جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصري
لأسس التصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمة
في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي
كود رقم (١٠٢) / ١

مايو ٢٠١٠

مقـــــدمة

صدر القرار الوزاري رقم ١١٦ لسنة ٢٠٠٣ بتشكيل اللجنـــة الدائمـــة لتحـــديث الكـــود المصري لأسس التصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمة في شبكات مياه الـــشرب والصرف الصحي حيث كان من المهم إصدار هذا الكود لما له مـــن أهميـــة قـــصوى لوضـــع الاشتراطات الفنية لأسس التصميم وشروط التنفيذ.

بناءً عليه فقد صدر القرار رقم ٢١ لسنة ٢٠٠٤ بتشكيل اللجان الفرعية وهى كالتالي:

١ - اللجنة الفرعية التخصصية لأعمال تصميم شبكات مياه الشرب والصرف الصحي.
٢ - اللجنة الفرعية التخصصية للإشراف على التنفيذ لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي.
٣ - اللجنة الفرعية التخصصية للدراسات الخاصة بميكانيكا التربة وهندسة الأساسات.
٤ - اللجنة الفرعية التخصصية لاختبارات المواد وضبط الجودة.

هذا وقد اشتمل هذا الكود على ثلاثة أبواب على النحو التالي:

الباب الأول :أسس تصميم شبكات مياه الشرب والصرف الصحي

ويختص هذا الباب بالآتي:

الفصل الأول : تقدير احتياجات المياه والصرف الصحي.
الفصل الثاني :التصميم الهيدروليكي لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي.
الفصل الثالث : تخطيط شبكات مياه الشرب والصرف الصحي.
الفصل الرابع : مكونات شبكات المياه والصرف الصحي
الفصل الخامس : الأساسات للمواسير
الفصل السادس : نظم الحماية من المطرقة المائية.
الفصل السابع : الحماية الكاثودية للمواسير.
الفصل الثامن : التحليل الاقتصادي.

الباب الثاني : شبكات مياه الشرب والصرف الصحي

ويختص هذا الباب بالآتي:

الفصل الأول : مبادئ عامة قبل البدء في التنفيذ.

الفصل الثاني : أعمال الحفر والسند لجوانب الحفر وأعمال الردم.

الفصل الثالث : تنفيذ خطوط مواسير المياه وملحقاتها.

الفصل الرابع : تنفيذ خطوط مواسير الإنحدار وملحقاتها.

الفصل الخامس : التربة ذات المشاكل.

الفصل السادس : أعمال خفض المياه الأرضية.

الفصل السابع : استخدام الأنفاق في مشروعات المياه والصرف الصحي.

الفصل الثامن : العدايات.

الباب الثالث :اختبارات المواسير وضبط الجودة

ويختص هذا الباب بالآتي:

الفصل الأول : اختبارات واستلام المواسير وملحقاتها بعد تركيبها.

الفصل الثاني : الاختبارات المعملية التي تجري علي المواسير.

الفصل الثالث : ضبط وتأكيد الجودة لتنفيذ خطوط المواسير.

ويحدد هذا الكود بيان القواعد التطبيقية لأسس تصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمة في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي، كما يحدد الكود المتطلبات الدنيا التي يجب مراعاتها في تصميم وتنفيذ وتحقيق كفاءة مشروعات الصرف الصحي، على ألا يتعارض مع ما يضيفه المهندس الإستشارى من توصيات خاصة واشتراطات مناسبة للمشروع والتي تلائم طبيعة كل منها، ولا يعفى خضوع التصميم والتنفيذ لما ورد بهذا الكود من أية مسئوليات أو التزامات قانونية.

والله ولى التوفيق ،،،

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري
لأسس التصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير
المستخدمة في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي

الباب الأول : أسس تصميم شبكات المياه والصرف الصحي ١ - ١
الفصل الأول : تقدير احتياجات المياه والصرف الصحي ١ - ١
١ - ١مقدمة ١ - ١
١ - ٢الدراسات السكانية ١ - ١
١ - ٢ - ١مصادر الدراسات السكانية ١ - ١
١ - ٢ - ٢ الكثافات السكانية ١ - ٢
١ - ٢ - ٣ معدلات الزيادة السنوية ١ - ٢
١ - ٢ - ٤ منحنى نمو السكان الطبيعي ١ - ٣
١ - ٢ - ٤ - ١ مرحلة النشوء - الزيادة الهندسية ١ - ٤
١ - ٢ - ٤ - ٢ مرحلة النمو - الزيادة الحسابية ١ - ٤
١ - ٢ - ٤ - ٣ مرحلة التشبع - الزيادة التناقصية ١ - ٤
١ - ٢ - ٤ - ٤ ملاحظات على منحنى النمو الطبيعي للسكان ١ - ٥
١ - ٢ - ٥ الطرق البيانية ١ - ٥
١ - ٢ - ٥ - ١ طريقة الامتداد البيانية ١ - ٥
١ - ٢ - ٥ - ٢ طريقة المقارنة البيانية ١ - ٥
١ - ٢ - ٦ التغير الموسمي في تعداد السكان ١ - ٦
١ - ٣ استهلاك مياه الشرب ١ - ٦
١ - ٣ - ١ استخدامات المياه ١ - ٦
١ - ٣ - ٢ معدل استهلاك المياه المتوسط ١ - ٧
١ - ٣ - ٣ استهلاك المياه التصميمية ١ - ١٠
١ - ٣ - ٤ تصرفات الحريق ١ - ١٠
١ - ٣ - ٥ التصرفات التصميمية ١ - ١١
١ - ٤ تصرفات مياه الصرف الصحي ١ - ١٢
١ - ٤ - ١ التصرف المتوسط Qav (Average Flow) ١ - ١٢
١ - ٤ - ٢ التصرف الجاف (Dry Weather Flow) (DWF) ١ - ١٢
١ - ٤ - ٣ التصرف الممطر (Wet Weather Flow) (WWF) ١ - ١٣
١ - ٤ - ٤ كمية مياه الرشح (Infiltration) ١ - ١٤
١ - ٤ - ٥ كمية مياه الأمطار (Rain Fall) ١ - ١٤

١-٤-٦ التصرفات التصميمية لخطوط شبكة الصرف ١-١٦
الفصل الثانى : التصميم الهيدروليكي لشبكات المياه والصرف الصحي ١-١٧
٢-١ المبادئ الهيدروليكية الأساسية ١-١٧
٢-١-١ السريان الثابت ١-١٧
٢-١-٢ السريان المنتظم ١-١٧
٢-١-٣ معادلة الاستمرارية ١-١٧
٢-١-٤ مبدأ حفظ الطاقة ١-١٨
٢-٢ فواقد الاحتكاك ١-١٩
٢-٢-١ معادلة هازن – ويليامز ١-١٩
٢-٢-٢ معادلة دارسي – وايزباخ ١-٢٠
٢-٢-٣ معادلة كولبروك – وايت ١-٢١
٢-٢-٤ معادلة مانننج ١-٢٢
٢-٣ الفواقد الثانوية ١-٢٣
٢-٤ أسس تصميم خطوط شبكة المياه ١-٢٤
٢-٥ أسس تصميم خطوط شبكة الصرف الصحي ١-٢٥
٢-٦ قوى الدفع ١-٢٦
٢-٦–١ قوة كمية الحركة ١-٢٦
٢-٦-٢ قوة الضغط الهيدرستاتيكى الداخلى ١-٢٦
٢-٦-٢-١ القوى فى المساليب ١-٢٧
٢-٦-٢-٢ القوى فى المشتركات ١-٢٨
٢-٦-٢-٣ القوى فى الكيعان ١-٢٨
٢-٦-٣ دراسة وتصميم بلوكات مقاومة قوى الدفع ١-٢٩
٢-٦-٣-١ حساب قوى الدفع ١-٣١
٢-٦-٣-٢ تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى ١-٣١
٢-٦-٣-٣ دراسة خواص التربة المحيطة ١-٣٢
٢-٦-٣-٤ دراسة إتزان القوى (Stability) ١-٣٢
٢-٦-٣-٤-١ دراسة الاتزان حول أبعد نقطة (a) ١-٣٢
٢-٦-٣-٤-٢ دراسة الانزلاق (Sliding) ١-٣٢

٢-٦-٣-٥ دراسة الإجهادات الداخلية للبلوك الخرسانى ١-٣٣
الفصل الثالث : تخطيط شبكات مياه الشرب والصرف الصحي ١-٣٥
٣-١ مقدمة ١-٣٥
٣-٢ البيانات اللازمة لتخطيط شبكات المياه والصرف الصحى ١-٣٥
٣-٣ تخطيط نظام التغذية بمياه الشرب ١-٣٥
٣-٤ تخطيط شبكات الصرف الصحي ١-٣٧
٣-٥ العوامل المؤثرة على تخطيط شبكات مياه الشرب والصرف الصحى ١-٣٩
٣-٥-١ عرض الشارع ١-٣٩
٣-٥-٢ طبوغرافية الأرض ١-٣٩
٣-٥-٣ العوائق ١-٣٩
٣-٥-٤ نوعية المنشآت ١-٣٩
٣-٥-٥ تقاطعات المرافق المختلفة ١-٣٩
٣-٥-٥-١ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي رئيسي ١-٣٩
٣-٥-٥-٢ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي فرعى بحيث كان خط المياه الرئيسي فوق خط الصرف الصحي الفرعي ١-٤٠
٣-٥-٥-٣ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي فرعى بحيث كان خط الصرف الصحي الفرعي فوق خط المياه الرئيسي ١-٤٠
٣-٥-٥-٤ أقل غطاء للمواسير ١-٤٠
الفصل الرابع : مكونات شبكات المياه والصرف الصحي ١-٤١
٤-١ مقدمة ١-٤١
٤-٢ المواسير ١-٤١
٤-٢-١ نوعية المواسير ١-٤٢
٤-٣ الملحقات ١-٤٣
٤-٣-١ محابس القفل ١-٤٣
٤-٣-٢ محابس الهواء ١-٤٥
٤-٣-٣ محابس الغسيل ١-٤٦

٤-٣-٤ محابس عدم الرجوع ١-٤٧
٤-٣-٥ محابس تخفيض الضغط ١-٤٩
٤-٣-٦ حنفيات الحريق ١-٤٩
٤-٣-٧ حنفيات الرى ١-٤٩
٤-٣-٨ وصلات الخدمة ١-٥٠
٤-٣-٩ عدادات القياس ١-٥٠
٤-٣-١٠غرف المحابس ١-٥٠
٤-٤ ملحقات أعمال الصرف الصحى ١-٥٣
٤-٤-١ غرف التفتيش ١-٥٣
٤-٤-١-١ غرف التفتيش المنفذة بالموقع: ١-٥٣
٤-٤-١-٢ غرف التفتيش سابقة التجهيز: ١-٥٣
٤-٤-٢ المطابق (Manholes) ١-٥٤
٤-٤-٣ نماذج المطابق (Manhole Types) ١-٥٥
٤-٤-٤ ملحقات المطابق ١-٦٥
٤-٤-٥ غرف التهدئة (Slowdown Chamber) ١-٦٦
٤-٤-٦ غرفة الزيوت والشحوم (Grease and Oil Traps) ١-٦٨
٤-٤-٧ بالوعات صرف مياه الأمطار (Catch Basin) ١-٦٨
٤-٤-٨ أحواض الدفق (Flushing Traps) ١-٦٨
٤-٥ الروافع ١-٧٠
٤-٦ الخزانات العلوية ١-٧٠
٤-٦-١ الغرض من الخزانات العلوية ١-٧٠
٤-٦-٢ أماكن الخزانات العلوية ١-٧٠
٤-٦-٣ حجم التخزين العلوي ١-٧٠
٤-٦-٤ أنواع التخزين العلوي ١-٧١
٤-٦-٤-١ خزانات التغذية ١-٧١
٤-٦-٤-٢ خزانات الموازنة ١-٧١
الفصل الخامس : الأساسات للمواسير **١-٧٢**
٥-١ مقدمة ١-٧٢

٥-٢ حالات تنفيذ الماسورة في الطبيعة: ١-٧٣
٥-٣ حساب الأحمال الخارجية على الماسورة المدفونة أسفل منسوب سطح التربة الطبيعي ومنسوب سطح الردم يساوى منسوب سطح الأرض الطبيعي ١-٧٥
٥-٣-١ الأحمال الناتجة من وزن التربة ١-٧٥
٥-٣-١-١ حالة الخندق ١-٧٥
٥-٤ حساب الأحمال الخارجية على الماسورة – سطح الردم أعلى من سطح الأرض الطبيعية ١-٧٧
٥-٤-١ الراسم العلوي للماسورة أعلى من منسوب سطح الأرض الطبيعية ١-٧٧
٥-٤-٢ الراسم العلوى للماسورة فى منسوب يساوى أو أقل من منسوب سطح الأرض الطبيعية ١-٨٠
٥-٥ حساب الأحمال فى حالة عمل أنفاق أو قمصان حول المواسير: ١-٨٣
٥-٦ حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية: ١-٨٤
٥-٦-١ الحمل المركز (Concentrated Load) ١-٨٤
٥-٦-٢ الأحمال الموزعة (Distributed Load) ١-٨٧
٥-٧ التأسيس للمواسير: ١-٨٨
٥-٧-١ التأسيس للمواسير الصلبة (Rigid Pipes Bedding) ١-٨٨
٥-٧-٢ التأسيس للمواسير المرنة (Flexible Pipes Bedding) ١-٨٨
الفصل السادس : نظم الحماية من المطرقة المائية **١-٩١**
٦-١ تعريف المطرقة المائية ١-٩١
٦-٢ الوصف المبسط للضغط الناتج من المطرقة المائية ١-٩٢
٦-٣ حالات حدوث المطرقة المائية ١-٩٣
٦-٣-١ عند غلق محبس موجود عند نهاية الماسورة ١-٩٣
٦-٣-٢ حالة توقف فجائي لطلمبة ١-٩٣
٦-٤ طرق حساب الضغط الموجب والسالب فى حالة حدوث المطرقة المائية ١-٩٤
الفصل السابع : الحماية الكاثودية للمواسير **١-٩٥**
٧-١ مقدمة ١-٩٥
٧-٢ الحماية الكاثودية للمواسير ١-٩٦
٧-٢-١ ظروف الاستخدام ١-٩٦

٧-٢-٢ نظرية عمل نظم الحماية الكاثودية ١-٩٧
٧-٢-٢-١ مقدمة ١-٩٧
٧-٢-٢-٢ الحماية الكاثودية باستخدام النودات المستنفذة ١-٩٨
٧-٢-٢-٣ نظام الحماية الكاثودية باستخدام التيار الكهربى القسرى ١-٩٨
الفصل الثامن : التحليل الاقتصادي **١-٩٩**
٨-١ مقدمة ١-٩٩
٨-٢ عناصر تكلفة المشروع ١-٩٩
٨-٢-١ تكلفة حيازة الأرض ١-٩٩
٨-٢-٢ تكلفة الإنشاء ١-٩٩
٨-٢-٣ تكلفة مرحلة ما قبل البدء ١-٩٩
٨-٢-٤ تكلفة التشغيل والصيانة ١-١٠٠
٨-٢-٥ إهلاك الأصول ١-١٠٠
٨-٣ التصميم الاقتصادي لشبكات المياه والصرف الصحي ١-١٠٠
٨-٣-١ اختيار مسار المواسير ١-١٠٠
٨-٣-٢ اختيار قطر المواسير ١-١٠٠
٨-٣-٣ اختيار عدد المواسير ١-١٠٠
٨-٣-٤ اختيار حجم التخزين وسعة الروافع ١-١٠١
٨-٣-٥ اختيار نظام الصرف الصحي ١-١٠١
٨-٣-٦ اختيار عدد محطات الرفع ١-١٠٢
٨-٣-٧ اختيار نوعية المواسير ١-١٠١
٨-٤ أسس التقييم الاقتصادي ١-١٠١
٨-٤-١ سنة الأساس ١-١٠١
٨-٤-٢ سنة الهدف ١-١٠٢
٨-٤-٣ عمر المشروع ١-١٠٢
٨-٤-٤ العملة ١-١٠٢
٨-٤-٥ الأسعار الثابتة ١-١٠٢
٨-٤-٦ معدل الخصم (r) ١-١٠٢
٨-٤-٧ معدل الفائدة (i) ١-١٠٢

٨-٤-٨ رأس المال الدائر ١-١٠٢
٨-٤-٩ القيمة الحالية (P) ١-١٠٣
٨-٤-١٠القيمة المستقبلية (F) ١-١٠٣
٨-٤-١١القسط السنوي (A) ١-١٠٣
٨-٤-١٢القيمة المرجعية للوحدة (URV) ١-١٠٣
٨-٥ أمثلة عملية ١-١٠٤
الباب الثاني : تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي **٢-١**
الفصل الأول : مبادئ عامة قبل البدء في التنفيذ ٢-١
١-١ التعرف على مواقع البنية الأساسية تحت سطح الأرض ٢-١
١-٢ دراسة الموقع والدراسة المعملية: ٢-٢
١-٣ الجسات ٢-٢
١-٤ استخراج العينات والاختبارات الحقلية ٢-٣
١-٥ الاختبارات المعملية ٢-٣
١-٦ توصيات تقرير التربة ٢-٣
١-٧ توصيات تقرير سند جوانب الحفر والنزح الجوفي ٢-٤
١-٨ أعمال تمهيدية سابقة للتنفيذ ٢-٤
الفصل الثاني : أعمال الحفر والسند لجوانب الحفر وأعمال الردم ٢-٥
٢-١ أعمال الحفر ٢-٥
٢-١-١ أعمال الحفر والأعمال الميدانية: ٢-٥
٢-٢ أنواع الحفر ٢-٥
٢-٢-١ حفر بدون مياه رشح: ٢-٦
٢-٢-٢ الحفر بدون مياه رشح مع سند الجوانب بالشدة: ٢-٦
٢-٢-٣ الحفر بدون مياه رشح وبدون سند الجوانب: ٢-٧
٢-٢-٤ الحفر في وجود مياه رشح مع النزح: ٢-٧
٢-٣ الشروط الواجب توافرها فى الشدة: ٢-٧
٢-٤ مراقبة المنشآت القريبة من الحفر ٢-٨
٢-٥ دمك وتثبيت قاع الحفر ٢-٨
٢-٦ أعمال الردم أعلى المواسير ٢-١١

٢-٦-١ الردم الجزئي ٢-١١
٢-٦-٢ الردم الكلى ٢-١١
٢-٦-٣ تسوية سطح الخندق ٢-١١
٢-٦-٤ احتياطات تنفيذ أعمال الردم ٢-١١
الفصل الثالث : تنفيذ خطوط مواسير المياه وملحقاتها ٢-١٣
٣-١ النقل والتخزين ٢-١٣
٣-٢ مسار الخطوط ٢-١٣
٣-٣ إعداد الموقع ٢-١٤
٣-٤ التخطيط والتدريج : ٢-١٤
٣-٥ تثبيت قاع الخندق : ٢-١٤
٣-٦ عرض الخندق ٢-١٥
٣-٧ نزح المياه ٢-١٥
٣-٨ تركيب المواسير ٢-١٦
٣-٨-١ الكشف الظاهري للمواسير ٢-١٦
٣-٨-٢ تنزيل المواسير ٢-١٦
٣-٩ توصيل المواسير ببعضها ٢-١٦
٣-١٠الدعامات : ٢-١٦
٣-١١غرف المحابس : ٢-١٧
الفصل الرابع : تنفيذ خطوط مواسير الانحدار وملحقاتها ٢-١٨
٤-١ أنواع مواسير الانحدار ٢-١٨
٤-٢ تنفيذ خطوط مواسير الانحدار ٢-١٨
٤-٣ استخدام جهاز الليزر في تركيب خطوط مواسير الانحدار ٢-٢٠
٤-٤ إنشاء المطابق ٢-٢٠
٤-٤-١ جسم المطبق ٢-٢٠
٤-٤-٢ مجارى القاع للمطبق ٢-٢١
٤-٤-٣ أغطية المطابق ٢-٢١
٤-٤-٤ السلالم الزهر ٢-٢١
٤-٥ العزل الداخلي للمطابق ٢-٢٣

٤-٦ العزل الخارجي للمطبق ٢-٢٣
٤-٧ أنواع المطابق ٢-٢٣
٤-٧-١ مطابق مصبوبة في الموقع من الخرسانة العادية أو المسلحة ٢-٢٣
٤-٧-٢ المطابق الخرسانة المسلحة سابقة الصب (سابقة التجهيز بالمصانع) ٢-٢٤
الفصل الخامس : التربة ذات المشاكل ٢-٢٦
٥-١ مقدمة ٢-٢٦
٥-٢ الخواص السائدة للتربة ذات المشاكل ٢-٢٦
٥-٣ معالجة التربة عند منسوب الحفر: ٢-٢٦
الفصل السادس : أعمال خفض المياه الأرضية ٢-٢٩
٦-١ مقدمة ٢-٢٩
٦-٢ طرق النزح المختلفة ٢-٢٩
٦-٢-١ نزح يدوى ٢-٢٩
٦-١-٢ نزح ميكانيكى ٢-٢٩
٦-٣ أنواع النزح الميكانيكي ٢-٢٩
٦-١-٢-١ النزح الميكانيكي السطحي ٢-٢٩
٦-١-٢-٢ النزح الميكانيكي الجوفي ٢-٣٠
٦-٣-٢-١ نظام الحراب: أشكال (٦-١) ، (٦-٢) ، (٦-٣)، (٦-٤) ٢-٣٠
٦-٣-٢-٢ نظام الآبار العميقة: شكل (٦-٥) ، (٦-٦) ٢-٣٤
٦-٤ تجربة الضخ ٢-٣٩
٦-٤-١ خطوات الاختبار ٢-٣٩
٦-٤-٢ ملاحظات الموقع ٢-٣٩
٦-٤-٣ الأجهزة المستخدمة بالتجربة ٢-٤١
الفصل السابع : استخدام الأنفاق في مشروعات المياه والصرف الصحي ٢-٤٤
٧-١ مقدمة ٢-٤٤
٧-٢ أسباب اختيار طريقة التنفيذ بالأنفاق ٢-٤٥
٧-٣ أنواع المواسير المستخدمة فى الأنفاق ٢-٤٥
٧-٤ الطرق المختلفة لتنفيذ الأنفاق طبقا لنوع الماكينات ٢-٤٦

٧-٤-١ طريقة استخدام ماكينات الانفاق MICRO TUNNELING ٢-٤٧
٧-٤-١-١ أنظمة ماكينات الدفع النفقى PIPE JACKING ٢-٤٧
. SHIELDS
٧-٤-٢ طريقه نظام ماكينات الحفر النفقى بالحلقات الخرسانية ٢-٤٩
٧-٥ تنفيذ الأنفاق ٢-٥١
٧-٥-١ غرفه الدفع DRIVING PIT ٢-٥١
٧-٥-٢ غرفة الاستقبال RECEIVING PIT ٢-٥١
٧-٥-٣ تنفيذ النفق بين غرفة الدفع وغرفة الاستقبال ٢-٥٢
٧-٦ التصميم الهيدروليكى والانشائى للانفاق ٢-٥٣
٧-٧ الشروط الواجب توافرها عند تنفيذ الأنفاق بأنظمة الدفع أو الحفر النفقى ٢-٥٤
٧-٧-١ غرف الدفع والأستقبال المؤقتة ٢-٥٤
٧-٧-٢ مسار النفق ٢-٥٤
٧-٧-٣ نوعية المواسير المستخدمة ٢-٥٥
٧-٨ الحفر النفقي الموجه HDD (Horizontal Directional drilling) ٢-٥٦
٧-٨-١ طريقة الحفر ٢-٥٦
٧-٨-٢ استخدام الحفر النفقى الموجه (HDD) ٢-٥٨
٧-٨-٣ نوعيات التربه التى يمكن العمل بها ٢-٥٨
٧-٨-٤ انواع المواسير التى يمكن استخدامها ٢-٥٨
٧-٨-٥ الشروط الواجب توافرها لتنفيذ اعمال الحفر النفقى الموجه ٢-٥٩
الفصل الثامن : العدايات (CROSSING) ٢-٦٠
٨-١ مقدمة ٢-٦٠
٨-٢ أسباب اختيار طريقة التنفيذ بماكينات العدايات ٢-٦٠
٨-٣ أنواع العدايات ٢-٦٠
٨-٤ العدايات العلوية ٢-٦٠
٨-٤-١ عدايات المجارى المائية ٢-٦٠
٨-٤-١-١ عدايات المجارى المائية غير الملاحية ٢-٦٠
٨-٤-١-٢ عدايات المجارى المائية الملاحية ٢-٦١
٨-٥-٢ الطرق التى لا يسمح بقطعها لتركيب العداية ٢-٦٣

٨-٦ الأساليب وطرق التنفيذ المستخدمة لتنفيذ العدايات السفلية بالماكينات ٢-٦٤
٨-٧ عدايات السكك الحديدية ٢-٦٩
٨-٨ إرشادات تنفيذ عداية خطوط الانحدار أسفل السكك الحديدية ٢-٦٩
الباب الثالث : الاختبارات المعملية للمواسير وضبط الجودة ٣-١
الفصل الأول : اختبارات واستلام المواسير وملحقاتها بعد تركيبها ٣-١
١-١ التفتيش علي المواسير والمحابس والقطع الخاصة قبل التركيب ٣-١
١-٢ اختبار خطوط المواسير للمياه والصرف تحت ضغط ٣-٣
١-٣ غسيل وتعقيم خطوط مياه الشرب ٣-٤
١-٤ اختبار خطوط الانحدار للصرف الصحي ٣-٨
١-٥ الاشتراطات الفنية لاستلام المواسير والخنادق ٣-٨
١-٦ التعليمات الفنية عند إجراء الاختبارات الهيدروليكية ٣-٩
١-٧ تسهيلات العمل عند إجراء تجارب الاختبارات الهيدروليكية ٣-٩
١-٨ تجربة استلام المطابق ٣-٩
الفصل الثاني : الاختبارات المعملية التي تجرى علي المواسير ٣-١٠
٢-١ مقدمة ٣-١٠
٢-٢ تصنيف المواسير ٣-١٠
٢-٣ اختبارات التأكد من جودة مواد إنتاج المواسير ٣-١٣
٢-٣-١ المواسير الصلبة ٣-١٣
٢-٣-١-١ اختبار الأبعاد وحدود التفاوت ٣-١٣
٢-٣-١-٢ اختبار الانحناء ٣-١٣
٢-٣-١-٣ اختبار التفجير ٣-١٣
٢-٣-٢ المواسير المرنة وشبه الصلبة ٣-١٤
٢-٣-٢-١ اختبار الأبعاد وحدود التفاوت ٣-١٤
٢-٣-٢-٢ اختبارات تحليل المادة ومعرفة نسبة المكونات ٣-١٤
٢-٣-٢-٣ اختبارات الشد والضغط والانحناء ٣-١٥
٢-٣-٢-٤ اختبارات مقاومة الكيماويات ٣-١٥
٢-٤ اختبارات الأداء الهندسي ٣-١٥
٢-٤-١ اختبارات الضغط الهيدروستاتيكى ٣-١٥

٢-٤-٢ اختبارات التهشيم ٣-١٧
٢-٤-٣ اختبارات تعيين معايير المرونة ٣-١٩
٢-٤-٣-١ بالنسبة للمواسير الصلب والزهر المـــرن والبلاســـتيك والبولى ايثلين عالى الكثافة ٣-٢٠
٢-٤-٣-٢ بالنسبة للمواسير البولستر المسلح بألياف الزجاج GRP ٣-٢٠
الفصل الثالث : ضبط وتأكيد الجودة لتنفيذ خطوط المواسير ٣-٢٢
٣-١ اعتبارات عامة ٣-٢٢
٣-٢ تعريفات ٣-٢٢
٣-٢-١ ضبط الجودة ٣-٢٢
٣-٢-٢ تأكيد الجودة ٣-٢٢
٣-٢-٣ نظام تأكيد الجودة ٣-٢٣
٣-٢-٤ خطة تأكيد الجودة ٣-٢٣
٣-٢-٥ برنامج تأكيد الجودة ٣-٢٣
٣-٢-٦ ضبط الجودة داخلياً ٣-٢٣
٣-٢-٧ ضبط الجودة خارجياً ٣-٢٤
٣-٢-٨ دور الجودة خلال عمر المشروع ٣-٢٤
٣-٣ التفتيش الفني ٣-٢٤
٣-٣-١ عام ٣-٢٤
٣-٣-٢ القائم بالتفتيش ٣-٢٥
٣-٣-٣ مراحل التفتيش الفني ٣-٢٥
٣-٣-٣-١ التفتيش الابتدائي ٣-٢٥
٣-٣-٣-٢ التفتيش الخارجي ٣-٢٥
٣-٣-٣-٣ التفتيش الفني الدوري ٣-٢٥
٣-٤ متطلبات معمل الاختبارات ٣-٢٦
٣-٥ اعتماد المواد ٣-٢٦
٣-٥-١ اعتماد المصادر ٣-٢٦
٣-٥-٢ القبول على أساس شهادة المنتج ٣-٢٦
٣-٥-٣ رفض المواد ٣-٢٧

٣-٦ مراحل ضبط الجودة ٣-٢٧
٣-٦-١ مرحلة ما قبل تركيب خطوط المواسير وملحقاتها ٣-٢٧
٣-٦-٢ مرحلة التنفيذ وتركيب خطوط المواسير وملحقاتها ٣-٢٧
٣-٦-٢-١ دورية الاختبارات التي تجرى على المواد أثناء التنفيذ ٣-٢٨
٣-٦-٢-٢ الخرسانة ٣-٣١

الباب الأول
أسس تصميم شبكات المياه والصرف الصحي

الفصل الأول
تقدير احتياجات المياه والصرف الصحي

١ - ١ مقدمة

يعتمد تصميم مشروعات المياه والصرف الصحي على تقدير احتياجات المياه والصرف الصحي حاليا ومستقبلا مما يستوجب القيام بالدراسات الأولية التالية:

- الدراسات السكانية.
- تقدير معدلات الاستهلاك المختلفة للمياه والصرف الصحي.
- حساب التصرفات التصميمية.

وفيما يلي عرض الأسس التصميمية لهذه الدراسات.

١ - ٢ الدراسات السكانية

يجب تقدير عدد السكان الحالي وطوال عمر المشروع لمنطقة الدراسة بدقة كافية حتى لا تتسبب أي زيادة في التقدير في زيادة التكاليف وحتى لا يتسبب أي نقص في التقدير في قصور في الخدمات.

١ - ٢ - ١ مصادر الدراسات السكانية

يجب الاعتماد على المصادر التالية لتقدير تعداد السكان الحالي والمستقبلي:

- الإحصاءات الرسمية التي يصدرها مركز التعبئة والإحصاء كل عشر سنوات لتقدير تعداد السكان ومعدلات نمو السكان الحالية.
- الإحصاءات التي تصدرها المجالس المحلية بعد آخر إحصاء رسمي.
- أعداد المشتركين من بيانات الاستهلاك الفعلية لمرافق المياه والكهرباء والغاز والتي يمكن أن تعطى مؤشرا عن التعداد الفعلي ومعدلات النمو الفعلية.

