

الجيولوجيا الهندسية

المقدمة :

الجيولوجيا الهندسية

بالإنجليزية (Engineering Geology) : هي التطبيق العملي لعلم الجيولوجيا في مجال الهندسة، ويكمن الهدف من هذه العملية في الحرص على أخذ العوامل الجيولوجية بعين الاعتبار والتركيز عليها في الأعمال الهندسية المختلفة، حيث تؤثر هذه العوامل في اختيار الموقع، وعملية التصميم، ومرحلة البناء، وتشغيل المنشأ، بالإضافة إلى أهميتها في صيانة المنشأ^{[1][2][3]}.

يوفر الجيولوجيون المختصون في مجال الهندسة توصيات جيولوجية وجيوتقنية، كما ويقومون بتحليل وتصميم المنشأ بناءً على التطور البشري في هذا المجال والأنواع المختلفة من المنشآت. يعد وجود الجيولوجي المختص هندسياً ضرورياً في المشاريع التي تتضمن تفاعلاً بين الطبيعة والمنشأ، وذلك من أجل تقييم أثر عمليات الأرض على الأنشطة البشرية والمنشآت التي ينفذها الإنسان.

يمكن إجراء الدراسات الجيولوجية الهندسية أثناء مراحل مختلفة من المشروع، حيث يمكن إجراؤها خلال عملية التخطيط، أو عملية تحليل الأثر البيئي، أو عملية التصميم الإنشائي، أو خلال عمليات البناء في المشاريع العامة والخاصة، بالإضافة إلى مراحل الهندسة الاقتصادية، كما يمكن إجراء هذا النوع من الدراسات بعد إتمام بناء المنشأ وخلال المراحل القضائية للمشروع. يشمل العمل الجيولوجي في الهندسة المجالات التالية: تقييم المخاطر الجيولوجية، والهندسة الجيوتقنية، وخصائص المواد، وانزلاق الأرض وخطورة الميلان، والتآكل، والفيضانات، والدراسات الزلزالية، ونزوح المياه.

يتم إجراء الدراسات الجيولوجية الهندسية من قبل جيولوجي أو جيولوجي مختص في مجال الهندسة، إذ يشترط أن يكون قد أتم تعليمه وتدريبه في هذا المجال، كما ويتطلب أن يمتلك هذا المختص الخبرة في التعرف على وتفسير العمليات الطبيعية، بالإضافة إلى فهم أهمية هذه العمليات وأثرها على التراكيب بشرية الصنع وتأثيرها بها، كما ويجب أن يكون ملماً بالطرق المستخدمة في مقاومة المخاطر الناتجة عن الظروف الطبيعية أو تلك بشرية المنشأ. يمكن الهدف الرئيسي من الجيولوجيا الهندسية في الحفاظ على حياة المواطنين وحماية ممتلكاتهم من الأخطار الناتجة عن الظواهر الجيولوجية المتعددة.

ترتبط الجيولوجيا الهندسية ارتباطاً وثيقاً بالهندسة الجيولوجية والهندسة الجيوتقنية، كما ويعزى الاختلاف في المحتوى المشترك بين هذه التخصصات -إن وجد- إلى تفاوت تدريب أو خبرة الجيولوجي.

تاريخ الهندسة الجيولوجية

على الرغم من أن دراسة الجيولوجيا كانت موجودة منذ قرون، على الأقل في شكلها الحديث، فإن علوم وممارسة الجيولوجيا الهندسية بدأت فقط كنظام معترف به حتى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، نشر ويليام وينينك أول كتاب بعنوان جيولوجيا هندسية في

عام 1880 ، وفي أوائل القرن العشرين : عمل تشارلز بيركي، وهو جيولوجي أمريكي مدرب كان يُعتبر أول جيولوجي أمريكي يوظف الجيولوجيا في الهندسة، في عدة مشاريع لإمداد المياه في مدينة نيويورك، ثم عمل لاحقاً في سد هوفر والعديد من المشاريع الهندسية الأخرى. كتب ريس وواتسون أول كتاب مدرسي للجيولوجيا الهندسية الأمريكية في عام 1914 ، وفي عام 1921 ، بدأ ريجينالد دبليو بروك الذي كان عميداً في العلوم التطبيقية في جامعة كولومبيا البريطانية، أول برامج البكالوريوس والدراسات العليا في الهندسة الجيولوجية. في عام 1925 ، نشر كارل فون تيرزاغي، وهو مهندس، و جيولوجي تلقى تدريبه في النمسا، أول نص في ميكانيكا التربة (بالألمانية). يُعرف تيرزاغي بأنه رائد علم ميكانيكا التربة، ولكنه كان لديه اهتمام كبير بالجيولوجيا. واعتبر تيرزاغي ميكانيكا التربة فرعاً من الجيولوجيا الهندسية. في عام ١٩٢٩ ، نشر تيرزاغي، مع ريديك، وكامبي، نص جيولوجيا الهندسة الخاصة بهم (أيضاً باللغة الألمانية). نشأت الحاجة إلى خبرة الجيولوجيين في الأعمال الهندسية في عام 1928 ، وذلك بعد فشل سد سانت فرانسيس في كاليفورنيا، و وفاة ٤٢٦ شخصاً. كما أن المزيد من حالات الفشل الهندسي التي حدثت في السنوات التالية دفعت أيضاً إلى ضرورة قيام الجيولوجيين الهندسيين بالعمل في مشاريع هندسية كبيرة

