سلسلة أعمال مكافحة الحريق

الجزء الرابع

Underground Piping

المواسير تحت الأرض

ترجمة وجمع وترتيب

م/ رياض فاضل النجار

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله, أما بعد :

فهذا كتاب من سلسلة كتب أنرمعت العمل عليها في الفترة القادمة والتي تختص بالتكلم عن أنظمة مكافحة الحريق الأكثر انتشارا في المشاريع في منطقتنا .

المصدر الأساسي للمعلومات هي من المرجع NFPA . . وفي هذا الكتاب كانت المعلومات من NFPA 13 , NFPA 24 الاصدار 2013 .

والهدف من هذه السلسلة تقريب علم مكافحة الحريق من مهندسينا الذين لاحظت عليهم كثرة الاهتمام بالجانب العملي وإغفال كبير للجانب العلمي, الأمر الذي سيؤدي مع مرور الوقت إلى ضعف في المعلومات وعندها سيصبح المهندس عبارة عن مشرف من دون مميزات هندسية .

هذا ما نُصحت به من عدم ترك القراءة وهذا ما أحاول إيصاله عبر هذه السلسة, والمعلومات الموجودة في هذا الجزء هي عبارة عن ترجمة من اللغة الانكليزية, لذا ربما يجد القارئ بعض نقاط الخلل في العبارة وكيفية عرضها, وعليه فأنني أقدم دعوة لأصحاب الخبرة لتنقيح هذه المعلومات لتصبح أكثر وضوحاً ودقة .

هذا وما كان من خطأ فمني ومن الشيطان وما كان من صحة فمن الله وحده, والله الموفق الهادي لا إله إلا هو عليه توكلت وإليه أنيب .

كتبه م/ رياض فاضل النجار

1435/11/23 هـ

2014/09/18 م

الفصل الأول: المواد المستخدمة

قبل أي شيء يجب أن تكون المواسير المستعملة مخصصة للاستخدام في أنظمة مكافحة الحريق, أو تكون من ضمن مواد الجدول التالي 10.1.1.

Materials and Dimensions	Standard
Ductile Iron	
Cement Mortar Lining for Ductile Iron Pipe and Fittings for Water	AWWA C104
Polyethylene Encasement for Ductile Iron Pipe Systems	AWWA C105
Ductile Iron and Gray Iron Fittings, 3 in. Through 48 in., for Water and Other Liquids	AWWA C110
Rubber-Gasket Joints for Ductile Iron Pressure Pipe and Fittings	AWWA C111
Flanged Ductile Iron Pipe with Ductile Iron or Gray Iron Threaded Flanges	AWWA C115
Protective Fusion-Bonded Epoxy Coatings for the Interior and Exterior Surfaces of Ductile-Iron and Gray-Iron Fittings for Water Supply Service	AWWA C116
Thickness Design of Ductile Iron Pipe	AWWA C150
Ductile Iron Pipe, Centrifugally Cast for Water	AWWA C151
Ductile-Iron Compact Fittings for Water Service	AWWA C153
Standard for the Installation of Ductile Iron Water Mains and Their Appurtenances	AWWA C600
Steel	
Steel Water Pipe 6 in. and Larger	AWWA C200
Coal-Tar Protective Coatings and Linings for Steel Water Pipelines Enamel and Tape —Hot Applied	AWWA C203
Cement-Mortar Protective Lining and Coating for Steel Water Pipe 4 in. and Larger — Shop Applied	AWWA C205
Field Welding of Steel Water Pipe	AWWA C206
Steel Pipe Flanges for Waterworks Service — Sizes 4 in. Through 144 in.	AWWA C207
Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings	AWWA C208
A Guide for Steel Pipe Design and Installation	AWWA M11
Concrete	
Reinforced Concrete Pressure Pipe, Steel-Cylinder Type	AWWA C300
Prestressed Concrete Pressure Pipe, Steel-Cylinder Type	AWWA C301
Reinforced Concrete Pressure Pipe, Non-Cylinder Type	AWWA C302
Reinforced Concrete Pressure Pipe, Steel-Cylinder Type, Pretensioned	AWWA C303
Standard for Asbestos-Cement Distribution Pipe, 4 in. Through 16 in., for Water Distribution Systems	AWWA C400
Standard for the Selection of Asbestos-Cement Pressure Pipe	AWWA C401
Cement-Mortar Lining of Water Pipe Lines 4 in. and Larger — in Place	AWWA C602
Standard for the Installation of Asbestos-Cement Water Pipe	AWWA C603
Plastic	
Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe, 4 in. Through 12 in., for Water Distribution	AWWA C900
Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe, 14 in. Through 48 in., for Water Distribution	AWWA C905
Polyethylene (PE) Pressure Pipe and Fittings, 4 in. (100 mm) Through 63 in. (1575 mm) for Water Distribution	AWWA C906
Copper	
Specification for Seamless Copper Tube	ASTM B 75
Specification for Seamless Copper Water Tube	ASTM B 88
Requirements for Wrought Seamless Copper and Copper-Alloy Tube	ASTM B 251

Table 10.1.1 Manufacturing Standards for Underground Pipe

مواسير الحديد : لن يتم استعمال مواسير الحديد في الخدمة العامة تحت الأرض, إلا إذا كانت هناك مواصفات أخرى تبيح ذلك, ويستثنى من هذه القاعدة استعمال مواسير الحديد في وصلة الدفاع المدني بين محبس عدم الرجوع ومدخل الوصلة, على أن تكون المواسير مجلفنة من الداخل ومطلية ومغلفة من الخارج.

كيفية اختيار نوع المواسير المناسب:

يتم تحديد نوع وتصنيف المواسير المستعملة في التركيبات تحت الأرض باعتبار عدد من العوامل المهمة:

1- درجة مقاومة المواسير للحريق.
2- ضغط التشغيل الأقصى للنظام.
3- العمق الذي سيتم تركيب المواسير فيه.
4- شروط التربة.
5- التآكل.
6- تأثر المواسير بالأحمال الخارجية الأخرى, كحمل التربة, والتركيب تحت الأبنية, وحمل حركة مرور والشاحنات وغيرها.

ويجب أن يتم اختيار المواسير والوصلات الخاصة وجميع مكونات النظام لتتحمل ضغط التشغيل الأعظمي الذي ستتعرض له, ولكن يجب أن لا تقل حدود الضغط لها عن (10.4 bar) 150 PSI.

تبطين المواسير المدفونة:

باستثناء ما تم ذكره عن مواسير الحديد المستعملة مع وصلة الدفاع المدني, فإنه يجب تبطين كل أنواع مواسير المعدن الحديدي من الداخل عند استعمالها في التركيبات تحت الأرض, وفقا لأحد الأكواد التالية:

1- AWWA C104, Cement Mortar Lining For Ductile Iron Pipe and Fittings for Water.
2- AWWA C105, Polyethylene Encasement for Ductile Iron Pipe Systems.
3- AWWA C203, Coal-Tar Protective Coatings and Linings for Steel Water Pipelines Enamel and Tape — Hot Applied.
4- AWWA C205, Cement-Mortar Protective Lining and Coating for Steel Water Pipe 4 in. and Larger — Shop Applied.
5- AWWA C602, Cement-Mortar Lining of Water Pipe Lines 4 in. and Larger — in Place.
6- AWWA C116, Protective Fusion-Bonded Epoxy Coatings for the Interior and Exterior Surfaces of Ductile-Iron and Gray Iron Fittings for Water Supply Service.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن المصنع لا يضيف سمك التبطين الداخلي عندما يعطي معلومات عن القطر الداخلي للمواسير, وعليه وعند إجراء الحسابات الهيدروليكية لمواسير مبطنة من الداخل يجب الحساب وفقا للقطر الداخلي الفعلي بعد إضافة قيمة التبطين الداخلي.

الفصل الثاني: الوصلات الخاصة (FITTINGS)

الوصلات الخاصة المدفونة: يجب أن تحقق شرطين: أن تكون من النوع المعتمد مع التوصيلات, وأن تكون حدود الضغط لها متوافق مع المواسير المستعملة.

الوصلات الخاصة المستعملة عموما من الحديد الزهر (Cast iron) مع توصيلات مصنوعة حسب مواصفات الصانع للمواسير المستعملة.

الوصلات الخاصة الحديدة لها أيضا بعض التطبيقات. يتم تطبيق المعايير التالية على الوصلات الخاصة:

1- ASME B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings.
2- AWWA C110, Ductile Iron and Gray Iron Fittings, 3-in. Through 48-in., for Water and Other Liquids.
3- AWWA C153, Ductile Iron Compact Fittings, 3 in. through 24 in. and 54 in. through 64 in. for Water Service.
4- AWWA C208, Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fittings.

