محاضرة الدكتور شكري بابا

الفصل الثاني

تقنيات تحضير موقع العمل

مقدمة:

إن تنفيذ أعمال التشييد مرتبط إلى حد كبير بتحضير الموقع بالشكل الذي يؤمن استمرارية هذه الأعمال وذلك باتخاذ عدة إجراءات تتعلق بالظروف المحيطة بموقع العمل وبمكان وجوده (خارج المناطق المأهولة أم داخلها)، هذه الإجراءات تتضمن ما يلي:

- تركيب سور لموقع العمل (إن كان ذلك ضرورياً).
- التدعيم المؤقت للمنشآت الخاضعة للهدم.
- إزالة العوائق الطبيعية والأبنية القديمة.
- تصريف المياه السطحية وتخفيض منسوب المياه الجوفية في موقع العمل.
- إلغاء أو نقل جميع شبكات الطاقة والمياه الحلوة والصرف الصحي.
- نقل طبقة التربة الصالحة للزراعة.
- مد شبكة الطرق المؤقتة أو الدائمة لتخديم الموقع.
- إنشاء الشبكة الجيوديزية اللازمة لتنزيل الأبنية.
- توزيع شبكات وأمكنة التخديم والإدارة.

1. التدعيم المؤقت للمنشآت الخاضعة للهدم

قد تُبرَّر أعمال التدعيم المؤقت للأبنية الخاضعة للهدم بهدف تأمين الاستقرار وعدم الانهيار المفاجئ لهذه الأبنية وكذلك لتدعيم بعض المنشآت المجاورة لها من أجل الحفاظ عليها، كما يمكن أن تبرر أعمال التدعيم المؤقت في الكثير من الحالات، ومنها:

آ- لتدعيم الجدران التي تشكل خطراً أو من المرجح أن تصبح غير مستقرة بسبب هبوط أو انتفاخ التربة أو الميلان.

ج- لدعم الجزء العلوي من جدار حامل خلال تنفيذ فتحة كبيرة في القسم السفلي منه.

د- لتدعيم بلاطة أو سقف بهدف التمكن من إزالة الجدار الحامل واستبداله بجائز.

2. إزالة العوائق الطبيعية والأبنية القديمة.

قبل البدء بهذه الأعمال يتم أولاً إلغاء أو نقل جميع شبكات الطاقة والمياه الحلوة والصرف الصحي من موقع العمل أو إلى أمكنة ضمن الموقع يتم تحديدها مسبقاً على مخطط الموقع العام. بعد ذلك يتم نقل الأشجار إلى أماكن خارج موقع العمل إن أمكن ذلك أو قصها بواسطة منشار ميكانيكي أو كهربائي أو بواسطة بلدوزرات ومجارف آلية.

هدم الأبنية القديمة وإزالتها يمكن أن يتم وفق مرحلة تحضيرية ومرحلة تنفيذية.

في المرحلة التحضيرية وقبل البدء بأعمال تفكيك وهدم المنشآت، يجب أولاً دراسة وضع المباني أو المنشآت الموجودة حيث نقوم بتحديد الحالة الفنية لهذه المنشآت بشكل عام، وذلك من حيث حالة عناصره الإنشائية وحجم الأعمال الواجب القيام بها وطرق الفك أو الهدم وإمكان الاستفادة من العناصر الإنشائية لاحقاً.

بناء على هذه الدراسة يتم وضع المخططات التنفيذية لهذه الأعمال والتي يجب أن تتضمن أساليب التدعيم المؤقت وتحديد الآليات اللازمة للتنفيذ، كما يجب تحديد المناطق الخطرة ووضع الشارات والمنبهات والحواجز لمنع مرور وتواجد الأشخاص في تلك المناطق.

تنفيذ الهدم يتطلب مهارة عالية وفي بعض الأحيان يتخلله بعض المخاطر لذلك مهما كان حجم العمل صغيراً، ينبغي أن يُعهّد إلى مقاول متخصص. هدم أي مبنى أو منشأ يمكن أن يتم تحت بندين رئيسيين:

1. **هدم جزئي للمنشأ.**
2. **هدم كلّي للمنشأ.**

قبل البدء بأي عملية هدم جزئي أو كلّي، يُفضّل إزالة جميع العناصر القابلة للبيع بعناية مثل النحاس والرصاص والحديد الصناعي والتجهيزات المنزلية والنوافذ والأبواب والإطارات.
تنفيذ أعمال الهدم يمكن أن يتم بطرق كثيرة، على أن يتم اختيار طريقة الهدم المناسبة حسب:

- **شكل المنشأ**، على سبيل المثال، بناء صناعي أو سكني من طابق واحد أو طابقين أو أكثر، مدخنة أو خزانات أرضية ... إلخ.
- **بنية المنشأ**، على سبيل المثال، بناء جداري أومعدني أو من البيتون المسلح المصبوب بالمكان أو مسبق الصنع ومسبق الإجهاد.
- **موقع البناء**، على سبيل المثال، إذا كان مبنى منفصل ومعزول عن الأبنية المجاورة، أي أن الحد الأدنى للمسافة بينه وبين الأبنية المجاورة لا تقل عن ضعف ارتفاعه. أو إذا كان متصل بالأبنية المجاورة.

أساليب هدم الأبنية وإزالتها كثيرة ومختلفة، ونذكر منها:

الأسلوب اليدوي: وفيه تتم إزالة الأبنية بمساعدة المعدات اليدوية. هذا الأسلوب يسمح بالحفاظ على استقرار وقدرة تحمل العناصر الإنشائية الباقية. عملية الإزالة والهدم تتم وفق تسلسل معاكس لتسلسل الإنشاء. من المجدي اعتماد هذا الأسلوب لهدم الأبنية الصغيرة أو بعض أجزاء الأبنية التي تسمح بنيتها الإنشائية بذلك،

وفي بعض الحالات التي يتعذّر فيها استخدام الأساليب الأخرى، ويصبح غير اقتصادياً من أجل الأبنية الكبيرة.
أثناء تنفيذ أعمال الهدم يجب إنزال أجزاء الحطام الكبيرة إلى الأرض بشكل مستمر وعدم إبقائها على بلاطات الأسقف وذلك كي لا تتجاوز حد الحمولة المسموح به وبالتالي إنهيار المبنى بشكل مفاجئ.

