

الفصل السادس

الأعمال الترابية

حفر الأنابيب وتمديدھا-الردم واختبار جودة التنفيذ

1-6 مقدمة:

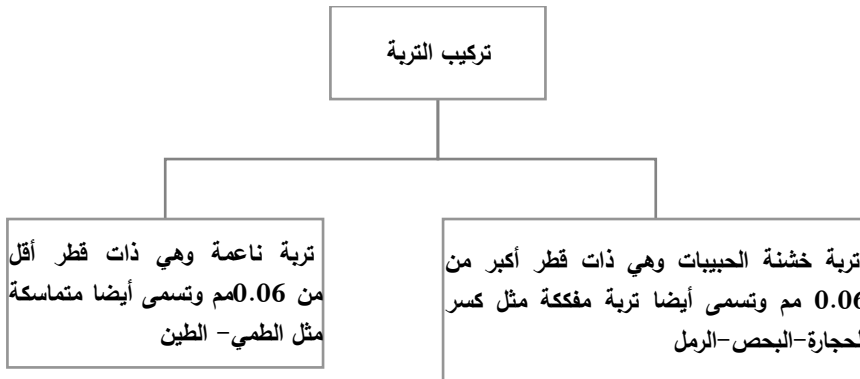
تشمل هذه الأعمال الحفريات اللازمة للخنادق التي ستمدد فيها الأنابيب الجديدة بمختلف أقطارها مع القطع الخاصة وكذلك الحفريات اللازمة للأعمال الملحقة كالدعامات وغرف الصمامات وغيرها.

كما تشمل أعمال فرش الرمل والردميات اللازمة قبل وبعد تمديد الأنابيب حسب المخططات المرفقة وترحيل نواتج الحفريات الفائضة إلى خارج حدود المدينة وحسب موافقة مهندس الإدارة.

أقسام التربة:

تتكون التربة أساساً من مواد معدنية تكونت من تفكك الصخور وتحللها باختلاف أنواعها سواء أكانت صخور بركانية أو صخور رسوبية أو صخور متحولة، تفتتت بسبب العوامل الجوية مثل الرياح أو الأمطار أو عوامل كيميائية كتأثرها بالأحماض العضوية الموجودة في الأرض أو تحلل النباتات أو الحيوانات بفعل تغير درجات الحرارة، فمنها ما بقي في مكانه وسميت بالتربة الباقية ومنها ما انتقل بفعل الرياح أو الأمطار إلى مكان آخر وسميت بالتربة المنقولة.

تقسم التربة تقسيماً هندسياً باعتبار عاملين رئيسيين وهما: الأول-حجم الحبيبات.



الثاني-قوى التماسك بين الحبيبات.

فإذا أخذنا في الاعتبار العامل الأول فإن تقييم التربة يكون على النحو الآتي:

1- طين.

2- طمي.

3- رمل.

4- بحص.

5- كسر الحجارة.

أما إذا أخذنا في الاعتبار العامل الثاني فإن تقسيمها يكون على النحو الآتي:

1- تربة مفككة:

وتشمل الرمل والحص وكسر الحجارة.

2- تربة متماسكة:

وتشمل الطين والطيني.

والجدول (1-5) يوضح تقسيم التربة حسب حجم الحبيبات أو حسب نوع قوى

التماسك بين تلك الحبيبات.

الجدول (1-5) تقسيم التربة حسب حجم الحبيبات أو حسب نوع قوى التماسك بين تلك الحبيبات

المجموعة	التسمية	النوع	حجم الحبيبات (مم)
تربة متماسكة	طين	طين	0.002-0.001
	طمي ناعم	طمي	0.006-0.002
	طمي متوسط		0.02-0.006
	طمي خشن		0.06-0.02
تربة مفككة	رمل ناعم	رمل	0.06-0.02
	رمل متوسط		0.06-0.2
	رمل خشن		2-0.6
	بحص ناعم	بحص	2-6
	بحص متوسط		6-20
	بحص خشن		20-6
	حجارة	حجارة	60-200

2-6 أعمال الحفر:

يقصد بها عملية تفكيك التربة أو الصخور ونقلها من مكانها الأصلي في موقع الحفر إلى الأماكن المطلوب ردمها أو إلى الأماكن المخصصة للتخلص من الأتربة الزائدة.

1-2-6 أنواع عمليات الحفر:

تقسم عمليات الحفر على حسب المواد المنقولة المكونة للتربة وهي كما يأتي:

(1) المواد الصخرية:

ويطلق عليها صخور صم وغالبا ما تستخدم طريقة التفجير في تفكيك هذه المواد و ثم تحمل باستخدام معدات حفر مخصصة، وتنقل على مركبات أو أي وسيلة أخرى.

(2) كسر الحجارة

كسر الحجارة هي عبارة عن الصخور المتأكلة نتيجة عوامل التعرية أو بعض المؤثرات العضوية أو تكون خليطا من التربة والصخور وتحفر باستخدام معدات مخصصة للحفر من دون اللجوء إلى عملية التفجير.

(3) المواد العادية:

يقصد بهذه المواد أي نوع من الأنواع الأخرى من التربة غير التي ذكرت من قبل وتحفر بمعدات الحفر المعروفة من دون اللجوء إلى استخدام المواد الناسفة.

1-1-2-6 تكلفة الحفر:

تتم المحاسبة على الحفر على أساس سعر المتر المكعب مضروباً في كميات الحفر التي تقدر بنكعيب الأماكن الأصلية التي كانت تشغلها والتي تم حفرها. على أن يشمل السعر تفكيك التربة وتحميلها ونقلها وفرشها أو ردمها في أماكن الردم المقترحة وأحيانا يشمل سعر الحفر بعض عمليات إخلاء وإعداده الموقع أو تسوية ميول الحفر والردم.

2-1-2-6 نقل مواد الحفر:

بعد إتمام عملية الحفر يتم نقل مواد الحفر بعيداً عن مكان المشروع أو تنقل إلى مناطق الردم في المشروع نفسه. ويستخدم في نقل ناتج الحفر قلابات خلفية أو عربات تفريغ سفلي. تصنف هذه العربات بالمواصفات الآتية:

- (1) سعة المحرك ونوعه.
 - (2) عدد الإطارات.
 - (3) عدد المحاور (ثنائية - أحادية).
 - (4) نوع التفريغ (جانبي - خلفي - سفلي).
 - (5) نوع المواد المنقولة (تربة - صخور - فحم).
 - (6) سعة الصندوق (طن - م³).
 - (7) طريقة التفريغ.
- ولا ننسى في هذا المجال أن ننبه إلى أن هناك العديد من العوامل التي تؤثر في نقل الأتربة، فمنها على سبيل المثال حجم المشروع وطبيعة التربة والظروف الجوية ومهارة العاملين في تشغيل المعدات والمشرفين عليها.
- فلذلك يصعب تحديد النوع المناسب لأي موقع، ولذلك لابد من أخذ هذه العوامل في الاعتبار التي تختلف باختلاف المشروع.

2-2-6 أعمال الحفر اللازمة لتمديد شبكات المياه والصرف الصحي:

تعد أعمال الحفر اللازمة لتمديد شبكات المياه والصرف الصحي تحت الطرق من الأعمال الأساسية التي لابد منها. ويقصد بأعمال الحفر هنا هو عمل مجرى خاص لهذه الخدمات بمواصفات محددة لهذا الغرض بوساطة معدات مخصصة لذلك.

تعد أعمال الحفريات الأكثر كلفة في أعمال التركيب لأنابيب المياه ويجب تنفيذها بأقل كلفة ممكنة . وتجري معظم هذه الحفريات بوساطة الحفار الهيدروليكي (الباكر) وهي معدات سهلة الحركة والتشغيل وتمنح القدرة على التحكم بطريقة ممتازة، ويجب اختيار حجمها بما يتناسب وحجم الأنابيب المراد تركيبها فالحفارة الكبيرة جداً سوف تتسبب بتلف أكبر مما هو ضروري بينما تتجز الحفارة الصغيرة العمل ببطء شديد. هذا ويجب تلم الشوارع الإسفلتية والإسمنتية مسبقاً باستخدام المطرقة الهوائية أو المنشار ذي الحد الماسي وهذا يقلل من إلحاق الضرر بالشوارع ويقلل بالتالي من الكمية الواجب استبدالها من الشارع، ويفضل قيام شركات متخصصة بهذه الأعمال لما في ذلك من توفير مادي، ويجب عدم استخدام قطع الأسفلت و الإسمنت الكبيرة في طمر الحفريات، ومن الأفضل أن يكون هناك سيارة شحن بالجوار لنقل مخلفات الحفريات من الأسفلت والإسمنت إلى منطقة بعيدة وذلك تجنباً للتعامل مع هذه المخلفات مرتين ، أما إذا استخدم حفار دوار فقد ينتج عن ذلك مخلفات وأنقاض صغيرة يمكن استخدامها كطبقة ردم عليا.

تتخذ الحفريات الترابية أو الصخرية أو المتضمنة للماء في أرض مهما كان نوعها ومهما بلغت درجة صلابتها وبحسب نسب الصخر المذكورة في جدول تحليل الأسعار سواءً كان الحفر بالأيدي العاملة أم بوساطة الآلات الميكانيكية على أن تتخذ الحفريات بموجب القياسات والشكال المحددة بالمخططات وحسب الحاجة التي يقتضيها المشروع على أن تكون الحفريات مستقيمة والمنحنيات صحيحة، ويكون عرض الحفريات متناسباً وأقطار الأنابيب.

تمدد هذه الخدمات تحت الطرق بطريقتين رئيسيتين هما:

1- طريقة الخندق المفتوح.

2- طريقة الثقب الأفقي.

ويعتمد اختيار الطريقة على نوع الخدمة واتجاهها بالنسبة للطريق، وتعد الأحوال الطبيعية والناحية الفنية والاقتصادية من الأمور التي لها دور كبير في ذلك.

6-2-2-1 الخندق المفتوح:

تحفر الخنادق المفتوحة أو ما يسمى بخنادق الأنابيب بحسب المخططات النهائية للأنابيب بحيث تكون مستقيمة ومنتظمة المنحنيات والمنحدرات طبقاً للرسومات التصميمية. وقبل البدء بالعمل لابد من توفر جميع المواد والمعدات اللازمة لهذه الطريقة.

يمكن تلخيص عملية الإنشاء بالمراحل الآتية:

المرحلة الأولى: إعداد الموقع

1- قبل البدء بأعمال الحفريات: يلزم التأكد من توفر التراخيص الخاصة بالحفر جميعها، والمواد والمعدات اللازمة للعمل، ويتحمل المقاول جميع المخالفات في حال بداية العمل من دون تلك التصاريح. ويجب عليه أن يستعلم عن أماكن الكابلات الكهربائية والهاتفية وتمديدات المياه والصرف الصحي وكل شيء مدفون في الأرض، لتجنب الحوادث والأضرار التي قد تحدث لهذه التمديدات أثناء الحفر. والمقاول هو المسؤول الوحيد عن جميع الأضرار التي تحدث من إجراء الحفر إن كانت خسائر مادية أو إنشائية أو خلافه، وعلى المقاول وضع الحماية اللازمة من حواجز وحوال ولوحات إعلامية حول الحفريات لتنبيه المواطن وحمايته، ووضع الجسور فوق الحفريات في الأماكن

المناسبة لتسهيل مرور المواطنين، كما يجب عليه أخذ الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث أي أضرار للمواطن من جراء الحفريات وتنفيذ الأعمال أو أية عرقلة للسير. وقبل بدء المقاول في قطع الشوارع الرئيسية التي تعترض مسار الحفر يجب أخذ موافقة إدارة المرور المختصة قبل العمل مباشرة، ولا يتم بأي حال من الأحوال إجراء أي حفريات لتمديد الخدمات من دون الحصول على تراخيص بذلك من مكتب التنسيق والمتابعة بالأمانة أو البلدية. ويقوم المقاول بتقديم الخرائط التنفيذية موضحاً عليها الموقع والخدمة المطلوبة والعروض والأعماق المطلوبة، كما يقدم برنامج زمني لأعمال الحفر.

2- إعلام المالكين والجمهور: قبل البدء بأعمال الحفريات يجب إعلام أصحاب الممتلكات المجاورة وبيان تفاصيل الأعمال التي ستنتم بالجوار وتوقيتاتها، فبعض هؤلاء ينزعجون بسبب تعطيل أو إغلاق أو التسبب باتساخ مداخل بيوتهم ومواقف سياراتهم لمدة من الزمن، وهذه التوقيات لا تتناسب بالتأكيد مع أوقات الاحتفالات والمناسبات الاجتماعية لأصحاب الممتلكات ولذا يجب إعطاؤهم فترة كافية من الوقت لعمل برامجهم الشخصية، إضافة إلى إعطائهم الوعود بأن كل شيء سيعود إلى ما كان عليه وحسب المواصفات وضمن الوقت المحدد، كما يجب إعلام الجمهور مسبقاً بالعمل المنوي القيام به ومبرراته، وتعد هذه فرصة للتعويض عن الإزعاج حيث يتم إعلام الجمهور بالفوائد المجنية من المشروع من أنظمة إطفاء وتحسين ضخ المياه بعد انتهاء هذه العمليات المزعجة قليلاً، كما يتم النشر عن المشروع في الجرائد المحلية وتوضع الإشارات الإرشادية والتحذيرية للمشاة وللسائقين في منطقة العمل قبل بدئه بحوالي أسبوع .

3- تسجيل أحوال الموقع قبل البدء بالعمل: إذا كان موقع العمل في المدينة فإن من المحبذ أخذ مجموعة من الصور الفوتوغرافية على طول خط البناء قبل بدء العمل وتسجيل تواريخ أخذها، ويجب الانتباه وبشكل خاص إلى تسجيل أحوال الممرات الجانبية والسيارات والأشجار والشجيرات، فإذا كانت هناك ادعاءات بأن الموقع لم تتم إعادته إلى وضعه الأصلي بالشكل الصحيح فإن الصور تساعد في الإثبات بأن سياج المالك مثلاً كان مكسوراً قبل بدء العمل، أو على العكس ، بأن التلف الناجم

كان أكثر مما هو متوقع ويجب بالتالي إعادة الوضع إلى ما كان عليه قبل بدء العمل.

4- تجهيز المخططات اللازمة لأعمال التمديدات وكذلك مخططات الخدمات الأخرى التي قد تعترض الخندق مثل تمديدات خطوط الكهرباء والتلفونات وأنابيب المياه والصرف القديمة ثم القيام بتوقيع أماكنها على مخططات الموقع بالتحديد حتى تتفادها معدات الحفر. ويعد المتعهد هو المسؤول الأول عن سلامة خطوط هذه الخدمات فعند حدوث أي قطع أو تلف لهذه الخدمات فيجب إبلاغ الجهات ذات العلاقة حتى تقوم بإصلاحها على نفقة المتعهد مع دفع غرامة الأضرار والتعطيل لهذه الخدمات.

يجب الإبقاء دائما على مسافة فاصلة بين خطوط المياه الرئيسة وخطوط الصرف الصحي، فالنظرية السائدة هي احتمال حدوث تسربات من خطوط الصرف الصحي تؤدي إلى تشبع التربة المجاورة بمخلفات الصرف الصحي، فإذا تزامن هذا مع وجود تسرب في خطوط المياه القريبة بحيث تصبح خطوط المياه منخفضة الضغط، أدى ذلك إلى شفت مخلفات المياه العادمة إلى داخل هذه الخطوط.

تنص القاعدة العامة على ضرورة كون المسافة الأفقية الفاصلة بين الخطوط الرئيسة للمياه وخطوط الصرف الصحي (3 متر) على الأقل وأن يكون خط المياه على ارتفاع (0.3 متر) فوق خط الصرف الصحي الشكل (1-6).

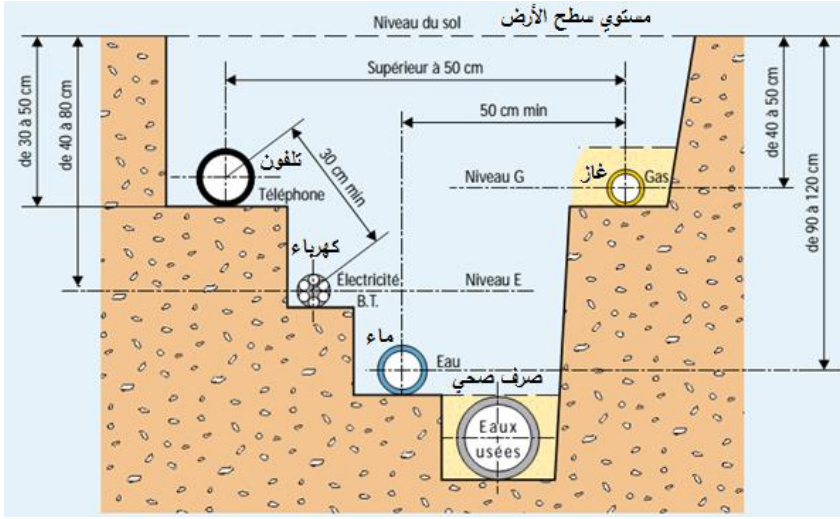
5- تجهيز الموقع وتنظيفه وإزالة العوائق باستبعاد الأشياء المعوقة للإنشاء خارج الموقع.

6- تجهيز جميع المواد المطلوبة للإنشاء مثل:

- الأنابيب وملحقاتها.

- المعدات المطلوبة في أعمال الحفر والردم والتمديد.

7- وضع الحواجز اللازمة لمنع العربات والأفراد وتأمينهم من الحوادث وعمل التحويلات المرورية والتحذيرية والحواجز والإنارة الليلية حسبما ورد في المواصفات والشروط المطلوبة. وعليه اتباع الخطوات الآتية:



الشكل (1-6)

(a) وضع لوحة إرشادية بأبعاد (100X 60) سم على أول الحفيرة وآخرها وعند التقاطعات الرئيسية، ويكتب على اللوحة المعلومات الآتية:

- اسم الشركة أو المؤسسة المنفذة ورقم هاتفها والجهة التابعة لها.
- اسم الاستشاري ورقم المشروع.
- رقم هاتف مكتب التنسيق والمتابعة أو الجهة التنسيقية المسؤولة.

(b) تقسيم مناطق الحفريات في الطريق إلى (منطقة تحذير إشعار متقدم - منطقة حماية منطقة عمل - منطقة إعادة المرور إلى حالة الطريق العادي).

(c) توزيع اللوحات الإرشادية على طول الحفر بالمسافات المناسبة لكل عمل وبأماكن ظاهرة.

(d) عدم خروج ناتج الحفر (الأتربة) أو المعدات عن العرض المسموح به في الرخصة.

(e) الإضاءة الليلية الجيدة ووضع الأسهم المضيئة والعلامات الفسفورية العاكسة وإضاءة الفليشر عند بداية مكان العمل ونهايته.

(f) مراعاة رش الأتربة ونواتج الحفر بالماء في أثناء العمل منعاً لإثارتها لئلا تتسبب في منع الرؤية.

(g) وضع أجهزة امتصاص الصدمات في الأماكن التي يحتمل وقوع اصطدام مثل أعمدة جسر أو أعمدة إنارة.

(h) استخدام الحواجز الخرسانية المطلية بالألوان أو شرائط عاكسة في الموقع بالشوارع الرئيسية.

(i) يلتزم المقاول بأن يزيل الأتربة وناتج الحفر في نهاية يوم العمل، ولا يتم وضعه بجانب الحفر، وأن يحافظ على نظافة الموقع.

(j) في الطرق السريعة يجب أخذ احتياطات أكثر بالنسبة لوضع العلامات والمسافة اللازمة قبل موقع العمل.

(k) وضع جسور لعبور المشاة بحيث لا تتجاوز المسافة بين كل جسرين 100 متر في حالة الشوارع الآهلة بالسكان و 200 متر للأماكن غير الآهلة بالسكان.

المرحلة الثانية: الرفع المساحي للمنطقة وتحديد موقع الخندق عليها

1- يحدد منسوب ثابت على الأرض وهو ما يسمى بالروبير وذلك باستعمال جهاز الميزان المساحي ليتمكن تحديد مناسيب الأرض على طول محور الخندق ومن ثم تحديد عمق الحفر المطلوب للخندق.

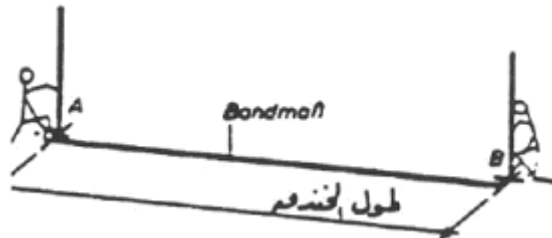
2- يحدد محور الخندق بوساطة جهاز التيودوليت والشواخص والخيوط، ثم يتم تخطيط المحور على الأرض.

3- عمل ميزانية طولية لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية على المحور.

4- تحديد عرض الخندق على جانبي المحور استعداداً للحفر باستخدام الشريط للقياس والخيوط والشواخص.

5- في حال التخطيط على طبقة الإسفلت السطحية يستخدم المنشار الكهربائي للقص في الطبقة الإسفلتية قبل بدء الحفر.

ويبين الشكل (2-6) طريقة توقيع محور الخندق على الأرض الطبيعية باستخدام التيودوليت والشواخص والخيوط بين النقطتين A و B.



الشكل (2-6) توقيع محور الخندق على الأرض الطبيعية

المرحلة الثالثة: البدء في الحفريات

- 1- عند البدء في حفر الخندق بواسطة المعدات المخصصة لذلك لابد من مراعاة دعم الحفريات من الانهيار ومراقبة جوانب الحفر أثناء عملية الحفر.
- 2- يدق في جوانب الحفر (علامة) حديد على العمق المطلوب ثم يشد خيط بين هذه العلامات حتى يأخذ القاع الميل المطلوب تبعا لميل محور خط الأنابيب في حال تمديد أنابيب الصرف.
- 3- قد تواجه حفريات خطوط المياه الرئيسة صخوراً كبيرة أو سلسلة صخور طينية أو صخوراً صلبة، وهذا يتطلب تحديد احتمالية عدم القدرة على دفن الخط الرئيس إلى العمق المطلوب بدون الحفر في الصخور لأن لذلك أثراً كبيراً في كيفية تقدم العمل، وأسهل طريقة هنا هي حفر ثقب على مسافات متساوية للفحص أو إجراء حفريات سريعة باستخدام حفار الباكر على امتداد موقع الحفريات. وعند الحاجة إلى أعمال الحفريات بواسطة التفجيرات فيجب إناطة هذه الأعمال وحصولهم على التأمين اللازم، أخذين بعين الاعتبار حتمية الإبقاء على سجلات بالتفجيرات جميعها وأوقات حصولها لمواجهة أي ادعاءات بحصول أي دمار نتيجة هذه التفجيرات.
- 4- هناك أنواع من التربة التي لا ينصح بأن تحيط بأنابيب خط المياه الرئيسة مثل تربة أنقاض مناجم الفحم والرماد والطين الكبريتي ومخلفات المناجم ومخلفات المصانع وتربة مكب النفايات. في حال مواجهة مثل هذه الأنواع من التربة فيجب إجراء الحفريات لمستويات لا يبقى معها أي أثر لهذه التربة والتخلص منها بالطرق السليمة، ويعد تمديد الأنابيب يجب ملء الحفريات بالمواد المناسبة والتي يتم توريدها إلى موقع العمل.
- 5- إذا كان مستوى المياه الجوفية في منطقة العمل أعلى من مستوى أرضية الخندق ، فإن المياه الجوفية سوف تملأ الخندق .تعد محاولة تمديد أنابيب المياه تحت الماء من الأعمال الصعبة وقد تؤدي إلى مشاكل تسرب المياه من نقاط التجميع والوصول للأنابيب وذلك لدخول الأجسام الغريبة مثل الطمي والأوراق ومواد أخرى واستقرارها تحت حشوات الوصلات بشكل غير متعمد، إضافة إلى العمل في الأراضي المشبعة بالمياه تعد من الأعمال الصعبة لوجود احتمالية كبيرة لانهيار الخندق، هذا و يتذبذب

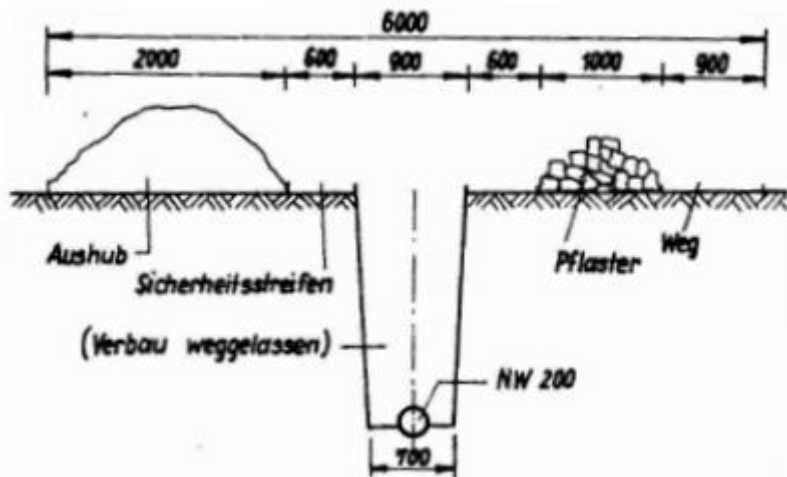
في بعض المناطق منسوب المياه الجوفية خلال السنة ويجب اختيار الأوقات الجافة لتحاشي الصعوبات الناجمة عن المياه الجوفية. و إذا دعت الضرورة إلى عمل تمديدات الأنابيب تحت مستوى المياه الجوفية، فإن الممارسة المعتادة هي أن يتم ضخ المياه الجوفية قبل بدء الحفريات بحفر أبار ذات مستوى أقل من مستوى قعر الخندق ووصل الآبار بنظام مشعب ومضخات ومن ثم ضخ المياه باستمرار إلى أن تصبح عمليات الحفر آمنة، ويجب استشارة السلطات المحلية المسؤولة حول التخلص من المياه المضخوخة، علماً بأن عملية نزح المياه مكلفة ومن شأنها أن تزيد الكلفة الكلية لت تركيب الخطوط الرئيسية ولذا يجب أخذها بعين الاعتبار قبل البدء بأي عمل.