في عام 1951 ، قدمت اللجنة التنفيذية لشعبة الجيولوجيا الهندسية التابعة للجمعية الجيولوجية الأمريكية واحدة من أوائل التعريفات الخاصة "بالجيولوجي الهندسي" أو "الجيولوجيا الهندسية المهنية".

التطبيق العملي للجيولوجيا الهندسية

إن أحد أهم الأدوار التي يقوم بها الجيولوجي الهندسي هو تفسير التضاريس، والعمليات الأرضية لتحديد المخاطر الجيولوجية المحتملة، وما يرتبط بها من أخطار من صنع الإنسان والتي قد يكون لها تأثير كبير على الهياكل المدنية، والتنمية البشرية. توفر الخلفية في الجيولوجيا للجيولوجي الهندسي فهماً لكيفية عمل الأرض، وهو أمر بالغ الأهمية للحد من المخاطر المرتبطة بالأرض، كما أن معظم الجيولوجيين الهندسيين لديهم شهادات عليا حيث حصلوا على تعليم وتدريب متخصصين في ميكانيكا التربة، و ميكانيكا الصخور، و الجيوتكنك، و المياه الجوفية، و الهيدرولوجيا، والتصميم المدني حيث توفر هذه الجوانب للمهندس الجيولوجي قدرة فريدة على فهم وتخفيف المخاطر المرتبطة بتفاعلات بنية الأرض.

نطاق الدراسة

يمكن إجراء الدراسات والأبحاث الجيولوجية الهندسية في العديد من المجالات، منها:

- التطويرات السكنية والتجارية والصناعية.
- المنشآت الحكومية والعسكرية.
- الأعمال والأشغال العامة: ويندرج ضمنها أنظمة تصريف مياه الأمطار، و محطات توليد الكهرباء، و العنفات (المراوح) الهوائية، وخطوط التحويل، و محطات معالجة المياه العادمة، و محطات تنقية مياه الشرب، و التمديدات المائية (القنوات)، و المجاري، و المصارف، و الأنفاق، و بناء الخنادق، و القنوات، و السدود، و خزانات المياه، و بناء

- الأساسات، والسكك الحديدية، والنقل، والطرق السريعة، والجسور، والتحديث والتأهيل الزلزالي، ومنشآت توليد الطاقة، والمطارات، والحدائق.
- تطوير المناجم والمقالع، والسدود الترابية، وحفر واستصلاح الأراضي.
- برامج التوطين وتأهيل المناطق المغمورة بالماء (كالمستنقعات).
- المواقع الحكومية والتجارية والصناعية الخاصة بمعالجة النفايات الخطرة.
- الهندسة الساحلية، وتجديد الرمال، واستقرار المنحدرات البحرية، و**الموانئ**، وتطوير الأرصفة والواجهات البحرية.
- المصببات البحرية، ومنصات الحفر البحرية، وشبكات الأنابيب والكوابل تحت بحرية، وغيرها من أنواع المرافق المختلفة.