الوصلات الخاصة القياسية: يجب أن تكون وفقا للجدول التالي 10.2.2.1 وللجدول 10.2.2.2 للمواسير البلاستيكية:

Table 10.2.2.1 Fittings Materials and Dimensions

Materials and Dimensions	Standard
Cast Iron	
Gray Iron Threaded Fittings, Classes 125 and 250	ASME B16.4
Gray Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings, Classes 12, 125, and 250	ASME B16.1
Malleable Iron	
Malleable Iron Threaded Fittings, Class 150 and 300	ASME B16.3
Steel	
Factory-Made Wrought Steel Buttweld Fittings	ASME B16.9
Buttwelding Ends	ASME B16.25
Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and Elevated Temperatures	ASTM A 234
Pipe Flanges and Flanged Fittings, NPS ½ Through 24	ASME B16.5
Forged Steel Fittings, Socket Welded and Threaded	ASME B16.11
Copper	
Wrought Copper and Bronze Solder Joint Pressure Fittings	ASME B16.22
Cast Bronze Solder Joint Pressure Fittings	ASME B16.18

Table 10.2.2.2 Specially Listed Fittings Materials and Dimensions

Materials and Dimensions	Standard
Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC) Specification for Schedule 80 CPVC Threaded Fittings	ASTM F 437
Specification for Schedule 40 CPVC Socket-Type Fittings	ASTM F 438
Specification for Schedule 80 CPVC Socket-Type Fittings	ASTM F 439

ويضاف إلى ذلك بالنسبة للوصلات البلاستيكية بأن تكون وفقا للجزء الخاص من ASTM الموجود في الجدول 10.2.2.2 والذي يطبق لخدمة مكافحة الحريق.

الوصلات المعدنية والبلاستيكية يمكن أن تكون حسب الفقرة التالية أيضا.

- الوصلات الخاصة الأخرى المختلفة عن تلك التي في الجداول السابقة والتي أثبتت التجارب أنها ملائمة للاستعمال مع الأغراض الخاصة بمكافحة الحريق وتم تسجيلها للعمل مع هذه الأنظمة, كمواسير polybutylene, CPVC, وغيرها, يسمح باستعمالها وفقا لتعليمات الصانع.

وعلى كل الأحوال يجب أن تحقق الوصلات الخاصة متطلبات ضغط التشغيل للنظام ولا تقل عن الحدود الدنيا المطلوبة للمواسير المدفونة تحت الأرض وهي (10.4 bar) 150 PSI.

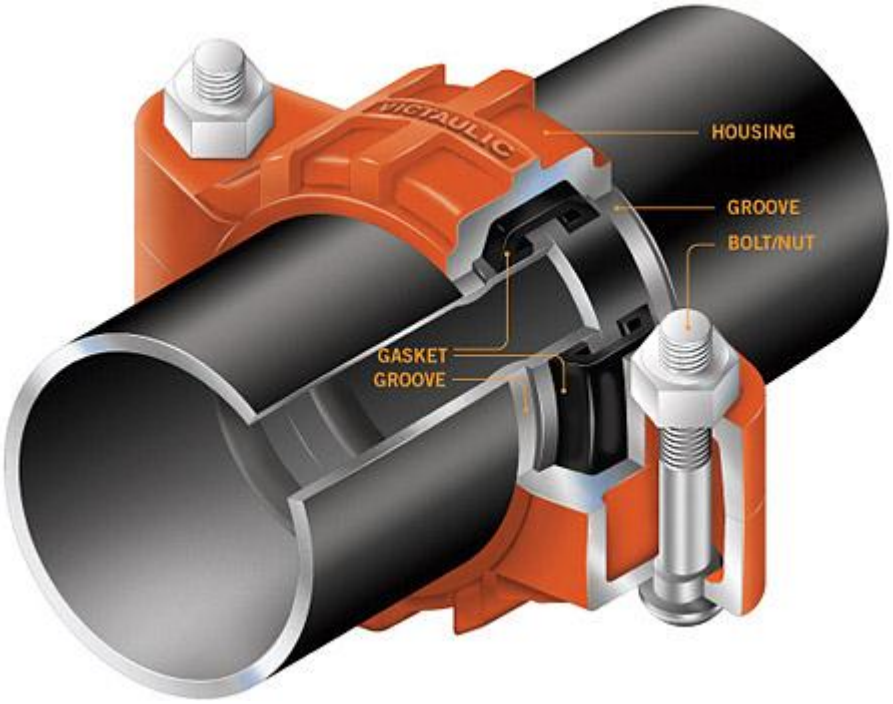
- **الوصلات المدفونة:** الوصلات يجب أن يوافق ويصدق عليها.

يتم تطبيق المعايير التالية على جميع الوصلات المستعملة مع الأنواع المختلفة من المواسير:

1- ASME B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings
2- AWWAC111, Rubber-Gasket Joints for Ductile Iron Pressure Pipe and Fittings
3- AWWA C115, Flanged Ductile Iron Pipe with Ductile Iron or Gray Iron Threaded Flanges
4- AWWA C206, Field Welding of Steel Water Pipe
5- AWWA C606, Grooved and Shouldered Joints

- **الوصلات المسننة:** التسنين في مواسير الحديد يجب أن يكون حسب ASME B1.20.1.

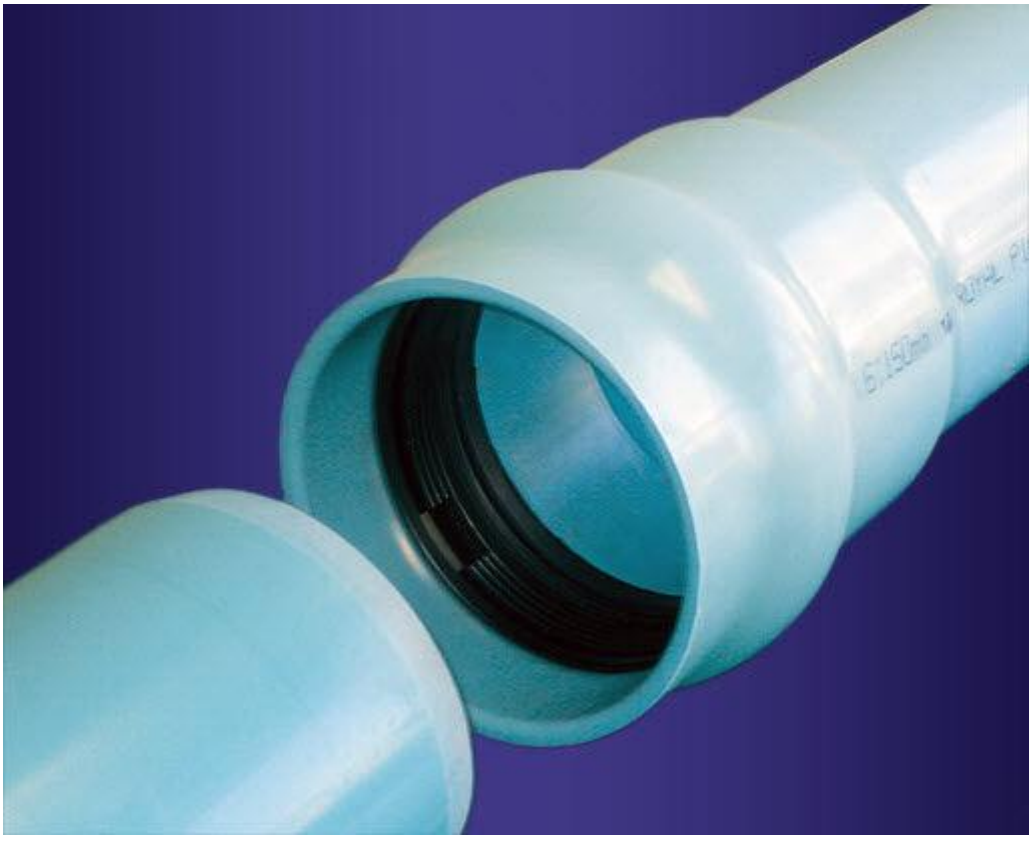
- **الوصلات بالأخدود:** المواسير الموصولة بوصلات بأخدود يجب أن توصل عبر مجموعة من الوصلات والحشوات والأخاديد المسجلة للاستعمال مع أنظمة مكافحة الحريق.



- **توصيل مواسير النحاس:** يتم التوصيل إما باللحام Brazed أو الوصل باستخدام وصلات ضغط حسب ما هو موصوف في الجدول 10.2.2.1.

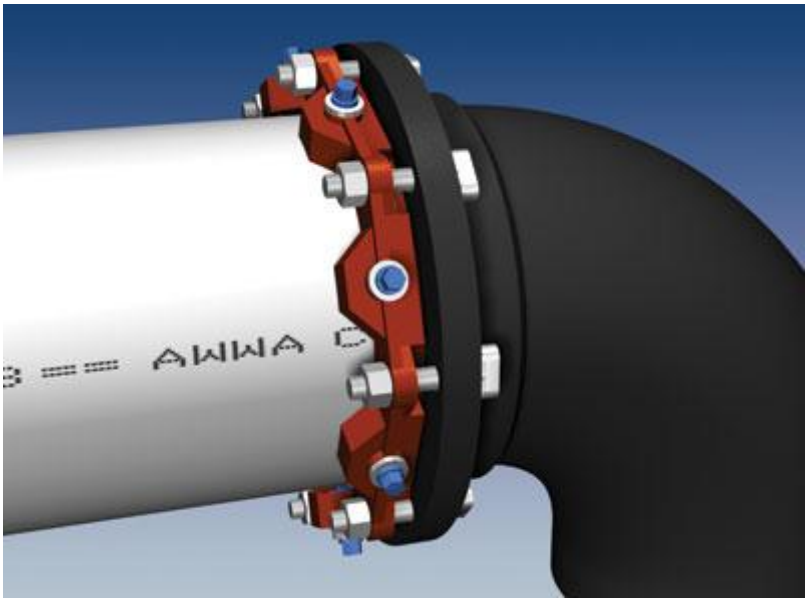
- يتم السماح باستعمال أي طرق توصيل أخرى غير التي تم ذكرها, تكون معتمدة ومسجلة للاستعمال مع أنظمة مكافحة الحريق, على أن يتم التوصيل حسب مواصفات الصانع.

