

مقرر الجيولوجيا الهندسية السنة الثانية جيولوجيا

المحاضرة الأولى

الجيولوجيا الهندسية – الأساسيات والإطار العام

أ.د محمد عيسى

مقدمة:

- يقصد بالجيولوجيا الهندسية العلم الذي يهتم بتحليل الظواهر والسمات الجيولوجية بصورة تمكن المهندسين من وضع التخطيط والتصميم الآمن للمنشآت التي تدخل المادة الأرضية كعنصر إنشائي فيها.
- ونظراً لتنوع المنشآت الهندسية فقد تضمن التعريف للجيولوجيا الهندسية لتشمل ظواهر وسمات الجيولوجيا السطحية ، والتركيبية ، والهيدروجيولوجية ، والجيوفيزيائية وظواهر الانهيارات الأرضية المحدودة وغير المحدودة.
- يعتبر ظهور علم الجيولوجيا الهندسية بصورة متكاملة كان ضرورة أملاها التوسع الإنشائي على سطح وتحت سطح الأرض مع التنوع الشديد في استخدام هذه المنشآت.

ويمكن إيجاز الإطار الشامل لأهداف علم الجيولوجيا الهندسية كما يلي:

1. إيجاد إطار تحليلي أو رقمي يمكن من خلاله استخدام الخبرات والملاحظات الجيولوجية الحقلية والمخبرية لإنتاج معلومة يمكن استخدامها فوراً في أعمال التخطيط والتصميم الهندسي الآمن للمنشآت السطحية والجوفية.
2. تأكيد المتغيرات الجيولوجية والطبيعية الكامنة في المواد الأرضية (المستقرة وغير المستقرة) وتحديد الأسلوب الذي تحيد به سلوكيات هذه المواد عن السلوك المثالي.
3. تقييم أهمية المياه الجوفية وتحت السطحية كعامل هندسي له انعكاساته على أعمال الإنشاء وكذلك كبعد اقتصادي له أهمية في أعمال التنمية.
4. إيجاد نوع من الوعي الاجتماعي البيئي بالظواهر الجيولوجية والتغيرات الجارية والمحتملة بالقشرة الأرضية.

5. تحديد الأبعاد والانعكاسات الهندسية المصاحبة للظواهر الجيولوجية أو الناتجة عن حدوثها.

6. دراسة وتحليل الآثار الهندسية للحركات التكتونية والزلزالية وتطوير المحاولات الهندسية لمجابهتها.

7. دراسة الأبعاد الهندسية للسماوات الجيومورفولوجية للمواقع وجريانات السيول وتحركات الكثبان الرملية وغيرها من الظواهر الجيوبئية.

1-1- الركائز العلمية للجيولوجيا الهندسية:

من التعريف السابق لعلم الجيولوجيا الهندسية يمكن تحديد أهم ركائز العلم كما يلي:

استكشاف وتحديد الظواهر المشكلة للترسيبات والتراكيب الصخرية بمواقع المشروعات الهندسية ويعتمد ذلك على أسس جيولوجية وجيوية بحتة حيث أن هذه الظواهر ناتجة للعمليات الجيولوجية بأوجهها المتعددة التي تمت ومازالت تجري على سطح الأرض , وبلورة نتائج العمليات الجيولوجية بكل موقع وتحديد العوامل ذات المدلول والتأثير الهندسي على أعمال التخطيط والتصميم والإنشاء.

1-2- الاهتمامات الهندسية:

تشكل الاهتمامات الهندسية بمواقع الإنشاء مع اختلاف أنواعها القاعدة الرئيسة للجيولوجيا الهندسية حيث أن هدف الجيولوجيا الهندسية كعلم تطبيقي هو خدمة مشروعات التنمية والتعمير.

وفيما يلي إيجاز لأهم الاهتمامات الرئيسة:

عند إقامة المشروعات الإنشائية تعمل المادة الأرضية كعنصر حامل للمنشأ الهندسي كما هو الحال في المنشآت السطحية أو المنشآت الجوفية كالأنفاق والمناجم وغيرها، وفي كلا الحالتين يهتم المهندسون بتحقيق حالة الاتزان الستاتيكي بين رد فعل المادة الأرضية والفعل الناجم عن إقامة المنشأ، وإن تنوع المشروعات الهندسية المقامة على سطح الأرض وتحت سطح الأرض واختلاف أهدافها والمواد المستخدمة فيها جعل من الضروري عند دراسة مواقع الإنشاء واختيارها أن يتم بلورة ما يعرف (بالفعل) وعناصره الأساسية وميكانيكية تأثيره وتأثيره على المواد الأرضية الحاملة للمنشأ حتى يمكن دراسة رد الفعل وتحديد ميكانيكية حدوثه.

