الفصل الأول

# الجيولوجيا والجيولوجيا الهندسية

## مقدمة

إن كلمة جيولوجي ( Geology ) كلمة لاتينية مكونة من مقطعين (Geo) أرض و (Logy) علم وبذلك يضم علم الجيولوجيا أو علم دراسة الأرض كل الدراسات التي تخص الأرض ، بما فيها تركيب المواد المكونة للأرض وخواصها الكيمياوية والميكانيكية وعلاقتها ببعضها البعض إضافة الى القوى التي تحاول تغيير شكل الأرض والمواد المكونة لها . ويشمل أيضاً دراسة كيفية نشوء الحياة على سطح الارض وتطورها خلال العصور الجيولوجية .

ان موضوعاً واسعاً كعلم دراسة الارض له علاقة بعلوم كثيرة أخرى كعلم الفلك والحيوان والفيزياء والكيمياء والجغرافيا والرياضيات والاقتصاد وقد أدى التوسع الكبير الذي حصل في علم الجيولوجي نتيجة البحث العلمي المتواصل الى ضرورة تقسيمه الى عدد كبير من الفروع المتشعبة نعرّف أهمها فيما يلي : -

### علم المعادن (Mineralogy)

ويعنى هذا الفرع بدراسة المعادن وتركيبها الكيمياوي وخواصها الفيزياوية المختلفة وطرق تكونها وأماكن وجودها والمبادىء الأساسية لتصنيفها .

### علم الصخور (Petrology)

وهو علم دراسة الصخور من حيث تركيبها الكيمياوي والمعدني وطرق تكونها وتغيرها .

### الجيولوجيا الفيزياوية (Physical Geology)

ويشمل هذا الفرع دراسة العمليات الجيولوجية التي أثرت ولا زالت تؤثر على سطح الارض كعمليات التجوية (Weathering) والإزاحة (Erosion) بواسطة المياه والرياح واختلاف درجات الحرارة والكائنات الحية ، وكذلك عمليات ترسيب المواد الناتجة من عمليات التجوية والنحت في البحار والبحيرات والانهار وفي الصحارى .

### علم الحفريات أو الاحافير (Palaeontology)

يبحث في دراسة بقايا الحيوانات والنباتات التي عاشت على سطح الارض ولفترات مختلفة بأنواعها الكبيرة منها والدقيقة والمحفوظة في الصخور كما ويشمل دراسة البيئة التي

عاشت فيها هذه الحفريات .

علم الطبقات (Stratigraphy)

يختص بدراسة طبقات الصخور الرسوبية والمترسبة على هيئة طبقات متعاقبة والتتابع الزمني لهذه الطبقات ومقارنتها ببعضها البعض .

علم المثالج (Glacial Geology)

يشمل دراسة حركة المثالج (Glaciers) وعمليات النحت الناتجة من هذه الحركة وكذلك دراسة انواع الترسبات والمظاهر الحديثة والقديمة التي تتركها المثالج بعد انحسارها عن منطقة ما نتيجة الذوبان .

الجيوكيمياء (Geochemistry)

دراسة التركيب الكيمياوي للمعادن والصخور المكونة للقشرة الارضية .

الجيوفيزياء (Geophysics)

يختص هذا العلم باستخدام الخواص الفيزياوية لصخور القشرة الارضية في الدراسات الجيولوجية وتستخدم الان بعض الخواص المهمة للصخور كالمغناطيسية والجاذبية والكهربائية والزلزالية في عمليات الاستكشاف لكل من النفط والمياه الجوفية اضافة الى كافة الدراسات تحت السطحية للمواقع المختارة للمنشآت الهندسية الكبيرة كالسدود والخزانات والانفاق .

جيولوجيا المياه (Hydrogeology)

تختص بدراسة المياه السطحية والجوفية وطرق البحث عن المياه الجوفية وتعيين اتجاهات حركتها وكمياتها وكيفية استغلالها .

جيولوجيا النفط (Petroleum Geology)

وتشمل دراسة تكوينات النفط والغاز الطبيعي، وطرق التنقيب والكشف عنهما واستخراجهما .

جيولوجيا التعدين (Mining Geology)

وتشمل دراسة اماكن وجود واستخراج الخامات ذات الاهمية الاقتصادية بما فيها الفحم والاحجار الكريمة .

الجيولوجيا التركيبية (Structural Geology )

وتشمل دراسة كافة المؤثرات المختلفة على التراكيب الارضية والطبقات اضافة الى الحركات الارضية الكبيرة وتأثيرها على الصخور المختلفة .

الجيولوجيا الهندسية (Engineering Geology)

العلم الذي يشكّل حلقة وصل بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية والذي يختص بتطبيق مبادىء علم الجيولوجيا للتقليل من المشاكل الهندسية الناجمة عن عدم تحمل المواد الجيولوجية كالتربة والصخور للمنشآت الثقيلة التي تقام عليها .

جيولوجيا البيئة Environmental Geology

فرع جديد من فروع علم الجيولوجيا يختص بدراسة مشاكل البيئة الناجمة عن بعض العمليات الجيولوجية كالهزات الأرضية والبراكين وتعرية التربة ومن استعمال الانسان المتزايد للارض ومواردها الطبيعية كالماء والنفط وبقية المعادن ، مثل الانحسار المستمر لمساحة الأراضي الصالحة للبناء ومواد البناء الأولية والفيضانات وهبوط مستوى سطح الارض كنتيجة لاستخراج الماء والنفط والمعادن الاخرى الموجودة في باطن الارض . كما ويشمل دراسة تلوث مياه الأنهار والبحار والمحيطات نتيجة للاستعمال الخاطيء لهذه الاماكن كمحطات لرمي الفضلات المختلفة وتأثير هذا التلوث على نوعية الترسبات الحديثة اضافة الى تأثيره المباشر على البيئة نفسها .

## العلاقة بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية :

مع التباين الواضح بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية فان الترابط بينهما قد بدأ منذ أن بدأ الانسان بتشييد أبنيته على سطح الأرض وما تبع ذلك من تأثير على المواد الجيولوجية من تربة وصخور وكذلك تأثير الأخيرة على توازن المنشآت الهندسية وادامتها ومن الواضح ان تطبيق المبادىء الجيولوجية في الاستكشافات الهندسية تعود بالنفع على العلوم الهندسية كما وان الأعمال الهندسية كحفر الآبار الاستكشافية وحفر الأسس تعود بالنفع على العلوم الجيولوجية ، حيث ان المعلومات التي تتوفر خلال عمليات الحفر تبرهن أو تدحض الافتراضات التي يضعها الجيولوجي خلال مرحلة التحقق من صلاحية موقع البناء (Site Investigation) وبالتالي تؤدي الى تقدم العلوم الجيولوجية . والجدير بالذكر ان عدم تطبيق المبادىء الجيولوجية بالنسبة للمنشآت الهندسية الكبيرة قد يؤدي الى مشاكل لم يكن ليتوقعها المهندس المدني ، والتي يمكن أن تضيف أموالاً طائلة الى الكلفة

المقررة للمنشىء كما يمكن أن تؤدي الى إزهاق بعض الأرواح . وهنالك أمثلة عديدة في هذا المجال منها انهيار سد القديس فرنسيس في جنوب كاليفورنيا عام 1928 م لأسباب جيولوجية بحتة كما تجدر الإشارة الى أحد الامثلة المحلية المتمثل بانهيار أحد المساكن المشيدة على منحدر فوق صخور جبسية في منطقة حي الثورة في مدينة الموصل سنة 1969 م (لاحظ شكل رقم 1-1) .

لقد اشتمل التطبيق الأولي للمبادىء الجيولوجية في الهندسة المدنية في بدايته على دراسة الصخور وخاصة خلال الاستكشافات الخاصة بالمناجم والأنفاق للبحث عن المواد الانشائية الطبيعية وكذلك المواد الأولية المستخدمة في إنتاج المواد الانشائية المصنعة وقد ازدادت الحاجة الى تطبيق الدراسات الجيولوجية الاولية في بداية الاعمال الهندسية الانشائية مع زيادة عدد وحجم المنشآت الهندسية وكذلك زيادة عدد حالات الانهيارات التي أصابت بعض هذه المنشآت نتيجة لعدم إلمام المهندس المدني آنذاك بأنواع الطبقات والتراكيب الجيولوجية التي يمكن تواجدها تحت سطح الأرض حيث تقام المنشآت الهندسية وعدم استشارة الجيولوجيين في هذه الأمور .

وقد أثمر التعاون الايجابي بين الجيولوجيين والمهندسين المدنيين في ميلاد علم ميكانيك التربة (Soil Mechanics) في نهاية العقد الثالث من القرن الحالي . ويختص هذا العلم بدراسة الخواص الهندسية للمواد الطبيعية « غير المترابطة » (Loose Deposits) كالرمل والحصى والطين . ومع نمو وتقدم علم ميكانيك التربة ثبت للمهندس ان دراسة نتائج الفحوصات الهندسية للتربة لا تكتمل الا بعد فهم عملية تكوين هذه التربة في الطبيعة بالاضافة الى ان الإلمام بأنواع وخواص المعادن المكونة للتربة يساعد بدرجة كبيرة في فهم بعض التصرفات الهندسية الغريبة لبعض أنواع التربة .

ومما تجدر الاشارة اليه ان نتائج بعض الفحوصات الهندسية للتربة قد تساعد على حلّ بعض المعضلات الجيولوجية الأكاديمية وتساهم في تطور علم الجيولوجيا النظرية .

ان فحص المواقع المختارة للمنشآت (Site Investigation) يشكل الحقل الرئيس في ممارسة الجيولوجيا الهندسية ويشتمل عادة على دراسة جيولوجية حقلية ومختبرية دقيقة بالإضافة الى دراسة الخواص الهندسية للتربة والصخور لبيان مدى قوة تحمل هذه المواد للثقل الذي سيصيبها من الوزن الكلي للمنشأة التي ستقام عليها .

ان المهندس المدني غير مؤهل للقيام بدراسة جيولوجية متكاملة وفي الوقت نفسه فان أكثر الجيولوجيين لا يتمكنون من تطبيق المبادىء الجيولوجية في حل المشاكل الهندسية . ان هذا الفراغ بين المهندس المدني والجيولوجي يملؤه الآن ما يسمى بالمهندس الجيولوجي

والذي يكون عادة جيولوجياً ذا إلمام بمبادىء الهندسة المدنية . ولكن مع وجود المهندس الجيولوجي فإن المهندس المدني لا يمكنه الاستغناء عن الإلمام بالمبادىء العامة لعلم الجيولوجيا والجيولوجيا الهندسية للأسباب التالية :

أ- يقيم المهندس المدني كل منشآته على أو تحت سطح الأرض ولذا يجب أن يكون ملماً بالمواد والتراكيب الجيولوجية الموجودة تحت سطح الأرض . وتجدر الاشارة هنا الى ان الاسباب الرئيسة لأكثر مشاكل الاسس البنائية هي أسباب جيولوجية .

ب- يحتاج المهندس المدني الى معلومات أساسية عن أنواع وخواص وأماكن وجود مواد البناء الطبيعية .

جـ- بإمكان المهندس المدني تخطيط وتنفيذ عمليات الحفر بطرق أكثر أماناً وأقلّ كلفة اذا كان ملماً بأنواع وتراكيب المواد التي يتوجب حفرها .

د- ان الدراسة الأكاديمية عن المياه الجوفية وأماكن تواجدها ونوعيتها ذات فائدة كبيرة للمهندس المدني عندما يمارس اختصاصات كالهندسة الصحية والري والبزل والبحث عن مصادر المياه او عندما يجابه بمشاكل كالسيطرة على عمليات الحفر وتوازن المنحدرات واتجاه حركة المياه الجوفية داخل الطبقات الصخرية وغيرها من الأعمال الهندسية الاخرى .

ناهيك عن أن المعلومات الأكاديمية عن المياه السطحية وطرق النحت ونقل المواد وترسيبها بواسطة هذه المياه ضرورية بالنسبة للمهندس الذي يعمل في مشاريع السيطرة على الفيضانات والحفاظ على التربة وانشاء وصيانة الموانىء والمنشآت الساحلية الأخرى .

هـ- يساعد فهم الخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية في التخطيط السليم للمشاريع الانشائية . وتجدر الاشارة هنا الى ان الإلمام بمبادىء علم الجيولوجيا والفهم الصحيح للغة العلمية الجيولوجية والخرائط الجيولوجية ضروري في تفهم التقارير الجيولوجية .

و- بعد دراسة أكاديمية لمبادىء علم الجيولوجيا يكتسب المهندس المدني قابلية أفضل للتعرف على المشاكل الجيولوجية خلال ممارسته لعمله الهندسي ولمعرفة متى يتوجب عليه استشارة المهندس الجيولوجي .

الفصل الثاني

# تركيب الأرض (Structure of the Earth)

من الممكن تقسيم الأَرض الى خمسة أَغلفة متسلسلة على النحو التالي :

1- الغلاف الهوائي (Atmosphere)

والذي يحيط بكتلة الأَرض ويتكون من غازات مختلفة أَهمها الاوكسجين والنيتروجين وثاني اوكسيد الكاربون وبخار الماء اضافة الى بعض الغازات الأُخرى.

2- الغلاف المائي (Hydrosphere)

والذي يشكل قرابة ثلاثة أَرباع السطح الخارجي للارض ويتكون من مواد صلبة وهي الثلوج والجليد ومواد سائلة هي المياه بنوعيها العذب والمالح .

3- الغلاف اليابس (Lithosphere)

ويتكون هذا الغلاف من مواد صخرية صلبة التكوين يؤلف غالبيتها معادن سيليكية التركيب .

4- الغلاف الحيوي (Biosphere)

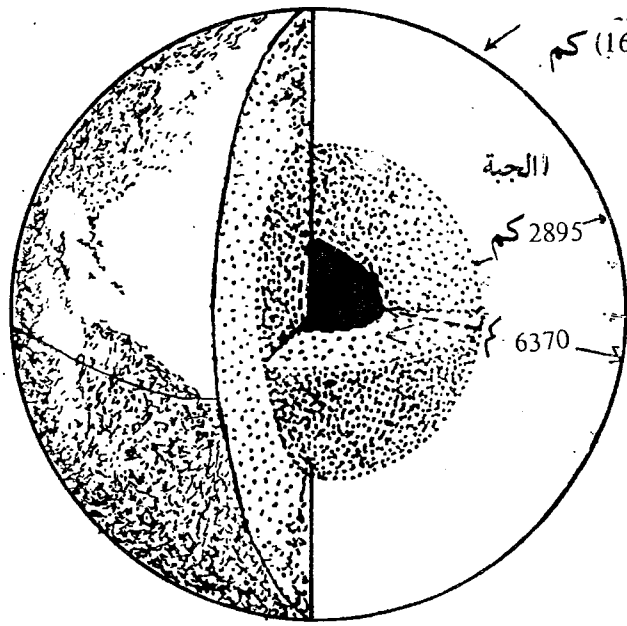
ويتكون هذا الغلاف من الكائنات الحية المختلفة الحيوانية منها والنباتية المتواجدة فوق الكرة الأَرضية .

5- باطن أَو جوف الأَرض (Interior of the Earth)

ويتكون هذا الجزء من المواد الموجودة تحت القشرة الأَرضية والتي تتألف من جزأين ، هما الجبة ( Mantle ) واللب ( Core ) ، ويوضح الشكل التالي ( شكل 2-1 ) مواقع الجبة واللب في تركيب الأَرض .

لقد تمت معرفة التركيب الداخلي للأَرض بواسطة الدراسات الحديثة للهزات الأَرضية ( الزلازل ) اعتماداً على حقيقة واضحة وهي ان الزلازل حين تكوينها يصدر عنها أَمواج مختلفة ومن خاصتها أَنها تكتسب سرعة متباينة أَثناء مرورها خلال صخور ذات صفات مختلفة .

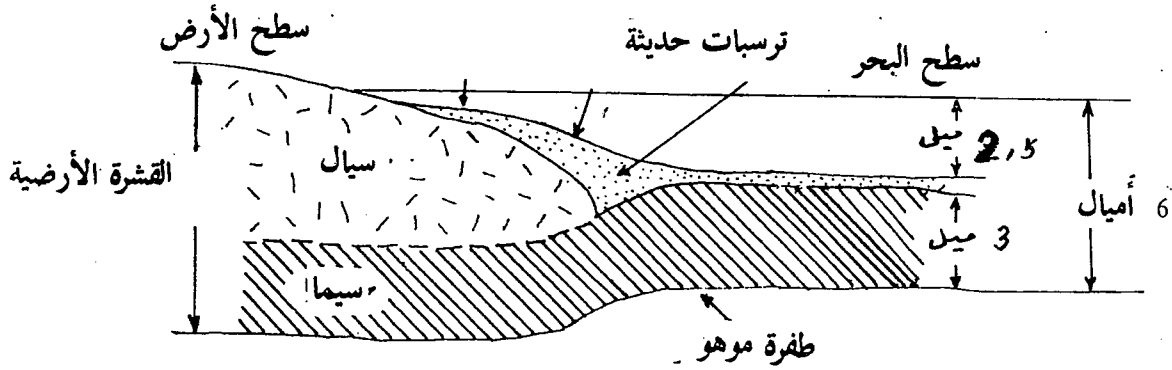
يتبين لنا مما تقدم ان أَهم جزء من الأَرض بالنسبة للجيولوجيين هو الغلاف اليابس ويليه بالأَهمية مكونات باطن الأَرض ، ولو حاولنا معرفة المكونات المهمة للغلاف اليابس لوجدنا أَنه يتألف من قسمين رئيسيين قسم علوي وهو القشرة العليا سيال (★SIAL) متمثلة بأَرض القارات والتي تتكون من مواد جرانيتية ( Granitic ) فاتحة اللون وطبقات رسوبية




شكل ( 1-2 )

التركيب الداخلي للكرة الأرضية

ذات وزن نوعي بحدود 2.65 ، اما القشرة السفلى سيما ($SIMA^+$) فتقع تحت ارض القارات والمحيطات وتتركب من مواد بازلتية ( Basaltic ) كثيفة ذات لون غامق ووزنها النوعي بحدود 3 ، ويوضح الشكل ( 2-2 ) علاقة القشرة العليا بالقشرة السفلى بالتفصيل .




شكل 2-2

علاقة القشرة العليا ( السيال ) بالقشرة السفلى ( السيما ) .

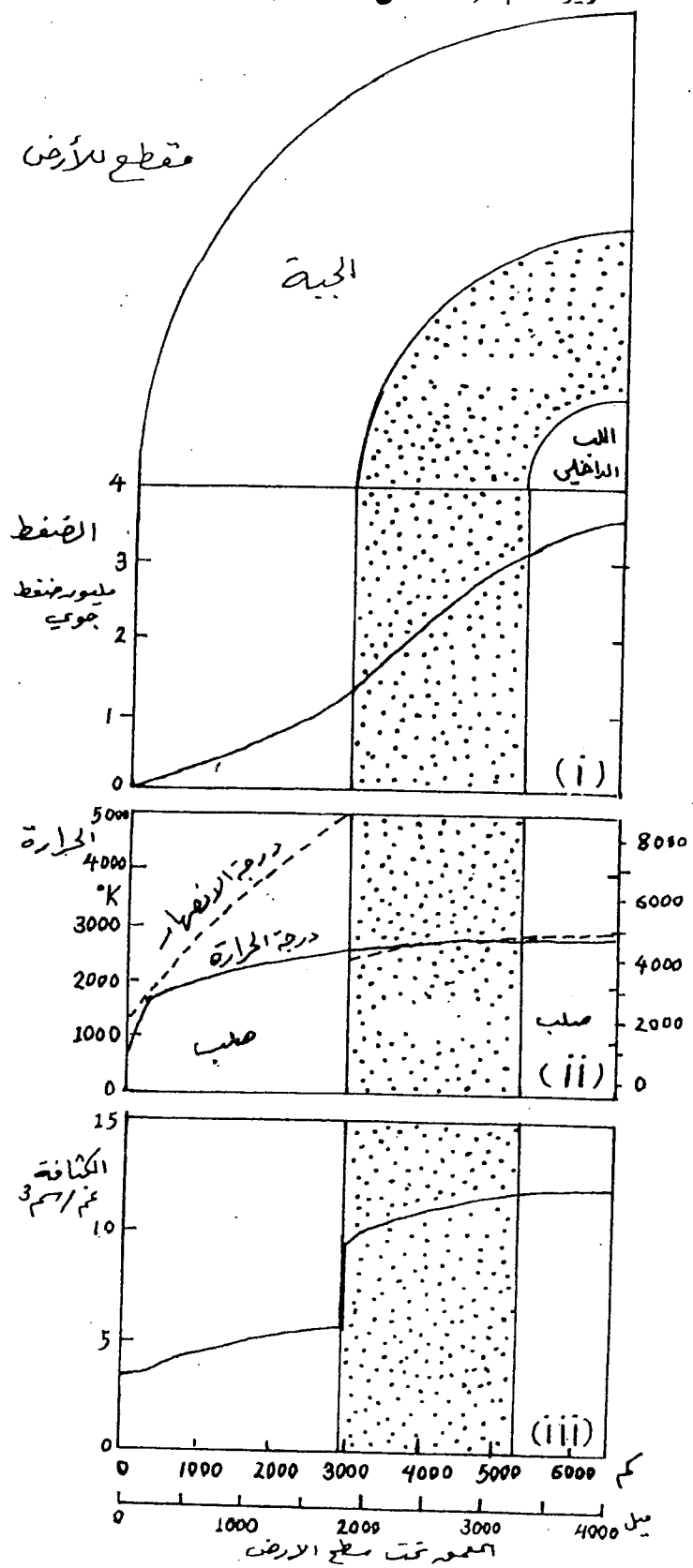
اما باطن الأرض فيتكون من الجبة ( Mantle ) والتي تأتي في ترتيبها تحت القشرة ومفصولة عنها بقاطع واضح يدعى قاطع موهو ( Moho Discontinuity ) والجبة ذات كثافة اعلى بكثير من كثافة القشرة ومعدل كثافة الجبة هو 4-5 غم/سم$^3$ . ويلي الجبة عادة لب الأرض ( Core ) ويحتوي على جزأين رئيسيين ، الجزء الخارجي والمتكون

★ مأخوذة من الحروف الأولية من Silica and Alumina لتوضح ان هذه الأكاسيد هي السائدة .

+ مأخوذة من الحروف الأولية من Silica and Magnesia . لتوضح أن هذه الأ كاسيد هي السائدة .

من مواد منصهرة والجزء الثاني وهو الجزء الداخلي والذي يكون صلب التكوين ، وبما ان متوسط الوزن النوعي للأرض باكملها حوالي 5.5 فان الوزن النوعي لنواة الأرض يكون والحالة هذه حوالي ( 10 ) .

ويوضح ( الشكل 3-2 ) الكثير من التفاصيل عن التركيب الداخلي للأرض




شكل 3-2

الظروف الفيزيائية في باطن الأرض
(i) زيادة الضغط مع زيادة العمق .
(ii) زيادة درجة الحرارة مع زيادة العمق .
(iii) زيادة الكثافة مع زيادة العمق .

ان طبقات الأرض المختلفة تكونت على الأكثر عندما كانت الأرض في حالة انتقال من الحالة الأصلية السائلة الى الحالة الصلبة مروراً باحتمالات أخرى مقترحة ، فمادة الجرانيت الحامضية كانت ترتفع للأعلى لخفتها في حين ان المواد الثقيلة كانت تغوص للداخل ، مما أدى الى حدوث الطبقات المختلفة هذا وعلى الأرجح فان نسبة الحديد والمعادن الثقيلة تزداد بازدياد العمق حتى النواة .

## بعض المعلومات الأساسية عن الارض.

### الشكل والمقاييس

| | |
|---|---|
| قطر الأرض عند خط الاستواء | 12755.7 كم |
| قطر الارض عند القطبين | 12714 كم |
| معدل قطر الأرض | 12742 كم |
| محيط الأرض عند خط الاستواء | 40077 كم |
| محيط الأرض عند القطبين | 40400 كم |

### المساحة

| | |
|---|---|
| مساحة البحار والمحيطات | 361 مليون كم مربع ( ونسبة البحار والمحيطات ٪70.78 |
| مساحة اليابسة | 149 مليون كم مربع ( ونسبة اليابسة ٪29.22 |
| مساحة اليابسة مضاف اليها الجرف القاري | 177.4 مليون كم مربع |
| مساحة البحار والمحيطات ( ماعدا الجرف القاري ) | 332.6 مليون كم مربع |
| المساحة الكلية للأرض ( اليابسة والماء ) | 510 مليون كم مربع |

### المرتفعات والاعماق

| | |
|---|---|
| اعلى ارتفاع على سطح الأرض ( قمة افرست ) | 8848 متراً |
| متوسط ارتفاع الأرض | 840 متراً |
| متوسط عمق البحار | 3808 متراً |
| اعمق عمق بحري معروف ( سوبر ديب ) | 11035 متراً |

## الحجم والكثافة والكتلة

| | معدل الثخن أو نصف قطر (كم) | الحجم (×10 كم$^2$) | معدل الكثافة غم/سم$^3$ | الكتلة (×10$^{24}$ غم) |
|---|---|---|---|---|
| الغلاف الهوائي | | | | 0·005 |
| البحار والمحيطات | 3·8 | 1370 | 1·03 | 1·41 |
| الجليد والثلاجات | 1·6 | 25 | 0·٩٢ | 0·023 |
| القشرة القارية مع الجرف القاري | 35 | 6210 | 2·8 | 17·39 |
| القشرة المائية عدا الجرف القاري | 8 | 2660 | 2·9 | 7·71 |
| الجبة | 2881 | 898000 | 4·5 | 4·68 |
| اللب | 3473 | 175500 | 10·٧٢ | 1881 |
| الأرض برمتها | 6371 | 1083230 | 5·517 | 5976 |

جمعت هذه المعلومات من كتاب مبادىء الجيولوجيا الفيزياوية للمؤلف ارثر هولز 1966 ( راجع المصادر )

# الفصل الثالث

## المعادن والصخور (Minerals and Rocks)

### ***القسم الاول: المعادن Minerals***

تتركب المعادن من مجموعة من العناصر. ومن المعروف بأن هناك اكثر من 100 عنصر موجود على سطح الارض. 80 عنصرا تعتبر عناصر مستقرة و الباقي إما إنقسامية أو مشعة. ومن بين تلك العناصر كلها هناك ثمان عناصر فقط تشكل 98% من مكونات القشرة الارضية وزنا. أما تلك العناصر فهي :-

الاوكسجين 47 % , السيليكون 27 % , الالمنيوم 8 % , الحديد 5 % , الكالسيوم 3.5 % , الصوديوم 2.6 % , البوتاسيوم 2.5 % , و المغنيسيوم 2 % .

التركيب الكيميائي للمعادن :-

تتركب المعادن من مجاميع كيميائية وهي كالآتي:-

#### ***اولا : مجموعة السيليكات (Silicates)***

هناك نوعين رئيسيين لمجاميع السيليكات تبعاً للتركيب الكيميائي :-

أ- مجموعة السيليكات الحاوية على الحديد والمغنيسيوم ($Fe_6Mg$) او تسمى الفيرومغنيسيومية و التي تكون داكنة اللون وتشمل معدن ( الاولفين , الاوجايت , الهورنبلند , و البايوتايت).

ب-مجموعة السيليكات الغنية بالصوديوم و الكالسيوم و البوتاسيوم و الالمنيوم والمعروفة بالمعادن القلوية وتكون فاتحة اللون وتشمل معدن (الاورثوكليز , البلاجيوكليز الصوديومي , والمسكوفايت)

كما و أن هناك نوع آخر من التصنيف للسيليكات يعتمد على ترابط مجاميع السيليكات (ذرة واحدة سيليكون مرتبطة بأربع ذرات اوكسجين) مع ايونات او ذرات من عناصر فلزية اخرى و يمكن اختصارها بالشكل التالي :-

1- مجموعة السيليكات ذات الوحدة الرباعية المنفصلة (الأولفين) $Mg_2SiO_4$ وتركيبه الكيميائي هو سيليكات الحديد و المغنيسيوم , وذلك لأنه قد يحل الحديد والمغنيسيوم بدلا من ذرتي الحديد.

2- مجموعة السيليكات ذات السلسلة الواحدة - $Si_2O_6$ - (الاوجايت) ويتكون هذا المعدن من مجاميع من الوحدات الرباعية السيليكونية المرتبطة في سلاسل احادية مرتبطة فيما بينها بإتجاه خطي و أن كل منها يشترك في ذرتين من الاوكسجين مع جيرانها. و يكون التركيب الكيميائي للاوجايت هو $CaMg(Si_2O_6)$

3- مجموعة السيليكات ذات السلسلة المزدوجة - $Si_4O_{11}$ – (الهورنبلند) و الذي يتركب كيميائيا من $[Ca_2Mg_5Fe,Na(Si_4O_{11})(OH)_2]$ و هي عبارة عن سيليكات مائية للكالسيوم والحديد و المغنيسيوم.