وهنا نشير إلى أنه يتم توصيل مواسير Ductile iron و PVC بشكل عام بطريقة bell and spigot ends مع استعمال حشوات مطاطية حلقية حسب ANSI/AWWA C111-06 وباستعمال زيت تشحيم متوافق مع مادة الحشوة المطاطية, أو بالتوصيل الميكانيكي.[1]



[1]) مصدر هذه المعلومة من كتاب Stationary Fire Pumps Handbook الإصدار الرابع, والمتوافق مع نص NFPA والكلام من الصفحة 504.

- **التوصيل الميكانيكي:** يجب أن يقوم بالتوصيل أشخاص على دراية مع المواد المستعملة حسب مواصفات وتعليمات الصانع, وبعد الانتهاء يتم تنظيف كافة البراغي والأجزاء الأخرى وطلائها بالأسفلت أو أي مواد أخرى مقاومة للتآكل.



الفصل الرابع : عمق التركيب

1- يتم تركيب المواسير على عمق لا يقل عن 1 قدم (0.3 متر) من تحت خط الصقيع, فمثلا إذا كان خط الصقيع يصل إلى عمق (1 متر) تحت الأرض فإنه يجب تركيب المواسير على الأقل على عمق 1.3 م تحت سطح الأرض.

2- في الأماكن التي لا يعتبر فيها الصقيع عاملا مهما, فإنه يتم تركيب المواسير على عمق لا يقل عن 2 ½ ft أي 0.8 متر.

3- عند تركيب المواسير تحت مكان فيه حركة مرورية فإن أقل عمق للمواسير يجب أن يكون 3 ft أي 0.9 متر.

4- عند تركيب المواسير تحت سكة حديدية فإن أقل عمق للمواسير يجب أن يكون 4 ft أي 1.2 متر

5- في كل الأحوال فإن العمق يقاس من قمة الماسورة إلى منسوب التشطيب النهائي, ويجب وضع اعتبار للمستقبل أو التشطيب النهائي أو طبيعة التربة.

الفصل الخامس : الحمايات من الصقيع

1- عندما يكون دفن المواسير غير منطقي فإنها تركب فوق الأرض, وعندها يجب حمايتها من الصقيع ومن الأضرار الميكانيكية, والحماية من الصقيع تكون بالعزل للحفاظ على درجة حرارة مناسبة للماء داخل المواسير.

2- المواسير يجب أن تدفن تحت خط الصقع عند مرورها ضمن جداول أو أي أجسام مائية أخرى.

3- عند تمديد مواسير في ممر مائي أو جدول ضحل, يجب الانتباه جيدا إلى العمق الكافي للماء الجاري بين المواسير وخط الصقيع خلال جميع الفصول التي يحدث فيها الصقيع.

والطريقة المثلى والآمنة هي بدفن المواسير على عمق لا يقل عن 1 قدم (0.3 متر) أو أكثر تحت قاع الممر المائي.

4- يجب تركيب المواسير على مسافة كافية من كتف الجدول المائي أو جدران السد وذلك لتجنب حدث الصقيع من خلال الجوانب.

يمنع تمديد المواسير تحت الأبنية, وعند القيام بإنشاء جديد يقع فوق مواسير موجودة مسبقا, يجب تعديل مسار المواسير **وذلك لأسباب عديدة, منها ما يلي:**

1- صيانة وتصليح المواسير تحت الأبنية صعبة جدا, فقد تتطلب إزالة أرضيات وأجهزة.

2- إن حدوث أي تسرب من المواسير الموجودة تحت الأبنية لا يتم كشفها بسرعة وربما تؤدي إلى مشاكل في خرسانة المبنى وإحداث حفر تحت القواعد.

3- إن مرور المواسير تحت المبنى يتسبب بتركيب محبس التحكم في وسط المبنى, وهذا غير مرغوب أبدا في حال حدوث حريق.

يستثنى من القاعدة السابقة بعض الحالات, وعندها يجب أخذ الاحتياطات التالية:

1- تقويس جدران القواعد فوق المواسير.

2- تمديد المواسير ضمن خنادق مغطاة.

3- تركيب محبس لعزل المواسير الممددة تحت المبنى.

وأيضا من ضمن الاستثناءات, يسمح للأنبوب الرئيسي بالمرور تحت المبنى والدخول إليه بجانب القواعد, على أن لا تزيد المسافة بين الجدار الخارجي للمبنى وخط المنتصف للماسورة عن 3 متر.

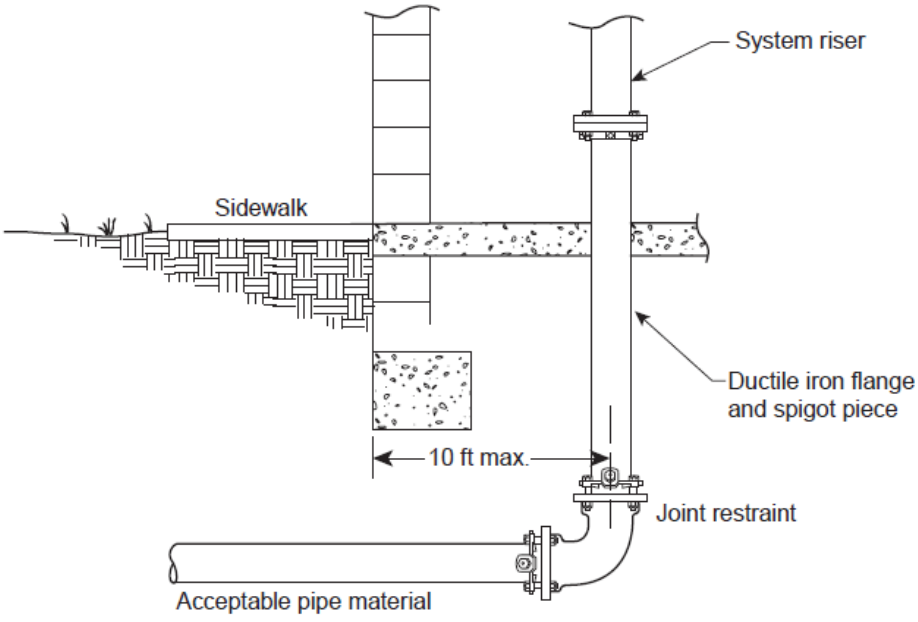


FIGURE A.10.6.3.1 Riser Entrance Location.

ملاحظات:

1- عند دخول الأنبوب الرئيسي إلى المبنى ضمن مسافة 3 متر, عندها لا يوجد داع لتمديد المواسير ضمن خندق أو تركيب محبس عزل.

2- عند مرور الأنبوب الرئيسي تحت القواعد يجب الانتباه غلى عدم وجود أي توصيلات تحت القواعد.

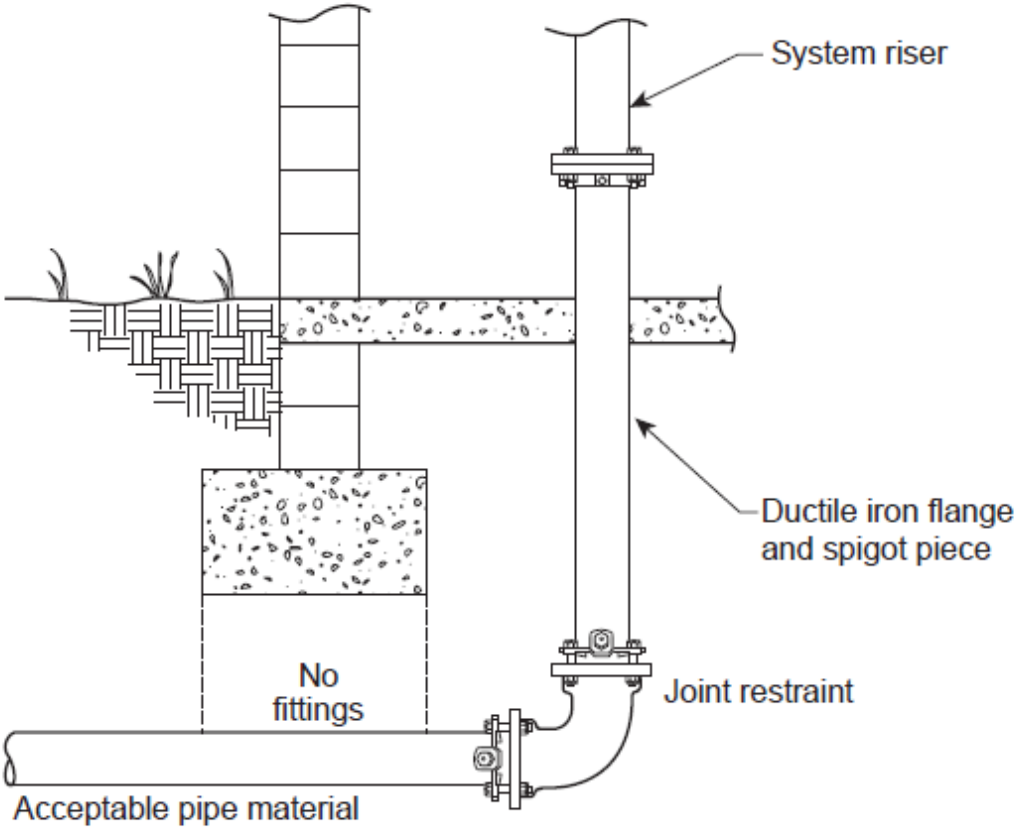


FIGURE A.10.6.4 Pipe Joint Location in Relation to Foundation Footings.