1-3- الرؤية والتفسير الهندسي للظواهر:

يعتبر الإلمام بالظواهر الجيولوجية وأبعادها وميكانيكية حدوثها هي محور الاهتمام في الرؤية الهندسية حيث أن مدلولاتها وانعكاساتها الهندسية على المنشآت لا يمكن إخفاءها ويمكن أن تدرج تحت ما يلي:

المتغيرات الكامنة الطبيعية والجيولوجية مثل الشكل البنائي للصخر وتدهور الصخور وعمليات الإحلال وعمليات التعرية بميكانيكياتها المختلفة ، التغيرات والتشكيلات الناجمة بالقشرة الأرضية ويقصد بها نتائج تأثير القوى التكتونية عليها مثل الفوالق — الطيات — الفواصل — الشقوق.... الخ.

أما النقاط الرئيسة التي تركز عليها الرؤية الهندسية هي كما يلي:

يرتكز التحليل الهندسي للظواهر والسمات الجيولوجية على تحديد وتحليل وتحقيق العوامل التالية:

- سلوك المواد الصخرية تحت مستويات التحميل المتغيرة.
- سلوك الصخور تحت تأثير المتغيرات البيئية.
- ميكانيكية انهيار المواد الصخرية.
- ميكانيكية تشوه المواد الصخرية.
- تأثير عدم استمرارية وتجانس النسيج الصخري (سطوح الانفصال) على الخواص والسلوك الهندسي.
- ويرجع عدم التجانس الميكانيكي للمواد الصخرية إلى عدم تجانس المادة الصخرية وإلى السلوكيات غير المحددة وعدم نمطية الصخور.

1-4- الطرق التحليلية المستخدمة في الجيولوجيا الهندسية:

يتم استخدام الطرق والأساليب التالية في تحليل المعطيات والمعلومات الجيولوجية:

➤ أسلوب التحليل الرقمي ويبني هذا الأسلوب على أساس ما يلي:

❖ نتائج التجريب المخبري لخواص الهندسية للصخور.

❖ نتائج المسح الحقلية لخواص الترسيبات الصخرية المختلفة.

➤ أسلوب التحليل الرياضي ويكثر استعماله في نطاق المشروعات الهندسية ويبني هذا الأسلوب على أساسيات علم هندسة وميكانيكية الصخور ، ومن مخرجاته النمذجة الجيوتقنية ، النمذجة الرياضية والرقمية.

2- المتطلبات الجيوهندسية للمشروعات:

- يحتاج اختيار واختبار المشروعات الهندسية بصفة عامة إلى:
 - دراسة الخواص الطبيعية والسلوكيات الميكانيكية للمواد المكونة للترسيبات الصخرية التي سيتم الإنشاء فوقها أو خلالها ، سواء كانت هذه المكونات تربة أم مواد مفككة أم صخور صلبة.
- يحتاج تصميم أساسات المنشآت الهندسية الكبيرة مثل السدود والخزانات والأنفاق (بجميع أشكالها سواء كانت للمواصلات أو لنقل المياه أو التعدين) والطرق الرئيسية ، وكذلك المنشآت الهندسية الكبيرة ، إلى دراسة جيوهندسية مستفيضة لتحديد أهم الظواهر الجيولوجية والوحدات الصخرية السطحية وتحت السطحية ومدلولاتها وذلك على طول المسار.