في الأسلوب اليدوي تستخدم معدات خفيفة مثل: المطارق والمهدات والعتلات والمعاول.

الأسلوب اليدوي يتحول إلى أسلوب نصف آلي باستخدام آليات تعمل بواسطة الطاقة مثل: المطارق التي تعمل بواسطة الهواء المضغوط أو المطارق التي تعمل بواسطة الكهرباء.

المجال المجدي لهذه التقنية هو الهدم الجزئي أو الكلي للأبنية الحجرية أو البيتونية ذات الحجوم الصغيرة نسبياً وإزالة العناصر الإنشائية غير الحاملة أيضاً. كما يمكن اعتماد هذا الأسلوب في تخفيض ارتفاع الأبنية من أجل استعمال تقنيات هدم أخرى.

الأسلوب الآلي: في كثير من الحالات يتم هدم الأبنية الحجرية والبيتونية ذات الارتفاعات المنخفضة نسبياً بواسطة التركسات والمجارف الآلية، كما يمكن استخدام الرافعات في تفكيك الكثير من المنشآت البيتونية المسبقة الصنع والفولاذية أيضاً. ويمكن كذلك استخدام بعض أشكال التقنيات الخاصة التي يمكن لها أيضاً أن تساعد في أعمال الهدم، ومنها:

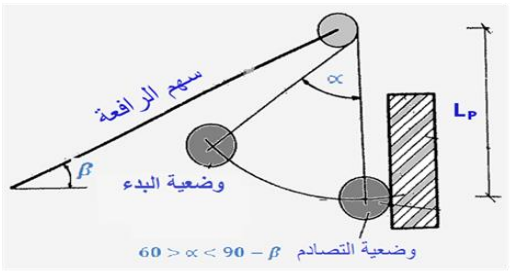
- تنفيذ الهدم بواسطة الكرة الفولاذية

- تنفيذ الهدم بواسطة المطرقة الهيدروليكية (نقّار)

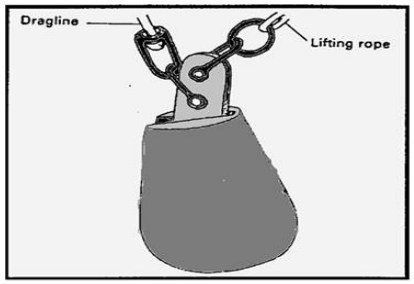
- تنفيذ الهدم بواسطة كابلات الشد الفولاذية

- تنفيذ الهدم بواسطة التفجير

تنفيذ الهدم بواسطة الكرة الفولاذية من أجل هدم مبنى يمكن استخدام كرة فولاذية ثقيلة معلقة بواسطة كابل إلى رافعة سهمية أو مجرفة آلية. يتم الهدم بتوجيه ضربات مركزة بالكرة الفولاذية إلى العنصر الخاضع للهدم. العناصر الشاقولية يتم هدمها بواسطة أرجحة الكرة الفولاذية التي تكون قبل بدء الأرجحة مشدودة بواسطة كابلات الشد إلى سارية الآلية، وبعد ذلك يتم تحريرها لتتأرجح باتجاه البناء مما يؤدي لتحطيم العنصر. أما العناصر الأفقية فيتم هدمها برفع الكرة الفولاذية بواسطة الكابلات حتى ارتفاع معين ومن ثم يتم تحريرها لتسقط سقوطاً حراً على العنصر الأفقي الخاضع للهدم مما يؤدي بالنتيجة إلى تحطيم العنصر. من المجدي الاعتماد على هذه الطريقة في هدم الأبنية البيتونية المسلحة المصبوبة في المكان والأبنية الحجرية أيضاً ومن غير المجدي العمل بهذه الطريقة لهدم المنشآت المعدنية. لا يفضل العمل بهذه الطريقة في هدم الأبنية البيتونية المسبقة الصنع. أنظر الشكل (2-1)



مخطط تنفيذ الهدم بواسطة الكرة الفولاذية



Demolition ball techniques

شكل (2-1): تقنية تنفيذ الهدم بواسطة الكرة الفولاذية

تنفيذ الهدم بواسطة المطرقة الهيدروليكية (نقّار)

الهدم بواسطة النقّار هي وسيلة من وسائل الهدم التدريجي تتم باستخدام مطرقة هيدروليكية (نقّار) مثبتة على سارية مجرفة متحركة ذاتياً، تقوم بتوجيه ضربات أفقية إلى العناصر الحاملة للبناء. المطرقة الهيدروليكية تثبت ضمن هيكل مجهز بنوابض ومخمدات مطاطية، تؤمن حماية المطرقة من الحمولات التي تتعرض لها وتقلل من انتقال إجهادات الانحناء إلى سارية المجرفة.

الشكل (2-2): الهدم بواسطة المطرقة الهيدروليكية

الطاقة اللازمة لعمل المطرقة تؤخذ من النظام الهيدروليكي الخاص بالمجرفة أو من تجهيزات هيدروليكية خاصة بهذه المطرقة. درجة تأثير المطرقة الهيدروليكية كبيرة جداً وقدرتها على التفتيت عالية جداً.