- المخطط العمراني المقترح لمنطقة الدراسة والذي يجب أن يأخذ في الاعتبار خطة الدولة لتنمية منطقة الدراسة والاستثمارات المتاحة والمطلوبة لتحقيق هذه التنمية.
- عينات سكانية عشوائية تغطى نوعيات الإسكان المختلفة في منطقة الدراسة

١-٢-٢ الكثافات السكانية

يجب الرجوع إلى المخطط العمراني المستقبلي لتحديد الكثافات السكانية المستقبلية ومعدلات النمو المقترحة حتى الوصول إلى تعداد التشبع لمنطقة الدراسة. وفى حالة عدم وجود مخطط عمراني تستخدم الكثافات السكانية الموضحة بالجدول (١-١) لتقدير تعداد التشبع.

جدول (١-١) الكثافات السكانية لنوعية الإسكان المختلفة

نوعية الإسكان	الكثافة السكانية (فرد/هكتار)
فيلات درجة أولى	١٠ – ٣٠
فيلات درجة ثانية	٣٠ – ٦٠
فيلات درجة ثالثة	٦٠ - ١٠٠
عمارات سكنية صغيرة	١٠٠ – ٢٥٠
عمارات سكنية متوسطة	٢٥٠ – ٧٠٠
عمارات سكنية كبيرة	٧٠٠ – ١٢٠٠
مناطق تجارية	٥٠ – ٧٥
مناطق صناعية	٢٠ – ٣٠

١-٢-٣ معدلات الزيادة السنوية

تتوقف معدلات زيادة السكان على عوامل الجذب والطرد في منطقة الدراسة والتي تشمل مدى توافر فرص العمل ووسائل المعيشة والمرافق والقدرة الاستيعابية للمنطقة. ويتم تحديد معدلات الزيادة السنوية من الإحصاءات الرسمية علما بأنها تتراوح في محافظات الجمهورية ما بين ١ و٤% بمتوسط حوالي ٢,٥%. وعادة ما يكون معدلات الزيادة في الريف أكبر منها في

الحضر. ويمكن تطبيق المعادلة التالية لتقدير تعداد السكان المستقبلي بمعرفة معدل الزيادة السنوية (r).

$$P_n = P_o\,(1+r)^n$$

حيث :

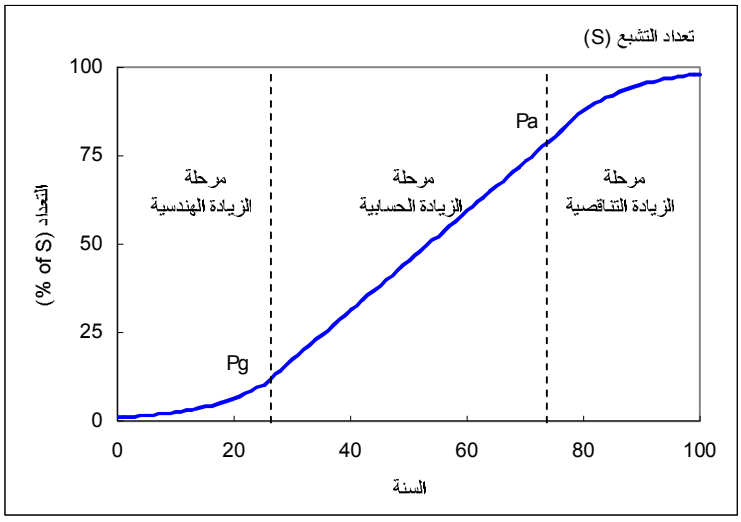
P_n, P_o : تعداد السكان الحالي أو آخر تعداد رسمي لمنطقة المشروع وعند سنة الهدف على التوالي

N : فرق السنوات بين التعدادين P_n, P_o (بالأعوام)

r : معدل الزيادة السنوية (%)

١ - ٢ - ٤ منحنى نمو السكان الطبيعي

بصفة عامة تمر أي مدينة عمرانية خلال نموها بفترات زيادة سكانية محددة تختلف في معدلات نموها وقدرتها الاستيعابية طبقا لمنحنى نمو السكان الطبيعي الموضح بالشكل (١-١)، ويتكون منحنى نمو السكان الطبيعي من ثلاثة مراحل رئيسية كما يلي:



شكل (١ - ١) منحنى النمو الطبيعي للسكان

١-٢-٤-١ مرحلة النشوء - الزيادة الهندسية

وفيها يزيد معدل الزيادة السنوي تدريجيا حتى يصل إلى أقصى معدل حيث يتناسب معدل الزيادة طرديا مع التعداد. وتمثل هذه المرحلة هندسيا بمنحنى ذو ميل متزايد وفقا للمعادلة التالية:

$$dP/dt = K_g P$$

or $$P_n = P_o \exp(K_g n)$$

١-٢-٤-٢ مرحلة النمو - الزيادة الحسابية

وفيها يكون معدل الزيادة السنوى ثابتا عند أقصى معدل. وتكون القدرة الإستيعابية للمدينة فى هذه المرحلة أكبر ما يمكن. وتمثل هذه المرحلة هندسيا بخط مستقيم وفقا للمعادلة التالية:

$$dP/dt = K_a$$

or $$P_n = P_o + K_a n$$

١-٢-٤-٣ مرحلة التشبع - الزيادة التناقصية

وفيها يقل معدل الزيادة السنوي تدريجيا حتى تصل المدينة إلى تعداد التشبع. وتمثل هذه المرحلة هندسيا بمنحنى ذو ميل متناقص وفقا للمعادلة التالية:

$$dP/dt = K_d (S-P)$$

or $$P_n = S - (S-P_o) \exp(-K_d n)$$

والرموز المستخدمة في المعادلات (2-1) ، (3-1) ، (4-1) ترمز للآتي:

P_n : التعداد الذي يخدمه المشروع في سنة الهدف

P_o : آخر تعداد لمنطقة المشروع

K_a : معدل الزيادة الحسابية

K_g : معدل الزيادة الهندسية

K_d : معدل الزيادة التناقصية

S : القيمة القصوى لعدد السكان المتوقع (حد التشبع)

١ - ٢ - ٤ - ٤ ملاحظات على منحنى النمو الطبيعي للسكان

- يجب عند استخدام طرق منحنى النمو السكاني تحديد المرحلة الزمنية التي تمر بها منطقة الدراسة وذلك من واقع البيانات السابقة للسكان وبمقارنة التعداد الحالي بتعداد التشبع. ثم يتم بعد ذلك تحديد الطريقة المثلى لتقدير التعداد المستقبلي. وقد يمتد عمر المشروع ليغطى أكثر من مرحلة.
- يلاحظ أنه لضمان استمرارية العلاقة الهندسية بين المراحل الثلاثة توجد العلاقة التالية بين ثوابت التناسب.

$$K_a = K_g \ P_g = K_d \ (S-P_a)$$

حيث :

P_a, P_g : هما تعدادا السكان في نهاية المرحلة الهندسية ونهاية المرحلة الحسابية على التوالي.

- ويلاحظ أنه كلتا المعادلتين تعبران عن نفس العلاقة الهندسية حيث يوجد علاقة بين ثابت التناسب (Kg) ومعدل الزيادة السنوية (r) يمكن تمثيلها كما يلي:

$$Kg = Ln\ (1 + r)$$

حيث :

Ln : اللوغاريتم الطبيعي للأساس ٢,٧

١ - ٢ - ٥ الطرق البيانية

١ - ٢ - ٥ - ١ طريقة الامتداد البيانية

يتم رسم منحنى النمو السكاني في الماضي ثم يتم عمل امتداد له لاستنتاج التعداد عند سنة الهدف بحيث يتبع الامتداد بقدر الإمكان معدلات النمو الحالية.

١ - ٢ - ٥ - ٢ طريقة المقارنة البيانية

يتم رسم منحنى النمو السكاني مشابها لمدينة أكبر في التعداد ذات نفس الأنشطة.

١-٢-٦ التغير الموسمي في تعداد السكان

يختلف تعداد السكان في بعض المناطق باختلاف الموسم خلال العام نتيجة الهجرة الموسمية أو تغير المناخ أو الحركة السياحية. فعلى سبيل المثال يزداد تعداد السكان في مدن الوجه القبلي السياحية شتاءا بينما يزداد تعداد السكان في مدن الساحل الشمالي صيفا. ويجب مراعاة التغير الموسمي في تعداد السكان عند تصميم أعمال المياه حتى يتم توفير احتياجات المياه المطلوبة طوال العام حتى سنة الهدف.

١-٣ استهلاك مياه الشرب

١-٣-١ استخدامات المياه

تختلف استخدامات المياه ونسبة كل استخدام إلى إجمالي الاستهلاك باختلاف طبيعة منطقة الدراسة، ويوضح الجدول (١-٢) النسب المتوسطة لاستخدامات المياه فى مدينة سكنية تقليدية علما بأن هذه القيم تختلف في المدن ذات الطابع الخاص مثل المدن الصناعية أو السياحية.

جدول (١-٢) استخدامات المياه

الاستخدام	أغراض الاستخدام	النسبة %
المنزلي	الشرب والغسيل والطبخ والاستحمام.	٤٠
صناعي	التبريد والنسيج والمواد الغذائية وخلافه.	١٥
تجارى	المطاعم والمحلات والفنادق والبنوك والمكاتب الإدارية.	١٥
حكومي	المصالح الحكومية والمدارس والمستشفيات ودور العبادة.	١٠
عام	غسيل الشوارع وري الحدائق والنافورات وإطفاء الحرائق.	١٠
فواقد	التسريب خلال الوصلات والمواسير المعيبة والخزانات.	١٠
الإجمـــــالـــــي		١٠٠

هذا وتشتمل المياه الغير محاسب عليها على الاستخدام العام وفواقد المياه ونسبة من الاستخدام الحكومي علما بأن نسبة فواقد المياه تزيد في حالة الشبكات القديمة.

١-٣-٢ معدل استهلاك المياه المتوسط

وهو متوسط استهلاك المياه للفرد خلال العام ويتم حسابه من قسمة جملة استهلاك المياه خلال العام على تعداد السكان على عدد أيام السنة. ويختلف متوسط الاستهلاك اليومي من مدينة لأخرى وفقا للعوامل التالية:

- درجة الحرارة.
- مستوى المعيشة.
- مستوى الخدمة.
- تعداد السكان.
- تعريفة المياه.
- ضغط المياه في الشبكة.
- وجود نظام للصرف الصحي.

ويجب الاسترشاد بالقيم الموضحة بالجدولين (١-٣) و(١-٤) لتقدير متوسط استهلاك المياه المنزلي والكلى (شاملا جميع استخدامات المياه السابق ذكرها) على التوالي وذلك للمناطق العمرانية ذات الطابع السكنى. أما في المناطق الصناعية أو الحكومية أو التجارية أو السياحية فيتم تطبيق معدلات استهلاك خاصة كما هو موضح بالجدول (١-٥).

جدول (١-٣) متوسط الاستهلاك المنزلي اليومي

وسيلة التغذية بالمياه	متوسط الاستهلاك اليومي (ل/فرد/يوم)
عربات مياه	٢٠
حنفيات عمومية	٣٠
حنفيات خاصة	٤٠
وصلات منزلية:	
مستوى معيشة منخفض	٥٠
مستوى معيشة متوسط	١٠٠
مستوى معيشة مرتفع	٢٠٠

يجب ألا تزيد المسافة بين المساكن والحنفيات العمومية عن ٥٠٠ م في الريف و٢٥٠ م في الحضر.

يجب ألا يزيد عدد مستخدمي الحنفية العمومية عن ٣٠٠ فرد في الريف و٢٥٠ فرد في الحضر.

جدول (١-٤)* متوسط الاستهلاك الكلى اليومي للمناطق العمرانية المختلفة

نوعية منطقة الدراسة	تعداد السكان (نسمة)	متوسط الاستهلاك اليومي (ل/فرد/يوم)
القرى	حتى ٥٠,٠٠٠	١٠٠ – ١٥٠
المراكز	٥٠,٠٠٠ – ٥٠٠,٠٠٠	١٥٠ – ٢٠٠
المدن الصغيرة	٥٠٠,٠٠٠ – ١,٠٠٠,٠٠٠	٢٠٠ – ٢٥٠
المدن الكبيرة	أكبر من ١,٠٠٠,٠٠٠	٢٥٠ – ٢٨٠
المدن الجديدة		٢٨٠ – ٣٢٠
قرى سياحية		٣٥٠ – ٤٠٠

* هذا الرقم محمل عليه إستهلاكات الأنشطة الخدمية المختلفة لمنطقة الدراسة.

جدول (١ - ٥) معدلات استهلاك المياه للأغراض المختلفة

الاستخدام	البيان	معدل الاستهلاك	الوحدة
صناعي	صناعة المواد الغذائية	٢٠٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة المفروشات	٣٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الذهب	٣٠	م٣/هكتار/يوم
	الصناعات الكهربائية	٣٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الأثاث الخشبي	٣٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة مواد البناء	٧٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الماكينات والمعدات	٣٠	م٣/هكتار/يوم
	الصناعات الكيماوية	٢٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الألومنيوم	١٥	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الجلود	٧٠	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الورق والطباعة	١٥	م٣/هكتار/يوم
	الصناعات الطبية	١٥	م٣/هكتار/يوم
	صناعة الملبوسات والمنسوجات	٢٠٠	م٣/هكتار/يوم
	منطقة المعارض	٥	م٣/هكتار/يوم
	الصناعات البلاستيكية	١٥	م٣/هكتار/يوم
	المستودعات والمخازن	٥	م٣/هكتار/يوم
	احتياجات العاملين داخل المصانع	٣٠	ل/ف/يوم
إداري	مباني عامة ومكاتب	٥٠	ل/ف/يوم
	المساجد	٢٠	ل/ف/يوم
	الكنائس	٥	ل/ف/يوم
	السجون	٥٠	ل/ف/يوم
	المطارات	٢٠	ل/راكب/يوم
	المدارس	٥	ل/ف/يوم
	المستشفيات	٥٠٠	ل/سرير/يوم
	المعسكرات	٧٥	ل/ف/يوم
تجارى	فنادق حتى ٣ نجوم	١٠٠ – ٢٤٠	ل/غرفة/يوم
	فنادق أكبر من ٣ نجوم	٢٤٠ - ٥٠٠	ل/غرفة/يوم
	المطاعم	٣٥	ل/وجبة/يوم
ري	المسطحات الخضراء	٣٠ – ٥٠	م٣/فدان/يوم

١-٣-٣ استهلاك المياه التصميمية

يختلف معدل استهلاك المياه على مدار أيام السنة تبعا لاختلاف المناخ وأيضا خلال ساعات اليوم الواحد تبعا لطبيعة المعيشة في منطقة الدراسة. ولمواجهة هذه التغيرات يجب تصميم أعمال المياه والصرف الصحي على معدلات استهلاك تصميمية تختلف عن معدل الاستهلاك السنوي المتوسط كما هو موضح بالجدول (١-٦). ويلاحظ أنه كلما زاد تعداد السكان وكلما قل الاختلاف في درجة الحرارة خلال العام كلما قلت نسبة الاستهلاك التصميمي إلى الاستهلاك المتوسط.

جدول (١-٦) نسب معدلات الاستهلاك التصميمية

معدل الاستهلاك	التعريف	النسبة
المتوسط السنوي	متوسط استهلاك المياه خلال العام.	١,٠٠
أقصى استهلاك شهري	متوسط استهلاك المياه خلال الشهر الذي يحدث فيه أقصى استهلاك في العام.	١,٢٠ – ١,٥٠
أقصى استهلاك يومي	متوسط استهلاك المياه خلال اليوم الـذي يحدث فيه أقصى استهلاك في العام.	١,٥٠ – ١,٨٠
أقصى استهلاك ساعة	متوسط استهلاك المياه خلال الساعة التي يحدث فيها أقصى استهلاك في العام.	١,٨٠ – ٣,٠٠

١-٣-٤ تصرفات الحريق

يجب أخذ تصرفات المياه اللازمة لإطفاء الحريق في الاعتبار عند التصميم حيث أنه بالرغم من أن كمية مياه الحريق عادة ما تكون قليلة بالنسبة للاستهلاك الكلى، إلا أنها تكون مطلوبة في فترات زمنية محدودة مما ينتج عنها تصرفات كبيرة. ويجب تصميم خزانات وشبكة التغذية بالمياه لتستوعب المياه اللازمة لإطفاء حريقين في نفس الوقت في وقت الذروة. ويتوقف تصـــرف الحريق الواحد على تعداد السكان وعلى نوعية المنطقة المتوقع حدوث الحريق بها كما هو موضح بالجدول (١-٧).

جدول (١-٧) تصرفات الحريق طبقاً لتعداد السكان ونوعية المنطقة

تعداد السكان (نسمة)	تصرف الحريق (ل/ث)	فترة الحريق (ساعة)
المناطق المنعزلة	١٥	٢
حتى ١٠,٠٠٠	٢٠	٢
١٠,٠٠٠ – ٢٥,٠٠٠	٢٥	٢
٢٥,٠٠٠ – ٥٠,٠٠٠	٣٠	٣
٥٠,٠٠٠ – ١٠٠,٠٠٠	٤٠	٣
١٠٠,٠٠٠ – ٢٥٠,٠٠٠	٥٠	٤
٢٥٠,٠٠٠ – ٥٠٠,٠٠٠	٦٠	٤
أكبر من ١,٠٠٠,٠٠٠	٧٠	٤
المناطق التجارية	٤٥	٦
المدارس والمستشفيات	٤٥	٦
المناطق الصناعية	٩٠	٦

١-٣-٥ التصرفات التصميمية

يوضح الجدول (١-٨) التصرفات التصميمية لخطوط شبكات المياه.

جدول (١-٨) التصرفات التصميمية لخطوط شبكات المياه

المكونات	التصرف التصميمي
الخطوط الناقلة والروافع	• أقصى احتياج يومي + تصرف الحريق (في حالة وجود خزانات بالشبكة) • أو أقصى احتياج ساعة (في حالة عدم وجود خزانات بالشبكة) – أيهما أكبر
شبكات التوزيع الرئيسية	• أقصى احتياج يومي + تصرف الحريق • أو أقصى احتياج ساعة – أيهما أكبر
شبكات التوزيع الفرعية	• تصرف الحريق
وصلات الخدمة	• أقصى احتياج ساعة
الخزانات العالية	• الموازنة بين الاحتياج والإمداد خلال اليوم + ٢٠% من تخزين الحريق

١ - ٤ تصرفات مياه الصرف الصحي

عند تصميم خطوط شبكة الصرف الصحي يلزم تعريف التصرفات الآتية:

١ - ٤ - ١ التصرف المتوسط (Average Flow) Qav:

ويحسب بضرب متوسط الاستهلاك اليومي للمياه في معامل تخفيض يتوقف على عوامل كثيرة منها نسبة المناطق المخدومة بشبكات الصرف الصحي واستخدامات المياه المختلفة في المدينة.

$$Q_{av}(\text{sewerage}) = (0.8 - 0.9)\ Q_{av}(\text{water})$$

١ - ٤ - ٢ التصرف الجاف (Dry Weather Flow) (DWF)

هو التصرف الناتج من الاستهلاكات المختلفة بدون إضافة مياه الأمطار وينقسم إلى:

أ - أدنى تصرف جاف (Minimum DWF)

وهذا التصرف يحدث أثناء الليل أو خلال الشتاء ويحسب من المعادلة الآتية:

$$Q_{\min DWF} = (0.2\ p^{\frac{1}{6}})\ Q_{av}$$

حيث :

P : عدد السكان بالآلاف

Q_{av} : التصرف المتوسط (ل/ث)

ب - أقصى تصرف جاف (Maximum DWF):

ويطلق عليه تصرف ساعة الذروة ويحدث في شهور الصيف ويحسب من المعادلات الآتية:

- فى حالة التعداد أقل من ٨٠,٠٠٠ نسمة

$$Q_{\max DWF} = (\frac{5}{P^{0.167}})\ Q_{av}$$

- فى حالة التعداد أكبر من ٨٠,٠٠٠ نسمة

$$Q_{\max DWF} = (1+\frac{14}{4+\sqrt{P}})\ Q_{av}$$

١ - ٤ - ٣ التصرف الممطر (Wet Weather Flow) (WWF):

وهو التصرف الناتج من الاستهلاكات المنزلية والاستهلاكيات الأخرى بأنواعها إن وجدت مضافاً إليها مياه الأمطار وتنقسم إلى:

أ - أدنى تصرف ممطر (Minimum WWF)

وهو مجموع أدنى تصرف جاف يومي خلال الشتاء بالإضافة إلى مياه الأمطار.

$$Q_{min\ WWF} = Q_{min\ DWF} + Q_{rain}$$

ب - أقصى تصرف ممطر (Maximum WWF)

وهو مجموع أقصى تصرف جاف يومي خلال الشتاء بالإضافة إلى مياه الأمطار.

$$Q_{max\ WWF} = Q_{max\ DWF} + Q_{rain}$$

١ - ٤ - ٤ كمية مياه الرشح (Infiltration):

تتوقف كمية مياه الرشح التي تمر خلال خط مواسير لشبكة صرف صحي على نوع الماسورة وكذلك على بعد خط المواسير من منسوب المياه الجوفية. وسلامة وصلات المواسير ومدى إحكامها والمعادلة الآتية تستخدم لحساب كمية مياه الرشح خلال ١٠٠٠ متر طولي من خط المواسير.

$$Q_{inf} = adh^{\frac{2}{3}}$$

حيث :

Q : كمية مياه الرشح خلال ١٠٠٠ متر طولي من خط المواسير (لتر/ساعة)

A : معامل يتراوح بين ٥ – ١٠ طبقاً لنوع الماسورة

d : قطر الخط (م)

h : العمق المتوسط (م) لخط المواسير أسفل منسوب المياه الأرضية

وفى حالة صعوبة تطبيق المعادلة وعدم توافر البيانات اللازمة تؤخذ كمية مياه الرشح مساوية حوالي ١٠% من التصرف التصميمي لخط الانحدار.

١ - ٤ - ٥ كمية مياه الأمطار (Rain Fall):

لحساب كمية مياه الأمطار تطبق المعادلة الآتية:

$$Q_{rain} = 2.77\ CIA$$

حيث :

Q_{rain} : كمية مياه الأمطار التي تصل إلى خط الصرف (م^3/ث)

C : معامل فائض مياه الأمطار، ويتوقف على نوع السطح الذي تجرى عليه مياه الأمطار وميل السطح.ويؤخذ من الجدول رقم (١-٩)

I : كثافة سقوط مياه الأمطار (مم / الساعة)

A : مساحة تجميع مياه الأمطار (الهكتار)

جدول (١ - ٩) معامل فائض مياه الأمطار (C)

نوع السطح	قيمة "C"
١- الأسطح والشوارع المرصوفة جيداً	٠,٩٥ – ٠,٧٠
٢- التربة العادية والشوارع غير المرصوفة	٠,٢٠ – ٠,١٠
٣- المناطق السكنية (مستوية)	٠,٥٠ – ٠,٣٠
٤- المناطق السكنية (جبلية)	٠,٧٠ – ٠,٥٠
٥- المناطق الصناعية (صناعات خفيفة)	٠,٦٥ – ٠,٥٥
٦- المناطق الصناعية (صناعات ثقيلة)	٠,٨٠ – ٠,٦٠

وفى حالة عدم توافر بيانات عن كثافة سقوط مياه الأمطار (I) فيتم استنتاجها من المعادلة الآتية:

$$t_c = \frac{L}{60V_f} + te\ (minute)$$

حيث :

t_c : زمن تركيز العاصفة الممطرة ويساوى الزمن اللازم لوصول مياه الأمطار من أبعد نقطة فى المساحة المخدومة (A) وحتى النقطة المطلوب حساب تصرف مياه الأمطار عندها

V_f : سرعة مياه الأمطار وتأخذ ٠,٧٥ (م/ث)

t_e : زمن دخول مياه الأمطار إلى خط الصرف ويؤخذ من ٢-٣ دقائق

L : طول خط الصرف من المدخل وحتى النقطة المطلوب حساب كمية الأمطار عندها بالمتر

وبعد تعيين "t_c" تتبع الخطوات الآتية لحساب "i".

١ - فى حالة $10 < tc < 20$ دقيقة، تطبق المعادلة الآتية:

$$I=\frac{750}{t_c+10}$$ (مم / الساعة)

٢ - فى حالة $20 < tc < 120$ دقيقة، تطبق المعادلة الآتية:

$$I=\frac{1000}{t_c+20}$$

١-٤-٦ التصرفات التصميمية لخطوط شبكة الصرف

تنقسم شبكات الصرف الصحى إلى نوعين:

أ - شبكة الصرف المنفصلة:

وتنقسم إلى شبكة صرف لاستقبال المخلفات السائلة (المنزلية والصناعية والتجارية...إلخ) مع وجود شبكة أخرى لاستقبال مياه الأمطار.

- حالة أقصى تصرف (إن وجدت)

$Q_{design} = Q_{max}\ DWF + Q_{inf}$

- حالة أدنى تصرف

$Q_{design} = Q_{min}\ DWF$

ب - شبكة الصرف المشتركة:

وهى شبكة موحدة لاستقبال كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها مضافاً إليها مياه الأمطار.

- حالة أقصى تصرف (إن وجدت)

$Q_{design} = Q_{max}\ DWF + Q_{rain} + Q_{inf}$

- حالة أدنى تصرف

$Q_{design} = Q_{min}\ DWF$

الفصل الثاني
التصميم الهيدروليكي لشبكات المياه والصرف الصحي

٢ - ١ المبادئ الهيدروليكية الأساسية

٢ - ١ - ١ السريان الثابت Steady Flow

يعرف سريان المياه خلال ماسورة بأنه ثابت إذا كانت سرعة المياه عند مقطع معين بالماسورة ثابتة مع الزمن ($dV/dt = 0$). ويسرى هذا التعريف على خطوط المياه المعرضة لظروف تشغيل ثابتة من حيث التصرف والضغط.

٢ - ١ - ٢ السريان المنتظم Uniform Flow

يعرف سريان المياه خلال ماسورة بأنه منتظم إذا كانت سرعة واتجاه المياه ثابتة عند أى مقطع بالماسورة ($dV/dL=0$).. ويسرى هذا التعريف على خطوط المياه ذات الأقطار الثابتة.

٢ - ١ - ٣ معادلة الاستمرارية The Continuity Equation

تنص المعادلة علي أنه في حالة السريان الثابت فإن كتلة السائل التي تمر في أي قطاع من الماسورة ثابتة أي أن:

$$Q = \rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

حيث :

- ρ : كثافة السائل (كجم/م^3)
- Q : التصرفات (م^3/ث)
- A : مساحة مقطع الماسورة (م^2)
- V : سرعة السريان في الماسورة (م/ث)

وحيث أن الماء غير قابل للانضغاط فإن ($\rho_2=\rho_1$) وبذلك تصبح معادلة الاستمرارية في هذه الحالة هى:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

٢ - ١ - ٤ مبدأ حفظ الطاقة Bernouli Theorem

تتكون الطاقة الكلية عند أي قطاع في الماسورة من ثلاثة أنواع من الطاقة هي طاقة الوضع وطاقة الضغط وطاقة الحركة.

$H = Z + P/\rho g + V2/2g$

في حالة السريان الثابت تكون الطاقة الكلية لكتلة المياه في أي قطاع من ماسورة المياه كمية ثابتة.

الطاقة الكلية عند النقطة ١ = الطاقة المكتسبة – الطاقة المفقودة خلال سريان المياه = الطاقة الكلية عند النقطة ٢

$$H = H_1 + H_A - H_L = H_2$$
$$H = Z_1 + P_1/\rho g + V_1^2/2g + H_A - H_L = Z_2 + P_2/\rho g + V_2^2/2g$$
$$H_L = H_F + H_M$$

حيث :

H = الطاقة الكلية ويمثلها خط الطاقة الكلية Energy Grade Line (EGL)

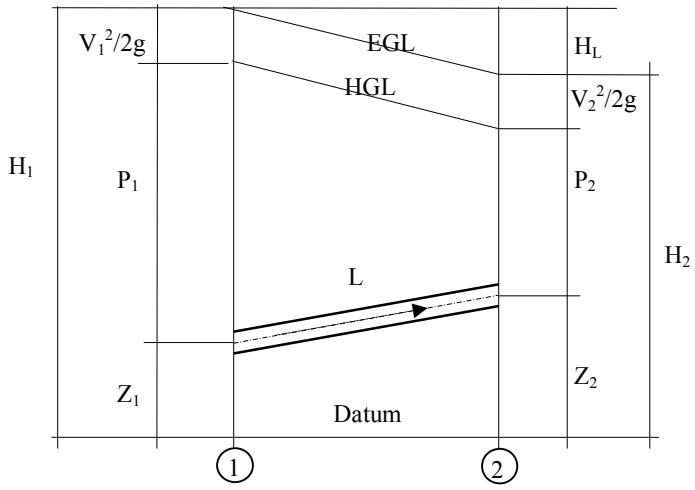
Z = Potential Energy or Elevation Head = طاقة الوضع وهى تساوى ارتفاع محور الماسورة عن أي منسوب اعتباري

$P/\rho g$ = Pressure Energy or Pressure Head = طاقة الضغط وهى تساوى ارتفاع خط المياه الهيدروليكي (HGL) Hydraulic Grade Line فوق محور الماسورة. وفى حالة انخفاض منسوب الـــ(HGL) عن الراسم العلوي للماسورة يتحول السريان إلى سريان حر (Gravity Flow) كما في حالة خطوط الانحدار. أما في حالة انخفاض منسوب الـــ(HGL) عن الراسم السفلى للماسورة فإن ضغط المياه يكون سالبا

$V^2/2g$ = Kinetic Energy or Velocity Head = طاقة الحركة وهى تساوى ارتفاع خط الطاقة الكلية (EGL) فوق خط المياه الهيدروليكي (HGL) (م). ويلاحظ أنه في معظم شبكات المياه تكون قيمة طاقة الحركة قليلة نسبيا بالمقارنة بطاقتي الوضع والضغط بحيث يمكن إهمالها

HA = Added Head = الطاقة المكتسبة عند وجود طلمبة على خط المياه حيث يتم تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة هيدروليكية

HL = Lost Head = الطاقة المفقودة نتيجة احتكاك المياه ببدن الماسورة (فواقد الاحتكاك HF) أو نتيجة حدوث تغير مفاجئ في سريان المياه (الفواقد الثانوية HM).