3- يجب أن تكون المسافة بين القاعدة وقمة الأنبوب لا تقل عن 1 قدم .

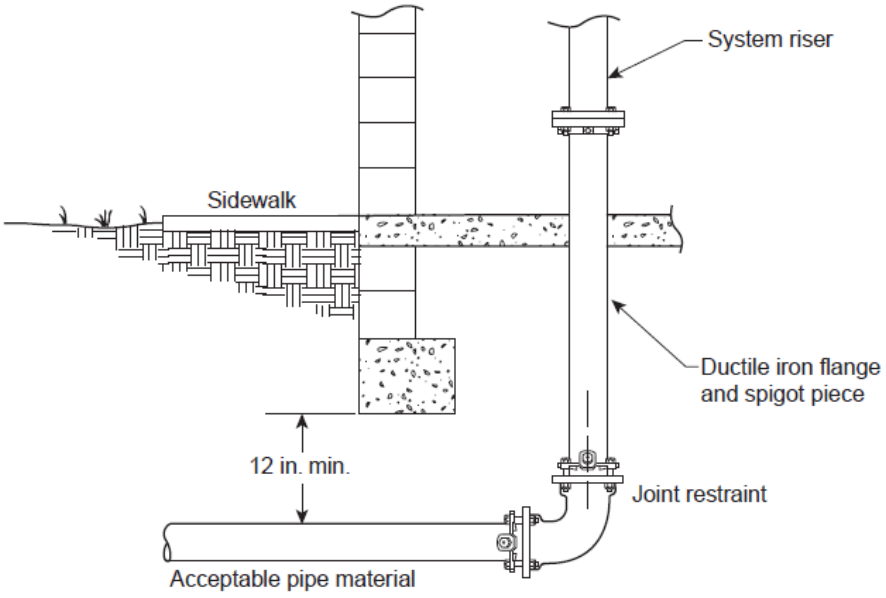


FIGURE A.10.6.5 Piping Clearance from Foundation.

يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتمديد الأنبوب الرئيسي, وذلك في الحالات التالية:

1- عند التمديد تحت سكة حديدية تحمل بضائع ثقيلة.
2- عند التمديد تحت أكوام من البضائع الثقيلة.
3- عند التمديد في منطقة معرضة لاهتزازات أو صدمات عنيفة.

إذا تم وضع المواسير ضمن sleeve فلا حاجة للاحتياطات السابقة.

تنبيهات:

1- عند الحاجة إلى توصيل أنبوب معدني بآخر من معدن غير متوافق, فإن التوصيل يجب أن يعزل ضد مرور التيار الكهربائي.

التأريض والمواسير تحت الأرض:

لا يسمح بأي حال استخدام المواسير تحت الأرض كنظام تأريض مستقل للنظام الكهربائي.[2]

عند تركيب نظام وقاية من الصواعق للمبنى, فإن NFPA 780, Section 4.14 تطلب بأن تكون كل أوساط التأريض بما في ذلك أنظمة المواسير المعدنية تحت الأرض مترابطة لتزويد إمكانية حماية مشتركة. وعليه لا يسمح أبدا بأن تكون المواسير هي النظام الوحيد للتأريض, بل هي ضمن المجموعة المشتركة للحماية من الصواعق.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن NFPA 70 تطلب بأن تكون المواسير المعدنية المدفونة مؤمنة ولها تأريض وذلك بغرض تفريق التيارات الكهربائية الضالة, وعليه فإن نظام التأريض للمواسير سيربط مع غيره من أنظمة التأريض, وسيتم تزويد نظام تأريض للأنظمة الكهربائية.

[2]) The use of underground fire protection piping for electrical grounding increases the potential for stray ground currents and increased galvanic corrosion.
Grounding to piping systems that may have nonconductive piping or joints is especially dangerous, since it may not provide the expected ground.

الفصل السابع: متطلبات تمديد المواسير

1- يجب فحص كل من المواسير والمحابس والحشوات والوصلات للتأكد من خلوها من أي ضرر, وذلك عند استلامها وقبل تركيبها.

2- يجب فحص عزم الوصلات المثبتة The torquing of bolted joints.

3- يجب التأكد من نظافة المواسير والمحابس والوصلات من الداخل.

4- عند توقف العمل, يجب إغلاق النهايات المفتوحة للمواسير والوصلات وذلك لمنع دخول الحجارة والمواد الغريبة إليها.

5- يجب إنزال المواسير والمحابس وغيرها بعناية إلى الخندق, ويجب فحصها بعناية وهي معلقة بالهواء للتأكد من عدم وجود تشققات أو عيوب.

6- يجب فحص نهايات المواسير للإشارة إلى الأضرار قبل التركيب.

7- Under no circumstances shall water main materials be dropped or dumped.

8- لا يسمح للمواسير بأن تنزلق أو تدحرج ضد أنابيب من مواد أخرى.

9- المواسير يجب أن تحمل على كامل طولها, ولا يسمح بأن تكون مدعومة فقط بواسطة bell ends أو بواسطة blocks.

10- في حال كانت الأرض ناعمة أو من طبيعة رملية, يجب اتخاذ إجراءات خاصة لدعم المواسير.

11- المحابس والوصلات الخاصة المستعملة مع مواسير غير معدنية يجب أن تدعم وتقيد حسب توصيات الصانع.

الفصل الثامن : تقييد الوصلات

- جميع الوصلات والتفريعات والأكواع والمحابس وغيرها يجب أن تقيد لمنع الحركة باستخدام إما thrust block أو نظام تقييد الوصلات, حسب ما سيمر معنا لاحقا.
- الأنابيب المتصلة باللحام بالحرارة fused أو بالوصلات الميكانيكية أو بالأخاديد أو بالتسنين, لن تحتاج إلى تقييد وذلك بشرط أن تجتاز الاختبار الهيدروستاتيكي بدون حدو أي مشاكل.

تعتبر طرق التوصيل بالغراء solvent cement أو باللحام بالحرارة المستخدمة مع مواسير CPVC قيدا بحد ذاتها.

- المواسير في المنحدرات تحتاج إلى دعم إضافي لتجنب حدوث انزلاق, حيث يتم تقييدها عند كل انحناء وذلك إما بربطها مع الصخور الطبيعية في المنحدر أو إلى أرصفة مناسبة مبنية على جانبي المنحدر. وأما الخطوط المستقيمة فيتم تقييدها حسب رؤية المهندس المصمم.

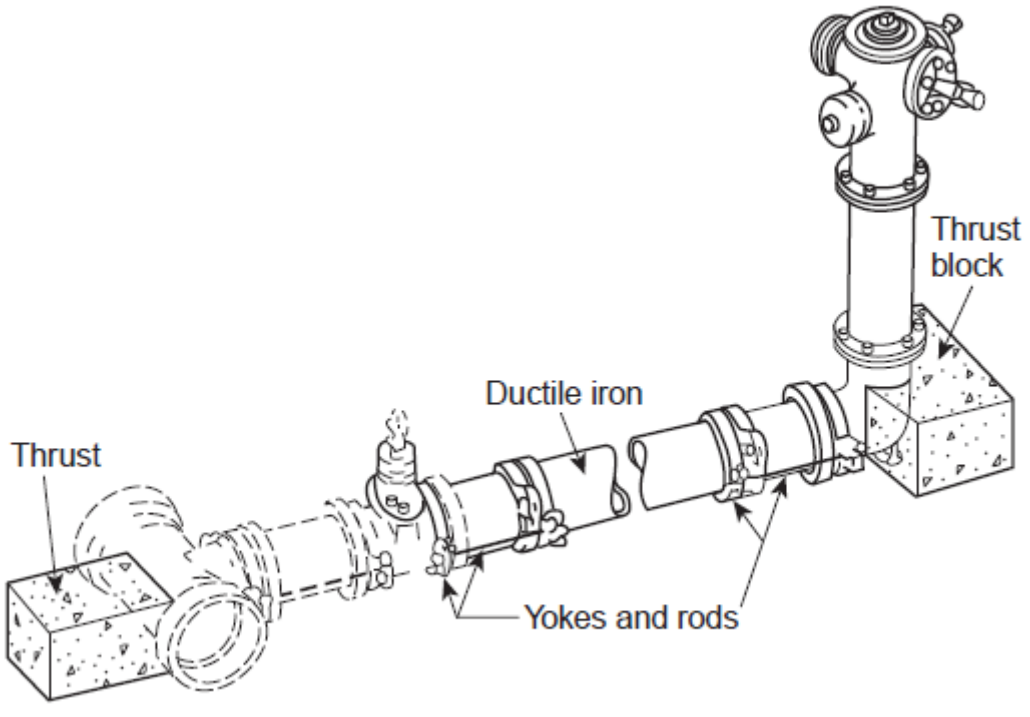
أولا : كتل الدفع (thrust blocks) :

تعتمد الكتل الجيدة على عدة عوامل منها الموقع, توافر ووضع الخرسانة وإمكانية إزالة الخرسانة أثناء الحفر في المستقبل.