المخاطر الجيولوجية والظروف الجيولوجية القاسية

- يتم توظيف الجيولوجيا الهندسية في تقييم وتخفيف المخاطر الجيولوجية وغيرها من الظروف الجيولوجية القاسية، وهذا يشمل:
- تكسر **الصدوع** في الصدوع النشطة زلزالياً.
 - المخاطر الزلزالية (اهتزاز الأرض، والتميع، والتذبذب، والحركات الأرضية، والتسونامي، والتذبذب المؤقت لمستوى **المياه السطحية** كالبحيرات).
 - الانزلاقات والانهيارات الأرضية، والتدفق الطيني، والانهيارات الصخرية، وتدفق الحطام، والانهيارات الثلجية.
 - المنحدرات غير المستقرة.
 - عمليات التعرية.
 - عمليات رفع وخفض التكوينات الصخرية، مثل عمليات الرفع بسبب قوى التجمد.
 - الخسوفات الأرضية (مثل انسحاب مستوى الماء الجوفي، وانهيار الآبار والمجاري الطبيعية، وانهيار الكهوف، وتفكك **التربة العضوية**، والحركات التكتونية).
 - الأخطار البركانية (الثوران البركاني، والينابيع الحارة، وتدفق الحمم البركانية والركام، والانهيارات الركامية الأرضية، وانبعاث الغازات، والزلازل البركانية).
 - عمليات تفجير وقص الصخور غير القابلة للتكسير والتحطيم (بحاجة إلى طرق غير تقليدية لتجريفها).
 - التربة الضعيفة القابلة للانهيار، وفشل تحمل الأساسات.
 - المياه الجوفية السطحية، وغيرها من أنواع القيود الجيولوجية.
- وقد يتم استدعاء **المهندس الجيولوجي** أو الجيوفيزيائي لتقييم مدى قابلية الصخور للحفر؛ لتحديد الحاجة لأعمال التفجير خلال أعمال الحفر الأرضية، وكذلك الانعكاسات المرتبطة نتيجة الاهتزازات أثناء عمليات التفجير في المشروع.

ميكانيك التربة وميكانيك الصخور

ميكانيك التربة هي فرع من فروع المعرفة الذي يطبق مبادئ الميكانيك الهندسية مثل: الكينماتيك (علم الحركة المجردة)، والديناميك، و**ميكانيك الموائع** و**ميكانيك المواد** للتنبؤ بالسلوك

والخصائص الميكانيكية للتربة. ميكانيك الصخور هي علم نظري وتطبيقي لدراسة السلوك الميكانيكي للصخور والكتل الصخرية؛ فهو من فروع الميكانيك الذي يهتم باستجابة وتأثر الصخور والكتل الصخرية لمجالات قوى البيئة الطبيعية المحيطة. ترتبط جميع العمليات الأساسية بسلوك الوسط المسامي، كما وتعد ميكانيك التربة و ميكانيك الصخور أساس حل العديد من مشاكل الهندسة الجيولوجية.

الوسائل وإعداد التقارير

- الطرق التي يستخدمها المهندسون الجيولوجيون هي:
- وضع خرائط جيولوجية للهياكل، والتكوينات الجيولوجية، ووحدات التربة بالإضافة إلى المخاطر.
 - مراجعة لمحاضرات متخصصة في الجيولوجيا، والخرائط الجيولوجية، وتقارير تقنية، والخطط الهندسية، والتقارير البيئية، وصور جوية مجسمة، وبيانات الاستشعار عن بعد، وبيانات نظام تحديد المواقع، والخرائط الطبوغرافية وصور الأقمار الصناعية.
 - الحفر والتنقيب، وأخذ عينات والدخول إلى المواد الصخرية من خلال تجاويف محفورة، واختبار الحفّار للتجاويف والخنادق، وتعطل عملية حفر الخنادق والتجاويف المحفورة بالجرّافة.
 - المسح الجيوفيزيائي مثل: الانكسارات الناشئة عن الزلازل، ومسوحات للمقاومة، ومسح للأرض بواسطة الرادار، ومسح لشدة المجالات المغناطيسية، ومسح كهرومغناطيسي، ورسم مظهر جانبي لأسفل القاع بدقة عالية بالإضافة إلى طرق فيزيائية أخرى.
 - تعريض جسم لضغط معين بشكل يدوي أو من خلال نظام مراقبة تشويه آلي وتتبع التغير في الشكل والأبعاد من خلال أخذ قياسات منظمة. بالإضافة إلى وسائل وطرق أخرى.
- عادةً يتوج مجال العمل بتحليل البيانات وإعداد تقرير جيولوجي هندسي، وتقارير تقني أو تصميم موجز، وتقارير عن الخطر الناتج عن العطل أو الخطر الناتج عن الزلازل، وتقارير جيوفيزيائي، وتقارير عن مصدر المياه الجوفية أو جيولوجيا الماء، يمكن دمج تقرير الهندسة الجيولوجية مع التقرير التقني، الذي عادة يزود ذات التحاليل التقنية والتوصيات المتعلقة بالتقييم التي تُوضّح في التقرير التقني.
- يتضمن التقرير الهندسي الجيولوجي الأهداف، والمنهجية المتبعة، ومواقع المراجع، والاختبارات المنجزة، والنتائج والتوصيات للتطوير والتصميم المُفصّل للأعمال الهندسية، ويوفر المهندسون الجيولوجيون البيانات الجيولوجية من خلال خرائط طبوغرافية، وصور جوية، وخرائط جيولوجية، وخرائط نظم المعلومات الجغرافية بالإضافة إلى خرائط أخرى.