6- يراعى في أثناء الحفر أماكن خطوط الخدمات السابق تحديدها من الخرائط الخاصة بها والتي يجب تخطيط موقعها على الأرض في أثناء عملية التخطيط وقبل البدء في إجراءات الحفر.

7- عند إجراء عمليات الحفر لخنادق الأنابيب فإن المواد الناتجة عن هذه الحفريات يجب أن تكس بجانب الخندق على طرفه الأسفلي مما يوفر الحماية للعمال والخندق من حركة السيارات ويبقى معدات الردم على الشارع مما يقلل من الضرر الناجم عن استخدامها. ويجب الإبقاء على مسافة ما بين الأكوام والخندق بحيث تسمح هذه المسافة لسير العمال على جانب الخندق وتمنع سقوط الأكوام فيه، هذا ويجب الاهتمام بحقيقة أثر وزن الأكوام القريبة من الخندق على احتمالية انهيار جوانبه، والقاعدة العامة تقضي بأن توضع الأكوام على مسافة (0.6 م) عن حافة الخندق البالغ عمقه (1.5 م) وحوالي (1.2 م) للخنادق الأعماق. وهناك فوائد أخرى للإبقاء على مسافة بين الأكوام والخندق مثل الحيلولة دون سقوط المشاة في الخندق أو تسبب المشاة في سقوط الأوساخ على العمال المتواجدين في الخندق بشكل غير متعمد شكل (6-2').

8- على المقاول أن يتخذ كافة الإجراءات اللازمة للتصرف بالأتربة المستخرجة من الحفريات فيترك قرب موقع العمل ما هو لازم وصالح لإعادة ردمه فيه ويستعمل المتبقي في المناطق المحتاجة للردم ضمن المشروع، وما زاد عن ذلك أو ما هو غير صالح للاستعمال في أشغال الردم يرحله المقاول إلى خارج الموقع حسب تعليمات

المهندس المشرف إلى خارج الموقع بأي وسيلة لئلا يؤدي تركه إلى إرباك عملية المرور. أما في حال الإنشاء على طرق لم تستخدم بعد فيتم إبعادها عن مكان الحفر لئلا تترك العمل ثم تنقل الأتربة بعد ذلك ضمن أعمال التسوية التابعة للطريق..



شكل (2'-6) توضع أكوام الردم بجانب الخندق

- 9- يجب أن يتم حفر الخندق بدقة قدر الإمكان ليطابق المنسوب الذي تم تحديده ويعطي أرضية مستوية ومستمرة، وتوفر الأرضية المستوية الصلبة الدعم للأنابيب
- 10- يراعى عند الحفر ما يأتي:

- أن تكون أبعاد الحفر مطابقة للتخطيط تماماً مع مراعاة العرض الأدنى للخندق المحدد من الجهة المشرفة على المشروع.
- يجب أن يكون قاع الحفر مستوياً ومنسوبه مطابق لمنسوب التأسيس المتفق عليه في المخططات مع التنبيه على الحد الأدنى للعمق المحدد وتنفيذ الحفريات حتى المنسوب المطلوب وبدون زيادة وفي حالة زيادة الحفر عن المنسوب اللازم على المقاول إصلاح الخطأ بالطريقة التي يحددها المهندس المشرف من جهة الإشراف.
- ينبغي دعم جوانب الحفر لمنع انهيارها وإبقاء الدعامات حتى الانتهاء من تنفيذ التمديدات اللازمة والبدء في إزالتها بالتدرج مع الردم على طبقات كما يأتي فيما بعد.
- يفضل استخدام المعدات الميكانيكية المناسبة تبعاً لطبيعة التربة.

- إذا زاد عمق الحفر عن الأعماق التصميمية وجب ملء الزيادة في الحفر بخرسانة عادية لضبط القاع على المنسوب المطلوب.
- لا يباشر المقاول وضع أنابيب الخدمات وغيرها من الأعمال قبل أن يقوم المهندس بالكشف على الحفريات المنجزة، والتصريح له بمباشرة تلك الاعمال.

(1) انشاء خنادق الأنابيب:

- عند تركيب خطوط الأنابيب فإن تجهيز قاع الحفر وفرشه بالرمال له أهمية كبيرة في المحافظة على سلامة الخط وذلك للأسباب التالية:
- تقليل الإجهادات الواقعة على الأنابيب لزيادة الأمان.
 - منع تحرك الأنابيب باتجاه سريان المياه والذي يعرضها إلى قوة كبيرة قد تؤدي إلى كسرها.
 - حماية الأنابيب من حدوث كسر أو خدش خارجي نتيجة وجود الحصى أو الحجارة.

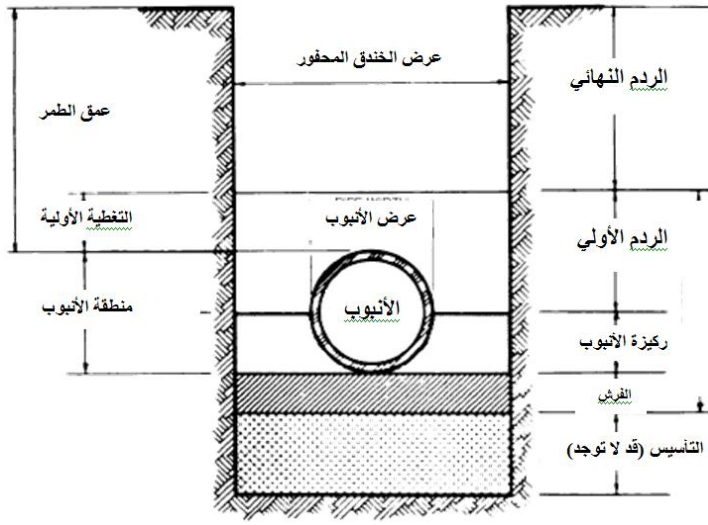
الخدق القياسي:

يتم في الغالب دفن أنابيب الشبكة في خنادق تحت الأرض من أجل حمايتها من الاضرار والكسر الذي قد تسببه أحمال المرور وكذلك حمايتها من التجمد الذي ينتج عن الانخفاض في درجات الحرارة

يعبر الشكل التالي عن مسميات ومصطلحات طبقات الردم للأنبوب، يجب أن تكون أبعاد الخندق كحد أدنى كما هو مبين بالشكل (3-6).

حيث يتكون قطاع خندق الحفر من الطبقات التالية:

- 1- طبقة التربة الأصلية (قاع الخندق).
- 2- طبقة الأساس (حجر مكسر).
- 3- طبقة منطقة الأنبوب (تراب منخول أو رمل ناعم نظيف).
- 4- طبقة جسم الخندق (نواتج الحفر - التربة المستصلحة - حفر الإستعارة - بقايا المقالع - حجر مكسر).
- 5- طبقة السطح (الإسفلت).



شكل (3-6) الخندق القياسي

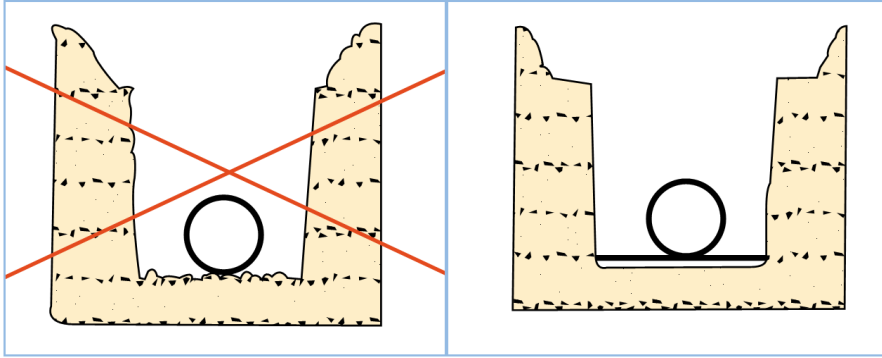
وليس للمهندس الحرية المطلقة في اختيار مواد الردم، بل إن الناحية الاقتصادية والإمكانيات المحلية لهما شأن هام في تحديد التربة التي ستستخدم في الردم وعليه اختيار أنسبها وأقربها إلى مسار الخطوط والاستفادة منها لأقصى الحدود في أعمال الردم. ويُستفاد عادةً من نواتج الحفر السابق الزائدة ما لم يثبت عدم مناسبتها مطلقاً لأعمال الردم.

• أساس الخندق:

بعد إنجاز الحفريات اللازمة لتمديد الأنابيب و استلامها من قبل مهندس الإدارة و بعد التأكد من مطابقتها للشروط و أخذ قياساتها يطلب من المتعهد المباشرة بفرش طبقة من الرمل بسماكة 10/ سم تحت الأنابيب، وهي الطبقة التي توضع تحت جسم الأنبوب ، وتبعاً لتربة القاع ولنوعية الأنبوب ووزنه يمكن أن تكون من المواد الحبيبية (الرمل/ البحص الصغير) أو من البيتون ، و يجب أن يكون الرمل من منشأ كلسي و خالي من البحص و المواد الغريبة أو العضوية التي قد تؤثر على مادة الأنبوب و بذرات تتراوح بين (0.1-5) مم، و بعد فرش طبقة الرمل و تسويتها يباشر المتعهد بأعمال تمديد الأنابيب.

وتقوم هذه الطبقة بعدة وظائف أساسية يجب أن تحققها من خلال نوعيتها وسماكتها أهمها:

- توفير طبقة داعمة سائدة للأنبوب يتم بواسطتها توزيع الضغط ويجب ألا يستند الأنبوب على الوصلة كدعامة له.
- نظراً لأن قاع الحفر لا يمكن أن يكون مستوياً تماماً فهي تساعد على تحقيق المناسب والميول التصميمية للأنبوب أثناء التركيب وبعده.
- يوفر السرير قوة مقاومة تضاف إلى مقاومة الأنبوب ليعملاً معاً على مقاومة الأحمال الخارجية شكل (4-6).

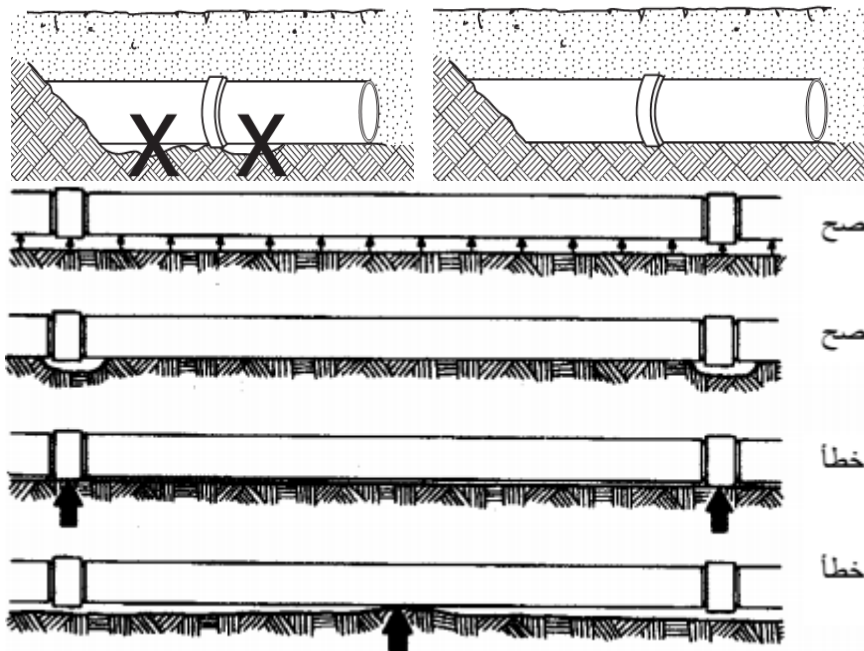


شكل (4-6) سرير الأنبوب

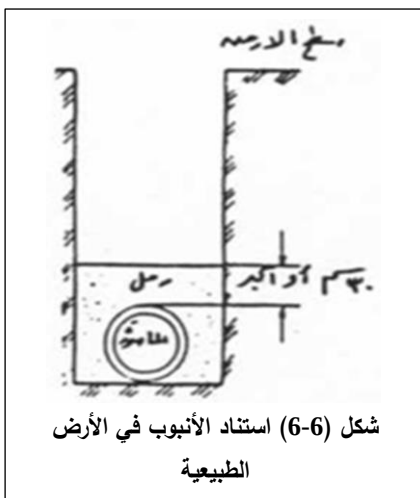
يجب أن تكون أرضية الخندق مستوية بحيث يكون جسم الأنبوب ثابتاً ومدعوماً على امتداد طوله. ويتم استخدام لوح تسوية لفحص استواء أرضية الخندق وكشف أماكن الارتفاع أو الانخفاض. ويبين الشكل (5-6) الوضع الصحيح للأنابيب حيث يجب تحاشي تركيز الوزن على الأطراف الواسعة للأنابيب، ويتم عادة حفر باليد تحت النهايات الواسعة للأنابيب وذلك للغرض المذكور سابقاً إضافة إلى توفير الحيز الكافي لتنفيذ عملية وصل الأنابيب.

يجب أن يكون عرض الخندق كافياً لوضع ورص مادة ردم منطقة الأنبوب وعند وجود صخور أو قشرة جوفية صلبة أو تربة ناعمة أو غير متماسكة أو غير مستقرة في قعر الخندق، يصبح من الضروري تعميق طبقة الوسادة أكثر للوصول إلى دعم طولي مناسب ومتناسق، ويعود القرار لمهندس المشروع بخصوص الاختيار وفق شدة عدم الاستقرار بين إنشاء أساسات خاصة بجعل مادة القعر مستقرة أو بالحفر إلى مسافة أعمق واستبدال التربة بأساس ومد وسادة من الحجارة و الحصى المجروشة يعتمد عمقها على مدى عدم استقرار حالة تربة القعر على أن لا يقل هذا العمق عن 150 مم وان

تؤدي دعماً منتظماً ومتصلاً للأنبوب، حيث أن الفرشة الموجودة تحت الأنابيب تهدف إلى توفير الحماية الدائمة لخطوط الأنابيب فإنه يجب مراعاة حالة الأرض وحالة الأحمال التي تتعرض لها الأنابيب في الموقع وفق ما يلي:

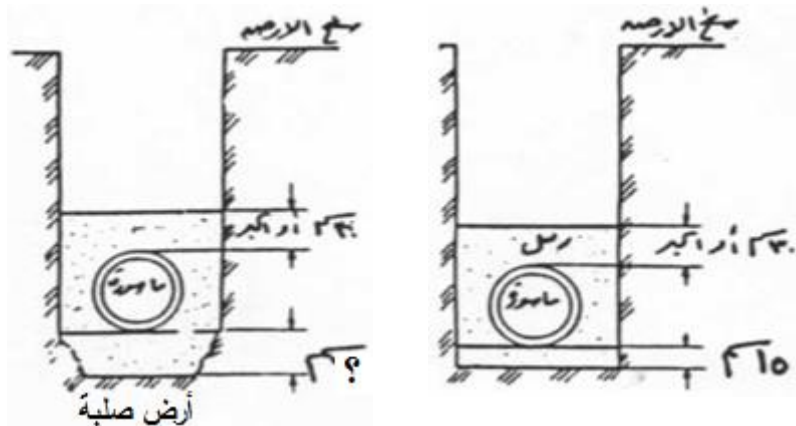


شكل (5-6) الوضع الصحيح لاستناد الأنبوب



- 1- في حال الأرض الطبيعية الجافة: عندما تكون طبيعة التربة عادية ناعمة أو رملية فإنه يتم تسوية قاع الخندق تماماً حتى يتم ارتكاز كامل جسم الأنبوب عليه شكل (6-6)
- 2- في حال الأرض الصخرية الجافة: عندما تكون طبيعة التربة صخرية أو شديدة الصلابة فإنه يجب زيادة عمق خندق الأنابيب 15 سم وإعادة ردمه مع الرص والرش والتسوية بمواد ردم مختارة ناعمة أو متدرجة إذا توافرت في التربة الناتجة عن الحفر أو توريد رمال ناعمة نظيفة، وتستخدم أدوات الرص الميكانيكية أو اليدوية شكل (7-6).

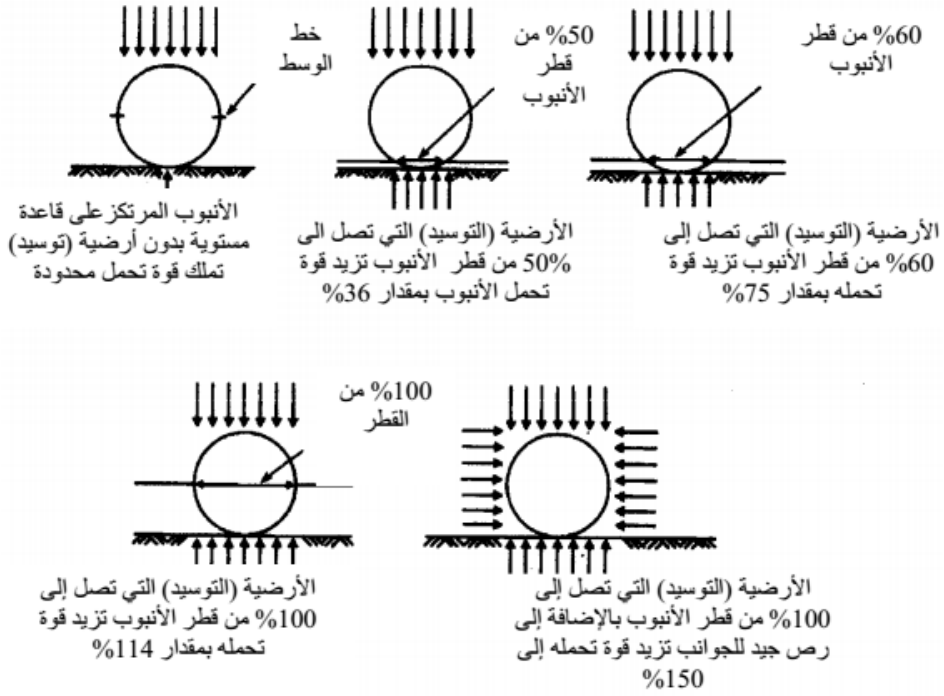
3- في حال الأرض الرخوة أو المفككة: فإنه يُستمر في حفر الخندق وزيادة عمق الحفر حتى الوصول إلى منسوب الأرض الطبيعية الصلبة ثم يُردم هذا العمق الزائد من الحفر إما بالبيتون الرديمي أو بمواد ردم متدرجة مع الرش والرص بمعدات الرص الميكانيكية أو اليدوية والتسوية على طبقات حتى يتم الوصول إلى عمق الخندق المطلوب تصميمياً وفق المقاطع الطولية شكل (8-6).



شكل (7-6) استناد الأنبوب في الأرض الصخرية شكل (8-6) استناد الأنبوب في الأرض الرخوة

4- في حال الأرض المحتوية على مياه: عند وجود مياه سطحية ضمن منسوب الخطوط المنفذة يتم الردم فوق الأنابيب بالبحص وحيد التدرج (من أسفل الأنبوب وحتى 30 سم فوق مولده العلوي)، حيث يعمل البحص كشبكة دريناج يتم تصريف نهايتها (أخفض نقطة) إلى أخفض حفرة تفتيش مجاورة بواسطة أنبوب PVC منقب (دريناج) قطر 150 مم وبطول 2 م.

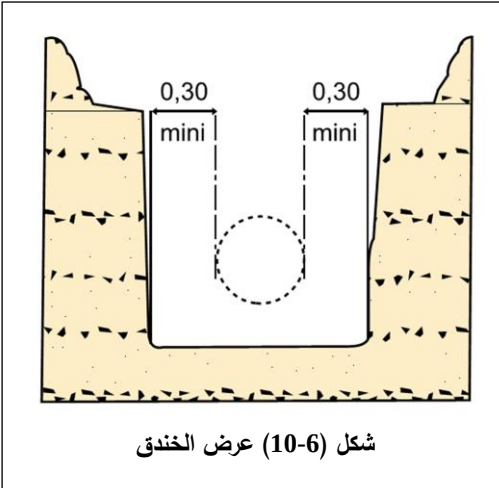
حال الانتهاء من وضع الأنابيب في الخندق، يجب زيادة قوة تحمل الأنابيب من الأوزان وذلك برص الكوم لضغط كبير يؤدي إلى تشويه شكل الأنبوب. إذا كانت الأرضية مرصوفة حتى خط منتصف الأنبوب فإن الدعم يزداد إلى حد كبير، وإذا كانت الأرضية مرصوفة بشكل تام حول الأنبوب فإن الدعم (زيادة التحمل) سيرتفع إلى 150% شكل (9-6).



شكل (9-6) الاستناد بحا وجود مياه

• عرض الخندق:

يعتمد العرض الأمثل لمجرفة الحفر على حجم الأنابيب المنوي تركيبها وعمق



الخندق وكذلك الخبرة المحلية المتعلقة بطبيعة التربة في موقع العمل. فمن ناحية يجب أن يكون عرض الخندق صغيراً ليساعد في سرعة العمل والإنجاز والتقليل من الضرر الناجم وإعادة الإصحاح، ومن ناحية أخرى يجب أن يكون عرض الخندق كافياً بحيث يحافظ على بقاء جوانب الخندق ويسمح للعمال بإنجاز العمل بالشكل الصحيح شكل (10-6).

الجدول (1-6) العلاقة بين قطر الأنبوب وعرض الخندق		
عرض الخندق		قطر الأنبوب (الداخلي) بالميليمتر
الأقصى	الأدنى	
950	650	150
1000	700	200
1050	750	250
1150	850	300
1200	900	350
1250	950	400
1350	1050	450
1400	1100	500
1550	1250	600
1650	1350	700
1800	1500	800
1900	1600	900
2050	1750	1000
2200	1900	1100
2300	2000	1200
2450	2150	1300
2550	2250	1400
2700	2400	1500
2850	2550	1600
2950	2650	1700
3100	2800	1800
3200	2900	1900
3350	3050	2000
3500	3200	2100
3600	3300	2200
3750	3450	2300
3850	3550	2400

إن عرض الخندق في أعلى الأنبوب يجب ألا يكون أكبر من اللازم لتأمين المكان المناسب لربط الأنابيب في الخندق ودخل منطقة ردم الأنبوب على الاكتاف، ويتعلق عرض الخندق تبعاً لقساوة الأنبوب وعمق الطمر.

ويبين الجدول (1-6) العلاقة بين قطر الأنبوب وعرض الخندق.

• عمق الخندق

يتم تحديد عمق الخندق بأخذ تصميم خط الأنبوب بعين الاعتبار والخدمة المنشودة وخواص الأنبوب وقياسه والظروف المحلية مثل خواص التربة وربط الحمل الستاتيكي بالديناميكي لتوزيع الأوزان السطحية وجعل التأثير على الأنابيب محدوداً بحيث تتم حمايته من التلف. والاهتمام بضمان أن عمق الطمر يكفي لمنع

السوائل المنقولة من التأثير بتغلغل الجليد. تأمين غطاء لمنع طفو الأنبوب العارض في المناطق ذات المياه الجوفية القوية.

يجب مراعاة العمق الأدنى من الغطاء فوق الأنبوب.

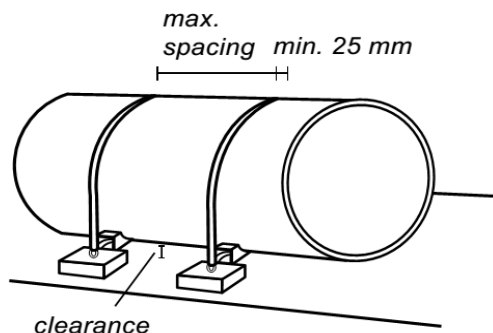
- 0.6m دون أحمال مواصلات.

- 1.0m مع حمولة شاحنات.

- 1.5m مع حمولة شاحنات وعند استعمال معدات الدحل فوق الأنبوب.

عندما يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعاً ولمنع الأنابيب من الطفو يجب المحافظة على عمق الطمر الأصغري المعادل إلى قطر واحد. توضع طبقة الغطاء قبل

إغلاق أنظمة إزالة المياه الشكل (6-10). وبشكل بديل يمكن معالجة التركيب بتهيئة الأنابيب وفي حال تفضيل التثبيت يجب أن تكون الأشرطة من مادة رقيقة بعرض 25mm توضع على مسافات حدها الأقصى مبين بالجدول (6-2).