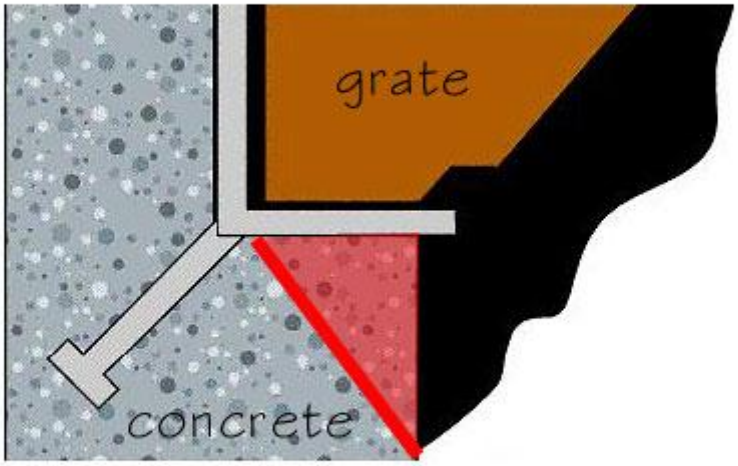
إن تصميم كتل الدفع يشمل تحديد مساحة التحمل bearing area للكتلة لمجموعة معينة من الشروط.

البارامترات التي تدخل في التصميم تشمل قطر الأنبوب وضغط التصميم وزاوية الانحناء وقوة التحمل الأفقية للتربة.

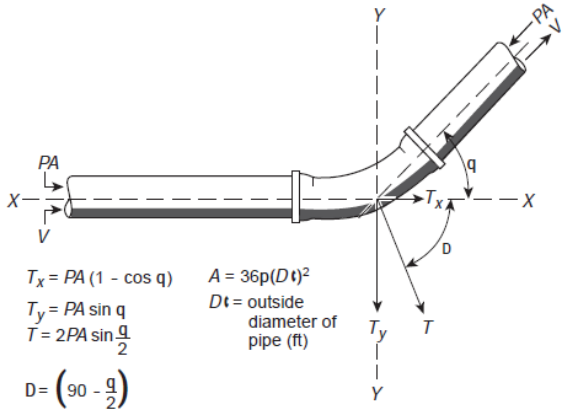
كتل الدفع تقسم بشكل عام إلى مجموعتين هما : bearing and gravity blocks



Bearing area shaded red



Sheer failure occurs along edge of shaded red area



$T_x = PA\,(1 - \cos q)$

$T_y = PA \sin q$

$T = 2PA \sin \frac{q}{2}$

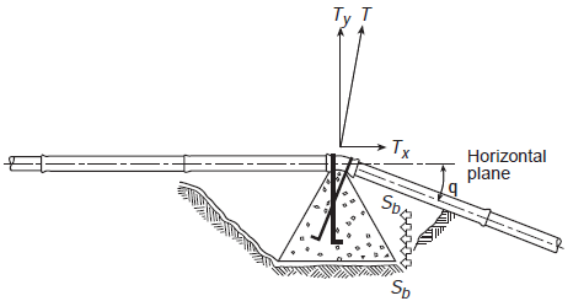
$D = \left(90 - \frac{q}{2}\right)$

$A = 36p(D\iota)^2$

$D\iota$ = outside diameter of pipe (ft)

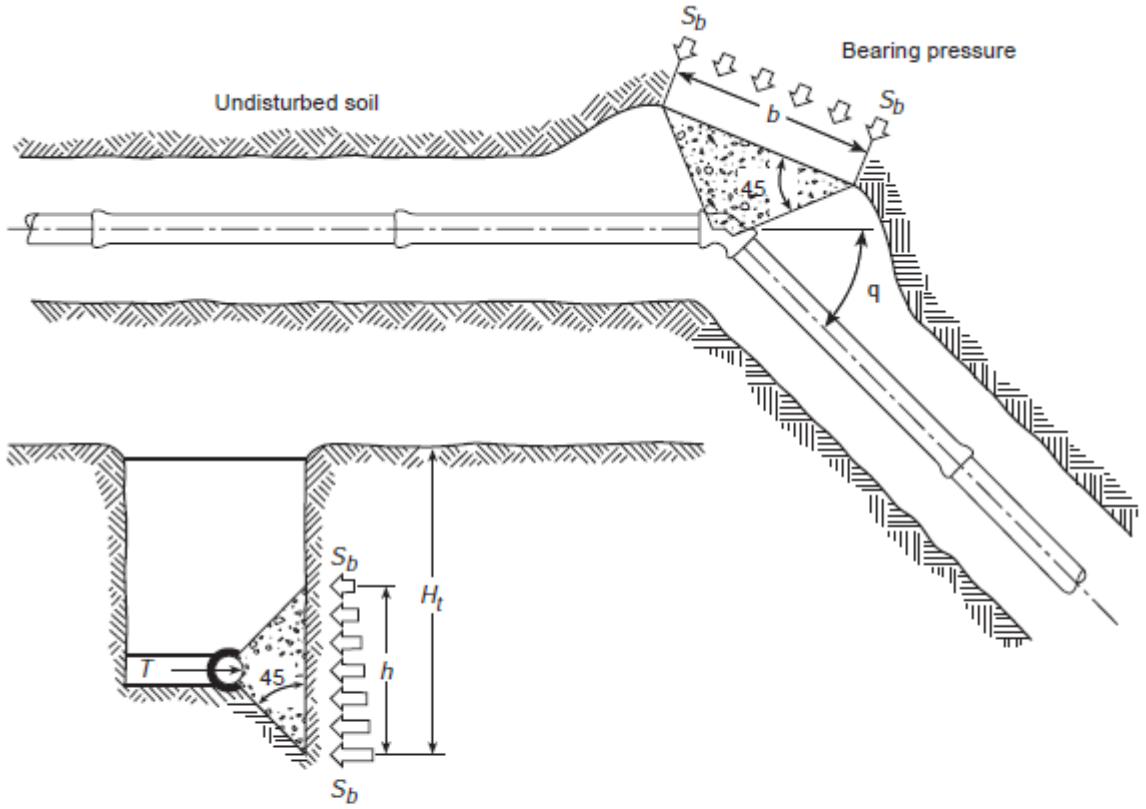
T = thrust force resulting from change in direction of flow (lbf)
T_x = component of thrust force acting parallel to original direction of flow (lbf)
T_y = component of thrust force acting perpendicular to original direction of flow (lbf)
P = water pressure (psi^2)
A = cross-sectional area of pipe based on outside diameter (in.^{2})
V = velocity in direction of flow

FIGURE A.10.8.2(a) Thrust Forces Acting on Bend.



T = thrust force resulting from change of direction of flow
T_x = horizontal component of thrust force
T_y = vertical component of thrust force
S_b = horizontal bearing strength of soil

FIGURE A.10.8.2(c) Gravity Thrust Block.



T = thrust force resulting from change in direction of flow
S_b = horizontal bearing strength of soil
h = block height
H_t = total depth to bottom of block

FIGURE A.10.8.2(b) Bearing Thrust Block.

العوامل الأساسية لتصميم كتل الدفع (bearing blocks):

1- يستحسن عند الإمكان أن سكون سطح الكتلة موضوع على ضد undisturbed soil.

2- وعند عدم الإمكان يجب أن يدك الفراغ بين الكتلة وundisturbed soil إلى 90 ٪ من الكثافة القياسية.

3- ارتفاع الكتلة يجب أن يكون مساو أو أقل من نصف العمق الكلي إلى قاع الكتلة, ولكن لا يقل عن قطر الأنبوب.

4- ارتفاع الكتلة يجب أن يحدد ليكون عرض الكتلة بمقدار مرة أو مرتين من الارتفاع.

5- كتل الدفع بالجاذبية (gravity thrust block) تستعمل لمقاومة الدفع في اتجاه الانحناء الرأسي, وفي هذه الكتل يكون وزن الكتلة هو القوة الموازنة لقوة الدفع thrust force, ومشكلة التصميم تكون في تحديد حجم الكتلة لكثافة معروفة.

ملاحظة: undisturbed soil: هي التربة التي لم تمسها يد البشر بالعبث, ومثالها عند حفر الخندق فإن جزء من التربة تتم إزالته وجزء يبقى على الجوانب ولكنه ضعيف ينهار بسهولة وجزء يبقى متماسك, هذا الجزء المتماسك هو undisturbed soil.