المجال المجدي للهدم بواسطة النقار هو تفتيت السطوح الأفقية مثل الأساسات والبلاطات وأيضاً الجدران البيتونية والحجرية بسماكة لا تتجاوز 50 سم، وإزالة المنشآت البيتونية المسلحة بسماكة 20 سم وبارتفاع حتى 6م أيضاً. أنظر الشكل (2-2)

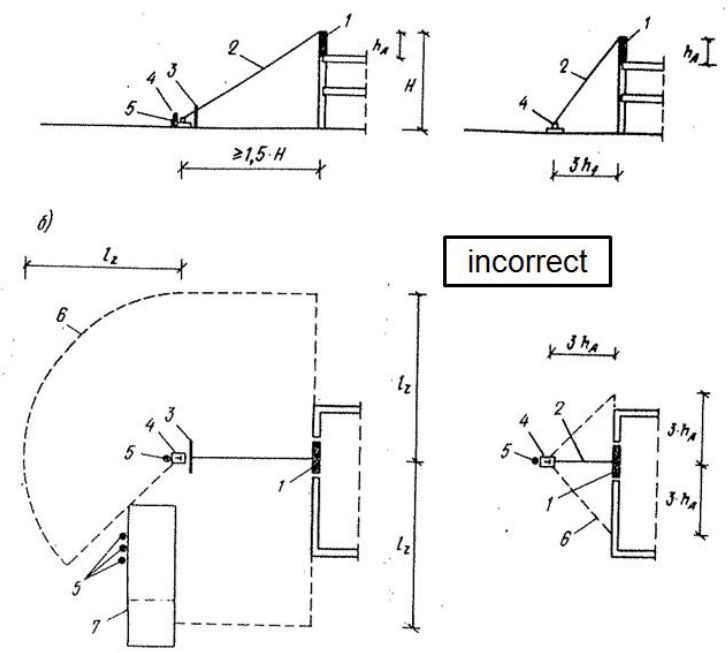
تنفيذ الهدم بواسطة كابلات الشد الفولاذية

في هذه الطريقة يتم حصراً استخدام كابلات الشدّ الفولاذية، التي تفي أبعادها بالغرض الذي تستخدم من أجله، ولكن بجميع الأحوال يجب ألا يقل قطرها عن 38 مم. أنظر الشكل (2-3)

يتم الهدم بواسطة كابلات الشد الفولاذية ربط العنصرالخاضع للهدم بأحد أطراف الكابل وتثبيت الطرف الآخر بجهاز الشد وهو قد يكون عبارة عن بلدوزر أو مجرفة أو بكرة تعمل بواسطة محرك. قبل البدء بالشد

يجب أولاً فصل الجزء أو العنصر المطلوب هدمه عن المبنى. قوة الشد يجب أن تكون غير متقطعة وحبال الشد يجب أن تثبت إلى العنصر بشكل متين، كما يجب قطع حديد التسليح مسبقاً.

من المجدي استعمال حبال الشد من أجل هدم العناصر الشاقولية في الأبنية الهيكلية المعدنية والأبنية الهيكلية والجدارية البيتونية المسبقة الصنع، أما هدم البناء المصبوب في المكان بهذه الطريقة فيعتبر غير اقتصادي.



الشكل (2-3): مخطط الهدم بواسطة كابلات الشد الفولاذية

<u>هدم الأبنية بواسطة التفجير</u>

يمكن هدم الأبنية بواسطة التفجير وذلك بوضع عبوات ناسفة في مستوى قاعدة المبنى بشكل رئيسي وفي بعض العناصر الحاملة التي يتم تحديدها من قبل مهندس مختص. يمكن بواسطة التفجير إجراء الهدم الكامل أو الجزئي للمبنى. في حال الهدم الجزئي للمبنى يجب أولاً إنشاء شقوق تقسيمية تفصل بين الجزء الخاضع للهدم والجزء المراد الحفاظ عليه، ويتم حساب كمية المواد المتفجرة بالاعتماد على مراجع متخصصة بذلك. هدم الأبنية بواسطة التفجير يجب أن يتم تحت إشراف مهندس خبير في مثل هذه الأعمال.

هدم الأبنية يتطلب اعتماد إجراءات السلامة الملائمة، أي:

1- حيث لا يمكن تنفيذ العمل بأمان في جزء من المبنى أو المنشأة، يجب تركيب منصات لوقوف العمال مصنوعة من السقالات القياسية أو الخاصة. هناك تجهيزات أخرى من وسائل الدعم المصممة خصيصا كمنصات للعمل أو سلّة معلقة إلى رافعة أو مركبة على رافعة تلسكوبية، وفي بعض الحالات يمكن استخدام السلالم أيضاً.

2- في جميع مواقع مشاريع الهدم يمكن السماح للحطام بالسقوط بشكل حر إلى الأرض داخل أو خارج حدود الموقع فقط في حال كانت المسافة الأفقية من نقطة السقوط إلى الطريق العام أو الممتلكات المجاورة لا تقل عن 6 أمتار أو نصف ارتفاع نقطة سقوط الحطام عن سطح الأرض، أيهما أكبر، عدا ذلك يجب استخدام المزالق والأنابيب.

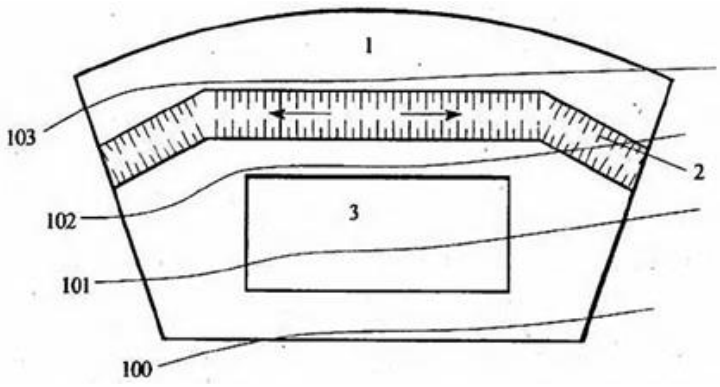
3- يجب تنزيل عناصر المنشآت الفولاذية والبيتونية المسلحة إلى الأرض بواسطة الرافعة أو أن يتم تقطيعها حسب أطوال مناسبة من حيث القياس والوزن قبل أن يتم رميها إلى الأرض.

4- كما يجب حيث أمكن ذلك، استخدام الرافعات في تأمين استقرار الجوائز والأعمدة أثناء عملية الفك ومن ثم تنزيلها إلى الأرض، كما يجب تأمين الدعم المشابه للعناصر الإنشائية أثناء فك الوصلات في المنشآت الهيكلية الفولاذية أو البيتونية المسلحة المسبقة الصنع.