4- مجموعة السيليكات ذات السلسلة الصفائحية – $Si_4O_{10}$ – (المسكوفايت = المايكا البيضاء ,و البايوتايت= المايكا السوداء) وتنشأ من خلال ترتيب الوحدات الرباعية على هيئة ازواج مع ذرات الالمنيوم بينها. اما التركيب الكيميائي سيكون بالشكل الآتي :

معدن المسكوفايت ← المايكا البيضاء ← السيليكات المائية للبوتاسيوم ← $KAl_2(Si_3Al_{10})(OH)_2$ .

معدن البايوتايت ← المايكا السوداء ← السيليكات المائية للبوتاسيوم و المغنيسيوم والحديد ← $K(Mg,Fe_2)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$ .

5- مجموعة السيليكات ذات الشبكات المجسمة (الكوارتز , الاورثوكليز , البلاجيوكليز) حيث ترتبط كل وحدة رباعية سليكونية في جميع الاركان الاربعة , و كل مجموعة تساهم بأربع ذرات من الاوكسجين.

## ***ثانيا : مجموعة الاكاسيد (Oxides)***

والتي تعني اتحاد ذرات الاوكسجين مع ذرات الفلزات كالحديد و القصدير وغيرها. و تشمل مجموعة من المعادن مثل:

- معدن الماكنتايت ← $Fe_3O_4$
- معدن الهمتايت ← $Fe_2O_3$
- معدن الليمنايت ← $FeO.nH_2O$

## ***ثالثا : مجموعة الكبريتيدات (Sulfides)***

و التي تعني اتحاد ذرات الكبريت مع ذرات الفلزات مثل :

- معدن الكالينا ← PbS
- معدن البايرايت ← $FeS_2$

## رابعا : مجموعة الكبريتات (Sulfates)

وتنشأ من اتحاد ذرة كبريت بأربع ذرات أوكسجين مكونة الجذر السالب للكبريتات والذي يتحد بدوره مع الفلزات ليكون معادن الكبريتات , ومن امثلة ذلك :

- معدن الجبس ← $CaSO_4$-$2H_2O$
- معدن الانهايدرايت ← $CaSO_4$

## خامسا : مجموعة الكاربونات (Carbonates)

وتنشأ من اتحاد ذرة كاربون بأربع ذرات أوكسجين مكونة الجذر السالب للكاربونات والذي يتحد بدوره مع الفلزات ليكون معادن الكاربونات , ومن امثلة ذلك :

- معدن الكالسايت ← $CaCO_3$
- معدن الدولومايت ← $(CaMg)(CO_3)_2$

## سادسا : مجموعة الكلوريدات (Chlorides)

ةتنشأ من اتحاد الكلور او الفلور مع الفلزات لتكون المعادن الهالوجينية و من تلك المعادن :

- معدن الهالايت ← NaCl

## سابعا : مجموعة الفوسفات (Phosphates)

وتنشأ من إتحاد جذر الفوسفات السالب $(PO_4)^{-2}$ مع احد الفلزات مثل الكالسيوم ومن تلك المعادن :

- معدن الاباتيت ← $Ca_3(PO_3)_2$

# كيفية تشخيص المعادن

يعتمد تشخيص المعادن على معرفة الخواص التي من خلالها يمكن تحديد نوع المعدن , فهي اما خواص فيزيائية, كيميائية, مغناطيسية, أو غيرها من الخواص كدرجة الحرارة وأحيانا مذاقها او حتى رائحتها . ومن هذه الخواص :-

**1- لون المعدن او لون مسحوقه :**

تختلف المعادن بألوانها من معدن الى آخر وخصوصا اذا كانت هذه المعادن نقية. ففي حال وجود شوائب تدخل بتركيب هذه المعادن فإن لون المعدن الاصلي سيختلف , فمثلا ؛ الكوارتز النقي

يكون عديم اللون . و عندما يحتوي على اثر بسيط من التيتانيوم سوف يتحول لونه الى البنفسجي . أما في حالة إحتوائه على على المغنيسيوم يصبح لونه ورديا . لذلك فإن معدن الكوارتز يكون بعدة الوان مختلفة .

أما لون المخدش او المسحوق ففي بعض الاحيان يختلف عن لون المعدن نفسه فعلى سبيل المثال معدن الهمتايت قد يكون لونه رصاصيا او اسودا ولكن لون مسحوقه بني – أحمر

**2- التشقق والمكسر :**

التشقق : هي قابلية المعدن للكسر أو الانقسام ف إتجاهات معينة عندما يتعرض للكسر مما ينتج عنها اسطح ملساء تسمى اسطح التشقق فبعض المعادن تحتوي على اسطح تشقق بإتجاهين او ثلاثة . أما اذا كانت بإتجاه واحد فيكون التشقق غير كامل.

مكسر المعدن : هو الشكل الذي يكون عليه سطح المعدن عند كسره صناعيا بآلة حادة او بكسره بصورة طبيعية , فبعضها يكون مستويا أو خشنا أو منحنيا كما في الكوارتز.

**3- اللمعان (البريق) :**

وهوز كيفية انعكاس الضوء الساقط على المعدن . فبعضها يعكس الضوء الساقط على سطوح المعدن فتظهر ذات بريق فلزي , و الآخر يكسر او يشتت الضوء الساقط عليها وكأنها شبيهة بالزجاج , مثل المعادن اللا فلزية.

**4- الصلابة :**

هي قدرة المعدن على مقاومة الحك حيث تقاس الصلابة بمقياس موهر, وهو مقياس يتألف من عشر معادن مرتبة من الاقل صلابة (التلك) الى الاكثر صلابة (الالماس) بترتيب نسبي يبدأ من رقم (1) و ينتهي بالرقم (10). أما عن كيفية معرفة صلابة المعدن , فنبدأ بخدش المعدن المراد معرفة صلابته بأقل المعادن صلابة في جدول موهر حتى نصل الى المعدن الذي لا يحدث حزا او خدشا بالمعدن المطلوب معرفة صلابته.

**5- الوزن النوعي :**

وهو عبارة عن النسبة بين وزن حجم معين من المعدن في الهواء الى وزن نفس الحجم من الماء , وكما يأتي ؛

$$\text{النوعي الوزن} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزن المعدن في الهواء} - \text{وزن المعدن مغمور بالماء}} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزن الماء المزاح}}$$

**6- الشكل البلوري للمعدن**

البلورات هي عبارة عن اجسام صلبة ذات أشكال هندسية منتظمة محدودة بواسطة اوجه مسطحة وزوايا بين تلك الاسطح و الاضلع المكونة لها , وان سبب اختلاف شكل البلورات الداخلية الواحدة عن الاخرى يرجع الى ان البلورات تتألف من مجموعة من الذرات تترتب بأشكال هندسية مختلفة , وبإختلاف تركيب المعادن الواحدة عن الاخر فإن شكل البلورات سيكون مختلف ايضا .

تقسم المجاميع البلورية الى ستة اقسام حسب اطوال محاور البلورات و مستوياتها و كذلك الزوايا المحصورة بين اضلع تلك السطوح وكما يلي (شكل (3-1)) :-

1- المجموعة المكعبة . 2- المجموعة الرباعية. 3- المجموعة المعينية القائمة.

4- مجموعة احادي الميل. 5- المجموعة السداسية. 6- المجموعة ثلاثية الميل.

**7- الخواص الاخرى للمعادن**

**السلوك المغناطيسي :** قابلية المعدن للإستقطاب او الانجذاب الى احد الاقطاب و تنافره مع القطب الاخر.

**المقاومة الكهربائية للمعادن :** اما تكون موصلة او غير موصلة او شبه موصلة

بعض الفلزات ← موصلات جيدة للكهرباء

اغلب اللا فلزات ← مقاومة للكهربائية او عازلة

**درجة الانصهار :** تتراوح درجة انصهار المعادن من $110^{o}$ C تقريبا الى $1000^{o}$ C

**الخواص الضوئية :** تتمثل بأيجاد معامل الانكسار بين الضوء الساقط و المنكسر.

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{Sin\ i}{Sin\ r}$$

حيث i = زاوية السقوط

r = زاوية الانكسار

| الفصائل البلورية | المحاور البلورية | السلوك الميكانيكى |
|---|---|---|
| (١) فصيلة المكعب أو متساوى الأبعاد | ثلاثة محاور متساوية فى الطول ومتعامدة | متجانس فى جميع الاتجاهات (ايزوتروبية) |
| (٢) فصيلة الرباعى | ثلاثة محاور متعامدة منها اثنان أفقيان ومتساويان فى الطول والثالث عمودى ومختلف فى الطول | متجانس فى المستويين المتعامدة على المحور الرأسى (هـ) ومختلف فى جميع الاتجاهات الأخرى |
| (٣) فصيلة السداسى (٤) فصيلة الثلاثى | أربعة محاور ثلاثة منها أفقية ومتساوية فى الطول وتتقاطع فى زوايا مقدارها ١٢٠° والرابع عمودى ومختلف عنها فى الطول | |
| (٥) فصيلة المعين القائم | ثلاثة محاور متعامدة ومختلفة فى الطول | غير متجانس فى جميع الاتجاهات (لا ايزوتروبية) |
| (٦) فصيلة أحادى الميل | ثلاثة محاور مختلفة فى الطول أحدهما مائل على المستوى الذى يحوى على المحورين الآخرين (ن) و (هـ) | |
| (٧) فصيلة ثلاثى الميل | ثلاثة محاور مختلفة فى الطول وغير متعامدة على بعض | |

شكل (3-1) المجموعات البلورية الرئيسية

## القسم الثاني: الصخور Rocks

تعتبر الصخور بأنها أولى اهتمامات الجيولوجي، وهي الوحدات البنائية الأساسية التي تتكون منها القشرة الأرضية. وتتكون الصخور من المعادن. وتعتبر المعادن بأنها الوحدات البنائية للصخور، وتتكون معظم الصخور من تجمع معدنين أو أكثر، وفي كثير من الحالات تتشكل الصخور من عدد من المعادن لا يقل عن عشرة معادن. وبعض أنواع المعادن يشغل مساحة واسعة من سطح القشرة الأرضية وتغطي مساحة كبيرة منها مثل معدن الجبس ومعدن الدولومايت. وبعض هذه المعادن تشكل طبقات أو تراكيب صخرية واسعة تعرف بالصخور الجيرية وتتكون بشكل خاص من معدن الكالسيت ($CaCO_3$) ومعدن ملح الطعام (NaCl).

والصخرة: هي جزء من سطح القشرة الأرضية ليس لها شكل متميز وأيضاً ليس لها تركيب كيميائي محدد ثابت.

ويعرف الصخر: بأنه مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن تراكمت في مكان واحد نتيجة ظروف تكوين معينة، والصخر هو وحدة تركيب سطح القشرة الأرضية.

## تصنيف الصخور

يمكن أن نصنف الصخور باتباع أكثر من طريقة، فقد تصنف الصخور تبعاً لتركيبها الكيميائي أو لمكوناتها المعدنية، ومن التصنيفات الشائعة تصنيف الصخور تبعاً لنشأتها (أصلها) أو تكوينها وتبعاً لذلك فإنها تصنف إلى ثلاث مجاميع أو أصناف كبيرة وهي الآتية:

**أ- الصخور النارية**

وهي الصخور التي تكونت نتيجة تصلب المواد المنصهرة في درجات حرارة عالية والتي انبثقت من باطن الأرض وانتشرت على سطحها فتصلبت بسرعة، أو أنها لم تستطع الوصول إلى سطح الأرض فكان تصلبها بطيئاً وبصورة تدريجية تحت السطح. وتعتبر الصخور النارية الصخور الأساس التي تكونت منها أنواع الصخور الأخرى، ومن أمثلة الصخور النارية، صخر الجرانيت والبازلت والجابرو.

**ب- الصخور الرسوبية**

وهي صخور نشأت وتكونت من تفتت الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية نتيجة عمليات التجوية والحت ثم انتقلت مكوناتها بفعل التيارات المائية والهوائية أو الجليديات، فترسبت في بيئات مائية أو على اليابسة، ثمّ حدث عليها عمليات تماسك ولحام بفعل مواد جيرية أو حديدية أو سيليكاتية، وتتميز بمظهرها الطبقي وبلحتوائها على الأحافير وقلة المعادن المتبلورة فيها، ومن أمثلتها الحجر الجيري والصخور الطينية والرملية.

**جـ- الصخور المتحولة**

وهي صخور تكونت من صخور متكونة بصورة مسبقة مثل الصخور النارية أو الرسوبية أو حتى الصخور المتحولة. فأثرت فيها عوامل الضغط الشديد أو الحرارة العالية أو العاملين معاً. وتتميز هذه الصخور بأنها ذات معادن متبلورة وندرة وجود الأحافير فيها، ومن الأمثلة على الصخور المتحولة صخر الشيست والنايس والرخام والأردواز.

## مقارنة عامة بين أصناف الصخور

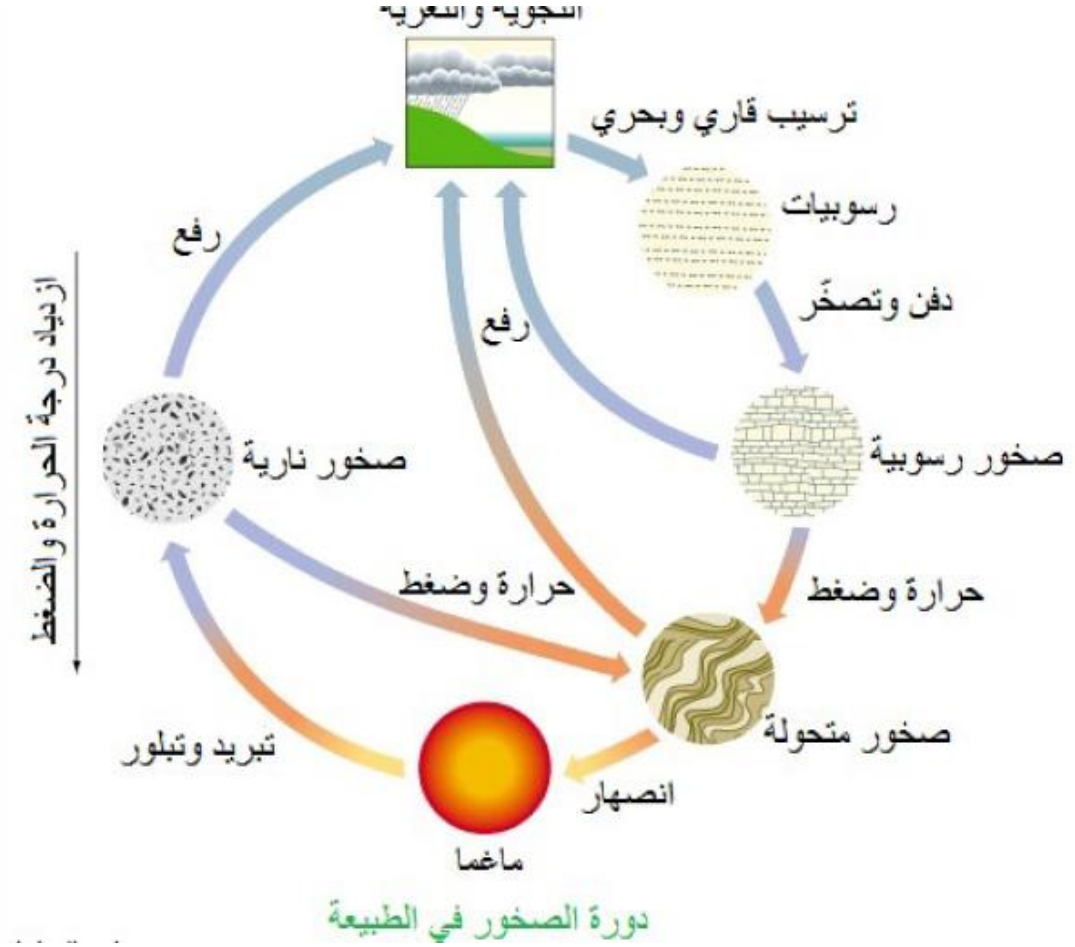
يمكننا ان نقارن بين الانواع المختلفة من الصخور حسب تكوينها وتكوين طبقاتها ونسبها والمسامية والفراغات وغيرها من الصفات للصخور حسب جدول (3-1) والذي يبين ذلك

| وجه المقارنة | الصخور النارية | الصخور الرسوبية | الصخور المتحولة |
|---|---|---|---|
| 1- التكون: | تبلور مادة الصهارة (الماجما) | تبلور من محاليل ساخنة وأيضاً تماسك فتات نشأت من تجوية وحتى صخور سابقة. | إعادة تبلور معادن صخور رسوبية أو نارية سابقة بفعل الضغط والحرارة الشديدين. |
| 2- تكون الطبقات: | كتل غير طبيعية، ولا أشكال محددة لها | لها مظهر طبقي ويظهر على صورة رقائق أفقية تتشكل حسب الحركات الأرضية. | ترى طبقات أحياناً إذا كان أصلها من صخور رسوبية. |
| 3- وجود المستحاثات (الأحافير): | خالية من المستحاثات | تحوي بقايا لكائنات حية. | يندر وجود مستحاثات فيها. |
| 4- مكوناتها: | معادن متبلورة تحت ظروف واحدة من الضغط والحرارة (معظمها معادن سيليكاتية). | تتكون من قطع فتاتية متراكمة، وكثير من أنواعها لا يتكون من معادن متبلورة. | تتكون من معادن متبلورة وغير متبلورة. |
| 5- نسبتها في القشرة الأرضية: | تعتبر الصخور الأساس التي تشكلت منها القشرة الأرضية وتبلغ نسبتها 95% من صخورها. | حوالي 5% من القشرة الأرضية لكنها تغطي 75% من سطحها. | قليلة نسبياً. |
| 6- السامية أو الفراغات: | متماسكة وغير سامية. | تظهر مسامات وقد تمتلئ بالماء أو النفط أو الغاز الطبيعي. | قد يوجد فيها مسامات أحياناً. |
| 7- أمثلة عليها: | الجرانيت والسيانيت والجابرو. | الحجر الجيري والرملي والطيني. | الرخام والنايس والشيست. |

## ***الدورة الجيوكيميائية للصخور***

من الشكل (3-2) بلاحظ بأن الصخور النارية الأصل تتكون بسبب تبرد و تصلب المحاليل الحارة و التي تسمى ( المنصهر – الماكما) و تكون بأعماق سحيقة. وعند ظهور هذه الصخور على سطح الارض على شكل حمم بركانية او انكشاف الطبقة التي فوقها وتعرضها للظروف المناخية التي تختلف عن الظروف التي كانت بها هذه الصخور. حيث سوف تتحلل هذه الصخور و تتفتت الى اجزاء صغيرة من خلال عملية التجوية وتنقل هذه المواد المفتته بفعل عوامل النقل كالرياح او المياه أو الجليد.

و عند ترسب تلك المواد وتراكم بعضها فوق بعض و تصلبها ينتج عنه الصخور الرسوبية, و عند تغير الظروف البيئية على الصخور الرسوبية أو النارية تتغير هي الأخرى بسبب الحرارة و الضغط العالي مع وجود المحاليل الكيميائية وتتحول الى نوع جديد من الصخور يسمى الصخور المتحولة. و بدورها فإن الصخور المتحولة ان تعرضت الى الانصهار فتتحول الى صخور نارية. أما اذا تعرضت الى عوامل التجوية حيث تتفتت وتتحلل وتنقل وتبدأ بالترسب تتحول الى صخور رسوبية.




شكل (3-2) دورة الصخور في الطبيعة

# الصخور النارية Igneous Rocks

## اماكن تكون الصخور النارية

### أ- الصخور النارية الجوفية (صخور الأعماق)

وهي الصخور النارية التي بردت وتصلبت ببطء في أعماق كبيرة تحت سطح الأرض وبحيث كان معدل التبريد بطيئاً فتكونت بلورات للمعادن ذات حجوم كبيرة، ومن أمثلة هذا النوع من الصخور هي صخور الجرانيت وصخور الجابرو.

### ب- الصخور النارية المتداخلة (الوسطية)

وهي الصخور النارية التي بردت وتصلبت على عمق قليل من سطح الأرض، وهنا يكون معدل التبريد أسرع لذلك تكون بلورات معادنها ذات أحجام متوسطة، والنسيج الصخري لها خشناً، ومن أمثلة هذا النوع من الصخور هو صخور السيانيت والديورايت.

### جـ- الصخور النارية السطحية (البركانية)

وهي الصخور النارية التي تدفقت على سطح الأرض على صورة طفوح بركانية غطت مساحات شاسعة منه، وهنا يكون معدل التبريد سريعاً جداً، لذلك تكون أحجام البلورات صغيرة جداً، والنسيج الصخر يكون ناعماً، ومن الأمثلة على هذا النوع من الصخور هو صخور الريولايت وصخور البازلت.

## النسيج الصخرى النارى

يعرف النسيج بأنه وصف المظهر الكلي للصخر الناري تبعا لحجم بلوراته وترتيبها واشكالها, ويعكس النسيج البعلاقة الاساسية المتبادلة بين بلورات المعدن.

وهناك انواع مختلفة للنسيج الصخري الناري بسبب اختلاف تلك الصخور من ناحية التركيب الكيميائي والمعدني لها و كالآتي:

**1- النسيج الدقيق الناعم**

ويكون هذا النسيج ذا بلورات دقيقة جداً بسبب تدفق الصهير الصخري على سطح الأرض وبرودته بصورة سريعة ومن أمثلته صخور البازلت والريولايت.

**2- النسيج الخشن**

ويمثل الصخور التي بردت وتبلورت في جوف الأرض، وتكوّن نتيجة لذلك بلورات خشنة أو كبيرة الحجم وتميزت بترتيب خاص ومن أمثلته صخور الجرانيت والجابرو والسيانيت.

**3- النسيج الزجاجي**

ويتكون هذا النسيج نتيجة التبريد السريع والمفاجئ للصهارة الصخرية، وحيث أن هذا النوع من التبريد لا يعطي للأيونات وقتاً كافياً لتكوين بنية بلورية، ومن الأمثلة عليه صخر الأوبسيدان.

**4- النسيج المجهري**

وينتج من برودة الصهارة الصخرية بسرعة فائقة مما ينتج عنها بلورات معينة صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها إلاّ بالمجهر.

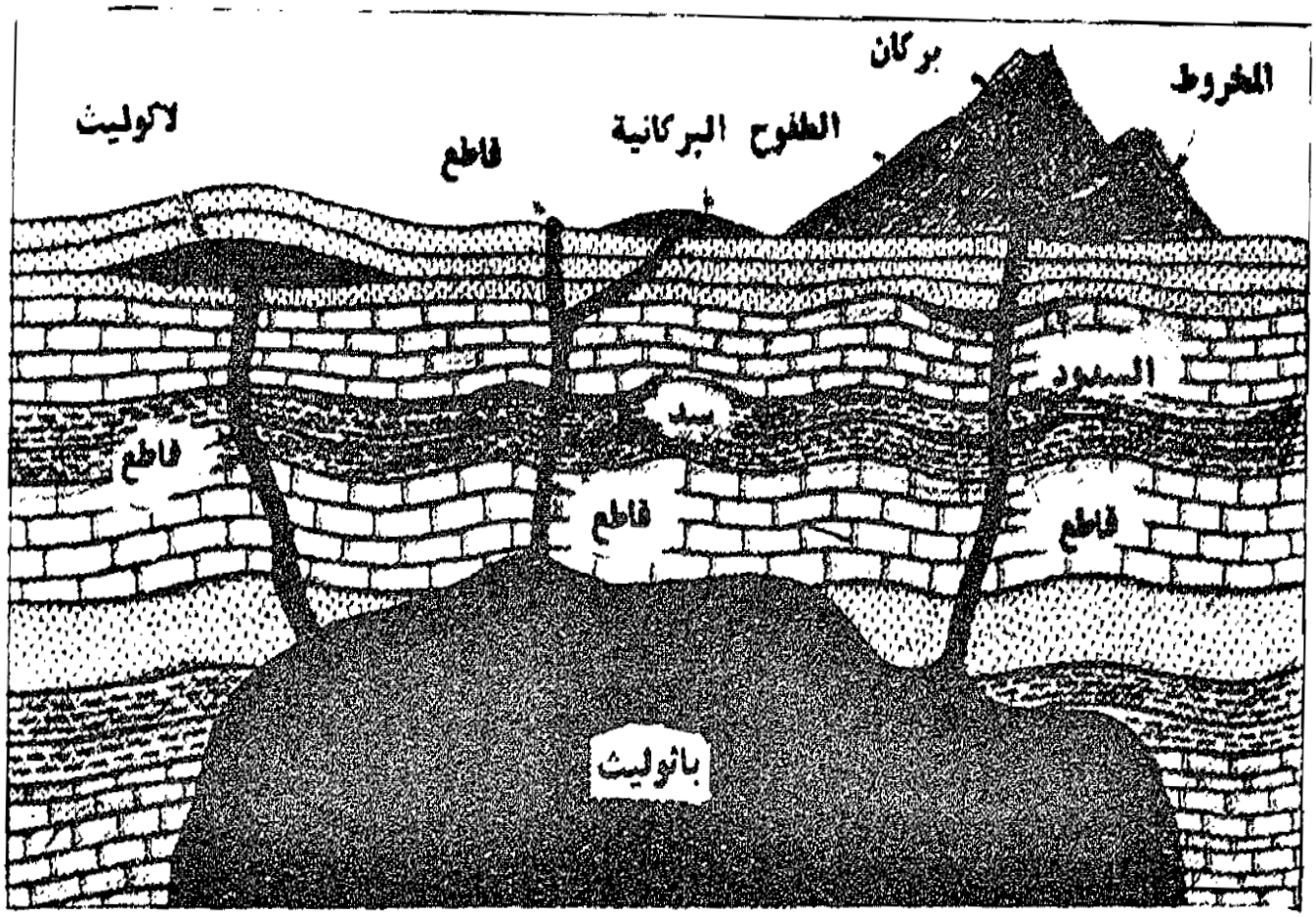
**5- النسيج الاسفنجي**

ويتكون عندما تحتوي الصهارة الصخرية على كمية كبير من الغازات تظهر على صورة فقاقيع صغيرة في داخل الصهارة ثم تفقد الصهارة هذه الفقاعات ومن

الامثلة عليها حجر الخفاف.

## ***الاشكال البنائية للصخور النارية***

تتخذ الصخور النارية اشكالا مختلفة في باطن الارض بالاعتماد على مناطق تبريد الصهارة وتصلبها. الشكل (3-3) يبين الاشكال البنائية المختلفة للصخور النارية.




شكل (3-3) الاوضاع البنائية للصخور النارية

### أ- الباثوليث

و توجد على هيأة كتلة ضخمة من الصخور النارية تحت مساحة تقدر بعدة الاف من الكيلو مترات المربعة في بعض الاحيان, ويتصف السطح العلوي لها بأنه غير منتظم فتكون فيه نتوءات مندفعة بعيدا عن كتلة الباثوليث نفسه.

**ب- اللاكوليت**

وهي كتل صخرية نارية كبيرة الحجم كانت في بداية تكونها صهيراً صخرياً، ثم اندفع خلال طبقات صخرية رسوبية بقوة اندفاع غير كافية للوصول به إلى فوق سطح الأرض على صورة طفوح بركانية بل بقي بين طبقات الصخور الرسوبية في الأعماق بحيث تشكل على صورة قوس يتغذى بالصهير من أسفل منطقة اللاكوليت.

**جـ- السدود**

وهي كتل من الصخور النارية الباطنية تكون على صورة طبقات من الصخور الرسوبية أو المتحولة، وتكونت نتيجة اندفاع الصهارة من الباثوليت. وتكون إما سميكة حيث يبلغ امتدادها عدة مئات من الأمتار وأحياناً كيلومترات أو قليلة السمك على صورة رقائق أو طبقات رقيقة.

**د- القواطع**

وهي كتل صخرية توجد بصورة عمودية أو قريبة منها ضمن الصخور الرسوبية حول الباثوليت، وهذا على عكس السدود التي تكون غالباً في الوضع الأفقي، ويتراوح حجم القواطع من صغيرة في حالة العروق ويزيد اتساعها إلى عدة مئات من الأمتار وقد يصل طولها أحياناً إلى عدة كيلومترات.

## الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

ان للصخور الرسوبية اهمية كبيرة لكونها تغطي بما يقارب الـ 80 % من سطح الارض والباقي عبارة عن صخور متحولة ونارية. ويمكن تلخيص تلك الاهمية بما يأتي :

1- تمثل المواد الخام التي نحتاجها لأعمال البناء؛ فالحجر الرملي والجيري والزلط والإسمنت وحجارة البناء هي مواد أساسية لا غنى عنها في أعمال الإنشاءات المختلفة.

2- تعتبر مكامن لبعض مصادر الطاقة غير المتجددة مثل النفط والغاز الطبيعي والفحم بأنواعه.

3- إن الصخور الرسوبية هي المصدر الأساسي لبعض المعادن مثل الفوسفات والأملاح المعدنية المختلفة.

4- تساعد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في دراسة التأريخ الجيولوجي للأرض وتطور الحياة على سطحها من خلال ما تحتويه من أحافير تمثل الحياة السابقة على هذا السطح.