شكل (٢ - ١) مبدأ حفظ الطاقة

٢ - ٢ فواقد الاحتكاك

وتحسب من المعادلات التالية:

٢ - ٢ - ١ معادلة هازن – ويليامز Hazen-William Formula

تعتبر معادلة هازن – ويليامز أكثر الطرق شيوعا في تصميم شبكات مياه الشرب وخطوط طرد الصرف الصحي. وذلك لمرونتها وسهولة استخدامها.

$$V = 0.849\ C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$$
$$R = D/4 \text{ (in case of circular pipes running full)}$$

Then,
$$V = 0.354\ C\ D^{0.63}\ S^{0.54}$$
$$Q = 0.278\ C\ D^{2.63}\ S^{0.54}$$
$$S = 10.68\ (Q/C)^{1.85} / D^{4.86}$$
$$D = 1.627\ (Q/C)^{0.38} / S^{0.205}$$

$$H_F = S\ L = K\ Q^{1.85}$$

Where
$$K = 10.68\ L / (C^{1.85}\ D^{4.86})$$
$$Q = K'\ H_F^{0.54}$$

Where $K' = 0.278\ C\ D^{2.63} / L^{0.54}$
$K' = K^{-0.54}$

حيث :

D = قطر الماسورة (م)

R = القطر الهيدروليكي للماسورة (م) = المساحة المبتلة / المحيط المبتل

S = الميل الهيدرولكى للماســورة (م/م)

H_F = الفاقد بالاحتكاك (م)

L = طول الماسورة (م)

K = معامل المقاومة للماسورة (Resistance Coefficient)

C = معامل الاحتكاك للمعادلة ويتغير تبعا لنوع مادة الماسورة ويقل مــع زيــادة عمرها كما هو موضح بالجدول التالي

جدول (٢ - ١) معامل هازن وليامز للاحتكاك لأنواع المواسير المختلفة

نوع المواسير	C
الاسبستوس الأسمنتي	١٢٠ – ١٤٠
البلاستيك	١٤٠ – ١٥٠
البلاستيك المسلح بألياف الزجاج	١٤٠ – ١٥٠
الخرسانة	١٢٠ – ١٤٠
الحديد الزهر المرن	١٢٠ – ١٤٠
الحديد الصلب	١٢٠ – ١٤٠

٢ - ٢ - ٢ معادلة دارسي – وايزباخ Darcy - Weisbach Formula

$H_F = f\ L\ V^2 / 2\ g\ D$
$H_F = 8\ f\ L\ Q^2 / \pi^2\ g\ D^5$
$H_F = K\ Q^2$
$K = 8\ f\ L / \pi^2\ g\ D^5$

حيث :

f = معامل الاحتكاك ويتغير تبعا لنوع مادة الماسورة كما هو موضــح بالجــدول التالي

جدول (٢ - ٢) معامل دارسي - وايزباخ للاحتكاك لأنواع المواسير المختلفة

نوع المواسير	f
الاسبستوس الأسمنتي	٠,٠١٠ -٠,٠١٥
البلاستيك	٠,٠٠٨ – ٠,٠١٢
البلاستيك المسلح بألياف الزجاج	٠,٠٠٨ – ٠,٠١٢
الخرسانة	٠,٠١٢ – ٠,٠٢٠
الحديد الزهر المرن	٠,٠١٢ – ٠,٠٢٠
الحديد الصلب	٠,٠١٢ – ٠,٠٢٠

٢ - ٢ - ٣ معادلة كولبروك – وايت Colebrook - White Formula

أوجد كولبروك – وايت علاقة بين معامل الاحتكاك في معادلة دارسي (f) ورقم رينولدز (R_E) وخشونة سطح المواسير (K_s) كما يلي.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{K_s}{3.7D} + \frac{2.51}{R_E\sqrt{f}}\right]$$

$$R_E = \frac{VD}{\nu}$$

وفى حالة كبر قيمة R_E يمكن إهمال الجزء الثاني من المعادلة لتصبح:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{K_s}{3.7D}\right]$$

حيث :

R_E = Reynolds Number

υ = Kinematic Viscosity (م^2/ث)

K_s = معامل يعبر عن خشونة سطح المواسير (م). ويتغير لنوع مادة الماسورة كما هو موضح بالجدول التالي

جدول (٢ - ٣) معامل كولبروك - وايت للاحتكاك لأنواع المواسير المختلفة

نوع المواسير	Ks (mm)
الاسبستوس الأسمنتي	٠,٠١٥ - ٠,٠٣٠
البلاستيك	٠,٠٠٣ – ٠,٠٣
البلاستيك المسلح بألياف الزجاج	٠,٠٠٣ – ٠,٠٣
الخرسانة	٠,٠٦٠ – ٠,٣٠
الحديد الزهر المرن	٠,٠٣٠ – ٠,٠٦٠
الحديد الصلب	٠,٣٠ – ٠,٠٦٠

٢ - ٢ - ٤ معادلة مانينج Manning Formula

تعتبر معادلة مانينج أكثر الطرق شيوعا في تصميم شبكات مياه الصرف الصحي بالانحدار. وذلك لسهولة استخدامها.

$$V = (1/n)\, R^{2/3}\, S^{1/2}$$

حيث :

S = ميل خط الانحدار (م/م)

R = القطر الهيدروليكي خط الانحدار (م) = المساحة المبتلة /المحيط المبتل

في حالة مجرى عرضه B وارتفاعه H $R = \frac{BxH}{B+2H}$

في حالة ماسورة قطرها D نصف مملوءة $R = \frac{D}{4}$

n = معامل الاحتكاك ويتغير تبعا لنوع مادة الماسورة ويزيد مع زيادة عمرها كما هو موضح بالجدول التالي

جدول (٢ - ٤) معامل مانينج للاحتكاك لأنواع المواسير المختلفة

نوع المواسير	n
الاسبستوس الأسمنتي	٠,٠١٢ – ٠,٠١٥
البلاستيك	٠,٠١٠ – ٠,٠١٣
الفخار	٠,٠١٠ – ٠,٠١٣
الحديد الزهر	٠,٠١٢ – ٠,٠١٥
الخرسانة	٠,٠١٢ – ٠,٠١٥

٢-٣ الفواقد الثانوية Minor Losses

تنتج الفواقد الثانوية عند التغير المفاجئ في سريان المياه نتيجة اتصال ماسورة بخزان أو في ملحقات المواسير مثل الكيعان والمساليب والمشتركات والمحابس. وتحسب فواقد الاحتكاك الثانوية من المعادلة.

$$H_M = K_M V^2/2g$$

كما يمكن تحويل الفواقد الثانوية إلى فواقد احتكاك بطول مكافئ L_E يتم إضافته إلى طول الماسورة الأصلي وفقا للمعادلة:

$$L_E = K_M D/f$$

حيث :

f = هو معامل الاحتكاك بمعادلة دارسي – وايزباخ

ويوضح الجدول التالي قيم معامل الفواقد الثانوية لحالات حدوثها المختلفة.

جدول (٢-٥) قيم معامل الفواقد الثانوية

الحالة		K_M
من خزان إلى ماسورة		٠,٥
من ماسورة إلى خزان		١,٠
مسلوب		٠,١٠
أكواع	١١,٢٥ °	٠,٠٧
	٢٢,٥ °	٠,١٠
	٤٥ °	٠,٢٠
	٩٠ °	٠,٨٠
مشتركات	الاتجاه الرئيسي	٠,٤
	الاتجاه الفرعي	١,٥
محابس	بوابة	٠,٤
	فراشة	١,٢
	عدم رجوع	٤,٠

٢-٤ أسس تصميم خطوط شبكة المياه

- يتم اختيار القطر الداخلي للماسورة عن طريق المواصفات القياسية لكل نوع والاستعانة ببيانات الشركات المنتجة ، والتي يجب أن توضح قطر الماسورة (تعبيراً عن القطر الداخلي لها) لها بالإضافة إلى ذكر القطر الأسمى والقطر الخارجي.
- يجب ألا يقل القطر عن ١٠٠ مم في الشبكات الفرعية وألا يقل عن ٢٠٠ مم في الشبكات الرئيسية.
- يجب ألا يقل ضغط المياه عن ٢٥ إلى ٣٠ م بالمناطق السكنية ومن ٤٥ إلى ٥٠ م في المناطق التجارية والصناعية. كما يجب ألا يقل عن ١٤ م أثناء تشغيل طلمبات الحريق لسحب المياه من الشبكات لإطفاء الحريق.
- السرعة الاقتصادية لتصميم المواسير عند التصرف التصميمي تتراوح بين ١,٠ – ٢,٠ م/ث لمواسير شبكات المياه الرئيسية والفرعية وذلك لتجنب حدوث فواقد احتكاك كبيرة ويمكن زيادة السرعة حتى ٣,٠ م/ث في المواسير القصيرة كوصلات الخزان العالي ومواسير الطلمبات ووصلات الخدمة.
- يجب ألا يزيد الميل الهيدروليكي عن ٠,٥ % في الشبكات وعن ٠,٣ % في الخطوط الناقلة.

٢-٥ أسس تصميم خطوط شبكة الصرف الصحي

ويتم اختيار السرعات في مواسير الصرف الصحي تبعاً لظروف التصميم ففي حالة الأرض المنبسطة يتم التصميم على أقل ميل مسموح به وهو ميل الماسورة عندما تكون الماسورة نصف مملوءة ويفضل ألا تقل السرعة عن ٠,٦ متر/الثانية بحيث لا يحدث ترسيب أما في حالة الأرض المنحدرة فتصمم الماسورة على ميل يوازى سطح الأرض بحيث لا تزيد السرعة عن ٢,٠٠ م/ث وفى الحالات شديدة الانحدار يجب ألا تزيد السرعة عن ٣,٠٠م/ث. ويتم تحقيق ذلك بإتباع نظام الهدارات للحصول على ميول مناسبة.

وبصفة عامة يفضل أن تتراوح قيم السرعات بين ٠,٦ – ١,٥ م/ث لمواسير الانحدار للصرف الصحي تبعاً لظروف تخطيط الشبكة أو كما هو موضح بالجدول (٢-٦).

أما بالنسبة لخطوط الطرد الناقلة لمياه الصرف الصحي بين محطات الرفع وأعمال التنقية أو بين محطات الرفع نفسها فيفضل أن تتراوح قيم السرعات بين ١ – ١,٥ م/ث.

جدول (٢-٦) أسس تصميم شبكات الانحدار

نوع الشبكة والخطوط	حالة أدنى تصرف	حالة أقصى تصرف
شبكة الصرف المنفصلة		
حالة مواسير الانحدار بقطر أقل من ٧٠٠مم	ألا تقل السرعة عن ٠,٥٠ م/ث.	الماسورة ثلثى مملوءة. ألا تقل السرعة عن ٠,٧٥ م/ث
خطوط المجمعات (أقطار أكبر من ٧٠٠مم.	ألا تقل السرعة عن ٠,٦٠ م/ث.	الماسورة ثلثى مملوءة. ألا تقل السرعة عن ١,٠٠م/ث
شبكة الصرف المشتركة		
مواسير الانحدار بقطر أقل من ٧٠٠مم	ألا تقل السرعة عن ٠,٥٠ م/ث.	الماسورة ثلثى مملوءة. ألا تقل السرعة عن ٠,٧٥ م/ث.
خطوط المجمعات (أقطار أكبر من ٧٠٠مم).	ألا تقل السرعة عن ٠,٦٠ م/ث.	الماسورة ثلاثة أرباع مملوءة. ألا تقل السرعة عن ١,٠٠ م/ث.

٢-٦ قوى الدفع (Thrust Forces)

هي القوى التي تنشأ في القطع المخصوصة من كيعان ومشتركات ومسواليب ومحابس وغيرها نتيجة تغيير اتجاه سريان السائل وسرعته ونتيجة الضغط الداخلي في الماسورة وتتكون هذه القوى من جزئين :

٢-٦-١ قوة كمية الحركة (Momentum Force)

وتحدث نتيجة تغير اتجاه سريان السائل وسرعته حيث إن القوة تتناسب في أي اتجاه مع تغير كمية الحركة في نفس الاتجاه.

$$F_m = (w/g)\, Q\, \Delta v$$

حيث :

F_m = القوة الناشئة من تغير كمية الحركة

g = عجلة الجاذبية الأرضية

w = وزن وحدة الحجوم من السائل

Δv = الانخفاض في السرعة في نفس اتجاه القوة

Q = تصرف السائل

وهذه القوة يمكن إهمالها نظراً لصغر قيمتها بالمقارنة بقوى الدفع الناتجة من الضغط الداخلي وعلى هذا الأساس لن تؤخذ في الاعتبار .

٢-٦-٢ قوة الضغط الهيدرستاتيكى الداخلي Internal Hydrostatic Pressure Force

هي القوة في كل فرع من افرع القطع المخصوصة الناشئة من الضغط الهيدروستاتيكى الداخلي في السائل في اتجاه محور الماسورة.

$F_p = PA$

حيث :

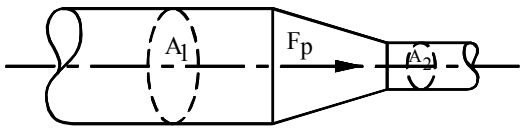
F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة

A = مساحة المقطع المائى

وفيما يلى بيان بأنواع القوى

٢ - ٦ - ٢ - ١ القوى فى المساليب :



$F_p = P (A_1 - A_2)$

حيث :

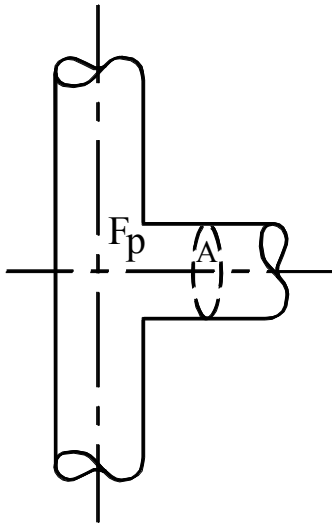
F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة

A_1 = مساحة المقطع المائى الكبير

A_2 = مساحة المقطع المائى الصغير

٢ - ٦ - ٢ - ٢ القوى فى المشتركات :



$F_p = PA$

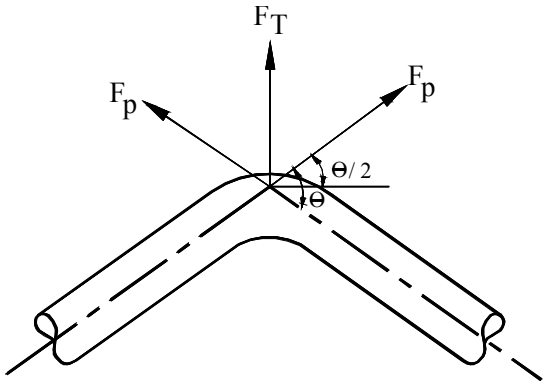
حيث :

F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة

A = مساحة المقطع المائى للفرعة

٢ - ٦ - ٢ - ٣ القوى فى الكيعان :



محصلة قوى الدفع للخارج (F_T) هى مجموع مركبات القوى فى إتجاهى محور الماسورة

$$F_T = 2F_p \sin \theta/2$$

$$F_T = 2P\ A \sin \theta/2$$

حيث :

F_T = قوة الدفع الناتجة من قوة الضغط الداخلى للسائل

P = الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى

A = مساحة المقطع المائى

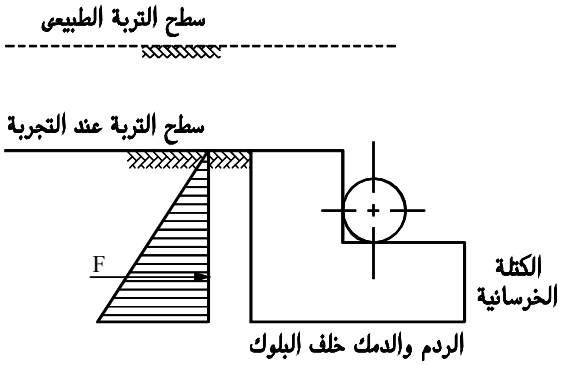
θ = درجة إنحناء الكوع

يتم مقاومة قوى الدفع عن طريق نقلها إلى التربة المحيطة إما عن طريق بلوك (كتلة) من الخرسانة أو عن طريق الإحتكاك بين التربة وجسم الماسورة والتى يتم ربطها مع القطع المتأثرة بالقوى.

٢ - ٦ - ٣ دراسة وتصميم بلوكات مقاومة قوى الدفع :

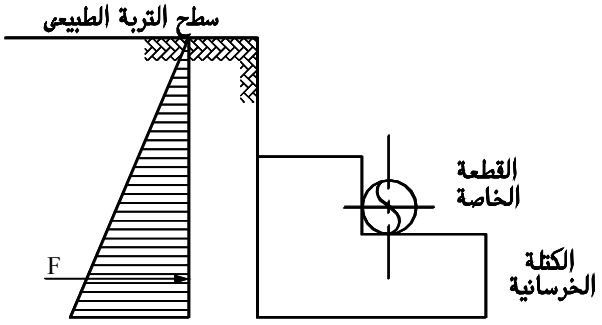
- حساب قوى الدفع الناتجة من أقصى ضغط للسائل (ضغط الاختبار فى الموقع).
- تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى.
- دراسة خواص التربة المحيطة.
- دراسة إتزان قوى الدفع من الماسورة والمقاومة من التربة شاملة قوى الإنزلاق والدوران التى تحدث فى البلوك الخرسانى.
- دراسة الإجهادات الداخلية بالبلوك الخرسانى.

يراعى عند تصميم البلوك الخرسانى للقطع المخصوصة عدم وجود ضغط للتربة نتيجة الحفر حولها كما أنه من الضرورة بمكان الردم على طبقات والدمك خلف البلوك بهدف الحصول على قوى رد فعل التربة، كما يجب حساب هذه القوى حتى أعلى منسوب للبلوك الخرسانى فقط وليس عند سطح التربة الطبيعى.



وفى حالة التربة المتماسكة حيث لم يتم حفر خلف البلوك الخرسانى فيكون حساب ضغط التربة حتى سطح التربة الطبيعى.

كما يراعى بعد تشغيل الخط عدم القيام بأى أعمال حفر خلف البلـوك الخرسـانى أو أى خلخلة للتربة.



وفيما يلى ملخص للطريقة التى تتبع فى عمل الدراسات السابقة فى حالة كـوع بدرجـة إنحناء (θ) وقطر (D) وضغط الاختبار (P) وتربة محيطة ذات كثافـة (γ) وزاويـة احتكـاك داخلى (φ) وكثافة الخرسانة (γ_c) وبإفتراض شكل البلوك الخرسانى كما هو موضـح بالـشكل التالى يمكن حساب الآتى :

٢ - ٦ - ٣ - ١ حساب قوى الدفع

$$F_T = 2P\,(\pi D^2/4)\sin\theta/2$$

حيث :

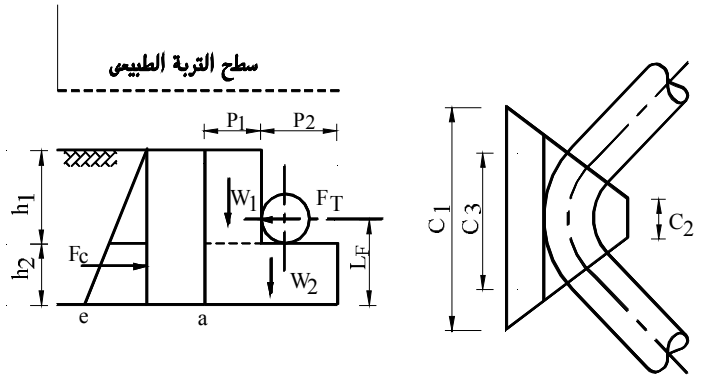
F_T = قوى الدفع للخارج

P = ضغط الاختبار الهيدروستاتيكى الداخلى

D = قطر الماسورة الداخلى

θ = درجة إنحناء الكوع

٢ - ٦ - ٣ - ٢ تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى



$$W_1 = \{h_1\, b_1\, (C_1 + C_3)/2\}\gamma_c$$

$$W_2 = \{h_2\, (b_1 + b_2)\, (C_1 + C_3)/2\}\gamma_c$$

حيث :

$(h_1, h_2, b_1, b_2, C_1, C_2)$ = أبعاد البلوك الخرسانى

W_2, W_1= وزن البلوك الخرسانى

٢-٦-٣-٣ دراسة خواص التربة المحيطة

γ = الكثافة الكلية للتربة

φ = زاوية الاحتكاك الداخلى

K_p = معامل رد فعل التربة السلبى

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2)$$

e = ضغط التربة

$$e = \gamma (h_1 + h_2) k_p$$

F_e = قوى ضغط التربة

$$F_e = 0.5e (h_1 + h_2) C_1$$

٢-٦-٣-٤ دراسة إتزان القوى (Stability)

٢-٦-٣-٤-١ دراسة الاتزان حول أبعد نقطة (a)

M_o = عزم الدوران الناتج من قوى الدفع

M_s = عزم الاتزان الناتج من التربة ووزن البلوك الخرسانى

$$\text{معامل الأمان} = \frac{\text{عزم الاتزان}}{\text{عزم الدوران}} = \frac{M_s}{M_o} \geq ١,٢$$

٢-٦-٣-٤-٢ دراسة الانزلاق (Sliding)

$F_{sliding}$ = F_T = قوى الانزلاق

$F_{passive}$ = F_e = قوى ضغط التربة

$F_{friction}$ = قوى الإحتكاك

$F_{Passive}$ + $F_{friction}$ = F_s = قوى الاتزان

$$\text{معامل الأمان} = \frac{\text{قوى الاتزان}}{\text{قوى الانزلاق}} = \frac{F_s}{F_{sliding}} \geq ١,٢ \quad \text{على الأقل}$$

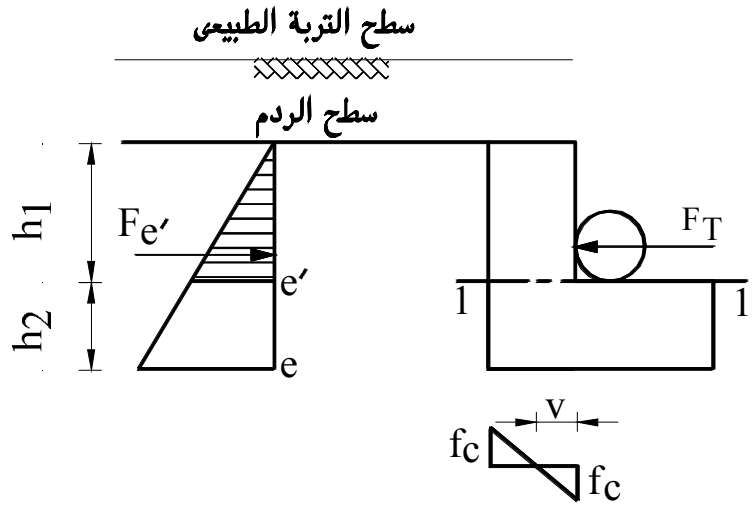
٢ - ٦ - ٣ - ٥ دراسة الإجهادات الداخلية للبلوك الخرسانى

e' = ضغط التربة

$e' = \gamma h_1 K_p$

$F_{e'}$ = قوى ضغط التربة

$F_{e'} = 0.5\ e'\ h_1$



ويأخذ محصلة العزم حول القطاع (I-I)

$M_{I-I} = F_T D/2 - F_{e'} (h_1/3)$

$f_t = f_c = M_{I-I} y/I$

حيث :

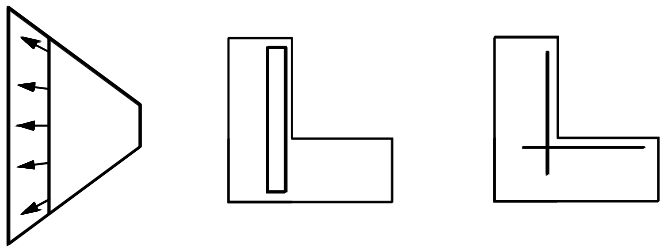
F_t = إجهاد الشد فى الخرسانة

F_t = إجهاد الضغط فى الخرسانة

I = عزم القصور الذاتى للقطاع

y = أبعد نقطة على القطاع يحدث عندها أكبر عزم إنحناء

يجب ألا تزيد قيمة إجهاد الشد (f_t) عن الإجهاد المسموح به فى الخرسانة وألا فيتم تسليح البلوك الخرساني بكمر من الحديد أو أسياخ التسليح.



بالإضافة إلى الدراسات السابقة فيجب التأكد من قدرة تحمل التربة أسفل ، حول البلـــوك لإجهادات الناتجة عن وزن البلوك والقوى المؤثرة عليه وذلك طبقاً لمتطلبات الكـــود المـــصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الجزء الثالث.

الفصل الثالث
تخطيط شبكات مياه الشرب والصرف الصحي

٣-١ مقدمة

يعتبر تخطيط شبكات المياه والصرف الصحي ثاني مراحل التصميم بعد تحديد احتياجات المياه. ويتم خلال هذه المرحلة إعداد المخطط العام للشبكة حيث يتم تحديد مسارات المواسير ومواقع أعمال المياه والصرف الصحي وكذلك أقطار المواسير وحجم الأعمال بشكل مبدئي. كما يتم في هذه المرحلة استعراض المرادفات المختلفة للمخطط العام، على سبيل المثال خدمة تجمعات سكنية متجاورة بشبكة واحدة أو بشبكات منفصلة. ويهدف هذا الفصل إلى استعراض الأسس العامة التي يجب مراعاتها عند تخطيط شبكات المياه والصرف الصحي.

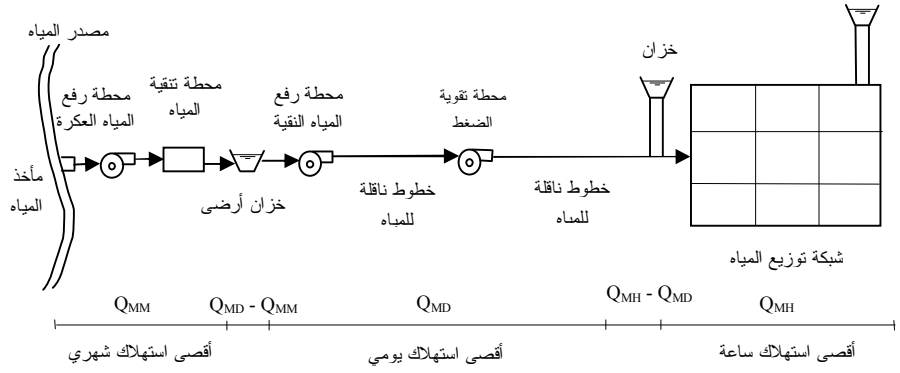
٣-٢ البيانات اللازمة لتخطيط شبكات المياه والصرف الصحي

يعتمد تخطيط شبكات المياه والصرف الصحي على البيانات التالية:

- احتياجات المياه المطلوبة حيث يتم تحديد حجم الأعمال المقترحة (محطات مياه والصرف الصحي والخزانات) بشكل تقريبى بناء على هذه الاحتياجات. وبالتالي يتم تحديد مساحات المواقع المطلوب توفيرها لإنشاء هذه الأعمال.
- المخططات العمرانية لمنطقة الدراسة والتى تحدد حدود العمران ونوعية استخدام الأراضي وكثافات السكان ومراحل التوسعات.
- اللوحات الطبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس رسم مناسب يوضح المعالم الرئيسية والمناسيب التقريبية للمنطقة.
- المحددات الطبيعية لمنطقة الدراسة التي قد تمثل عائقا طبيعيا لمسار المواسير وقد تتطلب أعمال صناعية عند التقاطع معها مثل وجود فوالق أرضية أو مجارى مائية أو خطوط سكك حديدية أو خطوط كهرباء ضغط عالي أو خطوط بترول رئيسية وخلافه

٣-٣ تخطيط نظام التغذية بمياه الشرب

يوضح الشكل (٣-١) المكونات الرئيسية لنظام التغذية لمياه الشرب والتصرف التصميمي لكل مكون. ويمكن تلخيص هذه المكونات كما يلي:



شكل (٣-١) المكونات الرئيسية لنظام التغذية بمياه الشرب

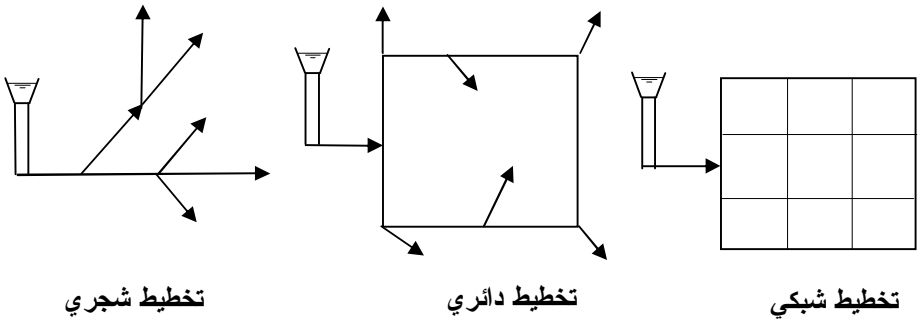
- مأخذ المياه ومحطة رفع المياه العكرة لسحب المياه من المصدر ورفعها إلى محطة تنقية المياه.
- محطة تنقية المياه والمواسير الموصلة بين وحدات التنقية.
- محطة رفع المياه المنقاة وخطوط المياه الناقلة الموصلة من محطة التنقية حتى شبكة توزيع المياه.
- الخزانات الأرضية والعلوية وهى التي تعمل على موازنة الفرق بين الإنتاج والاحتياج على مدار اليوم.
- شبكات التوزيع الرئيسية وهى التي تقوم بتوزيع احتياجات المياه على الشبكات الفرعية.
- شبكات التوزيع الفرعية وهى التي تقوم بتوزيع احتياجات المياه على المستهلكين.
- ملحقات شبكة المواسير من محابس وحنفيات الحريق والري ووصلات الخدمة. وعدادات القياس وغرف المحابس والعدايات.

ويجب تصميم خطوط التغذية بالمياه بما يضمن تحقيق الانسجام المطلوب بين معدلات الإمداد بالمياه واحتياجات المياه فى نظام التوزيع مدار اليوم.

وهناك عدة أشكال لشبكات التغذية بالمياه:

- التخطيط الشجرى - خط أو مجموعة خطوط رئيسية فى وسط المدينة يتفرع إلى مجموعة من الخطوط الفرعية بنهايات ميتة على الجانبين. ويستخدم عادة فى شبكات المياه بالقرى.

- التخطيط الدائرى - خط أو مجموعة خطوط رئيسية محيطة بالمدينة تتفرع إلى مجموعة من الخطوط الفرعية بنهايات إلى الداخل.
- التخطيط الشبكى - يتكون هذا النظام من شبكة من الخطوط الرئيسية يتفرع منها شبكة من الخطوط الفرعية.



شكل (٣-٢) بدائل تخطيط شبكات التغذية بالمياه

جدول (٣-١) مقارنة بين بدائل تخطيط شبكات التغذية بمياه الشرب

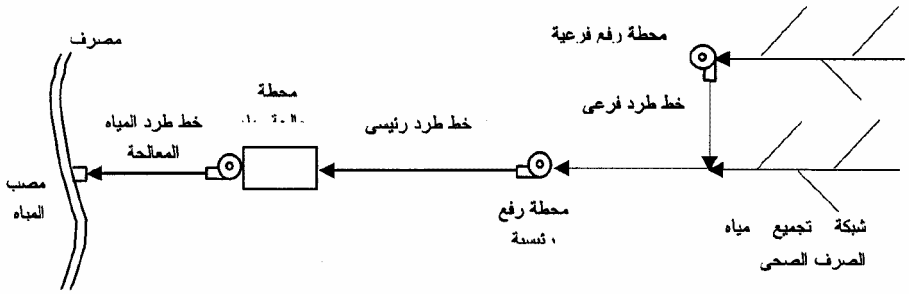
عناصر المقارنة	الشجرى	الدائرى	الشبكى
التكلفة	قليلة	متوسطة	عالية
النهايات الميتة	كثيرة	متوسطة	لا توجد
نطاق تأثير كسر أحد المواسير	كبير	متوسط	محدود
جودة المياه	منخفضة	متوسطة	عالية
ضغط المياه عند النهايات	منخفض	متوسط	عالي

٣-٤ تخطيط شبكات الصرف الصحي

يوضح الشكل (٣-٣) المكونات الرئيسية لنظام تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي لكل مكون. ويمكن تلخيص هذه المكونات كما يلي:

- مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار لتجميع المياه من المستهلكين ونقلها إلى خطوط الصرف الصحي المجمعة ومنها إلى محطات الرفع.