الشكل (6-10) تثبيت الأنبوب في حال وجود مياه

الجدول (6-2) العلاقة بين قطر الأنبوب والمسافة الأعظمية بين شريطي التثبيت

المسافة الأعظمية بين شريطي التثبيت (m)	القطر الاسمي DN (mm)
1.5	< 200
2.5	200-400
4.0	500-600
5.0	700-900
6.0	≥ 1000

يعتمد عمق الخندق الأعظمي على عمق الطمر المسموح به وبشكل عام تظمر

أنابيب الضغط على عمق 3m.

• الأنابيب المتعددة في خندق واحد:

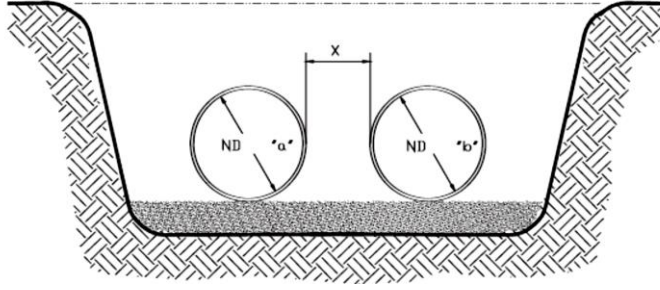
عند تركيب أكثر من أنبوب في خندق واحد يجب المحافظة على مسافة دنيا

لتأمين مكان عمل كاف لضمان دحل جيد للردميات تحت أكتاف الأنبوب الشكل (6-11)

والجدول (6-3).

الجدول (6-3) المسافة بين الأنابيب

المسافة بين الأنابيب X (mm)	القطر الاسمي DN (mm)
300	200-600
600	700-1200
300	1300-2400

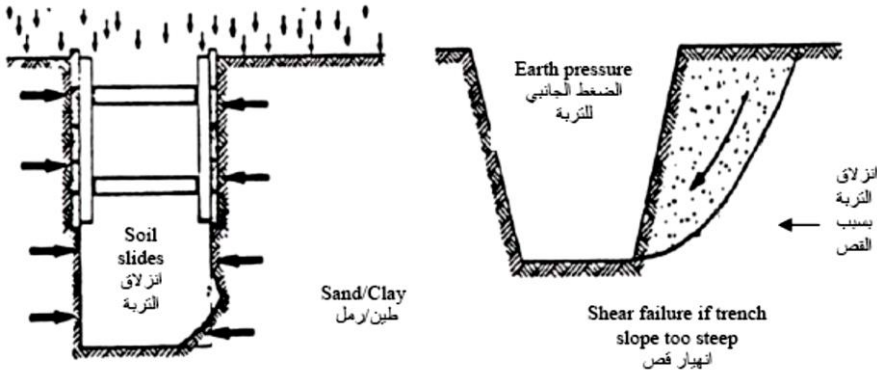


الشكل (11-6) الأنابيب المتعددة في خندق واحد

1) سند جوانب الحفر:

أعمال الحفر في الأعماق الكبيرة أو التربة غير المتماسكة مثل الرمل تستدعي هذه الظروف سندا لجوانب الحفر حتى لا يحدث انهيار للحفر أثناء العمل. وفي حال إنشاء خنادق الأنابيب يكون عرض الخندق ضيقاً ومحدداً وبالتالي لا يمكن أن يكون الحفر رأسياً بكامل عمق الخندق وهذا الأمر لا يمكن فيه أن تسلم جوانب الخندق من الانهيار.

والشكل (12-6) يبين انهيار القص بسبب أن الميل الجانبي حاد وكذلك التدعيم غير الكافي لجوانب الخندق مما يؤدي في الحالتين لانزلاق التربة.



الشكل (12-6) انهيار القص

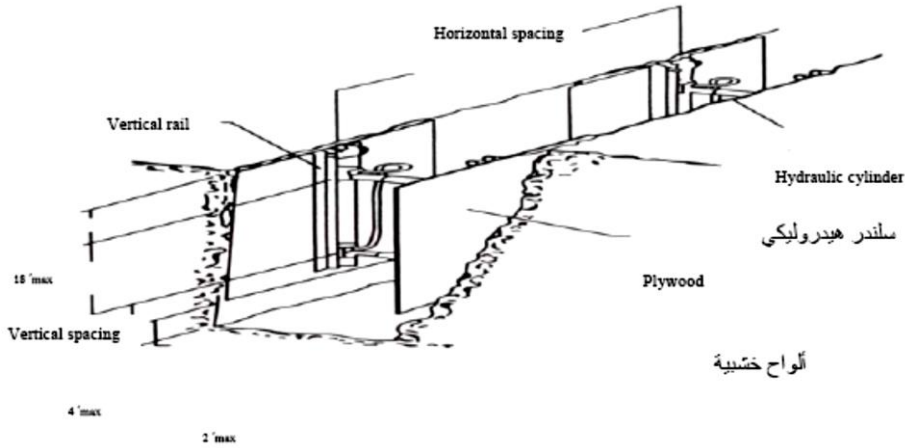
وعندما تكون جدران الخندق غير قوية ولا متماسكة، عندها يجب اختيار الطريقة المناسبة لتدعيمها ولإنجاز العمل يجب إتباع إحدى الطرق الآتية:

- 1- توسيع عرض الخندق كثيراً من الأعلى بجعل الجوانب متدرجة أو مائلة ولكن يجب الانتباه إلى أن كميات الحفر الزائدة لن تدفع قيمتها، وستزيد أعمال الردم كثيراً.

2- طريقة سند بالواح أفقية مرتكزة على ركائز رأسية ثم على ركائز أو عارضات أفقية عمودية عليها.

3- طريقة السند بستائر رأسية مرتكزة على دعائم أفقية ثم على ركائز أو عارضات أفقية عمودية عليها.

وتستخدم في سند الجدران الأخشاب أو الحديد أو كلاهما معاً حسب عمق الحفر التصميمي، وتعتمد هذه الطرق على نوعية التربة التي نقوم بسند جوانبها وهناك تربة غير متماسكة ومتفككة كالتربة الرملية يلزمها التدعيم وسند جوانب الحفر بأقوى الأساليب المتبعة وهناك تربة متماسكة مع بعضها وقوة تماسكها عالية كالتربة الطينية لها القدرة على تماسك جزيئاتها دون انهيار لأعماق معينة لذلك نعتمد أخف الطرق لسند جوانبها. ويبين الشكل (13-6) الطريقة الصحيحة لتدعيم جوانب الحفر بالشكل الصحيح حتى لا يتسبب في أي انزلاق في التربة من جوانب الحفر.



الشكل (13-6) تدعيم جوانب الحفر

1- استعمال النظام التدعيمي المعدني الصندوقي Trench Box وهو ممتاز ولكنه مكلف جداً حيث تثبت أنظمة التدعيم حتى منسوب رأس (أعلى) الأنبوب للسماح بعدها بإتمام الحفر بالعرض المحدد وصولاً إلى منسوب القاع، وإذا كانت تربة قاع الخندق سيئة أو صخرية يجب زيادة عمق الحفر بمقدار 10سم/ لإعطاء السرير سماكة أكثر لحماية الأنبوب ومن البديهي أن حفرة الخندق يجب أن تكون مطابقة للمقطع الطولي الشكل (14-6).



الشكل (6-14) التدعيم الصندوقي

أسباب انهيار جدران الخندق:

عموما تصنف التربة إلى التربة الطينية والطين القاسي والرمل والطيني ويمكن إجراء الحفريات بسهولة وأمان في التربة الطينية والطين القاسي المنخفض الرطوبة، أما التربة الرملية الجافة فهي بحاجة إلى عناية واهتمام خاص كونها سهلة الانهيار، أما الطين القاسي المبتل فلا يمكن التنبؤ بتصرفه عند الحفر واحتمالية الانهيار فيه مرتفعة. على الرغم من أن مظهر التربة قد يدل على أنها متماسكة، إلا أن هذا لا يعني أن جدران الخندق لن تنهار، ومن أهم أسباب انهيار الحفريات ما يأتي:

- ضغط الماء المتواجد في التربة.
 - ثقل المعدات وأليات الحفريات التي تعمل بالقرب من الحفريات.
 - ثقل التربة الناتج عن الحفر المتواجدة بجوار الخندق.
 - جدران الخندق الزائدة العمق وبشكل لا يتلاءم مع نوعية التربة.
 - التشققات في التربة والتي يكون سببها في العادة تركيب مسبق لخطوط خدمات أخرى كخطوط الصرف الصحي أو خطوط أنابيب الغاز.
- يحدث انهيار جدران الخندق في معظم الأحيان في فصل الشتاء وبداية فصل الربيع حيث تكون التربة مشبعة بالماء. وتحدث الانهيارات عادة بشكل مفاجئ ودون

سابق إنذار، ولكن هناك بعض العلامات والدلائل التي تساعد العمال على التنبؤ بقرب حدوث انهيار وهي:

- تشققات في سطح الأرض وبشكل مواز للخندق على بعد 2\1 أو 4\3 عمق الخندق من حافته.
- تساقط التربة من جدران الخندق.
- هبوط سطح الأرض بالقرب من الخندق.
- التغير المفاجئ في لون التربة خلال الحفريات مما يدل على وجود حفريات سابقة في الموقع.

منع انهيار الخندق:

إن عدم وجود الدعامات أو انهيارها هو السبب الرئيس في حالات الوفاة أو الإصابة في الأعمال التي تجري تحت سطح الأرض. ويعد توفير الدعامات لأعمال الحفريات من متطلبات إدارة الصحة والسلامة المهنية والقوانين المعمول بها، وعدم التقيد بهذه التعليمات يؤدي إلى غرامات شديدة وعالية، وتتطلب التعليمات بشكل عام حماية الحفريات التي يزيد عمق الخندق فيها على (1.2 - 1.5 م). وهناك خمس وسائل تساعد في عدم انهيار الحفريات وهي: الحفر بجدران مائلة والتدريع والدعم والتصفيح واستخدام الدعائم المعدنية القابلة للطي.

يجب على المقاول، وعلى مسؤوليته الخاصة، أن يقوم بإسناد جوانب الحفر منعاً لانهيارها، وذلك لأجل حماية العاملين والأعمال التي في داخلها على حد سواء. ولا يدفع إلى المقاول علاوة أو سعر إضافي مقابل ذلك.

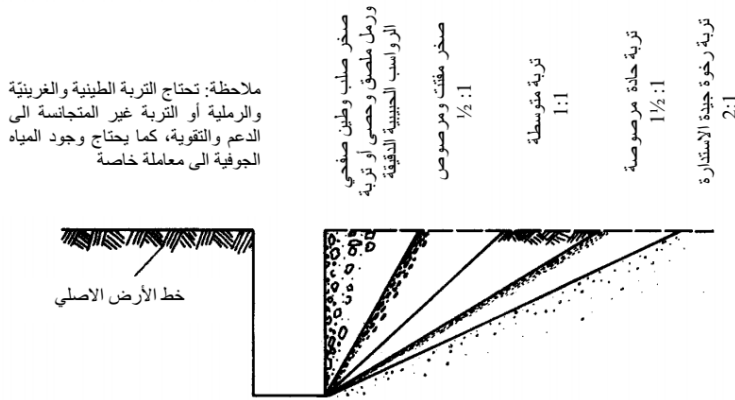
الجدران المائلة التي يتم حفرها بميلان اعتماداً على قوة تماسك التربة، وتتغير زاوية الميلان اعتماداً على نوعية التربة ونسبة الرطوبة فيها والظروف المحيطة مثل الاهتزازات الناجمة عن المعدات الصناعية.

تحفر الخنادق المرافق تحت الأرض بالأمكن والاتجاهات والأعماق المطلوبة ويجب أن تدعم الخنادق التي قد تهبط أو تنزلق نتيجة لخصائص التربة الموجودة أو تنشأ بميول تعتمد على تلك الخصائص.

وإذا لم تتوفر المعرفة الكافية بالخصائص الميكانيكية للتربة فيسمح بزوايا الميل القصوى الآتية:

- التربة غير المتماسكة أو التربة المتماسكة الطرية 45 درجة
- التربة المتماسكة الصلدة 60 درجة
- الصخور الضعيفة 70 درجة
- الصخور القوية 90 درجة

ويبين الشكل (6-15) القيم التقريبية لزوايا الاستقرار لمختلف أنواع التربة.



الشكل (6-15) القيم التقريبية لزوايا الاستقرار لمختلف أنواع التربة

وما لم يتفق على خلاف ذلك فإن شريطاً بعرض لا يقل عن 100 سم يجب أن يترك خالياً من أية أحمال على الحافة العليا للخندق.

وإذا كانت التربة مستقرة بدرجة كافية تسمح باستعمال حوائط رأسية غير مدعمة، فإن عمق الخنادق يجب ألا يتعدى 1،75 متر. وفي كل الأحوال يجب أن تميل الجوانب ابتداءً من منسوب يرتفع 1،25 متر عن قاعدة الخندق بزاوية وفق الجدول أعلاه، أو أن تقوى وتدعم الجوانب فوق هذا المنسوب.

(2) المعدات المستخدمة في أعمال حفر الخندق:

تعتمد أعمال الحفر في إتمامها بالشكل المطلوب والمواصفات المعتمدة اعتماداً كلياً على المعدات المخصصة لها، فتنجح هذه المعدات السهلة والسرعة في إتمام العمل. ولكل نوع من التربة أو الصخور معدات خاصة لأعمال الحفر بها وتجهيزها بالشكل المطلوب. أما عدد هذه المعدات فيتوقف على حجم المشروع والظروف المحيطة به ولا

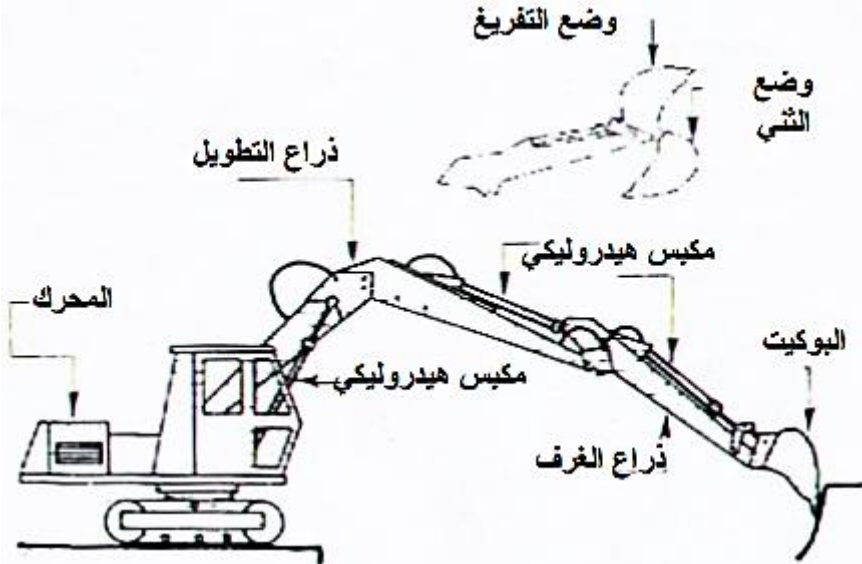
ننسى هنا مهارة سائق هذه المعدة الذي سينعكس أدائه على إنجاز المعدة نفسها من حيث الكمية أو الجودة.

ولكن هذا لا يمنع من التخطيط المسبق للتنفيذ من حيث عدد المعدات ونوعيتها حتى يمكن أن ينتهي المشروع في الوقت المطلوب وبالشكل المطلوب أيضاً.

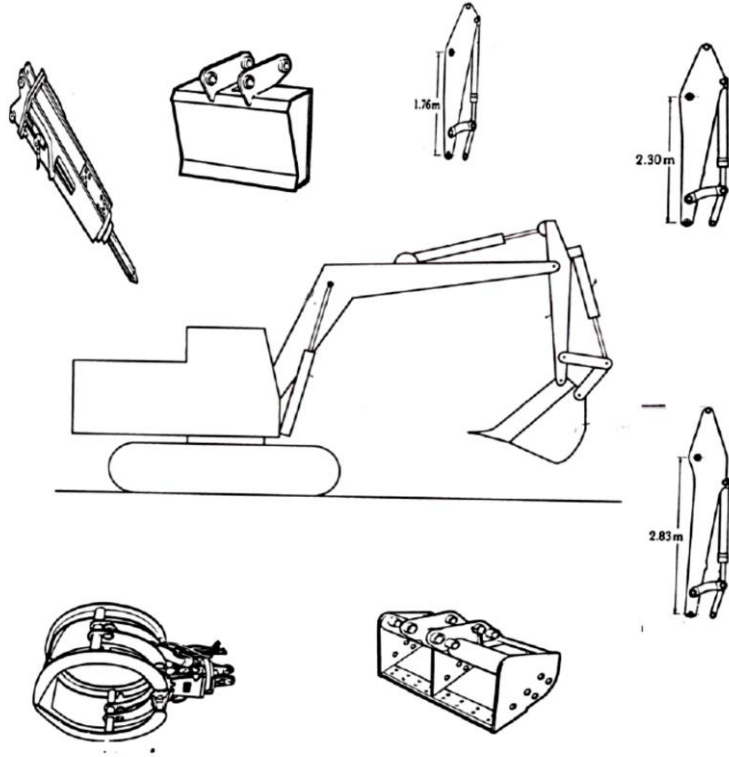
وهناك عدة أنواع من المعدات المستخدمة في عمليات الحفر نذكر منها ما يأتي:

(a) الحفار الباكر:

يستخدم هذا النوع من المعدات لحفر الخنادق المفتوحة في الطرق لتمديد الأنابيب فيها، وكذلك تستخدم لعمل وتشكيل الميول الجانبية لتلك الخنادق، ويعتبر هذا النوع من المعدات بأنه يقطع التربة بشكل منتظم ولا يحتاج بعده لمزيد من التشطيب والتسوية ويراعى عند تشغيل الحفار في التربة التي تحتوي على أحجار قدرة هذه المعدة على حملها على ألا تزيد حجم القطعة منها عن ربع الرأس المستخدم للمعدة. ولابد من التنويه هنا إلى أنه توجد أنواع كثيرة جداً ومتطورة من الحفارات بحيث إن المعدة الواحدة تقوم بالعديد من الأغراض بوساطة تغيير الرأس العاملة فيها لينتاسب مع الغرض الذي تعمل من أجله وأيضاً حسب نوعية التربة الموجودة بالموقع يبين الشكل (6-16) أجزاء الباكر والشكل (6-17) الرؤوس التي تتركب على الحفار والشكل (6-18) آلية عمل الحفار.



الشكل (6-16) أجزاء الباكر



الشكل (16-6) مجموعة من الرؤوس التي يمكن تركيبها على الحفار



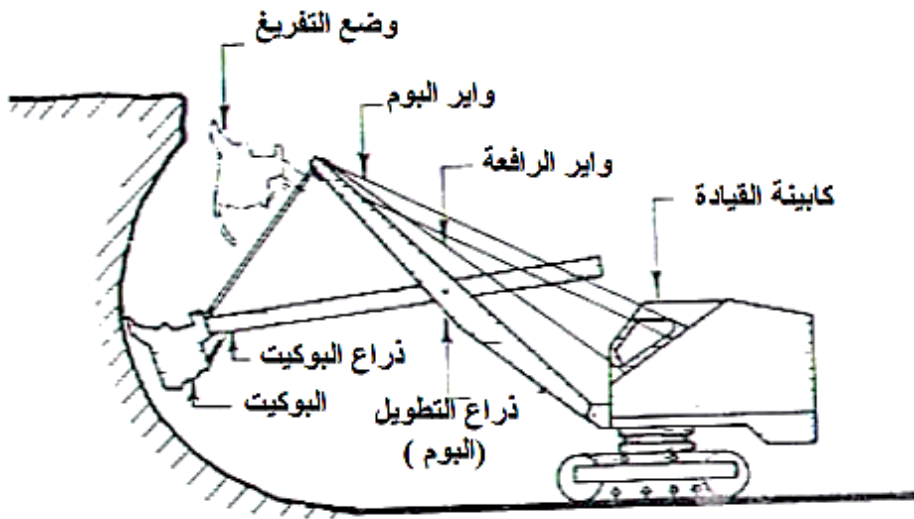
الشكل (17-6) طريقة عمل الحفار



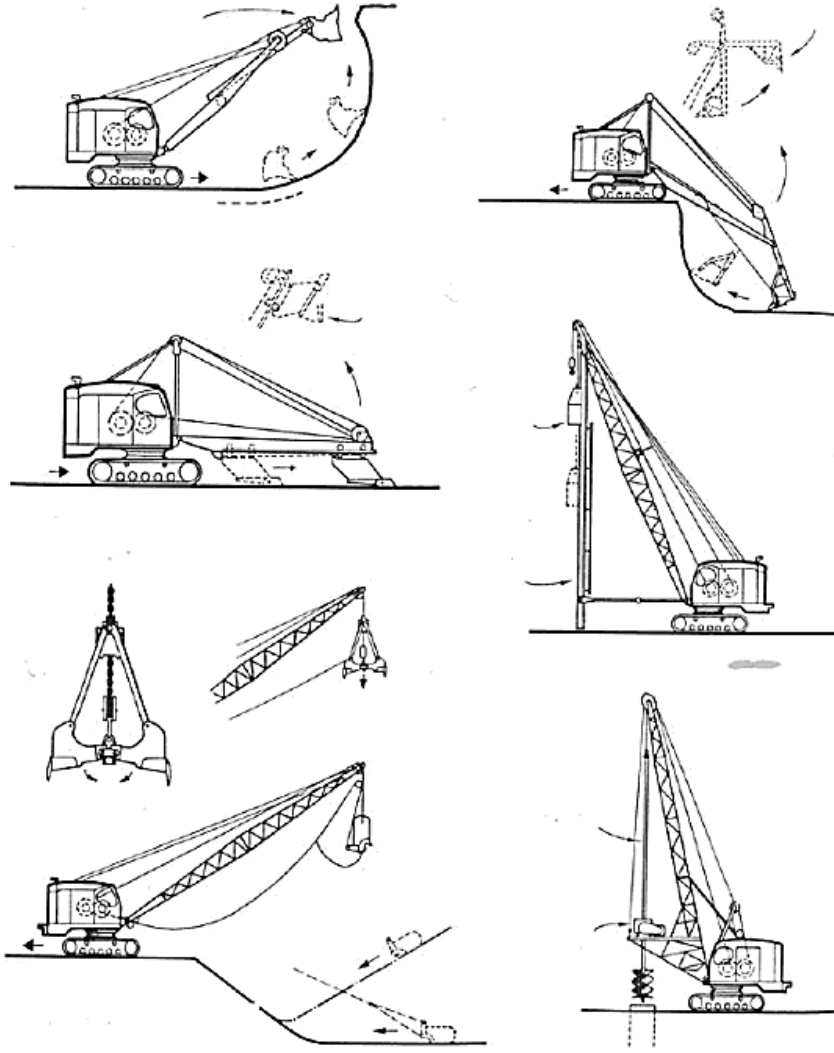
تابع الشكل (17-6) طريقة عمل الحفار

(b) الكراكة:

المعدة موضحة بالشكل (18-6) وتستخدم في الحفر لكميات كبيرة لأعلى والشكل (19-6) آلية عملها.



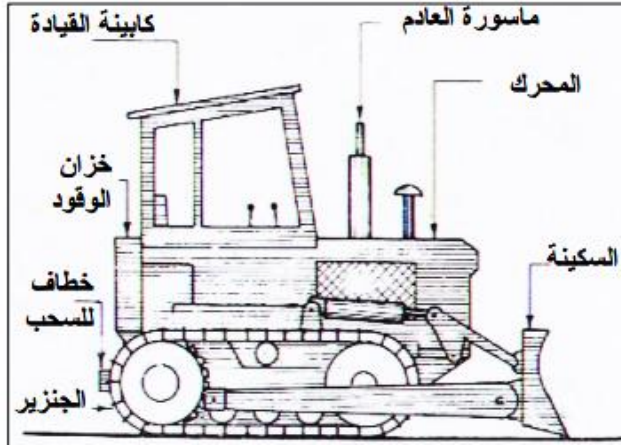
الشكل (18-6) أجزاء الكراكة



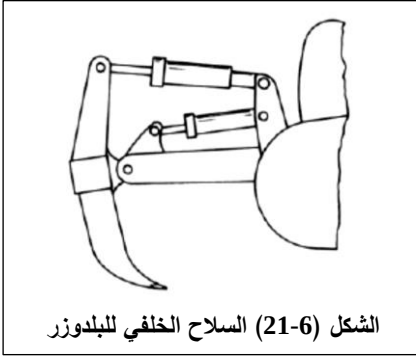
الشكل (6-19) آلية عمل الكراكة

(c) البلدوزرات:

يعتبر البلدوزر من المعدات التي تستخدم للحفر بأعماق صغيرة 30cm كما تستخدم لإخلاء مسار الطريق من الأعشاب والشجيرات الصغيرة ولحفر وإزالة التربة وتكويمها ولردم الحفریات وتسوية التربة المتكونة والناجمة من عملية الحفر. كما يمكن للبلدوزرات أن تخدم في أعمال ثانوية مثل إخلاء وتجهيز الطرق أمام الكاشطات وجربها عندما تكون ممثلة وتجد صعوبة في الحركة ويبين الشكل (6-20) أجزاء البلدوزر.



الشكل (20-6) أجزاء البلدوزر



وهناك عدة طرق لتصنيف البلدوزرات وهي كما يلي:

- 1- من حيث تركيب السلاح "السكينة".
- 2- من حيث وسيلة التحكم في السكينة.
- 3- من حيث آلية السير للجرار.