3-3. تصريف المياه السطحية والجوفية عن موقع العمل

تشييد المنشآت يتطلب عملياً تربة تأسيس جافة. كما أن تسرب المياه الجوفية أو السطحية التي تتشكل بنتيجة الهطولات المطرية المباشرة على موقع العمل وتجمعها في حفرة الأساسات قد يؤدي إلى انهيار جدران الحفريات. تلافي هذا الخطر يتطلب منع تسرب هذه المياه إلى حفرة الأساسات أو طردها الحفرة في حال تسربت إليها.

ساحات موقع العمل يجب أن تكون محمية من المياه الآتية من السيول وذلك عن طريق تحويل هذه المياه بعيداً عن موقع العمل، هذا يتطلب إنشاء مساتر ترابية أو حفر قنوات تصريف مؤقتة أو دائمة على طول الجهة المرتفعة لموقع العمل.المسافة الفاصلة بين هذه الحواجز وموقع العمل لا تقل عن ثلاثة أمتار للحواجز المؤقتة وخمسة أمتار للحواجز الدائمة. أنظر شكل (2-4).



الشكل: (2-4)

حماية موقع العمل من المياه السطحية

1. منطقة جريان المياه السطحية.
2. حاجز الحماية. 3. موقع العمل

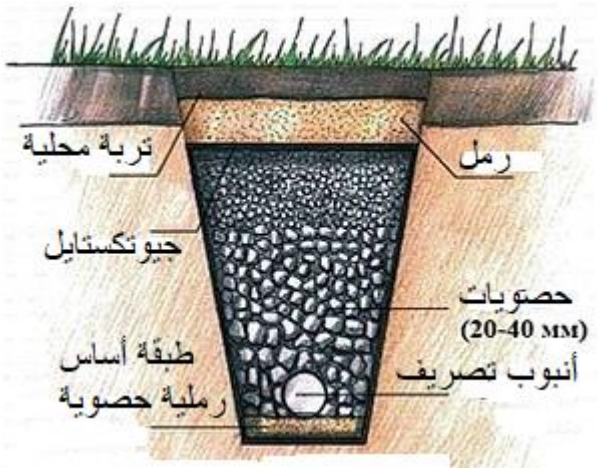
حماية الموقع من المياه السطحية المحلية يتم عن طريق إعطاء سطح الموقع ميولاً باتجاه حفرة لتجميع المياه وإنشاء شبكة تصريف مفتوحة أو مغلقة.

في الحالات التي تكون فيها ساحات موقع العمل دائمة البلل بسبب المياه الجوفية ذات المنسوب المرتفع جداً، عندئذ يتم تجفيف هذه الساحات بواسطة قنوات (دريناجات) تصريف مغلقة أو مفتوحة يتم إنشاؤها على محيط

موقع العمل وهي تساعد أيضاً في تصريف المياه السطحية، يصل عمق القناة المفتوحة حتى 1.5 متر ويتم إنشاؤها مع ميول للحواف الجانبية بنسبة (2:1) وذلك لحماية هذه الحواف من الانهيارات، وميول لقاعدة القناة من أجل جريان المياه.

أما القناة المغلقة فهي عبارة عن خندق ذات ميول باتجاه تصريف المياه لا يقل عن 0.005، يتم ردم هذا الخندق بواسطة مواد تصفية ذات نفوذية عالية (بحص، حصويات، رمل خشن).

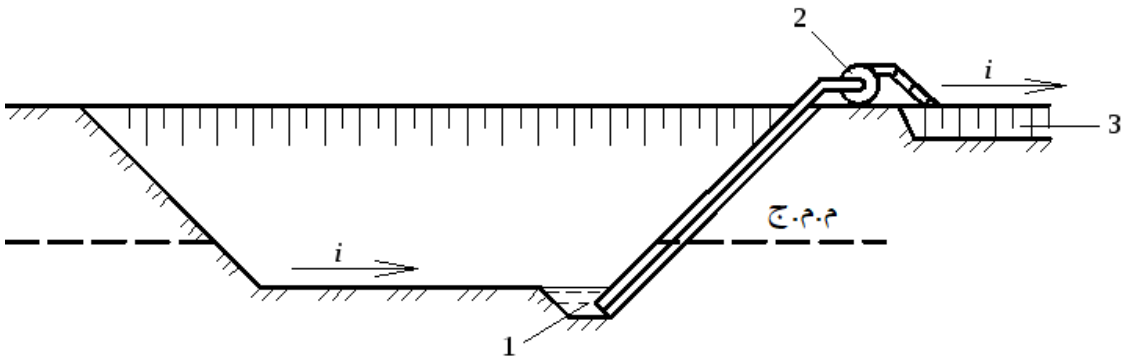
إنشاء قنوات مغلقة أكثر فعالية يتطلب تجهيز قاعدة الخندق ببواري ذات سطوح مثقبة من الجهة العليا بالنسبة للخندق ومصنوعة من الفخار أو البيتون. مثل هذه القنوات تقوم بتجميع وتصريف المياه بشكل أفضل من غيرها وذلك لأن سرعة المياه في البواري أكبر منها في الخنادق المردومة بمواد تصفية. أنظر الشكل أدناه