تحتاج إقامة هذه المشروعات أيضاً بدرجة كبيرة إلى تحديد السمات التكتونية التي توجد عليها الصخور وأهمها أنواع التراكيب الجيولوجية بهدف انعكاساتها الهندسية ، ومن هنا تأتي أهمية الدراسة الجيوهندسية للتراكيب الجيولوجية كالفوالق والطيات ونظم الفواصل التي قد تتواجد في مناطق تلك المشاريع العملاقة ، وحثمية الاهتمام بها اهتماماً كبيراً ، حيث أن وجودها في المنطقة التي تقام عليها المنشآت أو تنشأ بها الأساسات يوجب اتخاذ عدد من الاحتياطات الهندسية لتأمين سلامة المنشآت ، وأن عدم الاهتمام بدراسة التراكيب الصخرية من الزوايا الهندسية في المناطق التي تقام عليها ، ومن الضروري لتصميم بعض المشروعات الهندسية معرفة طبيعية المياه الجوفية وتحت السطحية ومصدرها وحركتها ، حيث تؤثر المياه الجوفية بصورة مباشرة أو غير مباشرة على أساسات هذه المشروعات وكذلك البنية الأساسية الملحقة بها وخاصة عناصر الهندسة الصحية وعمليات الري والصرف.

وتحتاج المشاريع العملاقة إلى معرفة الخصائص الهيدروليكية لهذه المياه وتحديد الدور الذي تلعبه كعوامل مساعدة ومسببة للتبخر والنقل والترسيب للمواد والترسيبات الصخرية.

ولاشك أن معرفة ذلك سوف يساعد في إيجاد الحلول الهندسية لمشاكل كثيرة تتعرض لها هذه المشروعات ، وخاصة تلك التي تتعلق بتهديب مجاري الترعر وتقوية الجسور وتبطينها ومعالجة مشاكل ترسيب الرمال في القنوات الصناعية وفي المحافظة على التربة الزراعية وغيرها.

3- الأهمية الهندسية للمعلومات الجيولوجية:

تكون المعلومات الجيولوجية والجيوتقنية زاوية رئيسة في المشروعات الهندسية عامةً حيث تشكل الأرض المسرح الأساسي الذي يحمل أو يحتوي على مفردات الإنشاء ، وعليه كان لزاماً أن يمد المخطط والمصمم بالمعلومات الهندسية المطلوبة والتي تتصل بالظواهر الجيولوجية.

ويمكن توضيح أهمية توفير هذه المعلومات للزوايا المختلفة للمشروعات الهندسية كما يلي:

3-1- مشروعات التخطيط العمرانى:

- تشكل المعلومات الجيوهندسية ركيزة أساسية للأعمال التالية:
- اختيار مواقع التنمية العمرانية والمفاضلة بين البدائل.
- تحديد أفضل اتجاه لامتداد التنمية العمرانية للمواقع القائمة.
- تحديد الأخطار والمشكلات الجيولوجية بالمواقع التخطيطية للمشروع وما قد ينجم عنها انعكاسات هندسية .
- توفير المعلومات الجيولوجية المؤثرة على اختيار مسارات الطرق والأنفاق في أعمال التنمية العمرانية (ائزان الميول – أنواع التربة السطحية ذات المشاكل ...) .
- تحديد مصادر مواد البناء المتاحة.
- تحديد حركة الكثبان الرملية وحركة الرمال واتجاهاتها ومدى تأثير البيئة بها.

3- 2- المشروعات الإنشائية:

يشكل اتزان المنشأ السطحي أو المنشأ الجوفي كالأنفاق ومحطات القوى ومنشآت التعدين حجر الأساس أمام التصميم الإنشائي لهذه الأعمال ويقصد باتزان المنشأ قدرته على تحمل ردود الأحمال الناجمة عن:

- الأحمال الميكانيكية والضغط المؤثرة الناجمة عن النشاط الإنساني.
- التغيرات البيئية.
- سلوكيات المواد أو الترسيبات الصخرية الحاملة للمنشأ أو الحاوية له تحت مستويات التحميل المختلفة.
- الحركات السيزمية.

وانطلاقاً من هذا تبرز أهمية المعلومات الجيوهندسية عند:

- اختيار نوع ومنسوب التأسيس للمنشأ.
- تحديد المشكلات الهندسية التي قد تنشأ عن تواجد ترسيب فلزي أو صخري محدد وأسلوب العلاج المقترح.
- مقدار تأثير الحركات السيزمية على المنشأ وأسلوب تقديرها.
- تحديد مسارات الأنفاق وأعماقها والطرق السريعة والجبلية.
- تقدير ضغط الصخور حول المنشآت الجوفية.
- دراسة اتزان المنحدرات الصخرية في مشروعات التنمية.