الشكل (22-6) البلدوزر

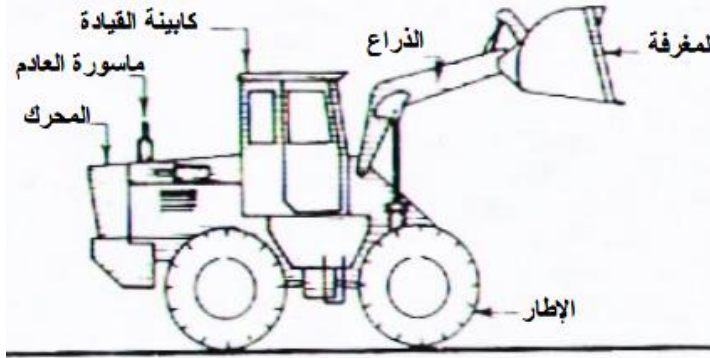
(d) لوادر على عجل:

المعدة كما في الشكل (23-6) وتستخدم في:

- تحميل ونقل الرمل والركام والتربة والحجارة وغيرها
- الخفر في حالة وجود مساحات واسعة تسمح بحرية حركة المعدة.

- يمكن تغيير المغرفة وتركيب سكينه أخرى وبالتالي يمكن استخدام اللورد في نقل الأنابيب والصناديق وغيرها.

ويمكن رفع المغرفة إلى ارتفاع يصل إلى 3m ويصل حجم المغرفة إلى واحد متر مكعب.



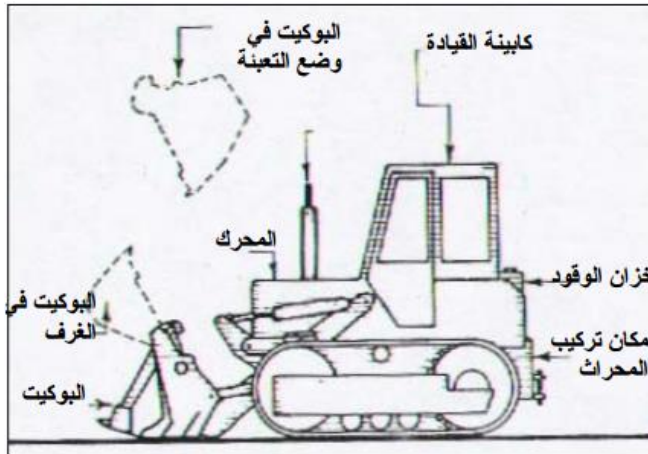
الشكل (6-23) لورد على عجل

(e) لورد على جنزير:

المعدة كما في الشكل (6-24) وتستخدم في:

- تحميل ونقل الرمل والركام والتربة والحجارة وغيرها
- الحفر في حالة الأرض الحجرية والأرض المبتلة أو الموحلة.
- يمكن تغيير المغرفة وتركيب سكينه أخرى لتعمل كبلدوزر أو سكرابر كما يمكن تركيب محراث بالخلف لتكسير الأحجار.

ويمكن رفع المغرفة إلى ارتفاع يصل إلى 2.3m ويصل حجم المغرفة إلى 1م³.



الشكل (6-24) لورد على جنزير

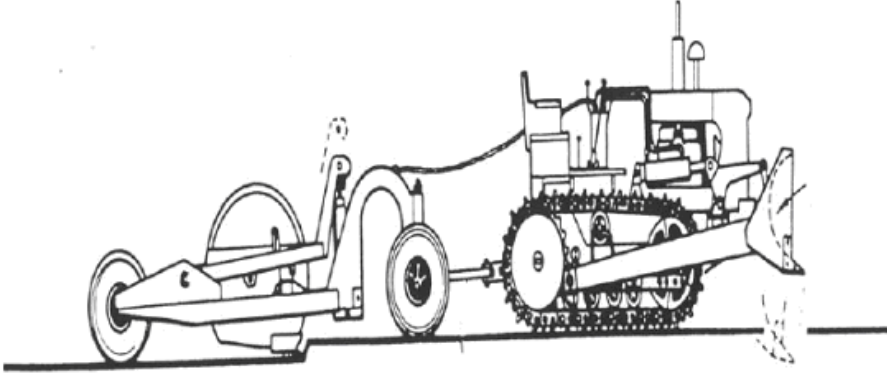
(f) الكاشطات (سكريب):

صممت هذه المعدات لقطع التربة طبقة بعد طبقة ونقلها وتفريغها في أماكن الردم ومن ثم تسويتها ويمكن للكاشطات العمل في أنواع عديدة من التربة الطينية والرملية غير أنها في حالة التربة الطينية تعمل بكفاءة أقل حيث عن التربة في هذه الحالة تلتصق بجدران وأطراف السلاح وتتسبب في إغلاقه كما أن الرمال الناعمة الجافة لا تملأ الرأس بالكامل.

وتعمل الكاشطة بأقصى كفاءة لها في التربة الرملية الرطبة والجيرية والحجرية الرفيعة. ولا تستعمل الكاشطات في التربة الحجرية التي تحوي أحجاماً ضخمة من الأحجار مباشرة حيث يلزم أولاً حث وتقليب تلك التربة.

ويتم تصنيف الكاشطات كالآتي:

- 1- من حيث سعة السطل.
 - 2- من حيث آلية السير (مقطورة-شبه مقطورة-ذاتية الحركة).
 - 3- من حيث طريقة تفريغ الرأس (آلية- نصف آلية).
 - 4- من وسيلة التحكم في الرأس (إما بواسطة الحبال أو هيدروليكية وهي الأفضل).
- والشكل (25-6) يوضح نموذجاً لهذه المعدة.



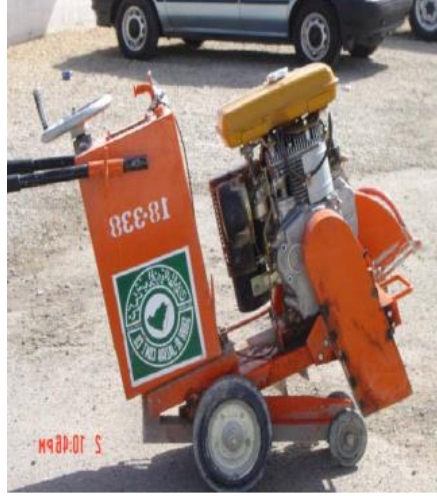
الشكل (25-6) الكاشطات

(g) مقص الإسفلت منشار الخشب:

يستخدم المنشار الآلي لقطع طبقات الإسفلت والخرسانة، وهو مزود بشفرة ماسية ويشغل عادة بواسطة شخص واحد، وهذه المعدة عبارة عن وحدة مركبة على منصة ولها

شفرة دائرية من الماس للقطع، وتستخدم هذه المعدة بشكل أساسي لتأمين قطع رأسي بعمق وعرض منتظم في طبقات الإسفلت والخرسانة، ويتميز هذا المنشار الآلي بالسرعة بالمقارنة مع بقية آلات القطع ويوصى به عند الحاجة لإزالة مساحات واسعة من الإسفلت أو الخرسانة.

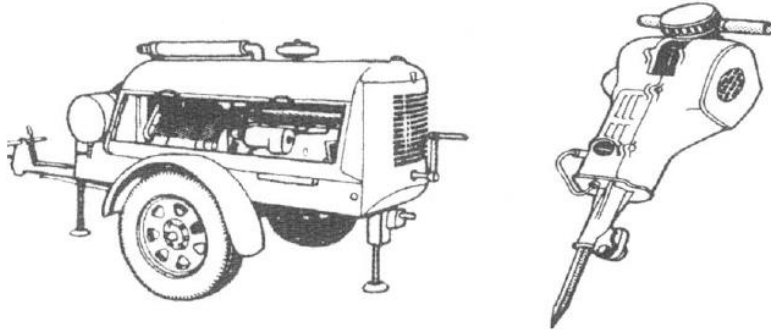
ويبين الشكل (26-6) نموذجاً لهذه المعدة.



الشكل (26-6) مقص الإسفلت

(h) الضاغط الهوائي (الكمبروسر):

يعتبر الضاغط الهوائي من المعدات الميكانيكية اليدوية التي تستخدم في المساحات الصغيرة ولقطع وإزالة الإسفلت كما يستخدم في كسر وإزالة بعض الخرسانة المطلوب إزالتها كما يستخدم في تكسير وتفتيت الصخور في بعض المناطق التي لا يمكن وصول معدات الحفر الكبيرة إليها الشكل (27-6).





الشكل (6-27) الكمبيوتر

2-2-2-6 الثقب الأفقي ومعداته:

قد يتطلب الحفر أحياناً قطع الطريق عرضياً وبما أن طريقة الخندق المفتوح تسبب مضايقة لمستخدمي الطريق خاصة في حال عدم إمكانية توفير التحويلة المناسبة عند قطع الطرق الرئيسية بالإضافة إلى صعوبة إعادة إصلاح الطريق بعد حفره حيث لا يتم ذلك بالشكل المطلوب بحيث يعاد السير لوضعه الطبيعي تماماً، وللحفاظ على سلامة مستخدمي الطريق دون قطع الطريق فإنه يمكن استخدام الثقب الأفقي بدلاً من الخندق المفتوح وتشتمل هذه الطريقة تمديد الأنابيب بدون حفر خارجي.

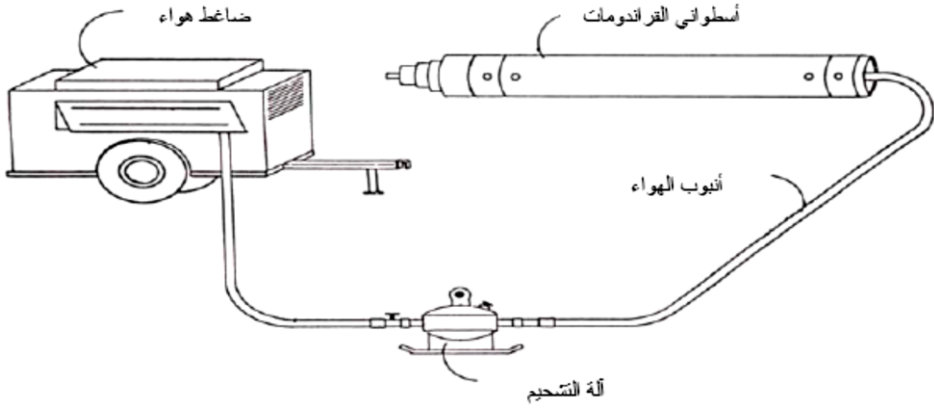
ويعتمد اختيار المعدة على نوع الخدمة و اتجاهها بالنسبة للطريق وتعتبر الظروف الطبيعية والناحية الفنية والاقتصادية من الأمور التي لها دور كبير في ذلك.

وهناك عدة طرق لتمديد الخدمات بواسطة الثقب الأفقي تحقق جميعها الغرض دون التأثير على سلامة مستخدمي الطريق وبدون إتلاف للطبقات الإسفلتية، وهذه الطرق هي:

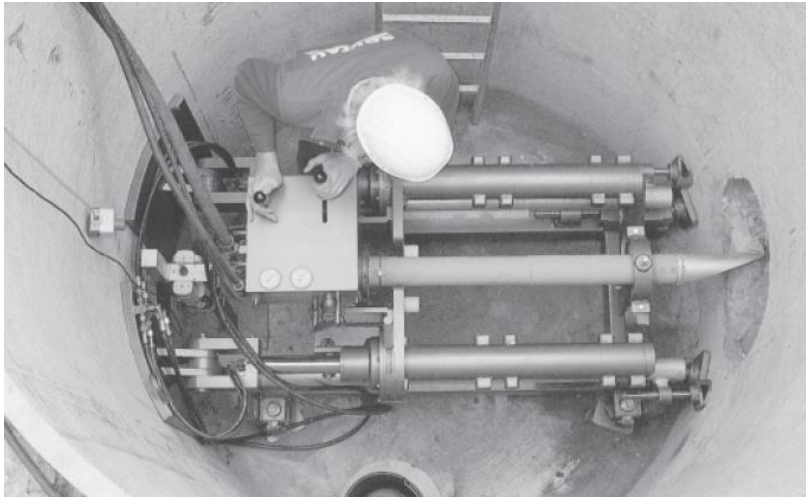
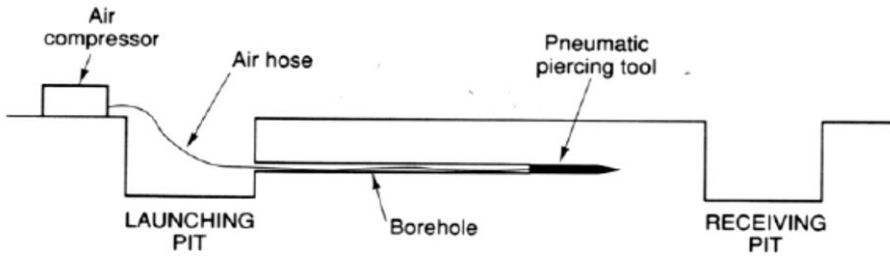
1) مطرقة قراندومات الخاصة بإزالة التربة:

تعتبر ماكينة قراندومات الأسطوانية التي تقوم بعمل الثقب الأفقي بقوة الهواء المضغوط فتدفع للأمام بضغط حده الأدنى 7 بار وزيادة نسبة طول هذه الاسطوانة إلى قطرها يعطيها قوة للاختراق في التربة مع ضمان الدقة في استقامة خط الحفر كما يساعد على دقة الحفر الرأسي حيث تدفع هذه الماكينة نفسها خلال جميع أنواع التربة القابلة

للإزاحة والحجارة والصخور الصغيرة بسرعة معدلها 10م/ساعة، ولا تستخدم هذه الماكينة في الصخور المصمتة القوية التماسك ويبين الشكلان (28-6) و(29-6) مطرقة قراندومات الخاصة بإزاحة التربة مع طريقة عملها.



الشكل (28-6) مطرقة قراندومات

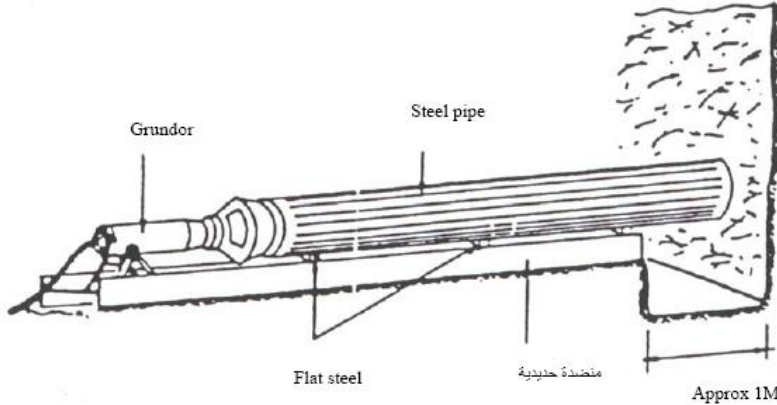


الشكل (29-6) طريقة حفر مطرقة القراندومات

(2) ماكينة ترانورام لدفع الأنابيب:

تستخدم هذه الماكينة لتركيب الأنابيب وتقوم بدفع الأنابيب الحديدية داخل التربة ثم تزال التربة التي تدخل الأنابيب أثناء عملية التركيب حال اكتمال الحفر التجويفي وتصل أقطار الأنابيب في هذه الطريقة حتى 1400مم ويثقب طوله 80 م. وتتميز هذه الماكينة بعدة مميزات من أهمها:

- 1- لها القدرة على تكسير الحجارة التي تكون في مسار الثقب الأفقي وإزالة أي عوائق أثناء عملية الثقب أو عند البدء في العمل في العمل بعد التوقف التام.
 - 2- الدقة في إزالة العوائق الموجودة أمام الأنبوب حيث لا تزعج العوائق أو تدفع إلى مقدمة الأنبوب وإنما تكسر بشكل فعال.
 - 3- الزمن اللازم لإعداد الماكينة للعمل قصير ويمكن تحقيق سرعة أكبر في تسيير ودفع الأنابيب.
 - 4- يطلب حد أدنى من طبقة التربة فوق الأنبوب ولحماية الأنابيب من الأحمال فوقها فإن أقل عمق لهذه الأنابيب هو 1 م.
 - 5- يمكن نقل الوحدة كاملة بسهولة.
- يبين الشكل (30-6) ماكينة الفراندروم.

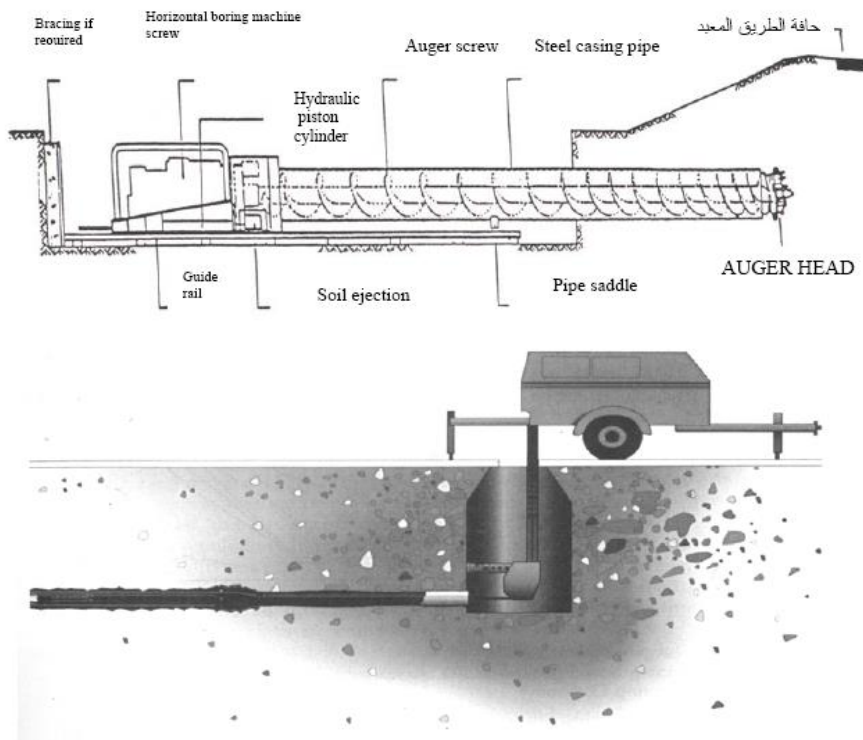


الشكل (30-6) ماكينة الفراندروم

(3) طريقة الحفر بالمتقاب:

في هذه الطريقة من طرق الثقب يتم توصيل الأنابيب أفقياً مع إزالة التربة داخل الأنبوبة بتوقيت متزامن باستخدام المتقاب وفي حالة وجود تربة غير متماسكة يمكن إبقاء

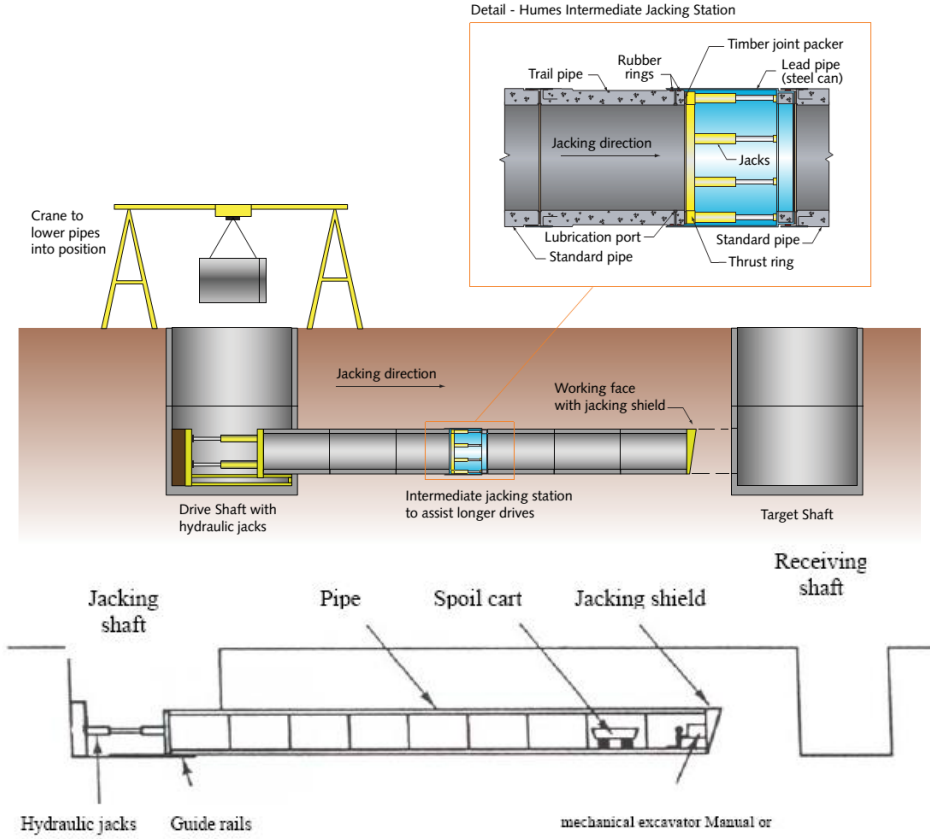
نهاية المثقاب مسحوبة للخلف داخل أنبوبة التغليف لتجنب وجود أي فراغات أما في حالة التربة الثابتة فيمكن مد المثقاب إلى الأمام خارج أنبوبة التغليف لتسهيل تفتيت التربة وإزالتها والشكل (31-6) يبين طريقة وماكينة الحفر بالمثقاب.



الشكل (31-6) ماكينة الحفر بالمثقاب

(4) طريقة دفع الأنابيب

في هذه الطريقة يمكن دفع الأنابيب الخرسانية المسلحة والفولاذية عبر أي تربة كانت وتوضع في الوصلات بين الأنابيب مواد لتقليل احتمال التشقق أو التصدع فيها نتيجة الضغط، ويمكن بهذه الطريقة مد أنابيب بأقطار تتراوح ما بين 800 مم إلى 4000 مم لمسافات حتى 500 متر. ويتوقف عدد وقدرة الروافع اللازمة لدفع الأنبوب على مقاس وطول الأنبوب ونوع التربة التي سيتم الثقب فيها حيث يمكن دفع الأنابيب في التربة الرملية دون أي حفریات أمام الأنبوب بينما لابد من الحفر أمام الأنبوب لدفع التربة الصلبة أما في حالة الصخور الصلبة فيمكن استخدام التفجير أمام الأنبوب. والشكل (32-6) يبين طريقة دفع الأنابيب لعمل التمديدات.



الشكل (32-6) طريقة دفع الأنابيب لعمل التمديدات

3-6 تمديد الأنابيب:

1-3-6 مواقع تمديد الأنابيب:

(1) الطرق الواقعة خارج النطاق العمراني للمدينة:

عندما يكون تمديد الخدمات على الطرق الواقعة خارج النطاق العمراني يفضل أن يكون التمديد خارج منطقة الطريق (التي تسمى منطقة حرم الطريق) آخذين في الاعتبار احتمال توسعة الطريق مستقبلاً وعدم التأثير على أعمال صيانة الطريق. وإذا تعذر ذلك بسبب وجود أراض مملوكة مجاورة للطريق أو ظروف طبيعية تعيق تمديدتها خارج الحرم فإنه يمكن تمديدتها داخله شريطة أن يكون في آخر مترين من الحرم وبعد نهاية الميل الجانبي للطريق كما تنص المواصفات في ذلك.

(2) الطرق الواقعة داخل النطاق العمراني للمدينة:

عندما يكون تمديد الخدمات على الطرق الواقعة داخل النطاق العمراني فلابد من ملاحظة أن المقطع العرضي للطرق يغطي كامل الحرم ففي هذه الحالة يتعذر تمديد المرافق في المسارات السريعة بالنسبة للطرق ويجب مراعاة عدم تمديدھا في الطرق الرئيسية مع محاولة إيجاد خيارات أخرى مثل استخدام شوارع فرعية موازية أو مرتبطة بالطرق الرئيسية وإذا تعذر ذلك فمن الممكن تمديد هذه المرافق في طرق الخدمة الموازية للطرق السريعة.

يفضل عادة أن تمتد جميع خطوط الخدمات والشبكات المختلفة في الأرصفة أو تحت جزيرة منتصف الشارع إذا كان عرض الأرصفة كافياً، حيث يمكن استعمال نفق واحد لتمديد عدد من خطوط الخدمات المختلفة مما يؤدي إلى وفر في كلفة إنشاء الشبكات بشكل منفرد

إن تحديد مسار خط شبكة الصرف الصحي يجب أن يحقق ما يأتي:

- 1- توفير إمكانية تنفيذ الشبكة واستثمارھا.
- 2- إمكانية إصلاح الشبكة وصيانتھا.
- 3- المحافظة على سلامة الاساسات وخطوط الشبكات الأخرى من تأثير مياه المخلفات السائلة في حال تسربھا من شبكة الصرف الصحي وحماية شبكة مياه الشرب من التلوث.

يجب ألا تقل المسافة بين شبكة الصرف الصحي وأساسات الأبنية عن 5/ متر في حال الخطوط المضغوطة و 3/ متر في حال الجريان بالانحدار الطبيعي.

في الشوارع التي يزيد عرضھا عن 30 متر ينفذ فيها عادة خطين للشبكة وذلك منعاً لقطع الشارع عرضياً عند كل وصلة.