شكل (2-5): قناة مغلقة مجهزة ببواري ذات سطوح مثقبة

تخفيض منسوب المياه الجوفية

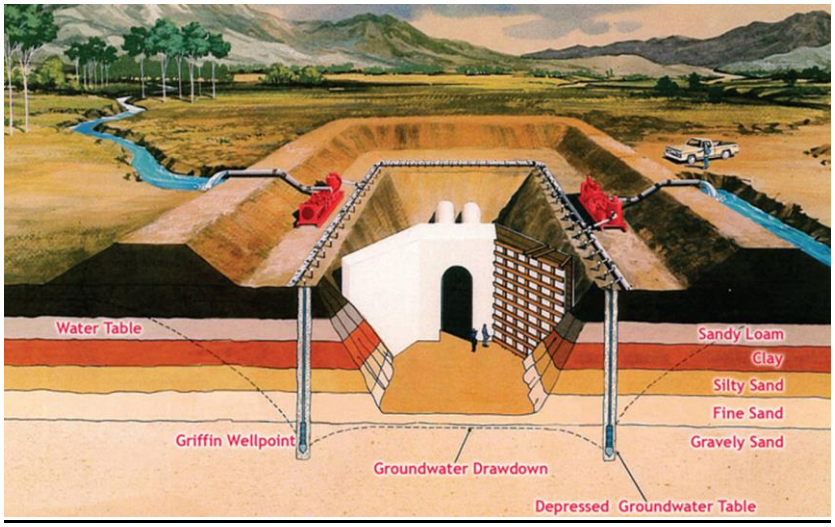
تصريف المياه الجوفية المتجمعة في الحفريات والخنادق التي يتجاوز عمقها منسوب المياه الجوفية في الموقع، يتطلب ضخ هذه المياه وذلك بعد إعطاء قاع الحفرة أو الخندق ميولاً صغيرة لا تقل عن 0.003 حيث نقوم بإنشاء حفرة لتجميع المياه أبعادها 1m*1m في أخفض نقطة وبتقوية جدرانها وفرش قاعها بالبحص مع تأمين ظروف عمل جيدة للمضخة، أنظر الشكل (2-6).عملية ضخ المياه من هذه الحفرة تتم بواسطة مضخات خاصة متصلة بأنابيب مغمورة من طرفها الآخر في حفرة التجميع. نستخدم هذه الطريقة في التربة الغضارية والرملية والتي يتجاوز عامل نفوذيتها 1 m/day. تعتبر هذه الطريقة غير عملية نظراً للتواجد الدائم للمياه في قاع الحفرة، وهذه ظروف غير مريحة لحركة العمال، لذلك نلجأ إلى أساليب أكثر فعالية وجودة وذلك باستخدام مجموعة الفلتر الإبري الخفيف.



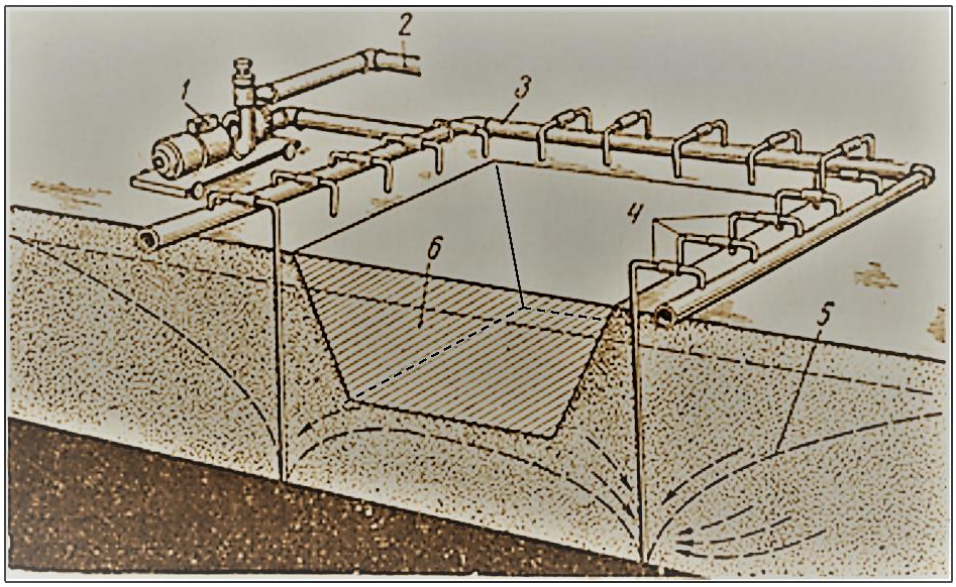
شكل (2-6): تخفيض منسوب المياه بواسطة المضخات من حفر التجميع

1. حفرة تجميع، 2. مضخة، 3. قناة تصريف

مجموعة الفلتر الإبري الخفيف



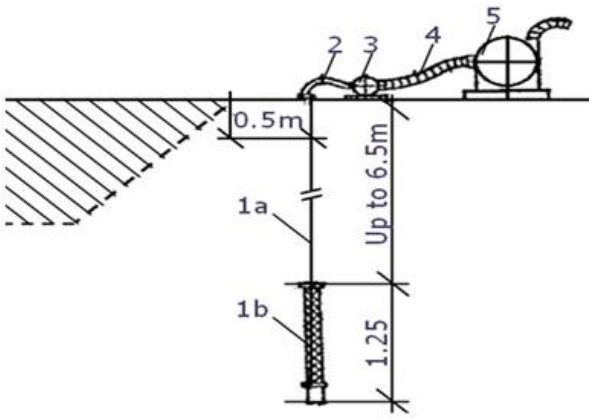
هي عبارة عن مجموعة أنابيب امتصاص يتم غرسها على محيط حفرة الأساسات وبمسافة لا تقل عن 50cm وبعمق يتجاوز عمق الحفرية وذلك كي يصبح منسوب المياه الجوفية أخفض من قاع الحفرة بما لا يقل عن 50 cm. عمل المجموعة يتم من خلال وصل جميع أنابيب الامتصاص في طرفها العلوي إلى أنبوب تجميع قطره بحدود 150 mm يتصل بمضختي ماء، إحداهما احتياطية وذلك لضمان استمرارية عمل المجموعة في حال تعطل الأخرى. بهذه الطريقة يمكن المحافظة على جفاف قاع الحفرية من أجل القيام بأعمال التأسيس بشكل مريح وذات جودة عالية. أنظر الشكل (3-7)



الشكل:(2-7) مجموعة الفلتر الإبري الخفيف

1. المضخة، 2. أنبوب التصريف، 3. أنبوب تجميع، 4. أنابيب الامتصاص، 5. منحني الرشح، 6.منسوب المياه الجوفية

أنبوب الامتصاص (أنبوب الفلتر) هو عبارة عن أنبوب معدني قطره 38 mm ويصل طوله إلى 8.5 m. يتصل أنبوب الامتصاص في الأسفل بجسم الفلتر وهو عبارة عن أنبوبين، داخلي كامتداد للأنبوب الأساسي وله نفس قطره وخارجي قطره 60 mm ومجهز بثقوب موزعة بشكل منتظم على محيط سطحه الخارجي. الأنبوب الخارجي محاط بشريط معدني بشكل حلزوني ومغطى بشبكتي حماية وتصفية. يحتوي جسم الفلتر في داخله صماماً كروياً وصماماً حلقياً، تتبدل وضعيتهما حسب طبيعة عمل الفلتر.