3-3- مشروعات نقل المياه:

- تسهم المعلومات الجيوهندسية بصورة مباشرة في:
 - تخطيط محاور الترع والقنوات الناقلة للمياه عبر المناطق الصحراوية.
 - تحديد المظاهر والتغيرات الجيولوجية على طول المسار ومدى تأثيرها على كفاءة أسلوب النقل.
 - تحديد العلاقة بين المياه الجوفية ومنسوب المياه السطحية والتداخلات المؤثرة بينها.

3-4- مشروعات حماية الشواطئ:

- إن أهم النقاط التي توضحها الدراسات الجيوهندسية مايلي:
- الوضع التركيبي والترسيبي للشواطئ.
 - عمليات التغير والتعرية للصخور المكونة للشاطئ.
 - ميكانيكية التآكل وعلاقتها بالترسيبات الصخرية للشاطئ والدراسات البحرية.

4- المعلومات الجيولوجية وحدودها:

يتصل مجال المعلومات الجيولوجية بالعديد من مجالات العلم والتطبيق إلا أن المعلومات الجيولوجية التي تدخل بتأثيراتها المجال الهندسي بزواياها المختلفة هي معلومات محددة يتم ترجمتها أو تفسيرها من الواجهة الهندسية ويتحتم على المهندسين إعادة صياغة هذه المعلومات والظواهر بصورة هندسية حتى يمكن أخذها في الاعتبار ويمكن تحديد إطار المعلومات الجيولوجية ذات التأثير الهندسي كما يلي:

4-1- معلومات الجيولوجيا السطحية:

وتشمل أساسا مايلي:

- أنواع الوحدات الصخرية وتوزيعها بمنطقة المشروع.
- أنواع الترسيبات السطحية وتوزيعها بمنطقة المشروع.
- السمات الطبوغرافية والجيومورفولوجية بمنطقة المشروع.
- التراكيب الجيولوجية ومدى تأثير المواقع بها.

4-2- معلومات الجيولوجيا تحت السطحية:

وتغطي هذه المعلومات الزوايا التالية:

- التابع الليتولوجي للوحدات الصخرية حتى عمق مناسب للعمل الهندسي.
- التراكيب الصخرية ومدى تأثير المنطقة بها.
- سطوح عدم الانفصال للمادة الصخرية وكثافتها.

4-3- معلومات هيدروجيولوجية وهيدروولوجية:

- وتهتم بتوفير المعلومات حول:
- التراكيب والطبقات الحاملة للمياه.
- مصادر المياه الجوفية.
- الأحواض الهيدروغرافية والخزانات الجوفية.

5- منهجية التفسير الهندسي للظواهر الجيولوجية:

يحتل توفير المعلومات والمسوحات الأساسية حيزاً رئيساً في إعداد المشروعات الهندسية ومشروعات التنمية العمرانية ويهدف توفير المعلومات والمعطيات الجيولوجية لمنطقة المشروع إلى تحديد المحددات الطبيعية والجيولوجية المؤثرة من الوجهة الهندسية في أعمال التخطيط وأعمال التصميم والإنشاء عامةً ، وما قد تبرزه هذه المحددات من مشكلات أو ميزات هندسية. لذلك كان توفير هذه المعلومات وتحليلها الهندسي حتماً لمرحلة التخطيط للمشروعات والتصميم للمنشآت المختلفة لما لها من انعكاسات هندسية ، بل واقتصادية على بعض زوايا المشروع.

يعتبر التخطيط والتصميم السليم أفضل وسيلة لتحقيق الأمان للمنشآت هندسياً وبيئياً ومن الممكن توضيح إطار أومنهجية التفسير الهندسي للمعلومات والظواهر الجيولوجية كما يلي:

5-1- جمع المعلومات:

يتم جمع وتصنيف المعلومات الجيولوجية لموقع المشروع الهندسي من خلال الدراسة المتأنية لكلٍ من:

- الخرائط الجيولوجية العامة والتفصيلية السطحية وتحت السطحية المتاحة للموقع والمنطقة التي سيقام بها المشروع.

- تجميع المعلومات المتوفرة من الأقمار الصناعية أو الدراسات الجيوفيزيائية وما تنتجه الدراسات والمسوحات الجيولوجية الميدانية من معلومات تفصيلية عن نوعيات الوحدات الصخرية وتوزيعها والتراكيب الصخرية الظاهرة على سطح الأرض أو تحت السطح.