يجدر الانتباه إلى الملاحظات الآتية عند التقاء شبكة مياه الصرف الصحي مع شبكة مياه الشرب:

- في حال تمديد شبكة مياه الشرب وشبكة مياه الصرف الصحي على مستوى واحد وبشكل متوازي فالمسافة بين السطح الخارجي للأنايب يجب ان لا تقل عن 1.5 م

في حال قطر أنبوب مياه الشرب 200 مم و3 متر في حال كون قطر أنبوب مياه الشرب يزيد عن 200 مم.

- في حال تمديد شبكة الصرف الصحي أعلى من شبكة مياه الشرب بـ 50 سم وما فوق فالمسافة بين السطح الخارجي للأنابيب يجب ألا تقل عن 5 متر.

- في حال تقاطع خطوط شبكة الصرف الصحي مع شبكة مياه الشرب على مستوى أخفض من شبكة مياه الشرب يجب ألا تقل المسافة الشاقولية بين السطح الخارجي للأنابيب عن 0.4 متر. ويمكن تجاوز هذه المسافة إذا تم تمديد شبكات مياه الشرب من الأنابيب المعدنية ووضع لها قميص إضافي في أماكن التقاطعات بحيث يمتد هذا القميص مسافة 5 متر من كل جهة في التربة الغضارية ومسافة 10 متر في التربة الرملية، ويتم تنفيذ التقاطع تحت زاوية قائمة.

- يسمح بإمرار أنابيب شبكة الصرف الصحي فوق خطوط مياه الشرب في وصلات المنازل والخطوط الثانوية حول الأبنية على ألا تقل المسافة بين السطح الخارجي شاقولياً عن 50 سم.

في حال تنفيذ شبكة الصرف الصحي موازية لخطوط الحافلات فإن المسافة بين حافة الخندق المحفور لتمديد خط الشبكة ومحور خط الحافلة يجب ألا تقل عن 1.5 متر، والمسافة الدنيا بين حافة الخندق المحفور ورديف الأرصفة يجب ألا تقل عن 1.5 متر.

في حال تنفيذ شبكة الصرف الصحي موازية لخطوط السكك الحديدية فإن المسافة بين حافة الخندق المحفور لتمديد خط الشبكة ومحور خط السكة الحديدية يجب ألا تقل عن 4 متر.

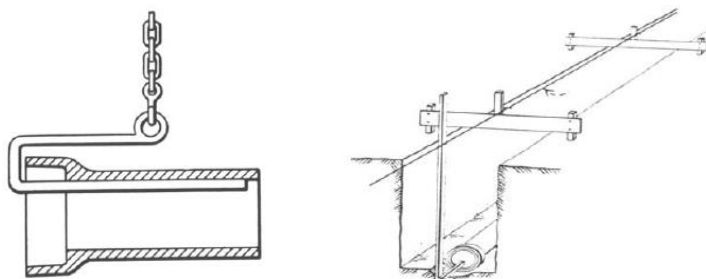
6-3-2 طريقة تمديد الأنابيب:

قبل البدء في تمديد الأنابيب لابد من التأكد من بعض الأمور التي تؤثر على هذه العملية سلباً أو إيجاباً وهي كما يلي:

1- ان بذل المجهود والعناية والوقت الكافي للتفتيش على الأنابيب والقطع الخاصة قبل إنزالها الى الحفر للتركيب سيوفر وقتاً كبيراً يستغرق لإصلاح العيوب التي ستظهر أثناء التركيب وبعد الاختبارات.

- 2- يتم الكشف على الكسور والشروخ الظاهرية بالعين المجردة باستخدام اختبار تردد الصوت الناشئ عن الطرق بمطرقة خفيفة على جسم الأنبوب وملاحظة الصوت.
 - 3- عدم قبول أي من الأنابيب التي بها شروخ أو كسر وكذلك الملحقات والوصلات التي بها نفس العيوب.
 - 4- لابد من التأكد من أن جميع المواد قد خزنت في أماكن لم تتعرض للشمس إذا كانت مصنوعة من مواد تتأثر بذلك.
 - 5- التأكد من تنظيف الأنابيب قبل إدخالها إلى الخنادق لتمديدها.
 - 6- التأكد من توفر جميع المعدات والأدوات اللازمة للتمديد مع أخذ الحيطة والعناية بالأنابيب أثناء تنزيلها في الخندق.
- 3-3-6 خطوات تمديد الأنابيب:**

- يمكن تلخيص خطوات تمديد الأنابيب داخل الخنادق كالتالي:
- 1- وضع الفرشة داخل الخندق والتي يحمل عليها الأنبوب سواء كانت رملية أو حبيبية أو فرشة خرسانية مع مراعاة الآتي:
 - التأكد من عمل الميول اللازمة لخط الأنابيب.
 - يراعى عمل التجويف المناسب لخط الأنابيب في الفرشة الأرضية بالشكل المناسب.
 - 2- يتم توزيع الأنابيب داخل الخندق مع مراعاة عدم قص أي أنبوب لأقل من ثلاثة أمتار واستخدام المعدات المخصصة وذلك لتلافي حصول حوادث أو مشاكل أثناء عملية إنزالها في الخندق.
- كما لابد من التأكد من وضعها بالشكل الصحيح وحسب المخططات من حيث ميلانها الأفقي والرأسي باستخدام الشواخص والخيوط كما في الشكل (33-6).

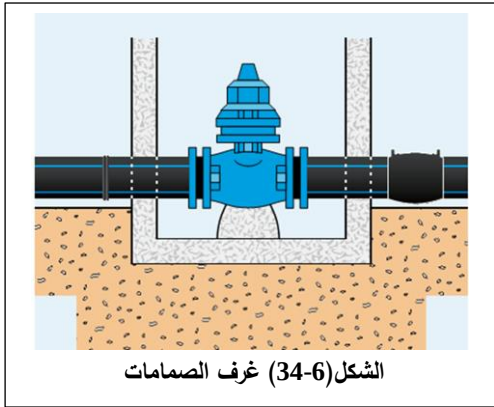


الشكل (33-6)

ويستخدم بتنزيل الأنابيب الآليات المستخدمة في الحفر بالإضافة للرافعات.

3- يتم عمل الوصلات اللازمة والتأكد من عدم تسريبها للماء وربط الأنابيب مع غرف التفتيش عن طريق عمل فتحة في جدران غرفة التفتيش تكون مساوية لقطر الأنبوب مع مراعاة ما يأتي:

- لابد من التأكد من ضبط منسوب غرفة التفتيش باستخدام جهاز الميزان المساحي.
- ألا تمر الأنابيب داخل غرف التفتيش بل يعمل لها مجاري لمرور المياه والمخلفات



في القاعدة الخرسانية.

4- يجب اعداد ونظافة منطقة

الوصلات وتهذيبها قبل تنفيذ لف

الوصلات.

5- يجب إنزال كافة الأنابيب والملحقات

والصمامات والمواد الأخرى بحذر

الى داخل الخنادق.

6- تركيب الصمامات في الغرف

الخاصة بها والتأكد من عملها إن وجدت الشكل (34-6).

7- غسيل وتعقيم الأنابيب بالكلور لضمان عدم تلويثها.

8- لا يباشر المقاول وضع أنابيب الخدمات وغيرها من الأعمال قبل أن يقوم المهندس

بالكشف على الحفريات المنجزة، والتصريح له بمباشرة تلك الأعمال.

9- يراعى وضع طبقة من الرمل حول وأعلى الأنبوب ثم يوضع طبقة تحت الأساس،

وطبقة الأساس بحيث لا تتجاوز طبقات التربة أثناء الردم عن 20 سم بعد أن يتم

خلطها خارج الخندق.

10- وضع طبقة الإسفلت حسب المواصفات المتبعة ودكها بالرصاصات لذلك.

11- يجب اتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة نحو منع دخول المواد الغريبة الى الأنابيب

أثناء تمديدتها. وفي حالة استحالة تمديد الأنابيب في الخنادق دون تلافي دخول التربة

فيها فيجب وضع أكياس ثقيلة في القلب محكمة النسيج وذات أحجام مناسبة فوق كل

نهاية للأنابيب بحيث تترك فيها حتى عمل الوصلات مع الأنابيب المجاورة أو

ملحقاتها ولا يسمح بترك أيه أوساخ أو أدوات أو أنسجة أو مواد أخرى بداخل الأنابيب.

4-6 أنواع الوصلات:

عند تمديد الأنابيب في الشبكة يتم توصيلها مع بعضها بواسطة وصلات مخصصة لكل نوع من أنواع الأنابيب وهي كالتالي:

1 – الوصلات الثابتة:

♦ هي الوصلات التي لا يمكن تحريك الأنابيب بعد تمام التركيب حيث تؤدي الحركة إلى تدمير الأنبوب أو تدمير الوصلة مثل (الفخار بالمونة – البلاستيك بالالصق – البولي إيثيلين – باللحام الحراري – البولي برويلين باللحام الحراري ...) ولكن في بعض الأنابيب السابقة تكون المرونة في جسم الأنبوب وليس في الوصلة .

2 – الوصلات المرنة:

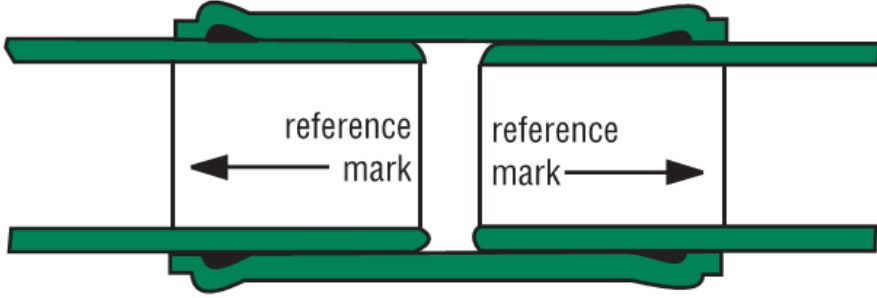
♦ هي الوصلات التي يمكن تحريك الأنابيب بعد تمام التركيب بدون أي أضرار للأنابيب أو الوصلات ويتم تركيبها باستخدام الجوان الكاوتش ومن مزاياها انها تستطيع أن تعدل من أوضاعها عند حدوث أي هبوط بالتربة بدون تدمير الخط. تهدف الوصلات بين الأنابيب إلى منع التسربات المائية من وإلى الأنبوب ويجب أن تتصف هذه الوصلات بالديمومة والمرونة ومقاومة جذور الأشجار وأن تكون محكمة الإغلاق.

تختلف الوصلات تبعاً لنوع الأنابيب ويمكن أن نميز الأنواع التالية:

1- المونة الاسمنتية: تعتبر غير مضمونة لعمليات تسرب المياه من وإلى الأنبوب كما أنها لا تملك المرونة الكافية لتقاوم أي تغيرات في وضعية الأنبوب مما يؤدي إلى تشققها. يتم وصل هذه الأنابيب ببعضها بعمل صبة من المونة الاسمنتية عيار 500 كغ أسمنت لكل متر مكعب رمل حول منطقة تداخل الأنابيب ببعضها بعرض 15 سم على الأقل و ارتفاع 5 سم من كافة جوانب الأنبوب.

2- الوصلات البيتومينية: غير مضمونة عند تغير درجات الحرارة التي قد تؤدي إلى صهرها أو تقلصها ومن ثم تشققها وتلفها.

3- وصلات الأكر أو ريكا: تستعمل في وصل الأنابيب الاسبستوس الاسمنتية و GRP حيث تدك نهايتي الأنبوبين المراد وصلهما بهذه الأكرة المزودة بحلقات مطاطية تحكم عملية الوصل، وهذه الوصلة مضمونة ولا تسمح للمياه بالتسرب. ويبين الشكل (35-6) مقطعاً لهذه الوصلة.



الشكل (35-6) وصلة ريكا

يتم وصل الأنابيب في الخندق بواسطة وصلات ريكا تبعاً للخطوات الآتية من الشكل (36-6) إلى الشكل (44-6)

- الخطوة 1: تنظيف الوصلة

ينظف جيداً مكان تركيب حلقات منع التسرب المطاطية للتأكد من خلوها من الأوساخ أو الزيت.



الشكل (36-6)

- الخطوة 2 تركيب حلقات منع التسرب

شمح الأطواق المطاطية الدائرية وأدخلها في الأخاديد تاركاً 2 إلى 4 التواءات مطاطية منتظمة الى خارج الأخاديد بحد أدنى لابد من وجود التواء مطاطي واحد لكل 450 مم من محيط الطوق.



الشكل (6-37)

- الخطوة 3 تشحيم حلقات منع التسرب بالصابون

بضغط منتظم أدخل كل التواء من الطوق المطاطي إلى الأخاديد ثم وباستخدام قطعة نظيفة من القماش، ضع طبقة من الشمح على الأطواق المطاطية



الشكل (6-38)

- الخطوة 4 تنظيف أطراف الأنابيب وتشحيمها بالصابون

نظف أطراف الأنابيب جيداً لإزالة أية أوساخ أو شحم أو ما شابه. استعمل قطعة قماش نظيفة وضع طبقة خفيفة من مادة الصابون على رأس طرف الأنبوب حتى خط تحديد نقطة الوصل الاسود.

بعد التشحيم حافظ على نظافة الوصلة والاطراف.

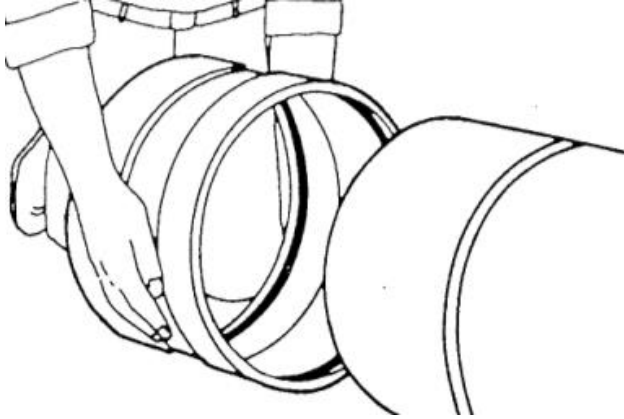


الشكل (39-6)

تنبيه: من المهم جدا استعمال مادة التشحيم (الصابون) الصحيحة فقط أي صابون أساسه الزيت النباتي ولا يجوز تحت أي ظروف استعمال شحم أساسه الزيوت المعدنية أو الزيوت البترولية مطلقاً.

الخطوة 5

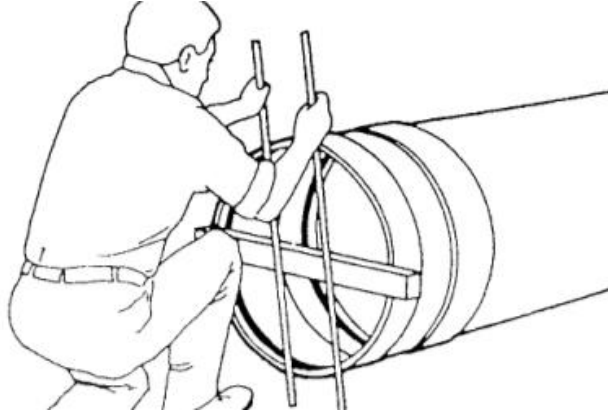
ارفع الوصلة الرأسية المزدوجة سواء آليا أو يدويا ثم حاذيها مع مقطع الأنبوب.



الشكل (40-6)

الخطوة 6

ادفع بإحكام الوصلة في ذيل الأنبوب مستخدماً عتلتين وقطعة خشب لحماية الوصلة إلى أن تثبت الوصلة وتلتقي بتوازن مع خطوط المحاذاة السوداء المعلقة على ذيل الأنبوب من الخارج.

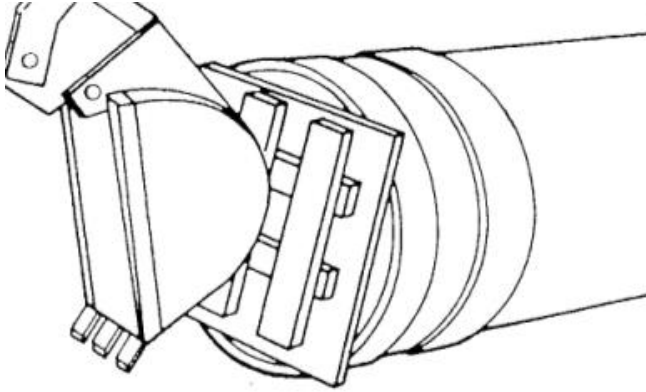


الشكل (41-6)

الخطوة 7

بالنسبة للأنابيب الكبيرة يمكن دفع الوصلة الذيلية المزدوجة داخل الأنبوب باستخدام رافعة.

يجب استخدام الفواصل وأخشاب الحماية لتوزيع الحمل بالتساوي على الوصلة لمنع أي تلف بها ولتأمين المحاذاة السليمة. لا يسمح بتطبيق أحمال غير متساوية على حلقة الوصل مطلقاً.



الشكل (42-6)

الخطوة 8

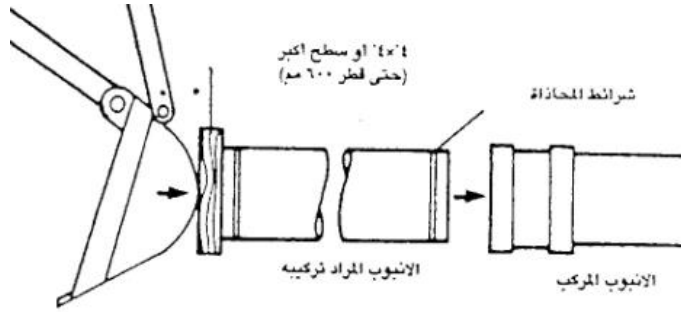
باستخدام قطعة قماش نظيفة ضع طبقة رقيقة من الشمع كما في الخطوة 4 على ذيل الأنبوب التالي الذي سوف يدخل إلى داخل الوصلة التي ركبت سابقاً.



الشكل (43-6)

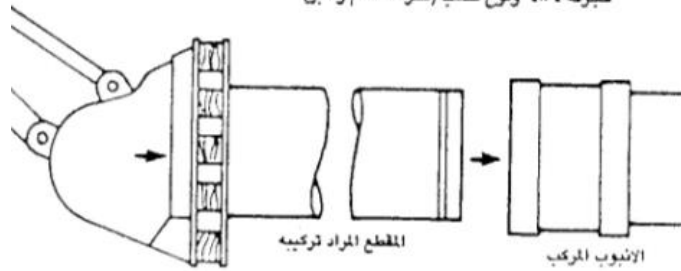
الخطوة 9

ادفع مقاطع الأنبوب إلى داخل الوصلة المجهزة حتى يتوازي شريط المحاذاة على الأنبوب مع أطراف الوصلة.



توصيل الأنبوب بواسطة الباكر

مجرفة 4x4 ولوح خشب (قطر 700 مم وأكبر)



توصيل الأنبوب بواسطة جرافة

الشكل (44-6)

4- وصلات الأنابيب البلاستيكية: تركيب بعد تعريض طرفي الأنبوبين إلى الحرارة وتذكك هذه الأطراف في الوصلة ومن ثم تضاف مادة لاصقة لتأمين الكتامة لمنع تسرب المياه.

5- جاسكت: وهي على شكل حلقات مشكلة من مواد مطاطية، وتركب على الأنابيب بضغطها على طرفي أنبوبين متتاليين، وهي جيدة ضد التسرب.

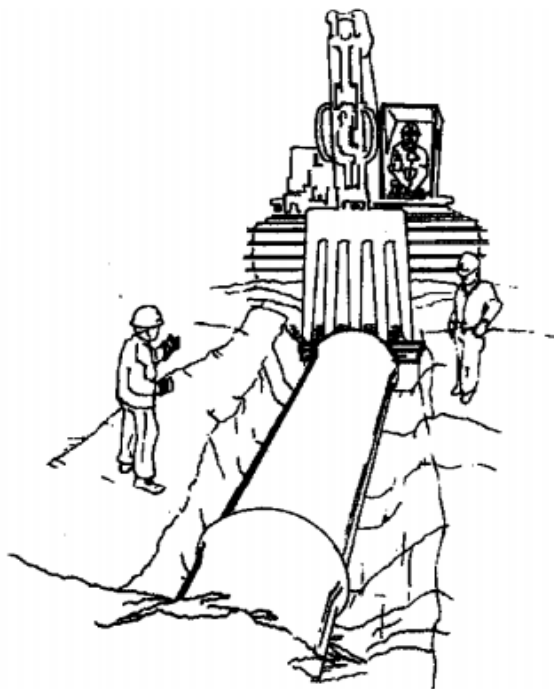
6- الرأس والذيل:

في هذا النوع من الوصلات تسنن النهاية الجرسية من الداخل للأنبوب الأول وتسنن النهاية الطرفية للأنبوب الثاني من الخارج ويوضع في قاع النهاية الجرسية حشوة مطاطية لمنع تسرب الماء بعد الربط والشكل (45-6) يوضح هذه الوصلة.



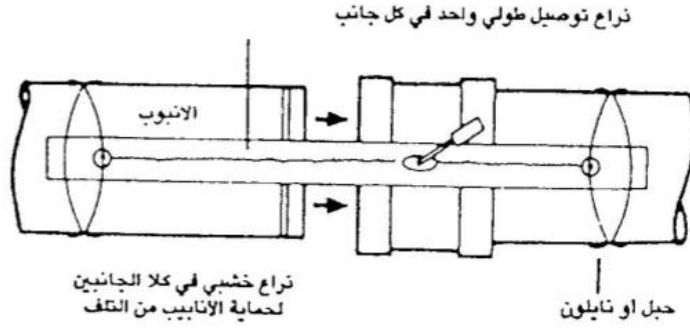
الشكل (45-6)

يتم وضع الرأس والذيل على استقامة واحدة ويتم دفعهما في حركة واحدة لإتمام عملية التركيب.



الشكل (46-6)

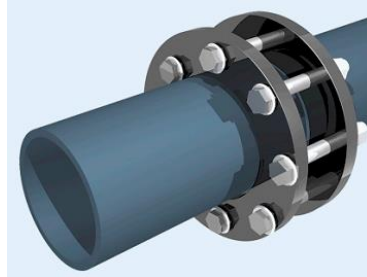
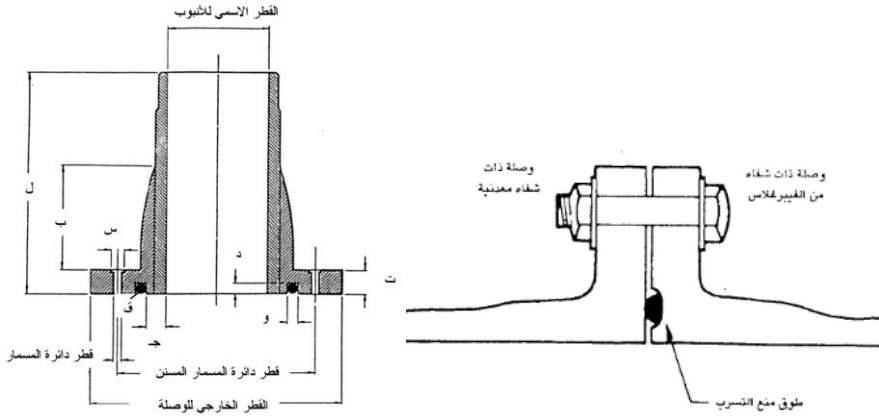
المقاسات الكبيرة أكثر من 280 مم، يتم استخدام زرجينة لإدخال ذيل الأنبوب في الرأس.



الشكل (47-6) توصيل الأنابيب برافعة ساحبة

7- الوصلة المشفهة (فلانجات):

في هذا النوع من الوصلات تنتهي كل نهاية بشفة مثقبة لتركيب البراغي والصواميل مع مراعاة وضع حشوة مطاطية بينهما. وعادة ما تستخدم هذه الوصلات في الأنابيب التي تتعرض للضغط العالي أو تغير في درجات الحرارة أو وصل أنبوبين من نوعين مختلفين والشكل (48-6) يوضح مقطعاً لنهاية الأنبوب ومكان وضع البراغي.



الشكل (48-6) الوصل بالفلنجة

يتم التوصيل باتّباع الخطوات الآتية:

- 1- نظف جيداً سطح الشفة وحلقة منع التسرب المطاطي.
- 2- تأكد من نظافة وسلامة حلقة منع التسرب المطاطي. لا تستعمل حلقات متضررة أو تالفة.
- 3- ادخل حلقة منع التسرب في الحز وثبتها في مكانها بواسطة شريط لاصق إذا لزم الأمر.
- 4- اضبط استقامة الشفاهات المطلوب وصلها.
- 5- ادخل البراغي والروندلات والعزق. يجب أن تكون كافة أدوات التثبيت نظيفة ومزينة لتجنب الشد غير الصحيح.
- 6- يجب أولاً شد البراغي يدوياً ومن ثم استعمال مفتاح الربط حتى 30% من قوة عزم المفتاح القصوى.
- 7- في حال لم يحكم تسكير الفلنجات يمكن مواصلة الشد حتى 60% من قوة عزم المفتاح القصوى.
- 8- تحقق من عزم شد البراغي بعد ساعة وصحح إذا لزم الأمر.