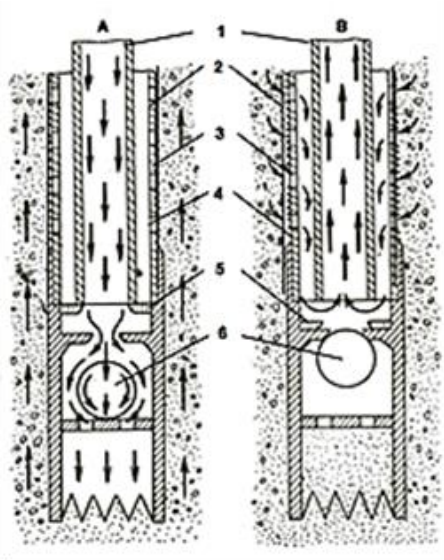
شكل (3-8): تجهيزات الفلتر الإبري
1آ- أنبوب امتصاص، 1ب - فلتر
2- وصلة مرنة، 3- أنبوب مجمّع،
4- خرطوم سحب،5- وحدة ضخ

شكل (2-8): أنبوب الامتصاص

في التربة القابلة للانحلال في الماء، يتم غرس أنابيب الامتصاص بالطريقة الهيدروليكية وتحت تأثير وزنه الذاتي. أما في التربة الغير قابلة للانحلال في الماء، فيتم إنزال الأنابيب في آبار يتم تجهيزها مسبقاً. لتحسين عمل المجموعة يتم فرش قاع بئر الضخ بخليط من الحصويات قبل إنزال الفلتر.

غرس الفلتر الإبري بالطريقة الهيدروليكية

غرس الفلتر الإبري بالطريقة الهيدروليكية يتم عن طريق ضخ المياه في الأنبوب الداخلي باتجاه جسم الفلتر بضغط 0.3 ميغاباسكال مما يؤدي إلى دفع الصمام الكروي إلى الأسفل وارتداد الصمام الحلقي إلى الأعلى ليغلق الفراغ الموجود بين الأنبوبين الداخلي والخارجي لجسم الفلتر.خروج الماء من قاعدة الفلتر يؤدي إلى انحلال التربة واندفاعها مع الماء على محيط جسم الفلتر وأنبوب الامتصاص إلى الأعلى.أنظر الشكل (2-9)



الشكل: (2-9) مخطط يبين وضعية الصمامات أثناء عمليتي الغرس والضخ.

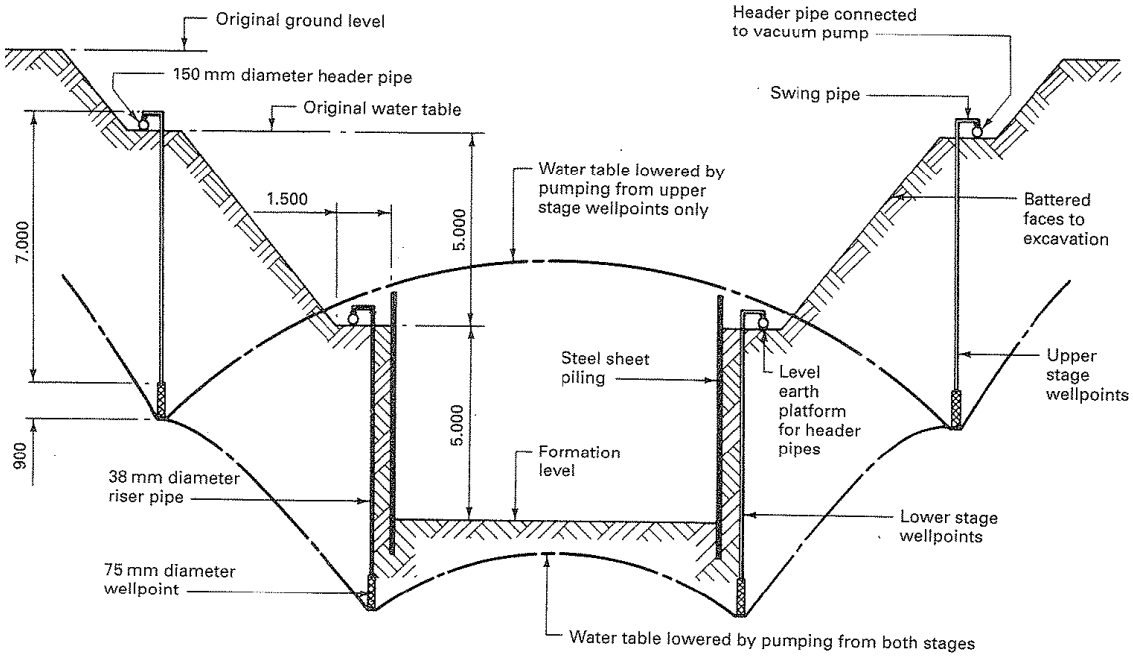
A. وضعية الصمامات أثناء الغرس.
B. وضعية الصمامات أثناء الضخ،
1. أنبوب داخلي، 2. أنبوب خارجي،
3. شبكتي حماية وتصفية، 4. سلك حلزوني،
5. صمام حلقي، 6. صمام كروي

انحلال التربة تحت جسم الفلتر وخروجها إلى الأعلى يفسح المجال لانغراس أنبوب الامتصاص في التربة وذلك بمساعدة التحريك الدائري يميناً ويساراً بوساطة إطار التوجيه والرفع والخفض، تستمر هذه العملية حتى يصل جسم الفلتر إلى العمق المطلوب.