### تصنيف الرواسب

يمكننا تصنيف الرواسب الى ثلاث انواع حسب طريقة تكوينها وهي:

1- رواسب **طبيعية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة لتراكم المواد الصخرية الفتاتية.

2- رواسب **كيميائية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة لتبخر الماء من بعض المحاليل المنتشرة في الطبيعة.

3- رواسب **عضوية**: وهي المواد التي تكونت نتيجة تراكم المواد التي خلفتها الكائنات الحية.

***أهم انواع الصخور الرسوبية***

1- رواسب طبيعية ..... الكونكلوميريت ,التالوس, الرمل, الصخور الطينية.
2- رواسب كيميائية ..... الهالايت , الجبس, الانهايدرايت, الصخور الجيرية, الدولومايت.
3- رواسب عضوية ..... الحجر الجيري العضوي, الطباشير, صخور الفوسفات, الفحم الحجري.

## الصخور المتحولة *Metamorphic Rocks*

***عوامل التحول***

ان عملية تحول الصخور النارية والرسوبية تتم بثلاث طرق مختلفة وهي كالآتي :

**1- الحرارة**

تؤثر الحرارة على الصخور العميقة أو المتداخلة المدفونة داخل أعماق الأرض من تأثير الماجما أو الصخور الصهارية الساخنة أو نتيجة درجات الحرارة التي تصل إلى ما بين $200^0-750^0$م، في تلك الأعماق وربما أكثر.

**2- الضغط**

هناك نوعان من الضغط يؤديان إلى تحول الصخور، وهما الآتيان:

أ- **الضغط الموجه:** ويكون هذا النوع من الضغط غالباً من تأثير الحركات الأرضية ويكون ذا اتجاه ثابت، وتقدر قيمته أحياناً بحوالي ثلاثة كيلوبار، حيث أن قيمة البار الواحد تعادل ضغطاً جوياً واحداً (76 سم زئبق).

ب- **الضغط الهيدروستاتيكي:** ويعود تأثيره بسبب وزن عمود الصخور التي تعلو نقطة التحول، وتعادل قيمته حوالي عشرة كيلوبار، وهو متساوٍ حول هذه النقطة من جميع الاتجاهات.

**3- المحاليل الحارة:**

وتسمى أحيانا بعملية التحول الميتاسوماتيزم، وتحدث بين المحاليل الحارة المحيطة بالصخور والصخر نفسه، حيث يتم تبادل الأيونات بين المحلول ومكونات الصخر مما ينتج عنه تغير كيميائي في تركيب الصخر وتحوله. وفي كل أنواع التحول يحدث تبديل في ذرات المعادن المكونة للصخر وتتكون معادن جديدة لها أنسجة صخرية جديدة.

***<u>انواع التحول للصخور</u>***

**أ- التحول بالحرارة أو بالتماس**

ويكون العامل الأساسي في التحول في هذه الحالة حراري، ويحدث عندما تدخل الأجسام النارية المتدخلة مثل صخور المهل المصحوبة بالمحاليل الحارة بين الصخور المجاورة لها في باطن الأرض في المناطق المحيطة مباشرة بالأجسام النارية، فتؤدي حرارتها العالية إلى إعادة تبلور بعض أو جميع المعادن المكونة للصخور تلك المجاورة لها، وينشأ نتيجة ذلك معادن جديدة مميزة للصخور المتحولة.

وأحيانا يحدث التحول أيضاً على سطح الأرض عندما تنساب الطفوح البركانية فوق صخور سطح الأرض.

**ب- التحول الإقليمي**

وتكون عوامل التحول في هذه الحالة الضغط الشديد والحرارة العالية المنبثقة من المحاليل والغازات الساخنة المصاحبة للأجسام النارية المتدخلة. ويؤدي تأثير الحرارة إلى إعادة تبلور المعادن المكونة للصخور الأصلية فينشأ عن ذلك معادن جديدة. وكما يؤدي تأثير زيادة الضغط الموجه إلى نمو بلورات تلك المعادن في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط مما يكسبها أشكالاً منشورية تؤدي إلى تكوين تركيب صفائحي مميز للصخور المتحولة يعرف بالتورق.

## جـ- التحول الديناميكي

ويكون عامل التحول في هذه الحالة هو الضغـط الموجـه، ويكـون تأثـير هـذا التحول على الصخر الأصلي متبايناً فيتراوح من منخفـض إلى متوسـط إلى مرتفـع، وهذا النوع من التحول محدود في الطبيعة على عكس سابقيه.

***اسس تصنيف الصخور المتحولة***

1- النسيج : يستدل على انسجة الصخور المتحولة من خلال حدوث عمليات مهمة اثناء عملية التحول وهي:

أ- إعادة التبلور و التي تعني توسع وتشابك الجزيئات البلورية.

ب- التكسير والطحن لبعض الجزيئات الصلبة وتحولها الى دقائق اصغر حجما من بلوراتها الاصلية.

2- التركيب الكيميائي : وهذا يتحدد بواسطة معادن الصخور الاصلية التي نشأت منها هذه الصخور المتحولة, شدة التحول, ونشوء المعادن الجديدة التي لم تكن موجودة في الصخر الأصلي.

3- التورق : ويعني تكوين انسجة متوازية من المعادن المتواجدة في الصخور, فهي اما تكون على شكل طبقات متبادلة ومختلفة في معادنها, او قد تترتب على هيأة خطوط متوازية من هذه المعادن, وربما ينشأ عنها صفائح رقيقة بسبب انضغاط صفائحها.

## ***الخواص الصخور***

كما هو معروف بأن الصخور لها استخداماتها الهندسية و خصوصا في مجال الانشاء والهندسة المدنية لذلك من الضروري معرفة خواص تلك الصخور, ومن تلك الخواص هي:

## ***اولا: الخواص الفيزيائية للصخور***

1- المسامية (Porosity) : مسامية المادة هي نسبة حجم الفراغات في عينة ما الى الحجم الكلي للعينة. وتعتمد مسامية الصور على شكل الحبيبات المعدنية المؤلفة لها, تدرج احجامها, كيفية ترتيبها و رصها, بالاضافة الى درجة انضغاط وعلابة الصخور, وإحتوائها على حبيبات مختلفة الحجوم. ويمكن تحديد مسامية الصخور في المختبر بالطريقة التالية:

أ- توزن عينة من الصخور مجففة بواسطة الفرن الى ($105^0$ سيليزية) ولمدة 24 ساعة ولتكن (W1) .

ب- توضع العينة في الماء لمدة 48 ساعة , ثم توزن بعد تجفيف سطحها الخارجي بقطعة قماش وليكن (W2) .

ت – توضع العينة وهي مشبعة في وعاء مملوء بالماء ويقاس وزن الماء المزاح وليكن W3

بما ان كثافة الماء تساوي (1 غم\سم$^3$) فإن؛

حجم المسامات = وزن الماء داخل المسامات : $Vv = W2 - W1$

حجم الجسم =حجم الماء المزاح = وزن الماء المزاح $V = W3$

المسامية = حجم المسامات / حجم الجسم $n = Vv / V$

2- محتوى الرطوبة (Moisture Content): هي النسبة بين وزن الماء الموجود في الفراغات داخل عينة الصخور الى وزن المادة الصلبة وهي جافة , ويمكن ايجادها من الخطوات التالية:

أ- توزن العينة وهي بحالتها الطبيعية (بدون تجفيف او وضع في الماء) وليكن (W1).

ب- تجفف العينة لمدة 24 ساعة في الفرن ($105^0$ سيليزية) ثم توزن وليكن (W2).

$$moisture\ content\ (m) = (W1 - W2) / W2$$

اما **الامتصاص** فيعرف بأنه قابلية الصخرة على جذب الماء والموائع إلى مساماتها وحول سطح الحبيبات وتتغير قابلية الأمتصاص في الصخرة بتغير العوامل المؤثرة في المسامية.

أما نسبة الامتصاص (Absorption Ratio) فيمكن ايجادها كالآتي :

أ- توزن عينة من الصخور مجففة بواسطة الفرن الى ($105^0$ سيليزية) ولمدة 24 ساعة ولتكن (W1) .

ب- توضع العينة في الماء لمدة 48 ساعة , ثم توزن وليكن وزنها (W2)

$$\text{Absorption Ratio} = (W2 - W1) / W1$$

3- الوزن النوعي (Specific Gravity) : تم تعريفه مسبقا في الفصل الاول , ويمكن ايجاده كما مضح سابقا وهناك انواع مختلفة من الوزن النوعي, كالةوزن النوعي الظاهري, والوزن النوعي الحقيقي.

4- الكثافة (Density): هي عبارة عن وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة المكونة للصخر.

$$\text{Density } (g/cm^3) = \text{mass} / \text{volume}$$

5- النفاذية (Permeability) : وهي قابلية الصخر على مرور السوائل من خلال فجواتها والمتصلة بعضها ببعض , أما العوامل التي تؤثر على النفاذية هي:

أ- حجم المسافات وكيفية اتصالها فيما بينها.

ب- درجة لزوجة السائل.

ت- درجة الحرارة.

ث-الانحدار الهيدروليكي.

وان الانحدار الهيدروليكي ( I ) عبارة عن النسبة بين فرق علو الضغط المائي (h) الى طول المسار للعينة (L)

كما لاحظ العالم دارسي بأن سرعة المياه الجوفية تتناسب طرديا مع معامل النفاذية (K) و الانحدار الهيدروليكي.

أما معامل النفاذية فهو مقدار ثابت يعتمد على طبيعة الصخر و خواص السائل المار به.

6- متانة الصخور (Durability): وهي مقدرة الصخور على تحمل تأثيرات العوامل الجوية المختلفة عند تعرضها له.

***<u>ثانيا : الخواص الميكانيكية للصخور</u>***

ان تقييم المشآت المدنية يعتمد على تقييم وفحص المواد الداخلة في تركيب تلك الوحدات الانشائية, اضافة الى مقبولية المنشأ بعد اكماله (هل سيؤدي العمل الذي الأنشأ من اجله ؟؟) , لذلك فإن المواد الاولية او حتى المنشأ نفسه يجب فحصها مختبريا و التأكد من صلاحيتها وديمومتها. و كذلك الحال بالنسبة

للصخور رغم انها تختلف بتركيبها الكيميائي و المعدني عن المواد الانشائية الاخرى الا انه يجب معرفة الخواص الميكانيكية لتلك الصخور, لذلك توجب اجراء فحوصات اضافية لتلك الصخور. ومن الجدير بالذكر يجب معرفة بعض التعاريف و المفاهيم ؛

- الإجهاد (Stress) : ويعني مقاومة الجسم للقوى المسلطه على وحدة مساحة منطقة التأثير ويرمز لها بالرمز (δ) سكما لذا يكون الاجهاد ؛

$$\text{Stress } \sigma \text{ (kN/m}^2\text{)} = \text{Force / Area}$$

- الإنفعال (Strain) : ويعني التغيير الحاصل على الجسم سواء في الحجم او الشكل او الطول او الزاوية , وينتج من تأثي الاجهاد ويرمز له بالرمز (ε) ابسيلون

$$\text{Strain } \varepsilon = \Delta L / L$$

- التشويه (Distortion) : ويعني مقدار الزيادة او النقصان في حجم او طول او زوايا الجسم , ويرمز له بالرمز (d).

- المادة المرنة(Elastic Material) : و هي تلك المادة التي يزول عنها الانفعال الناتج عن اجهاد معين عند زوال هذا الاجهاد المسلط عليها.

- المادة اللدنة (Plastic Material) : و هي المادة التي لا يزول عنها الانفعال حتى بعد رفع الاجهاد عنها.

- المادة المطاوعة : هي المادة التي يمكن سحبها بواسطة الشد الى مقطع اصغر من مقطعها الاصلي.

- المادة الهشة : و هي المادة التي تنقصها المطاوعة ونجدها تتفتت و تتكسر عند تعرضها لاجهادات تفوق قوة تحملها.

- نقطعة الخضوع: و هي النقطة التي تظهر عندها او علامة تشويه غير قابلة للزوال , والتي تحددها قيمة الاجهاد عند تلك النقطة.

- نقطة الزحف : وهي النقطة التي تظهر عندها اول علامات الانتفاخ المستعرض و غير قابل للزوال. وعندما تتعرض المادة الصخرية الى اجهادات لفترة طويلة من الزمن يحدث ما يسمى بالزحف او الانفعال الذي يعتمد بدوره على الزمن.

- معامل المرونة : هي نسبة الاجهاد الى الانفعال بالنسبة للمواد المرنة , ويرمز لها بالرمز (E).

$$E\ (kN/m^2) = stress / strain = \sigma / \varepsilon$$

- نسبة بويسون (υ) : هي نسبة الانفعال العرضي الى الانفعال الطولي.

## ***قوة تحمل الصخور لإجهاد الضغط***

تعتمد قوة تحمل الصخور الرسوبية (قوة تحمل الصخور النارية عالية جداً) لاجهادات الضغط على عدة عوامل منها؛

1- شكل العينة وحجمها.
2- محتوى الرطوبة حيث تقل قوة تحملها كلما كانت نسبة احتوائها للماء عالية.
3- معدل وفترة التحميل للصخور.
4- نوع الالواح التي توضع فيها العينة.
5- اتجاه الضغط بالنسبة لإتجاه التطابق خصوصا في الطبقات الرسوبية.
6- درجة التلاحم و الترابط بين الحبيبات الصخرية.
7- وجود الفجوات و التشققات في العينة الصخرية.

## ***التصنيف الهندسي للصخور للأغراض الانشائية***

لجأ المهندسون لتصنيف الصخور حسب طبيعة المنشآت المقامه فيها و كيفية سلوك هذه المواد الصخرية تحت تأثير الاجهادات المختلفة. لذا قسمت هذه الصخور الى ما يلي:

أولا : الصخور القوية :

1- الصخور الكتلية المرنة: هي تلك الصخور القوية ذات الصفات الميكانيكية و الجيولوجية التي يمكن اقامة فتحات بها تحت سطح الارض دون الحاجة الى دعائم صناعية. حيث تسمى الصخور التلية اذا كانتلمساف بين الفاصل التي تفصلبين هذه الكتل الصخرية اوسع بكثير من عرض الفتحة المراد فتها.

ثانيا : الصخور القوية – المرنة:

1- الصخور الطبقية المرنة: وهذه تضم جميع الصخور الرسوبية ذات الطبقات الرقيقة او الصخور المتحولة الصفائحية . تتميز بمعاملات مرونة متوسطة و قوة تحمل متوسطة.

2- الصخور الطبقية الغير مرنة: وهذه تشمل الصخور الرسوبية الطبقية التي لها قابلية الزحف اثناء احتوائها على الماء.

ثالثا : الصخور القوية ذات الفواصل :

وهي تلك الصخور التي تتخللها مفاصل كثيرة بإتجاهات متعددة و لكنها التحمت فيما بينها بفعل المواد اللاحمة و ظلت في حالة انفصال.

رابعا : الصخور الضعيفة :

وهي تلك الصخور التي تحتوي على فواصل كثيرة و بإتجاهات عشوائية و غير ملتحمة فيما بينها. بحيث لا يمكن اقامة فتحات بها دون الحاجة الى دعائم صناعية.

## الفصل الخامس: الاصل الجيولوجي للتربه وخواصها الهندسيه

### التجويه

تعني التأثير الحاصل على او من مجموعه العمليات التي تحدث بفعل العوامل الجوية التي تؤدي الى تحلل وتفت الصخور الصلبه مما ينشأ عنها معادن جديدة ولكنها تبقى في محلها دون ان تنتقل

### التعريه

وهي الاثر الذي تعمله العوامل الجويه في الصخور مما ينتج عنها تحويل الصخور الى مواد مفتته او متحلله ولكنها قد تكرر لعدة مرات على سطح الصخور القديمه او الجديده ومن ثم تنقل هذه المواد المفتته عاده بفعل عوامل النقل كالرياح او المياه الجاريه كالسيول والانهار ولابد ان تنتهي سرعه هذه العوامل لسبب ما فتقوم بترسيب هذه المواد المفتته والذائبه في المنخفضات البريه او البحريه فتؤدي الى نشوء رواسب او تربه

### بيئة التجويه

**وتشمل الضغط والحراره وانواع المحاليل وطبيعه الغازات المتوفره والمتحرره والضغط هنا يثمثل بالضغط الجوي والحرارة هي درجة حراره الجو والتي تتراوح بين (الصفر – 50 درجه مئويه)**

**اما المحاليل فتشمل مياه الامطار والغازات المتوفرة والمتحرره كالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والنتروجين**

**التربة**

تعرف على انها الرواسب او المجموعات غير المتماسكه من المفتتات الصخريه التي تكونت بفعل عوامل التجويه والتعريه المختلفه

حيث تتكون من ثلاثه مكونات وهي المكونات الصلبه وتشمل الرمل والطمى والطين وبعض الجزيئات الصخريه الاخرى والمكونات المائعه الغازيه وتشمل المواد والمحاليل الايونيه الناتجه عن اذابة الاملاح فيها اضافة الى الغازات الذائبه كالاوكسجين وثاني اكسيد الكاربون واخيرا المكونات العضويه والناشئه من البقايا النباتيه والحيوانيه والبكتريا وفي بعض الحالات يتواجد فيها عناصر كالفسفور والكبريت ..... الخ.

- **تعريف الصلصال واهم انواع المعادن الصلصاليه**

في الاستخدامات الهندسية يعني مصطلح الصلصال (clay ) بانه تلك المادة اللدنة غير العضوية والمؤلفه من جزيئات قطرها اقل من 002. ملم ي ين من الناحية المعدنيه يعني تلك المادة البلورية الدقيقه الحجم والمتكونة من سيليكات الالمنيوم المائيه

**اهم مجاميع المعادن الصلصاليه**

**1- مجموعه الاليت**

**2- مجموعة المونتموريلونايت**

**3- مجموعه الكاؤلينات**

**اهم صفات المعادن الصلصاليه**

تختلف المعادن فيما بينها من حيث التركيب وحجم الحبيبات وسعه التبادل الايوني وحد السيوله وحد اللدونة والنفاذية وقابليه الانضغاط والهبوط ونظرا لاهمية دراسة التربة الصلصاليه من الناحية الهندسية سوف يتم شرح بعض الصفات المهمة :

1- حجم الحبيبات

2- الانتفاخ

3- النفاذيه

4- التصلب

**تربه العراق**

تختلف التربه في العراق من مكان الى اخر سواء من الناحية الجيولوجية او من الناحية الهندسيةز ويرجع السبب الى طريقة تكوينها والعلاقه الوراثيه بين مكونات التربه الاصليه وصخور الاساس يضاف الى ذلك عوامل نقل التربه والتأثيرات

المناخيه من منطقه الى اخرىز هذا بالاضافه الى تأثير التضاريس الارضيه والغطاء النباتي ، يمكن تقسيم تربه العراق الى :

1- تربه المناطق الجبليه والمرتفعات في الشمال- الجزيره

2- تربه السهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق

3- تربه المناطق الصحراويه

**الفصل السادس**

**جيولوجيا الانهار**

قبل البدء في مناقشة هذا الموضوع ، يجب التعرف على ميكانكيه الانهار المتمثله في علاقات الطاقه والسرعه والانحدار وغيرها

1- سرعه النهر هي المسافه التي تقطعها مياه الانهار في وحدة الزمن وتعتمد السرعه بدورها على شكل القناه ودرجة خشونة القاع.

2- انحدار النهر ويعرف الميل الذي يجري فيه االنهر بالانحدار ويقاس بالسنتمترات او الامتار الراسيه لكل مسافه كيلومتر افقي وتكون انحدارات الانهار شديدة بالقرب من منابعها في حين تقل باتجاه المصب.

3- مساحة مقطع النهر : وتمثل حاصل ضرب معدل العمق * عرض النهر

4- تصريف النهر وهو عباره عن حجم الماء المار خلال مقطع قناه النهر في وحدة الزمن

**الانهار والتعريه**

وتعني ازاله المواد الناتجة ونقلها في مسار النهر بطريقه ميكانيكيه او كيميائيه حيث تقوم الانهار باذابه المعادن االقابله للذوبان في مياهها

**النقل في الانهار**

تفسم الطريقة الحمل والنقل لهذه المواد بواسطه النهر الى ثلاثه اقسام هي :

- حمل النهر عند القعرويعرف بتلك البقايا من المواد الصخريه والمفتتات التي يقوم النهر بنقلها اما بالانزلاق او الدحرجة في قاع النهر.
- الحمل المعلق كما هو معروف فان الجزيئات الصلبه تسقط في المياه الهادئه تبعا لاقطارها واوازانها النوعيه. فعلى سبيل المثال ان جزئ الصلصال يحتاج لكي يستقر في المياه الهادئه بسرعه تقدر ب 0.00023 سم / ثانيه ولكي يستطيع النهر نقل هذه الجزيئات سوف يحتاج الى قوة تتغلب على محاوله هذا الجزئ للسقوط والاستقارار بفعل الجاذبيه.
- الحمل الذائب بالرغم من صعوبة رؤيه مثل هذا النوع من الاحمال المنقولة بواسطه النهر على هيئة محاليل ذائبه وقد تصل كميه هذا النوع من الحمل اكثر مما عليه في حالة الرواسب الصلبه

الترسيب في الانهار

عندما تحصل اي تغييرات هامه في ميل النهر او عمقه او قله او نقصان في سرعه مياه النهر يقوم النهر بترسيب جزء من احماله و جميعها ومن اهم اشكال الترسيباتهي الرواسب النهريه وغيرها واهم هذه الترسيبات

1- الترسيبات النهريه المروحيه

تنشأ عندما يقل انحدار النهر فجأه حيث تظهر هذه الترسيبات على هيئة مخاريط قمتها الى الاعلى

2- الشرفات النهريه

عندما تجري الانهار في وديان ذات قيعان مستويه وعريضه نجدها تقوم بترسيب احمالها فوق ضفافها وخصوصا في مواسم الفيضانات

3- السهول الفيضانيه

تتكون اثناء مواسم الفيضانات عند المصبات او على جانبي الوادي وتتكون من الرمال الناعمه والطمى

4- الترسبات في القنات النهريه

تتم نتيجة لتضاؤل سرعه النهر او قله ميله او وجود بعض العوائق الطبيعيه لذلك نجدها تتركز بين الانحناءات النهريه

5- الالتواءات النهريه

عندما يكون النهر في مرحلّه النضوج نجده يسير في مجار غير مستقيمه

6- الترسبات الدلتاويه

الدلتا عباره عن ترسبات تنشأ في مصبات الانهاروخصوصا عندما يلقي النهر بحمولته في بحر او بحير هادئه

## الفصل السابع: جيولوجيا المياه التحت السطحيه

يحصل الانسان على احتياجاته المائيه من مصدرين هما المياه السطحيه والمياه الارضيه ولقد نشأ في القديم اعتقاد بان المياه السطحيه تشكل المورد الرئيسي لاحتياجات العالم ولكن في الواقع فان اقل من 3% من المياه العذبه المتاحة على الارض توجد في النهار والبحيرات واجزء الاكبر 97% فانه يوجد في باطن الارض

### المياه الجوفيه

هي عباره عن مياه موجودة في مسام الصخور الرسوبيه تكونت عبر ازمنه مختلفه تكون حديثه او قديمه مصدر هذهع المياه غالبا الامطار او الانهار الدائمه او الموسميه وتتسرب المياه من سطح الارض الى داخلها فيما يعرف بالتغذيه

# جيولوجية المياه تحت السطحيه

# Subsurface Water Geology

يقصد بالمياه تحت السطحية المياه الموجودة تحت سطح الارض كافة بصورها المختلفة. ونظراً لندرة المياه السطحية في بعض المناطق والمدن. لذا تتطلب تموينها بالمياه تحت السطحية سواءً لاغراض الزراعة او الصناعة او الاستهلاكات المدنية الاخرى. ومن ناحية اخرى تجابه المهندس المدني بسبب المياه الجوفية مشاكل عديدة وخصوصاً في عملية بناء المنشآت الكبيرة كالسدود والخزانات والانفاق او اثناء حفر اساسات المباني. ولهذه الاسباب تصبح من الضروري دراسة هذه المياه تحت السطحية جيولوجياً وهندسياً كما لها فوائد واضرار على كافة المستويات الحقلية والتطبيقية.

وقبل البدء بدراسة المياه تحت السطحية تفصيلياً لابد من مراجعة بعض المصطلحات المتعلقة بها وهي:

**١ــ الفراغات: (Voids)**

وتعني الفتحات المتواجدة في الصخور او الترب والتي لاتشغل بالمواد الصلبة. وقد تكون هذه الفجوات ممتلئة بالهواء او الماء او اية موائع اخرى. وتختلف هذه الفجوات في شكلها وحجمها وطريقة ترتيبها. وطبقاً الى اصلها يمكن تقسيمها

الى فراغات اولية او فراغات ثانوية . فالفراغات الاولية هي تلك الفجوات التي نشأت اثناء تكوين الصخور . اما الفراغات الثانوية وتعني تلك الفتحات التي نشأت بعد تكوين الصخور . اما الفراغات الاولية فتقسم الى قسمين ايضاً تلك الفتحات ذات الاصل الثانوية الى عدة اصناف تشمل الشقوق والفواصل وفتحات ناشئة عن الاذابة ، او فتحات ناشئة بفعل الاحياء او التعرية الميكانيكية او اعادة التبلور . ويمكن تقسيم الفراغات ايضاً تبعاً الى حجمها الى فتحات كبيرة او فتحات الخاصية الشعرية . وتقسم ايضاً تبعاً للعلاقة بعضها بالبعض الاخر الى فراغات متصلة فيما بينها وفراغات معزولة .

**٢ــ المسامية : (Porosity)**

وهي نسبة حجم الفراغات في عينة من الصخر او التربة الى حجمها الكلي . واذا افترضنا بإن الوزن النوعي للماء واحد . يمكن تمثيل هذه المسامية لعينة من الصخر او التربة على الوجه التالي :

$$\text{المسامية} = \frac{\text{وزن الماء اللازم لتشبيع العينة وهي جافة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

أو

المسامية = ( الوزن النوعي للعينة وهي جافة–الوزن النوعي وهي مشبعة) × 100

اما المسامية المؤثرة فتعني نسبة حجم الماء الذي ينضح تحت ظروف هيدرولكية معينة الى الحجم الكلي للصخرة او التربة .

**٣ــ النفاذية : (Permeability)**

تقسم الصخور بالنسبة لنفاذيتها للماء الى صخور منفذة وصخور غير منفذة وتعرف الصخور بالمنفذة لانها تمتلك نسيجا يسمح بحركة المياه خلالها تحت

تأثير الضغط الناشيء في هذه المياه تحت السطحية وعادة تحتوي هذه الصخور على فراغات ذات احجام واسعة ومتصلة فيما بينها . واما الصخور غير المنفذة فهي تلك الصخور التي تحتوي على نسيج لا يسمح بمرور المياه من خلاله .

**٤ــ الطبقة الصخرية الحاملة للمياه : (Aquifer)**

وهي عبارة عن تكوين صخري او مجموعة من التكوينات الصخرية ، او جزء من تكوين صخري معين حامل للمياه تحت السطحية ولها القابلية على خزنة وانفاذه فيما بعد .

**٥ــ المستوى المائي : Ground water table**

وهي عبارة عن السطح العلوي لمنطقة التشبع ، الذي عنده يتساوى الضغط الجوي مع الضغط المائي ونادراً مايكون هذا السطح مستوياً .

**٦ــ خط كنتور المستوى المائي : (Ground Water table Contour)**

وهو عبارة عن خط وهمي للمستوى المائي الذي عنده جميع النقاط تمتلك نفس المنسوب . وان هذا المنسوب يعبر عنه عادة بالأمتار فوق او تحت مستوى سطح البحر .

**٧ــ انحدار المستوى المائي : (Water table Gradient)**

يعرف انحدار المستوى المائي عند مكان معين وفي اتجاه معين بمعدل التغير في المنسوب لكل وحدة مساحة في المستوى المائي في ذلك المكان والاتجاه .

**٨ــ قاسم المستوى المائي : (Ground water divide)**

وهو ذلك الخط على المستوى المائي الذي يقسمه في كل جانب بحيث يميل نحو الاسفل وباتجاه من خارج هذا الخط الرأسي الوهمي .

**٩ــ منطقة التغذية بالمياه : (Catchmeut Area)**

وتشمل جميع المناطق التي تغذي الطبقات الصخرية بالمياه عن طريق انفاذ هذه المياه من سطح الارض والتي تتظافر فيما بينها لكب تنقل وتنفذ هذه المياه السطحية الى الطبقات الصخرية لكي تتحول فيما بعد الى مياه تحت سطحية .

**١٠ــ الماء الممتص : (Absorbed Water)**

ويعني تلك المياه المتشربة الى الارض والناشئة من انسياب مياه الانهار ومياه الامطار بالدرجة الاولى .

## اقسام المياه تحت السطحية

تقسم المياه تحت السطحية حسب بعدها او قربها من سطح الارض الى مايلي :

**١ــ منطقة التهوية : (Areation Zone)**

وهي تلك المنطقة التي تكون فيها الفجوات بين الصخور او الترب المنفذة غير ممتلئة بالماء تحت الضغط الهيدروستاتيكي او قد تكون ممتلئة بمياه الخاصية الشعرية والهواء .