- خطوط الطرد لنقل مياه الصرف الصحي من محطات الرفع إلى محطة المعالجة ثم نقل مياه الصرف الصحي المعالجة إلى أماكن التخلص النهائي في استصلاح وري الأراضي الصحراوية أو في المصارف والبحار.
- ملحقات شبكات الصرف الصحي وتشمل المطابق وغرف التهدئة وبالوعات صرف الأمطار وأحواض فصل الزيوت والشحوم وأحواض الدفق والعدايات.



شكل (٣-٣) المكونات الرئيسية لنظام تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي

وتتكون شبكة الصرف الصحي من مجموعة من المواسير تسير فيها مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي فتصب المواسير الصغرى فى المواسير الكبرى وهكذا حتى تصب فى النهاية فى المجمعات الرئيسية التى تؤدى بدورها إلى محطات الرفع ثم إلى محطات المعالجة.

وهناك نظامان من شبكات الصرف الصحي:

- نظام شبكات الصرف المنفصلة – حيث توجد شبكة للصرف الصحي وشبكة أخرى لمياه الأمطار. ويستخدم هذا النظام فى حالة وجود معدلات عالية من فائض مياه الأمطار.
- نظام شبكات الصرف المشتركة – حيث توجد شبكة واحدة لتجميع مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار. ويستخدم هذا النظام في حالة وجود معدلات قليلة من فائض مياه الأمطار.

٣-٥ العوامل المؤثرة على تخطيط شبكات مياه الشرب والصرف الصحى

٣-٥-١ عرض الشارع

يجب مراعاة تخطيط الشبكات الرئيسية فى الشوارع الرئيسية من منطقة الدراسة حيث أنها عادة ما تكون على أعماق كبيرة نسبيا وتحتاج إلى أعمال صناعية على مسارها (غرف محابس – مطابق عميقة – كتل دعم) قد لا يتسنى إنشاؤها فى الشوارع الضيقة.

٣-٥-٢ طبوغرافية الأرض

يجب مراعاة اختيار مواقع الخزانات العلوية فى الأماكن المرتفعة من الشبكة حتى يقل الارتفاع المطلوب للحريق. وكذلك اختيار مواقع محطات رفع الصرف الصحى فى المناطق المنخفضة من الشبكة حتى تقل أعماق الحفر فى شبكة الانحدار.

٣-٥-٣ العوائق

يجب مراعاة تقليل تقاطعات الشبكة بقدر الإمكان مع العوائق الرئيسية مثل خطوط السكك الحديدية والمجارى المائية والطرق السريعة وخطوط الكهرباء ذات الضغط العالي وخطوط الغاز والبترول والفوالق الرئيسية. وذلك حيث أن هذه التقاطعات تحتاج إلى أعمال صناعية مكلفة.

٣-٥-٤ نوعية المنشآت

يقوم عند تخطيط الشبكات بخاصة في المدن القائمة أو القرى والتي تتواجد بها منشآت سكنية أو أثرية قائمة وبالتالي قد تؤثر على المصمم فنيا في إمكانية مرور الشبكات أمامها من عدمه أو المرور بأعماق محددة .

٣-٥-٥ تقاطعات المرافق المختلفة

٣-٥-٥-١ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي رئيسي :

المسافة الرأسية بين خط المياه الرئيسي وخط الصرف الصحي الرئيسي يجب ألا تقل عن ٣٠ سم بحيث يكون خط المياه الرئيسي فوق خط الصرف الصحي الرئيسي حتى ولو كان خط الصرف الصحي من الزهر المرن.

٣-٥-٥-٢ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي فرعى بحيث كان خط المياه الرئيسي فوق خط الصرف الصحي الفرعي

المسافة الرأسية بين خط المياه الرئيسي وخط الصرف الصحي الفرعي يجب أن لا تقل عن ٥٠ سم إذا كان خط المياه الرئيسي فوق خط الصرف الصحي الفرعي حتى ولو كان خط الصرف الصحي الفرعي من الزهر المرن.

٣-٥-٥-٣ تقاطع خط مياه رئيسي مع خط صرف صحي فرعى بحيث كان خط الصرف الصحي الفرعي فوق خط المياه الرئيسي

إذا تقاطع خط صرف صحي فرعى مع خط مياه رئيسي بحيث كان خط الصرف الصحي الفرعي فوق خط المياه الرئيسي فإن المسافة الرأسية بين الخطين يجب أن لا تقل عن ٦٠ سم وفى هذه الحالة يجب أن يكون خط الصرف الصحي الفرعي من الزهر المرن.

٣-٥-٥-٤ أقل غطاء للمواسير

يجب ألا يقل غطاء التربة (ردم) فوق خطوط التغذية المارة في الشوارع عن ١,٠ م فوق الراسم العلوي للماسورة أو طبقا لمواصفات الجهة المصنعة للمواسير. ويمكن تقليل الغطاء إلى ٦٠ سم في حالة المرور أسفل ممرات المشاة. وفى الحالات التي يقل فيها الغطاء عن هذه القيم يجب حماية المواسير بغلاف خرسانى.

الفصل الرابع
مكونات شبكات المياه والصرف الصحي

٤ - ١ مقدمة

تتكون شبكات المياه من العناصر التالية:

- المواسير والقطع الخاصة.
- الملحقات وتشمل المحابس بأنواعها وحنفيات الحريق والري ووصلات الخدمة وعدادات القياس وغرف المحابس والعدايات والروافع والخزانات العلوية والدعامات الخرسانية.

وتتكون شبكات الصرف الصحي من العناصر التالية:

- مواسير الانحدار وخطوط الطرد والروافع.
- ملحقات مواسير الانحدار وتشمل المطابق وغرف التفتيش وبالوعات صرف الأمطار وأحواض الدفق وأحواض فصل الزيوت والشحوم والعدايات.
- ملحقات خطوط الطرد وتشمل المحابس وغرف المحابس وغرف التهدئة والعدايات والدعامات الخرسانية.

ويشتمل هذا الفصل على بيان للأسس التصميمية لهذه العناصر.

٤ - ٢ المواسير

لما كانت قيمة توريد المواسير وتكاليف تركيبها تمثل نسبة كبيرة (٦٠-٧٠٪) من ميزانية إنشاء مشروعات التغذية بالمياه والصرف الصحي لذلك فإن اختيار النوع المناسب من المواسير له أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية وكذلك من الناحية الفنية لضمان خدمة المشروع للسنوات الطويلة في المستقبل والتي يتم تصميم مشروعات المرافق عليها.

ويوجد العديد من أنواع المواسير التى تصلح للاستخدام فى شبكات المياه والصرف الصحى كما ورد بالقرار الوزاري رقم (٢٧٧) لسنة ٢٠٠٠ والتعديلات اللاحقة ويمكن تصنيفها من حيث مادة الصنع كما يلى:

- مواسير طينية: الفخار المزجج ذات الوصلة الثابتة أو المرنة.
- مواسير حديدية: الحديد الزهر الرمادي - الحديد الزهر المرن - الحديد الصلب.

- مواسير خرسانية: الخرسانة العادية – الخرسانة المسلحة – الخرسانة سابقة الإجهاد – الأسبستوس الأسمنية – الخرسانة المسلحة من الصلب – الخرسانة سابقة الاجهاد ذات أسطوانة من الصلب.
- مواسير بلاستيكية: البولى كلوريد فينيل غير الملدن– البولى إيثلين عالى الكثافة – البوليستر المسلح بألياف الزجاج.

وتختلف هذه الأنواع عن بعضها اختلافا متباينا من حيث:

- التكلفة والعمر الافتراضى.
- الوزن والمتانة والصلابة.
- سهولة التركيب والصيانة.
- المقاومة للتآكل بفعل التربة أو بفعل التيارات الشاردة أو بفعل السائل المنقول.
- المقاومة للضغوط الداخلية والأحمال الخارجية وللمطرقة المائية.
- كما أن بعض هذه الأنواع ينتج بأقطار صغيرة والبعض الآخر بأقطار كبيرة.

ولذلك فإن نوع المواسير الأمثل يختلف من مشروع لآخر طبقا لظروف التشغيل المتوقعة. ولاختيار النوع الأمثل يجب عمل دراسة مقارنة فنية واقتصادية مع الأخذ فى الإعتبار جميع هذه العوامل.

٤-٢-١ نوعية المواسير

وقد تم تقسيم نوعية المواسير من الناحية الإنشائية إلي ثلاثة أنواع :

- **مواسير مرنة**

هي المواسير التي تبدو أولى علامات انهيارها في التشكل الشديد (Deformation) والذي يشمل الانحناء الرأسي أو الأفقي أو الانهيار بالانبعاج (Buckling Collapse).

- **مواسير صلبة**:

هي المواسير التي تبدو أولي علامات انهيارها في ظهور تشققات في جسم المواسير نتيجة جهود الانحناء (الحمل الذي يحدث منه ذلك عند ظروف الاختبار المعملي يسمي قوة الانهيار Crushing Strength).

- **مواسير نصف صلبة**:

هي المواسير التي تتشكل بما فيه الكفاية لإعادة توزيع بعض الضغوط الواقعة فوق المواسير إلي الردم الجانبي – إلا أنها من الصلابة بحيث تمنع أي احتمال للانبعاج. وتبدو أولي علامات انهيارها بالشكل الشديد أو بإجهاد الانحناء الزائد والذي يؤدي إلي التشقق في جسم المواسير أو إلي الانهيار.

٤ - ٣ الملحقات

٤ - ٣ - ١ محابس القفل

تركب محابس القفل على مسارات الخطوط الناقلة للمياه وخطوط الطرد والصرف الصحى وخطوط شبكة المياه الرئيسية والفرعية وذلك بغرض التحكم فى سريان المياه وتسهيل عملية الصيانة فى حالة كسر أى من الخطوط بحيث يتم عزل الخط المكسور فقط مع قفل أقل عدد ممكن من المحابس.

يجب وضع محابس القفل عند النقاط التالية:

- عند تقاطعات الخطوط الرئيسية مع بعضها. يتم وضع عدد (ن-١) من المحابس حيث (ن) عدد الفرعات. وتوضع المحابس بعد التقاطع فى اتجاه سريان المياه. وفى حالة عدم معرفة اتجاه سريان المياه توضع على الأقطار الأقل.
- عند تقاطعات الخطوط الفرعية مع الخطوط الرئيسية حيث يوضع محبس عند بداية كل خط فرعى.
- عند نقاط متوسطة على مسار الخطوط الرئيسية والفرعية بحيث لا يزيد عدد المحابس اللازم قفلها في حالة الصيانة عن ٥ محابس.
- عند وصلات الحريق والري والخدمة.
- عند نقاط متوسطة على مسار الخطوط الناقلة للمياه بحيث لا تزيد المسافة البينية بين المحابس عن القيم الموضحة بالجدول التالي:

جدول (٤-١) المسافات البينية بين محابس القفل

قطر المحبس (مم)	أقصى مسافة بين المحابس (م)
أقل من ٤٠٠ مم	٥٠٠
٤٠٠ – ٦٠٠	١٠٠٠
٧٠٠ – ١٠٠٠	١٥٠٠
١١٠٠ – ١٥٠٠	٢٠٠٠
١٦٠٠ – ٢٠٠٠	٢٥٠٠
أكبر من ٢٠٠٠	٣٠٠٠

✶ يراعى زيادة عدد المحابس فى المناطق السكنية والصناعية طبقاً لمتطلبات الدراسة.

تكون محابس القفل من النوع الجزرة أو البوابة (السكينة) أو الفراشة أو الكرة وفقا للآتي:

- يفضل أن تكون المحابس على خطوط طرد الصرف الصحى من النوع البوابة حيث أنه لا يتأثر بالمواد العالقة.
- المحابس على خطوط مياه الشرب للأقطار أقل من ١٠٠ مم تكون من النوع الجزرة.
- المحابس على خطوط مياه الشرب للأقطار من ١٠٠ إلى ٢٥٠ مم تكون من النوع البوابة.
- المحابس على خطوط مياه الشرب للأقطار أكبر من أو يساوى ٣٠٠ مم تكون من النوع الفراشة أو الكرة. ويفضل النوع الكرة فى الأقطار الكبيرة أكبر من ١٠٠٠ مم.

تركب محابس القفل إما ظاهرة على سطح الأرض أو مدفونة أو داخل غرفة محابس طبقا لما يلى:

- محابس القفل بمواقع أعمال المياه من الممكن أن تكون ظاهرة فوق سطح الأرض لتسهيل عمليات القفل والفتح.
- محابس القفل على الأقطار أقل من ٣٠٠ مم تكون مدفونة ويتم تشغيلها عن طريق صندوق سطحى.
- محابس القفل على الأقطار أكبر من أو يساوى ٣٠٠ مم تركب داخل غرفة.
- المحابس بالأقطار ٤٠٠مم فأكثر يزود بممر جانبى يتوسط الصمام وبقطر يعادل عشر قطر الصمام وفائدته معادلة الضغط على جانبى بوابة الصمام عندما يكون الصمام مغلقاً ويراد فتحه وأيضاً لملئ الخط تدريجياً بعد الإصلاح بمعدل يتناسب ومعدل خروج الهواء من صمامات تعريف الهواء المركبة على الخط.

- يتم توصيف قطر محبس القفل بحيث يكون مساويا لقطر خط المواسير المركب عليه هذا المحبس فى حالة الأقطار أقل من ٥٠٠ مم . وفى حالة خطوط المواسير ذات الأقطار الكبيرة فانه يمكن توصيف محابس القفل بقطر اسمى أقل من القطر الأسمى لمواسير الخط ويتم تركيبه داخل الغرفة باستخدام مساليب قبل وبعد المحبس وذلك بهدف تقليل تكاليف المحابس والغرف و تقليل أعماق الخطوط عند غرف المحابس .
- عند توصيف محابس القفل بقطر اصغر من قطر خط المواسير فانه يجب اختيار قطر المحبس بحيث لا تزيد سرعة المياه خلال المحبس أثناء أقصى تصرف في الخط عن ٣ م/ث ويجب كذلك حساب الفاقد في الضغط خلال المحبس لأخذه في الاعتبار أثناء تصميم محطات الرفع.

يبين الجدول (٤-٢) أفضلية استخدام أنواع المحابس المختلفة في تطبيقات المياه والصرف الصحي.

جدول (٤-٢) أفضلية استخدام أنواع المحابس المختلفة في تطبيقات المياه والصرف الصحي

نوع المحبس	مياه الشرب		مياه الصرف الصحى	
	عكرة	مرشحة	خام	معالجة
١- محابس البوابة (محبس سكينة) ١-١محابس البوابة الوتدية ذات الحلقات المعدنية (Metal Seated Wedge type)	جيد	جيد	مقبول	جيد
٢ - محابس الكروية	جيد	جيد	جيد	جيد
٣ - محابس الفراشة	جيد	جيد	لا يستخدم	*مقبول
٤ - محابس السدادة	جيد	جيد	جيد	جيد
٥ - المحابس المخروطية	جيد	جيد	جيد	جيد

* مراعاة أن تكون درجة المعالجة ثنائية على الأقل.

٤-٣-٢ محابس الهواء

- تركب هذه المحابس على مسارات الخطوط الناقلة للمياه وخطوط الطرد والصرف الصحى وخطوط شبكة المياه الرئيسية التى ليس عليها وصلات خدمة وذلك بغرض تسهيل عملية خروج ودخول الهواء أثناء ملء وتفريغ الخط.
- تركب محابس الهواء عند النقاط المرتفعة والنقاط ذات أقل ضغط على ألا تزيد المسافة البينية بين محابس الهواء ولا يقل قطر محبس الهواء عن القيم المذكورة بالجدول (٤-٣).

جدول (٤-٣) المسافات البينية بين محابس الهواء

قطر الخط الرئيسى (مم)	قطر محبس الهواء (مم)	أقصى مسافة بين محابس الهواء (م)
أقل من ٤٠٠ مم	٧٥	٧٥٠
٤٠٠ – ٦٠٠	١٠٠	١٠٠٠
٧٠٠ – ١٠٠٠	١٥٠	١٥٠٠
١١٠٠ – ١٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٠
١٦٠٠ – ٢٠٠٠	٢٥٠	٢٥٠٠
أكبر من ٢٠٠٠	٣٠٠	٣٠٠٠

- فى حالة عدم توفر محبس الهواء بالقطر المطلوب يمكن استخدام عدد مكافئ من الأقطار الأقل بحيث يعطى نفس مساحة خروج ودخول الهواء.
- يركب محبس الهواء على فرعة مشترك لأعلى من الخط الرئيسى ويجب أن يكون مسبوقا بمحبس قفل بنفس قطر محبس الهواء لتسهيل عملية الصيانة.
- يتم وضع محبس الهواء داخل غرفة إذا كان الخط مدفونا أو داخل صندوق حماية إذا كان الخط ظاهرا فوق سطح الأرض.
- يجب أن يسمح محبس بمرور الهواء فى الإتجاهين حتى يسمح بخروج الهواء عند ملء الخط ودخوله عند تولد الضغوط السالبة فى حالة تولد المطرقة المائية.
- يجب أن يحقق محبس الهواء تصرف الهواء المطلوب عند التصرف والضغط التصميمى للخط.
- يراعى فى خطوط الطرد استخدام محابس الهواء المناسبة لمياه الصرف الصحى.

- يجب ألا يقل الميل الرأسى لمواسير المياه عن ٠,٢ % لضمان خروج الهواء بسرعة مناسبة فى حالة غسيل الخط

٤-٣-٣ محابس الغسيل

- محابس الغسيل عبارة عن محابس قفل عادية تركب على مسارات الخطوط الخطوط الناقلة للمياه والصرف الصحى وخطوط شبكة المياه الرئيسية التى ليس عليها وصلات خدمة وذلك بغرض تفريغ الخط من المياه عند الصيانة.
- وتركب هذه المحابس على مشتركات مماسية بحيث يكون منسوب الراسم السفلى للفرعة مساو لمنسوب الراسم السفلى للخط. ويتم وضع محبس الغسيل داخل غرفة.
- تركب هذه المحابس عند النقاط المنخفضة على الخطوط على ألا تزيد المسافة البينية على ألا تزيد المسافة البينية بين محابس الغسيل ولا يقل قطر محبس الغسيل عن القيم المذكورة بالجدول (٤-٤):

جدول (٤-٤) المسافات البينية بين محابس الغسيل

قطر الخط الرئيسى (مم)	قطر محبس الغسيل (مم)	أقصى مسافة بين محابس الغسيل (م)
أقل من ٤٠٠ مم	١٠٠	٥٠٠
٤٠٠ – ٦٠٠	١٥٠	١٠٠٠
٧٠٠ – ١٠٠٠	٢٠٠	١٥٠٠
١١٠٠ – ١٥٠٠	٢٥٠	٢٠٠٠
١٦٠٠ – ٢٠٠٠	٣٠٠	٢٥٠٠
أكبر من ٢٠٠٠	٤٠٠	٣٠٠٠

- يجب ألا يقل الميل الرأسي لمواسير المياه عن ٠,٢ % لضمان سريان المياه بسرعة مناسبة في حالة غسيل الخط.

٤-٣-٤ محابس عدم الرجوع

تستخدم هذه المحابس عادة فى بداية خطوط المواسير خارج محطات الرفع لمنع ارتداد السريان داخل محطة الرفع وفى بعض الأحيان تستخدم هذه المحابس فى الخطوط الناقلة لتقليل تأثير ظاهرة المطرقة المائية (يجب أن يتم اختيار أماكن تركيب المحابس فى هذه الحالة ضمن منظومة متكاملة للحماية من المطرقة المائية طبقا لدراسة خاصة كما هو مبين فى الفصل المخصص لذلك بهذا الكود).

كذلك فان محابس عدم الرجوع يمكن ان تستخدم فى بعض شبكات مياه الشرب والرى لمنع ارتداد المياه من بعض أجزاء الشبكة أو عند الخزانات العالية .

يمكن تقسيم محابس عدم الرجوع للأنواع التالية :

- محابس عدم الرجوع ذات البوابة الواحدة المتأرجحة (Single door swing check valve).
- محابس عدم الرجوع من نوع الفراشة (Butterfly type check valve)
- محابس عدم الرجوع ذات البوابتين والزنبرك (Spring loaded double door check valves)
- محابس عدم الرجوع متعدد البوابات (Multi - door check valve)
- محابس عدم الرجوع ذو الفوهة (Nozzle type check valve)
- محابس عدم الرجوع الكروية (Ball type check valve)

يبين الجدول (٤-٥) أفضلية استخدام أنواع محابس عدم الرجوع المختلفة فى تطبيقات المياه والصرف الصحى.

جدول (٤-٥) أفضلية استخدام أنواع محابس عدم الرجوع المختلفة في تطبيقات المياه والصرف الصحي

نوع المحبس	مياه الشرب		مياه الصرف الصحى	
	عكرة	مرشحة	خام	معالجة
١- محابس البوابة الواحدة ١-١ بدون ذراع خارجي وثقل Without external lever and counter weight	لا تستخدم	لا تستخدم	لا تستخدم	لا تستخدم
١-٢ بذراع خارجي وثقل او زنبرك with external lever and counter weightor	مقبول	مقبول	مقبول	مقبول
١-٣ بذراع خارجي وثقل وخامد هيدروليكى with external counter weight and lever hydraulic damper	جيد	جيد	جيد	جيد
٢ - محابس عدم الرجوع من نوع الفراشة	جيد	جيد	لا يستخدم	*مقبول
٣ - المحابس ذات البوابتين	جيد	جيد	لا يستخدم	مقبول
٤ - المحابس متعددة البوابات	جيد	جيد	لا يستخدم	مقبول
٥ - المحابس ذات الفوهة	جيد	جيد	لا يستخدم	مقبول
٦ - محابس عدم الرجوع الكروية	جيد	جيد	جيد	جيد

* يراعى أن تكون درجة المعالجة ثنائية على الأقل.

٤-٣-٥ محابس تخفيض الضغط

تستخدم هذه المحابس عندما يراد تغذية منطقة ما بضغط معين أقل من ضغط المياه بالخط الرئيسى مع الحفاظ على ضغط المياه بالخط الرئيسى. وتوضع هذه المحابس فى غرف خاصة بها كما توضع على خطوط المرور الجانبى للطلمبات فى محطات الرفع وعلى خط التغذية للخزانات العالية.

٤-٣-٦ حنفيات الحريق

- تركب حنفيات الحريق على خطوط الشبكة الفرعية لتوفير المياه اللازمة لإطفاء الحريق، وعلى مسافات بينية تتراوح من ١٥٠ إلى ٣٠٠ متر تبعا لطبيعة المنطقة المخدومة.

- تركب عند تقاطعات الطرق فى مكان واضح سهل الوصول إليه وبعيدا عن العوائق التى يمكن أن تعطل عملية تشغيلها مع عمل الحماية اللازمة إليها.
- تمتد وصلة حنفية الحريق من الخط الفرعى إلى مكان الحنفية وتركب الحنفية إما فوق سطح الأرض أو فى غرفة من المبانى تحت سطح الأرض. وفى الحالة الأولى يجب ألا يقل ارتفاع فوهة الحريق عن ٠,٩٠ م أو طبقا لاشتراطات الدفاع المدنى. وفى الحالة الثانية يجب تركيب علامة على أقرب حائط لتحديد على مكان الغرفة.
- تكون وصلة حنفية الحريق بقطر ١٠٠ مم. ويركب عليها محبس قفل عند اتصالها بالخط الفرعى لعزلها فى حالة الصيانة.
- يجب أن يكون قطر فوهة الحنفية ٦٣ مم أو طبقا لاشتراطات الدفاع المدنى.
- يجب ألا يقل ضغط المياه عند تشغيل حنفية الحريق عن ١٤ مترا في شبكات التغذية.

٤-٣-٧ حنفيات الرى

- تركب حنفيات الري على خطوط الشبكة الفرعية لتوفير المياه اللازمة لرى الحدائق.
- تمتد وصلة حنفية الرى من الخط الفرعى إلى داخل الحدائق، ويمكن تركيب أكثر من حنفية على نفس الوصلة على مسافات بينية لا تزيد عن ٨٠ متر.
- فى حالة المسطحات الخضراء المنحدرة يفضل وضع حنفيات الرى عند النقاط المرتفعة.
- تركب حنفية الرى داخل غرفة من المبانى لحمايتها كما هو موضح بالشكل.
- يكون قطر وصلة حنفية الرى ٣٧ مم . ويركب عليها محبس قفل عند اتصالها بالخط الفرعى لعزلها فى حالة الصيانة.

٤-٣-٨ وصلات الخدمة

- تركب وصلات الخدمة على خطوط الشبكة الفرعية لتوفير المياه اللازمة للعقارات (المنازل والمصانع والمطاعم وخلافه).
- يمكن أن تغذى وصلة الخدمة أكثر من عقار وفقا للتخطيط العمرانى والذى يحدد عرض الشارع والمسافة بين العقارات.
- يحدد قطر وصلة الخدمة وفقا للتصرف التصميمى للعقارات المخدومة. ويركب محبس قفل عند اتصال وصلة الخدمة بالخط الفرعى.

- يتم تركيب محبس قفل وعداد قياس تصرف عند مدخل كل عقار إما فى صندوق على حائط العقار أو فى غرفة من المبانى تحت الأرض.

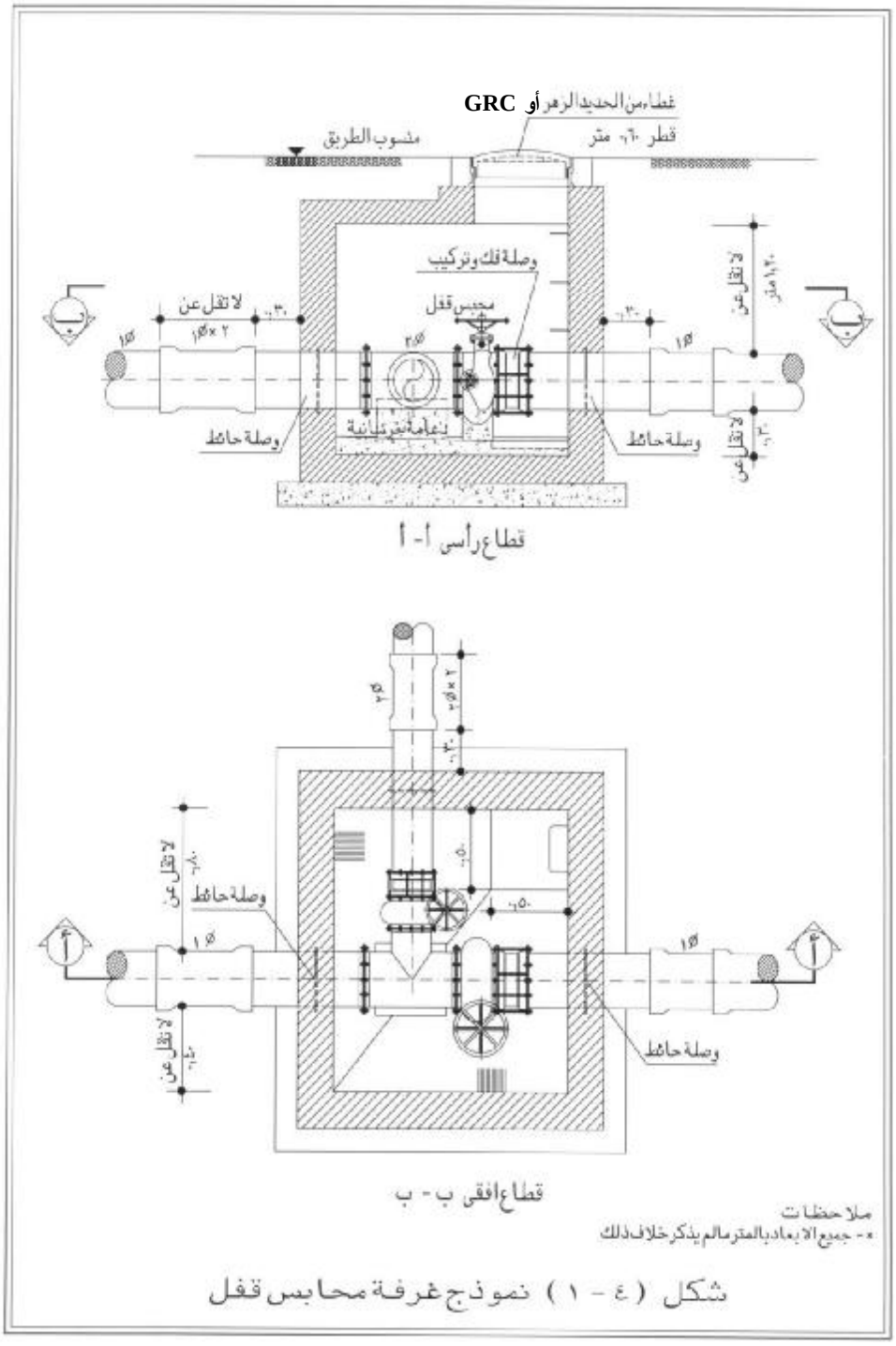
٤-٣-٩ عدادات القياس

- تركب عدادات القياس على وصلات الخدمة بغرض قياس استهلاك المياه.
- يركب عداد داخل غرفة من المبانى تحت الأرض أو على حائط العقار المخدوم. ويفضل أن تكون على وصلة مستقيمة لا تقل عن ١٠ × قطر الوصلة.
- يجب أن يكون قطر العداد مساويا لقطر وصلة الخدمة. وأن يتناسب مدى القراءة مع الاستهلاك المتوقع.
- يجب أن يكون العداد مسبوقا بمحبس قفل لتسهيل عملية الصيانة.

٤-٣-١٠ غرف المحابس

- تركب محابس القفل ذات الأقطار الكبيرة (قطر ٣٠٠ مم فأكبر) ومحابس الهواء والغسيل داخل غرف من الخرسانة المسلحة بغرض تسهيل أعمال تشغيل وصيانة المحابس.
- يجب أن تكون جميع القطع الخاصة داخل الغرف بأوشاش لتسهيل عملية الفك والتركيب.
- يجب أن يرتكز المحبس على قاعدة خرسانية مع مراعاة ترك خلوص كافى لفك وتركيب المحبس. كما يجب وضع وصلة تركيب بعد محبس القفل لتسهيل عملية الفك والتركيب.
- يجب وضع وصلة حائط عند اتصال الماسورة بالحائط لمقاومة قوى الدفع الناتجة عن قفل محبس القفل أثناء الصيانة.
- يجب تركيب وصلة مرنة أو وصلة قصيرة خارج الغرفة لمقاومة فرق الهبوط بين الغرفة وخطوط المواسير المتصلة بها.
- تحدد الأبعاد الداخلية للغرف بناء على أبعاد القطع الخاصة المستخدمة بها. ويراعى ألا تقل المسافة بين:
  - آخر قطعة فى الغرفة والجدار عن ٤٠ سم.
  - الراسم السفلى للماسورة وقاع الغرفة عن ٣٠ سم.
  - الراسم العلوى للماسورة وسقف الغرفة عن ١٢٠ سم.
  - جانبى الماسورة وحوائط الغرفة عن ٣٠ و٨٠ سم.
- يجب عمل ميول فى أرضية الغرفة لتسهيل نزح المياه فى حالة حدوث تسرب.