عملية ضخ المياه الجوفية بواسطة الفلتر الإبري الخفيف

بعد وصول جسم الفلتر إلى العمق المطلوب ووصل أنبوب السحب إلى الأنبوب المجمع يمكن عندها القيام بعملية ضخ المياه الجوفية بعد تشغيل المضخات الموصولة إلى الأنبوب المجمِّع، في هذه الحالة يطفو الصمام الكروي إلى الأعلى وينخفض الصمام الحلقي إلى الأسفل فاتحاً الطريق أمام المياه الجوفية للمرور عبر شبكتي الحماية والتصفية إلى داخل جسم الفلتر ومنه إلى الأعلى عبر الأنبوب الداخلي. أنظر الشكل (3-8)

لتخفيض منسوب المياه الجوفية لعمق يزيد عن 5m يجب غرس مجموعة الفلاتر الإبرية على منسوبين متفاوتين. أنظر الشكل(2-10)



الشكل (2-10): غرس مجموعة الفلاتر الإبرية على منسوبين متفاوتين.

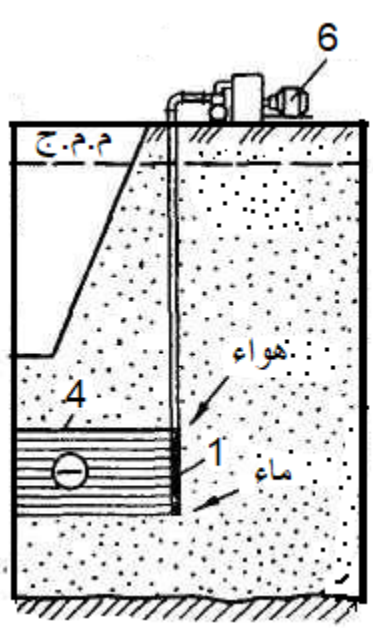
لتخفيض منسوب المياه الجوفية في الخنادق الضيقة والتي لا يزيد عمقها عن 4.5 m نكتفي بغرس الفلاتر الإبرية في جهة واحدة من الخندق وعلى طوله بالكامل.

تخفيض منسوب المياه الجوفية بطريقة تشكل الضغط السلبي داخل التربة المحيطة بجسم الفلتر

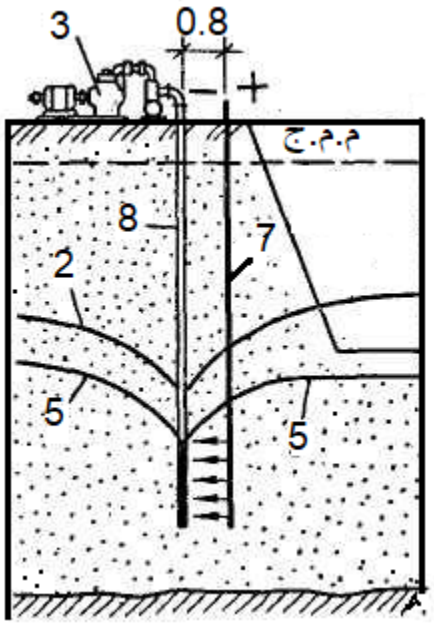
تعتمد هذه الطريقة على تشكيل ضغط سلبي في التربة المحيطة بجسم الفلتر وذلك بواسطة مضخات تفريغ هواء خاصة تعمل بالتوازي مع عمل مضخة الماء، هذا يؤدي إلى تفريغ مستمر للضغط حول جسم الفلتر وبالتالي إلى تسريع حركة الماء باتجاه الفلتر ومنه إلى الأعلى عبر الأنبوب الداخلي تحت تأثير مضخة الماء.

تفريغ الهواء المحيط بجسم الفلتر يؤدي إلى خلل في عمل مضخة الماء، لذلك يتم تمرير أنبوب هواء ذات قطر صغير نسبياً من الأعلى إلى جسم الفلتر عبر الأنبوب الداخلي، يقوم بسحب الهواء الجوي من الأعلى

بشكل تلقائي وذلك من أجل تأمين العمل المنتظم لمضخة الماء. تستخدم هذه الطريقة عندما يتراوح عامل نفوذية التربة بين 0.1-1 m/day أنظر الشكل (2-11).



الشكل (2-11):
تخفيض منسوب المياه الجوفية الجوفية بطريقة تشكل الضغط السلبي



الشكل (2-12):
تخفيض منسوب المياه الجوفية بطريقة تعتمد على مبدأ التشرد الكهربائي

1. الفلتر، 2. مخطط منسوب المياه الجوفية قبل تمرير التيار الكهربائي، 3. مضخة سحب، 4.مخطط الضغط السلبي على محيط الفلتر 5. مخطط منسوب المياه الجوفية بعد تمرير التيار الكهربائي 6.مضخة تفريغ، 7. قضيب معدني (القطب الموجب)، 8. أنبوب الفلتر.

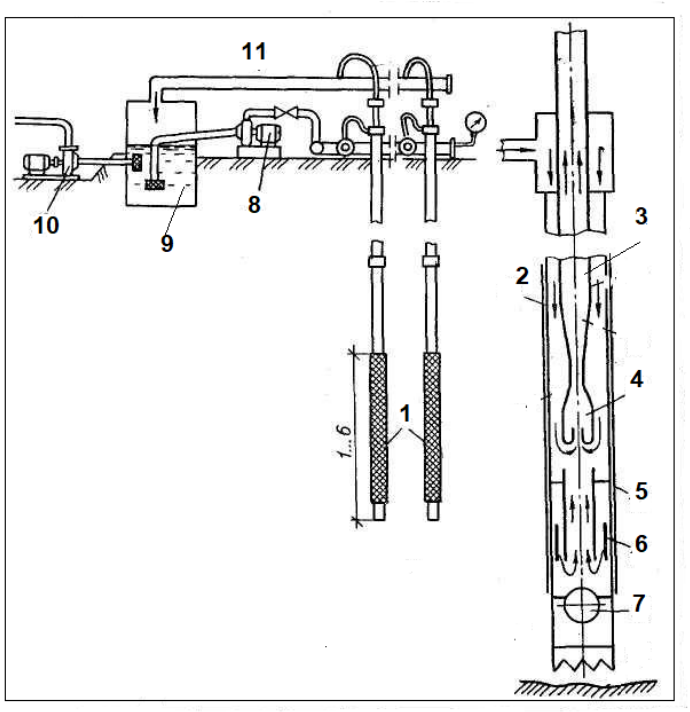
تخفيض منسوب المياه الجوفية بطريقة تعتمد على مبدأ التشرد الكهربائي