TABLE A.10.8.2(a) Thrust at Fittings at 100 psi (6.9 bar) Water Pressure for Ductile Iron and PVC Pipe

Nominal Pipe Diameter (in.)	Total Pounds					
	Dead End	90-Degree Bend	45-Degree Bend	22½-Degree Bend	11¼-Degree Bend	5⅛-Degree Bend
4	1,810	2,559	1,385	706	355	162
6	3,739	5,288	2,862	1,459	733	334
8	6,433	9,097	4,923	2,510	1,261	575
10	9,677	13,685	7,406	3,776	1,897	865
12	13,685	19,353	10,474	5,340	2,683	1,224
14	18,385	26,001	14,072	7,174	3,604	1,644
16	23,779	33,628	18,199	9,278	4,661	2,126
18	29,865	42,235	22,858	11,653	5,855	2,670
20	36,644	51,822	28,046	14,298	7,183	3,277
24	52,279	73,934	40,013	20,398	10,249	4,675
30	80,425	113,738	61,554	31,380	15,766	7,191
36	115,209	162,931	88,177	44,952	22,585	10,302
42	155,528	219,950	119,036	60,684	30,489	13,907
48	202,683	286,637	155,127	79,083	39,733	18,124

Notes:

(1) For SI units, 1 lb = 0.454 kg; 1 in. = 25.4 mm.

(2) To determine thrust at pressure other than 100 psi (6.9 bar), multiply the thrust obtained in the table by the ratio of the pressure to 100 psi (6.9 bar). For example, the thrust on a 12 in. (305 mm), 90-degree bend at 125 psi (8.6 bar) is 19,353 × 125/100 = 24,191 lb (10,973 kg).

TABLE A.10.8.2(b) Required Horizontal Bearing Block Area

Nominal Pipe Diameter (in.)	Bearing Block Area (ft^2)	Nominal Pipe Diameter (in.)	Bearing Block Area (ft^2)	Nominal Pipe Diameter (in.)	Bearing Block Area (ft^2)
3	2.6	12	29.0	24	110.9
4	3.8	14	39.0	30	170.6
6	7.9	16	50.4	36	244.4
8	13.6	18	63.3	42	329.9
10	20.5	20	77.7	48	430.0

ملاحظات على الجدول A.10.8.2(b):

1- الأرقام الموجودة في الجدول على الرغم من دقتها غلا أنها تعتمد بصورة أساسية على نوع التربة وقوتها, فالمسؤولية الكاملة تقع على تحقيق قيمة قوة تحمل صحيحة متوافقة مع نوع التربة, وذلك حسب رؤية المهندس المصمم.

2- القيم الموجودة في الجدول تعتمد على كوع 90, وضغط داخلي 100 PSI, وقوة تحمل أفقية للتربة 1000 lb/ft2, ومعامل أمان 1.5, والقطر الخارجي لمواسير ductile iron.

- معامل تصحيح الانحاء تكون على النحو التالي: For 45 degrees, 0.541; for 22½ degrees, 0.276; for 11¼ degrees, 0.139.
- لتصحيح الضغط: يتم تقسيم قيمة الضغط المعطى على 100.
- لتصحيح قيمة قوة التحمل الأفقية: يتم تقسيم القيمة المعطاة على 1000.
- ولمعامل أمان آخر: يتم تقسيم قيمة معامل الأمان المعطاة على 1.5.

مثال على الجدول A.10.8.2(b):

Example: Using Table A.10.8.2(b), find the horizontal bearing block area for a 6 in. diameter, 45–degree bend with an internal pressure of 150 psi. The soil bearing strength is 3000 lb/ft2, and the safety factor is 1.5.

From Table A.10.8.2(b), the required bearing block area for a 6 in. diameter, 90-degree bend with an internal pressure of 100 psi and a soil horizontal bearing strength of 1000 psi is 7.9 ft2.

$$\text{Area} = \frac{7.9\ \text{ft}^2\,(0.541)\left(\frac{150}{100}\right)}{\left(\frac{3000}{1000}\right)} = 2.1\ \text{ft}^2$$

TABLE A.10.8.2(c) Horizontal Bearing Strengths

	Bearing Strength (S_b)	
Soil	*lb/ft²*	*kN/m²*
Muck	0	0
Soft clay	1000	47.9
Silt	1500	71.8
Sandy silt	3000	143.6
Sand	4000	191.5
Sand clay	6000	287.3
Hard clay	9000	430.9

Note: Although the bearing strength values in this table have been used successfully in the design of thrust blocks and are considered to be conservative, their accuracy is totally dependent on accurate soil identification and evaluation. The ultimate responsibility for selecting the proper bearing strength of a particular soil type must rest with the design engineer.

The required block area (Ab) is as follows:

$$A_b = (h)(b) = \frac{T(S_f)}{S_b}$$

where:

A_b = required block area (ft^2)
h = block height (ft)
b = calculated block width (ft)
T = thrust force (lbf)
S_f = safety factor (usually 1.5)
S_b = bearing strength (lb/ft^2)

Then, for a horizontal bend, the following formula is used:

$$b = \frac{2(S_f)(P)(A)\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{(h)(S_b)}$$

where:

b = calculated block width (ft)
S_f = safety factor (usually 1.5 for thrust block design)
P = water pressure ($lb/in.^2$)
A = cross-sectional area of pipe based on outside diameter
h = block height (ft)
S_b = horizontal bearing strength of soil (lb/ft^2)($in.^2$)

It can be easily shown that $T_y = PA \sin \theta$. The required volume of the block is as follows:

$$V_g = \frac{S_f PA \sin \theta}{W_m}$$

where:

V_g = block volume (ft^3)
S_f = safety factor
P = water pressure (psi)
A = cross-sectional area of pipe interior
W_m = density of block material (lb/ft^3)

In a case such as the one shown, the horizontal component of thrust force is calculated as follows:

$$T_X = PA(1 - \cos\theta)$$

where:

T_x = horizontal component of thrust force

P = water pressure (psi)

A = cross-sectional area of pipe interior

The horizontal component of thrust force must be resisted by the bearing of the right side of the block against the soil. Analysis of this aspect follows the same principles as the previous section on bearing blocks.

يتم الحصول على Tx و Ty من الأشكال السابقة FIGURE A.10.8.2(a) والتي هي عبارة عن إسقاطات لقوة الدفع على المحاور x,y.

الصورة التالية توضح مثالا لكيفية حساب كتل الدفع..

Design parameters: 12 in. ductile iron pipe (A) = 136.8 in.²
45-degree bend (θ)
85 psi water pressure at bend (P)
Soil type = sandy silt
Safety factor (S_f) = 1.5
Block height (h) = 1.5 ft

The cross-sectional area of the pipe is determined by the following formula:

$$A = 36\pi(D')^2$$

where:

D' = outside diameter of the pipe (ft)

Therefore:

$$A = 36\pi(1.1)^2$$

$$A = 136.8 \text{ in.}^2$$

Using the formula in A.10.8.2(5):

$$b = \frac{2(1.5)(85)(136.8)\sin(45/2)}{(1.5)(3000)}$$

$$b = \frac{13325.688}{4500}$$

$$b = 2.96 \text{ ft}$$

Note that the result of 2.96 ft is consistent with A.10.8.2(4) in that the block base (b = 2.96 ft) is between one to two times the height (h = 1.5 ft). This method is the correct method for selecting the size and shape of a thrust block.

ملاحظات على كتل الدفع:

1- تعتبر كتل الدفع مرضية وكافية عندما تكون التربة مناسبة لاستعمالهم.

2- الخلطة المستخدمة في الكتل الدفع تكون على الشكل التالي: مقدار من الإسمنت, مقدار ونصف من الرمل, وخمس مقادير من الماء.

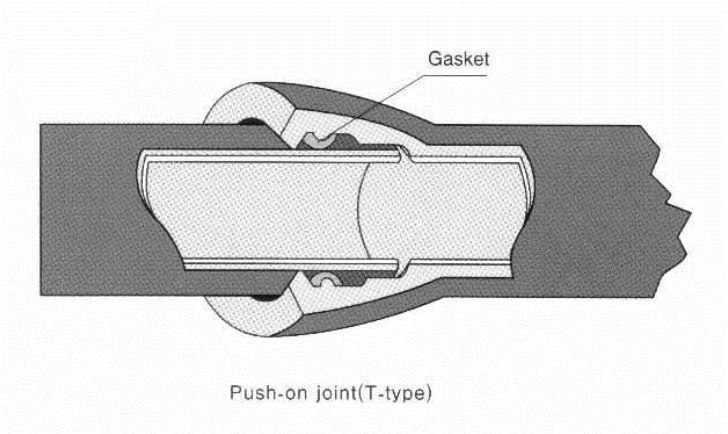
3- كتل الدفع يجب أن تكون محصورة بين الوصلات و undisturbed soil لكي تكون مقيدة, ويجب أن تكون قادرة على تحمل قوى الدفع المحسوبة.

4- على قدر الإمكان, كتل الدفع يجب أن توضع بشكل يسهل الكشف على الوصلات لأغراض الصيانة.