- يجب أن تزود الغرفة بفتحة ذات غطاء بسلالم تسمح بدخول وخروج العمال لأعمال الصيانة. وفى حالة الغرف الكبيرة يتم تزويدها بفتحتين بغرض التهوية. كما يجب تركيب بلاطات خرسانية متحركة أعلى المحابس الكبيرة لتسهيل رفعها وتنزيلها بونش من خارج الغرفة. ويجب أن يتحمل غطاء الغرفة حمل المرور المعرض له.
- يوضح الشكل (٤-١) نموذج غرفة محابس قفل وشكل (٤-٢) نموذج غرفة محابس هواء.



شكل (٤ - ١) نموذج غرفة محابس قفل

نموذج شكل (٤ - ١) نموذج غرفة محابس قفل

٤ - ٤ ملحقات أعمال الصرف الصحى

تستخدم هذه الملحقات فى شبكات الصرف الصحى لضمان حسن تشغيلها وصيانتها وتشمل الآتى:

٤ - ٤ - ١ غرف التفتيش House Inspection Chambers

تبنى غرف التفتيش عند نهاية مواسير الصرف الداخلية حيث تتجمع مياه الصرف الصحى وتصب فى هذه الغرفة ثم تتجه إلى أقرب مطبق بشبكة الصرف الصحى العمومية وهناك طريقتان للتنفيذ:

- غرف التفتيش المنفذة بالموقع.
- غرف التفتيش سابقة التجهيز.

٤ - ٤ - ١ - ١ غرف التفتيش المنفذة بالموقع:

تبنى من الطوب الأسمنتي أو من الطوب الأزرق أو من الخرسانة العادية أو المسلحة ثم تعمل مجارى القاع وتغطى هذه الغرف بغطاء خرسانى مناسب. ويمكن إنشاء غرفة التفتيش للمبنى بمفردة أو لصرف عدة مباني متجاورة حسب التصميم.

٤ - ٤ - ١ - ٢ غرف التفتيش سابقة التجهيز:

تتميز هذه الغرف بسهولة وسرعة التنفيذ والجودة عن مثيلتها السابقة.

وتنفذ هذه الغرف من الخرسانة المسلحة وبمقاسات حسب الطلب ولها غطاء خرسانى مسلح.

والجدول (٤-٦) يحدد الأبعاد القياسية لغرف التفتيش.

جدول (٤-٦) الأبعاد القياسية لغرف التفتيش لنظام الصرف الغير عميق

المسافة بين سطح الأرض وقاع ماسورة الخروج (متر)	مقاس غرفة التفتيش (سم)
حتى ١ متر	٦٠ × ٦٠
من ١ – ١,٢٠ متر	٦٠ × ٩٠
أكبر من ١,٢٠ متر	تنفذ نماذج المطابق

٤-٤-٢ المطابق (Manholes)

المطبق هو غرفة خرسانية مربعة أو مستطيلة أو مستديرة المقطع لها فتحة وغطاء بغرض أعمال الصيانة وتختلف أبعادها تبعاً لخطوط الصرف الصحى المنشأة عليها وتنشأ المطابق على خطوط المواسير فى الحالات الآتية:

- عند تغير قطر الماسورة.
- عند تغير نوع الماسورة.
- عند تغير اتجاه المسار.
- عند تغير انحدار خط المواسير.
- عند تقابل ماسورتين أو أكثر.
- على مسافات مناسبة على طول الخط تتوقف على قطر الماسورة والجدول (٤-٧) يوضح أكبر مسافة مسموح بها بين مطبقين.

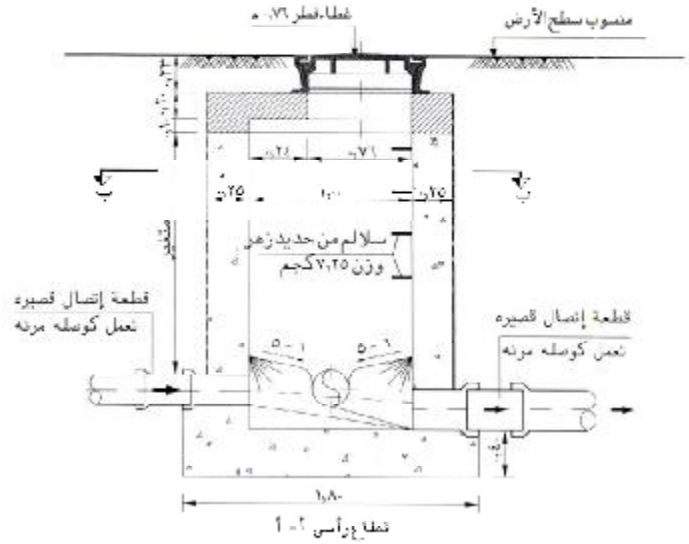
جدول (٤-٧) أكبر مسافة مسموح بها بين المطابق للأقطار المختلفة

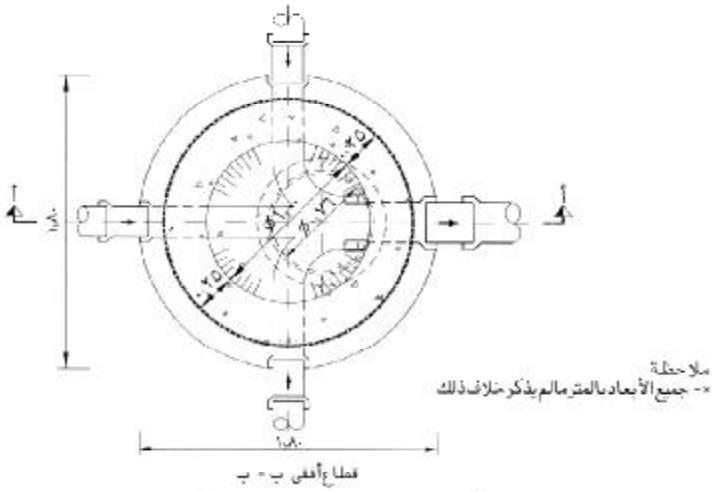
قطر الخط مم (بوصة)	أكبر مسافة بين مطبقين (متر)
من ١٧٥ (٧ ً) وحتى ٢٠٠ (٨ ً)	٣٠
أكبر من ٢٠٠ (٨) وحتى ٣٠٠ (١٢)	٥٠
أكبر من ٣٠٠ (١٢) وحتى ٤٠٠ (١٦)	٦٠
أكبر من ٤٠٠ (١٦) وحتى ٩٠٠ (٣٦)	١٠٠
أكبر من ٩٠٠ (٣٦) وحتى ١٢٠٠ (٤٨)	١٥٠
أكبر من ١٢٠٠ (٤٨)	٢٠٠

٤-٤-٣ نماذج المطابق (Manhole Types)

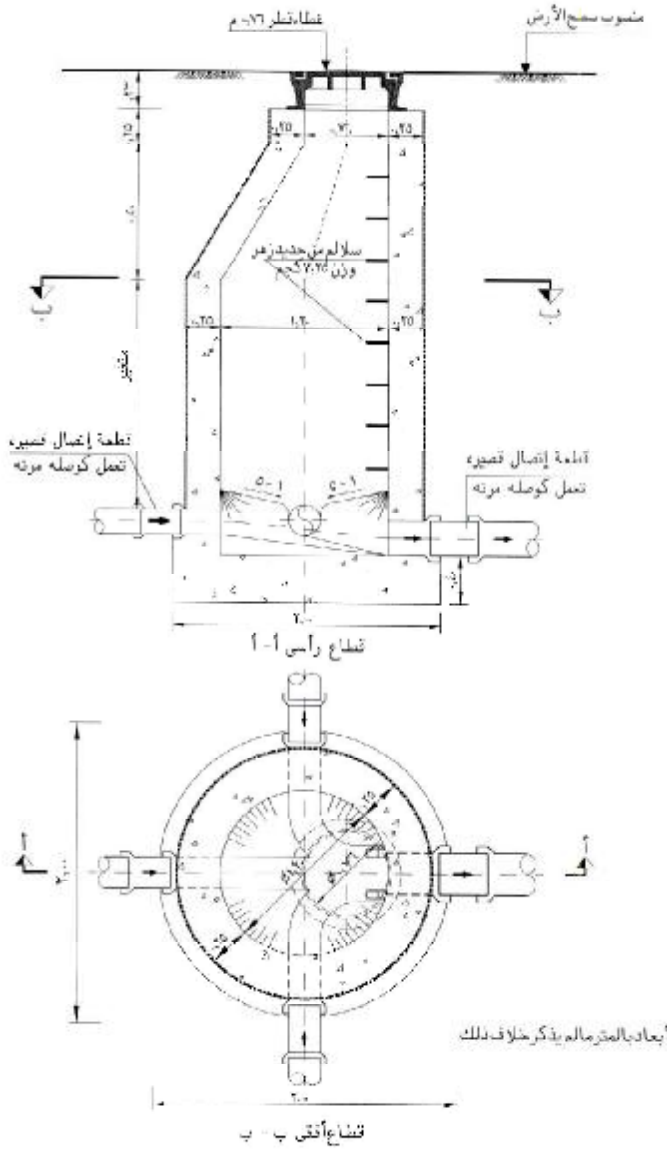
تنشأ المطابق طبقاً لأحد النماذج التالية:

- مطابق دائرية ذات قطر داخلى لا يزيد على ١,٠م ويستعمل فى بداية الفرعات ولأعماق أكبر من ١,٢٠م شكل (٤-٣).

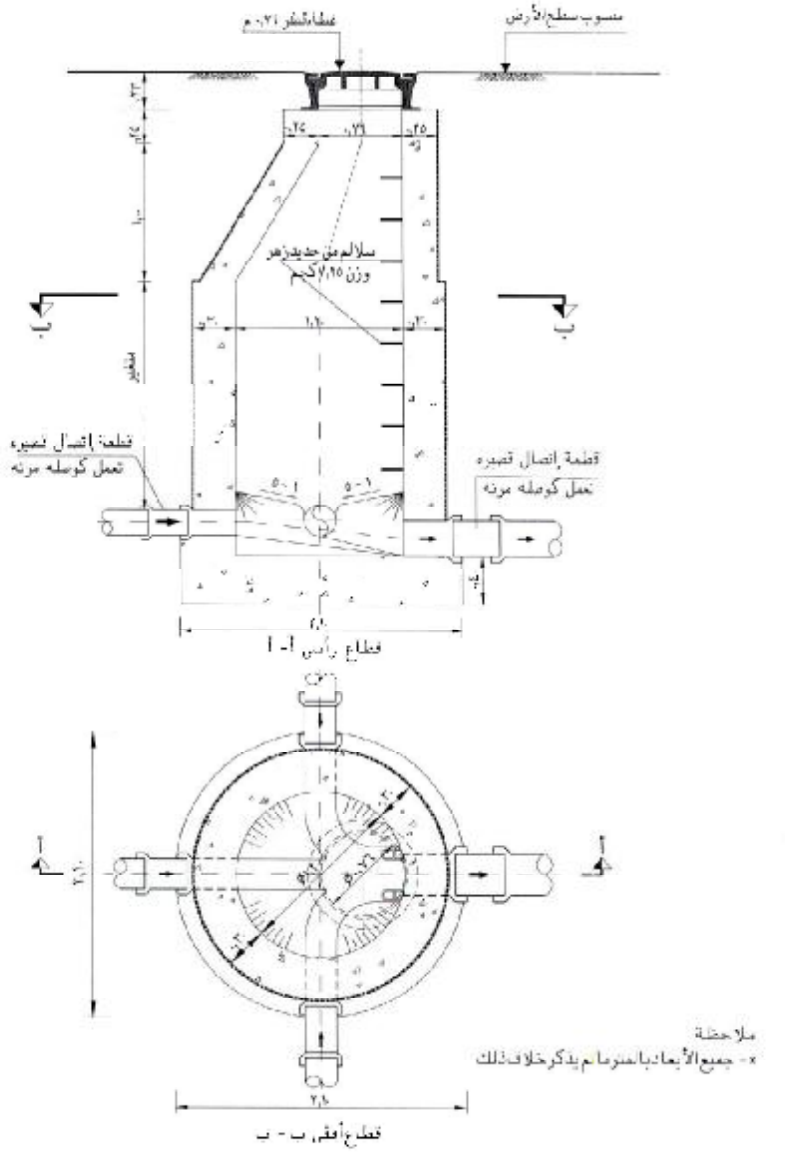




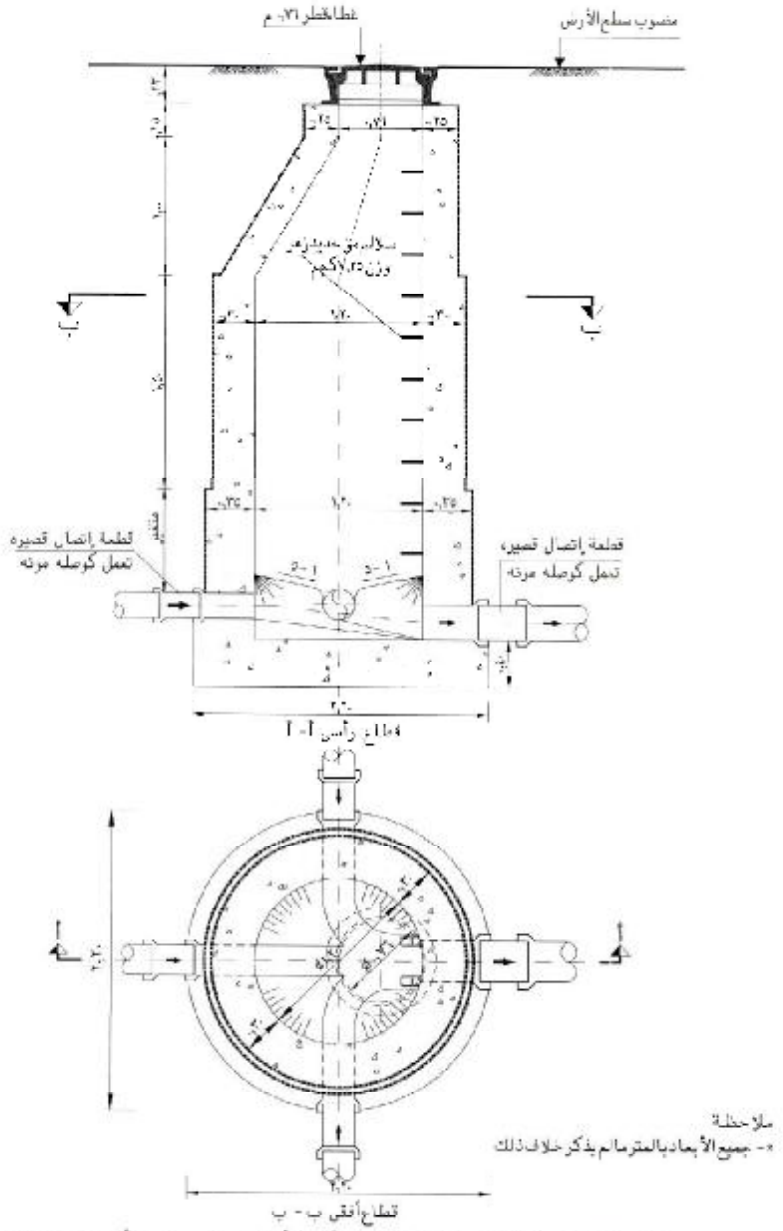
نموذج (أ) - شكل (٤-٣) مطبق دائرى لعمق أقل من ١,٤ مترا



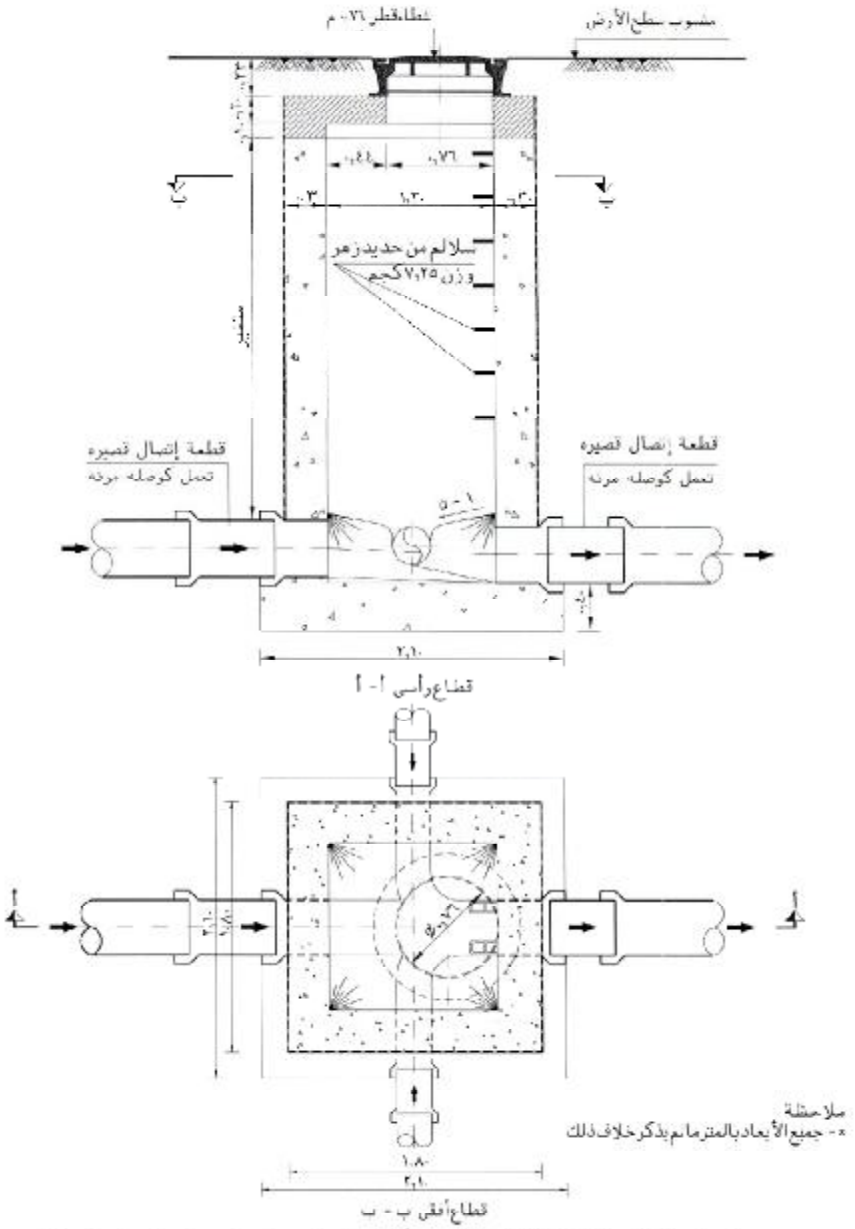
نموذج (ب) - شكل (٤-٤) مطبق دائرى لأقطار أقل من ٥٠٠مم ولعمق من ١,٥ إلى ٢,٥ مترا



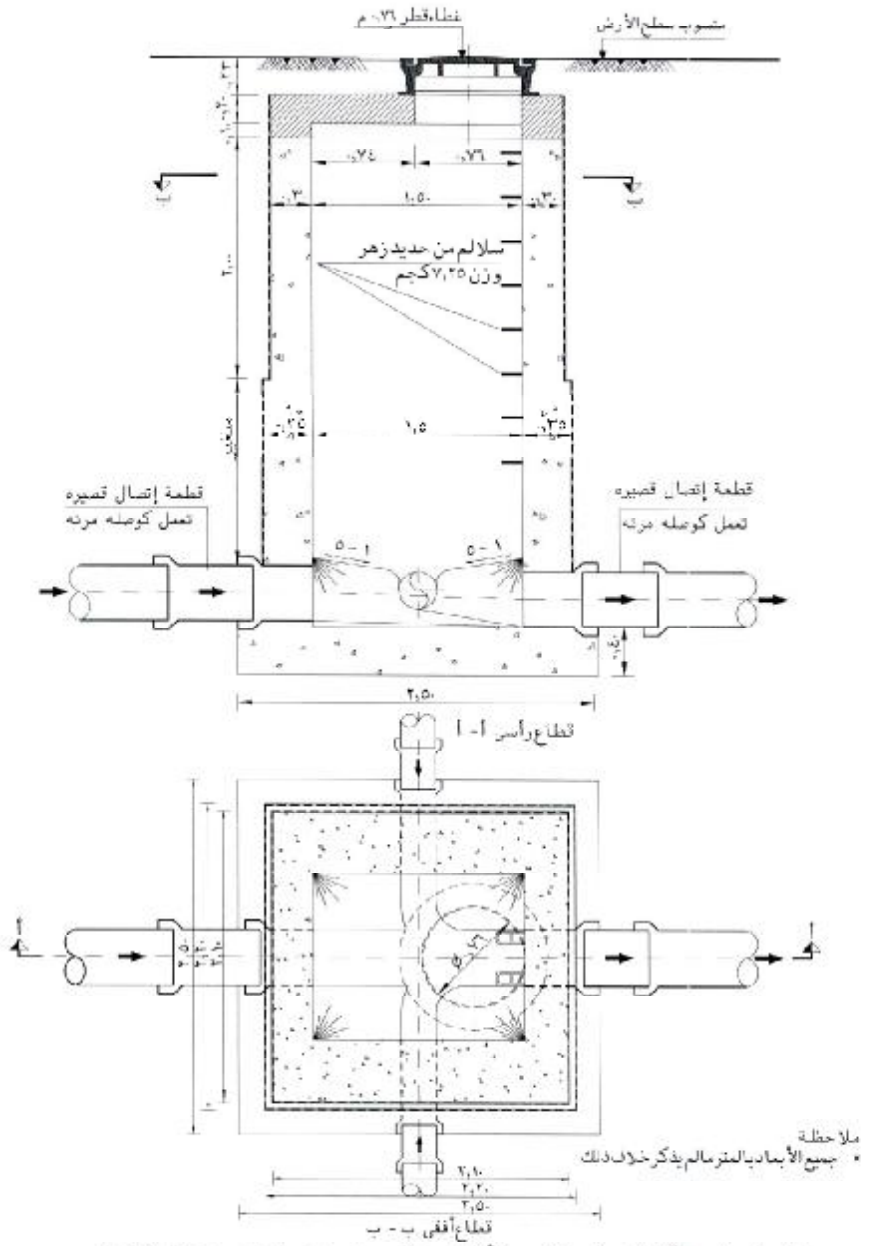
نموذج (جـ) - شكل (٤-٥) مصبق دائري لأقطار أقل من ٥٠٠مم ولعمق من ٢,٥ إلى ٣,٥ مترا



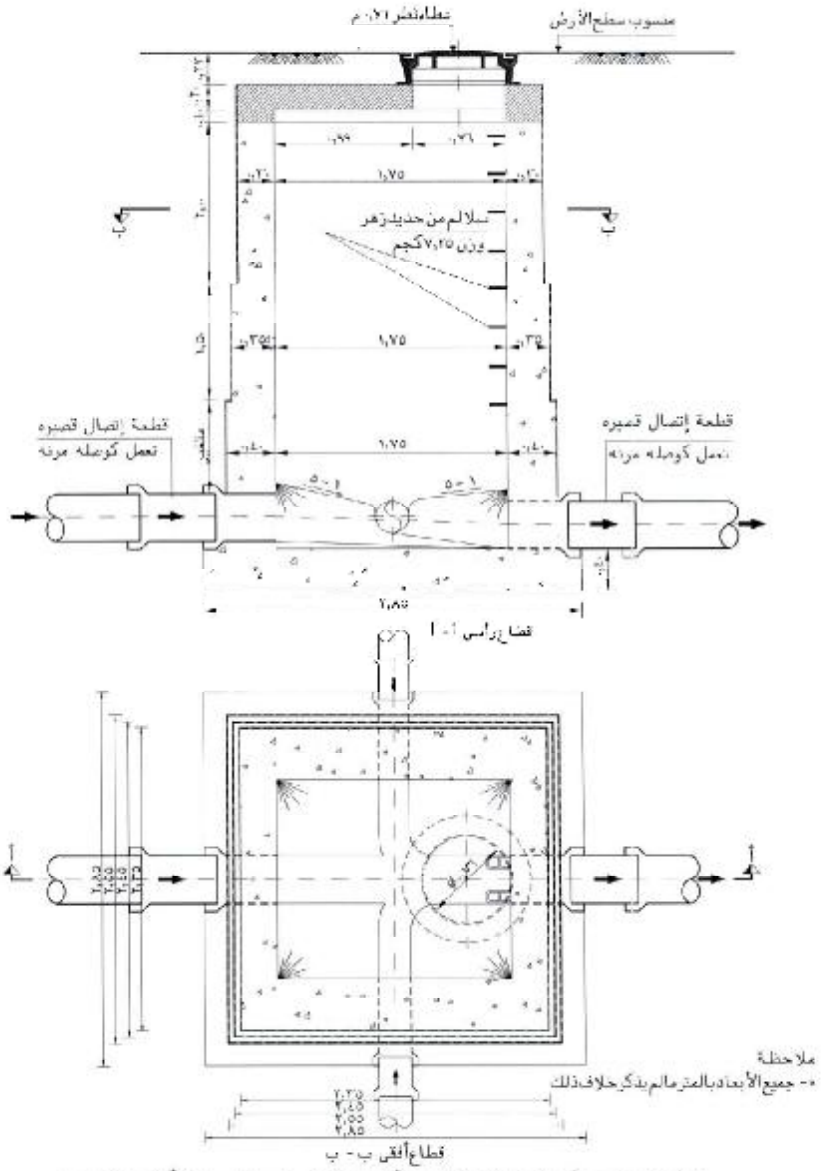
نموذج (د) - شكل (٤-٦) مطبق دائري لأقطار أقل من ٥٠٠مم ولعمق أكبر من ٣,٥ مترا



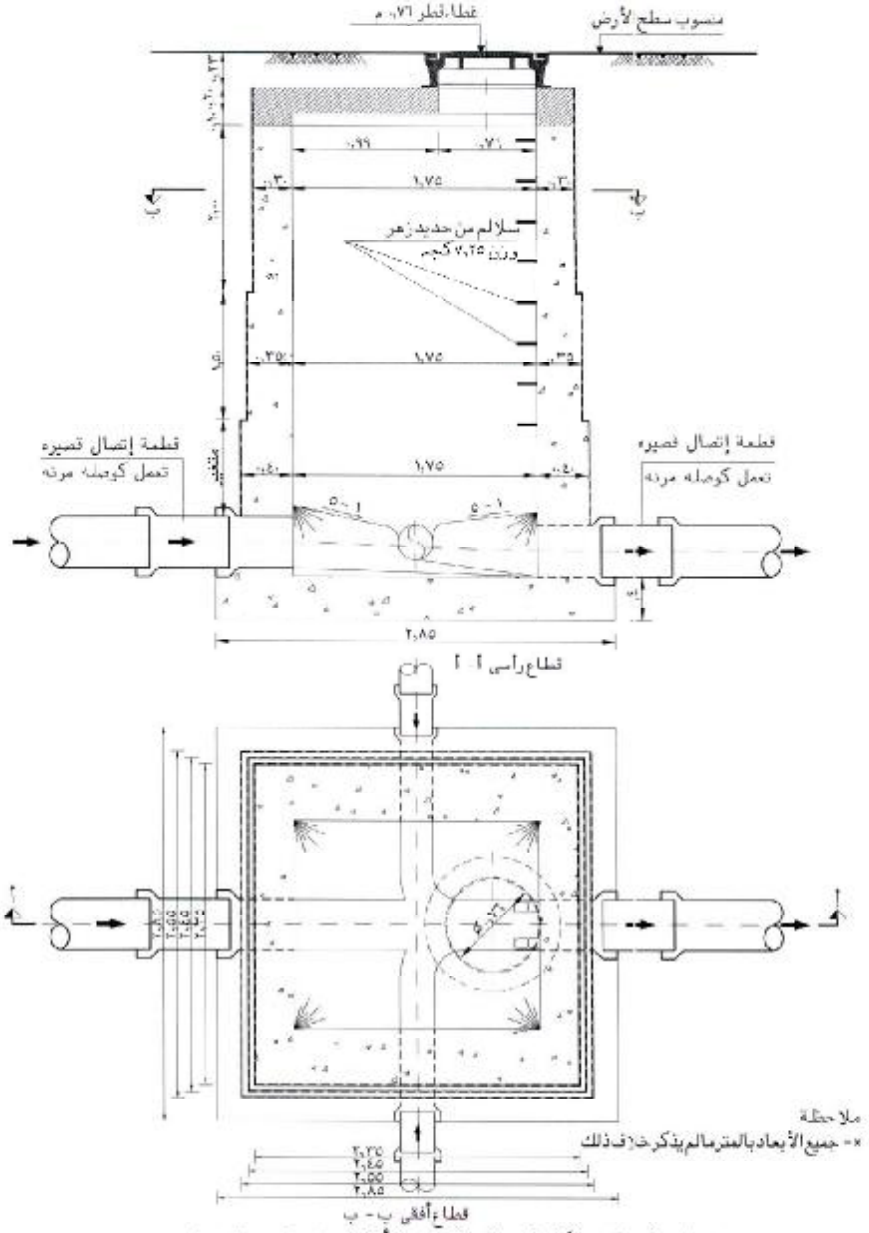
نموذج (هـ) - شكل (٤-٧) مطبق مربع لأقطار من ٥٠٠ مم إلى ٦٠٠ مم ولعمق حتى ٣,٠ مترا



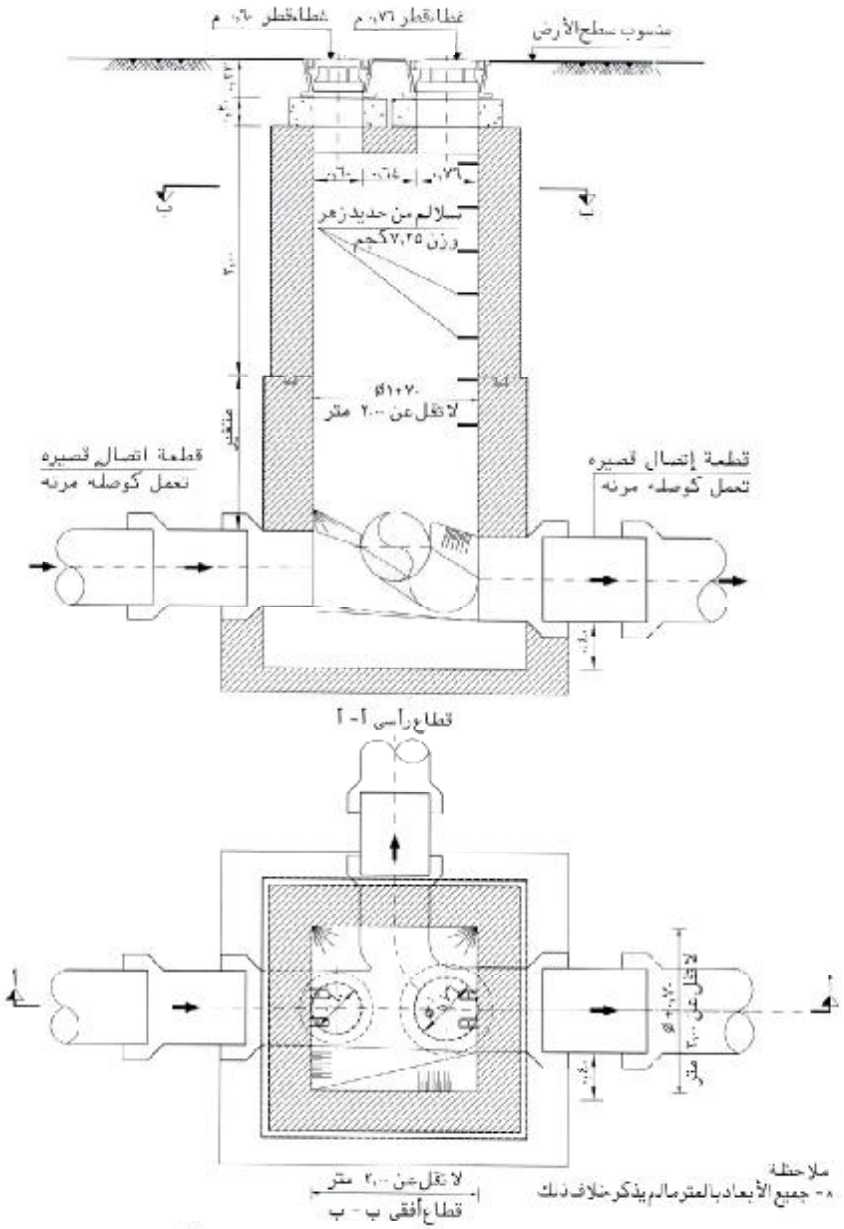
نموذج (و) - شكل (٤-٨) مطبق مربع لأقطار من ٥٠٠ مم إلى ٦٠٠ مم وعمق من ٣,٠ إلى ٤,٥ مترا



نموذج (ز) - شكل (٤-٩) مطبق مربع لأقطار من ٥٠٠مم إلى ١٠٠٠مم ولعمق أكبر من ٤,٥ مترا



نموذج (جـ) - شكل (٤ - ١٠) مطبق مربع لأقطار من ٦٠٠مم حتى ٨٠٠ مم



نموذج (ط) - شكل (٤-١١) مطبق مربع لاقطار ٩٠٠ مم وأكبر

- مطابق دائرية للمواسير ذات أقطار أقل من ٥٠٠مم وذات قطر داخلي ١,٢م وتستعمل لأعماق من١,٥-٢,٥ مترا، شكل (٤-٤).
- مطابق دائرية للمواسير ذات أقطار أقل من ٥٠٠مم وذات قطر داخلي ١,٢متر وتستعمل لأعماق من ٢,٥ -٣,٥مترا، شكل (٤-٥).
- مطابق دائرية للمواسير ذات أقطار أقل من ٥٠٠مم وذات قطر داخلي ١,٢متر وتستعمل لعمق أكبر من ٣,٥ مترا، شكل (٤-٦).
- مطابق مربعة للمواسير ذات أقطار من ٥٠٠ – ٦٠٠مم أبعادها الداخلية لا تقل عن ١,٢م وتستعمل لعمق حتى ٣,٠ مترا، شكل (٤-٧).
- مطابق مربعة للمواسير ذات أقطار من ٥٠٠ – ٦٠٠مم أبعادها الداخلية لا تقل عن ١,٥م وتستعمل لعمق من ٣,٠ – ٤,٥ مترا، شكل (٤-٨).
- مطابق مربعة للمواسير ذات أقطار من ٥٠٠ – ٦٠٠مم أبعادها الداخلية لا تقل عن ١,٧٥م وتستعمل لعمق أكبر من ٤,٥مترا، شكل (٤-٩).
- مطابق مربعة للمواسير ذات أقطار من ٦٠٠مم – ٨٠٠مم أبعادها الداخلية لا تقل عن ١,٧٥مترا، شكل (٤-١٠).
- مطابق مربعة للمواسير ذات أقطار ٩٠٠مم وأكبر أبعادها الداخلية لا تقل عن ٢,٠ مترا، شكل (٤-١١).
- مطابق مربعة أو مستطيلة تستخدم في المجمعات وتحدد أبعادها الداخلية طبقاً للقطر وعمق مواسير المجمع.
- مطابق ساقطة (هدارات) قطرها الداخلى لا يقل عن ١,٢م وتستعمل فى حالة تقابل ماسورتين إحداهما على عمق صغير والأخرى على عمق كبير بمسافة لا تقل عن ١,٠٠م وبذلك لا تصب الماسورة العليا فى تجويف المطبق وتصل الماسورة السفلى عن طريق ماسورة رأسية خارج تجويف المطبق محافظة على جسمه من النحر.