يبين الجدول (1-6) أبعاد الوصلات المشفّهة

الجدول (1-6) أبعاد الوصلات المشفّهة

وصلات مشفّهة (فلانجات)

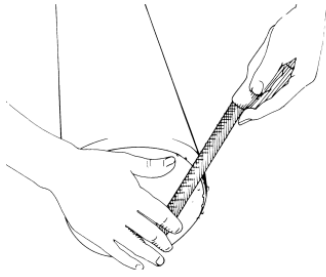
القياسات أدناه تتطابق مواصفات التثقيب (ايه ان اس أي ب 16.1) (ANSI B 16.1)

القطر الاسمي للأنبوب مم	القطر الاسمي للوصلة بوصة	القطر الخارجي للوصلة مم	قطر المسمار المسنن مم	قطر فتحة المسمار المسنن مم	عدد فتحات المسمار المسنن مم	سمك الوصلة مم	الطول مم	طول محور التقوية مم	قطر سطح الوردة مم	موقع الحز مم	عمق الحز مم	انسياع الحز مم	القطر الحلقية المطاطية مم
350	14	538	476	22	12	41	1000	105	64	9.36	9.525	20.77	15.88
400	16	603	540	22	16	43	1000	111	64	10.59	9.525	20.77	15.88
450	18	646	578	35	16	46	1000	117	70	11.73	9.525	20.77	15.88
500	20	703	635	35	20	48	1000	120	70	12.96	9.525	20.77	15.88
600	24	823	749	38	20	54	1000	138	83	15.43	9.525	20.77	15.88
900	36	1174	1086	45	32	68	1000	192	96	21.00	9.525	20.77	15.88
1300	48	1510	1422	45	44	87	1000	252	96	24.37	11.43	24.94	19.05
1500	60	1865	1759	54	52	102	1000	303	102	29.84	11.43	24.94	19.05
1800	73	2203	2096	54	60	116	1000	360	102	34.63	11.43	24.94	19.05
2100	84	2544	2426	64	64	134	1000	430	115	41.42	13.33	29.08	22.33

8- وصلات مرنة تركيب بالضغط:

تتكون الوصلات المرنة المدفوعة من حلقة حشو مطاطية تتضغط بشكل آلي وبحيث تحكم إغلاق الوصلة عند إدخال نهاية الذيل بالرأس. وتوضع حلقة الحشو المطاطية بالرأس. ويجب أن تكون الحلقات المستخدمة من تلك الموردة من الشركة الصانعة والمخصصة لنظام التجميع الخاص بها. إذ لم توضع حلقات الحشو في مكانها فور توريدها، فإنه يجب تنظيف الحزوز وإزالة أية مواد غريبة منه ومن ثم تركيب الحلقة بصورة صحيحة في الحز قبل رص الأنبوب. يكون طرف الذيل مشطوفاً ويتم تشحيمة سويماً مع حلقة الحشو المطاطية طبقاً لتوجيهات الشركة الصانعة وذلك قبل إدخال الذيل بالرأس. يكون التشحيم جزءاً من نظام التجميع الملائم، أو يكون طبقاً لتوجيهات الشركة الصانعة والخاصة بشبكة توزيع المياه الصالحة للشرب.

يتم إدخال الذيل بالرأس حتى العلامة المؤشر عليها من قبل الشركة الصانعة. في حالة قطع الأنابيب في الموقع، فيجب أن تكون نهاية القطع رأسية تماماً، ويتم شطف طرف الأنبوب بالطرق الموصى بها من قبل الشركة الصانعة.



الشكل (6-49) شطف طرف الأنبوب وتركيب حلقة التسرب

9- الوصلات بالغراء اللاصق:

طبقاً لطبيعة المادة اللاصقة والتفاوتات المسموح بها للفرغ ما بين طرفي الرأس والذيل، فإنه يجب اتباع توجيهات الشركة الصانعة عند تنفيذ الوصلة. وبشكل عام فإنه يجب مراعاة ما يأتي:

عدم التدخين في المنطقة التي سوف يستعمل فيها اللصق بالغراء. يتم عمل اللصق بالغراء في مكان جيد التهوية.

يكون الغراء اللاصق بدرجة اللزوجة المطلوبة ولا يسمح بتخفيفه بالماء أو أن يحتوي على أية مواد تؤثر على طعم ورائحة الماء أو يكون لها تأثير سام أو تعمل على نمو البكتيريا.

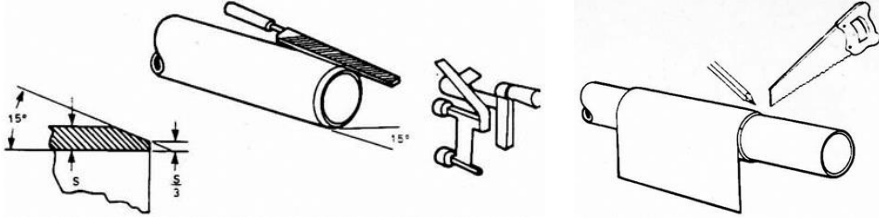
تكون الأسطح المراد لصقها نظيفة وجافة وخالية من الشحم.

يتم عمل الغراء اللاصق على شكل طبقة منتظمة السماكة في الاتجاه الطولي، ولكن مع زيادة سماكة الطلاء فوق طرف الذيل. يجب أن تتم عملية اللصق بسرعة كما يجب إزالة بقع الغراء اللاصق بأسرع ما يمكن بعد الانتهاء من عمل الوصلة. بعد الانتهاء من عمل الوصلة، تترك لتجف بدون قلقلة طبقاً لتعليمات الشركة الصانعة. تستخدم طرق فنية خاصة لعملية الوصل للأنابيب التي قطرها الاسمي 20 مم وأكثر.

خطوات تركيب الأنابيب باللصق باللحام السائل:

طريقة تركيب الأنابيب باللصق مبينة بالأشكال من (50-6) إلى (56-6):

- 1- قطع الأنابيب عمودياً على المحور.
- 2- شطف (تجليخ) طرف الأنبوب المقطوع أو يتم شنفرة (شطف) ذيل الأنبوب بمبرد مناسب وخصوصاً في حالة قطع الأنابيب في موقع العمل.

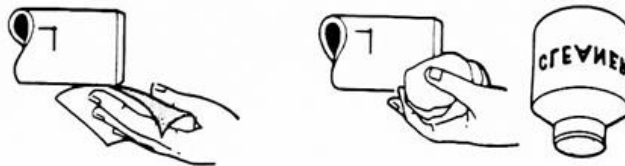


الشكل (51-6)

الشكل (50-6)

- 3- يحدد طول التداخل بإدخال الأنبوب في الرأس وتوضع علامة دائرية لتحديد مسافة التداخل بين الرأس والذيل.

- 4- يتم تنظيف رأس وذيل الأنبوب جيداً بقطعة من القماش الجاف النظيف.



الشكل (52-6)

5- يدهن الذيل والرأس بالمادة اللاصقة بفرشاة نظيفة مناسبة لقطر الأنبوب وذلك في اتجاه واحد على ذيل الأنبوب وداخل الرأس.



الشكل (53-6)

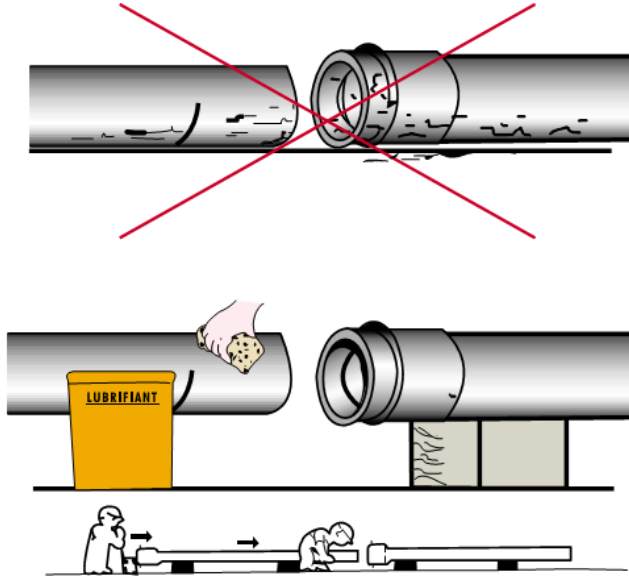
6- تركيب الأنابيب بالدفع وبلحظ عدم لفها أي يتم إدخال الذيل في رأس الأنبوب بكامل مسافة التداخل المحددة بالعلامة على ذيل الأنبوب مع مراعاة عدم تحريك الأنبوب في اتجاه دائري.



الشكل (54-6)

احتياطات التوصيل باللصق:

- استخدام أدوات نظيفة (فرش).
- يراعي عدم ترك المادة اللاصقة مفتوحة بدون استعمال حتى لا تتعرض للجفاف.
- لا تعمل بجوار أي مصدر حراري.
- لا تخط مادة التنظيف مع مادة اللصق.
- يجب تهوية مكان العمل جيداً.
- يجب لصق الأنابيب قبل جفاف مادة اللصق.
- عدم لف الأنابيب أثناء التركيب باللصق.
- عدم تحريك الوصلة قبل جفاف مادة اللصق.
- عدم اختبار تشغيل الخط قبل مرور 24 ساعة إتمام عملية اللصق.



الشكل (55-6) احتياطات التوصيل باللصق

10- لحام الأنابيب والقطع الخاصة من البولي إيثيلين PE 100 Butt Welding
يتم لحام الأنابيب والقطع الخاصة من البولي إيثيلين PE 100 ذات السماكة المتساوية.

يتم تنظيف أطراف الأنابيب والقطع الخاصة باستعمال مطهرات من النوع المتطاير ويجب تجنب استعمال البترول أو الكحول أو المواد التي يمكن أن تترك منطقة زيتية في المكان الذي سيتم لحامه والتي سوف تمنع الانصهار الجزئي في الطرفين الذين سيتم لحامهما في التنظيف. ومن ثم يتم تثبيت الأنابيب بواسطة ملازم خاصة مرفقة بآلة اللحام الشكل (56-6).

يتم تسوية أطراف الأنابيب والقطع الخاصة باستخدام أدوات خاصة مرفقة بماكينة اللحام وذلك لجعل الأطراف مستوية تماماً وعمودية على محور الأنبوب.

يتم تنظيف صفيحة التسخين بحيث تكون خالية من أية أجسام غريبة أو بقايا بولي إيثيلين ويفضل حفظها في صندوق خاص.

توضع صفيحة التسخين قيد التشغيل ثم يتم تحريكها ويقرب طرفي الأنبوبين المراد لحامهما من بعض ويطبق ضغط أولي.



الشكل (56-6) آلة اللحام

توجد ثلاث طرق رئيسية لوصل أنابيب البولي اتيلين:

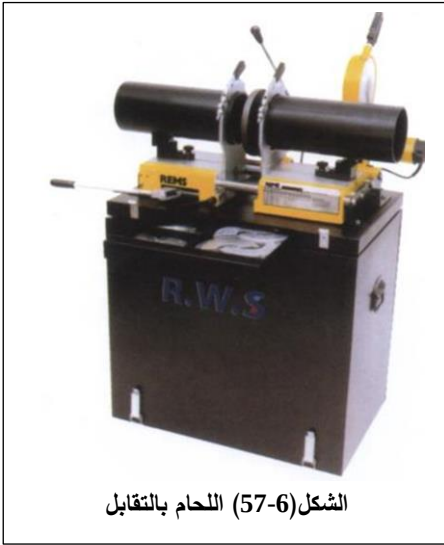
أولاً: اللحام بالتقابل:

وهي طريقة اقتصادية وذات وثوقية عليا جداً وغير قابلة للفصل ولكن يجب اتباع يجب إتباع شروط اللحام بدقة عالية للحصول على وصلة ممتازة.

مراحل اللحام:

1- التسخين تحت الضغط: إن عملية اللحام

يجب أن تتم في بيئة جافة محمية من الرطوبة وتيارات الهواء وضمن درجة حرارة تتراوح بين (-5° حتى 40° C



الشكل (57-6) اللحام بالتقابل

(ومن ثم يتم رفع درجة حرارة صفيحة التسخين حسب القطر والضغط والسماكة.

يجب أن تكون حرارة الصفيحة متساوية على كامل سطحها وبطريقة تغطي نهايات الأنابيب والقطع الخاصة التي سيتم لحامها ويتم التأكد من ذلك بفحص حرارة الصفيحة ضمن فواصل زمنية ثابتة.

ومن ثم يتم تطبيق ضغط إضافي وذلك للبدء بعملية صهر المادة وتشكيل تراكب من المادة المنصهرة.

2- **التسخين بدون ضغط:** يتم استمرار تسخين الصفيحة مع تخفيض الضغط في هذه المرحلة وذلك لتجنب تدفق المادة المنصهرة والذي سيؤثر سلباً على نوعية اللحام ويستمر التسخين لمدة كافية حسب القطر والسمكة.

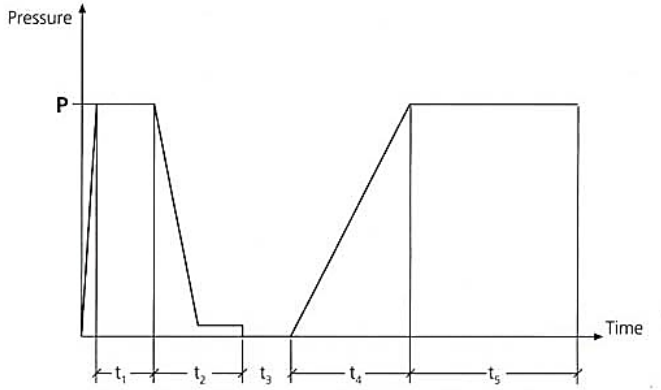
3- **إزالة صفيحة التسخين:** يتم تحريك نهايات الأنابيب لتسهيل إزاحة الصفيحة ثم يعاد تقريب نهايات الأنابيب ليتم وصلها مرة ثانية وتحتاج هذه المرحلة لمدة زمنية وفيها سيتم تطبيق قوة للوصل حسب شروط مصنع جهاز اللحام وفق قطر الأنبوب وسماكته وذلك لتجنب ما يلي:

- إذا تم وصل النهايتين بقوة كبيرة فإن المادة المنصهرة قد تتضغط خارج الوصلة وهذا يؤدي إلى وصل المواد الباردة وإفساد اللحام.
 - إذا كانت قوة الوصل صغيرة عندئذ سيحصل لحام جزئي.
- لذا يجب تطبيق شروط التصنيع لجهاز اللحام بدقة ووفق كتالوك الشركة الصانعة.

4- **اللحام تحت الضغط:** يتم في هذه المرحلة استعادة الضغط إلى نفس المستوى الضغط المطبق في المرحلة الأولى وذلك خلال لمدة محددة ويتم الاحتفاظ بالضغط لمدة كافية.

5- **التبريد:** يتم إيقاف الضغط و يفضل الانتظار لمدة زمنية (زمن الأمان) قبل تحريك النهايات الموصولة و يمنع اللجوء لطرق التبريد المفاجئة باستخدام المياه أو ضغط الهواء.

وبين الشكل (58-6) مخطط الزمن للحام وامكانيات اللحام بالتقابل





الشكل (58-6)

ثانياً: الانصهار الكهربائي:

وهي طريقة بسيطة وسريعة وغير قابلة للفصل وعملية الوصل تتم بعد إدخال المعلومات الموجودة على الوصلة بواسطة نظام Bar - Code حيث تتصهر الوصلات مع الأنبوب حسب البرنامج المدخل

ثالثاً: الوصل الميكانيكي:

طريقة بسيطة وسهلة وقابلة للفصل وذات جودة عالية ومناسبة جداً لوصل أنابيب البولي اتيلين مع أنابيب من مواد أخرى تستعمل للأغراض المنزلية والأقطار حتى 110 مم.



الشكل (59-6) الوصل بالانصهار الكهربائي

- يجب ان تكون السطوح الداخلية والخارجية للوصلات نظيفة وخالية من الشقوق والتقوب والفراغات والمظاهر الأخرى التي تسبب أي فشل بالوصلات.
- يجب أن تكون المادة الأولية جديدة وغير مجددة.
- يجب أن يساوي الضغط الاسمي للأنبوب الضغط الاسمي للوصلات.
- يبين الشكل أنواعها وأقسامها وآلية التوصيل.



الشكل (60-6) الوصل الميكانيكي

5-6 الانحراف المسموح عند تركيب الأنابيب:

يسمح بعمل انحراف في محور التركيب عند الضرورة بدرجات محدودة تبعاً للقطر
ولنوع الأنبوب شكل (61-6)

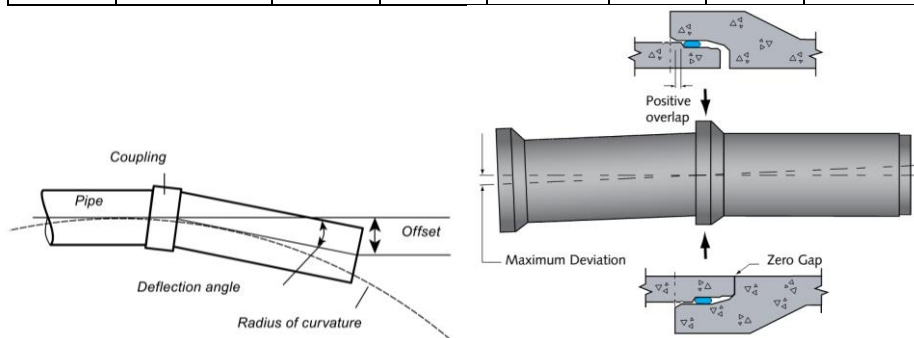
يجب ألا يتجاوز الانحناء الزاوي عند كل وصلة تبعاً للضغط الاسمي للأنبوب القيم الواردة في الجدول (2-6) و تبعاً لطول الأنبوب كما الجدول (3-6)

الجدول (2-6)

القطر الاسمي (mm)	زاوية الانحناء (درجة)			
	الضغط الاسمي PN (bar)			
	16 ≥	20	25	32
DN ≤500	3.0	2.5	2.0	1.5
500 < DN ≤900	2.0	1.5	1.3	1.0
900 < DN ≤1800	1.0	0.8	0.5	0.5
DN >1800	0.5	NA	NA	NA

الجدول (3-6)

زاوية الانحناء (درجة)	القطر الاسمي (mm)	الانحناء الاسمي الأعظمي (mm)			الشعاع الاسمي للنفوس (mm)		
		طول الأنبوب			طول الأنبوب		
		3m	6m	12m	3m	6m	12m
3.0	300-600	157	314	628	57	115	229
2.5	700-800	136	261	523	69	137	275
2.0	900-1000	105	209	419	86	172	344
1.5	1100-1300	78	157	313	114	228	456
1.3	1400-1500	65	120	240	132	265	529
1.0	1600-1700	52	105	209	172	344	688
0.8	1800-1900	39	78	156	215	430	860
0.5	2000-2400	26	52	104	344	688	1376



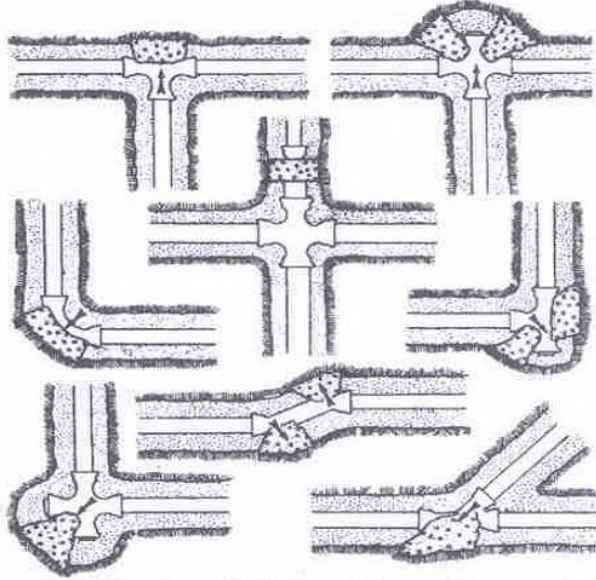
الشكل (61-6) الانحراف المسموح

6-6 الصبات البيتونية الداعمة على أنابيب شبكات المياه المضغوطة:

إن المياه الجارية قد تتسبب بقوة دفع عالية في حال توقفها المفاجئ أو تغيير الاتجاه، إن هذه القوة المؤثرة على الصمامات والأكواع والنقاصات وحنفيات المطافئ

يمكن أن تسبب التسرب أو فصل هذه القطع إذا لم تكن مثبتة ومقيدة بالطريقة الصحيحة. وقد يكون الضغط أضعاف الضغط الطبيعي في حال ارتفاعه نتيجة الصدمة المائية التي تحدث نتيجة لأمر مثل الإغلاق السريع لحنفية المطافئ. الأنابيب البلاستيكية وهي ناعمة الملمس معرضة للإفلات إذا لم تكن مثبتة بشكل كامل، كما وجد أن أكياس البولي اتيلين والموضوعة حول الأنابيب المصنعة من حديد الصب للتحكم في الصدأ تمنع احتكاك الأنابيب مع التربة وبذلك هناك مجال للأنبوب أن ينزلق داخل الكيس إذا لم يكن مثبتاً بإحكام.

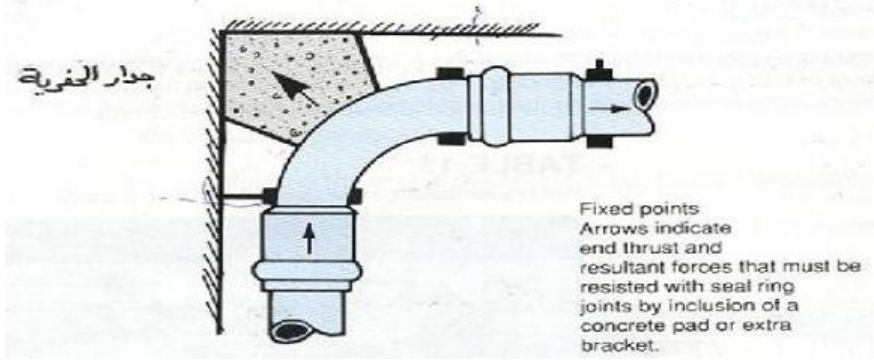
يبين الشكل (6-62) أنماطاً من الدعامات الأفقية للأنابيب، ويمكن صنع الدعامة من الاسمنت المصبوب أو أي مادة لا تتحلل مع الزمن، ولا ينصح باستخدام الخشب لصنع الدعامات. ويجب أن تتمركز قوة الدعامات هذه في وجه القوة الدافعة في الأنبوب وأن تدعم الوصلات ولا تغطيها كاملاً، وإن من الضروري عدم توسعة الخنادق عند تغيير اتجاه الأنابيب وذلك للحاجة إلى أرض صلبة لدعم الأنبوب. ويجب وضع دعامات مماثلة عند تركيب الأنابيب بشكل منحنى وبالرغم من أن المنحني ممكن إجراؤه بثني الأنبوب عند نقطة التوصيل وبشكل تدريجي، إلا أن الكوم المحيطة بهذا الأنبوب قد تكون كافية لمنع اندفاع الأنبوب إلى الخارج نتيجة الصدمة المائية.



الشكل (6-62) أشكال الدعامات

وطبقاً للمواصفات العالمية يجب عمل الصبات البيتونية في الأماكن الآتية:

- 1- عند أنابيب القطع.
 - 2- عند النقصات حيث يتغير القطر.
 - 3- عند الأكواع.
 - 4- عند نهاية الخطوط.
 - 5- عند تيهات التوزيع (T).
- حيث يجب أن تكون الصبة كافية وقوية وتستند إلى جدار الحفرية الصلب، ويفضل وضع صفيحة من البولي اتيلين بين الصبة والأنبوب لتسهيل فكها.



الشكل (63-6)

7-6 أعمال الردم و تغطية الأنابيب:

إن مواد الردم التي تغطي وتحيط بالأنبوب المركب حديثاً تخدم أغراضاً كثيرة علاوة على تعبئة وإغلاق الحفریات، وأهمها توزيع الأحمال السطحية. فعلى سبيل المثال إن مرور سيارة شحن ثقيلة فوق أنبوب موضوع في خندق قليل العمق غير مرصوص الردم قد يحطم الأنبوب لأن النّقل ينتقل عمودياً إلى الأسفل. أما إذا كان الردم مرصوصاً بطريقة صحيحة فإن النّقل ينتقل إلى الخارج باتجاه جدران الخندق مما يمنع تحطم الأنبوب. ووظيفة هامة أخرى للرّدم الصحيح هي حصر الأنبوب جانبياً لمنعها من الحركة في حالة حدوث الصدمة المائية (Water Hammer) في النظام المضغوط.

في معظم مواقع العمل يستحسن إبقاء مواقع الحفر وتركيب الأنابيب والرّدم بالقرب من بعضها البعض لتجنب المشاكل اللوجستية وتخفيض كلفة الإشراف. إن الرّدم مباشرة بعد الوصل يمنع حدوث أمرين خطرين: عوم الأنبوب والتمدد الحراري.

