستخدمة في هذه الأنظمة على فقد معظم الطاقة الحركية الزلزالية على مستوى الأساسات ويمنع انتقالها للمبنى ،ومن الطرق المستخدمة وضع طبقات من الصفائح لها القدرة على الصمود أمام التشوهات المرنة واللدنة دون أن تنهار واستعملت لهذا الغرض صفائح الرصاص بين الطبقات لرفع كفاءة فقد الطاقة.
- إن استخدام أنظمة العزل الزلزالي تخفف بشكل كبير من تشوهات المبنى وبالتالي الحد من الأضرار. ومن المعروف أن كثير من الناس أصبح له معرفة بفكرة العزل الزلزالي وذلك من خلال قولهم أن المباني في اليابان تبنى على عجلات وهذا تمثيل بسيط عن آلية العزل الزلزالي
- إضافة إلى استخدام الفواصل الزلزالية بين المنشآت أو أجزاء المنشأ الواحد مع الالتزام بالعرض المطلوب لهذه الفواصل حتى لا يحدث تصادم للمباني.

6- أهم توصيات هندسة الزلازل لتصميم المنشآت مقاومة للهزات الزلزالية:

- الاهتمام بالموقع وتربة التأسيس وعدم البناء في المناطق المعرضة لانزلاقات أرضية أو فوق التشققات الأرضية وذلك من خلال إجراء فحص للتربة وكذلك إجراء الدراسات الجيو فيزيائية اللازمة.

- تجنب البناء على الأراضي الرطبة القابلة للتميؤ.

- تجنب ظاهرة الرنين وذلك من خلال ضبط العلاقة بين التردد الطبيعي لكل من الموقع والمبنى.

- الإشراف الهندسي على عملية الحفر لتجنب الحفر والقطع غير المناسب وخاصة في الأرض المنحدرة ذات الطبيعة الطينية.

- تحقيق التماثل والانتظام في المستوى الأفقي لكل من شكل المبنى ولكل كتل عناصره.

- تجنب استخدام الشرفات المعلقة وخصوصا التي تكون مساحاتها كبيرة ومحملة بجدران.

- تجنب استخدام نظام الطابق الرخو سواء في الطابق الأرضي أو في أي طوابق أخرى.

- استخدام جدران القص ووضعها في الأماكن المناسبة وبشكل متماثل.

الخلاصة:

إن الأضرار والخسائر التي ترافق حدوث الزلزال سببها هو التضخيم الزلزالي الذي تحدثه تربة الموقع، والانزلاقات الأرضية التي ترافق بعض الزلازل وظاهرة التميؤ.

لذلك يجب إعطاء الأولوية القصوى أثناء عملية التخطيط والتصميم للموقع لتجنب تأثير هذه العوامل، فمواجهتها سيؤدي إلى تكلفة عالية جدا، أما تجنبها فسيؤدي إلى تخفيف الأخطار بشكل كبير وبأقل التكاليف.