٤-٤-٤ ملحقات المطابق

- يتم تزويد قاع المطبق بخرسانة ميول ويتم تنفيذ قنوات نصف دائرية تحدد مسارات المياه مع عمل ميول في الخرسانة بنسب ١ : ١

- يتم تزويد المطابق بسلالم من الحديد الزهر بوزن لا يقل عن ٧,٢٥كجم للدرجة الواحدة لنزول وصعود عمال الصيانة ويتم تركيبها تبادلياً من خلاف كل ٣٥سم على الجانب الرأسي (العدل) بحيث يكون الجزء الداخل منها في الحائط بطول ٢٠سم والجزء البارز يتراوح ما بين ١٥ – ٢٠سم وعلى ألا تزيد المسافة بين آخر سلمه والبلشن على٥٠سم والمسافة بين منسوب ظهر الغطاء وأول سلمه لا تزيد على٥٠سم.
- تغطى المطابق بغطاء وإطار من الحديد الزهر بوزن لا يقل عن ٢٨٥كجم وبمقاس ٦٠سم للمطابق الدائرية وبوزن لا يقل عن ٣٥٠ كجم وبمقاس ٤٦سم للمطابق المربعة ومكتوب عليه أسم المدينة وسنة الصنع بالحروف البارزة ويتم تركيبها فوق ظهر المطبق بحيث يكون منسوب سطح الغطاء الزهر من أعلى مع متوسط منسوب السطح النهائي وفى حالة الطرق الترابية المهددة يكون منسوب سطح الغطاء من أعلى مع متوسط منسوب مداخل المنازل المجاورة.

٤ - ٤ - ٥ غرف التهدئة (Slowdown Chamber)

تنشأ غرف التهدئة فى نهاية خطوط الطرد قبل الدخول إلى المطابق وفائدتها تخفيض الضغط وتحويل الخط إلى خط انحدار ويجب أن يكون الاتجاه الطولى للغرفة المراد إنشاؤها فى نفس اتجاه مسار ماسورتى الدخول والخروج ويجب أن يكون قطر خط الانحدار بعد غرفة التهدئة أكبر من قطر خط الطرد وبميل مناسب بحيث يعطى سرعة أكبر من ٠,٦ م/ث عند امتلاء ٣/٢ قطر الماسورة وبطول لا يقل عن ٥ م. ويجب ألا يقل عرض الغرفة عن ثلاثة أمثال قطر ماسورة الانحدار أو ١,٢ م أيهما أكبر وطولها لا يقل عن ثلاثة أمثال العرض وتزود ماسورة الطرد عند إلتقائها بغرفة التهدئة بكوع ٤٥ درجة مقلوب لأسفل أو تزود الغرفة بهدار فى مواجهة مخرج خط الطرد.

جدول (٤-٨) تفاصيل نماذج المطابق طبقاً لأقطار المواسير وأعماقها المختلفة

عمق لمطبق (متر)	القطر الداخلي (متر)	نموذج	شكل	الأغطية الزهر		السلالم الزهر		ملاحظات
				الوزن (كجم)	القطر الداخلي (م)	الوزن (كجم)	المسافة (م)	
أقل من ١,٥	١,٠٠	أ	دائري	٢٨٥	٠,٦	٧,٢٥	٠,٣٥	للمواسير حتى ٤٠٠ مم (١٦ بوصة)
أكبر من ١,٥ وحتى ٢,٥	١,٢٠	ب	دائري	٢٨٥	٠,٦	٧,٢٥	٠,٣٥	
أكبر من ٢,٥ وحتى ٣,٥	١,٢٠	ج	دائري	٢٨٥	٠,٦	٧,٢٥	٠,٣٥	
أكبر من ٣,٥	١,٢٠	د	دائري	٢٨٥	٠,٦	٧,٢٥	٠,٣٥	
حتى ٣,٠٠ لأقطار ٥٠٠-٦٠٠مم أكبر من ٣,٠٠ وحتى ٤,٥ لأقطار ٥٠٠-٦٠٠مم أكبر من ٤,٥ لأقطار ٥٠٠-٦٠٠مم	١,٥٠	هـ	مربع	٣٥٠	٠,٧٦	٧,٢٥	٠,٣٥	للمواسير أكبر من ٤٠٠ مم (١٦ بوصة)
	١,٥٠	و	مربع	٣٥٠	٠,٧٦	٧,٢٥	٠,٣٥	
	١,٥٠	ز	مربع	٣٥٠	٠,٧٦	٧,٢٥	٠,٣٥	
لأقطار من ٦٠٠ – ٨٠٠مم ولأقطار ٩٠٠ مم وأكبر	١,٧٥ و٢,٠ وأكبر	ح ط	مربع	٣٥٠	٠,٧٦	٧,٢٥	٠,٣٥	تستخدم للمواسير قطر ٩٠٠ مم (٣٦ بوصة)

٤-٤-٦ غرفة الزيوت والشحوم (Grease and Oil Traps)

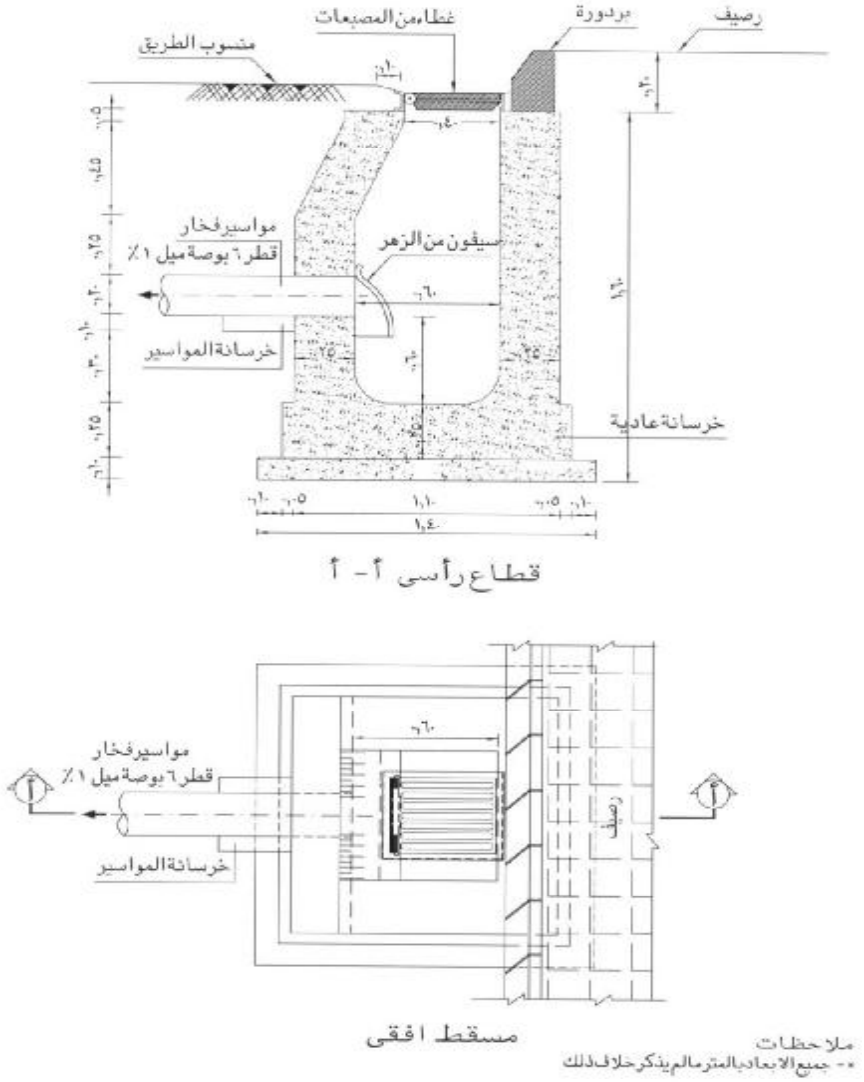
تنشأ هذه الغرف في حالة احتواء المخلفات السائلة على كمية كبيرة نسبياً من الزيوت والمواد الدهنية والغرض منها حجز هذه المواد قبل دخولها شبكة الصرف الصحي ويجب أن توضع هذه الغرف عند مخارج المنشآت التي تحتوى مخلفاتها على كمية كبيرة من الزيوت والشحوم والمواد الدهنية وتتكون الغرفة من قسمين أحدهما لإزالة الزيوت والشحوم والآخر لترسيب الرمال.

٤-٤-٧ بالوعات صرف مياه الأمطار

هى عبارة عن حجرات ذات غطاء به فتحات فى سطحها العلوى مفرد أو مزدوج يسمح بدخول الماء دون الأوراق والمخلفات، وتخرج منها المياه عن طريق مواسير صرف ذات قطر لا يقل عن ١٢٥مم (٥ بوصة) وبميل ١٠٠/١ وتصرف لأقرب مطبق فى شبكة الصرف ويجب وضع البالوعات فى الأماكن المنخفضة من الطريق على ألا تزيد المسافة بين بالوعتين متتاليتين على ٢٠٠م وطبقاً للقطاع العرضى للطريق حيث يتم وضع البالوعات على جانب واحد أو جانبين وتنشأ عند تقاطعات الطرق وعلى أن تكون بجوار الرصيف مباشرة ويجب أن يكون منسوب ماسورة المخرج أعلى بمقدار ٦٠سم من منسوب قاع البالوعة لضمان عدم خروج الرمال مع المياه وتزود بحاجز داخلى أو مشترك بمنع خروج المواد الطافية شكل (٤-١٢).

٤-٤-٨ أحواض الدفق (Flushing Tanks)

عبارة عن حوض يوضع تحت سطح الطريق فى بدايات شبكات الانحدار حيث تقل سرعة المياه والتى تؤدى إلى رسوب المواد العالقة فى المواسير ويجب أن يكون حجم الحوض كافياً لاستيعاب قدراً من الماء لا يقل عن حجم خمسين متراً طولياً من المواسير المتصلة به ويغذى الحوض بالماء من ماسورة مياه نظيفة يركب عليها صمام عوامة أو سيفون يفرغ أتوماتيكياً كلما امتلأ فيدفع الماء دفعة واحدة حيث تكرر هذه العملية مرة أو مرتين يومياً.



شكل (٤-١٢) نموذج بالوعة صرف مياه الأمطار

٤-٥ الروافع

يتم الرجوع الى كود الروافع للمياه وكود محطات الرفع في الصرف الصحي.

٤-٦ الخزانات العلوية

٤-٦-١ الغرض من الخزانات العلوية

يتم إنشاء الخزانات العلوية فى شبكات التغذية بالمياه لتحقيق الاغراض التالية:

- موازنة الفرق بين أقصى استهلاك وأقصى إنتاج للمياه خلال اليوم.
- مواجهة حالات الطوارئ الناتجة عن انقطاع التيار الكهربائى أو توقف الطلمبات المغذية للشبكة أو حالات الحريق.
- تحسين الضغوط فى الشبكات .

٤-٦-٢ أماكن الخزانات العلوية

توضع الخزانات العلوية على الخطوط الرئيسية فى الشبكة فى الأماكن التالية:

- المناطق المرتفعة من الشبكة وذلك لتوفير تكاليف الإنشاء.
- أقرب ما يمكن لنقاط الاستهلاك العالية وبصفة خاصة للمناطق الأكثر احتمالا لحدوث الحرائق.
- أمام أو بعد محطات طلمبات الضغط العالى لتثبيت الرافع المانومترى.

٤-٦-٣ حجم التخزين العلوي

يتم تقدير حجم التخزين العلوى من واقع المنحنى التجميعى للاستهلاك خلال اليوم الذى به أقصى استهلاك ومعدلات انتاج المياه وفترات توقف الطلمبات مع إضافة ٢٠% من احتياجات مياه الحريق.

وقد يصل حجم التخزين العلوى فى القرى الصغيرة إلى ٥٠% من متوسط الاستهلاك اليومى نتيجة توقف الطلمبات ليلا. أما فى المدن فتتراوح النسبة من ٥ إلى ٢٠% متناسبة عكسيا مع التعداد. ولحساب حجم التخزين العلوى بدقة يجب عمل تحليل هيدروليكى

للشبكة على مدار ٢٤ ساعة (Extended Period Simulation) يتم من خلاله حساب منسوب وحجم المياه المياه فى الخزان على مدار اليوم.

٤-٦-٤ أنواع التخزين العلوي

يمكن تقسيم الخزانات العلوية من حيث أسلوب التخزين إلى نوعين:

٤-٦-٤-١ خزانات التغذية

ويتم تغذية هذه الخزانات بواسطة خط وارد من شبكة الخطوط الناقلة المتصلة بمصدر التغذية. ثم تقوم هذه الخزانات بتغذية شبكات التوزيع من خلال خط منصرف من الخزان. ويفضل استخدام هذا النوع من الخزانات في حالة الشبكات الطويلة التي تغذى قرى منعزلة حتى لا يتسبب توصيل القرى القريبة بشبكات الخطوط الناقلة في ضعف الضغوط بها وعدم وصول المياه للقرى البعيدة.

٤-٦-٤-٢ خزانات الموازنة

ويتم توصيل هذه الخزانات بشبكات التوزيع الرئيسية من خلال خط واحد للوارد والمنصرف، وتستخدم في شبكات المدن ذات الشكل الشبكي.

الفصل الخامس
الأساسات للمواسير

٥ - ١ مقدمة:

يتطلب التصميم الإنشائي للمواسير أن تكون قوة تحمل الماسورة (حمل التهشيم) مقسوماً على معامل أمان مناسب يساوى أو يزيد على الأحمال الواقعة عليها ممثلة بوزن التربة وأى أحمال حية (الحمل الآمن).

ويشمل هذا الفصل طريقة حساب الأحمال على المواسير الصلبة والمرنة الناتجة من التربة والأحمال الحية والميتة والخارجية لجميع حالات التنفيذ سواء كانت الماسورة فى خندق أو على سطح التربة الطبيعية أو بطريق الأنفاق. كما يشتمل الفصل على أسلوب التأسيس للمواسير المُختلفة.

وفيما يلى تعريف للمصطلحات الهامة:

أ - **الأحمال الخارجية للماسورة:**
وهى عبارة عن وزن التربة فوق الماسورة بالإضافة إلى أى أحمال حية واقعة عليها.

ب - **حمل التهشيم: (Crushing strength)**
ويتم معرفته من نتائج الاختبار فى المعمل ووحداته كيلونيوتن / متر طولى (كيلونيوتن/م.ط) لكل نوع من المواسير.

جـ- **معامل الأمان: (Factor of Safety)**
وهو رقم أكبر من الواحد الصحيح والغرض منه استنتاج الحمل الآمن للماسورة.

د - **الحمل الآمن: (Safe Load)**
هو حمل التهشيم مقسوم على معامل أمان طبقاً للمواصفات القياسية لنوع الماسورة.

ويعتمد حساب الأحمال الواقعة على جسم الماسورة على نوعيتها من حيث الصلابة والمرونة. وتنقسم المواسير إلى ثلاثة أنواع:

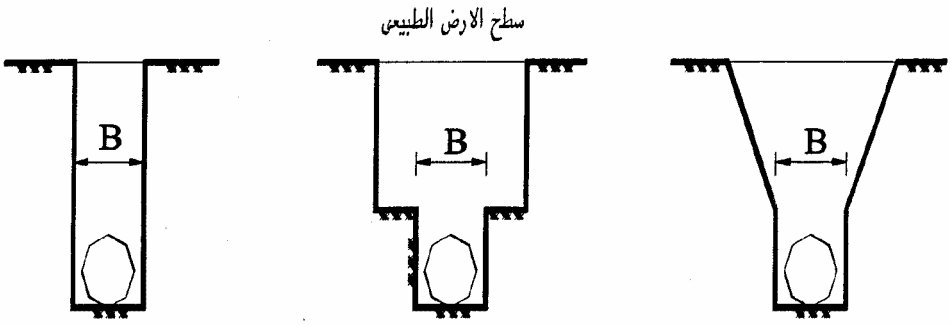
أ - المواسير المرنة	
١. بلاستيك (بولى كلوريد الفينيل غير الملدن) U.P.V.C	مرنة
٢. بولى إيثيلين عالى الكثافة H.D.P.E	مرنة
٣. بوليستر مسلح بألياف الزجاج G.R.P	مرنة
٤. صلب	مرنة
ب - المواسير النصف مرنة أو النصف صلبة	
١. زهر مرن (مطيل) – قطر أكبر من ٤٠٠ مم	شبه صلبة
٢. خرسانة (ذات الاسطوانة الصلب الملفوف حولها قضيب من الحديد) قطر أكبر من ٦٠٠ مم	شبه صلبة
جـ - المواسير الصلبة	
١. أسبستوس أسمنتى *	صلبة
٢. خرسانة سابقة الإجهاد (ذات اسطوانة داخلية من الصلب)	صلبة
٣. خرسانة سابقة الإجهاد (بدون اسطوانة داخلية)	صلبة
٤. خرسانة مسلحة ذات اسطوانة داخلية من الصلب	صلبة
٥. خرسانة عادية أو مسلحة (بدون اسطوانة داخلية)	صلبة
٦. خرسانة (ذات الاسطوانة الصلب الملفوف حولها قضيب من الحديد) لقطر أصغر من ٦٠٠ مم	صلبة
٧. زهر مرن (مطيل) – حتى قطر ٤٠٠ مم	صلبة
٨. فخار مزجج ذاتياً أو مزجج أو مطلياً بالطلاء الملحى	صلبة

*هذا المنتج لا يتم تصنيعه حاليا بجمهورية مصر العربية .

٥-٢ حالات تنفيذ الماسورة في الطبيعة:

أ - **الخندق: (Trench)**

وهو المجرى المنفذ في الطبيعة والذي يتم وضع الماسورة بداخله بحيث يكون عرض الخندق ضيق حول الماسورة نسبياً في التربة الطبيعية غير المقلقلة ويتم الردم عليها حتى سطح الأرض ويمثل الخندق أحد القطاعات الآتية:



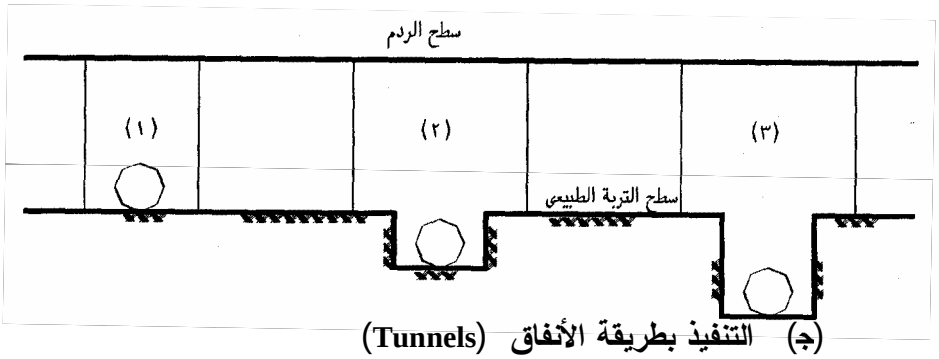
ب - الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو جسر أو خندق عريض: (Embankment)

ويتم تقسيم هذه الحالة إلى:

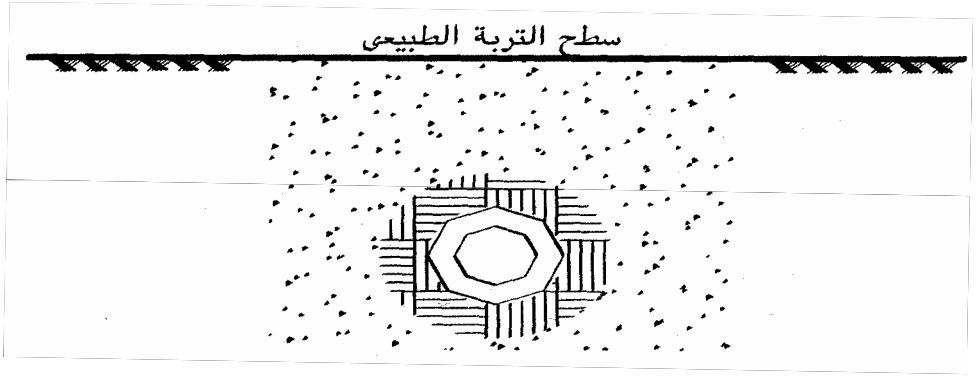
١ - حالة الراسم العلوى للماسورة أعلى من منسوب سطح الأرض الطبيعية.

٢ - حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب سطح الأرض الطبيعية.

٣ - حالة الراسم العلوى للماسورة أقل من منسوب سطح الأرض الطبيعية.



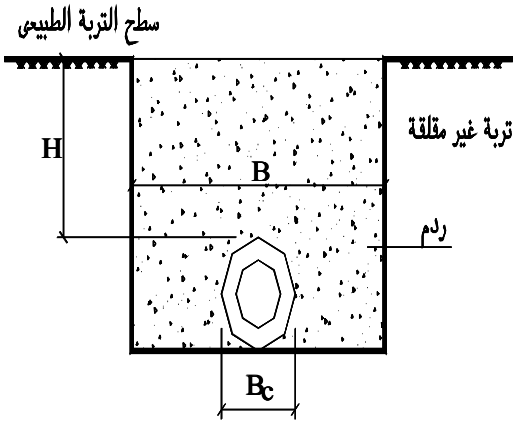
(ج) التنفيذ بطريقة الأنفاق (Tunnels)



٥-٣ حساب الأحمال الخارجية على الماسورة المدفونة أسفل منسوب سطح التربة الطبيعي ومنسوب سطح الردم يساوى منسوب سطح الأرض الطبيعي

٥-٣-١ الأحمال الناتجة من وزن التربة

٥-٣-١-١ حالة الخندق



تتوقف طريقة الحساب حسب نوع الماسورة

أ - حالة الماسورة الصلبة (Rigid Pipe)

تطبق معادلة مارستون:

$$W = C_1 w B^2$$

ب - حالة الماسورة المرنة (Flexible Pipe)

$$W = C_1 \, w B B_c$$

حيث :

W = الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

w = وزن وحدة الحجوم من الردم (كجم / م^3)

B = عرض الخندق عند السطح العلوى للماسورة (م)

B_c = القطر الخارجى للماسورة (م)

$$C_1 = \frac{(1-e^{-2k\mu`(H/B)})}{2K\mu`}$$

C_1 = ثابت = C_1

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2+1}-\mu}{\sqrt{\mu^2+1}+\mu}$$

μ = معامل الاحتكاك الداخلى لمادة الردم

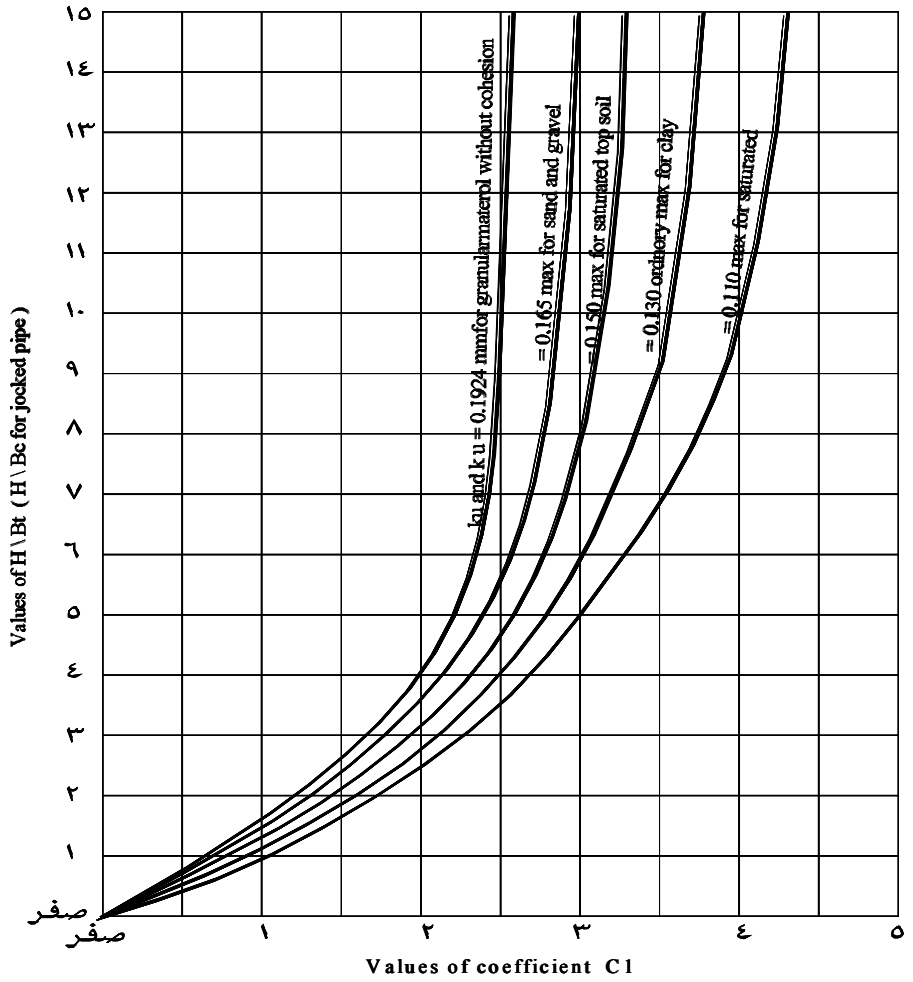
φ = زاوية الاحتكاك الداخلى لمادة الردم

$\mu`$ = معامل الاحتكاك الداخلى بين مادة الردم وجوانب الخندق

$\varphi`$ = زاوية الاحتكاك الداخلى بين مادة الردم وجوانب الخندق

H = عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربة (م)

ويمكن حساب قيمة "C" مباشرة من الشكل البيانى رقم (٣-١).