- نتائج أعمال الحفر التي تمت أو تجري بالموقع والمنطقة المحيطة.

- طبيعة المشروع الهندسي وأهدافه والمساحة المقام عليها ونوعية مواد الإنشاء.

2-5- المسوح الميدانية لمنطقة المشروع:

تهدف هذه المسوح إلى رصد الظواهر الجيولوجية بالموقع والتي يمكن أن يكون لها انعكاس هندسي أو اقتصادي على المفردات الهندسية للمشروع وذلك بصورة شاملة خاصة في غياب الدراسات التفصيلية لموقع المشروع والتي يمكن بعد إتمامها إبراز المحددات الطبيعية والجيوهندسية بالصورة الهندسية المطلوبة التي تمكن المهندسين والمخططين من أخذها بعين الاعتبار.

ويمكن استنباط المحددات الجيوهندسية بصورة جيدة لموقع المشروع من خلال:

- تحليل الخرائط الجيولوجية العامة المتاحة للموقع.
- خرائط التربة السطحية وتوزيعها للموقع والمنطقة المحيطة.
- الدراسات التفصيلية والأبحاث المنشورة حول الجيولوجيا السطحية وتحت السطحية للمنطقة والمناطق القريبة.
- الدراسات المناخية والبيئية المتاحة.
- نوعيات الصخور والتراكيب الصخرية بالموقع وتوزيعها من واقع الدراسات والبحوث المنشورة.
- تحليل نتائج القياسات الميكانيكية أو الجيوفيزيائية بالموقع وكذلك نتائج المسوح الميدانية.

3-5- مخرجات التحليل الهندسي للمعلومات الجيولوجية:

يعتبر التحليل الهندسي للظواهر والسمات الجيولوجية بحق همزة الوصل بين علوم الأرض وبين التطبيقات الهندسية بزواياها المختلفة سواء كانت هذه التطبيقات للمنشآت المقامة فوق سطح الأرض أو المحتواة في باطن الأرض. لذلك كان من الضروري وضع المعطيات الجيولوجية في قوالب هندسية تمكن المخطط والإنشائي من استخدامها كمعطيات هندسية.

ولتوضيح ذلك يمكن إيجاز أهداف التحليل الهندسي للمعلومات والظواهر الجيولوجية في ما يلي:

- التقدير الكمي أو استنباط التقنين الرياضي الممثل لتأثير العوامل الجيولوجية المؤثرة كمدخل لتحقيق الاتزان الهندسي للمنشآت السطحية والجوفية.
- استنباط تقنين للعوامل الجيولوجية وسلوكيات المواد الصخرية المؤثرة في تحقيق اتزان المنحدرات والميول الصخرية.
- تحديد المعطيات اللازمة لتحقيق الاتزان للبيئة الطبيعية (الخلل البيئي الناجم عن نشاط الإنسان).

4-5- أساليب التحليل:

يتم تحليل المعلومات الجيولوجية التي يتم الحصول عليها لمنطقة المشروع عن طريق أحد الوسائل التالية:

- تحليل المعطيات الجيولوجية (الوحدات الصخرية — التابع الليتولوجي) إلى العوامل الأساسية وتحديد سمات وسلوك كل منها عن طريق المسوح الحقلية والاختبارات المخبرية.

- إعادة صياغة الظواهر والعوامل الجيولوجية بعد دراستها وتحليلها ووضعها في صيغ هندسية ذات محددات يمكن حسابها أو قياسها ، وتحديد العلاقة المتبادلة بين المعطيات الجيولوجية وعناصر ومراحل المشروع الهندسي (مراحل التخطيط — مرحلة التصميم — مرحلة التنفيذ) ، واستخدام أحد الوسائل (الرياضيات أو الوسائل الإحصائية) التي يتم استخدامها في التحليل الهندسي للمعلومات الجيولوجية **وأكثر الوسائل المستخدمة ما يلي:**

- استخدام نظريات الرياضيات وميكانيكية المواد والصخور.
- استخدام النمذجة الرياضية والجيوتقنية وذلك من خلال إنتاج عمل النموذج الملائم لعناصر كل موقع.
- التحليل الرياضي أو الإحصائي لنتائج الاختبارات الحقلية والمخبرية واستنباط العلاقات الرياضية أو الإحصائية منها.

انتهت المحاضرة