**٢ــ منطقة التشبع : (Saturation Zone)**

وهي تلك المنطقة التي عندها تكون الصخور المنفذة مشبعة بالماء وواقعة تحت الضغط الهيدروستاتيكي . وجميع الفجوات ممتلئة بالماء . ويفصل بينها وبين مياه الخاصية الشعرية المستوى المائي .

### ٣ــ منطقة المياه العميقة : Deep Wate Zone

وهي تلك المياه الحارة الناشئة بفعل الصهير او المياه الاولية الناتجة من اتحاد الهيدروجين بالاوكسجين اثناء العمليات الكيمائية المرافقة للابخرة والغازات المتواجدة مع بقية المصهورات المعدنية في الصهير .

## اصل ومصادر المياه تحت السطحية

تقسم المياه الجوفية حسب اصلها ومصادرها الى مايلي :

اولاً : المياه الموجودة في الفراغات بين الصخور او الترب والتي يكون مصدرها المياه الجوية كالامطار والثلوج .

### ١ــ المياه المتشربة : Water of Infiltration

( أ ) مياه الرشح بواسطة الخاصية الشعرية

(ب) انسياب مياه الانهار في قنوات داخلية

( ج) مياه ممتصة بواسطة الخاصية الشعرية

### ٢ــ المياه المقرونة او مياه الترسيب (Connate Water)

( أ ) مياه محصورة في المسامات اشتقت من مياه المحيطات اثناء عملية الترسيب .

(ب) مياه محصورة في المسامات اشتقت من مياه اليابسة اثناء عملية الترسيب .

( ج) مياه التأين الناشئة بفعل التغيرات الكيميائية

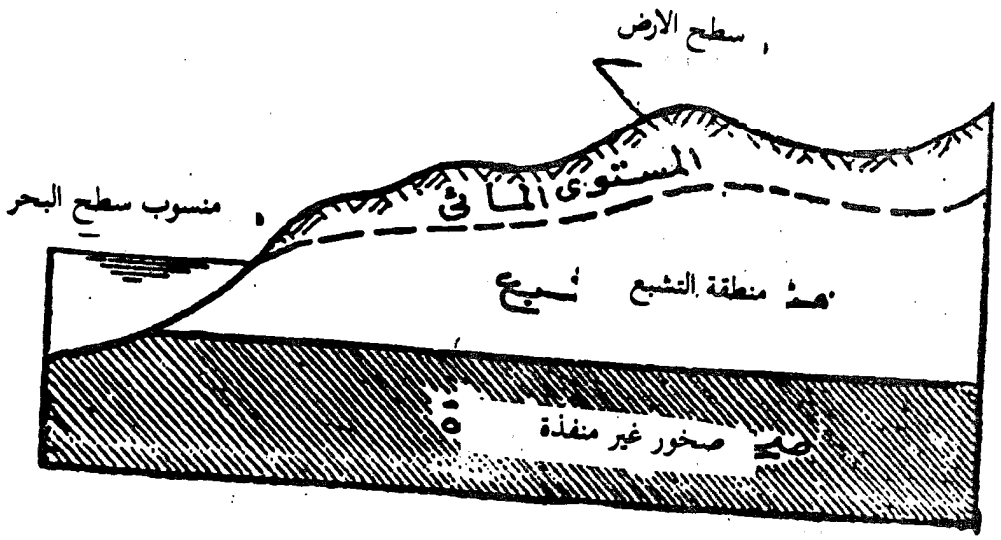
ثانياً : المياه الداخلية ـــ العميقة (Juvenile Water)

( أ ) مياه اولية ناتجة من اتحاد الهيدروجين بالاوكسجين

(ب) المياه الناتجة عن التفاعلات الكيميائية
(ج) مياه الصهارى (magmatic Wate

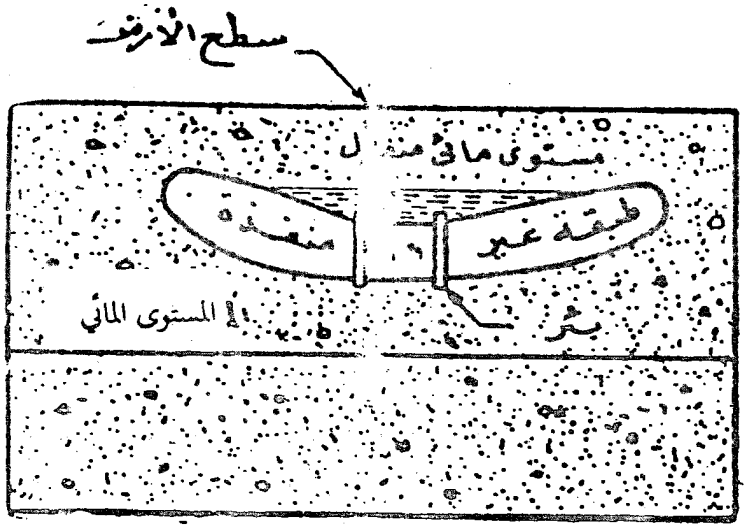
## التراكيب اجيولوجية التي تفرض على المستوى المائي اوضاعاً معينة

١ــ وجود طبقة منفذة فوق طبقة افقية غير منفذة وهنا تحتجز المياه فوق الطبقة غير المنفذة ويتخذ المستوى المائي شكلاً يتبع الطبوغرافية . ويكون هذا المستوى المائي عرضه للارتفاع او الانخفاض حسب المواسم المناخية . كما هو مبين في الشكل (6-1) ادناه




**شكل (6-1)**
**يوضح وضع المستوى المائي في حالة وجود طبقة سفلى افقية غير منفذة**

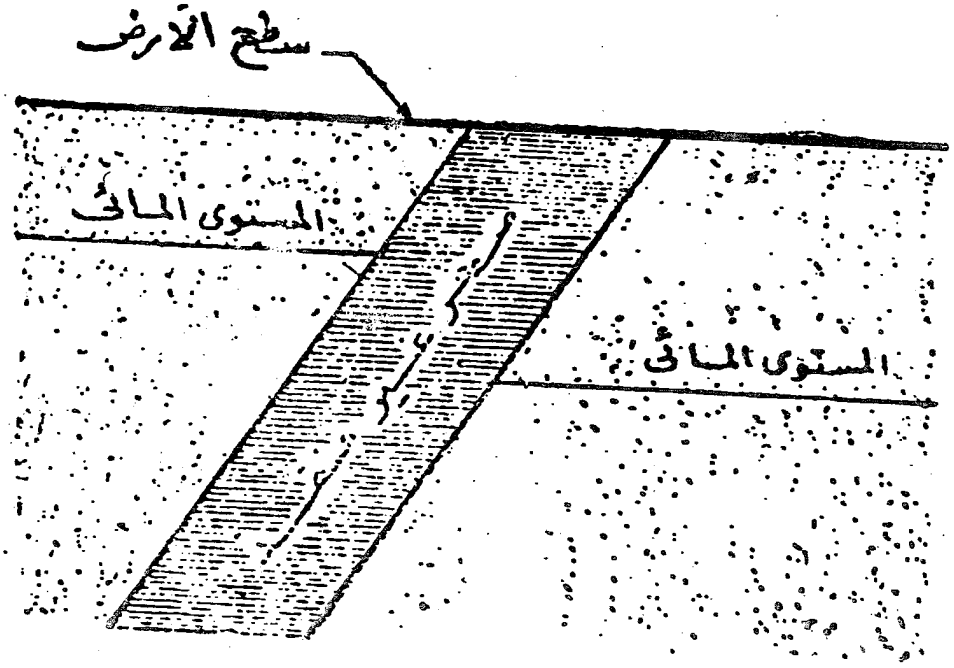
٢ــ وجود طبقة منفذة تتخللها طبقات غير منفذة حيث يكون لكل طبقة غير منفذة مستوى مائي معزول خاص بها واعماقها مختلفة . كما هو مبين في الشكل (6-2) . ولهذه المياه المعزولة تأثير على الزراعة او الصحة العامة .




شكل (6-2)

يوضح المستويات المائية المعزولة

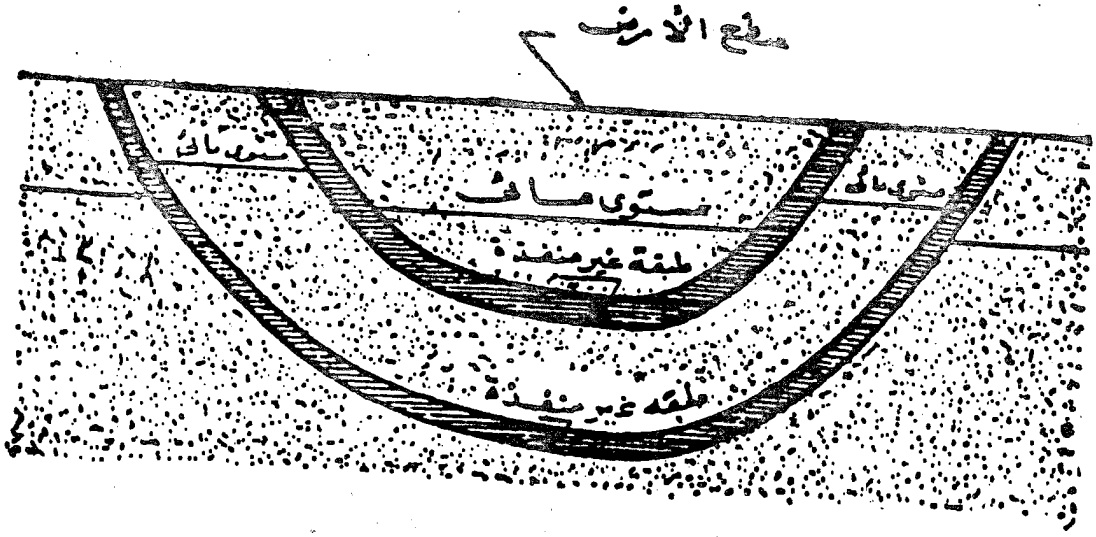
٣ــ وجود طبقة مائلة من صخور غير منفذة حيث تقوم الطبقة المائلة غير المنفذة على فصل الماء على جانبيها. لذا يكون المستوى المائي على منسوبين مختلفين في كل جانب منها. كما هو مبين في الشكل (6-3)




شكل (6-3)

يوضح حالة المستوى المائي على منسوبين مختلفين عند وجود طبقة مائلة غير منفذة

٤ــ وجود تركيب حوضي وفي هذه الحالة يتكون مستوى مائي على الجانبين بين الطبقات غير المنفذة. والمستويات المائية المعزولة غير مرتبطة بالمستوى المائي العام. وهي الاخرى تتأثر بالمواسم المناخية كما هو مبين في الشكل (6-4) ادناه




**شكل (6-4)**
**يوضح حالة المستوى المائي للتركيب الحوضي**

## العوامل الطبيعية والصناعية التي تغير وضع المستوى المائي

### ١ــ تأثير الامطار على المستوى المائي

يرتفع المستوى المائي باتجاه سطح الارض في مواسم الامطار وينخفض عند الجفاف، وحسب قابلية الصخور للانفاذ.

### ٢ــ تأثير الفيضان

في حالة اتصال مياه الانهار بالمياه الجوفية نجد بان منسوب المستوى المائي يرتفع ويصبح النهر مصدراً للمياه الجوفية. وفي حالة انخفاض منسوب المياه في النهر

فإن المستوى المائي ينحدر باتجاه النهر. حيث تصب المياه الارضية في النهر. ولكن ذلك لايحدث الا بعد مرور فترة معينة من حدوث الفيضان او في مواسم الصيهود. ويعتمد ايضاً على قابلية الصخور للانفاذ والميل الهيدروليكي للمياه الجوفية.

### ٣ــ ارتفاع الحرارة والضغط الجوي

ينحصر تأثير الحرارة على ارتفاع مياه الخاصية الشعرية. حيث عند زيادة درجة الحرارة يقل فعل قوة التوتر السطحي، وينتج عن ذلك انخفاض مياه الخاصية الشعرية. وعندما تنخفض درجة الحرارة يحدث العكس. واما فيما يخص الضغط الجوي فيتمثل في الفرق بينه وبين الضغط المائي. فيطرأ اختلاف في التوازن بينهما مما قد يغير وضع المستوى المائي.

### ٤ــ اقامة السدود

ويتوقف تأثيره على الفرق بين منسوب الماء امام السد ومنسوب المستوى المائي في المنطقة. ففي حالة ارتفاع منسوب المياه امام السد عن المستوى المائي تتسرب المياه منه الى باطن الارض. ويحدث العكس في حالة منسوب المياه في السد اقل من منسوب المستوى المائي في المنطقة. ويتوقف ايضاً على قابلية الانفاذ للصخور والميل الهيدروليكي.

### ٥ــ ضخ المياه من باطن الارض

نتيجة لسحب المياه من باطن الارض بواسطة الابار نجدها تتسبب في انخفاض المستوى المائي في المنطقة بجوار الابار. ولكنها تعتمد على كمية الامطار الساقطة وامكانية تغذية الآبار بالمياه مرة اخرى.

### ٦ــ تأثير اعمال الحفر والحفريات

عند القيام باعمال الحفريات في منطقة ما الى اعماق معينة فانها تسبب

في خفض منسوب المستوى المائي في المناطق المجاورة للحفر وذلك بسبب تسرب المياه من هذه المواقع الى اماكن الحفر .

## اتصال المياه العذبة والمياه المالحة في المناطق الساحلية

في المناطق الساحلية توجد علاقة بين المياه العذبة والمياه المالحة لها اهميتها من الناحية التطبيقية . لقد لوحظ بإن الابار المحفورة في الرواسب القريبة من الخطوط الساحلية ينتج عنها مياه عذبة ولاعماق كبيرة تحت منسوب سطح البحر . ولايجاد العلاقة بين منسوب المستوى المائي والعمق التي يمكن ان تمتد اليه هذه المياه العذبة تحت سطح البحر . وبما ان المياه العذبة تطفو فوق المياه المالحة نتيجة للفروقات الحاصلة بين كثافة ماء البحر وكثافة المياه العذبة . وبما ان عمود الماء العذب يعادل بواسطة عمود الماء المالح . كما هو مبين في الشكل (6-5) ، نجد بإن ارتفاع عمود الماء المالح ، ويعادل عمود المياه الجوفية العذبة (ع+هـ ) . ولذا تصبح العلاقة كالآتي :

هـ مقدار خفض المستوى المائي ، و ث = كثافة ماء البحر

ث×ع=(ع+هـ )×كثافة الماء العذب

اي ث × ع = (ع + هـ ) × ١

ث ع − ع = هـ

ع (ث − ١) = هـ

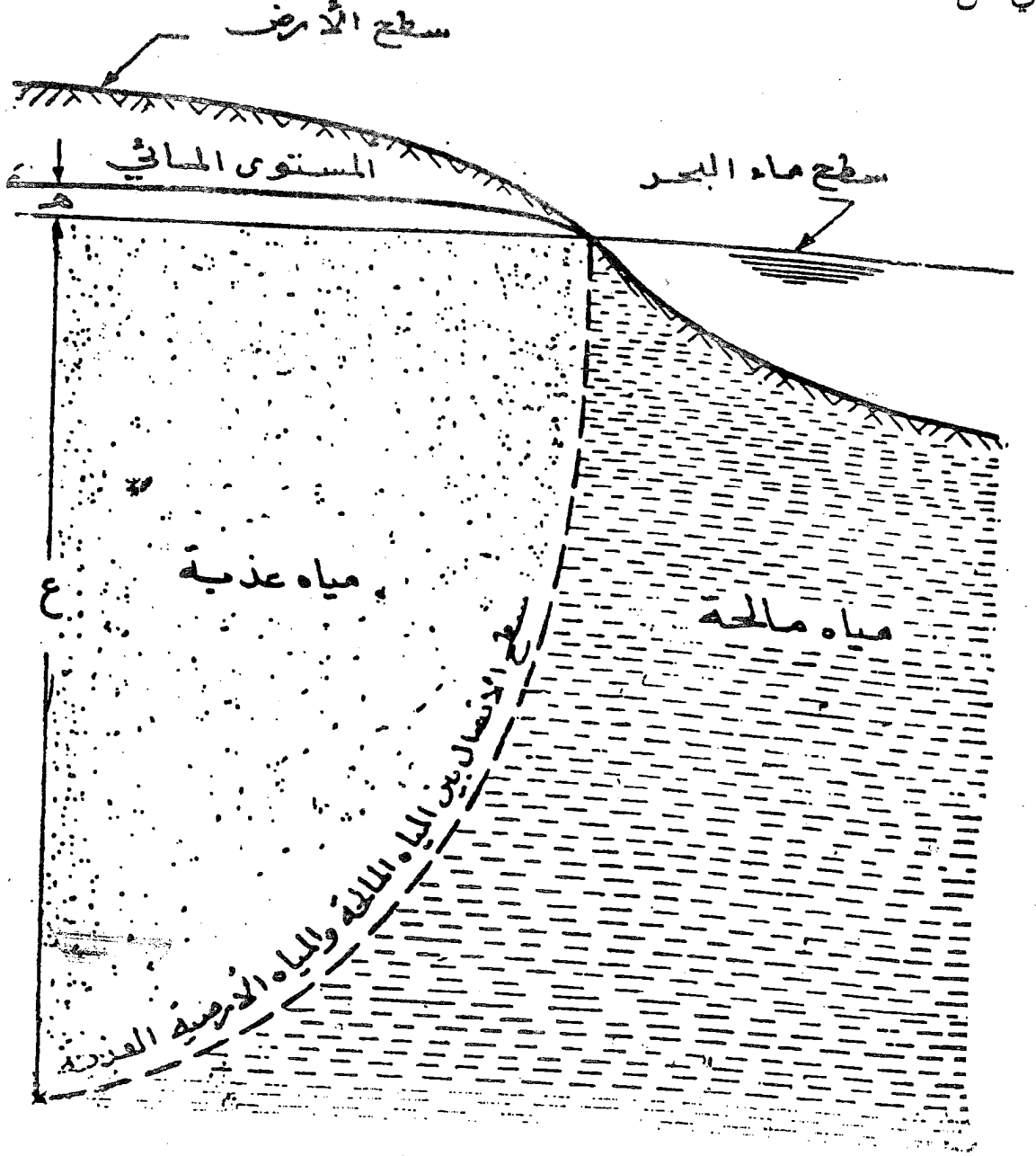
$$ع = \frac{هـ}{(ث - ١)}$$

ولو افترضنا بإن كثافة ماء البحر = ١ر٠٢٥

$$فان\ ع = \frac{هـ}{(١ر٠٢٥ - ١)} = \frac{هـ}{٠ر٠٢٥}$$

ع = ٤٠ هـ

وهذا يعني عند خفض المستوى المائي مثلاً بمقدار ١٠ سنتيمترات سيؤدي الى ارتفاع المياه المالحة الى ٤ امتار. ولذلك يجب الانتباه في حالة ضخ المياه او حفر الابار في المناطق الساحلية بحيث لايزيد معدل الضخ عن القدر الذي ينتج عنه انخفاض كبير في المستوى المائي. والا سوف تختلط المياه المالحة بالعذبة اذا زاد انخفاض المستوى المائي عن حد معين حسب العلاقة التي تم شرحها.




شكل (5-6)

يوضح كيفية اتصال المياه تحت السطحية العذبة والمياه المالحة في المناطق الساحلية

( للمؤلف ضياء )

## حركة المياه تحت السطحية

من المعروف، بإن جريان الموائع اما ان يكون هادئاً وطبقياً او ان يكون عاصفاً ومضطرباً. حيث في حالة الجريان الهاديء يكون مستقيماً ومنتظماً، اما في الجريان العاصف فيكون غير منتظم ومصحوب بالتيارات الصاعدة والتيارات الهابطة. ويحدث الجريان الطبقي عندما تكون حركة المياه واطئة جداً كما هي في حالة المياه تحت السطحية، وهنا يعرف جريان المياه بالرشح. وقد وجد بإن سرعة الرشح تتناسب تناسباً طردياً مع الانحدار الهيدروليكي وعكسياً مع النفاذية. ولكي نتفهم هذه الحركة بصورة جيدة يستوجب منا التعرف على المصطلحات التالية:

### ١ــ الضغط الهيدروستاتيكي ( السكوني ) (Hydrostatic Pressure)

ويعني الضغط المسلط بوساطة الماء على نقطة معينة. وبالنسبة للمياه الحوفية عادة ينتج عن وزن الماء الواقع عند مستويات اعلى في نفس منطقة التشيع.

### ٢ــ علو الضغط المائي للطبقة الصخرية الحاملة للمياه (Pressure Head)

هو الضغط الهيدروستاتيكي المعبر عنه بارتفاع عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط في تلك النقطة، فعلى سبيل المثال الضغط اللازم لرفع الماء في بئر محكم الى مستوى معين فوق السطح.

### ٣ــ المستوى الهيدروستاتيكي للطبقة الحاملة للمياه (Hydrostatic Level)

هو المستوى الذي يمر خلال قمة عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي للماء في نقطة معينة فعلى سبيل المثال عدة امتار فوق او تحت سطح الارض، او مستوى سطح البحر.

## حركة المياه تحت السطحية

من المعروف، بإن جريان الموائع اما ان يكون هادئاً وطبقياً او ان يكون عاصفاً ومضطرباً. حيث في حالة الجريان الهاديء يكون مستقيماً ومنتظماً، اما في الجريان العاصف فيكون غير منتظم ومصحوب بالتيارات الصاعدة والتيارات الهابطة. ويحدث الجريان الطبقي عندما تكون حركة المياه واطئة جداً كما هي في حالة المياه تحت السطحية، وهنا يعرف جريان المياه بالرشح. وقد وجد بإن سرعة الرشح تتناسب تناسباً طردياً مع الانحدار الهيدروليكي وعكسياً مع النفاذية. ولكي نتفهم هذه الحركة بصورة جيدة يستوجب منا التعرف على المصطلحات التالية:

### ١ــ الضغط الهيدروستاتيكي ( السكوني ) (Hydrostatic Pressure)

ويعني الضغط المسلط بوساطة الماء على نقطة معينة. وبالنسبة للمياه الحوفية عادة ينتج عن وزن الماء الواقع عند مستويات اعلى في نفس منطقة التشيع.

### ٢ــ علو الضغط المائي للطبقة الصخرية الحاملة للمياه (Pressure Head)

هو الضغط الهيدروستاتيكي المعبر عنه بارتفاع عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط في تلك النقطة، فعلى سبيل المثال الضغط اللازم لرفع الماء في بئر محكم الى مستوى معين فوق السطح.

### ٣ــ المستوى الهيدروستاتيكي للطبقة الحاملة للمياه (Hydrostatic Level)

هو المستوى الذي يمر خلال قمة عمود من الماء الذي يمكن اسناده بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي للماء في نقطة معينة فعلى سبيل المثال عدة امتار فوق او تحت سطح الارض، او مستوى سطح البحر.

٤ــ السطح البيزومتري للطبقة الحاملة للمياه (Piezometric surface)

وهو عبارة عن سطح وهمي في اي مكان منه ينطبق مع السطح او المستوى الهيدروستاتيكي للطبقة المائية . وبمعنى آخر السطح الذي يرتفع اليه الماء من الطبقة تحت الضغط المائي الكامل .

## ٥ــ الانحدار الهيدروليكي للطبقة الصخرية المائية

وهو معدل التغير في علو الضغط الهيدروستاتيكي لكل وحدة مسافة في ذلك المكان وفي نفس الاتجاه . ويمكن تمثيله على هيئة نسبة مثلاً متر لكل كيلو متر او اية وحدات اخرى .

## ٦ــ معامل التوصيل المائي للطبقة الصخرية الحاملة للمياه
## (Aquifer Transmissibilty (Coefficent)

ويعني القابلية الكلية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية بالسماح لمرور الماء من خلالها . وتساوي حاصل ضرب معامل النفاذية مضروباً في سمك الطبقة .

## ٧ــ قانون دارسي (Darcy's Law)

ينص قانون دارسي على ان سرعة المياه في المواد المنفذة تتناسب تناسباً طردياً مع الانحدار الهيدروليكي المسبب لحز كة المياه ومعامل النفاذية . والذي يمكن وضعه في العلاقة التالية .

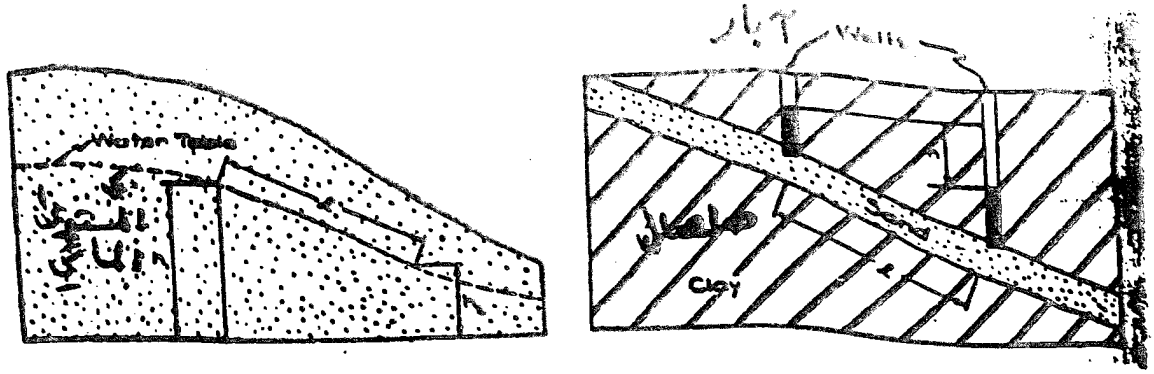
$$(h/L) \times K = V$$

حيث v = سرعة المياه الجوفية ، والتي تمثل معدل الجريان للماء المار خلال مقطع عمودي على اتجاه الجريان . وتستخدم نفس النفاذية سم/ بالثانية .

K = معامل النفاذية ، والذي يمثل السرعة لميل هيدروليكي واحد لمادة معينة .

h = الفرق في علو الضغط بين نهايتي عمود من التربة

L = المسافة العمودية بين النقطتين لعمود من التربة التي يتم فحصها
كما هو مبين في الشكل (6-6) ادناه




**شكل (6-6)**

**يوضح مخطط لتمثيل قانون دارسي . في المخطط الايسر حالة المياه الحرة، وفي المخطط الايمن في حالة المياه المقيدة**

وتتجة للدراسات التطبيقية لايجاد حجم الماء المار في وحدة الزمن خلال مقطع معين من الطبقة . او بدراسات التي اجريت على بعض انواع الترب . لقد صنفت كما هو مبين في الجدول (6-1)

**جدول (6-1) يبين النفاذية والتصريف لبعض الترب**

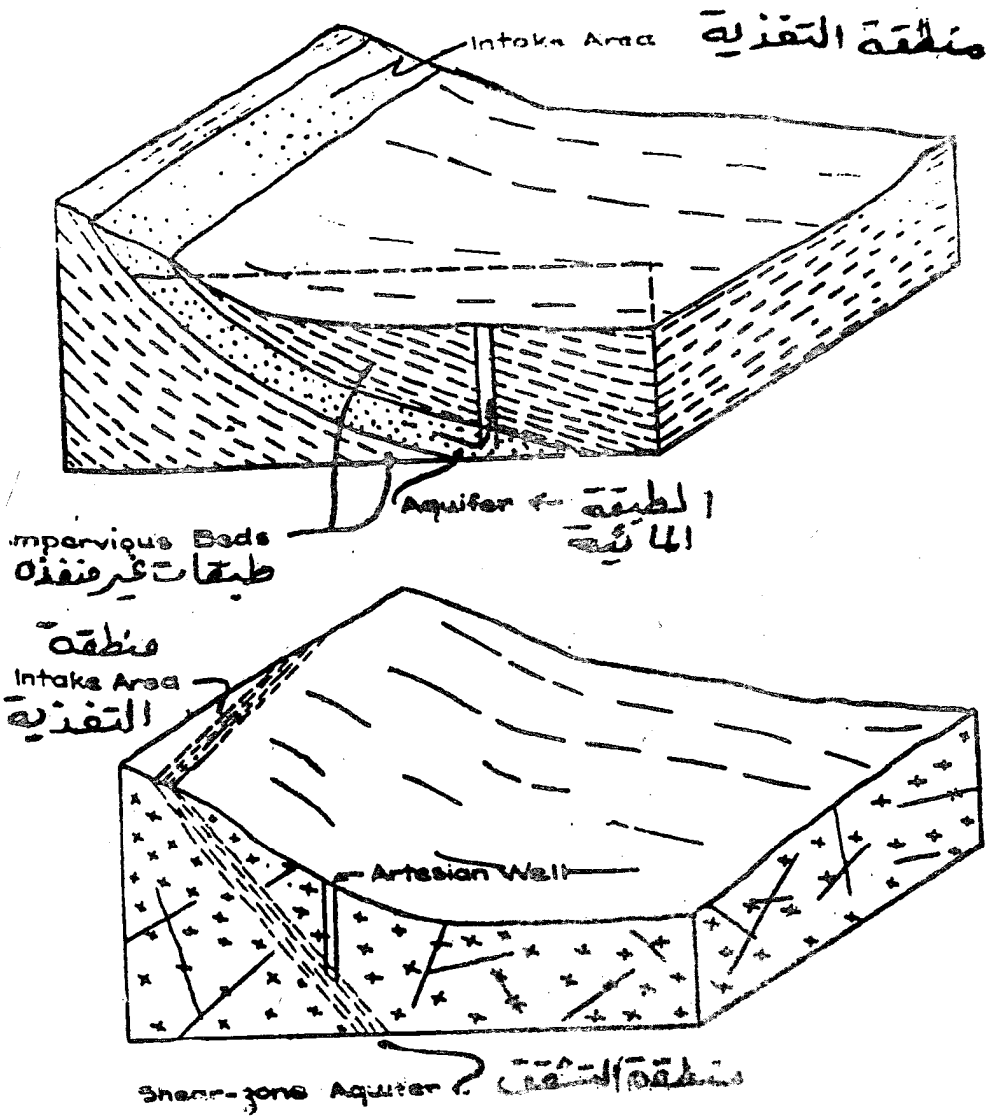
| نوع التربة | حصى نظيف | رمل نظيف | رمل ناعم مع طمي | صلصال متجانس |
|---|---|---|---|---|
| التصريف | ممتاز | جيد | ضعيف | غير منفذ |
| النفاذية سم/بالثانية | $10^{1}$ — $10^{2}$ | $10^{-1}$ — $10^{-4}$ | $10^{-4}$ — $10^{-7}$ | $10^{-8}$ — $10^{-9}$ |

## المياه الارتوازية (Artesian Water)

في اماكن عديدة من الارض تحتجز المياه الجوفية في مناطق منفذة بين صخور غير منفذة وهنا يكون الماء محبوساً. ولذا تعرف الطبقات المنفذة بالخزان المائي الجوفي او بالطبقة الصخرية الحاملة للمياه. حيث تتواجد هذه المياه تحت ضغط عالٍ وفي حالة وجود حفرة او دق بئر ترتفع المياه منها الى اعلى باتجاه سطح الارض. وتعرف المياه الواقعة تحت ضغط مائي عالٍ بالمياه الارتوازية. والبئر الذي ترتفع مياهه فوق منسوب المستوى المائي المجاور له يعرف بالبئر الارتوازي. ومن اهم الشروط اللازمة للجريان الارتوازي هي:

١ــ وجود طبقة صخرية حاملة للمياه محصورة بين طبقتين غير منفذتين.
٢ــ ميل كاف لهذه الطبقة الصخرية الحاملة للمياه لتعطينا انحدار هيدروليكيا مناسبا.
٣ــ منطقة انفاذ مائي من خلالها يتم تغذية الطبقة الصخرية في المستقبل.