ثانيا : أنظمة تقييد الوصلات (Restrained Joint Systems):

خط الماء الرئيسي والذي يستخدم أنظمة تقييد الوصلان يجب أن يحتوي واحد أو أكثر مما يلي:

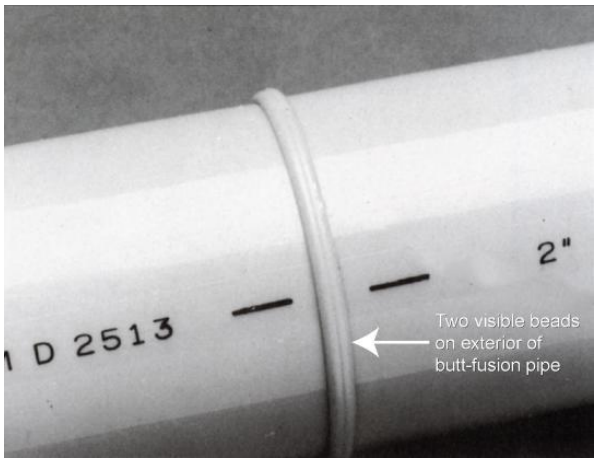
1- Locking mechanical or push-on joints:



2- Mechanical joints utilizing setscrew retainer glands:

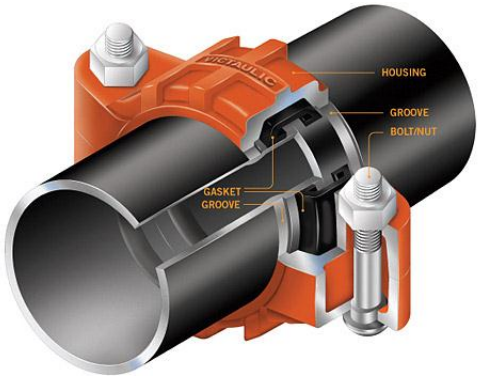
3- Bolted flange joints:

4- Heat-fused or welded joints:



5- Pipe clamps and tie rods:

6- Threaded or grooved joints:



7- Other approved methods or devices:

إن الهدف في تصميم نظام إعاقة الدفع وتقييد الوصلات هو تحديد طول الأنبوب الذي يجب أن يقيد على كلا جانبي مركز قوة الدفع، وهذه ستحدد بقطر الأنبوب والضغط الداخلي و عمق الأنبوب. وطبيعة التربة المحيطة بالأنبوب.

ثالثا : تحديد أحجام أدوات التقييد والربط:

- قياس المشابك clamps: المشابك يجب أن تكون بالقياسات التالية:

(1) ½ in. _ 2 in. (12.7 mm _ 50.8 mm) for 4 in. (102 mm) to 6 in. (152 mm) pipe
(2) 5⁄8 in. _ 2½ in. (15.9 mm _ 63.5 mm) for 8 in. (204 mm) to 10 in. (2 54 mm) pipe
(3) 5⁄8 in. _ 3 in. (15.9 mm _ 76.2 mm) for 12 in. (305 mm) pipe

ويكون قطر ثقب البرغي أكبر بمقدار 1.6 مم من قطر البرغي المطابق.

- قياس قضبان التعليق rods:
  - قطر القضيب لا يقل عن 16 مم.
  - الجزء المسنن من القضيب يجب أن لا يتعرض للضرر أو الحني.
  - عند استعمال مجموعة من القضبان فإن التباعد بينها سيكون متماثلا.
  - عند استعمال قضبان تثبيت (bolting rods), فإن قطر برغي الوصلة الميكانيكية سيحدد قطر القضيب إلى 19 مم.

TABLE 10.8.3.1.2.2 Rod Number — Diameter Combinations

Nominal Pipe Size (in.)	*5⁄8 in. (15.9 mm)*	*¾ in. (19.1 mm)*	*7⁄8 in. (22.2 mm)*	*1 in. (25.4 mm)*
4	2	—	—	—
6	2	—	—	—
8	3	2	—	—
10	4	3	2	—
12	6	4	3	2
14	8	5	4	3
16	10	7	5	4

Note: This table has been derived using pressure of 225 psi (15.5 bar) and design stress of 25,000 psi (172.4 MPa).

- قياس براغي المشابك clamp bolts: يجب أن تكون وفقا للمقاسات التالية:

(1) 5⁄8 in. (15.9 mm) for pipe 4 in. (102 mm), 6 in. (152 mm), and 8 in. (204 mm)
(2) ¾ in. (19.1 mm) for 10 in. (254 mm) pipe
(3) 7⁄8 in . (22.2 mm) for 12 in. (305 mm) pipe

- قياس washers: يسمح بأن تكون من الحديد الزهر أو الفولاذ, حلقية أو مربعة الشكل, ويكون قطر الثقب فيها أكبر بمقدار 3.2 مم من قطر القضيب أو البرغي.
  - قياس الرنديلة من الفولاذ:

(1) ½ in. _ 3 in. (12.7 mm _ 76.2 mm) for 4 in. (102 mm), 6 in. (152 mm), 8 in. (204 mm), and 10 in. (254 mm) pipe
(2) ½ in. _ 3½ in. (12.7 mm _ 88.9 mm) for 12 in. (305 mm) pipe

– قياس الرنديلة من الحديد الزهر:

(1) ⅝ in. _ 3 in. (15.9 mm _ 76.2 mm) for 4 in. (102 mm), 6 in. (152 mm), 8 in. (204 mm), and 10 in. (254 mm) pipe
(2) ¾ in. _ 3½ in. (19.1 mm _ 88.9 mm) for 12 in. (305 mm) pipe

- قياس أشرطة تقييد التيهات Restraint Straps for Tee : يجب أن تكون وفقا للمقاسات التالية, مع الأخذ بالاعتبار أن يكون قطر ثقب قضيب التثبيت أكبر بمقدار 1.6 مم من قطر القضيب.

(1) ⅝ in. (15.9 mm) thick and 2½ in. (63.5 mm) wide for 4 in. (102 mm), 6 in. (152 mm), 8 in. (204 mm), and 10 in. (254 mm) pipe
(2) ⅝ in. (15.9 mm) thick and 3 in. (76.2 mm) wide for 12 in. (305 mm) pipe

يتم اعتماد الجدول والشكل القادم للتصميم والاختيار....

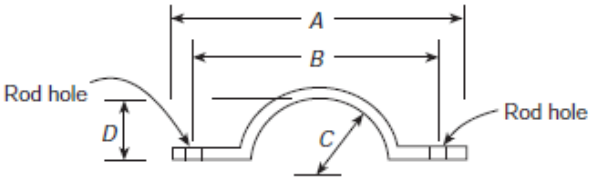


FIGURE 10.8.3.2.3 Restraint Strap for Tees

TABLE 10.8.3.2.3 Restraint Straps for Tees

Nominal Pipe Size (in.)	A		B		C		D	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
4	12½	318	10⅛	257	2½	64	1¾	44
6	14½	368	12⅛	308	3⁹⁄₁₆	90	2¹³⁄₁₆	71
8	16¾	425	14⅜	365	4²¹⁄₃₂	118	3²⁹⁄₃₂	99
10	19¹⁄₁₆	484	16¹¹⁄₁₆	424	5¾	146	5	127
12	22⁵⁄₁₆	567	19³⁄₁₆	487	6¾	171	5⅞	149

- قياس شريط طبة نهاية المواسير Plug Strap for Bell End of Pipe:

يجب أن تكون بسماكة ¾ in. وبعرض 2 ½ in. وباقي الأبعاد A و B حسب أشرطة تقييد التيهات.

يجب أن تكون مواد جميع أدوات التقييد والتثبيت السابقة الذكر لها خصائص فيزيائية وكيميائية قادرة على تحمل الإجهادات.

وبعد الانتهاء من أعمال التركيب يجب تنظيف جميع أدوات التثبيت السابقة وطلاؤها بالبيتومين أو أي مواد أخرى مقاومة للتآكل.

الفصل التاسع : الردم

يجب أن يتم الردم على طبقات ويجب أن تحشى جوانب المواسير لمنع الانزلاق والحركة الجانبية.

يجب أن تكون مواد الردم خالية من الرماد أو النفايات أو القمامة أو المواد العضوية أو أي مواد تسبب تآكلا للمواسير, ويمنع تواجد الصخور في خندق المواسير, وكذلك الصخور المتجمدة (في مناطق الصقيع).

الردم الخاطئ أحد أهم الأسباب الرئيسية لحدوث مشاكل للمواسير المدفونة, فالردم الصحيح يمنع تشكل الفراغات التي تسبب إجهادا على المواسير والوصلات.

فالمواسير المدفونة يجب أن تقع بكامل طولها على قاعدة قوية من الأرض, وخصوصا عند الوصلات.

يتم وضع الرمل أو التربة النظيفة حول وفوق المواسير بمقدار 1 قدم (0.3 م) , وبعدها يستمر الردم بالتربة الناتجة عن الحفر ويتم دكها بشكل جيد.

يمكن خلط التربة بالماء ووضعها حول المواسير لتعطي قوة أكثر في الترابط.

وملاحظة أخيرة وهي إذا كان خندق المواسير موجودا في منطقة صخرية فإنه يجب وضع طبقة من الرمل أو التربة النظيفة تحت وحول المواسير بمقدار 150 مم, وفوق المواسير مقدار 0.6 م.