شكل (٥ - ١) الشكل البياني لحساب قيم "C_1"

٥ - ٤ حساب الأحمال الخارجية على الماسورة – سطح الردم أعلى من سطح الأرض الطبيعية:

٥ - ٤ - ١ الراسم العلوي للماسورة أعلى من منسوب سطح الأرض الطبيعية

Positive Projecting Conduits

تطبق معادلة مارستون لحالتي المواسير الصلبة والمرنة:

$$W = C_c w B_c^2$$

حيث :

W = الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

w = وزن وحدة الحجوم من التربة (كجم / م^3)

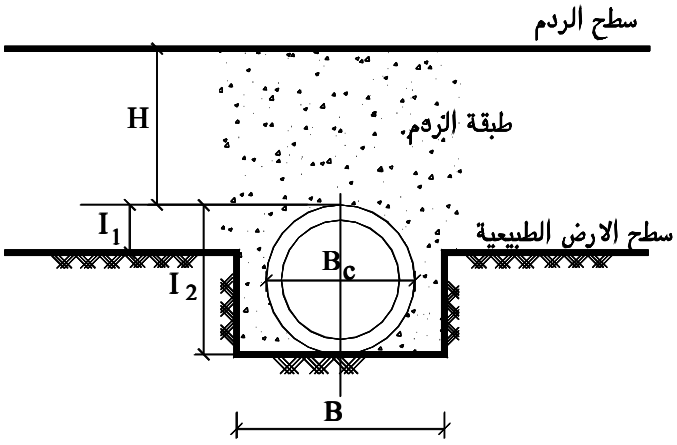
B_c = القطر الخارجى للماسورة (م)

C_c = معامل الوزن (ليس له وحدات) (شكل ٢)

H = عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (م)

P = نسبة الإسقاط ($P = I_1 / I_2$)

r_{sd} = نسبة الهبوط

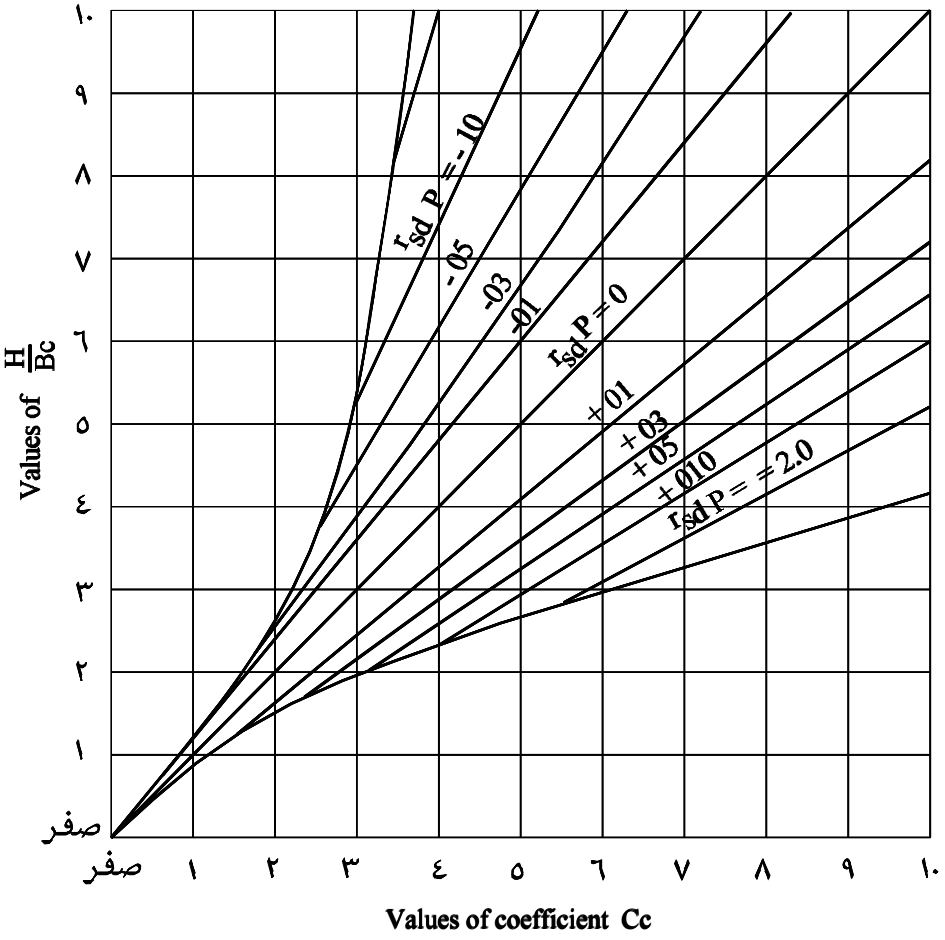


ومن الجدول (٥-١) يمكن تحديد قيمة (r_{sd})

ومن الشكل رقم (٥-٢) يحدد قيمة "Cc" ومنها قيمة "W"

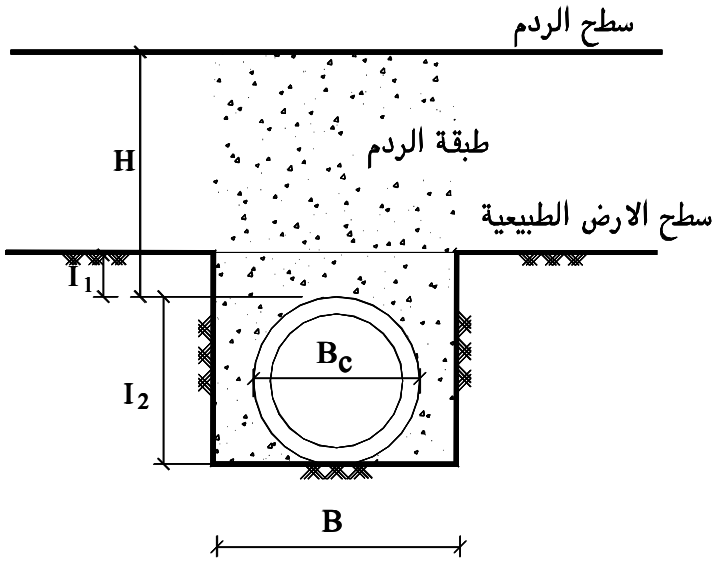
جدول (٥-١)

Type of Condiut	Soil Conditions	Settlement Ratio r_{sd}
Rigid	Rock or unyielding foundation	+ 1.0
Rigid	Ordinary foundation	+ 0.5 to + 0.8
Rigid	Yielding foundation	0 to + 0.5
Rigid	Negative projecting installations	- 0.3 to - 0.5
Flexible	Poorly-compacted side fils	- 0.4 to 0
Flexible	Well-compacted side fils	0



شكل (٥ - ٢) الشكل البياني لحساب قيم "C_C"

٥ - ٤ - ٢ الراسم العلوى للماسورة فى منسوب يساوى أو أقل من منسوب سطح الأرض الطبيعية
Negative Projecting Conduits



تطبق معادلة مارستون لحالتى المواسير الصلبة والمرنة:

$$W = C_n w B^2$$

حيث :

W = الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

w = وزن وحدة الحجوم من التربة (كجم / م^3)

B = عرض الخندق (م)

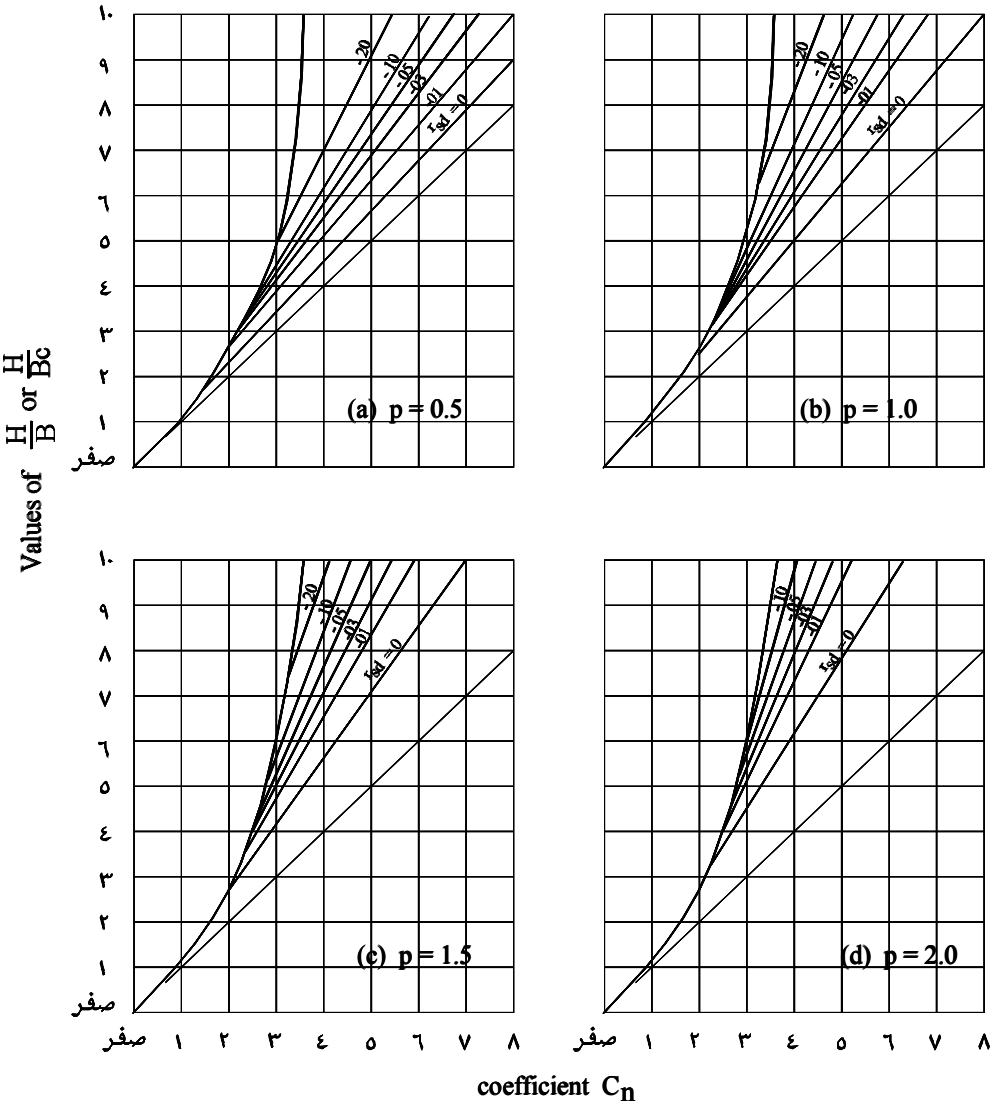
H = عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (م)

$P`$ = I / B = نسبة الإسقاط (ليس له وحدات) $I = I_1 + I_2$

C_n = معامل الوزن (ليس له وحدات)

r_{sd} = نسبة الهبوط وتؤخذ فى هذه الحالة (٠,٣٠)

ومن الشكل (٥-٣) يحدد قيمة "C_n" ومنها قيمة "W"

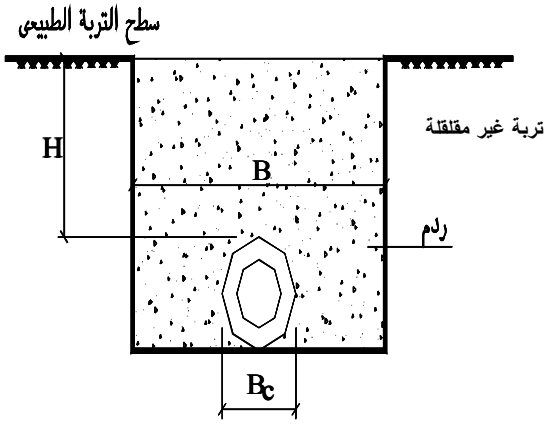


شكل (٥ - ٣) الشكل البياني لحساب قيم "C_n"

ملحوظة هامة:

- قبل البدء فى حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من وزن التربة يجب التأكد من كون الخندق ضيق فتحسب الأحمال حسب الحالة (أ) أو الخندق عريض فتحسب الأحمال حسب الحالة (ب).
- الحالة (أ) حساب الأحمال الخارجية على الماسورة فى حالة الخندق.
- الحالة (ب) حساب الأحمال الخارجية على الماسورة فى حالة الردم.

وللتأكد من ذلك تتبع الخطوات الآتية:



١ - تحديد قيم (r_{sd}, B, B_C, H)

٢ - تحسب قيم $(H / B_C, P)$

٣ - من الشكل (٥-٤) تستنتج قيمة (B_d / B_C)

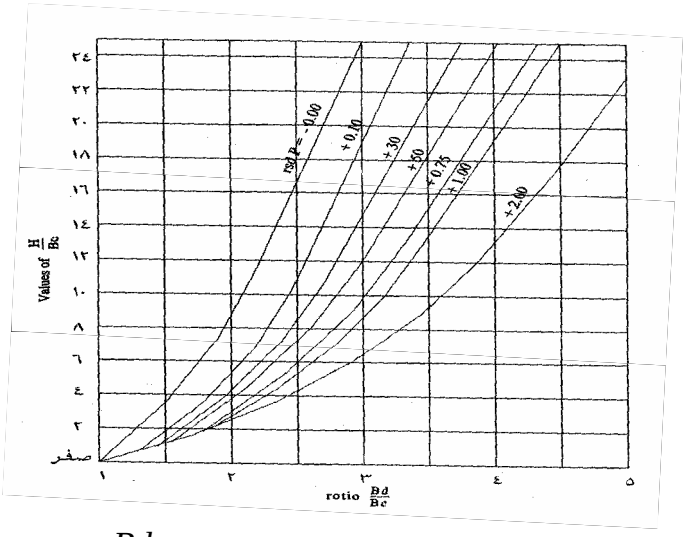
٤ - بمعرفة (B_C) يتم حساب (B_d)

٥ - هناك حالتين $(B<B_d)$ فيكون الخندق ضيق وتتبع الحالة الموضحة بالبند (٥-٤-١)

$(B<B_d)$ فيكون الخندق عريض وتتبع الحالة الموضحة بالبند (٥-٤-٢)

(H / B_C) حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب الأرض الطبيعية

(H / B) حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب أقل من منسوب الأرض الطبيعية.



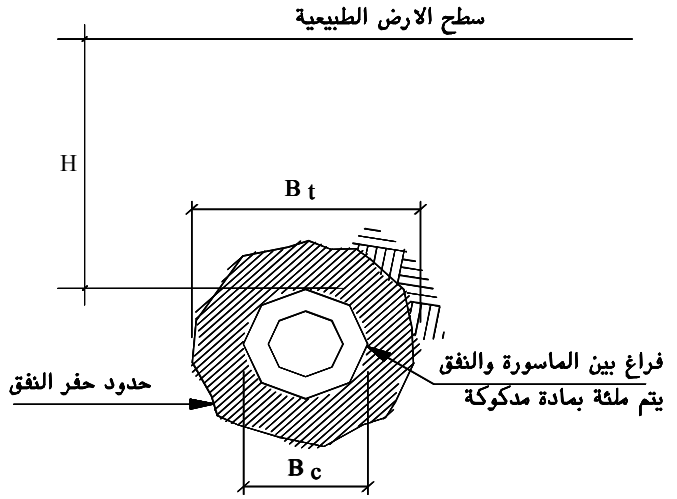
شكل (٥ - ٤) الشكل البياني لحساب قيم "$\frac{Bd}{B_C}$"

٥ - ٥ حساب الأحمال فى حالة عمل أنفاق أو قمصان حول المواسير:

وتكون هذه الطريقة فى حالة التنفيذ بطريقة الأنفاق وذلك فى حالة تراوح العمق بين (٩ - ١٢ متر) من سطح الأرض ويتم عمل قميص للماسورة.

وبتطبيق معادلة مارستون فى حالتى المواسير الصلبة والمرنة:

$$W = C_t w_t (wB_t \ 2C)$$



حيث:

حيث :

W = الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

w = وزن وحدة الحجوم من التربة (كجم / م^3)

B_t = القطر الداخلى للنفق (فى حالة الأنفاق) (م)

B_c = القطر الخارجى للنفق (فى حالة القمصان) (م) $B_c = B_t$

C = معامل التماسك للتربة (كجم / م^2)

C_t = معامل الوزن (ليس له وحدات)

H = عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (م)

ويوصى بالقيم التالية لمعامل التماسك "C" المعطاة في الجدول (٥-٢) وذلك لأنواع التربة المختلفة.

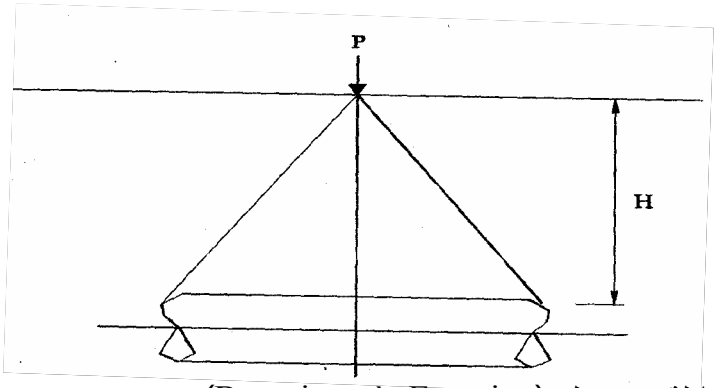
جدول (٥-٢) معامل التماسك"C" لأنواع التربة المختلفة

Material	Values of C	
	(Ibs./sq.ft.)	(kg/cm^2)
Clay, very soft	40	0.02
Clay, medium	250	0.12
Clay, hard	1000	0.49
Sand, loose dry	0	0.00
Sand, silty	100	0.05
Sand, dense	300	0.15
Top soil, saturated	100	0.05

٥-٦ حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية:

٥-٦-١ الحمل المركز (Concentrated Load)

(مثل عجلات السيارات وما فى حكمها)



وتطبق معادلة بوسينسك (Boussinesq`s Equation)

$$W = C_S (P\ F) / L$$

حيث :

W = الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

P = الحمل المركز (كجم)

F = معامل الصدم (ليس له وحدات)

C_S = معامل الوزن (ليس له وحدات)

H = عمق الماسورة من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربة الطبيعية (م)

L = الطول الفعال للماسورة (م)

- وتؤخذ قيمة "L" = ٠,٩ متر للمواسير ذات طول أكبر من ٠,٩ (م)
- وتؤخذ قيمة "L" = الطول الفعلى للماسورة وذلك بالنسبة للمواسير ذات طول أقل من ٠,٩ (م)
- وتحدد قيمة "F" من الجدول (٥-٣) وذلك طبقاً لحالة المرور فى المنطقة.
- ويحدد قيمة "C_S" من الجدول رقم (٥-٤)

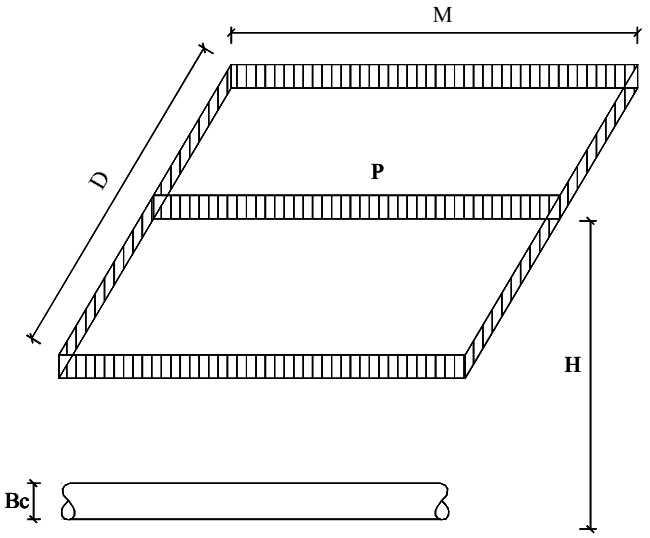
جدول (٥-٣) معامل الصدم (F)

Traffic Type	F
Highway	1.50
Railway	1.75
Airfields:	
Runways	1.00
Taxiways, aprons, hand stands	1.50

جدول (٥-٤) قيم معامل الوزن (C_s)

D/2H Or B_c/2H	M/2H or L/2H													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	5.0
0.1	0.019	0.037	0.053	0.067	0.079	0.080	0.097	0.103	0.108	0.112	0.117	0.121	0.124	0.128
0.2	0.037	0.072	0.130	0.131	0.155	0.174	0.180	0.202	0.211	0.219	0.229	0.238	0.244	0.248
0.2	0.053	0.103	0.149	0.190	0.244	0.252	0.274	0.292	0.306	0.318	0.333	0.345	0.355	0.360
0.4	0.070	0.131	0.190	0.241	0.284	0.320	0.349	0.373	0.391	0.405	0.425	0.440	0.454	0.460
0.5	0.079	0.155	0.224	0.284	0.336	0.379	0.414	0.441	0.463	0.481	0.505	0.525	0.540	0.548
0.6	0.080	0.174	0.252	0.320	0.379	0.428	0.467	0.499	0.524	0.544	0.572	0.596	0.613	0.624
0.7	0.097	0.189	0.274	0.349	0.414	0.467	0.511	0.546	0.584	0.597	0.628	0.650	0.674	0.688
0.8	0.103	0.202	0.292	0.373	0.441	0.499	0.546	0.584	0.615	0.639	0.674	0.703	0.725	0.740
0.9	0.108	0.211	0.306	0.391	0.463	0.524	0.574	0.615	0.647	0.673	0.711	0.742	0.766	0.784
1.0	0.112	0.219	0.318	0.405	0.481	0.544	0.597	0.639	0.673	0.701	0.740	0.774	0.800	0.816
1.2	0.117	0.229	0.333	0.425	0.505	0.572	0.628	0.674	0.711	0.740	0.783	0.820	0.849	0.868
1.5	0.121	0.238	0.345	0.440	0.525	0.596	0.650	0.703	0.742	0.774	0.820	0.861	0.894	0.916
2.0	0.124	0.244	0.355	0.454	0.540	0.613	0.674	0.725	0.766	0.800	0.849	0.894	0.930	0.956
*Influence coefficients for solution of Holl's and Newmark's integration of the Boussinesq equation for vertical st														

٥-٦-٢ الأحمال الموزعة (Distributed Load)



$$W = C_S \; P \; F \; B_C$$

حيث :

W	=	الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)
P	=	الحمل الموزع (كجم/م^2)
F	=	معامل الصدم (ليس له وحدات)
B_C	=	القطر الخارجى للماسورة (م)
C_S	=	معامل الوزن (ليس له وحدات)
D , M	=	أبعاد المساحة التى يؤثر عليها الحمل الموزع (م)
L	=	الطول الفعال للماسورة (م)

- وتحدد قيمة "C_S" من الجدول (٥-٤)
- وهناك حالة المواسير تحت خطوط السكة الحديد فيتم اعتبارها أحمال موزعة حيث يتم توزيع وزن القاطرة على مساحة تساوى طول القاطرة فى طول الفلنكات بالإضافة إلى ٣٠٠ كجم/م ط هى وزن السكة.

٥-٧ التأسيس للمواسير:

٥-٧-١ التأسيس للمواسير الصلبة (Rigid Pipes Bedding)

توضـــع فرشـــة من الرمل المتدرج النظيف أو من السن (مقاس اعتباري) من (١٠-١٦مم) كطبقة تأسيس أسفل المواسير. وتؤخذ طبقة التأسيس بسمك ٢٥ سم للمواسير ذات قطر أقل من ١٠٠٠ مم وبسمك ٣٠ سم للمواسير أكبر من ١٠٠٠ مم.

يتم الردم حول المواسير وأعلاها حتى ٣٠ سم على الأقل فوق الراسم العلوى باستخدام رمل نظيف ولابد من الدمك الجيد للتربة على جانبى الماسورة.

طبقة الردم فوق ظهر الماسورة مباشرة من الضرورى أن تدمك يدوياً وبدون استخدام معدات ثقيلة.

٥-٧-٢ التأسيس للمواسير المرنة (Flexible Pipes Bedding)

مقاومة المواسير المرنة للأحمال الخارجية تنتج من مقاومة جسم الماسورة بالإضافة إلى مقاومة ضغط التربة السلبى (Passive) الناتج من انبعاج جسم الماسورة وحركة جوانبها فى اتجاه التربة. ويكون انهيار الماسورة ناتج من الانبعاج وحدوث انهيار فى الجدار.

وبالتالي فعند تصميم المواسير المرنة يؤخذ فى الاعتبار مصادر انبعاج الماســـورة تحت تأثير الأحمال الخارجية. ويؤخذ فى الاعتبار مقدار الانبعاج لا يزيد عنه ٥ % من القطر الأسمى للماسورة (Nominal Pipe Diameter).

والمعادلة الآتية تعطى طريقة حساب الانبعاج تحت تأثير وزن التربة:

$$\Delta X = D_e \frac{K W_C r^3}{E I + 0.06_4 E` r^3}$$

حيث :

ΔX = الانبعاج الرأسى والأفقى لمقطع الماسورة (م)

D_e = معامل الانبعاج (ليس له وحدات) ويعبر عن مقدار الانبعاج المستمر فى الماسورة عند تحميلها لفترة زمنية معينة وتؤخذ قيمة (١,٢٥-١,٥٠)

K = ثابت التأسيس (ليس له وحدات) ويمكن أن يؤخذ بقيمة متوسطة ٠,١

W_C = الوزن الرأسى على الماسورة (كجم/م)

r = نصف القطر المتوسط للماسورة (م)

E = معامل المرونة لجسم الماسورة (كجم/م^2)

I = عزم القصور الذاتى لوحدة الطول لمقطع الماسورة (م^4/م)

$E`$ = معامل رد فعل التربة (كجم/م^2) ويتوقف على نوعية التربة ودرجة دمكها حول الماسورة (جدول (٥-٥)).

يتم تحديد قيمة (EI) للمواسير من الاختبار المعملى وهــو اختبــار اللوحين المتوازيين حيث يتم تعيين قيمة جساءة الماسورة (Pipe Stiffness) (P S) كجم/سم^2.

$$PS = F / \Delta X$$

حيث :

F = الحمل عند حدوث انبعاج (ΔX) يساوى ٥ % من القطر لكل ١ ســم من طول قطعة الاختبار

EI = معامل الجساءة (Stiffness Factor) ويعين من العلاقة الآتية:

$$EI = 0.149\ r^3\ (PS)$$

وذلك طبقاً للمواصفات القياسية المصرية. وفى حالة عدم إجراء الاختبار تؤخذ قيمة (P_S) من المواصفات الخاصة بنوعية المواسير.

يراعى أن كفاءة المواسير المرنة تعتمد بدرجة ملحوظة على كفاءة الدمك لتربة التأسيس حول المواسير ويمكن أن يتم التأسيس للمواسير المرنة باستخدام تربة من الرمل الجيد التدرج أو خليط جيد التدرج من الرمل والزلط / السن أو من الزلط/السن الجيد التدرج (ولا يتعدى حجم الحبيبات عموماً ٢٠مم) ويؤخذ سمك طبقة التأسيس أسفل المواسير مساوى لربع قطر الماسورة على ألا يقل عن ١٥سم. ويتم الردم حول المواسير وحتى أعلى الراسم العلوى للمواسير بمسافة ٣٠ سم باستخدام نفس التربة المستخدمة فى التأسيس أسفل وحول المواسير.

وتنفذ تربة التأسيس والردم حول المواسير على طبقات ولا يتعدى سمك الطبقة ٢٥ سم وتدمك كل طبقة إلى درجة دمك نسبى لا تقل عن ٩٠% من تلك المحددة معملياً طبقاً لاختبار بروكتور المعدل مع مراعاة الاشتراطات الخاصة بالشركات المنتجة للمواسير.

جدول (٥-٥) يحدد قيمة ($E`$) لأنواع التربة المختلفة

TABLE 5 Bureau of Reclamation Values Of ($E`$) for lowa Formula (for lnitial Flexible Pipe Deflection)				
	($E`$) for Degree of Compaction of Bedding ($lb/in.^2$)			
Soil type-pipe bedding material (Unified Classification System)	Dumped	Slight, <85% Proctor, > 40 % Relative Density	Moderate, 85% - 95% Proctor, 40% - 70% Relative Density	High > 95 % Proctor, > 70 % Relative Density
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Fine-grained soils (LL > 50) Soils with medium to high plasticity *CH , MH*	No data available; consult a competent Soil engineer; Otherwise use $E`=o$			
Fine-grained soils (LL < 50) Soils with medium to no plasticity *CL, ML, ML / CL* with less than 25% coarse-grained particles	**kPa** (*lb / in.*^{2}) 345 (50)	**kPa** (lb / in.^{2}) 1,379 (200)	**kPa** (*lb / in.*^{2}) 2,758 (400)	**kPa** (*lb / in.*^{2}) 6.895 (1,000)
Fine-grained soils (LL < 50) Soils with medium to no plasticity *CL, ML, ML / CL* with more than 25% coarse-grained particles coarse-grained soils with fines *GW, GP, SW, SP* Contains less than 12% fines	690 (100)	2,758 (400)	6.895 (1,000)	13.790 (2,000)
coarse-grained soils with little or no fines *GW, GP, SW, SP* Contains less than 12% fines	1,379 (200)	6,895 (1,000)	13,790 (2,000)	20,685 (3,000)
Crushed rock	6,895 (1,000)	20,685 (3,000)	20,685 (3,000)	20,685 (3,000)

الفصل السادس
نظم الحماية من المطرقة المائية

٦-١ تعريف المطرقة المائية

يؤدى التغيير فى سرعة سريان السائل فى المواسير إلى تذبذب ديناميكى لحظى فى ضغط السائل المنقول ويحدث ذلك نتيجة:

- تغير سريع فى تشغيل المحابس.
- بداية تشغيل وإيقاف الطلمبات.
- نظم التحكم فى محطات الرفع.
- إيقاف الطلمبة نتيجة انقطاع التيار.

والهدف هو عمل الحماية المطلوبة من خلال دراسة المرحلة الانتقالية للسائل بهدف المحافظة على التذبذب فى الضغط ضمن الحدود الآمنة.

ويمكن حساب الزيادة فى الضغط بمعادلة جاوكوسكى.

$$\Delta H = \pm \frac{a}{g} \Delta U$$

حيث :

ΔU = التغير فى السرعة م/ث

a = سرعة موجة الضغط م/ث

g = عجلة الجاذبية م/ث

- يحدث التغير فى الضغط فى حالة أن التغير فى السرعة يحدث فى زمن (Δt)

$$\Delta t = \frac{2L}{a}$$

حيث :

L = طول الخط

٦ - ٢ الوصف المبسط للضغط الناتج من المطرقة المائية

١ - إذا كانت ماسورة صلبة بها سائل بسرعة لحظية متغيرة

التغير فى السرعة م/ث $\Delta U = 1 m/\sec$

سرعة موجة الضغط م/ث $a = 1200 m/\sec$

ضغط التشغيل $H_o = 5 \ bar$

∴التغير فى الضغط $\Delta H = \frac{1200 x 1}{9.71} \approx 120 ms = 12 \ \text{bar}$

الضغط الكلى الأقصى $H_{\max} = 5 + 12 = 17 bar$

٢ - يتحول الضغط الناتج من المطرقة إلي جهد على طول الماسورة فى زمن.

$$\frac{L}{a} = \frac{\Delta t}{2}$$

حيث :

Δt = الزمن اللازم لذهاب وعودة الموجة

ينتج ضغط زائد عن خط التشغيل يساوى (ضغط التشغيل + ضغط الموجة) ($\Delta H + Ho$) وذلك فى الاتجاه الموجب لسريان الموجة ($v+$) حتى مكان توقف الموجة. وعند تحرك الموجة فى الاتجاه المعاكس ($v-$) يكون الضغط الناتج ($Ho - \Delta H$).

ونتيجة الحركة الموجبة والسالبة للموجة يعاد الضغط الى الحالة الأصلية وذلك بعد زمن $\frac{2L}{a}$.

وبذلك يمكن كتابة المعادلة جاوكوسكى بصورة أخرى $\Delta H = \frac{L}{g} \bullet \frac{\Delta U}{\Delta t}$

وهى توضح أن التغير فى ضغط السائل يتناسب مع التغير فى معدل تغير سرعة السائل:

مثال : بفرض طول الماسورة $L = 4800 \ m$

فإن زمن الرحلة الواحدة للموجة ذهابا وايابا هو:

$$\Delta t = \frac{2L}{a} = 2.\frac{4800}{1200} = 8 \ \text{Sec}$$

فإذا تم غلق المحبس فى زمن قصير: Sec $\Delta t = 5$

فإن معدل تغير الضغط بالماسورة نتيجة غلق المحبس يكون:

$$\Delta H = \frac{4800}{9.81} x \frac{1}{5} = 98 \quad m$$

أما إذا تم غلق المحبس فى زمن أطول: Sec $\Delta t = 30$

فإن معدل تغير الضغط بالماسورة يكون: $\Delta H = \frac{4800}{9.81} x \frac{1}{30} = 16 \quad m$

ولذا فإنه يفضل أن يكون زمن غلق المحبس على الأقل من مرتين إلى ثلاث مرات زمن انتقال الموجة ذهابا وإيابا.