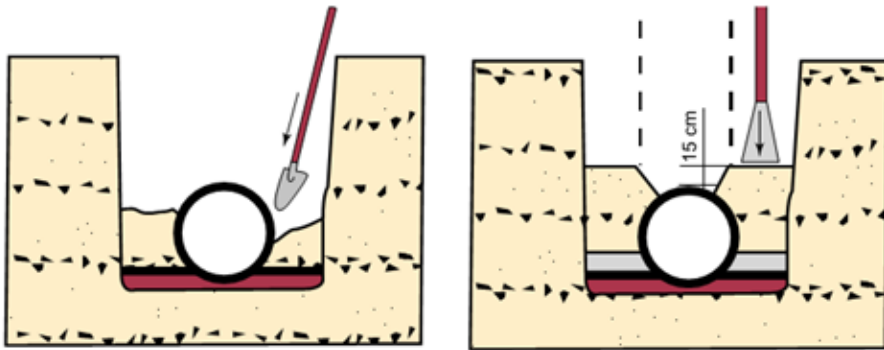
بعد الانتهاء من أعمال تمديد الأنابيب وتجربتها وبعد أخذ موافقة مهندس الإدارة يبدأ المتعهد بتنفيذ أعمال الردم بوجود مندوب من الإدارة، وإذا أخل المتعهد بهذا يحق للإدارة حفر ما قام بردمه وإعادة ردمه ثانية وفق الشروط الفنية وعلى حساب المتعهد. تتم اعمال الردم على النحو الآتي:

(1) يتم اختبار مواد الردم من ناتج الحفر ويجب أن تكون مكونة من الرمل أو الحصى وخالية من كتل التراب أو الطين الكبيرة وخالية كذلك من الحجارة الأكبر من 25 ملمتر، جافة ونظيفة وذات تدرج حبيبي مناسب وخالية من الحجارة وكسر الإسفلت وجذوع الأشجار والأخشاب وخالية من الأملاح والمواد الضارة وإلا تورد تربة صالحة.

(2) تستعمل في الردم الأتربة الخالية من الانقراض والكدر والأوساخ والمواد الغريبة كالمخلفات والرماد والأخشاب وأوراق الأشجار الخ .. كما لا يسمح كذلك باستعمال الطين والأتربة الممزوجة بالماء.

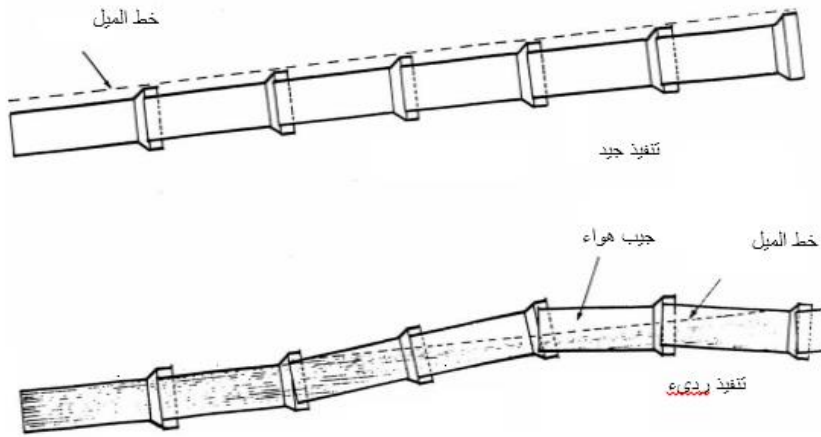
(3) في حالة كون ناتج الحفر أو بعضه صالحاً للردم فيمكن استعمال الجزء الصالح للردم، فإن لم يكن كافياً يلتزم المقاول بتوريد الرمل اللازم لذلك والذي يوافق عليه المهندس المشرف وعلى نفقة المقاول.

(4) يتم الردم بالرمل على جوانب الأنابيب وفوقها حتى منسوب (30) سم فوق المولد العلوي للأنبوب مع الرش بالماء والدمك جيداً وبحشى الرمل عند جوانب الأنابيب بواسطة مدكات خشبية ومدقات يدوية إلى أن تمتلئ جميع الفراغات تحتها وذلك لجميع أنواع الأنابيب.



الشكل (64-6) ردم ورص الخندق

- (5) يتم إعادة الحالة إلى ما كانت عليه قبل التنفيذ
- (6) أما في حالة وجود مياه جوفية بخندق الحفر فيجب أن يردم جسم أنابيب البولستر المسلحة بألياف الزجاج (GRP) وكذلك الأنابيب البلاستيك (PVC) البلاستيكية بشكل عام مباشرة بعد تركيبها بارتفاع لا يقل عن ٣٠ سم من الراسم العلوى للأنبوب بالرمل الحرش مع ترك الرؤوس بدون ردم ثم يستكمل الردم وتغطية الرؤوس بعد انتهاء التجارب ويستكمل ردم قطاع الحفر وحتى منسوب الطريق بالردم العادي قبل إيقاف سحب المياه وذلك حفاظاً على جسم الأنبوب من الطفو.
- (7) يجب التأكد من أن تركيب الخط تم طبقاً للمناسيب الموجودة باللوحات كما يجب التأكد من عدم وجود جيوب هوائية قبل البدء في التجربة حيث أن هذه الجيوب لن تسمح بعمل التجربة وقد تؤدي إلى تدمير الخط.



الشكل (6-65) ضبط ميل الخط

- (8) يتم الردم في المسارات المزقطة والمعبدة إن وجدت بالحجر المكسر حتى أسفل منسوب طبقة التعبيد و التزفيت (على أن يتم أخذ مواصفات هذه الطبقة من الملحق الوزاري المرفق لأعمال ردم الأنابيب).
- (9) أما في المسارات الترابية فيتم الردم بنواتج الحفر حتى منسوب سطح الأرض الطبيعية.
- (10) يجب أن يتم الردم على طبقات ارتفاع كل منها (20) سم وترش بالماء بحيث يتم دمكها ميكانيكياً أو يدوياً بموافقة المهندس المشرف لتأمين درجة رص جيدة تحول

دون حدوث أي هبوط أو انخفاض في طبقات التزفيت مستقبلاً و على مسؤولية المتعهد، ويجب أن يكون الدمك كافياً لتصل كل المواد المدموكة إلى كثافة جافة تساوي 95% من الكثافة القصوى التي يحددها المختبر وذلك عند فحصها باختبار بروكتر المعدل.

11) يجب على المتعهد أثناء عملية الردم أن يقوم بوضع شريط التحذير في الأماكن المحددة بالمخططات. وهي شرائط تحذير من البولي ايثيلين باللون الأزرق بعرض بحدود ٥ سم مزود بأسلاك من الستانلس ستيل عدد 2/ مثبتة بين طبقتين من البولي ايثيلين المقاوم للتآكل و يجب أن تكون الأسلاك وفق المواصفة BS 1554 و ممددة بشكل منحنيات جيبية و يجب أن تكون مقاومة للتآكل في التربة. كما يجب أن يؤمن الشريط زيادة في الطول تصل إلى 25 % دون أن تنقطع الأسلاك عند تعرض الشريط إلى قوة شد كبيرة أثناء عمليات الحفريات و تطبع عليه عبارة بشكل متكرر فيما يخص تمديدات مياه الشرب كما يأتي:

Caution – water pipeline below

/ أخطر تمديدات مياه شرب في الأسفل /



الشكل (6-66)

12) كما يجب عليه أن يقوم بتقديم و تعمير أطقم فوهات المفاتيح المؤلفة من (لوحة إسمنتية + أنبوب كولوريت + فوهة) بشكل فني صحيح فوق الحنفيات.

ويتم تجربة هذه الحنفيات بوساطة مفاتيح المياه وذلك بعد القيام بأعمال التعبيد والتزفيت أو التبليط وفي حال عدم إمكانية فتح وإغلاق هذه الحنفيات لأي سبب كان فإنه يترتب على المتعهد إعادة الحفر وإصلاح الخطأ وإعادة الردم والتزفيت والترحيل وعلى حسابه دون مقابل.

13) وعلى المتعهد أن يقوم بترحيل الفائض من نواتج الحفريات من الأتربة خارج منطقة المشروع وعلى نفقته الخاصة إلى مكان يحدد من قبل مهندس الإدارة ويجب أن تكون سرعة أعمال الترحيل متناسبة مع سرعة أعمال الحفريات.

14) ويجب عليه عدم إبقاء أي مخلفات في المكان المحفور كما يجب تنظيف المكان بشكل كامل وإعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه قبل المباشرة بالأعمال.

15) يتم الحصول على التراب الناعم للمنطقة الحاضنة للأنبوب باستعمال غريال لا تزيد فتحته عن ما هو وارد في الجدول (4-6):

الجدول (4-6) أبعاد التراب الناعم المنخول

نسبة المادة الناعمة %	نسبة المادة الخشنة %	أقصى حجم للمواد الخشنة (ملم)	قطر الأنبوب (ملم)
85	15	13	أقل من 600
85	15	19	600-1600
85	15	25	أكبر من 1600

ويستخدم في الردم إحدى الأنواع التالية وتكون الأولوية حسب الترتيب الآتي:

1- نواتج الحفر.

2- نواتج الحفر غير الصالحة والممكن استصلاحها.

3- حفر الاستعارة.

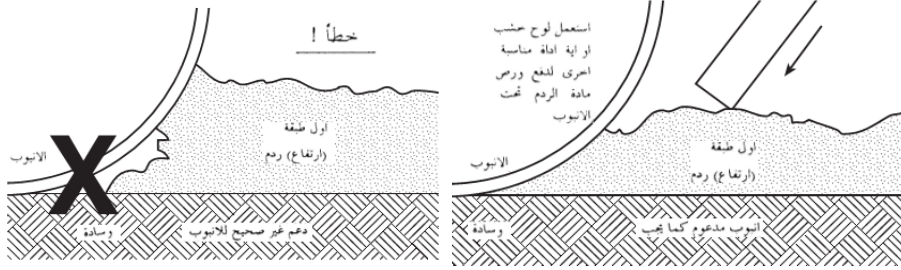
4- بقايا المقالع.

5- طبقة حجر مكسر.

6- البحص الناعم (العدسي).

ملاحظة: يجب التأكد من أن مادة ردم الأنبوب غير مجلدة وغير ملوثة بالأوساخ والنفائات والمواد الأخرى التي تتلف الأنبوب أو تتسبب بإزالة الدعم الجانبي.

أثناء الردم يجب التأكد من أن المادة الحبيبية تتساب كلياً تحت الأنبوب لتوفير دعم كامل كم في الشكل (67-6).



الشكل (67-6) ردم الأنبوب

يمكن استعمال لوح خشب أو أية أداة مشابهة أخرى لدفع ورص مادة الردم تحت الأنبوب.

إن الإنجاز الصحيح لهذه الخطوة يشكل مرحلة مهمة جداً من عملية ردم الأنبوب. يجب القيام بالرمد بطبقات من 150 مم إلى 300 مم وفقاً لمادة الردم وطريقة الرص. يجب التأكد بين الطبقة والآخرى من القيام بالرص الصحيح لضمان الحصول على دعم جانبي مناسب. وتجدر الإشارة إلى أن رص الرمل (بالمقارنة مع الحصى) أسهل ما يمكن عندما تكون نسبة الرطوبة به عالية.

عندما تصل مادة الردم إلى منتصف القطر الاسمي للأنبوب يجب القيام بالرص بالقرب من الجوانب ثم المتابعة إلى الوسط.

قد تتسبب عملية وضع ورص مادة منطقة الأنبوب بانحناء الأنبوب عمودياً فيجب في هذه الحالة التأكد أن هذا الانحناء لا يتجاوز 3% من قطر الأنبوب، يحدد هذا الانحناء عندما يصل الردم إلى تاج الأنبوب.

6-7-1 ترحيل نواتج الحفريات وترميم الموقع:

على المتعهد ترحيل نواتج الحفريات من الأتربة الزائدة عن الردم خارج منطقة المشروع وعلى نفقته الخاصة إلى المكان الذي يحدده مهندس الإدارة ويجب أن تكون سرعة أعمال الترحيل متناسبة مع سرعة أعمال الحفريات.

ويجب عدم إبقاء أية مخلفات في المكان المحفور كما يجب تنظيفه بشكل كامل وإعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه قبل المباشرة بالأعمال. من الواجب إعادة موقع الإنشاء إلى وضعه الأصلي في الحال، فالعشب المبعثر يجب استبداله بطبقة عشبية أو

زراعة بذور في التربة وربها إذا دعت الحاجة للحصول على نمو ابتدائي جيد للعشب، كما يجب إعادة تعبيد الشوارع وصف حجارة الحواف كما كانت عليه، والتأكد من أن التصريف في الحفر والقنوات يتم بشكل جيد.

يجب إزالة أنقاض الإنشاء وإعادة المداخل الخاصة والأسوار والأعشاب والشجيرات إلى وضعها الأصلي. وقد يؤدي تلف الجذور إلى موت بعض الأشجار بعد وقت طويل أحياناً، وإذا كان هناك مسألة متعلقة بإلحاق الضرر بالأشجار وجب استشارة خبير أشجار مؤهل بشأنها، وقد يساعد في بعض الحالات التقليم والتغذية في إنقاذ الأشجار المتضررة.

في حال اعتبار عمليات الترميم مكتملة يقوم أحد المسؤولين بإجراء فحص نهائي لموقع العمل كاملاً وتسجيل ملاحظات عن أي عمل ترميمي لم يتم إكماله، ويكون هذا الوقت ملائماً لإتمام المخططات حسب الإنشاء (as-built drawin) لتوثيق أي فروقات نفذت مغايرة للتصميم، وتسجيل القياسات الدقيقة للصمامات ومحابس المطافئ. كما يجب أن يتم فحص نهائي لجميع الصمامات للتأكد من أنها مفتوحة تماماً وإجراء فحص جرياني لجميع الصمامات الجديدة وتسجيل النتائج في قيود النظام.

8-6 فحص الضغط للخط الرئيس:

بعد أن يتم ردم الخندق جزئياً يجب فحص الخط الرئيس الجديد للتأكد من عدم وجود أي تسرب. ويمكن أن يتم ذلك بفحص أجزاء الخط بين الصمامات واحداً تلو الآخر، كما يمكن أن يقرر القائمون على تركيب الخط الانتظار وفحصه كاملاً مرة واحدة وذلك بعد الانتهاء من عملية التركيب.

لسنين طويلة خلت عندما كانت الوصلات الرصاصية هي المستخدمة فقط مع أنابيب حديد الصلب، كان الافتراض دائماً بوجود التسرب، وكان الشيء الوحيد الذي يمكن للقائمين على التركيب فعله هو الأمل بأن لا يكون التسرب كبيراً، أما الآن وبسبب استخدام الوصلات الميكانيكية والوصلات المنفذة بالضغط أو حلقات منع التسرب، فمن المتوقع ألا يحدث أي تسرب إلا إذا كان هناك شيء به خلل.

إجراءات الفحص العامة:

تطبق الإجراءات التالية على فحص جميع أنواع الأنابيب:

- إذا كانت الأنابيب المستخدمة هي عبارة عن قوالب مصنوعة بسكب أو صب الإسمنت يجب ألا يبدأ بالتجربة إلا بعد مرور عشرة أيام على تصلب البنتون العادي المصبوب لتدعيم القطع الخاصة.
- للإدارة وحدها الحق بتعيين طول القساطل الممددة المراد تجربتها وذلك على ضوء برنامج العمل على ألا يزيد في أي حال من الأحوال عن 500/ م.ط.
- بعد تمديد القساطل يردم المتعهد الأجزاء من القساطل الواقعة بين كل رأسين بغية تثبيت القساطل على أن يبقى فراغا ظاهراً لا يقل عن 75/ سم اعتباراً من كل جهة من رؤوس القساطل ثم تجرى التجربة.
- على المتعهد استحضار وتركيب الأدوات اللازمة لإجراء التجارب بما فيها المضخات والسدات ومفرغات الهواء وأجهزة قياس الضغط ويجب أن تحوز هذه الأجهزة جميعها على موافقة مهندس الإدارة ويقوم المتعهد بتأمين المياه اللازمة للتجارب على نفقته الخاصة.
- يجب التأكد من أن الصمامات على جميع الوصلات على الخط الرئيس موصولة بإحكام تام.
- إغلاق جميع الصمامات.

9-6 التجارب المطلوبة على الخطوط المضغوطة:

1-9-6 تجربة الضغط الخيدروستاتيكي:

1- تجربة الأنابيب بالمصنع:

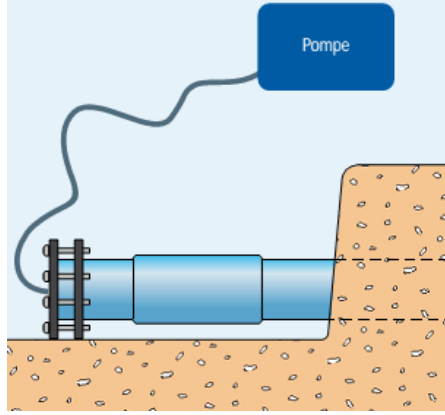
ويتم تجربة الأنابيب بالمصنع للاطمئنان على خامة الأنبوب ويكون:

ضغط التجربة = ضعف ضغط التشغيل

2- تجربه أجزاء الخط بالموقع:

يتم تجربة أجزاء الخط بطول (500 – 2000م) طبقاً لظروف الموقع وفي بعض الاحيان يمكن تجربة طول يصل الى 5000م ولكن يجب ان تكون جميع الأنابيب تحت الملاحظة والسيطرة وذلك لحل أي مشكلة تظهر أثناء التجربة بسرعة حيث ان التأخير قد يؤدي إلى تدمير الخط أو المرافق والمباني المجاورة ويكون:

ضغط التجربة = مرة ونصف ضغط التشغيل



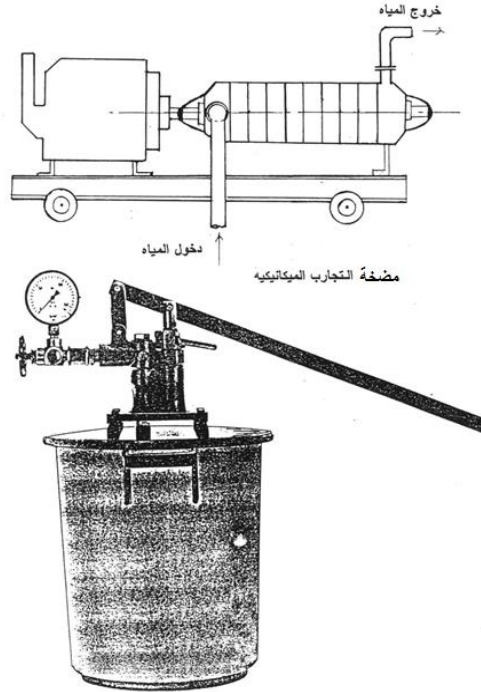
الشكل (68-6) تجربة الضغط

3- بعد توصيل أجزاء الخط:

يتم تجربة الخط بالكامل وذلك لتجربة الاجزاء التي لم يتم تجربتها في التجربة لأجزاء الخط ويكون:

ضغط التجربة = ضغط التشغيل

وتستخدم المضخة اليدوية أو الميكانيكية في عمل التجربة شكل (69-6)



الشكل (69-6) جهاز الضغط

التجربة لأجزاء الخط بالموقع:

- ♦ يلزم بعد إنهاء تركيب الخط ان يتم عمل تجربة ضغط مائية له لضمان صلاحيته وانه لا توجد به عيوب حدثت أثناء التركيب وذلك بتوليد ضغط مائي داخلي يساوى 1.5 مرة ضغط التشغيل والانتظار نصف ساعة مع عدم هبوط مؤشر مانومتر الضغط، بهذه الوسيلة يمكن الاطمئنان على سلامة الخط.
- ♦ يجب أن يكون مهندس التنفيذ على علم بالأجزاء التي سوف يقوم بتجربتها - أي يقسم الخط إلى اجزاء متقاربة في الطول - (ويفضل كيلو متر لكل جزء يتم تجربته - وأن تتم التجربة في أماكن مناسبة من حيث وجود مصدر للمياه وتصريف المياه بعد انتهاء التجربة.

خطوات التجربة:

- 1- عند نهائي الخط يتم تركيب قطعتي اتصال احدهما برأس وفلنجة والاخرى بذييل وفلنجة حتى يمكن ربط الطبة أو السدة (وقطعة الاتصال).
- 2- يتم غلق طرفي الخط بوساطة طبات (شكل 4) هذه الطببات يجب أن تكون قوية جداً لمقاومة الضغط الداخلي للمياه فمثلاً إذا كان الضغط المطلوب للتجربة هو 12 ضغط جوى أي 12 كجم / سم² أي 120 طن / م² وبفرض أن قطر الأنبوب 1 م أي مساحة مقطعه 0.78 م². تكون القوة المؤثرة على هذه الطبة = 93.6 طن.
- 3- يتم توصيل خط مياه قطر 1 بوصة الى طبة الضغط (عند مضخة التجربة) في حين نوصّل بالطبة في الجهة العليا للخط أنبوب 1/2 ترتفع حوالي 5 متر وفي نهايتها صمام تنقيث من وظائفه طرد الهواء الموجود داخل الأنبوب أثناء الملء ويتم تجهيز جميع متطلبات جهاز الضغط من محابس ومانومتر ومياه الشكل (6-70).
- 4- املاً الخط الرئيس بالماء وتأكد من أن الهواء قد تم إخراجة من جميع النقاط المرتفعة، وإذا وضعت حبوب الكلور في الأنبوب أثناء العمل فإن عملية الملء يجب أن تكون بطيئة جداً لكيلا تتم إزاحة الحبوب من مواقعها.
- 5- يتم صب خرسانة عادية للدقارات خلف الطيب (بعد تركيب وصلات الأنابيب، 1) ويمكن في حال امتداد الخط ان يتم العمل كما بالشكل (6-71) أي ننفذ الجزء الثاني ونبدأ بعمل التركيبات اللازمة لقطع التجربة أما اذا كان الخط منتهى عند هذه النقطة

فيمكن الصب خلف الطبقة الأخيرة حتى جانب الحفر الرأسي المقابل للطبقة - وفي هذه الحال يجب الحرص على عدم قلقة طبوعية الارض أو الحفر زيادة عن أبعاد الدقار الخرسانى بعد آخر أنبوب حتى يمكن للارتكاز الخرسانى ان يرتكز بأمان على الارض الطبعية.

6- يتم فتح كل الصمامات الحاجزة للهواء - على طول الخط - ونبحث عن طريقة لملء الخط المراد تجربته فانه قد يملأ عن طريق قائم الأنبوب 1 "الخارج من الطبقة (قبل تركيب مضخة الضغط).

7- يتم تركيب مضخة التجربة مع ملحقاتها وجهاز قياس الضغط في النقطة المنخفضة من القسم المراد تجربته ويركب جهاز قياس آخر ومفرغ هواء في النقطة المرتفعة من نفس القسم. نقوم بتشغيل ماكينة الضغط رويداً رويداً حتى يصبح الضغط 3 ضغط جوى مثلاً ثم يجرى المرور على جميع غرف الصمامات وفتحها ومعاينة المحابس وجميع التوصيلات والرباط عليها داخل الغرفة حتى نطمئن تماماً لذلك.

8- نبدأ في رفع الضغط حتى نصل إلى القيمة المطلوبة وننتظر نصف ساعة، إذا كان المانومتر ثابتاً فذلك يدل على سلامة الخط أما إذا كان المانومتر يهبط ولا يستقر على وضع فذلك يدل على وجود عيوب بالأنبوب يجب اصلاحها وفيما يلي بعض النصائح المطلوبة في هذه الحال:

أ - إعادة المرور على غرف المحابس والتأكد من عدم خروج أي مياه منها.

ب-المرور على الخطوط ومعاينة الرؤوس والتأكد من عدم تسرب أي مياه منها.

9- أثناء فترة الانتظار قم بزيادة الضغط كما هو مطلوب للحفاظ على قيمة ضغط الفحص الدنيا. وذلك باستخدام خزان معاير وقم بتسجيل كمية الماء الإضافي المستخدم.

10- قارن بين كمية التسرب (وهي كمية الماء اللازمة لرفع الضغط ثانية) مع كمية التسرب القصوى المفتوحة في المواصفات القياسية لمؤسسة أعمال المياه الأمريكية AWWA التي تنطبق على نوع الأنبوب.

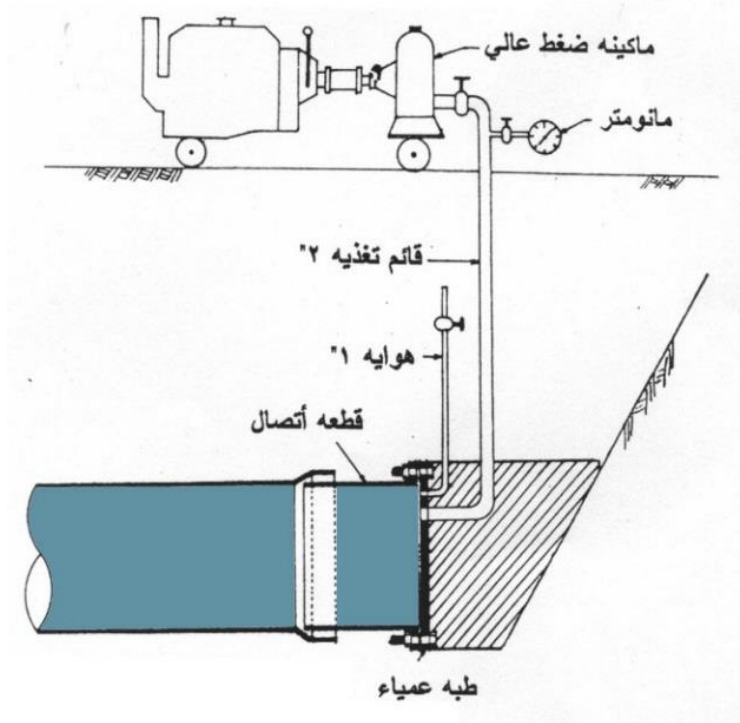
11- أما في حالة ردم الخط بالكامل (لدواعي المرور وخلافه) فيمكن ملاحظة الارض فوق مسار الأنبوب فعند حدوث هبوط في الارض فوق الأنبوب دل ذلك على وجود تسرب مائي في هذا القطاع ويجب الكشف عنه واصلاحه.