متطلبات القبول :

غسيل المواسير : المواسير الرئيسية المدفونة والممتدة حتى الاتصال مع صاعد النظام يجب أن تغسل بشكل جيد, ويتم تصريف الماء عبر حنفيات موجودة في نهاية الخط أو عبر مخرج معتمد فوق الأرض يسمح بخروج الماء كاملا, وبمدة كافية لضمان النظافة.

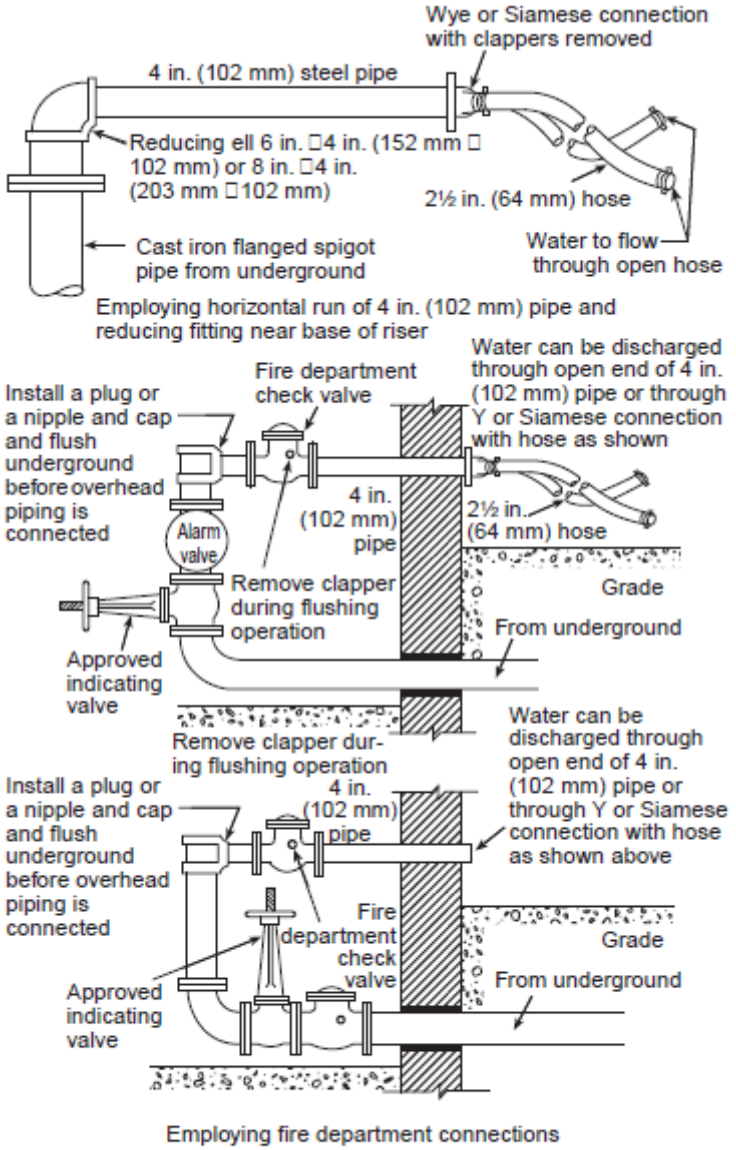


FIGURE A.10.10.2.1 Methods of Flushing Water Supply Connections.

إذا تم تزويد الماء من أكثر من مصدر فيجب إغلاق محابس التقسيم وذلك لإنتاج سرعة تدفق عالية, السرعة الموصي بها في غسيل المواسير هي 3.1 م/ثا والتي تسمح بتنظيف المواسير وإخراج كافة الأجسام الغريبة إلى خارج المواسير المدفونة, ويتم الحصول على هذه السرعة من خلال التقيد بالتدفقات الموجودة في الجدول 10.10.2.1.3.

التدفق الأدنى المطلوب لغسيل المواسير يجب أن يكون وفقا لواحد مما يلي:

كمية الماء المحسوبة هيدروليكيا للنظام والمتضمنة أي متطلبات لاتصال خراطيم.

حسب الجدول 10.10.2.1.3.

قيمة التدفق العظمى الموجودة في النظام تحت ظروف الحريق.

TABLE 10.10.2.1.3 Flow Required to Produce Velocity of 10 ft/sec (3 m/sec) in Pipes

Nominal Pipe Size		Flow Rate	
in.	mm	gpm	L/min
2	51	100	379
2½	63	150	568
3	76	220	833
4	102	390	1,476
5	127	610	2,309
6	152	880	3,331
8	204	1,560	5,905
10	254	2,440	9,235
12	305	3,520	13,323

الاختبار الهيدروستاتيكي: يتم اختبار كل المواسير الخاضعة لضغط النظام لضغط اختبار 13.8 بار أو بزيادة 3.5 بار على ضغط التشغيل, أيهما أكبر, ويجب أن لا تتغير قيمة ضغط الاختبار عن ± 5 ٪ من قيمة الضغط في مدة زمنية تقدر بساعتين.

يجب إجراء الاختبار قبل الردم على وصلات المواسير ويكون الردم في مكان خال من الوصلات لتأمين ترابط وتقييد للمواسير أثناء الاختبار, وفي حال وجود خطر لإبقاء الخندق مفتوحا يتم الردم, بشرط تحمل المقاول لكامل المسؤولية عن التسرب ومكانه.

ويجب التنبيه إلى ضرورة إخراج كل الهواء من المواسير أثناء الاختبار, لأن وجود الهواء يؤدي إلى تقلبات في ضغط الاختبار, عندما يحدث تقلبات في ضغط الاختبار عن القيم المذكورة يجب إعادة الاختبار من جديد.

ويجب تركيب مقياس ضغط لقراءة ضغط الاختبار ويتم وضعه إما في أخفض نقطة من النظام في حال عدم وجود حنفية حريق hydrant أو عند مخرج حنفية الحريق في حال وجودها.

الخطوات الموصى بها لإجراء الاختبار تكون على الشكل التالي:

تتم زيادة الضغط بدرجات قيمة كل منها 3.5 بار حتى الحصول على القيمة المطلوبة في الاختبار.

بعد كل زيادة تتم مراقبة الوصلات واستقرارها ومراقبة وجود تسريب أو غيرها من الأمور التي تؤثر على أداء المواسير.

لن تتم زيادة الضغط إلى الدرجة التالية إلا بعد التأكد من استقرار كامل التوصيلات, وذلك خصوصا لمراقبة تحرك الحشوات.

بعد الوصول إلى الضغط المطلوب وإبقاءه لمدة ساعة, يتم إنقاص الضغط إلى 0 بار, مع مراقبة وجود تسريبات.

يتم رفع الضغط بعد ذلك ببطء حتى الوصول إلى ضغط الاختبار المطلوب ويبقى لمدة ساعة أخرى, مع مراقبة وجود تسريبات.

قد يحتاج في بعض الأحيان إلى زيادة كمية من الماء لإبقاء ضغط الاختبار ضمن القيم الموصى بها, ولكن يجب أن لا تتجاوز هذه الزيادة عن القيم الموجودة في الجدول التالي:

TABLE 10.10.2.2.6 Hydrostatic Testing Allowance at 200 psi (gph/100 ft of Pipe)

Nominal Pipe Diameter (in.)	*Testing Allowance*
2	0.019
4	0.038
6	0.057
8	0.076
10	0.096
12	0.115
14	0.134
16	0.153
18	0.172
20	0.191
24	0.229

Notes:

(1) For other length, diameters, and pressures, utilize Equation 10.10.2.2.6(a) or 10.10.2.2.6(b) to determine the appropriate testing allowance.

(2) For test sections that contain various sizes and sections of pipe, the testing allowance is the sum of the testing allowances for each size and section.

اختبار التشغيل:

- يتم فتح وإغلاق حنفية الحريق تحت ضغط النظام للتأكد من العمل الصحيح لها.
- حنفية الحريق من نوع dry barrel يجب أن تفحص من اجل تصريف صحيح.
- يجب فتح وإغلاق محابس التحكم بشكل كامل تحت ضغط النظام للتأكد من عملها بصورة صحيحة.
- في حال تركيب مضخات حريق فإنه يتم إجراء الاختبار بواسطتها.
- في حال وجود مجموعة مانع تدفق عكسي فإنه يتم اختبارها بتدفق يعادل التدفق المطلوب لتشغيل النظام.

هذا ما تيسر إيراده

فهرس الموضوعات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
1	المقدمة	2
2	الفصل الأول : المواد المستخدمة	3
3	الفصل الثاني : الوصلات الخاصة (FITTINGS)	5
4	الفصل الثالث : توصيل وكام المواسير والوصلات	7
5	الفصل الرابع : عمق التركيب	10
6	الفصل الخامس : الحماية من الصقيع	11
7	الفصل السادس : الحماية من الأضرار	12
8	الفصل السابع : متطلبات تمديد المواسير	15
9	الفصل الثامن : تقييد الوصلات	16
10	الفصل التاسع : الردم	27
11	الفصل العاشر : الاختبار والقَبول	28