تنخفض فعالية تخفيض منسوب المياه الجوفية بطريقة تشكل الضغط السلبي داخل التربة المحيطة بجسم الفلتر في التربة الغضارية قليلة النفوذية (أقل من 0.1 m/day) لذلك نلجأ إلى طريقة تعتمد على مبدأ التشرد الكهربائي وذلك بإمرار تيار كهربائي مستمر، قطبه الموجب موصول بأنابيب أو قضبان معدنية يتم غرسها بشكل موازٍ للأنبوب الداخلي للفلتر، الذي يكون بدوره موصولاً إلى القطب السالب. وصل الدارة يؤدي إلى حركة جزيئات الماء من القطب الموجب باتجاه القطب السالب (جسم الفلتر) مما يزيد فعالية عمل المجموعة. أنظر الشكل (2-12)

تخفيض منسوب المياه الجوفية بواسطة مجموعة الفلتر الإبري التفريغي

تستخدم هذه الطريقة لتخفيض منسوب المياه الجوفية في التربة ذات عامل نفوذية يتراوح بين 1 حتى 40 م / باليوم وعمق حتى 20 م. يعتمد عمل مجموعة الفلتر الإبري التفريغي على بنية خاصة

للتجهيزات داخل جسم الفلتر، وهي تختلف عن بنية الفلتر الإبري الخفيف، حيث تحتوي على جهاز تفريغ يساعد في تسريع عملية تدفق المياه الجوفية باتجاه الفلتر. **مبدأ عمل مجموعة الفلتر الإبري التفريغي**: تمرَّر في الفراغ الحلقي بين الأنبوبين الداخلي والخارجي المياه العاملة في جسم الفلتر والتي تتميز بتصميم هندسي خاص (تغيُّر قطر مقطع أنبوب فوهة التفريغ) يؤدي إلى نشوء قوة تفريغ داخل جسم الفلتر وبالتالي إلى سحب المياه الجوفية بشكل مفاجيء من خلال الثقوب الموزعة على محيط الأنبوب الخارجي، لتختلط مع تيار المياه العاملة الصاعدة عبر الفوهة التفريغية إلى الأنبوب الداخلي ومنه إلى خزان التجميع والتصريف. أنظر الشكل (2-13)

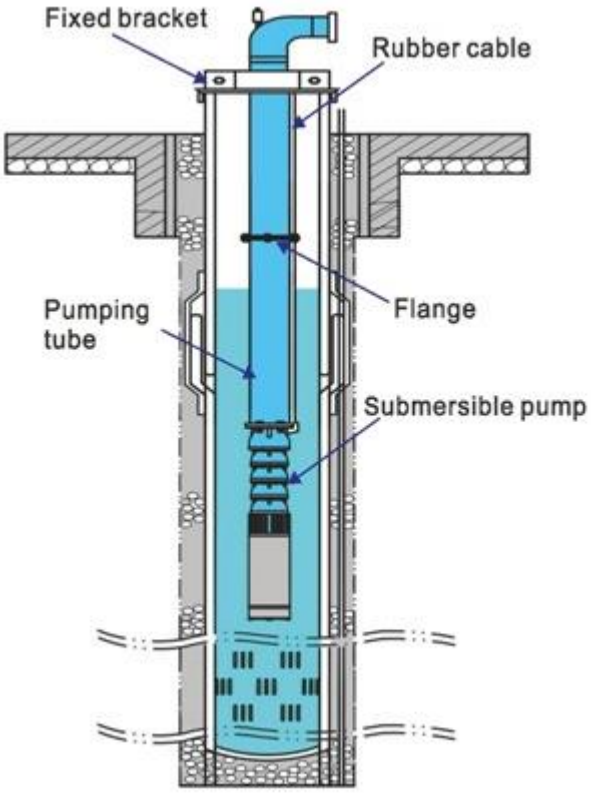


الشكل (2-13): مبدأ عمل مجموعة الفلتر الإبري التفريغي

1. الفلتر، 2. الأنبوب الخارجي للفلتر، 3. الأنبوب الداخلي للفلتر، 4. فوهة التفريغ، 5. صفيحة تصفية، 6. ثقوب سحب المياه الجوفية، 7. صمام كروي، 8. مضخة تغذية، 9. مضخة تصريف، 10.أنبوب راجع.

تخفيض منسوب المياه الجوفية بواسطة المضخات الغاطسة.

تستخدم هذه الطريقة عندما يزيد عمق المياه الجوفية عن 40m وعامل نفوذية التربة عن 40 m/day وفي ظروف تخفيض م.م.ج لفترة زمنية طويلة. تعتمد هذه الطريقة على تحضير العدد اللازم من الآبار على محيط الحفرة وتجهيزها بأنابيب حماية بقطر من 200-400 mm وذلك لمنع انهيار جدران الآبار. يفرش قاع البئر بالحصويات لارتفاع 20- 30 cm . بعد ذلك يتم إنزال مضخة غاطسة ضمن كل بئر، تقوم بضخ المياه الجوفية بشكل مستمر أو متقطع وذلك حسب سرعة المياه الجوفية إلى البئر.



الشكل (2-14) : تخفيض منسوب المياه الجوفية بواسطة المضخات الغاطسة.