حيث يوضح الشكل (6-7) هذه الابار الارتوازية ويمكن ان تتواجد المياه الارتوازية في جميع الصخور الحاوية على فتحات كالمسامات والفوالق والشقوق وقنوات الاذابة والكهوف ومناطق القص المختلفة للصخور البلورية. ولكن من الناحية التطبيقية نجد ان معظم المياه الارتوازية تتواجد بكثرة في طبقات الحجر الرملي المنفذة والمحبوسة بين طبقات النضيد غير المنفذة او بقية انواع الصخور غير المنفذة. وقبل البدء بشرح هذه الابار علينا التعرف على المصطلحات التالية.




شكل (6-7)

يوضح حالات الابار الارتوازية

## ١ــ البئر الارتوازي (Artesian Well)

هو ذلك البئر الذي تخرج مياهه الى السطح تحت تأثير الضغط المائي في طبقة صخرية حاملة للمياه محصورة بين طبقتين غير منفذتين دون الحاجة الى استخدام مضخات صناعية .

### ٢ــ سجل البئر (Well Record)

ويعني سجل الطبقات الصخرية التي تم اختراقها عند حفر البئر مرتبة حسب ظهورها اثناء عملية الحفر من السطح نحو الاسفل ويشمل سمك الطبقات وتراكيبها المعدنية والكيميائية ، اضافة الى تحديد الطبقة الحاملة للمياه الارضية .

### ٣ــ مخروط الانفاذ (Cone of Depression)

ويعني الانخفاض الناتج في المستوى المائي او اي سطح بيزوميتري نتيجة لسحب الماء بواسطة البئر بعد عملية الضخ وعنده يكون الانحدار الهيدروليكي حول البئر عميقاً حتى يتم التوازن بين الماء الداخل الى البئر والماء المسحوب منه بعد الضخ .

### ٤ــ نصف قطر دائرة التأثير (Radius of Influence)

وتمثل اقصى مسافة من مركز البئر التي عندها ينخفض المستوى المائي بعد الضخ من البئر الى ان يتلاشى بحيث يصبح لاتأثير له يذكر على المستوى المائي في هذه المسافة المتخذة من مركز البئر . وتتخذ هذه المسافة عادة بحدود ٦٠ متراً للرمل الطموي و ١٥٠ متراً للرمل الناعم ، و ٣٠٠ متراً للرمل الخشن والحصى ، و ٦٠٠ متراً للحصى النظيف .

## الابار (Wells)

يعرف البئر بإنه تلك الفتحة الاصطناعية التي تسحب المياه من الفجوات بين الصخور او الترب التي تخترقها . وتقسم هذه الابار الى عدة اقسام اما تبعاً للسوائل التي تنتجها او تبعاً للطريقة حفرها او بعدها او قربها من سطح الارض . وبالرغم من ان استخراج المياه من باطن الارض يعود الى الهندسة المائية ، لكن من الضروري ترضيح الارتباط بين جيولوجية المياه تحت السطحية والمفاهيم المتعلقة

باستخراجه . حيث ان معظم المشاريع واختيار نوع البئر وطريقة حفره، واحتمالات كمية التصريف وتنسيق المسافات بين الابار جميعها تعتبر مسائل جيولوجية تعتمد بالاساس على الظروف والاعتبارات الجيولوجية . وعلى العموم، توجد انواع كثيرة من الابار المائية تعتمداساساً على طبيعة المواد الجيولوجية، والعمق المتوقع، وعمر البئر وانتاجه . وهنا سوف نتطرق فقط الى طريقة حفر هذه الابار واعماقها .

**١ــ ابار الحفر الضحلة : (Dug Wells)**

وهي الابار التي تحفر بآلات الحفر الاعتيادية كالمعاول والمجارف في مكان تكون فيه المياه تحت الارضية واقعة تحت المستوى المائي مباشرة وفي منطقة التشبع . حيث تكون مياهها حرة الحركة . ومن الناحية التطبيقية تحفر في المواد المفككة التي عندها يكون المستوى المائي قريباً من السطح . وعادة تبطن بواسطة الحجر او الطابوق لمنع التلوث . واما اعماقها فلا تزيد عن ٣٠ متراً واقطارها تتراوح بين المتر وعدة امتار .

**٢ــ ابار الانابيب ذات النهايات المثقبة (Driven Wells)**

في المواد غير المتماسكة تحفر الابار بادخال انابيب مدببة ذات نهايات مثقبة الى باطن الارض . وان هذه النقاط النهائية لايتجاوز قطرها عشرة سينتمترات . وان اسطوانة الضخ توضع ملاصقة للانبوب . واما المضخة فسوف لاتبدأ بالعمل الا بعد ارتفاع المستوى بحدود ٨ أمتار من السطح . حيث تعد هذه الابار سريعة العمل واقتصادية سواءً للاغراض المنزلية او سحب مياه الاساسات اثناء عملية انشاء المباني وغيرها .

### ٣ــ ابار الحفر ذات الحركة الرحوية ــ الهيدروليكية
### (Hydraulic Rotary-Drilled Wells)

يتم الحفر الدوراني الهيدروليكي بآلة قطع ماسية دوارة عند نهاية انبوب الحفر. ومن ثم يضغط طين الحفر داخل انبوب الحفر، الذي بدوره يخرج من خلال فتحات موجودة عند قعر الانبوب. وعندما يرتفع طين الحفر الى الاعلى خارجاً من انبوب التثقيب يحمل معه جميع الجزيئات التي تم اختراقها ومن ثم قطعها نحو السطح. وبهذه الطريقة يمكن حفر ابار ذات اقطار كبيرة، ويمكن وضع الحصى بسهولة حول التبطين او اي غطاء اخر معد للبئر. وتعد هذه الطريقة ايضاً من افضل الطرق التي بواسطتها يمكن اختراق طبقة صخرية مختلفة الصلابة.

### ٤ــ ابار الحفر القياسية (Churn-Drilled)

وهي عبارة عن مجموعة من الالات المربوطة بعضها مع البعض الاخر. والمكونة من آلة قطع وقضيب حديدي ومجموعة من الجرات المرتبطة اساساً ببرج الحفر. حيث ترتفع هذه الالات الى اعلى ومن ثم تنزل الى اسفل اثناء عملية الحفر. واما الاجزاء التي يتم قطعها او حفرها فتزال بوساطة دلو. وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في جميع انواع الصخور.

## تصريف الابار (Yield of Wells)

يعتمد تصريف البئر اساساً على صفات التكوينات الصخرية الحاملة للمياه الارضية. وعند ضخ الماء من البئر سينخفض المستوى المائي حول البئر. ويكون هذا الانخفاض كبيراً بجوار البئر ويتضاءل كلما ابتعدنا عن محور البئر الى ان يصبح المستوى المائي كما كان عليه قبل بدء الضخ. وفي الطبقات المتجانسة يكون هذا الانخفاض على شكل مخروط بيضاوي قاعدته نحو الاعلى وقمته نحو الاسفل.

وبعد استمرار الضخ نجد بان انخفاض منسوب الماء بجوار البئر يزداد فيه الانحدار الهيدروليكي حول البئر الى ان يعم التوازن بين الماء الداخل الى البئر مع الماء تم ضخه من البئر . واما المستوى المائي الذي نشأ بفعل الضخ سوف يتسطح كلما ابتعدنا عن مركز البئر . وتعرف المسافة من مركز البئر وحتى يتلاشى عندها تأثير الضخ من البئر على المستوى المائي بنصف قطر دائرة التأثير .

## تحديد معامل الانفاذ في الحقل

سبق ان وصفت الطريقة التي يتم بواسطتها ايجاد قيمة معامل الانفاذ للعينة من الصخور او الترب في المختبر . ولكن هذه القيم التي توجد في المختبر تختلف كثيراً عن القيم الحقيقية للانفاذ في الطبيعة . ولذلك يمكن ايجاد هذه القيم في الحقل وفق الخطوات التالية .

١ــ يمكن اجراء الاختبار اما على بئر ضحل او بئر عميق او بئر ارتوازي .
٢ــ تخطط مجموعة من الخطوط المارة بمحور البئر فوق سطح الارض .
٣ــ تدق انبوبتان مثقوبتان ومفرغتان على احد الخطوط التي تم رسمها على السطح . حيث تبعد الانبوبة الاولى بمسافة $نق_1$ عن محور البئر ، وتبعد الانبوبة الثانية بمسافة $نق_2$ عن محور البئر . بحيث يصلان الى نفس عمق البئر .
٤ــ يبدأ بالضخ لمدة ٢٤ ساعة حتى يصبح تصريف البئر ثابتاً ومن ثم يحسب متوسط التصريف
٥ــ نحدد اعماق المياه التي دخلت الى الانبوبتين ولتكن $ع_1$ ، $ع_2$ على التوالي .

ولايجاد قيمة معامل الانفاذ يمكن حسابها من معادلات تصريف الابار وهي كالآتي .

(أ) في حالة الابار الارتوازية

$$\text{معامل الانفاذ الحقلي} = \frac{\text{تصريف البئر}}{\text{٢ ط (ع٢ − ع١) × سمك الطبقة}} \times ٢٫٣ \text{ لو } (\text{نق٢}/\text{نق١})$$

(ب) في حالة الابار الضحلة

$$\text{معامل الانفاذ الحقلي} = \frac{\text{تصريف البئر}}{\text{ط (ع٢٢ − ع١٢)}} \times ٢٫٣ \text{ لو } (\text{نق٢}/\text{نق١})$$

## البحث عن المياه تحت السطحية

تقسم طرق البحث عن المياه تحت السطحية بصورة اساسية الى اربعة طرق رئيسية وهي :

١ ــ التحري الجيولوجي المباشر

ويتم عادة من دراسة الجيولوجيا السطحية للمنطقة . فعلى سبيل المثال عندما تكون المنطقة شبه مستوية وتنتشر هنا وهناك بعض المستنقعات والبرك مما يدل على ان المستوى المائي قريب عن السطح ، ومن دراسة التتابع الطبقي للصخور الرسوبية وخصوصاً تلك التكوينات التي لها قابلية خزن الماء الجوفي ، او تلك الصخور المشققة او المتصدعة التي تسمح بامرار الماء ، او من خلال دراسة الغطاء النباتي او انماط المجاري في تلك المنطقة . نجد ان تلك الصفات مجتمعة تدل على وجود او غياب المياه تحت السطحية .

## ٢ــ طريقة حفر الابار الاختبارية

وهي طريقة مباشرة لاكتشاف الخزان الجوفي للماء من خلال وضع ابار استكشافية للبحث عن المياه الجوفية سواء بطريقة الحفر الرحوي الهيدروليكي او اية طريقة اخرى. وفي هذه الطريقة يتم التعرف على سمك الطبقات الحاملة للمياه وسعة التصريف. بالاضافة الى المعلومات الاخرى التي تخص جريان الماء، ولكنها طريقة مكلفة.

## ٣ــ الطرق الجيوفيزيائية (Geophysical Methods)

وتشمل طرقاً عديدة او اهم هذه الطرق هي الكهربائية التي تتضمن سلوك الكهرباء المار في هذه الطبقات الحاملة للمياه الارضية. او قد تستخدم طريقة الموجات الزلزالية. حيث تتأثر هذه الموجات اثناء مرورها في الطبقات الحاملة للمياه مقارنة بتلك الطبقات التي لاتحتوي على الماء من حيث اختلاف سرعة انتقالها في هذه الاوساط. وفي الاونة الاخيرة استخدمت الصور الجوية او الاشعة تحت الحمراء التي تبين الفروقات في درجات الحرارة فتؤدي الى اكتشاف المياه تحت السطحية.

## ٤ــ التطبيقات القديمة

وهذه تتمثل بعصا التنبؤ التي يستخدمها السحرة لتحديد مواقع المياه تحت السطحية. وبالرغم من ان هذا التكتيك يفتقر الى التأكيدات العلمية نجد بإن هؤلاء الاشخاص لازالو يتنقلون بين الاقطار يستعملون عصا شبيهة بالشوكة التي تمسك بكلتا اليدين، وحينما تنخفض نهاية العصا يفترض بإنها تنخفض بفعل المياه تحت السطحية. وسواء امتلك هؤلاء السحرة الاساس العلمي ام لا. فان المياه الجوفية لاتخلو منها اية منطقة في الارض ولكن بعدها او قربها من السطح يختلف من منطقة الى اخرى. وفي حالة حفر اية فتحة في موقع مناسب والى اعماق كافية سوف تخرج منها المياه الجرنية.

مكتب القسمة
للطباعة والاستنساخ

# الخرائط الجيولوجية

## ١٠ — ١ — مقدمة

تحتوى الخرائط الجيولوجية على كثير من المعلومات التى يحتاجها المهندس قبل الشروع فى تصميم أو تنفيذ العديد من المشروعات الهندسية مثل الانفاق والسدود والخزانات وأساسات الكبارى والطرق والمطارات وحماية الشواطىء والمنشآت البحرية. وتعطى بعض الخرائط الجيولوجية المعلومات اللازمة عن المياه الأرضية، ويحتاج المهندس أيضا إلى خرائط جيولوجية تحدد المواقع التى يمكن الحصول منها على مواد الرصف والبناء ، فالخرائط الجيولوجية توضح توزيع الانواع المختلفة من الصخور على الأرض ، وهى تبين أيضا الاماكن التى تظهر فيها الطبقات المختلفة على سطح الارض وكذلك مواقع الفوالق والثنيات .

وليس من الضرورى أن تظهر الطبقات فى مساحات كبيرة على سطح الأرض ولكنها قد تظهر عند نقط معدودة حيث تغطى التربة عادة أجزاء كبيرة منها . وعلى ذلك فمن الضرورى أن يستطيع المهندس تفسير البيانات التى تعطى بالخرائط الجيولوجية .

وتوقع الخرائط الجيوجية عادة على خرائط كنتورية مرسومة بمقياس رسم مناسب ، وتكون خطوط الكنتور على الخريطة الجيولوجية عنصراً هاما من

العناصر التى تمكن من تفهم البيانات التى تعطى فى الخرائط الجيولوجية . ولذلك يجب أن تلم أولا ببعض المعلومات عن الخرائط الكنتورية والتى غالبا ماتسمى بالخرائط الطبوغرافية .

## الخرائط الطبوغرافية

### ١٠ — ٢ — تعريف بالخرائط الطبوغرافية وخواصها

تبين الخرائط الطبوغرافية مناسيب ( أى الارتفاعات عن سطح مقارنة ثابت هو فى العادة سطح البحر ) النقط المختلفة الموجودة على سطح الارض ، ومواقع هذه النقط بعضها بالنسبة إلى بعض ، ولهذا الغرض ترسم على الخريطة خطوط تعرف بخطوط الكنتور ، وهى عبارة عن خطوط وهمية تنتج عن تقاطع سطح الارض بمستويات أفقية ذات مناسيب مختلفة ، والمعتاد أن تكون المسافات الرأسية بين هذه المستويات ثابتة فى الخريطة الواحدة ، وتعرف هذه المسافة بالفترة الكنتورية . والاعتبارات التى تحـــدد قيمة الفترة الكنتورية فى الخريطة هى :

١ — الغرض الذى ترسم من أجله الخريطة ، فتكون الفترة الكنتورية صغيرة عند استعمال الخرائط فى الأغراض التفصيلية .

٢ — درجة عدم انتظام سطح الارض . فتقل الفترة الكنتورية كلما زادت درجة عدم الانتظام .

٣ — مقياس رسم الخريطة ( الاسقاط الأفقى ) . فتقل الفترة الكنتورية عندما يكبر الرسم .

ومما سبق نرى أن خط الكنتور يمر بنقط عديدة جميعها على ارتفاع واحد

من سطح البحر ، أى أن جميع النقط الواقعة على خط الكنتور لها نفس المنسوب .
ومن خواص خطوط الكنتور :

١ ــ ارتفاع أو انخفاض أى نقطة على خط كنتور ما عن نقطة أخرى على خط كنتور آخر هو المسافة الرأسية بين خطى الكنتور، أو هو الفرق بين منسوبى خطى الكنتور الواقع عليهما النقطتان .

٢ ــ قرب خطوط الكنتور من بعضها يدل على ازدياد انحدار سطح الأرض، وتساوى المسافات بين خطوط الكنتور المتجاورة يدل على الميل المنتظم .

٣ ــ لا تنطبق خطوط الكنتور المختلفة المنسوب إلا فى حالة القطوع الرأسية شكل ( ١١٧ ــ ا ) .

٤ ــ لا يتلاقى خطا كنتور متحدا المنسوب إلا فى حالات نادرة شكل (١١٧ ــ ب) ، ولا يمكن أن يتفرع خط كنتور إلى فرعين .

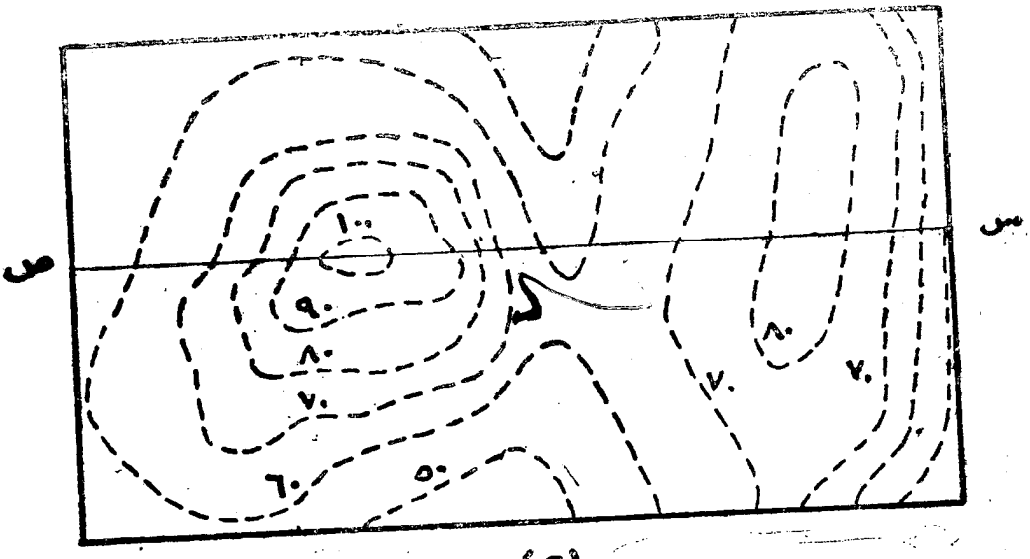
٥ ــ لا تتقاطع خطوط الكنتور إلا فى حالات خاصة كوجود مغارة مثلا. شكل (١١٧ ــ حـ) .

٦ ــ لا ينتهى خط الكنتور فى نقطة ولا بد من أن يقفل إلا إضرارا عند نهايات اللوح .

## ١٠ ــ ٣ ــ القطاعات الرأسية

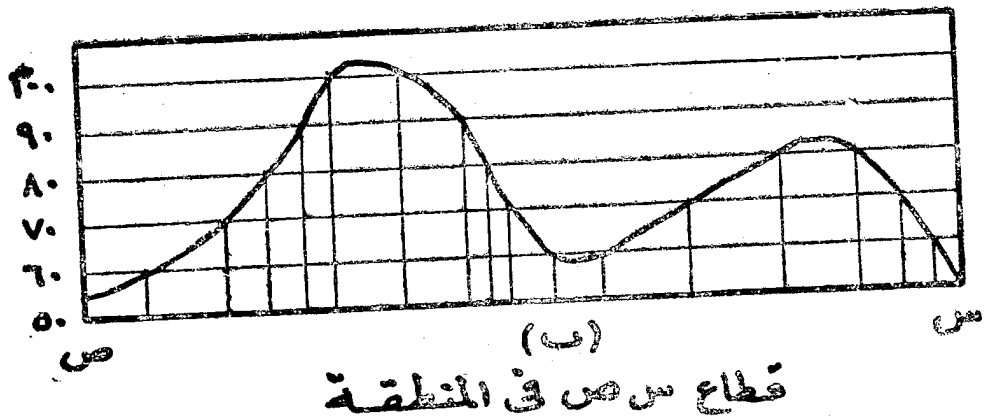
لرسم القطاع الرأسى (س ص) فى الخريطة الطبوغرافية الموضحة فى شكل (١١٦) ، يوضع شريط من الورق بحيث تنطبق حافته على الخط (س ص) الذى يحدد مكان القطاع المراد رسمه ، ثم تحدد نهايتى القطاع على شريط الورق وكذلك

نقط تقاطع خطوط الكنتور المختلفة مع الخط (س ص) ويكتب منسوب كل خط من خطوط الكنتور عند العلامة التى تحدد نقطة تقاطعه مع الخط (س ص) ، وكذلك يجب تحديد مواقع أعلا نقط فى المرتفعات وأوطى نقط فى المنخفضات على الشريط . وبهذه الكيفية تحدد المسافات الأفقية بين النقط المختلفة الناتجة عن تقاطع خطوط الكنتور مع الخط الذى يحدد القطاع ، ويلاحظ فى هذه الحالة



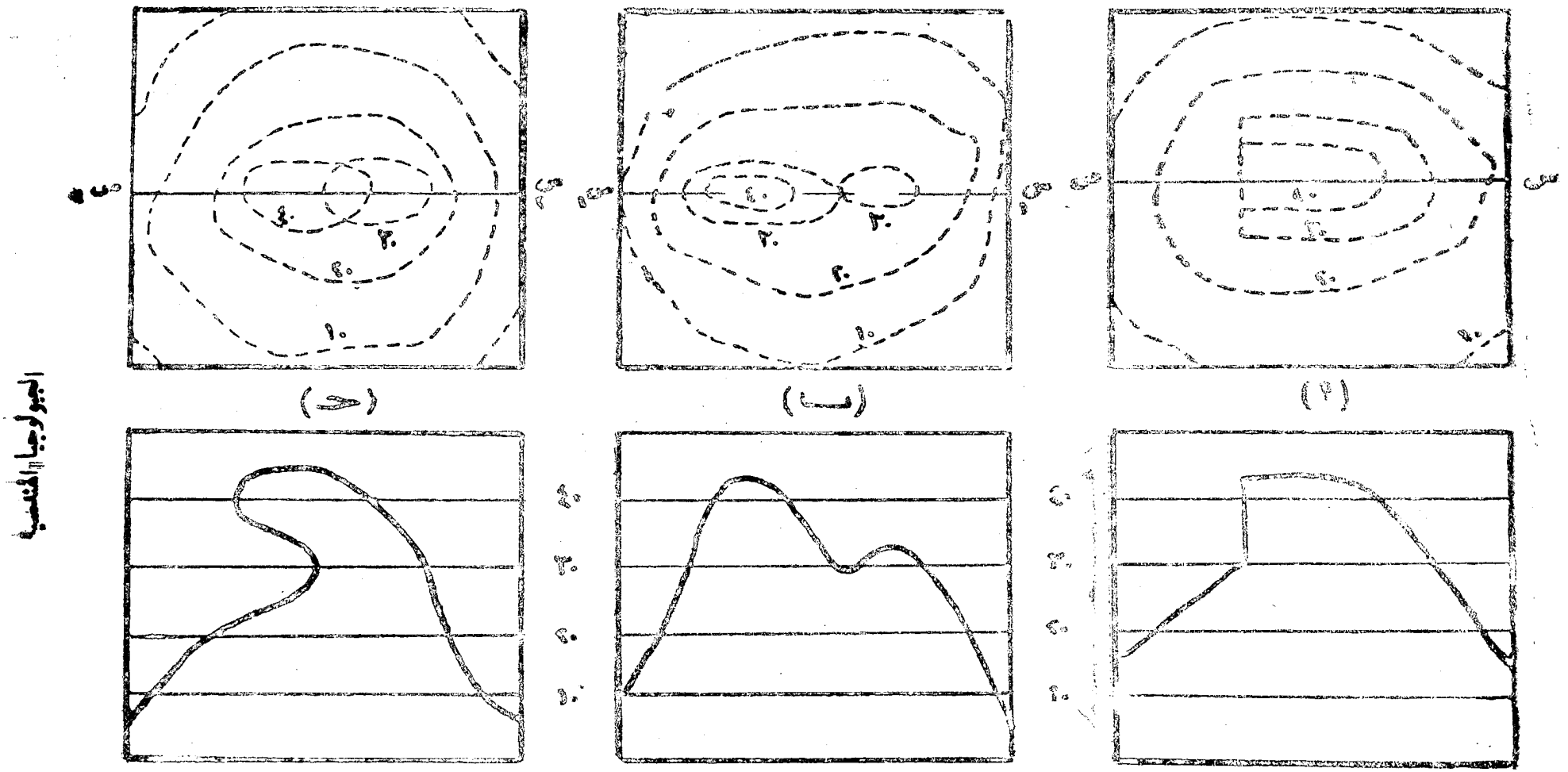

(أ)

خطوط الكنتور




قطاع س ص فى المنطقة

شكل (١١٦) تمثيل مناسيب النقط بواسطة خطوط الكنتور




شكل (١١٧) الحالات الخاصة لخطوط الكنتور

أن المسافات المذكورة تكون قد وقعت على طول القطاع بنفس مقياس الرسم الذى رسمت به الخريطة الكنتورية أصلا .

يحدد المحور الرأسى والمحور الأفقى اللازمان لرسم القطاع على ورقة مربعات، يوضع شريط الورق بحيث يكون مطابقا للمحور الافقى وتكون نقطة الأصل للمحاور منطبقة تماما مع بداية القطاع المحددة على الشريط . تنقل جميع البيانات ( مواقع النقط ومناسيبها ) من الشريط إلى المحور الأفقى للقطاع . ثم تقام أعمدة عند مواقع النقط المختلفة المحددة على المحور الأفقى ويحدد عليها ارتفاعات تطابق مناسيب النقط المدونة قرين كل منها . ولهذا الغرض قد يستخدم نفس مقياس الرسم الذى وقعت به الأبعاد على المحور الأفقى أو قد يستخدم مقياس رسم مخالف للمقياس الأفقى .