♦ إذا لم يستقر المانومتر بعد عمل كل ما سبق دل ذلك على وجود جيوب هواء بالخط محبوسة نتيجة سوء التنفيذ - وهذه مشكلة كبرى للمهندس لهذا - ينصح دائماً - للحصول على خط ممتاز وعلى سرعة تنفيذ وتسليم الخط ان يتم تركيب الخط طبقاً للمواصفات لتحصل على خط سليم وعلى كفاءة عالية.

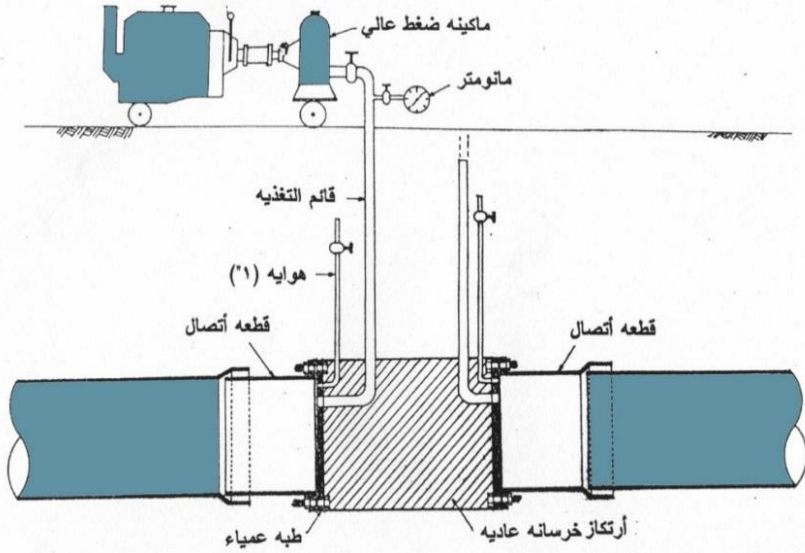
12- بعد نجاح التجربة ننتقل إلى القطاع التالي لعمل التجربة به أيضاً - وبعد نجاح التجربة في هذا القطاع يتم تكسير الخرسانة العادية بين الخطين وفك الطبب وفك القطع المخصصة أيضاً لتجهيز توصيل الخط.

13- الجزء الذي يظهر به أي رشح من جراء وجود شعر أو كسر يجب فكه وتركيب غيره حسب تعليمات مهندس الإدارة كما يجب إصلاح الرؤوس والوصلات الراشحة ثم تعاد التجربة إلى أن تتجح وتصبح مقبولة من قبل مهندس الإدارة.

14- يتم توصيل قطاعات الخط ليصبح خطاً واحداً ويتم ذلك طبقاً لنوع الأنابيب المستخدمة في الخط.



الشكل (6-70) ارتكاز دقار التجربة على الأرض الطبيعية مباشرة



الشكل (71-6)

يكون الفقدان السريع للضغط عادة ناتجاً عن فتح صمام أو كسر أو تشقق في الأنبوب أو أن وصلة ما قد أزيحت من مكانها بعد إنجازها، ويكون من السهل نسبياً في العادة الكشف عن هذه التسربات بالاستمرار بالضغط إلى أن يظهر الماء على السطح. أحد الأسباب المحتملة لتناقص الضغط بشكل بطيء هو عدم طرد الهواء كلياً من الأنابيب قبل بدء الفحص، وهنا يتناقص الفقدان الظاهري في كل مرة يعاد فيها الفحص، ويصعب في العادة تحديد مكان التسرب البطيء، فإذا كان الفحص الأولي في أجري على جزء طويل من الأنبوب الرئيس فقد يلزم الأمر من أجل تحديد تسرب صغير القيام بفحص أجزاء صغيرة من الأنبوب بين الصمامات لتقليص المسافة المحتمل تواجد التسرب فيها ومن ثم تستخدم أجهزة الكشف عن التسرب لتحديد مكانه. وهناك طريقة بديلة للكشف عن التسرب وهي تعريض الخط الرئيس بصورة متواصلة لأقصى ضغط ممكن مع الحفاظ على سلامة النظام والانتظار لحين خروج الماء إلى السطح.

2-9-6 تجهيز الخط للدخول في الخدمة:

يجب غسل جميع الأجزاء الجديدة من الخط الرئيس بشكل تام، وتطهيرها وإجراء الفحوصات للكشف عن تواجد الجراثيم قبل السماح للمستهلك باستخدام الماء الجاري فيها.

بعد توصيل كل التقييلات على الخط، نبدأ في عمل الغسيل لهذا الخط ثم التعقيم حتى يدخل الخدمة:

أولاً: غسيل الخط

إن الغسيل متطلب مبدئي هدفه إزالة الطين والحطام الموجودة في الأنابيب كمخلفات للتركيب، وإذا لم يأخذ العمال الحيطه والحذر بإغلاق نهايات الأنبوب الرئيس عندما لا يكون مراقباً فقد تظهر مع عملية الغسيل حيوانات ميتة ومواد غريبة أخرى.

♦ يجب على المهندس المصمم أن يختار نقط محدد من الخط تجاور أي من الخطوط العاملة في شبكة الأنابيب تستخدم كمصدر للمياه اللازمة للغسيل وذلك بتوصيلها بهذا الخط.

♦ كما يختار أماكن أخرى بالخط – يفضل الاماكن القريبة من مجرى مائي مثل قناة أو مصرف لإلقاء ماء الغسيل.

♦ بعد فتح كافة الصمامات على الخط وكذلك صمامات الهواء وغلق جميع الصمامات الجانبية وبعد توصيل أنبوب الغسيل من الخط العامل الى الخط الجديد – يتم فتح المياه – يفضل عمل فتح المياه ليلاً حتى لا تتأثر كميات المياه اللازمة للسكان بجانب أن ضغط المياه يزيد ليلاً.

تندفع المياه بكميات كبيرة بالخط دافعة كل الرواسب والمواد العالقة والشحم وخلافه أمامها الى نقطة الغسيل الواصلة الى المجرى المائي، سرعة الجريان في الأنبوب مقدارها (0.8) م/ث ويفضل أن تبلغ هذه السرعة (1.1) م/ث ، كما يجب أن تدام هذه السرعة لفترة تكفي لتغيير الماء كاملاً مرتين أو ثلاث مرات حتى يخرج الماء نظيفاً.

♦ يستمر هذا الوضع يومياً بمعدل 4-5 ساعات (حسب الظروف) وبعد أسبوعين تقريباً نبدأ في أخذ عينات من المياه الخارجة من وصلة الغسيل ونضعها في كوب نظيف أو زجاجة شفافة ونترك لمدة ساعتين.

♦ يلاحظ وجود رواسب دقيقة جداً ترسب في قاع الزجاجة، الأمر الذي يستلزم الاستمرار في عملية الغسيل حتى تنتهي هذه الرواسب تماماً.

♦ أما في الأنابيب الرئيسة الكبيرة جداً والتي لا يمكن توفير الماء الكافي للغسيل فيجب تنظيف الأنبوب الجديد باستخدام مكشطة أسطوانية متعددة المراحل.

ثانياً: التعقيم

يجب تطهير الأنابيب الرئيسة والمعدات الجديدة باستخدام أحد أشكال الكلور، وثمة طريقتان مستخدمتان لهذه الغاية تتضمن إضافة حبوب أو محاليل الكلور.

طريقة الحبوب:

بهذه الطريقة توضع حبوب هايبيوكلورايت الكالسيوم (HTH) في كل جزء من الأنبوب مع تقدم استمرار العمل، وتذوب هذه الحبوب عند ملء الأنبوب الجديد بالماء. وتلصق عادة هذه الحبوب في أعلى الأنبوب باستخدام مادة صمغية (Epoxy Resin) بكميات كافية بحيث تنتج كلوراً بمقدار ٢٥ ملغم/ لتر بعد الذوبان.

بعد ملء الخط الرئيس بالماء يجب أن يتم الاحتفاظ بمحلول الكلور في الأنبوب لمدة (24) ساعة على الأقل، ولأن الحبوب موضوعة في نهاية كل جزء من أجزاء الأنبوب، ينصح بأن يتم تنفيس الأنبوب لإخراج كمية صغيرة من الماء بشكل دوري لنقل محلول الكلور إلى مواقع جديدة في الأنبوب. وعند استخدام الحبوب للتعقيم يجب إبقاء سرعة الماء في الأنبوب أقل من (0.3 م/ث)، وإلا انتقلت الحبوب من أماكنها إلى نهاية الأنبوب.

عند استخدام طريقة الحبوب يجب أن يحرص العاملون على إبقاء الأنبوب نظيفاً أثناء التركيب كون الأنبوب الرئيس لا يمكن رضه قبل تعقيمه، فإذا كان التوقع بأنه من الصعب أن تسمح ظروف العمل بإبقاء الأنبوب نظيفاً وجب عدم استخدام طريقة الحبوب وذلك لتنظيف الخط قبل تطهيره.

التطهير بالهيبوكلورايت:

على الرغم من أن غاز الكلور يمكن أن يستخدم لتعقيم أنابيب الماء الرئيسة إلا أنه يحتاج إلى معدات خاصة وهو خطر الاستخدام ولذا ينصح به فقط عند تركيب الأنابيب الرئيسة الكبيرة عندما يكون هناك مراقبة من قبل من لديهم خبرة في استخدام المعدات، وتستخدم هايبيوكلورايت الكالسيوم وهيبيوكلورايت الصوديوم (المبيض) عادت لتعقيم الأنابيب الرئيسة الأصغر حجماً.

يتم حقن محلول الكلور المركز من خلال صمام مؤسسة يكون مركباً بالقرب من الصمام الموصول بنظام المياه القائم، وتتم إدارة الكلور إما بالتغذية المستمرة أو طريقة

الجرعة، ويتم في طريقة التغذية المستمرة إدخال المياه ببطء إلى الأنبوب الجديد في الوقت الذي يدخل فيه محلول الكلور بقوة إلى الأنبوب باستخدام مضخة تغذية كيميائية أو مضخة تقوية، ويمكن قياس معدل جريان المياه عن طريق قياس الجريان في نهاية الخط. ويجب أن يعطى معدل التغذية الكيميائية تركيزاً مقداره 50 ملغم/لتر تقريباً عند خلطه بالماء الداخل. كما يجب أن تستمر التغذية إلى أن يصل مقدار المتبقي 25 ملغم/لتر في الماء الجاري عند نهاية الخط، بعد ذلك يجب إيقاف الجريان وترك محلول الكلور في الأنبوب لفترة لا تقل عن 24 ساعة، وخلال هذه الفترة يجب أن يتم تشغيل كافة الصمامات والمحابس للتأكد من تطهيرها بصورة جيدة. أما طريقة الجرعة ففيها يتم إحداث جرعة طويلة من الماء ذات تركيز عال جداً من الكلور مبدئياً ثم تحرك ببطء خلال الأنبوب ويجب ألا يقل التركيز عن 300 ملغم / لتر. كما يجب أن تكون سرعة حركة الجرعة بحيث تسمح بتماس 3 ساعات على الأقل أثناء حركتها في الأنبوب، كما أن محابس المطافئ والوصلات الجانبية يجب تشغيلها عند مرور الجرعة للتأكد من وصول الكلور إلى جميع أجزاء الأنابيب. وتستخدم هذه الطريقة لخطوط الأنابيب الكبيرة الحجم والتي يعد استخدام طريقة التغذية المستمرة لها غير عملي.

في نهاية فترة الاتصال يجب طرد الماء المكور من الأنابيب والتخلص منه بطريقة مسؤولة بيئياً، وربما يقتل تركيز الكلور العالي الأعشاب ولذا يجب نقل الجريان إلى مواقع التخلص أو المكب في خراطيم، حيث يتطلب في بعض الأحيان نزع الكلور من المياه قبل إطلاقها في المجرى المائي.

ويتم التعقيم وفق الخطوات الآتية:

1- بعد انتهاء عملية الغسيل، تقفل محابس الغسيل ومصدر المياه بعد ملء الشبكة أو الخط بالكامل بالمياه النقية وحقق الكلور داخل الخط ليصل محتوى الكلور بها 10 جزء في المليون في اخفض نقطة للشبكة أو الخط لمدة 24 ساعة.

(لا يتم تعقيم خطوط الطرد لمياه الصرف الصحي ولكن يتم تعقيم خطوط مياه الشرب فقط)

2- تؤخذ عينات من المياه بعد 24 ساعة بواسطة المعمل لمعرفة الكلور المتبقي بالشبكة والذي يجب الا يقل عن واحد في المليون وفي حال كانت نسبة الكلور المتبقي أقل من جزء في المليون، تعاد عملية التعقيم مرة أخرى.

3- تصفى الشبكة من ماء التعقيم ثم يملأ الخط مرة أخرى بالماء المستخدم في عملية التغذية بالمياه وتؤخذ عينات من الماء من آخر الخط وقياس الكلور الموجود والذي يجب أن يماثل الكلور الموجود بالشبكة.

4- الشبكة الان صالحة للاستخدام ودخول الخدمة.

ثالثاً: الفحص الجرثومي

بعد ان يكون قد تم غسل وتعقيم خط أنابيب جديد يجب أن يعاد ملؤه بالماء من نظام التوزيع وأن يتم إجراء الفحص جرثومياً ويستغرق هذا الفحص 24 ساعة على الأقل بعد أخذ العينات، ويجب أن يؤخذ هذا الوقت بعين الاعتبار عند إعداد خطة تركيب الأنبوب. كما يجب ألا يسمح للمستهلكين باستخدام الماء إلا بعد ظهور النتائج. إذا كانت النتائج سلبية فإن هذا مؤشر على خلو العينة من بكتيريا الكوليفورم وعلى صحة تعقيم الشبكة، أما إذا كانت إيجابية فيجب إعادة أخذ العينات، وإذا تبين أن النتائج مازالت إيجابية وجب إعادة تعقيم خط الأنابيب، ثم أخذ عينات أخرى للتأكد من أن الخط قد تم تعقيمه بشكل صحيح.

6-10 اختبارات أنابيب شبكات الصرف الصحي بعد التنفيذ:

(1) تجربة الضغط المائي:

تهدف هذه التجربة إلى فحص عمليات تسرب المياه من الأنابيب وإليها فإذا تسربت المياه الجوفية إلى الأنابيب يؤدي هذا الى زيادة حجم محطات الضخ والمعالجة، أما إذا تسربت مياه المجاري من الأنابيب الى المياه الجوفية أدت إلى تلوثها لذلك لابد من التأكد من صحة تركيب الأنابيب ووصلاتها ويتم ذلك بتعريض الشبكة الى ضغط مائي.

يتم اختبار مواسير الانحدار طبقاً لنوع الوصلة ولا يؤخذ في الاعتبار نوع أو قطر أو ميل أو عمق الأنابيب وتنقسم الأنابيب من حيث نوع الوصلة إلى:

1 - الأنابيب ذات الوصلة الثابتة:

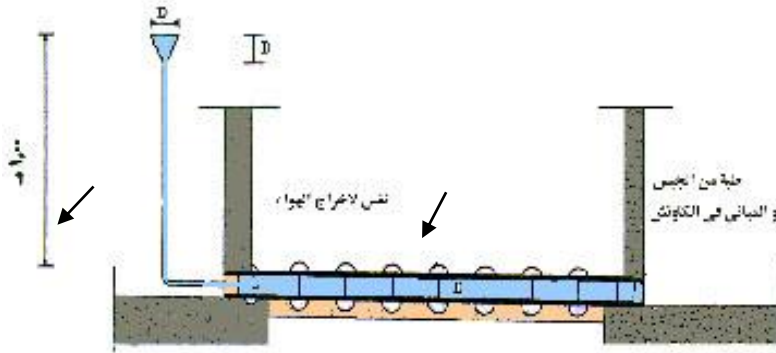
أ - يجرى اختبار الأنابيب الفخار ذات الوصلة الثابتة لجزء الأنبوب بين غرفتي تفتيش وذلك بملء الأنبوب بالماء النظيف عن طريق تركيب قمع بقطر علوي يساوي قطر الأنبوب المراد اختباره (وذلك لسهولة الحسابات) يثبت عن طريق أنبوب وكوع في النهاية العليا للأنبوب وبارتفاع متر واحد فوق الراسم العلوي للأنبوب (أي المولد العلوي : وهو المستقيم المار من قمة القسطل العلوية الداخلية والموازي لمحور القسطل) مع ضرورة عمل منفث (نفس) لخروج الهواء كما هو موضح بالشكل (6-72)

ب - يتم تركيب سدادات قرصية (طبقات جبس أو مباني أو كاوتش) في النهاية السفلى للأنبوب.

ج - يتم ملء للأنبوب من القمع مع ترك محبس التنفيث مفتوحاً وبعد التأكد من تمام الأنبوب نغلق محبس النفث.

د - يترك الأنبوب ساعتين أو ثلاثة بعد الملء وقبل بدء التجربة.

هـ - يشاهد منسوب المياه في القمع خلال مدة 15 دقيقة ولا يجوز أن ينخفض منسوب الماء بالقمع بما يزيد على 1/10000 من طول الأنبوب الجاري اختباره خلال المدة الموضحة.

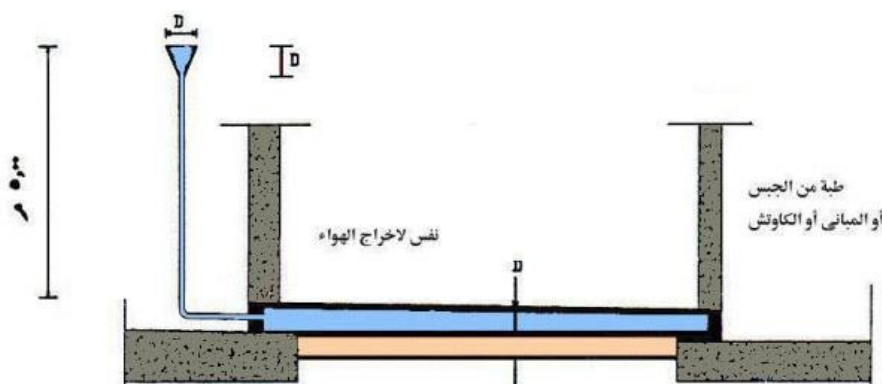


الشكل (6-72) اختبار الأنابيب ذات الوصلة الثابتة

2 - اختبار الأنابيب ذات الوصلة المرنة (Flexible Joint):

أ - يجرى الاختبار للأنابيب ذات الوصلة المرنة بنفس خطوات اختبار الأنابيب ذات الوصلة الثابتة مع ملاحظة أن:

- 1 - ارتفاع القمع = 5.0 م فوق الراسم العلوي للأنبوب.
 - 2 - حدود السماح بالنقص في القمع = $1/20000$ من طول الفرعة وذلك للأعماق الكبيرة .
- أما في حالة الأعماق الصغيرة فيمكن استخدام مضخة نقالة لتحقيق ضغط داخلي مقداره نصف جوى وقياسه باستخدام مانومتر .
- في حالة نقصان المياه بالقمع أثناء فترة الاختبار في كلتا الحالتين يتم الكشف على مسار الخط للتأكد من سلامة بدن الأنبوب والكشف عن تسرب المياه بالوصلات ثم يتم معالجتها بإصلاح هذه الوصلات أو تغيير الأنابيب المعيبة ثم يعاد إجراء الاختبار مرة أخرى للتأكد من نجاحه.



الشكل (6-73)

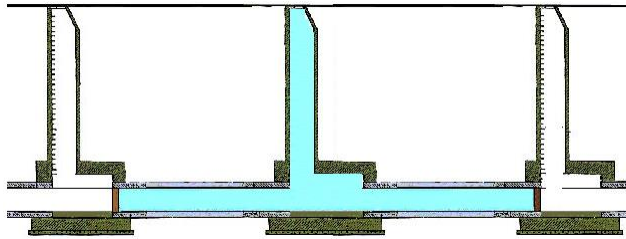
وقياس كمية المياه الراشحة خلال نصف ساعة فإذا كانت هذه الكمية ضمن الحدود الموضحة بالجدول (5-6) تعتبر الشبكة مقبولة ويتم ردمها ولا يفتش عن أماكن الرش وتعاد التجربة.

الجدول (5-6) كمية المياه الراشحة

جدول كمية المياه الراشحة من الشبكة حسب مادة الأنابيب										
كمية الماء الراشحة م ³ / اليوم لكل كيلو متر طولي من الأنابيب										نوع الأنابيب
600	550	500	450	400	350	300	250	200	150	
23	23	23	22	21	20	18	15	12	7	الفخار
40	38	36	34	32	30	28	24	20	7	البيتون العادي أو المسلح

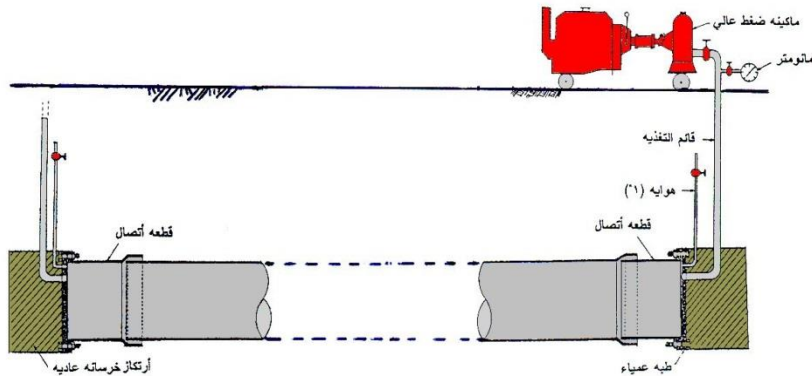
تجري التجربة للأنايب التي تمتد تحت مستوى المياه الجوفية بمسافة تتراوح بين 2-4 م بقياس كمية المياه الراشحة الى داخل هذه الأنايب من خلال تجميعها في حفرة في نهاية الخط المراد تجربته وامرارها على هدار وبالتالي تقاس الكمية المتدفقة خلال 30 دقيقة ثم تحول الى الكمية الراشحة في اليوم لكل كيلو متر طولي من الأنايب وتقارن مع الجدول المذكور.

أما الأنايب الممددة في تربة جافة فان التجربة تجري بإحدى الطريقتين التاليتين:
أ- في حال تنفيذ غرف التفتيش يتم تجربة كل وصلتين من وصلات الأنايب المتجاورة معاً بين حفر التفتيش وذلك بوضع سدادة مطاطية محكمة لإغلاق أنبوب غرف التفتيش العليا والسفلى ويتم ملئ الأنايب بالماء من خلال غرفة التفتيش الوسطية الى أن تمتلئ بالماء الى علوها وتفحص كافة الوصلات كما في الشكل (6-74).



الشكل (6-74)

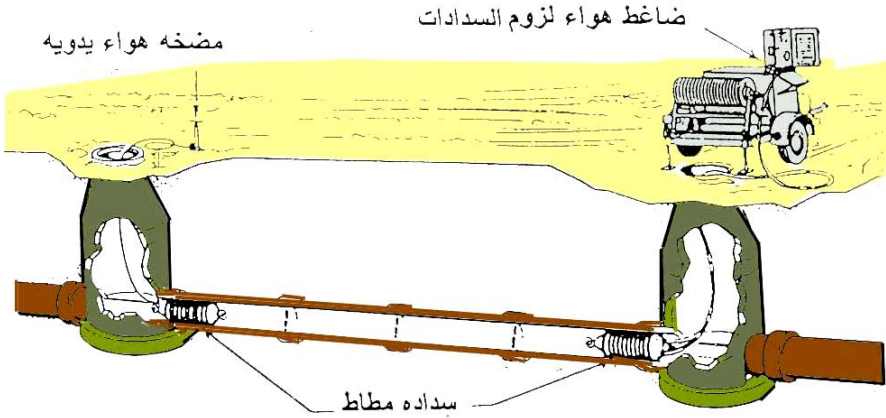
ب- في حال عدم تنفيذ غرف تفتيش يتم وضع سدادة في أسفل الأنبوب وأعلى. وفي كل سدادة خرطوم مطاطي يتم تثبيته على مستوى الأرض الطبيعية بحيث يؤمن ضغطاً قدره خمسة أمتار ويتم املاء الخط بالماء ثم تفحص الوصلات.



الشكل (6-75) استعمال السدادة

(2) ضغط الهواء:

يتم ضغط الهواء وضغط الوصلات المنفذة بعد احكام إغلاقها بسدات محكمة وذلك بضغط يفوق قيمة الضغط الجوي، فاذا كانت الوصلات منفذة بشكل غير محكم فان الضغط داخل الأنابيب يعود إلى الضغط الجوي، وفي حال كانت الأنابيب مغمورة بالمياه الجوفية يجب الأخذ بعين الاعتبار رفع ضغط التجريب داخل الأنابيب إلى أعلى من الضغط المحيط بها.



الشكل (76-6) تجهيز تجربة الأنابيب بضغط الهواء

(3) الفحص الدخاني

تستخدم هذه الطريقة لفحص المجاري وبخاصة لمعرفة:

- أماكن دخول المياه الى الشبكة.
- التأكد من وصل بعض المنازل الى الشبكة وأماكن الوصل.
- الكشف عن أماكن كسر الشبكة والشقوق فيها.