النمذجة الجيوهندسية لسطح الأرض

وتتم بدراسة تكتونية الأقاليم وتضاريسها والظواهر الطبيعية فيها وتاريخها الجيولوجي وطبقات الصخور والشروط الهيدروجيولوجية فيها، ويتكون النموذج الجيوهندسي من الأراضي التي تتشابه فيها هذه الخصائص. وتقسّم الأراضي إلى نماذج مختلفة باختلاف تلك الخصائص.

ويوضع لكل نموذج كتيب تعليمات يوضح خصائص الأراضي والتعليمات والتوصيات الواجب اتباعها لأنشطة الإنسان المختلفة، وخاصة الأعمال الإنشائية.

التنبؤ بالظواهر الجيوهندسية

تخضع الكرة الأرضية باستمرار لعمليات وظواهر جيولوجية متنوعة: انزلاقات - انهيارات - تصدعات - انفجارات في المناطق الكارستية... إلخ. وبعض هذه الظواهر ذو آثار كارثية بشرية ومادية. ومثل هذه الحوادث في تزايد مستمر بسبب تزايد إخلال الإنسان بالتوازن الطبيعي وإفساده للبيئة. ويتم التنبؤ بالظواهر الجيوهندسية وتقدير شدتها بالمراقبة المستمرة الأرضية والفضائية، وتنفيذ الاختبارات الدورية في المواقع، ووضع النماذج الرياضية لهذه الظواهر، ومعالجتها على أساس المعطيات التجريبية، ومن ثم استنباط الحلول المناسبة لدرء أخطارها أو الحد من وقوعها.

المصادر والمراجع

1. britannica.com معلومات عن جيولوجيا هندسية على موقع " ^٨ britannica.com. في ٢٠ مارس الأصل مؤرشف من britannica.com. (مساعدة) تم تجاهله CitationClass= الوسيط. ٢٠١٧
 2. vocabularies.unesco.org معلومات عن جيولوجيا هندسية على موقع " ^٨ vocabularies.unesco.org. في ١٨ ديسمبر الأصل مؤرشف من vocabularies.unesco.org. (مساعدة) تم تجاهله CitationClass= الوسيط. ٢٠١٩
 3. psh.techlib.cz معلومات عن جيولوجيا هندسية على موقع " ^٨ psh.techlib.cz. في ١٠ سبتمبر الأصل مؤرشف من psh.techlib.cz. (مساعدة) تم تجاهله CitationClass= الوسيط. ٢٠١٩
- Brock, 1923, The Education of a Geologist: Economic Geology, v. 18, pp. 595-597.
 - Bates and Jackson, 1980, Glossary of Geology: American Geological Institute.
 - González de Vallejo, L. and Ferrer, M., 2011. "Geological Engineering". CRC Press, 678 pp.
 - Kiersh, 1991, The Heritage of Engineering Geology: The First Hundred Years: Geological Society of America; Centennial Special Volume 3
 - Legget, Robert F., editor, 1982, Geology under cities: Geological Society of America; Reviews in Engineering Geology, volume V, 131 pages; contains nine articles by separate authors for these cities: Washington, DC; Boston;

Chicago; Edmonton; Kansas City; New Orleans; New York City; Toronto; and Twin Cities, Minnesota.

- Legget, Robert F., and Karrow, Paul F., 1983, Handbook of geology in civil engineering: McGraw-Hill Book Company, 1,340 pages, 50 chapters, five appendices, 771 illustrations. (ردمك 0-07-037061-3)
- Price, David George, *Engineering Geology: Principles and Practice*, Springer, 2008 (ردمك 3-540-29249-7)
- Prof. D. Venkat Reddy, NIT-Karnataka, Engineering Geology, Vikas Publishers, 2010 (ردمك 978-81259-19032)
- Bulletin of Engineering Geology and the Environment
- (محمد أنور محفوظ، الجيولوجيا الهندسية (جامعة دمشق، ١٩٨١).
- P.B. ATTEWELL, Principles of Engineering Geology (University Press Cambridge 1976).
- FRED G. BELL, Engineering Geology (University Press Cambridge 1995).
- F.G. BIVTH & M.H.FREITAS, A Geology for Engineering (The Pitman Press 1975).