فاذا استخدم نفس مقياس الرسم على المحورين الأفقى والرأسى ، كانت ميول سطح الأرض الناتجة فى القطاع هى نفسها الموجودة فى الطبيعة ، أى أنه إذا كان ميل سطح الأض فى الطبيعة فى جزء من القطاع هو ٢٥° مثلا ، فان ميل سطح الأرض فى القطاع الممثل لنفس الجزء لابد وأن يكون ٢٥° . ويفضل دائما أن يستخدم نفس المقياس على المحورين كلما أمكن ذلك ، إلا أنه إذا كان مقياس رسم الخريطة صغيرا فانه إذا استخدم على المحور الرأسى لايمكن أن يعطى صورة واضحة لتضاريس المنطقة ، وفى هذه الحالة يستخدم مقياس رسم على المحور الرأسى يكون أكبر من مقياس الرسم المستخدم على المحور الأفقى وذلك لإمكان إظهار التغير فى تضاريس المنطقة . وينتج عن ذلك ميول لسطح الارض فى القطاع تخالف الميول الطبيعية ، ولتحديد ميل سطح الارض الطبيعى عند استعمال مقياسى رسم مختلفين يحدد ظل زاوية الميل من واقع الابعاد التى يمكن حسابها ومنها يمكن حساب مقدار زاوية الميل .

الانفاق ، ونتيجة لذلك نجدها تنتسب في جلوس اضافي لهذه المنشآت المدفونة .

## الجيولوجيا الهندسية ومشاكل الاسس :

تتلخص مهمة المهندس الجيولوجي بما يلي :

١- دراسة خواص الترب والصخور الواقعة تحت التراكيب الهندسية وذلك من خلال جمع معلومات جيولوجية عن المواقع التي قد تؤثر على هذه المنشآت المراد اقامتها . وذلك بتحديد اعماق الطبقات الصخرية تحت سطح الارض ومعرفة سمكها وامتداداتها . اما اذا كانت هذه الطبقات مكونة من الترب فلابد من الوصول الى طبقة الصخور القوية . وهنا تتطلب الحاجة الى التعرف على ميول ومضارب هذه الطبقات الصخرية ، فضلاً عن نوعية الفواصل واتجاهاتها . وبذا يستعان بالخرائط الطبوغرافية او الصور الجوية لتحديد الاماكن التي قد تشكل خطورة في عملية الانشاء لهذه التراكيب الهندسية وخصوصاً الفجوات الكبيرة في التربة او الصخور . حيث يتم التعرف عليها من واقع حفر شبكة ابار استكشافية او اجراء بعض التحريات الجيوفيزيائية لتحديد هذه الفتحات الجوفية .

٢- التعرف على المنطقة بصورة جيدة وخصوصاً اذا كانت هذه المنطقة عرضة للهزات الارضية . ولذلك يجب اختيار مواقع بديلة اخذين بنظر الاعتبار معامل الامان الزلزالي عند الانشاء .

٣- التحري عن الطبقات الجبسية او الملحية التي تتأثر مباشرة بالمياه متسببة في حدوث تخسفات تحت سطح الارض او تحت هذه المنشآت الهندسية التي بنيت فوقها . فضلاً عن دراسة التغيرات الحجمية للترب الطينية الناتجة عن امتصاص الماء وانتفاخها فيما بعد . وقد يستدل عنها بواسطة حدوث تشققات تظهر على جدران المنشآت . مع ملاحظة تصريف المياه تحت هذه التراكيب الهندسية ، فضلاً عن تواجد الاملاح التي قد تهاجم الاسس الخرسانية .

٤- ان عملية تجفيف التربة الاعلياني قد تكون سبباً في التغير الحجمي لهذه التربة المصخور ، وهذا بدوره يتسبب ميلاناً خارجياً في الاسس بسبب جفاف التربة الخارجية (نسبة الى الاسس) مقارنة بتربتها الداخلية . وهذه تظهر على هيئة تشققات ايضاً في المنشأ وخصوصاً عندما تكون التربة تحت الاسس من الانواع الرملية .

٥- يتعين على المهندس الجيولوجي تحديد الترب الضعيفة التي يمكن ان ينشأ عنها جلوساً وانضماماً في هذا المنشأ واقتراح الطبقة الاكثر ملائمة للاعمال الانشائية وخصوصاً الترب الطينية التي يحدث الجلوس فيها بعد فترة قليلة من اكمال البناء ويستمر الجلوس لفترة طويلة .

٦- اختيار قاعدة قوية للاساس بعيداً عن المياه الجوفية ولا تحتوي هذه الطبقة على مياه لكي يبقى الاساس ثابتاً . وفي حالة تواجد مثل هذه المياه تتطلب اقتراح طريقة ملائمة لتصريف هذه المياه .

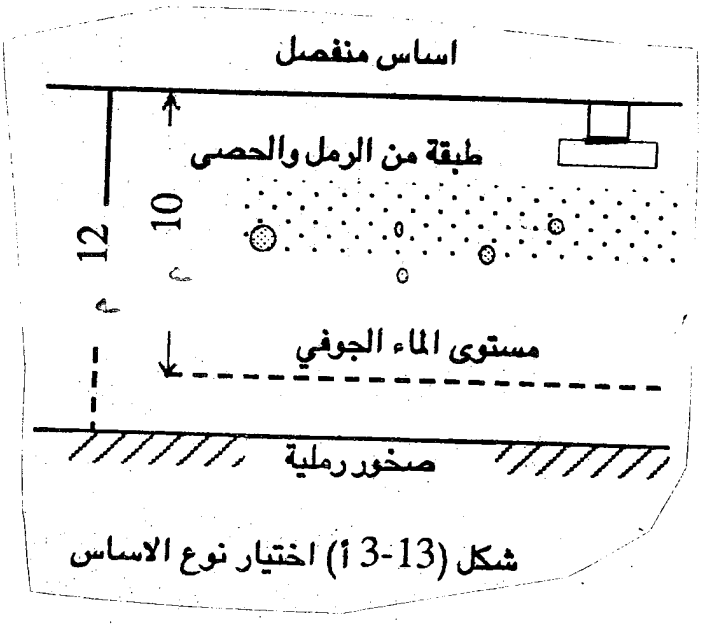
امثلة حول البيئة الجيولوجية لمواقع البناء وتحليلها واختيار نوع الاساس

لكي تتبين اهمية التدخل الجيولوجي من الناحية الفنية وتوقع البناء المناسبة يمكن استعراض الامثلة التالية كما هي موضحة في الحالات والاشكال ادناه تبعاً للموقع واختيار نوع الاساس وطبيعة المنشآت نفسها .

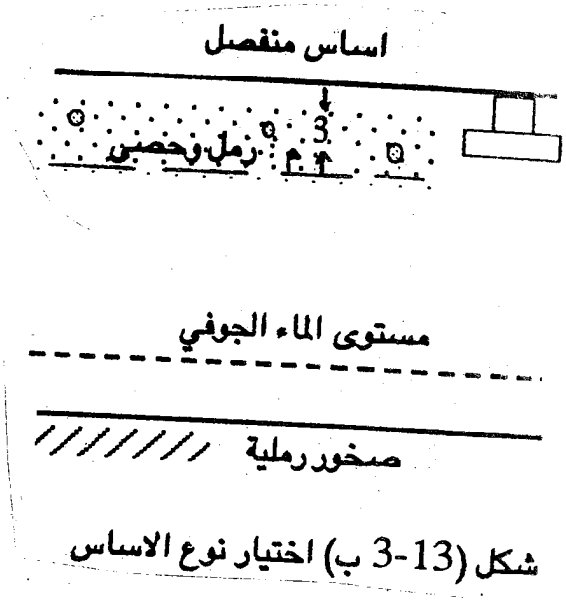
الحالة الاولى :

في الشكل (13-3 أ) يبين موقع منشأ فوق طبقة من الرمل والحصى المتماسكة وبسمك 12 متراً . ويقع تحت هذه الطبقة صخور رملية صلدة . اما المستوى المائي الجوفي فيقع بحدود 10 متر تحت سطح الارض . فالسؤال ما نوع الاسس التي يجب استخدامها ؟ والجواب هو كما يأتي : -

بما ان زاوية الاحتكاك الداخلي للمواد الرملية والحصى عالية قد لايحدث فشل بالقص . اما مقدار الجلوس في هذا النوع من الترب قد لا يتعدى ١ سم تحت التراكيب الهندسية الضخمة . ويفضل هنا الاسس الضحلة (المنفصلة) بحيث لا تقل قواعدها عن نصف متر . اما في حالة كون هذا الرمل مرصوصاً ومتماسكاً وسمكه لا يتجاوز ثلاثة امتار فانه قد يحدث جلوس عند حافات الاسس بسبب طرد الرمل المفكك . ويحدث مثل هذا الجلوس في المباني الحديثة المبنية بالطابوق . اما في حالة كون المستوى المائي قريباً من السطح والمواد الرملية متماسكة فقد يحدث مثل هذا الجلوس ايضاً . ولكنه في حالة كون المستوى المائي عميقاً فسوف لا يحدث فشل كبير بالقص في مثل هذه الحالة . والشكل (13-3 ب) يوضح هذه الحالة .




شكل (13-3 أ) اختيار نوع الاساس

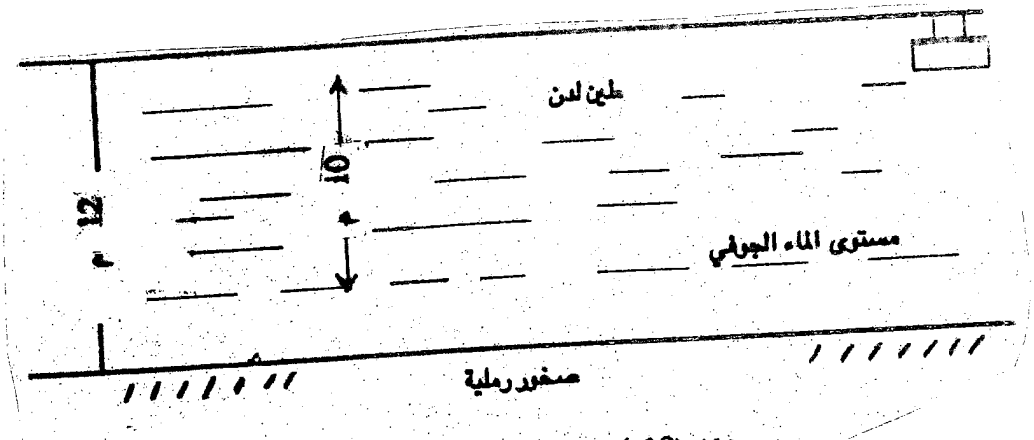



شكل (13-3 ب) اختيار نوع الاساس

**الحالة الثانية :**

عندما تكون المواد الارضية الصلبة عبارة عن صخور رملية واقعة على عمق اثنى عشر متراً . بينما تقع فوقها مواد طينية صلدة لكنها متشققة كما هي مبينة في الشكل

(4-13) فان نوع الاساس الذي يجب اقامته من نوع الاسس المنفصلة ايضاً ويعرض قليل ولا توجد حاجة الى دق ركائز .




شكل (13-4) يبين اختيار نوع الاساس الاولي

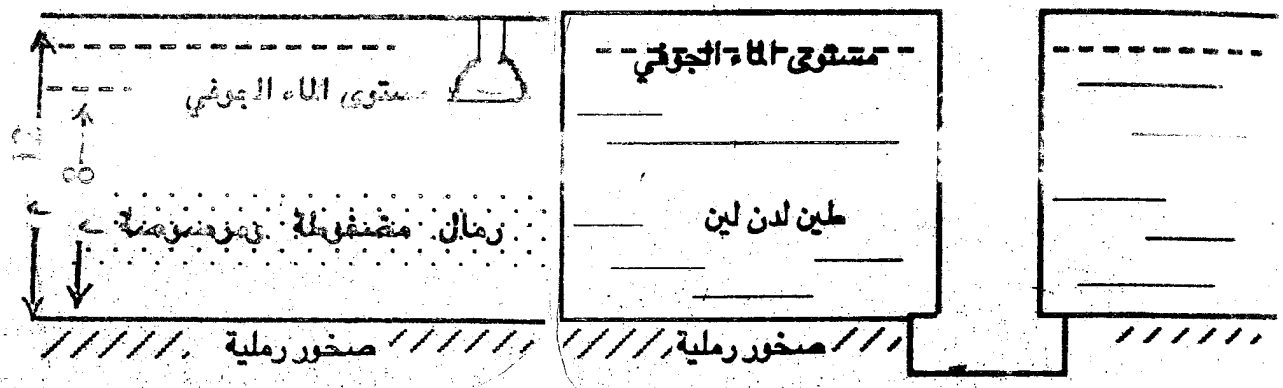
**الحالة الثالثة :**

طبقة صخرية رملية تقع على عمق 12متر ايضاً ولكنه تقع فوقها طبقة طينية لدنة ولينة وان المستوى المائي الجوفي قريب من السطح . والشكل (13-5) يوضح ذلك ان افضل نوع من الاسس يمكن اختيارها في مثل هذه الحالة هو دق الركائز في الصخور ومن النوع المعروف ب ذو النهايات (End bearing piles) . وهنا . وبما ان الركائز الخشبية تعد افضل انواع الركائز في مثل هذه الحالات لذا يستحسن استخدامها عند توفرها . ويرجع السبب في ذلك الى سهولة زيادة او تقصير اطوال هذه الركائز ولكنه يجب ان تكون نهاية هذه الركائز بعيدة عن الماء . وبما ان مستويات المياه الجوفية تتذبذب باستمرار فقد تؤدي الى تلف الخشب (العفن) ولكنه احياناً تفرض الظروف استخدام ركائز مركبة . حيث الاجزاء العليا من الركيزة تعمل من الخرسانة ، بينما تبقى الاجزاء الاخرى معمولة من الخشب وفي معظم الحالات تستخدم الركائز الخرسانية بسبب قلة تكلفتها مقارنة بالركائز الخشبية . وعموماً تكون قابلية تحمل الركائز الخرسانية اكبر من الركائز الخشبية . وفي حالة اختيار الركائز الخرسانية بفضل صبها موقفيا ، ولايجوز مطلقاً استخدام الركائز الحديدية في مثل هذه الظروف بسبب ثقلها الكبير ، ولذلك لاتدق مثل هذه الركائز الافي حالات خاصة . وفي حالة المشاريع

الهندسية الصغيرة بفضل استخدام الركائز الخشبية حال توفرها .

**الحالة الرابعة**

في الحالة المبينة في الشكل (13-6) ادناه طبقة صخرية رملية واقعة على عمق 12 متراً تقع تحت هذه الطبقة الرملية الصخرية طبقة اخرى من الرمال المرصوصة وبسمك 8 م ، تعلوها طبقة طينية لينة وبسمك 4 م . هنا تتطلب استخدام دعامات بسبب هذه الطبقة الطينية وتواجد المياه الجوفية على عمق 4 م من سطح الارض حيث ان هذه الدعامات الخرسانية (Concrete piers) يجب ان تزيد اطوالها بحدود 60 سم على سمك الطبقة الطينية . ويفضل اقامتها على هيئة جرس لكونها ترتكز على رمال وليست مواد جسؤة . اما في حالة ان المستوى المائي الجوفي عالياً فيفضل استخدام ركائز خشبية قصيرة تصل الى الرمال وبرؤوس مغرولة عن الماء .

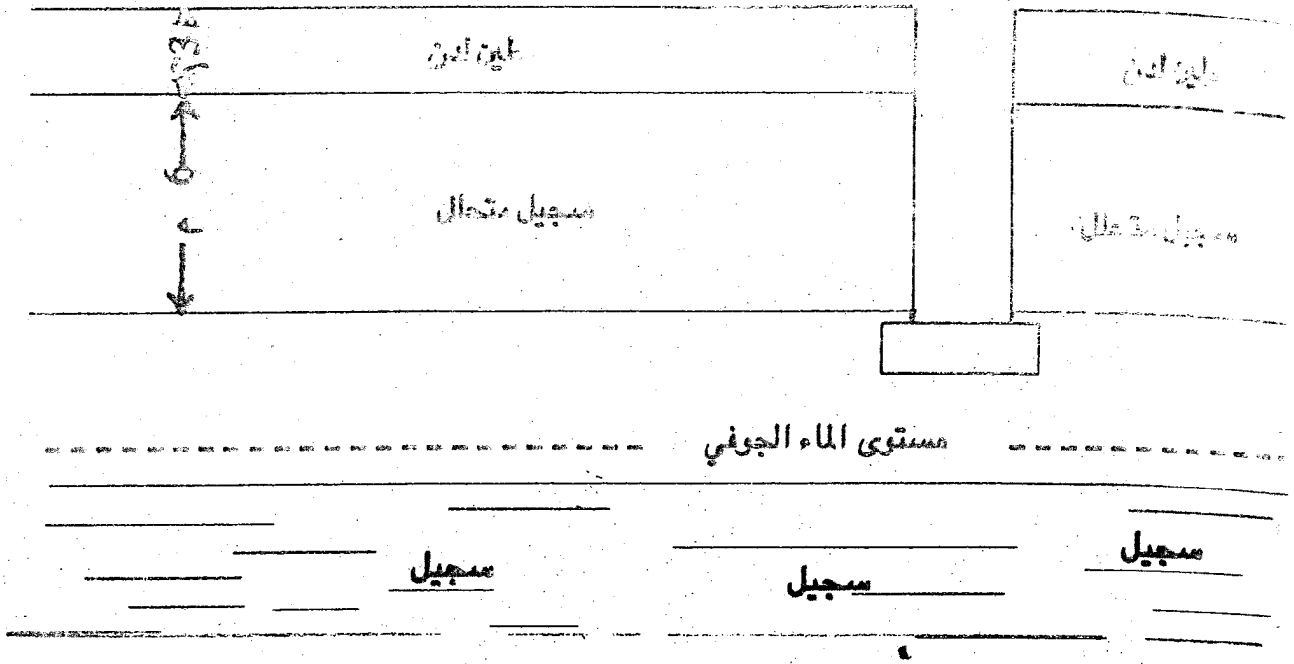



شكل (13-5) يبين نوع الاساس الاولي

شكل (13-6) يبين نوع الاساس الاولي

**الحالة الخامسة :**

عندما تتواجد طبقة مؤلفة من رمال وحصى وغرين بسمك 6 م مثلاً وتقع تحتها طبقة من الطين اللين وبسمك 3م . وفي هذه المنطقة يكون المستوى المائي الجوفي قريباً من السطح . لاحظ الشكل (13-7) ادناه . يجب عدم استخدام الاسس المنفصلة او الركائز الاحتكاكية (Friction piles). ويرجع السبب في ذلك لكون هذا الطين




شكل (13-8) يبين اختيار نوع الاساس الاولي

## المباني المخصصة للسكن (Residential Buildings) :

انشاء المباني للأغراض السكنية نادراً ماتتطلب عمل تحريات جيوتقنية خصوصاً عندما تكون ظروف الاسس واضحة بالمقارنة مع طبيعة المبنى المراد انشاءه اما المشروعات التي تقع فيها تتضمن [illegible] التنفيذ لهذا المنشأ . اما في حالة المباني العالية عادة تحفر ثلاث ابار في الاقل بهدف تحري الموقع خصوصاً اذا كانت الطبقات لينة اثنين من هذه الابار تحفر على عمق متر ونصف في الاقل ، بينما تمتد عمق البئر الثالث الى اكثر من ثلاثة امتار . وهنا تستخدم بريمة الحفر لتحقيق هذا الغرض . وعندما نصل الى الطبقة الصخرية تقام الاسس مباشرة فوقها بعد تنظيف اسطحها مع ملاحظة درجة ميلانها . وفي حالة ارتفاع مناسيب المياه الجوفية يستخدم مانع الرطوبة اخذين بنظر الاعتبار تذبذب المستوى المائي الجوفي في الموقع وقد تتأتى زيادة منسوب المستوى المائي الجوفي بسبب سقي الحدائق او الكسور والانفجارات التي قد تحصل في انابيب نقل المياه للأغراض المنزلية او تلك المياه التي قد تتسرب من احواض التفتيش والمعروفة بـ(Spetic Tanks) .

المباني العالية قد تقام فوق اسس منفصلة توضع ضمن اربعة امتار من سطح الارض . وحينما لاتسمح الظروف بإقامة اسس منفصلة يجب استبدالها بالركائز التي تمتد الى اعماق قد تصل الى اكثر من 20متراً لقد وجد ايضاً ان معدل تحميل الارض الناشيء بفعل بلوك مشيد من عدة بنايات عالية متعددة الطوابق قد يتراوح بين 1-0-2-0 طن / قدم ٢ لكل طابق .

اما في حالة تواجد تربة قابلة للتمدد والانتفاخ سينشأ عنها مشاكل كبيرة بسب الامور التالية :

أ- تواجد مواد ناعمة ذات محتوى مائي اكبر من 40% .

ب- نوع البيئة وخصوصاً المناخ والغطاء النباتي وطبيعة البزل .

جـ - التغيرات في مستويات المياه الجوفية الناشئة بسبب الري ، الذي بدوره سيغير محتوى الرطوبة من موسم الى اخر .

د - حركة الارض الناشئة بسبب التمدد والتقلص الموسمي لهذه التربة .

هـ- تبرد واحماء الارض الاصطناعي ، تغير ظروف التربة وظروف الانجماد ، وزحف التربة ومخاطر الزلازل جميعها مشاكل لابد من ملاحظتها في اثناء او بعد الانشاء . فعلى سبيل المثال قسمت حركة الارض الى قليلة (٥ر٠ سم) ، وحركة متوسطة (1-4 سم) ، وحركة ارضية خطرة اكبر من ١٥ سم . وقد وجد ايضاً عند حصول تحدب في سطح الارض ناتج عن الانتفاخ تنشأ عنه اجهادات شد في اعمالي الجدران . وفي حالة نشوء تقعر في سطح الارض فانه يتسبب في نشوء اجهادات شد في الاسس . ولذلك في حالة تعرض الاسس الى حركات ارضية كبيرة وخطرة تستلزم بناء اسبس قوية ومسلحة وبحدود متر واحد في الاقل تحت سطح الارض . وهنا توضع الاسس على هيئة عتبات ترافقها مصرفات المياه المحيطة بهذه المباني والمدعمة بمواد غير ممررة وغير منفذه للمياه بحدود 3 م خلف الجدران الخارجية .

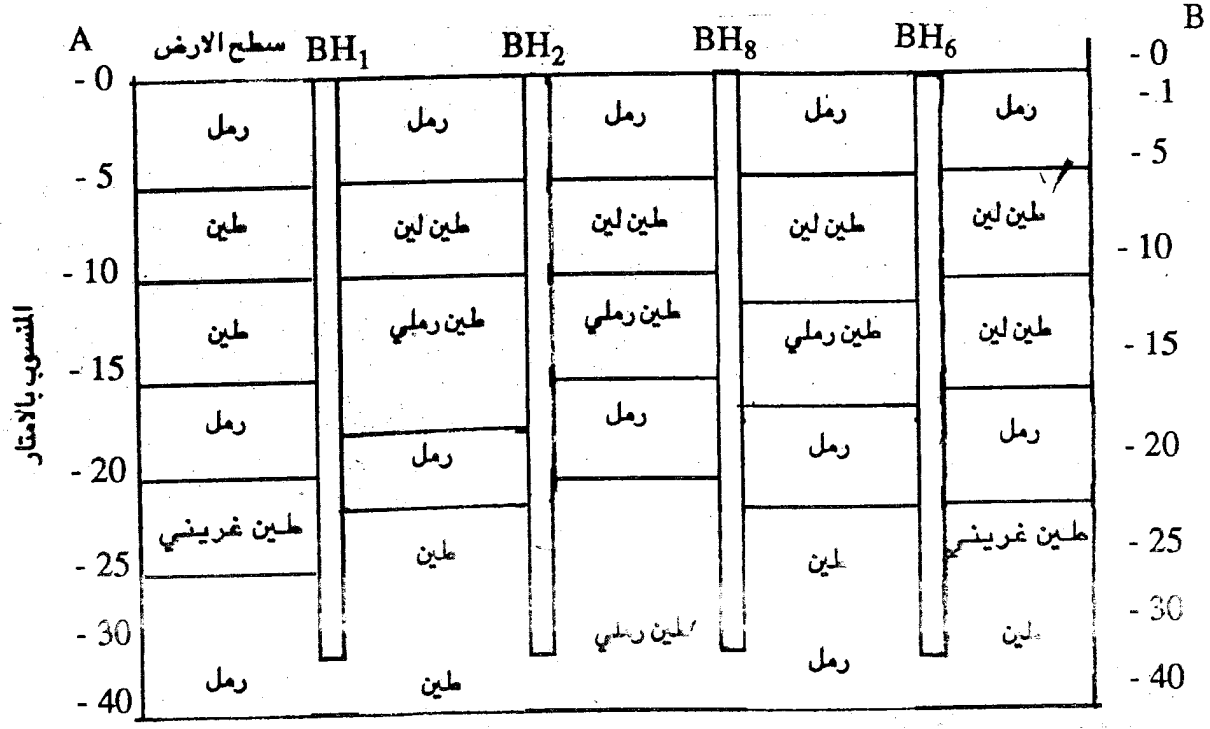
## المباني التجارية (Commercial Buildings) :

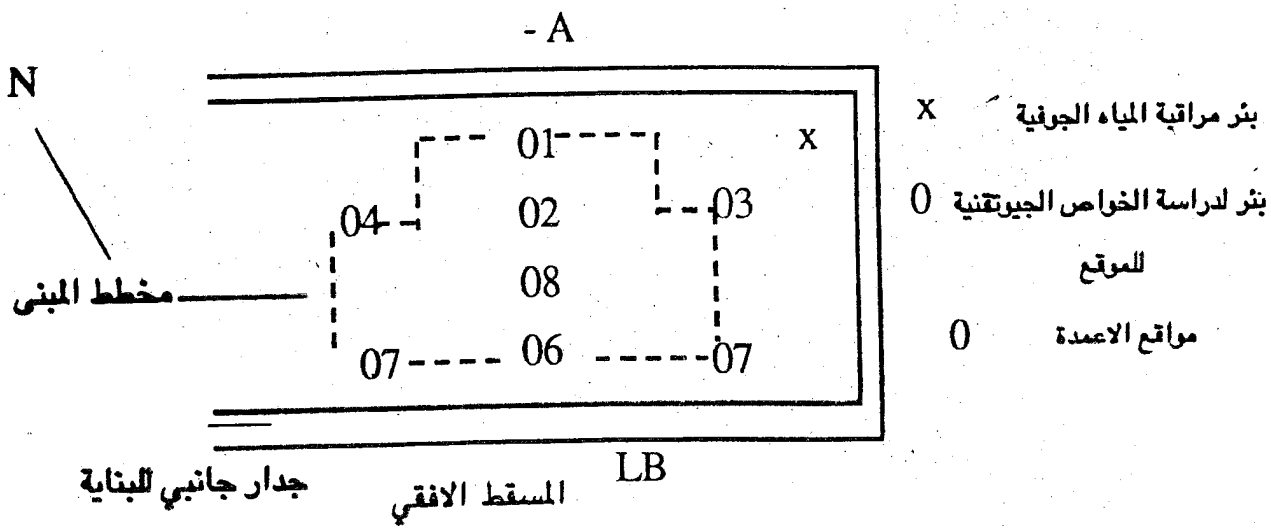
تتميز هذه المباني بتراكيز عالية من الاحمال التي تنقل عادة الى الاسس بواسطة اعمدة كونكريتية . وان العديد من هذه المباني تحتوي على طابق تحت سطح الارض يعرف بالسرداب (basement) . عموماً توضع هذه المباني على اسس عميقة لذا تستدعي في الاقل التحري عن المياه الجووفية وطبيعة التربة والصخور الواقعة تحتها لذلك يعتمد منهاج التحري على تكاليف المنشأ وطبقات التربة والصخور ، فضلاً عن توفر المداخل المناسبة الى هذا الموقع . وفي معظم الاحيان تقام بنايات جديدة بجوار المباني القديمة التي لازالت قائمة . ولذا سيكون حفر الابار للتحري عن التربة والصخور من خارج المبنى المراد اقامته الا في حالات نادرة عندما تتوفر معدات خاصة بالحفر يمكن ادخالها الى هذا المبنى . وان عدد الابار التي يجب حفرها يعتمد على الاختلاف الحاصل في مواد الاسس وسعة المنشأ نفسه . ان افضل برنامج للتحري هو وضع بئر واحد عند موقع كل عمود حسب الامكانية . وبذا يتم الحصول على معلومات حول طبيعة الطبقات الصخرية او التربة اما عن طريق حفر ابار اختبارية عند زوايا هذا المنشأ . او عند مواقع الاعمدة الداخلية التي سوف تتحمل هذه الاوزان الثقيلة .

والشكل (13-9) يبين برنامج تحري لموقع مبنى متعدد الطبقات . اما عمق الحفر فيعتمد على مقدار حمل الطابق تحت الارض (السرداب) . والقاعدة المتبعة في مثل هذه الاحوال هو ان يتم الحفر الى عمق مرة ونصف يقدر عرض الاسس المقترحة . وبعد اجراء الاختيارات الموقعية اللازمة مثل فحص الاختراق القياسي (S.P.T) بمختلف انواعه او مقاومة القص المروحي او اختيارات فيزيائية اخرى مناسبة لهذه التربة او الصخور مختبرياً وحقلياً .

اما في حالة المنشآت المهمة يجب حفر بئر اختياري واسع يقطر يتراوح بين (10-15) سم وذلك بهدف الحصول على عينات كافية للفحوصات المختبرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت الصخور قوية ومتلاحمة او ان عدد الضربات لكل 30 سم في

اثناء فحص الاختراق القياسي يزيد على 60 ضربة فيفضل استخدام العفر الدوراني للحصول على عينات ملائمة للاختيارات الجيو تقنية . ويتبع ذلك رسم قطاعات جيولوجية او قطاعات جيو تقنية اخرى خلال اجزاء معينة من هذا المنشأ . ومن ثم تؤشر البيانات الجيولوجية على هذه المقاطع طبقاً لطبيعة المواد تحت السطحية ، فضلاً عن مناسيب المياه الجوفية والبيانات الجيو تقنية الاخرى اللازمة وعند تواجد صخور متشققة تتطلب الحاجة الي اجراء فحوصات حقلية مناسبة لاتبتعد عن موقع المنشأ نفسه .




شكل (13-9) يبين برنامج تحري جيوتقني لموقع بناية متعددة الطوابق

اطلاع

مثال : دراسة جيو تقنية لانشاء مبنى كلية الهندسة – كرمة علي – البصرة : لانشاء مبنى مؤلفاً من ثلاثة طبقات في منطقة كرمة علي . ثم القيام بدراسات جيو تقنية في عام ١٩٦٩ . حيث حفرت عدة ابار اختيارية لهذا الغرض – فيما يلي موجزاً لهذه الخصائص الجيو تقنية من الاعلى الى الاسفل ممثلاً بقطاع التربة وخواصها الفيزيائية . شكل (13-10) .

١– طبقة طينية رمادية – بنية اللون امتدت من 2 مترفوق مستوى سطح البحر وحتى (١٠١ متر) .

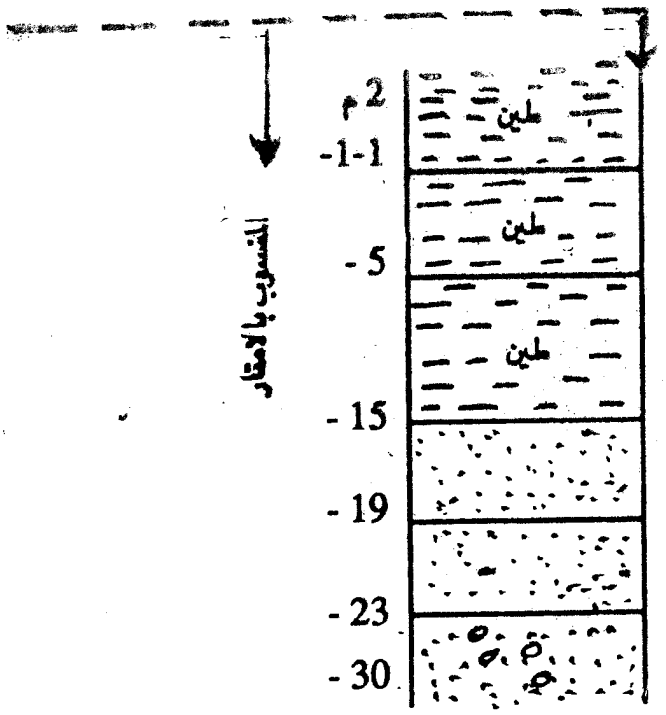
٢– طبقة طينية قاسية الى صلبة امتدت حتى عمق (5 م) .

٤– طبقة رملية غرينية ناعمة امتدت حتى عمق (19 م) اعقبتها طبقة طينية قاسية بسمك 4 م .

٥– طبقة رملية ناعمة وكثيفة ابتداءً من عمق (23 م) تحت سطح الارض الى اكثر من(30 م) نهاية الحفر المطلوب .

اما معدل الخصائص الجيو تقنية للطبقة الطينية فكانت كالاتي : حد السيولة 38% ، حد اللونه 20% ، دليل اللونه 18% مقاومة الانضغاط المحورية = 0.35 qu كغم / سم$^2$ ، وان قوة التماسك c=0.1 كغم / سم$^2$ ، واما $\phi$ زاوية مقاومة الاحتكاك الداخلي للطين ($\phi$ =2°) , e = 0.9 معامل انضمام التربة (Cc)=1.4 ، الوزن النوعي =2.7 ، وان محتوى الرطوبة 30% .

لقد كانت السعة التحميلية للطبقة الرملية 12 طن /م$^2$ ، وقد بلغ محتواها الرطوبي 14% ، اما نسبة الجبس فكانت . 0.42% لذلك تم استخدام ركاذز خرسانية من النوع ذي النهايات (end bearing Piles) بهدف اقامة مثل هذا المنشأ . وقد اعتمدت المسافة 2 م بين ركيزة واخرى .




شكل (13-10) قطاع التربة في كرمة علي

## المنشآت الصناعية (Industrial Buildings) :

يشمل هذا الصنف انواعاً مختلفة من التراكيب الهندسية مثل اسالة الماء ومواقف السيارات الكبيرة والمعامل الصناعية وغيرها من المنشآت الاخرى . وان هذه المباني عادة تكون عالية وتحتوي على طابق او طابقين او اكثر . ولكنها تحتوي على سقوف ثقيلة او احمال كبيرة مسلطة على الجدران . وفي المعامل الانتاجية قد يكون الحمل المسلط على الارضيات كبيراً . ولذلك في الاقل ستحتاج الى اساس منفرد لكل حمل او ماكنة . وفي هذه المعامل لابد من الاخذ بنظر الاعتبار تاثير الاهتزازات الى جانب الاحمال الميتة والاحمال الحية . وهذا يتطلب اقامة اسس معينة . وفي حالة الرمال المفككة والحصى التي تعد من المواد الحساسة للاهتزازات . ويرجع السبب في ذلك ان رصها الناشيء بسبب هذه الاهتزازات يكون مسؤولاً عن جلوس هذه الاسس الموضوعة عليها . وقد لوحظ ان مثل هذا الجلوس قد يتسبب في اختراق الركائز للصخور اللينة المتواجدة تحتها . وفي حالة تواجد فضلات او مواد كيميائية او عضوية متفسخة في المنطقة

ستؤدي الى تلف الخرسانة منا . وعليه يتطلب برنامج التحري حفر ابار اختبارية تغطي مساحة واسعة تعتمد على سعة المنشأ او امكانية تغير ظروف التربة وموادها . وخصوصاً في المواقع التي توضع فيها احمال مركزة . لذا يفضل حفر بئر واحد في الاقل عند موقع كل اساس منفرد من هذه الاسس المعتمدة والمصممة لهذا المنشأ الهندسي . اما عمق الحفر فتحدده ظروف التربة نفسها وعمق المياه الجوفية . وعندما تكون مناسيب هذه المياه الجوفية مرتفعة سترفع العتبات الارضية التي توضع مباشرة على التربة في مثل هذه المباني الكبيرة .

**امثلة محلية**

**مثال (١) :** تحريات جيوتقنية لتطور منشأ هندسي نفطي غرب البصرة :

لكي نحصل على تصور سلوك التربة تحت الاسس المقام عليها هذا المنشأ لابد من التعرف على قابلية تحملها للاثقال المختلفة وعلى ضوئها يتم اختيار نوع الاساس المناسب . يتبعها دراسة الخواص الجيوتقنية المختلفة والمؤثرة على السلوك الهندسي لهذه المواد الارضية . وفي ضوء ذلك قام المركز القومي للمختبرات الانشائية بتحريات موقعية يمكن اجمالها بما يلي

**اولاً :** فحوصات قابلية تحمل التربة وذلك بعد اجراء عمليات حفر حتى عمق 16 متراً ، ومن خلاله تم قياس خواص التربة المختلفة ومناسيب المياه الجوفية في المنطقة . كما هو مبين في الشكل (13-14) . حيث في البئر رقم (1) يتالف مقطع التربة من الاعلى الى الاسفل من الطبقات الاتية : -

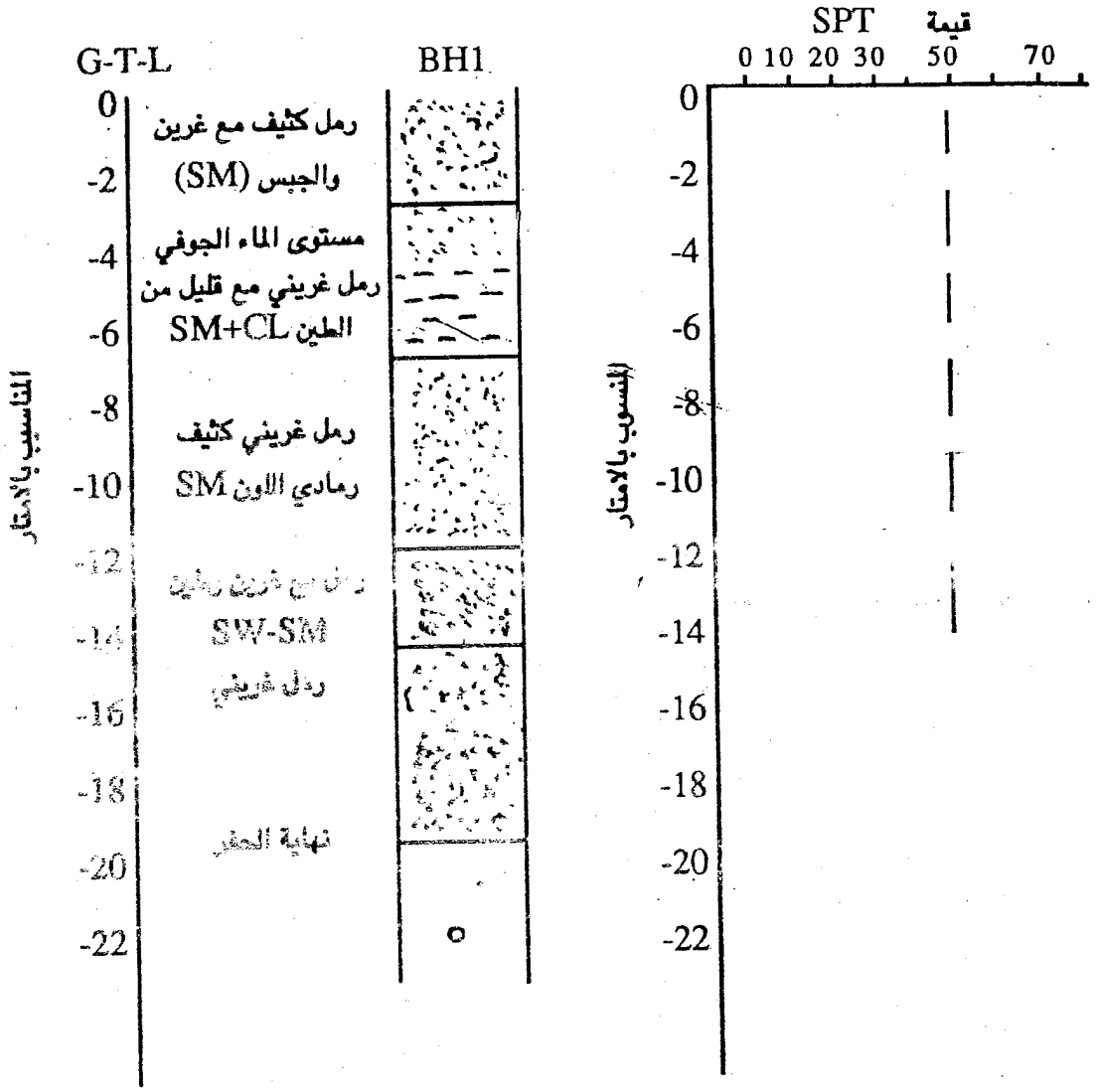
١- الطبقة العليا مكونة من رمل غريني كثيف جداً بني اللون (SM) ترافقة بعض الجزئيات الجبسية . يتراوح سمك الطبقة بين (3-3.6) متر تحت سطح الارض .

٢- الطبقة الثانية تتكون من الرمل الغريني الكثيف جداً بني اللون يمتزج مع غرين

طيني (SM-CL) ويمتد احياناً الى عمق 5 م .

٣- الطبقة الثالثة مؤلفة من رمل غريني ايضاً (SM) يمتد الى عمق 9 متر . اعقبتها طبقة مكونة من رمال جيدة التدرج وكثيفة جداً ترافقها بعض الدقائق الناعمة . وقد تراوح سمكها بحدود 6.5 م (اي تمتد الى عمق 11.5 م تحت سطح الارض .

٤- الطبقة الخامسة مكونة من رمل غريني بني اللون ايضاً يمتد حتى عمق 13.5 م تحت سطح الارض وحتى نهاية عمق الحفر 16 م .




(فحص الاختراق القياسي SPT) (قطاع التربة BH1)

(شكل 13-11) يبين قطاع التربة والفحوصات الجيوتقنية لتطوير منشأ

هندسي تغطي غرب البصرة

اما منسوب المياه الجوفية فقد تراوح بين 0.8 – 3 م تحت مستوى سطح الارض الحالي . وبعد اجراء فحوصات الاختراق القياسية (SPT) لتقييم قابلية تحمل التربة فتراوح عدد الضربات من 20 في الطبقات العليا حتى بلغ 50 ضربة لكل 30 سم على عمق 16 م .

وقد تناقص عدد الضربات في الامتار الاولى بسبب قربها من منسوب المياه الجوفية واذابة المواد الملحية والجبسية وتخفيض قيمة الاجهادات الفعالة . حيث ان هذه المواد الذائبة والاجهادات تسببت في خلخلة التربة واضعفت قابلية تحملها في بعض المواقع . وبعد اجراء الفحوصات تم حساب مقدار الجلوس المسموح به لهذا التركيب الهندسي . وذلك باستخدام الصيغة المقترحة في مجال ميكانيكا التربة , (Peck 1974) والمثبته على اساس قيم (SPT) وجد ان قابلية تحمل التربة هنا تراوح بين 10.5-13.5 طن / م٢ بينما كانت القيمة التصميمة الاصلية لتحمل الترب في بداية انشاء هذا المنشأ الهندسي بحدود 28 طن / م٢ . وقد شيد في بداية اقامته على اسس سطحية حصيرية واسعة (raft) (تقرير متخصص غير منشور) .

[illegible]

توصف الاجراءات المستخدمة لمعالجة ضعف او زيادة نفاذية الصخور بانها عمليات جيو تقنية تنفذ عادة من قبل شركات او مؤسسات متخصصة لهذا الغرض . هنا سنؤشر فقط اهم تطبيقاتها . وهذه تشمل :

اولاً : خفض منسوب المياه الجوفية . حيث ينفذ اما بـ أ- نقاط الابار (Well points) و ب- حفر ابار عميقة مجهزة بمضخات غاطسة . عموماً قبل البدء بوضع وتخطيط العدات والتجهيزات اللازمة يجب القيام بعمل تقييمي وجيو تقني تحددها العوامل التالية ١- طبيعة الارض و ٢- طبيعة وكثافة الترب والطبقات الصخرية وبالاخص الطبقات ذات النفوذية العالية . و٣ – معرفة كل من مستوى الماء الساكن

ومناسيب المياه الجوفية المعزولة واعماق المياه الجوفية ، فضلاً عن امكانية تواجد مياه ارتوازية في بعض الاحيان .

وكما سبق ذكره جميع هذه الامور تتطلب حفريات متكاملة وبيانات وافية ورسم قطاعات طبوغرافية وجيولوجية وتحليلات وفحوصات مختبرية . مثلاً ايجاد الحجم المؤثر للتربة والمعروف بـ D10 والحجم الاقل من 60% والمعروف بـ D60 ، وبعد تحديد معامل التجانس D60/D10 .

ولكي نتبين اهمية معامل التجانس بالنسبة لتدريج الترب لاحظ الجدول (13-2) ادناه . حيث ان هذه التدريجات للترب بدورها ستؤثر على قيمة النفاذية نفسها .

جدول (13-2) يوضح العلاقة بين معامل التجانس وتدرج التربة (دنكمان)

| معامل التجانس D10/D60 | تدريج التربة |
|---|---|
| 2-1 | تربة متجانسة جداً |
| 3-2 | تربة متجانسة |
| 5-3 | تربة عادية |
| 7-5 | تربة متدرجة |
| فوق 7 | تربة متدرجة – ممتازة |

اما الدليل الاخر فهو شكل الحبيبات لتعين نفاذية التربة . فالترب المستديرة الحبيبات تكون نفاذيتها اعلى من الترب ذات الحبيبات التي حافاتها حادة . وذلك بسبب تداخلها فيما بينها . وبذا ستقل النفاذية فيها .

تعتمد طريقة خفض المستوى المائي على طبيعة ظروف المياه الجوفية في الموضع . فضلاً عن مقدار المسافة بين نقطة بئر واخرى . وكذلك تعتمد على نفاذية الطبقات نفسها . في الترب خشنة الحبيبات تؤخذ المسافات بين النقط بابعاد تتراوح بين 10

سم – 1 م . وهذا يعني الاستمرار بالحفر تحت ظروف جافة مصطنعة . ولكنه في حالة انشاء ابار عميقة ستكون المسافة بين بئر وآخر بحدود 20 متراً .وهنا يبدأ الحفر بالبريمة والاسطوانة الحديدية يعقبه ادخال انابيب فخارية مثقبة ومحاطة بمواد مرشحة . بعد ذلك توضع مضخات غاطسة تعمل بالكهرباء في هذه الآبار (اقطارها بين -40 20 سم وبهذه الطرق ستخفض مناسيب المياه الجوفية وخصوصاً في الطبقات الرملية ذات الحبيبات الناعمة .

**ثانياً / طريقة المبازل العمودية (مصرفات رملية رأسية) :**

سنتطرق عن هذه الطريقة بصورة تفصيلية في الفصل المتعلق بالتعليات الترابية . حيث تستخدم هذه الطريقة عند تحميل الطبقات الطينية باثقال معينة . ان الماء المتواجد في هذه الترب سوف لن يفلت تلقائياً من هذه الطبقات او التربة . لابد سينشأ ضغط مائي مسامي يتطلب عمل مصرفات رملية رأسية في هذه الاطيان . وبذا سيطرد الماء من هذه الترب والطبقات بصورة سهلة . وهذه الطريقة تتضمن عمل مشبك من الثقوب الرأسية المربوطة فيما بينها فوق الموقع المطلوب تصريفة وتقوية تربته .

**ثالثاً / طريقة عمل جدران حاجزة :**

تستخدم هذه الطريقة في حالة عمل حفريات تحت منسوب المستوى المائي الجوفي . وهنا يحفر خندقاً بعرض 80 سم حتى الوصول الى الطبقة ذات النفوذية الواطئة . بعد ذلك يملأ هذا الخندق بطين الحفر (البنتيونايت) ونبقيه مفتوحاً . وبذا سيقوم هذا الطين باحداث مقاومة كافية تمتع انهيار الجدران . بعد ذلك ندفع بالطين في الخندق الى اجزاء اخرى من الحفرية . حالياً تستخدم الى اعماق قد تصل الى اكثر من 20 متر تحت سطح الارض .

رابعاً / طريقة التحشية (الحقن) للثقوب :

اصبح بالامكان زيادة مقاومة التربة او خفض نفاذيتها بفعل التحشية (Grouting) . وهذه تشمل ملأ فراغات التربة اما بالاسمنت – والصلصال ، او الاسمنت ومواد كيمياوية اخرى . ان قابلية اي نوع من هذه التحشيات تبعاً لاختلاف الارض تعتمد على حجم الجزيئات التي يجب ان تكون اقل من قياسات تلك الفراغات التي يتم تحشيتها . اما التحشيات بالمضافات الكيميائية فتكون على هيئة محاليل مائعة . وان درجة لزوجتها فقط هي التي تجهزنا بمقاومة للاختلاف الارض . اما اذا تطلبت الحاجة الى تحشية تربة ذات نفوذية عالية بطريقة الاسمنت والروازم (Packers) يهدف عزل الترب النفاذه في هذه البئر عن تلك الطبقات ذات النفوذية الواطئة . ولكنه عموماً تستخدم المضافات الكيميائية سواء مزيج الصلصال الاسمنتي او الصلصال الكيميائي في تقوية الطبقات ذات النفوذية الواطئة جداً .

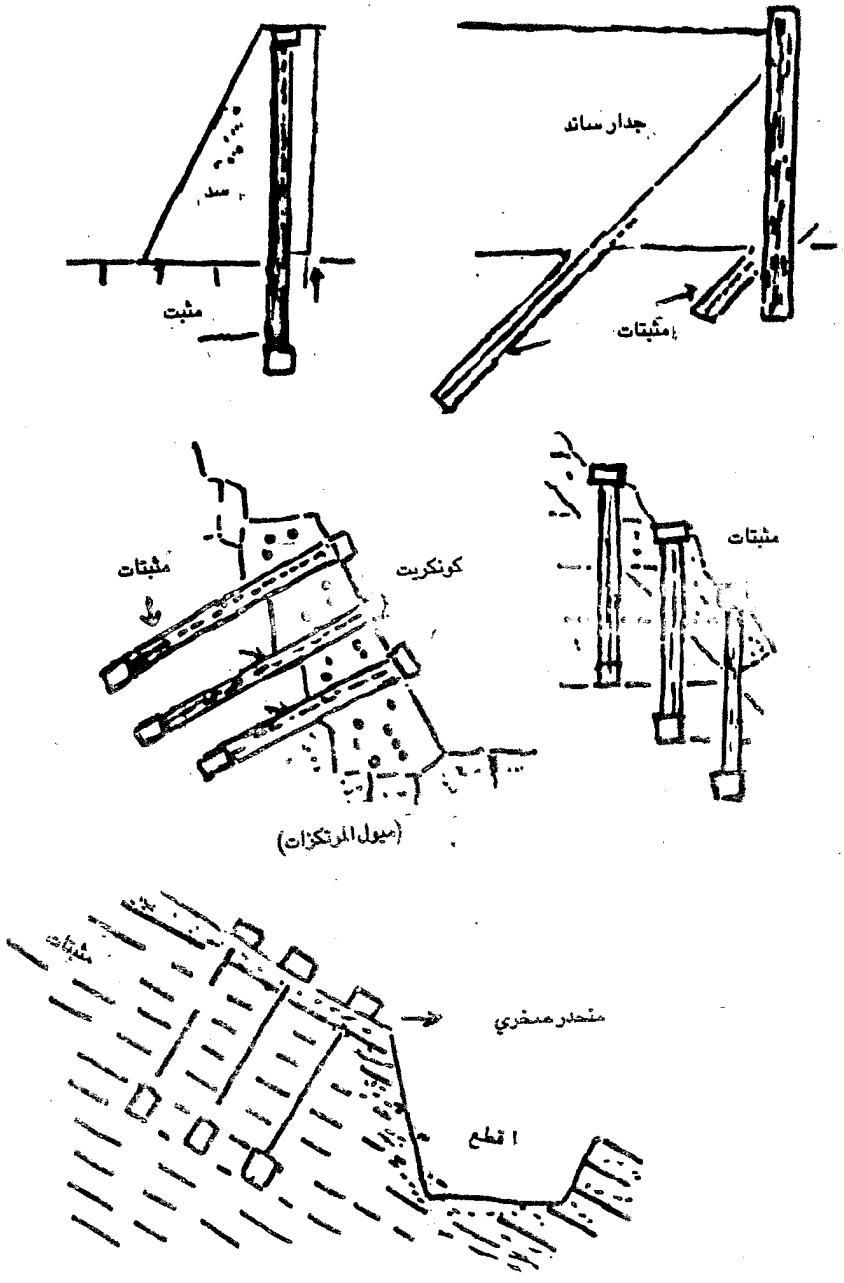
خامساً / طريقة تحشية الصخور :

توجد انواع عديدة من التحشيات لتحسين الطبقات الصخرية . وهذه تشمل التحشية بالاسمنت ، والبنتونايت ، والاسمنت الصلصالي ، والقير الصناعي ، والمضافات الكيميائية الاخرى . فعلى سبيل المثال التحشية الاسمنتية لملأ الشقوق والفراغات بهذا المزيج الاسمنتي جزئياً او كلياً مما ينتج عنها تناقض في مسامية الصخر والكتل الصخرية . هنا تحفر عدة ابار او ثقوب وفق طرق الحفر المعتمدة تحددها طبيعة الصخور بعد ذلك تنفذ عملية التحشية . او تحفر البئر حتى العمق المطلوب ثم تحقن بالاسمنت ومن الجدير بالذكر ان التحشية بالاسمنت لا تخترق الشقوق التي اقطارها تقل عن 01-0 سم .

سادساً / مسايير تثبيت الصخور :

تثبت الطبقات الصخرية او الكتل الصخرية بعضها مع البعض الاخر بواسطة مسامير لولبية خاصة تعرف بمسامير تثبيت الصخور مسبقة الشد (Rock Bolts) .

فعلى سبيل المثال بعد تنفيذ عملية حفر الانفاق ظهر ان الكتل المجاورة تميل الى الارتفاع وخصوصاً عندما يكون الحفر تحت المستوى المائي الجوفي . ونتيجة لذلك يزداد عرض الفواصل بين هذه الكتل الصخرية تؤدي الى اضعافها لذلك تتطلب هذه الصخور ربطها بمسامير لتبقيها على حالتها الاصلية وبصورة متوازنة على شرط عدم انهاء هذا المسمار في مقطعاً صخرياً معرضاً الى اجهادات شد .




شكل (13-12) يبين كيفية الارساء والتثبيت الصخري

عموماً تتحدد المسافة بين هذه المسامير بنصف طول المسمار . اما نسبة المسافة بين هذه المسامير الى المسافة بين الفواصل فيجب ان تكون اقل من 4 . اما طول هذه المسامير فتتحد تبعاً لمقاسات الفتحة او النفق المراد اقامتهما تحت سطح الارض .

اما في حالة تثبيت الصخور في اثناء انشاء السدود او مسك الجدران الساندة فتستخدم لارساء مساند لهذه الكتل الصخرية وخصوصاً تقوية المرتكزات الجانبية للسد . وقد تستخدم ايضاً لاسناد المباني التي تتعرض الى قوى ريحية شديدة . وفي هذا المجال تستخدم قضبات او كابلوات حديدية توضع مع الخرسانة لكي تقوم بتثبيت واسناد هذه الصخور والكتل الصخرية . لاحظ الشكل (13-12) الذي يوضح كيفية استخدام مثل هذه المثبتات في الصخور .

## سابعاً / تقوية المنشآت المعرضة للزلازل :

يجب اقامة المنشآت المعرضة للهزات الارضية على اسس صخرية قوية وعميقة . ويرجع السبب في ذلك ان الهزة الارضية تجعل التركيب الهندسي يميل وكأنه وحدة متكاملة بسبب هذه الاهتزازات . وعليه تتطلب اقامة اسس حصيرية طويلة تسمح للتركيب بتحمل هذا الاضطراب نتيجة لترابط هذه الاسس فيما بينها . وتنفذ هذه الاسس بانشاء اعمدة مربوطة بزوايا وجدران خارجية مسلحة تسليحاً ثقيلاً . ولايجوز اقامة مباني في مناطق الاهوار والمستنقعات الا بعد كشفها وتقويتها عموماً بفضل بناء المساكن في اراضي مستوية والابتعاد عن الاراضي المنحدرة قدر الامكان . اما في حالة انشاء المباني كما سبق ذكره يجب دق ركائز بأنواعها المختلفة حتى الوصول الى الطبقة الصخرية .

# التحري الجيولوجي عن مواد البناء ورصف الطرق

معظم المشاريع الهندسية وخصوصاً طرق المواصلات والاعمال الهيدروليكية تتطلب توفير كميات كبيرة من الاحجار والحصى والرمل والمجاميع الصخرية الاخرى. لذا تصبح مهمة الجيولوجي البحث عن مصادر هذه المواد. فأما ان يلجأ الى المقالع والمكامن القائمة. او ان يبدأ في التحري عن مقالع او مكامن جديدة بالقرب من موقع الانشاء وخصوصاً في حالة الانفاق والسدود والجسور. لكي يتم تقليل كلفة المشروع الاقتصادية، تتضمن طرق التحري عن هذه المواد اربع مراحل متتالية.

١ــ التنقيب عن المكامن المعدنية المشخصة من الجهات المعنية.
٢ــ الاستطلاع الاولي عن المكامن المعروفة.
٣ــ الكشف والتحري التفصيلي عن المكامن.
٤ــ صلاحية المكمن او المقلع للعمل.

Scanned with CamScanner

## الاستطلاع الاولي للمكمن او المقلع

وتتضمن مرحلة الاستطلاع الاولي ما يلي :

( أ ) المعلومات المتوفرة عن مواد البناء المستخدمة في المناطق المجاورة، وتشمل دراسة الخرائط والتقارير الجيولوجية وذلك لتكوين فكرة عن طبيعة الصخور الملائمة للمشروع المقترح.

(ب) تقدير نوعية الصخور وصلاحيتها على اساس الفحص المحلي للعينات والتحليل الصخري لهذه العينات.

( ج) تحديد الواجهات الهيدرولوجية للمكمن وتخمين الاحتياطي من واقع شكل المكمن وسمك الغطاء فوقه.

( د ) تحديد مواقع المقالع فيما يتعلق بوسائل النقل وموقع المشروع.

فيما يخص المعلومات الاولية يمكن الحصول عليها من الاصدارات الخاصة بها والظروف الجيولوجية ومصادر المعادن في المنطقة. ثم الرجوع الى الخرائط ومواقع المقالع المشخصة. اما تقدير نوعية الصخور في الموقع فتشمل: تخمين مقاومة الصخور، لونها، درجة صلابتها او متانتها، درجة مقاومتها للتجوية، لذا يستحسن فحص بعض المنشآت المقامة من هذه المواد الارضية في المنطقة المجاورة للمشروع المقترح تشيده.

اما طريقة تكوين المكمن الصخري فيمكن استنتاجها من مظاهر الطبقات في المناطق المجاورة للمكمن. حيث تقاس مضارب وميل هذه الطبقات ومعرفة شكل المكمن وسمكه بصورة تقريبية. يضاف الى ذلك تحديد الموقع الجغرافي سواء قربه او بعده عن موقع المنشأ المقترح لكي يتم تحديد طرق المواصلات او سكة الحديد او العربات المعلقة في المناطق الجبلية. وبعد هذا الاستطلاع لابد من تحديد المقلع الخاص بهذا المشروع.

Scanned with CamScanner

الجدوى الاقتصادية للاحتياطي في هذا المقلع لكي يتم فتح المقلع بكفاءة عالية. حيث يمكن الحصول عليها من واقع القطاعات الجيولوجية التي تبين الحجم الكلي للصخور. ومن هنا سوف يحسب هذا الاحتياطي بصورة دقيقة. فعلى سبيل المثال في الصخور الرسوبية التي لم تتعرض الى فعاليات تكتونية تمثل سمك الطبقة مضروباً في سعتها. وهذه يمكن حسابها من الخرائط الجيولوجية مباشرة. وهنا يجب الاشارة الى ان الصخور اللينة والسميكة سوف تزيد من كمية الفضلات اثناء تواجدها في هذا الموقع، التي ستغير الكلفة الاقتصادية للمشروع. يضاف الى ذلك ان سمك الغطاء من الرواسب المفككة سيؤثر على اقتصادية انتاج الاحجار عند استخراجها من المقلع.

## المباديء الاساسية لفتح المقلع

تقلع الصخور والمواد الارضية من اجل استخدامها كأحجار للبناء او الارصفة، او الطرق السريعة، او خطوط السكك الحديدية، او مجاميع لصناعة الكونكريت. حيث ان جميع هذه الاستخدامات تفرض شرطاً معيناً على خواص الصخور وطريقة استثمارها. وتعتمد طريقة الاستثمار بدورها على شكل التضاريس الارضية في المنطقة. حيث تستعمل طريقة القلع الرفي (Shelf quarring) في المناطق المرتفعة والتلال. وطريقة القلع بالحفر في المناطق السهلية.

### ١ــ المقلع الرفي (Shelf Quarry)

تعتمد عملية قطع الصخور في المقالع الرفية وقلعها بالاساس على ظروف لمواصلات والنقل. حيث عند فتح المقلع يجب ملاحظة عدة امور من اهمها:

١ــ موقع قاع المقلع واتجاه واجهة العمل. فلا يستحسن وضع قاعدة المقلع عند قاع الوادي، نظراً لتراكم الرواسب والمواد المفككة مما يتطلب ازالتها عن الموقع وهذا يعني رفع سعر كلفة الانتاج ولكنه من الافضل وضع قاع المقلع في

Scanned with CamScanner

## الغاية المتوخاة من هذا التحري:

بصورة عامة يهدف التحري الموقعي الى تحديد شكل المكمن وسمكه، وسعته، ونوع الغطاء السطحي وسمكه، ثم اخذ العينات لاجراء الفحوصات التقنية. وجميع هذه الامور تتطلب العمليات التالية:

( أ ) المسح التفصيلي لمكان منطقة المقلع وارتفاعه.

(ب) رسم الخرائط وبقية الاعتبارات الهيدرولوجية.

( ج) الحفر والقلع التجريبي.

( د ) اخذ العينات لغرض اجراء الفحوصات عليها.

(هـ) جمع النتائج وتحديد الاحتياطي من المواد وتحديد خطة الاستثمار.

ولغرض اختصار العمليات المذكورة اعلاه. حيث ترسم خرائط طبوغرافية بمقياس 1000:1, 5000:1 او باستخدام الصور الجوية. وبعدها ترسم الخرائط الجيولوجية بحيث تشمل الطبقات الجيولوجية وميولها وانظمة التواصل الرئيسة والقوالق والتشققات، وسعة الغطاء الصخري، مواقع الحفريات التي يتم فحصها، وتحديد ابار الحفر. يضاف الى ذلك البيانات الهيدرولوجية وعمق المستوى المائي وامكانية جريان المياه الجوفية نحو المقلع. واخيراً تحديد الصفات التقنية للاحجار ودرجة تجويتها وهذه تتطلب حفر الخنادق وطريقة اجراء التفجيرات الاختبارية على مقلع تجريبي، واخذ اللباب الصخرية لتحديد سمك الغطاء الصخري وتراكيبه المعدنية، اضافة الى البحث عن مكامن الحصى والرمل، ولذا ستصبح متطلبات المقلع الحجري وحجمه وشكله تعتمد بالاساس على الغرض الذي سوف يستخدم من اجله هذا المقلع. حيث تفضل الاحجار التي تتجزأ الى قطع صغيرة في حالة وضع المتفجرات. فالعينات التي يجب اختبارها يجب ان تؤخذ من الصخور نفسها التي سوف تستخدم لغرض الانشاء ولكنه يجب جمعها من مواقع مختلفة من المقلع لكي يتم الحصول على معدل مقاومة الصخور.

وفي النهاية، يجب تقيم عملية التحري التفصيلي وذلك من اجل تحديد

Scanned with CamScanner

اعالي الميل. حيث سيكون سمك الغطاء قليلاً. وسوف يترك مجالاً كافياً لازالة المواد غير المرغوبة.

٢ــ يجب الاخذ بنظر الاعتبار عند تخطيط هذه المقالع بان يكون ميلان الطبقات باتجاه المقلع الذي يليه. وهذا يتم من معرفة ميل الطبقات في هذه المقالع. حيث تقطع الاحجار في اعالي الميل ومن ثم تنقل على طول هذا الميل باتجاه موقع العمل. اما اذا كانت الطبقات رأسية فيتم القلع بصورة مائلة لخطوط مضارب الطبقات.

٣ــ في حالة الصخور المتكسرة فلايؤثر اتجاه الميل. حيث تستخدم طريقة التفجير مثل هذه المقالع.

٤ــ اما اذا كانت المناطق مرتفعة وشاهقة فتوضع المقالع في الاجزاء العليا من الجبال رغم صعوبة النقل.

## مقالع الحفر (Excavation Quarry)

في بعض الصخور القديمةتفتح بطريقة الحفر لكي يتم تلافي سمك الغطاء الصخري الذي يعزل الحجر المراد قلعه عن الوادي. ومن ثم تفتح واجهة كالغرفة العادية من قاع المقلع نحو الوادي من خلالها يتم نقل الاحجار وتصريف المياه. وفي هذه الحالة يجب اخذ التحوطات للامان في عملية القلع بسبب استخدام طريقة المتفجرات في هذه المقالع، وكذلك يجب التأكد من ثبات واجهة المقلع.

## المتطلبات الجيولوجية عند انشاء طرق المواصلات:

لغرض تقيم طرق المواصلات وخطوط السكك الحديدية يجب ملاحظة ما



Scanned with CamScanner

(أ) فحص موقع الخط بالنسبة للطبيعة الجيولوجية للمنطقة قبل التصميم.
(ب) فحص ملائمة التربة او الصخور المكونة عند انشاء التعلية الترابية.
(ج) فحص سعة التحميل لمواد الرصف.
(د) مراعاة زاوية الميل عند عملية القطع العميق او التعلية الترابية، او انشاء الجدران القاطعة العالية.
(هـ) معلومات عامة عن اسس الترب الخاصة بالجسور والجدران العالية.
(و) معلومات عامة عن ظروف الحفر.

## التعلية الترابية:

اما المتطلبات الخاصة بالتعلية الترابية فتشمل نوعين من المشاكل هما:
١ــ المواد اللازمة للتعلية الترابية ٢ــ تحديد ثباتية اسس التعلية الترابية وهذه تشمل ملاحظة الضغط المسامي في التربة السفلى، وزن هذه التعلية الترابية والضغط المائي في المسامات بين هذه الترب، وجود طبقات الرمل الناعم المنفذة الذي قد تتسرب منها المياه نحو قدم التعلية، وجود الرواسب النهرية المفككة التي تؤدي الى انهيار هذه التعلية الترابية، واخيراً يجب تصريف المياه من المنخفضات التي قد تتجمع في الوديان في منطقة التعلية الترابية.

Scanned with CamScanner

## الفصل الرابع: الخواص الفيزيائيه والميكانيكيه للصخور

### الخواص الفيزيائيه للصخور

- **الخواص الفيزيائية للصخور:**

1. *المسامية (Porosity):* هي نسبة حجم الفراغات في عينة ما الى حجم العينة الكلي، وتعتمد على:

أ- شكل الحبيبات المعدنية المؤلفة للصخر.

ب- تدرج احجامها.

ت- كيفية ترتيبها ورصها.

ث- درجة الانضغاط وصلابة هذا الصخر واحتوائها على حبيبات مختلفة الحجوم[4].

- **طريقة حساب المسامية:**

أ- توزن عينة من الصخر وهي جافة بعد وضعها في فرن في درجة حرارة $105^{o}$ لمدة 24 ساعة وليكن وزنها $W_1$ وهذا يعني وزن المادة الصلبة في العينة.

ب- توزن العينة بعد غمرها في الماء لمدة 48 ساعة [حيث تملأ الفجوات بالماء] وليكن وزنها $W_2$، وان حجم الفجوات يتحدد بعد طرح وزن العينة الجافة من وزن العينة المغمورة بالماء وهي في حالة التشبع اي [$W_2$-$W_1$].

---

(4) حيث ان الاجزاء الصغيرة سوف تحتل الفراغات بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقل المسامية وقد تزداد المسامية بوجود الشقوق الدقيقة او الفواصل. حيث إن المسامية الصخرية مقياس لقابلية خزنها للسوائل.

ت- يعاد وزن العينة المشبعة بالماء وهي مغمورة بكاملها تحت سطح الماء وليكن الوزن $W_3$ وهذا يعني وزن الماء المزاح الذي يساوي الحجم الكلي للعينة [ $W_2 - W_3$ ].

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفجوات في العينة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

$$Porosity = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

2. *محتوى الرطوبة (Moisture Content)*: وهي عبارة عن النسبة بين وزن الماء الموجود داخل الفجوات المتواجدة في العينة الى وزن المادة الصلبة الجافة من العينة.

وتحدد مختبرياً بأن توزن العينة وهي جافة وليكن وزنها [$W_1$]، ثم تغمر هذه العينة في الماء لمدة معينة وفي درجة حرارة معينة ثم يحدد وزنها وليكن [$W_2$]، ويمكن حسابها كما يلي:

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

اما درجة التشبع تعرف بأنها النسبة بين حجم الماء الممتص فعلاً والحجم الكي للعينة، وتختلف من صخرة الى اخرى.

3. *الوزن النوعي (Specific Gravity)*: هو وزن حجم معين من المادة الصخرية الى وزن نفس الحجم من الماء، وعادة يكون خالياً من الوحدات، ويقسم الى نوعين:

أ- الوزن النوعي الظاهري: يتحدد بوزن عينة من الصخر وهي جافة ولتكن [$W_1$] ثم وزن العينة وهي مشبعة بالماء ولتكن [$W_2$] ومن ثم توزن وهي مغمورة كلها في الماء ولتكن [$W_3$]، ويمكن حسابها كما يلي:

$$\text{الوزن النوعي الظاهري} = \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن العينة وهي مشبعة} - \text{وزن العينة وهي مغمورة بالماء}}$$

$$= \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن الماء المزاح}}$$

$$= \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

ب- الوزن النوعي الحقيقي: هو النسبة بين وزن حجم معين من المواد الصلبة الى وزن نفس الحجم المساوي له من الماء (أي: وزن الماء المزاح)، ويمكن حسابه كالآتي:

وزن الماء الذي يكون حجمه مساوياً للحجم الكلي للعينة [$W_3$-$W_2$].

وزن الماء في الفجوات فقط يكون حجمه مساوياً لحجم الفجوات الذي يساوي [W] ولكن:

$$w = w_2 - w_1 \; and \; by \; substituting \; from \; [w] \; will \; get:$$

نحصل على وزن الماء بالحجم المساوي للمواد الصلبة = $W_2 - W_3 - W_2$) + $W_1$) والذي ويساوي ايضاً [$W_3$ - $W_1$].

$$\text{الوزن النوعي الحقيقي} = \frac{W_1}{W_3 - W_1}$$

$$\text{الوزن النوعي الحقيقي} = \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن العينة وهي جافة} - \text{وزن العينة وهي مغمورة بالماء}}$$

4. *الكثافة (Density):* هي وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة المكونة للصخر ولكن يجب ملاحظة ما يلي:

أ- **كثافة حبيبات المادة الصلبة** $d_{solid}$ (وزن مجاميع المعادن في وحدة حجم معين من المادة الصلبة).

ب- **الكثافة الجافة** $d_{dry}$ (وزن مجاميع المعادن في وحدة من الحجم الكلي أي المادة الصلبة والفجوات عندما تكون خالية من الماء).

ت- **الكثافة المشبعة** $d_{saturated}$ (وزن مجاميع وكذلك الماء الموجود في الفجوات لوحدة الحجم، أي المادة الصلبة والفجوات ممتلئة بالماء).

5. *الكثافة الكلية (Bulk Density):* وهي وزن مجاميع المعادن مع الماء الموجود في الفجوات في وحدة الحجم اي المادة الصلبة والفجوات ممتلئة كلياً بالماء.

حيث يقل الوزن عمّا هي عليه في حالة الوزن في الهواء بمقدار دفع الماء للعينة عند غمرها فيه، **ولنأخذ مثالاً على ذلك:**

نفترض ان لدينا عينة وزنها الجاف 2.44 غم / سم$^3$، وإن حجم المسامات 50%، فإن دفع الماء يعادل وزن الماء الذي يزيحهُ 50% من حجم العينة.

وان حجم المواد الصلبة في العينة = 50/100 × 1 سم$^3$ = 0.5 سم$^3$.

مقدار الدفع للعينة = 0.5 سم$^3$ × 1 غم/ سم$^3$ = 0.5 غم.

الوزن المغمور = 2.44 غم – 0.5 = 1.94 غم.

6. *النفاذية (Permeability)*: وهي قابلية الصخور على مرور السوائل من خلال فجواته المتصلة بعضها مع البعض الآخر، وتتوقف النفاذية على:

- حجم المسامات.
- كيفية اتصالها.
- درجة لزوجة السوائل ودرجة الحرارة.

وجريان الماء يحدث عند توفر فرق ضغط مائي (h)، وعندما ينساب الماء خلال نموذج صخري طوله (L) فان الانحدار الهيدروليكي (او الميل) يساوي فرق علو الضغط المائي (h) مقسوماً على طول المسار للعينة (L) اي بمعنى آخر الانحدار الهيدروليكي:

$$\frac{h}{L} = I$$

ولقد تمكن العالم دارسي من حساب سرعة المياه الجوفية حيث وجد انها تتناسب تناسباً طردياً مع معامل النفاذية والانحدار الهيدروليكي، وان معامل النفاذية هذا عبارة عن مقدار ثابت يعتمد على طبيعة الصخور وخواص السائل المار فيه.

7. *متانة الصخور (Durability)*: بعض الصخور تتأثر عند تعرضها للجو[5] مما يؤدي الى تلف التراكيب الصخرية غير المتينة. وهذه يمكن تقديرها اثناء مشاهدة مكاشف الصخور بجوار المقالع وبعض هذه الصخور تتأثر بفعل الانجماد اثناء فترة البرد او قد تؤدي الى فقدان اواصرها من جراء تفكك المادة اللاحمة.

---

(5) على سبيل المثال معدن البايرات عند تعرضه للعوامل الجوية كالامطار او الاوكسجين فانها تؤدي الى اكسدته او احداث تغييرات كيميائية به.

- **الخواص الميكانيكية للصخور**: وهذا يعني كيفية تشوه او انهيار المواد تحت تأثير القوى المسلطة عليها.

مفاهيم خاصة بالخواص الميكانيكية:

- الاجهاد: هو القوة مقسومة على وحدة المساحة.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- **الانفعال**: هو التغير الحاصل على الجسم سواء في الحجم او الشكل او الطول او الزوايا وينتج من تأثير الاجهاد ويرمز له بالرمز $\epsilon$.
- **التشويه**: هو مقدار الزيادة او النقصان في حجم او طول او الزوايا للجسم ويرمز له (d).
- **المادة المرنة تماماً**: وهي المادة التي يزول عنها كل الانفعال الناتج عن اجهاد معين عند زوال الاجهاد المسلط عليها.
- **المادة اللدنة**: وهي المادة التي لا يزول عنها الانفعال حتى بعد رفع الاجهاد عنها.
- **المادة المطاوعة**: وهي المادة التي يمكن سحبها بواسطة الشد الى مقطع اخر اصغر من مقطعها الاصلي.
- **المادة الهشة**: هي المادة التي تنقصها المطاوعة وتتفتت وتتكسر عند تعرضها للاجهادات التي تفوق قوة تحملها.

- **نقطة الخضوع**: وهي النقطة التي تظهر عندها علامة تشويه غير قابلة للزوال.
- **نقطة الزحف:** هي النقطة التي تظهر عندها أولى علامات الانتفاخ المستعرض وغير قابلة للزوال[6].

بالنسبة للمادة المرنة يمكن ربط العلاقة بين مقدار الانفعال والاجهاد بواسطة معامل يونك [معامل المرونة]، الذي يرمز له بالحرف E وهو عبارة عن:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

اما نسبة بويزون والتي تمثل النسبة بين مقدار الانفعال [التشويه المستعرض مقسوماً على الانفعال في الاتجاه المحوري [التشويه الطولي] فيرمز له بالمرمز $\gamma$.

في التشوه المرن الانفعال يتناسب طردياً مع الاجهاد المسلط وهذا يعني زوال التشويه بعد رفع الاجهاد. والنقطة A تعرف بأعلى حد للمادة المرنة تماماً.

---

(6) عندما تتعرض المادة الصخرية الى اجهادات لفترات طويلة من الزمن يحدث ما يسمى بالزحف او الانفعال الذي يعتمد بدوره على الزمن الذي يشمل نوعاً من انواع الجريان.

## [redacted] الاصل الجيولوجي للتربه وخواصها الهندسيه

### التجويه

تعني التأثير الحاصل على او من مجموعه العمليات التي تحدث بفعل العوامل الجوية التي تؤدي الى تحلل وتفت الصخور الصلبه مما ينشأ عنها معادن جديدة ولكنها تبقى في محلها دون ان تنتقل

### التعريه

وهي الاثر الذي تعمله العوامل الجويه في الصخور مما ينتج عنها تحويل الصخور الى مواد مفتته او متحلله ولكنها قد تكرر لعدة مرات على سطح الصخور القديمه او الجديده ومن ثم تنقل هذه المواد المفتته عاده بفعل عوامل النقل كالرياح او المياه الجاريه كالسيول والانهار ولابد ان تنتهي سرعه هذه العوامل لسبب ما فتقوم بترسيب هذه المواد المفتته والذائبه في المنخفضات البريه او البحريه فتؤدي الى نشوء رواسب او تربه

### بيئة التجويه

**وتشمل الضغط والحراره وانواع المحاليل وطبيعه الغازات المتوفره والمتحرره والضغط هنا يثمثل بالضغط الجوي والحرارة هي درجة حراره الجو والتي تتراوح بين (الصفر – 50 درجه مئويه)**

**اما المحاليل فتشمل مياه الامطار والغازات المتوفرة والمتحرره كالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والنتروجين**

**التربة**

تعرف على انها الرواسب او المجموعات غير المتماسكه من المفتتات الصخريه التي تكونت بفعل عوامل التجويه والتعريه المختلفه

حيث تتكون من ثلاثه مكونات وهي المكونات الصلبه وتشمل الرمل والطمى والطين وبعض الجزيئات الصخريه الاخرى والمكونات المائعه الغازيه وتشمل المواد والمحاليل الايونيه الناتجه عن اذابة الاملاح فيها اضافة الى الغازات الذائبه كالاوكسجين وثاني اكسيد الكاربون واخيرا المكونات العضويه والناشئه من البقايا النباتيه والحيوانيه والبكتريا وفي بعض الحالات يتواجد فيها عناصر كالفسفور والكبريت ..... الخ.

- **تعريف الصلصال واهم انواع المعادن الصلصاليه**

في الاستخدامات الهندسية يعني مصطلح الصلصال (clay ) بانه تلك المادة اللدنة غير العضوية والمؤلفه من جزيئات قطرها اقل من 002. ملم ي ين من الناحية المعدنيه يعني تلك المادة البلورية الدقيقه الحجم والمتكونة من سيليكات الالمنيوم المائيه

**اهم مجاميع المعادن الصلصاليه**

**1- مجموعه الاليت**

**2- مجموعة المونتموريلونايت**

**3- مجموعه الكاؤلينات**

**اهم صفات المعادن الصلصاليه**

تختلف المعادن فيما بينها من حيث التركيب وحجم الحبيبات وسعه التبادل الايوني وحد السيوله وحد اللدونة والنفاذية وقابليه الانضغاط والهبوط ونظرا لاهمية دراسة التربة الصلصاليه من الناحية الهندسية سوف يتم شرح بعض الصفات المهمة :

1- حجم الحبيبات

2- الانتفاخ

3- النفاذيه

4- التصلب

**تربه العراق**

تختلف التربه في العراق من مكان الى اخر سواء من الناحية الجيولوجية او من الناحية الهندسيةز ويرجع السبب الى طريقة تكوينها والعلاقه الوراثيه بين مكونات التربه الاصليه وصخور الاساس يضاف الى ذلك عوامل نقل التربه والتأثيرات

المناخيه من منطقه الى اخرىز هذا بالاضافه الى تأثير التضاريس الارضيه والغطاء النباتي ، يمكن تقسيم تربه العراق الى :

1- تربه المناطق الجبليه والمرتفعات في الشمال- الجزيره

2- تربه السهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق

3- تربه المناطق الصحراويه

[redacted]

**جيولوجيا الانهار**

قبل البدء في مناقشة هذا الموضوع ، يجب التعرف على ميكانكيه الانهار المتمثله في علاقات الطاقه والسرعه والانحدار وغيرها

1- سرعه النهر هي المسافه التي تقطعها مياه الانهار في وحدة الزمن وتعتمد السرعه بدورها على شكل القناه ودرجة خشونة القاع.

2- انحدار النهر ويعرف الميل الذي يجري فيه االنهر بالانحدار ويقاس بالسنتمترات او الامتار الراسيه لكل مسافه كيلومتر افقي وتكون انحدارات الانهار شديدة بالقرب من منابعها في حين تقل باتجاه المصب.

3- مساحة مقطع النهر : وتمثل حاصل ضرب معدل العمق * عرض النهر

4- تصريف النهر وهو عباره عن حجم الماء المار خلال مقطع قناه النهر في وحدة الزمن

**الانهار والتعريه**

وتعني ازاله المواد الناتجة ونقلها في مسار النهر بطريقه ميكانيكيه او كيميائيه حيث تقوم الانهار باذابه المعادن االقابله للذوبان في مياهها

**النقل في الانهار**

تفسم الطريقة الحمل والنقل لهذه المواد بواسطه النهر الى ثلاثه اقسام هي :

- حمل النهر عند القعرويعرف بتلك البقايا من المواد الصخريه والمفتتات التي يقوم النهر بنقلها اما بالانزلاق او الدحرجة في قاع النهر.
- الحمل المعلق كما هو معروف فان الجزيئات الصلبه تسقط في المياه الهادئه تبعا لاقطارها واوازانها النوعيه. فعلى سبيل المثال ان جزئ الصلصال يحتاج لكي يستقر في المياه الهادئه بسرعه تقدر ب 0.00023 سم / ثانيه ولكي يستطيع النهر نقل هذه الجزيئات سوف يحتاج الى قوة تتغلب على محاوله هذا الجزئ للسقوط والاستقارار بفعل الجاذبيه.
- الحمل الذائب بالرغم من صعوبة رؤيه مثل هذا النوع من الاحمال المنقولة بواسطه النهر على هيئة محاليل ذائبه وقد تصل كميه هذا النوع من الحمل اكثر مما عليه في حالة الرواسب الصلبه

الترسيب في الانهار

عندما تحصل اي تغييرات هامه في ميل النهر او عمقه او قله او نقصان في سرعه مياه النهر يقوم النهر بترسيب جزء من احماله و جميعها ومن اهم اشكال الترسيباتهي الرواسب النهريه وغيرها واهم هذه الترسيبات

1- الترسيبات النهريه المروحيه

تنشأ عندما يقل انحدار النهر فجأه حيث تظهر هذه الترسيبات على هيئة مخاريط قمتها الى الاعلى

2- الشرفات النهريه

عندما تجري الانهار في وديان ذات قيعان مستويه وعريضه نجدها تقوم بترسيب احمالها فوق ضفافها وخصوصا في مواسم الفيضانات

3- السهول الفيضانيه

تتكون اثناء مواسم الفيضانات عند المصبات او على جانبي الوادي وتتكون من الرمال الناعمه والطمى

4- الترسبات في القنات النهريه

تتم نتيجة لتضاؤل سرعه النهر او قله ميله او وجود بعض العوائق الطبيعيه لذلك نجدها تتركز بين الانحناءات النهريه

5- الالتواءات النهريه

عندما يكون النهر في مرحلّه النضوج نجده يسير في مجار غير مستقيمه

6- الترسبات الدلتاويه

الدلتا عباره عن ترسبات تنشأ في مصبات الانهاروخصوصا عندما يلقي النهر بحمولته في بحر او بحير هادئه

**جيولوجيا المياه التحت السطحيه**

يحصل الانسان على احتياجاته المائيه من مصدرين هما المياه السطحيه والمياه الارضيه ولقد نشأ في القديم اعتقاد بان المياه السطحيه تشكل المورد الرئيسي لاحتياجات العالم ولكن في الواقع فان اقل من 3% من المياه العذبه المتاحة على الارض توجد في النهار والبحيرات واجزء الاكبر 97% فانه يوجد في باطن الارض

**المياه الجوفيه**

هي عباره عن مياه موجودة في مسام الصخور الرسوبيه تكونت عبر ازمنه مختلفه تكون حديثه او قديمه مصدر هذهع المياه غالبا الامطار او الانهار الدائمه او الموسميه وتتسرب المياه من سطح الارض الى داخلها فيما يعرف بالتغذيه

ترسيب
الرواسب والصخور الرسوبية
تعرية
صخور نارية
تحول
صخور متحولة
تبلور
انصهار
صهارة

# كيفية اختيار الاسس المناسبة لانواع وحالات مختلفة من التربة

| الحالة | | وصف حالة طبقة الاساس | الطبقة تحت طبقة الاساس | | بعد المياه الجوفية m | نوع الاساس | مقدار الجلوس المتوقع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | حالة الطبقة | عمقها m | | | |
| الاولى | أ | رمل وحصى متماسك مرصوص 3 م | صخور رملية صلدة | 12 | 10 | اسس منفصلة ضحلة العرض لا يقل عن نصف متر | 1 سم |
| | ب | | صخور رملية صلدة | 12 | قريبة او بعيدة عن سطح الارض | اسس منفصلة | يحدث جلوس عند حافات الاسس في الابنية الجديدة |
| الثانية | | مواد طينية صلدة لكنها متشققة | صخور رملية صلدة | 12 | 10 | اسس منفصلة بعرض قليل | |
| الثالثة | | طبقة طينية لدنة | صخور رملية صلدة | 12 | قريب من سطح الارض | ركائز دق كونكريتية من نوع End Bearing Piles | |
| الرابعة | أ | طبقة رمل مرصوص عمقها 8 م فوقها 4 م طبقة طينية لينة | صخور رملية صلدة | 12 | 4 | دعامات piers طولها يزيد عن سمك الطبقة الطينية بمقدار 60 سم | |
| | ب | طبقة رمل مرصوص عمقها 8 م فوقها 4 م طبقة طينية لينة | صخور رملية صلدة | 12 | قريبة من سطح الارض | ركائز خشبية Wood Piles قصيرة محمية من تأثير المياه الجوفية | |
| الخامسة | | رمل وحصى و غرين بعمق 6 م تحتها طبقة من الطين اللين بعمق 3 م | طبقة رملية | 9 | قريبة من السطح | ركائز كونكريتية من نوع End Bearing Piles | |
| السادسة | | رمل طيني لدن بسمك 3 م | طبقة سجيلية يكون الجزء العلوي لها سجيل متحلل منتفخ بسمك 6 م | 3 | ضمن الطبقة السجيلية $\geq$ 9 م | دعامات Piers كونكريتية تخترق طبقة الرمل الطيني اللدن لتصل الى الطبقة السجيلية | |