٦-٣ حالات حدوث المطرقة المائية

٦-٣-١ عند غلق محبس موجود عند نهاية الماسورة

- يؤدى إلى تولد موجة ضغط موجبة عند مكان المحبس ترتد سالبة عند أول الماسورة.
- ويراعى عند تصميم الماسورة ألا يزيد ضغط الناتج عن المطرقة المائية عن الضغط الأسمى لها، كما يلزم أن يكون زمن غلق المحبس (ts) أكبر من زمن رحلة الموجة.

$$\Delta t = \frac{2L}{a} \qquad ts > \Delta t$$

٦-٣-٢ حالة توقف فجائى لطلمبة

- يؤدى إلى تولد موجة ضغط سالبة عند مكان الطلمبة ترتد موجبة عند نهاية الماسورة حيث يحدث زيادة فى الضغط بعد زمن رحلة لموجة الضغط ($\frac{2L}{a}$)
- ويلزم التحقق من أن الضغط المنخفض الناتج عن الموجة السالبة وكذلك الضغط الزائد الناتج عن الموجة الموجبة فى الحدود المسموح بها. حيث قد يؤدى الضغط السالب إلى انهيار المواسير ويؤدي نقص الضغط أقل من الضغط الجوى إلي تبخر المياه وتآكل الطلمبات (Cavitation).

- لمنع انخفاض الضغط في المواسير عن الضغط الجوي $(-ve)$
- لمنع زيادة الضغط في المواسير عن تحمل المواسير $(+ve)$

ويمكن تصنيف المهمات على أنها للحماية من المطرقة المائية:

- مصنعه من أجزاء مرنة
- تعمل برد فعل بطئ
- تعمل على زيادة الضغط بالماسورة (فى الحالة السالبة) أو الحد من الضغط الزائد فى الحالة الموجة.

وفيما يلى النظم المستخدمة :

١ - خزان الهواء.
٢ - الماسورة الرأسية.
٣ - الطارة الدوارة.
٤ - ماسورة رجوع المياه مزودة بمحابس أمان.
٥ - محبس الهواء.
٦ - الخزان ذو الاتجاه الواحد.
٧ - إضافة محابس عدم رجوع على مواسير رجوع للمياه على الخط.
٨ - محابس القفل ونظام التحكم فى زمن القفل.
٩ - خزان تصريف الضغط.

٦-٤ طرق حساب الضغط الموجب والسالب فى حالة حدوث المطرقة المائية

يتم استخدام برامج متخصصة بإدخال بيانات التشغيل للمشروع تحت الدراسة سواء لمواسير النقل أو لشبكات التوزيع حيث تظهر قيم الضغوط الموجبة والسالبة فى حالة النقل أو التوزيع حسب ضغوط وظروف التشغيل. ويفضل عدم السماح بزيادة الضغط الموجب عن ٥٠٠٪ من ضغط التشغيل للماسورة وحسب نوع مادة الماسورة أما الضغط السالب فلا يزيد عن ١ جوى حيث يؤدى إلى إجهادات في جسم الماسورة المرنة كما يؤدى إلى التأثير على وصلات المواسير .

الفصل السابع
الحماية الكاثودية للمواسير

٧-١ مقدمة :

تتعرض المواسير الحديدية المستخدمة فى شبكات مياه الشرب والصرف الصحى للتآكل عند استخدامها فى وسط الكتروليتى كما فى حالة التربة التى تحتوى على أملاح حمضية أو قاعدية مع وجود نسبة من الرطوبة والتى يتم تصنيفها بالتربة العدوانية أو شديدة العدوانية ويحدث التآكل نتيجة تفاعلات كهروكيميائية بين أجزاء المواسير المعرضة مباشرة للوسط الالكتروليتى بسب وجود عيوب فى طبقة العزل الخارجى للماسورة أو وجود خدوش أثناء تركيب المواسير أدت إلى اختفاء طبقة العزل الخارجى وعدم فاعلية العزل الخارجى فى حماية جسم الماسورة فى هذه الأماكن. كذلك فإن تواجد مصدر للتيار المستمر بجوار خطوط المواسير كلها فى حالة خطوط القطارات الكهربية يؤدى إلى مرور تيارات شاردة فى التربة بطريقة قد تؤدى إلى تآكل هذه المواسير.

يحدث تآكل المعادن الحديدية عندما تنتقل ذرات متعادلة من المعدن إلى الوسط الالكتروليتى بعد تحولها إلى أيونات موجبة وينتج عن ذلك تخلف الالكترونات الزائدة عن سطح الجسم المعدنى وتتم هذه العملية عن طريق التفاعل الآتى:

$$Fe \longrightarrow Fe^{++} + 2e^{-}$$

وبذلك فإن تآكل المعدن يصاحبه مرور تيار كهربى من الجسم المعدنى إلى المحلول الالكتروتى بسب انتقال الأيونات الموجبة إلى الوسط الالكتروتى وانتقال اللاكترونيات السالبة خلال الجسم المعدنى وتسمى هذه المنطقة على الجسم المعدنى بالمنطقة الأنودية ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل الأنودى وينتج عن انفصال الأيونات المعدنية الموجبة اتحادها مع أيونات سالبة فى الوسط الالكتروليتى تكوين مركبات غير ذائبة مثل صدأ الحديد فى حالة المعادن الحديدية.

ولاستمرار عملية التآكل فإنه يجب استنفاذ الإلكترونيات السالبة الموجودة على سطح المعدن وذلك بانتقالها خلال الجسم المعدنى للماسورة إلى منطقة أخرى ذات جهد أقل من جهد المنطقة الأنودية وتعرف المنطقة التى تنتقل إليها الإلكترونيات بالمنطقة الكاثودية و بظل الجسم

المعدنى بذلك فى حالة اتزان كهربي، وتزداد شدة التيار المار من الأنود إلى الكاثود مع زيادة معدل التآكل المعدني.

وينتج عن ظاهرة تآكل المعدن تولد فرق جهد كهربى بين الجسم المعدنى والوسط الالكتروليتى الملامس له ويزداد فرق الجهد الكهربى بزيادة شدة التيار المار فى الدائرة الكهربية بين الجسم المعدنى والوسط الالكتروليتى.

٧-٢ الحماية الكاثودية للمواسير:

٧-٢-١ ظروف الاستخدام

تستخدم نظم الحماية الكاثودية لحماية المواسير الحديدية من التآكل فى حالة وجودها فى تربة شديدة العدوانية لحمايتها من حدوث التآكل بصورة سريعة فى هذه الظروف بسبب زيادة احتمالات وجود عيوب أو خدوش فى طبقة العزل الخارجى تؤدى إلى اتصال جسم الماسورة مباشرة بالوسط الالكتروليتى بالتربة.

ويتم تحديد درجة العدوانية بالتربة عن طريق إجراء التحليلات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية لعينات من التربة فى المناطق المختلفة التى يتم تركيب المواسير بها ويبين الجدول (٧-١) حدود نسب المركبات الكيميائية فى التربة والتى يجب استخدام الحماية الكاثودية عند تجاوزها.

جدول (٧-١) نسبة العناصر فى التربة شديدة العدوانية

العناصر	نسبة وجودها فى التربة	نسبة وجودها فى المياه الأرضية
محتوى الكبريتات SO_4	أكثر من ٢% بالوزن	أكثر من ٥٠٠٠ جزء فى المليون
محتوى الكلوريدات CI	أكثر من ٢٠٠٠ جزء فى المليون	أكثر من ٢٠٠٠ جزء فى المليون
الأس الهيدروجينى	أقل من ٤,٥	أقل من ٤,٥
المقاومة الكهربائية	أقل من ١٠٠٠	أوم.سم

ويكون استخدام نظام الحماية الكاثودية كنظام ثانوى بجانب الحماية الأساسى وهو الدهان الخارجى للمواسير (العزل الخارجى) مع مراعاة توافق نوع الدهان الخارجى مع نظام الحماية الكاثودية المستخدم.

هذا ويجب أن يقوم بتصميم وتنفيذ نظام الحماية الكاثودية أحد المهندسين المتخصصين فى هذا المجال والذى سبق لهم تصميم وتنفيذ العديد من النظم فى العديد من المشروعات المماثلة بكفاءة ونجاح.

٧-٢-٢ نظرية عمل نظم الحماية الكاثودية:

٧-٢-٢-١ مقدمة

تعتمد نظرية عمل الحماية الكاثودية على تحويل جميع أجزاء المنشأ المعدنى المراد حمايته من التآكل إلى منطقة كاثودية ذات جهد كهربى سالب بالنسبة للوسط الالكتروليتى المحيط والملامس له وبذلك يتم منع التفاعل الأنودى والذى يؤدى إلى انفصال ذرات المعدن الحديدى من الجسم، وللمحافظة على فرق الجهد الكهربى فإنه يتم ضمان مرور تيار مستمر خلال الوسط الالكتروليتى إلى جسم الماسورة المراد حمايتها.

وبذلك فإن تصميم نظام الحماية الكاثودية يضمن وجود فرق الجهد المطلوب بين خطوط المواسير المراد حمايتها بالنسبة للوسط المحيط بها (التربة) لتحقيق الحماية المطلوبة. ويبين الجدول (٧-٢) فرق الجهد المطلوب للمواسير فى الحالات المختلفة.

جدول (٧-٢) الحد الأدنى لفرق الجهد اللازم لتحقيق الحماية الكاثودية للمواسير

نوع الوسط	نوع الالكترود المرجعى (فرق الجهد / فولت)
الوسط المحيط بالماسورة	نحاس/كبريتات نحاس
بيئة هوائية	- ٠,٨٥ فولت إلى - ٠,٧٥ فولت
بيئة لاهوائية	- ٠,٩٥ فولت إلى - ٠,٨٥ فولت

٧-٢-٢-٢ الحماية الكاثودية باستخدام النودات المستنفذة

يمكن تحقيق الحماية الكاثودية للمواسير المدفونة فى التربة عن طريق تركيب أنودات من مادة ذات ترتيب أدنى من الحديد فى القائمة الجلفانية للمعادن أى أن تكون من مادة ذات جهد كهربى طبيعى أقل من جهد الماسورة مثل الماغنيسيوم فيؤدى تواجد هذه الأنودات بجوار الماسورة إلى مرور تيار خلال التربة من الأنودات إلى جسم الماسورة والذى يكون بمثابة الكاثود في هذه الحالة. ويتم توصيل جسم الماسورة بالأنود عن طريق موصلات كهربائية خارجية لإكمال الدائرة الكهربائية بين الأنودات وجسم الماسورة.

تعتمد قدرة الأنود المستنفذ على إمرار تيار كهربى خلال التربة إلى جسم الماسورة لتحقيق الحماية المطلوبة على اختيار مادة الأنود كما تعتمد على شكل وحجم الأنود وعدد الأنودات ولذلك فإن استخدام هذه الطريقة يقتصر على حماية أجزاء قصيرة من خطوط المواسير.

٧-٢-٢-٣ نظام الحماية الكاثودية باستخدام التيار الكهربي القسرى

تعتمد نظرية عمل هذا النظام على استخدام مصدر كهربي مستمر وتوصيله بخطوط المواسير المراد حمايتها بحيث يكون المواسير المعدنية متصلة بالطرف السالب لمصدر التيار ويتصل الطرف الموجب بأنودات يتم دفنها في التربة على مسافات محددة.

الفصل الثامن
التحليل الاقتصادي

٨-١ مقدمة

يتم إعداد التحليل الاقتصادي لمشروعات المياه والصرف الصحى بهدف تحديد التكلفة الفعلية للمشروع والمقارنة بين البدائل المقبولة فنيا وترتيبها من حيث التكلفة الاقتصادية. والمعيار الاقتصادي المستخدم فى اختيار البدائل هو تحليل التكلفة الأدنى (Least Cost Analysis) وتحليل المنفعة والتكلفة وذلك بهدف تحديد البديل الأمثل.

وجدير بالإشارة أنه فى بعض المشروعات الحيوية قد لا يكون البديل الأقل تكلفة هو البديل الأمثل إذ يتعين تقييم بدائل المشروع من الناحية الفنية والبيئية ثم يتم دمج نتائج التقييم الفنى البيئى والمالى للوصول إلى البديل الأمثل العام.

٨-٢ عناصر تكلفة المشروع

يمكن تحليل التكلفة الإجمالية للمشروع إلى العناصر الأساسية الآتية:

٨-٢-١ تكلفة حيازة الأرض

هى تكلفة حيازة الأرض وحقوق الانتفاع أو الاستخدام اللازمة للمشروع.

٨-٢-٢ تكلفة الإنشاء

وهذه التكلفة تشمل التوريد والتركيب والاختبارات اللازمة لكل مكونات المشروع.

٨-٢-٣ تكلفة مرحلة ما قبل البدء

وتشمل أتعاب التصميم والإشراف على التنفيذ وإدارة الإنشاءات والرسوم الإدارية والرسوم المستحقة للأجهزة الحكومية والتأمينات.

٨-٢-٤ تكلفة التشغيل والصيانة

وتشمل مرتبات المهندسين والفنيين والعاملين والإداريين القائمين على تشغيل المشروع وتكلفة الطاقة الكهربية والمواد المستهلكة اللازمة لتشغيل المشروع والصيانة الدورية للمنشآت والمهمات والشبكات.

٨-٢-٥ إهلاك الأصول

يتم إهلاك الأصول من تاريخ بداية التشغيل حتى العمر الافتراضي. ويمكن استخدام معدل خطي أو متغير لإهلاك الأصول.

٨-٣ التصميم الاقتصادي لشبكات المياه والصرف الصحي

يجب مراعاة الاعتبارات الآتية لتحقيق التصميم الاقتصادي لشبكات المياه والصرف الصحي.

٨-٣-١ اختيار مسار المواسير

لتحديد المسار الأمثل لخطوط المواسير يجب دراسة كافة المسارات الممكنة والمقارنة بينها من حيث طول المسار ونوعية التربة والرافع المطلوب للطلمبات والعوائق الموجودة على المسار وطريقة التنفيذ والآثار البيئية والاجتماعية على المناطق المجاورة للمسار.

٨-٣-٢ اختيار قطر المواسير

كلما زاد قطر المواسير كلما زادت تكلفة المواسير وكلما قلت تكلفة الروافع والطاقة اللازمة للتشغيل (للخطوط المضغوطة) وكلما زاد القطر قل ميل الخط وبالتالي قلت تكلفة الحفر (في خطوط الانحدار). وللوصول إلى القطر الاقتصادي يجب دراسات مرادفات مختلفة للأقطار بما يضمن اختيار المرادف ذو اقل تكلفة إجمالية.

٨-٣-٣ اختيار عدد المواسير

أحيانا ما يتطرق التصميم الهندسى إلى المفاضلة بين إنشاء ماسورة واحدة كبيرة أو إنشاء ماسورتين بقطر أصغر على مرحلتين. وفى هذه الحالة يجب دراسة منحنى الاحتياج وتحديد

سنة إنشاء الماسورة الثانية وتقدير المشاكل البيئية الناجمة عن الحفر المستقبلى للوصول إلى البديل الأمثل.

٨-٣-٤ اختيار حجم التخزين وسعة الروافع

توجد علاقة عكسية بين أحجام التخزين وسعة الروافع المغذية للخزانات. وللوصول إلى البديل الأقل تكلفة يجب دراسة مرادفات مختلفة لأحجام التخزين وسعات الروافع.

٨-٣-٥ اختيار نظام الصرف الصحى

يتم اختيار نظام الصرف الصحى إما شبكات منفصلة أو مشتركة طبقا لكمية مياه الأمطار التي تستقبلها الشبكات، ويمكن الاستعانة بمحطات للرفع حسب الحاجة إليها.

٨-٣-٦ اختيار عدد محطات الرفع

يتم اختيار عدد محطات الرفع و سعاتها طبقا لأعماق شبكات الصرف الصحي، وبصفة عامة يتم الاستعانة بعدد محطات أكبر لتلافي استخدام مواسير عميقة والعكس.

٨-٣-٧ اختيار نوعية المواسير

يجب تحقيق الموازنة بين التكلفة الإجمالية للمواسير (شاملة التوريد والتركيب والصيانة) والعمر الافتراضى لها مع تحقيق متطلبات التصميم من حيث التصرف والضغط. بمعنى أنه فى حالة المواسير ذات العمر الافتراضى القصير يجب إضافة تكلفة الإحلال بعد انتهاء العمر الافتراضى.

٨-٤ أسس التقييم الاقتصادي

٨-٤-١ سنة الأساس

هى السنة التى يبدأ بها التحليل المالى للمشروع، وهى عادة السنة التى يبدأ فيها تنفيذ المشروع، وقد تكون السنة التى يبدأ فيها التصميم على أساس أن أتعاب التصميم جزءا من تكلفة المشروع. ولا يتم تطبيق معدل الخصم على التكاليف التى تظهر فى سنة الأساس.

٨ - ٤ - ٢ سنة الهدف

وهى السنة التى ينتهى عندها التحليل المالى للمشروع. ويتم عندها حساب قيمة أصول المشروع.

٨ - ٤ - ٣ عمر المشروع

هى الفترة الزمنية من سنة الأساس حتى سنة الهدف.

٨ - ٤ - ٤ العملة

هى العملة التى يتم استخدامها فى تحديد تكلفة المشروع. وهى إما أن تكون عملة البلد المقام به المشروع أو عملة الجهة الممولة للمشروع أو أحد العملات الدولية. ويفضل أن تكون قيمة العملة ثابتة نسبيا خلال عمر المشروع.

٨ - ٤ - ٥ الأسعار الثابتة

يتم استخدام الأسعار الحالية أو الثابتة فى تحديد القيمة. ويقصد بالأسعار الثابتة القيمة التى يتم منها خصم التأثير الكلى لتضخم الأسعار العام. واستخدام الأسعار الثابتة يضمن تقييم التكاليف والمزايا المستقبلية لبدائل المشروع.

٨ - ٤ - ٦ معدل الخصم (r)

يتم استخدام معدل الخصم لحساب القيمة الحالية بخصم التدفق النقدى فى المستقبل لضبط القيمة الزمنية النقدية للتكلفة المدفوعة فى أوقات مختلفة خلال عمر المشروع.

٨ - ٤ - ٧ معدل الفائدة (i)

يتم استخدام معدل الفائدة لحساب الفوائد الواجبة على تكلفة إنشاء المشروع ورأس المال الدائر.

٨ - ٤ - ٨ رأس المال الدائر

هو رأس المال اللازم لبدء تشغيل المشروع لفترة زمنية مناسبة حتى يبدأ المشروع فى تحقيق عائدا ماديا يغطى تكاليف تشغيله.

٨-٤-٩ القيمة الحالية (P)

القيمة الحالية لتكلفة المشروع محسوبة عند سنة الأساس.

٨-٤-١٠ القيمة المستقبلية (F)

القيمة المستقبلية لتكلفة المشروع محسوبة عند سنة الهدف.

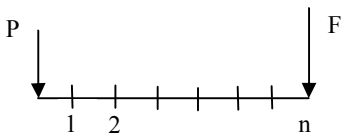
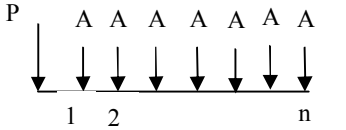
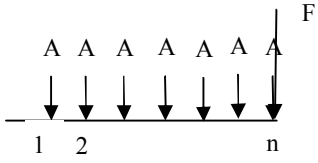
٨-٤-١١ القسط السنوي (A)

القيمة السنوية لتكلفة المشروع محسوبة عند نهاية كل سنة حتى سنة الهدف.

٨-٤-١٢ القيمة المرجعية للوحدة (URV)

يقصد بها التكلفة الفعلية لوحدة الحجوم من المياه. وتحسب بناتج قسمة القيمة الحالية للمشروع على إجمالى كميات المياه التى سوف يتم توفيرها خلال عمر المشروع. وتقل عادة القيمة المرجعية للوحدة كلما زاد حجم المشروع.

ويتم حساب العلاقة بين هذه المؤشرات كما هو مبين في الجدول التالي:

Given	Find	Relation	
P	F	$F = P(1+i)^n$	
F	P	$P = F\frac{1}{(1+i)^n}$	
A	P	$P = A\frac{(1+i)^n \quad 1}{i(1+i)^n}$	
P	A	$A = P\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n \quad 1}$	
A	F	$F = A\frac{(1+i)^n \quad 1}{i}$	
F	A	$A = F\frac{i}{(1+i)^n \quad 1}$	

٨-٥ أمثلة عملية

- **مثال (١)**

إذا افترضنا المقارنة بين نوعيتين من المواسير (أ) و (ب) كما هو موضح بالجدول التالي، نجد أن نوعية (ب) أفضل من الناحية الاقتصادية رغم أنها أغلى.

البيان	نوع الماسورة	
	أ	ب
العمر الافتراضي (سنة)	25	50
سعر الماسورة (ج.م./ متر طولى)	350	400
القيمة الحالية لتكلفة الإنشاء (ج.م./ متر طولى)	350	400
القيمة الحالية لتكلفة الإحلال بعد ٢٥ سنة على أساس معدل خصم ٤% (ج.م./ متر طولى)	131	
إجمالي القيمة الحالية (ج.م./ متر طولى)	**481**	**400**

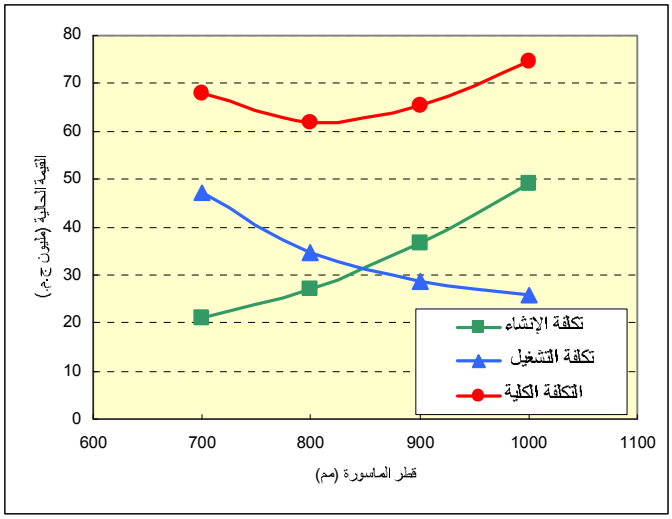
- **مثال (٢)**

إذا افترضنا المقارنة بين تكلفة إنشاء خط ناقل للمياه بأقطار مختلفة مقابل محطات الرفع اللازمة، كما هو موضح بالجدول التالي، نجد أن القطر ٨٠٠ مم هو الأفضل من الناحية الاقتصادية.

بيانات التصميم

التصرف التصميمى	700	ل/ث
طول الخط	32	كم
الرافع الاستاتيكى	100	م
معامل احتكاك هازن وليام	130	
سعر وحدة الطاقة	0.2	ج.م./ كيلووات ساعة
مدة المشروع	30	سنة
معدل الفائدة	6%	

البيان	قطر الماسورة (مم)			
	700	800	900	1000
الحسابات الهيدروليكية				
فاقد الاحتكاك (متر / ١٠٠٠ متر)	3.84	2.01	1.13	0.68
فاقد الاحتكاك الكلي (متر)	123	64	36	22
الرافع الكلى (م)	**223**	**164**	**136**	**122**
تكلفة الانشاء				
سعر الماسورة (ج.م./ متر طولى)	600	800	1,100	1,500
تكلفة المواسير (مليون ج.م.)	19.200	25.600	35.200	48.000
تكلفة محطة الرفع (مليون ج.م.)	1.800	1.600	1.300	1.000
تكملفة الانشاء (مليون ح.م.)	**21.000**	**27.200**	**36.500**	**49.000**
تكلفة التشغيل				
قدرة التشغيل عند كفاءة ٨٠ % (ك.وات)	1,949	1,436	1,192	1,065
استهلاك الطاقة السنوى (ك.وات ساعة / سنة)	17,077,242	12,583,721	10,439,923	9,327,913
تكلفة التشغيل (مليون ج.م./ سنة)	3.415	2.517	2.088	1.866
القيمة الحالية لتكلفة التشغيل (مليون ج.م.)	**47.013**	**34.643**	**28.741**	**25.679**
القيمة الحالية الكلية (مليون ج.م.)	**68.013**	**61.843**	**65.241**	**74.679**

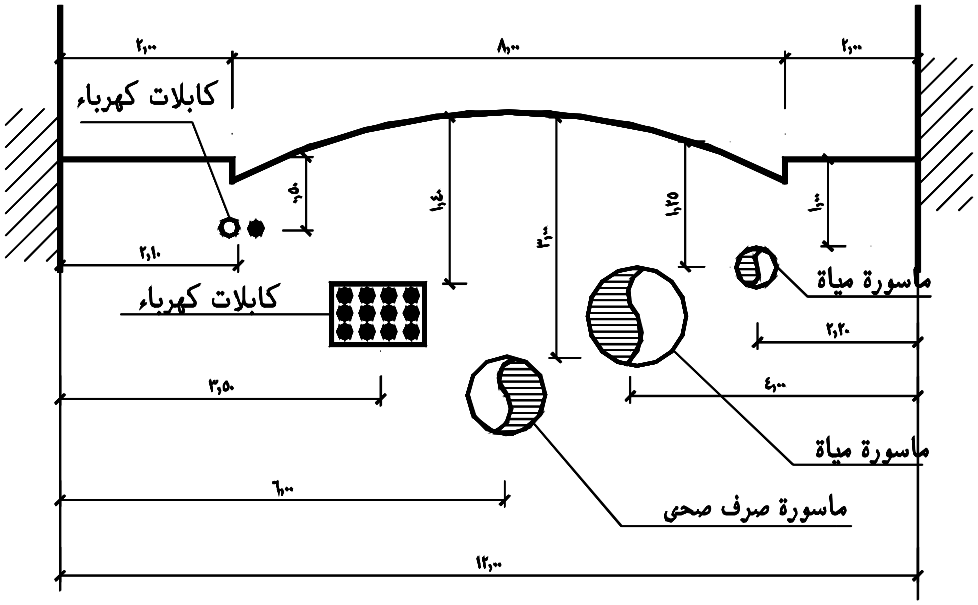


الباب الثاني
تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي

الفصل الأول
مبادئ عامة قبل البدء في التنفيذ

١ - ١ التعرف على مواقع البنية الأساسية تحت سطح الأرض

في حالة عدم توافر الخرائط للمرافق يوصى بعمل جسات استكشافية على المسار وعند التقاطعات. تكون هذه الجسات بعمق مناسب (٢– ٣ متر) وعمودية على مسار الخط (يتم الحفر يدويا) – يتم رسم قطاع الجسة مع بيان أبعاد المرافق عن حدود المباني وعمقها من سطح الشارع وكما هو موضح بالشكل (١-١). ومن واقع القطاعات يمكن اختيار المسار الأمثل لخطوط المواسير الجديدة.



شكل (١ - ١) جسه عرضية لبيان أعمال البنية الأساسية الموجودة تحت الأرض

١ - ٢ دراسة الموقع والدراسة المعملية:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الجوانب الجيوتقنية والهندسية للتربة والصخور والتربة الطفلية لموقع مسارات الخطوط والأعمال الصناعية اللازمة لشبكات المياه والصرف الصحى وتمتد هذه الدراسة إلى دراسة تأثير سلوك هذه التربة مستقبلاً على هذه الأعمال وكذلك تأثير هذه الأعمال على المنشآت المجاورة كما تشمل الدراسة مشاكل سند جوانب الحفر والنزح الجوفى والنزح السطحى لمنطقة المشروع وحتى تكون هذه الدراسة مكتملة فيجب أن تشمل الدراسة أعمال حقلية مثل أعمال المساحة – حفر الجسات والحُفر الاستكشافية – دراسة سيزمية إذا تطلب الأمر ذلك – استخراج عينات التربة وعلى أعماق مختلفة وإجراء الدراسات المعملية اللازمة – ويتوقف مستوى الدراسة والأعمال المطلوبة على الموقع المطلوب دراسته وعمق شبكات المواسير والأعمال الصناعية المطلوبة ونوعية التربة بالمنطقة حيث تتم هذه الأعمال فى القرى والمناطق العشوائية ذات الشوارع الضيقة والمبانى الضعيفة إنشائياً والمياه الجوفية التى يقترب منسوبها من سطح الأرض وفى المدن التى تختلف قليلاً أو كثيراً عن القرى وفى المناطق العمرانية الجديدة التى تختلف نوعية التربة بها ومشاكل التربة وتغيير سلوكها مع الوقت.

١ - ٣ الجسات

يختلف عمق الجسات والمسافة بينها على حسب عمق الحفر المطلوب وعلى حسب الاختلاف المتوقع بنوعية التربة بالمنطقة وعمق الحفر المطلوب ومنسوب المياه الجوفية وما إذا كان هناك أعمال نزح مياه مطلوبة ويمكن تحديد عمق الجسات المطلوبة والمسافات بينها كالآتى:

١ - عمق الجسات يساوى عمق الحفر + ٣,٠٠ متر على الأقل أسفل عمق الحفر ويجب أن لا يقل عمق الجسات عن ١٠,٠٠ متر بالنسبة لشبكات الصرف الصحى وعن ٧,٠٠ متر بالنسبة لشبكات المياه.

٢ - فى حالة وجود شوارع ضيقة بالقرى والأماكن العشوائية والمواسير التى سيتم تنفيذها سطحية يمكن تنفيذ جسات قصيرة أو حفر استكشافية بعمق لا يقل عن ٥,٠٠ متر.

٣ - فى حالة وجود مياه جوفية مطلوب نزحها فيجب أن لا يقل عمق الجسات عن ثلاثة مرات عمق الحفر مع اختراق الطبقة الحاملة للمياه الجوفية مصدر الرشح إن أمكن ذلك ويتم اختيار عدد من الجسات بالموقع لتحقيق هذا العمق والتعرف على تكوين ونفاذية التربة.

٤ - بالنسبة للأعمال الصناعية كالبيارات وعنابر الطلمبات وغرف المحابس فيجب تنفيذ جسة واحدة على الأقل بموقع كل منشأ وأن لا يقل عمق الجسة عن عمق التأسيس + ٣,٠٠ متر أو ١٥,٠٠ متر على الأقل.

٥ - بالنسبة لعدد الجسات (المسافة بين الجسات) يجب أن لا تزيد عن ٣٠٠ متر فى المناطق القديمة ولا تقل عن جسة واحدة لكل شارع وبالنسبة للمناطق العمرانية الجديدة فيجب أن لا تزيد المسافة بين الجسات عن ٥٠٠ متر إذا كانت التربة متجانسة و ٣٠٠ متر إذا كانت التربة غير متجانسة.

٦ - بالنسبة للخزانات الأرضية والعالية يجب أن لا يقل عدد الجسات بموقع الخزان عن جستان ولا يقل عمق الجسة عن ١٥,٠٠ متر بالنسبة للخزانات الأرضية وعن عمق ٢٠,٠٠ متر بالنسبة للخزانات العالية ويجب الوصول بالجسات حتى طبقة التأسيس السليمة وتخترقها بعمق كاف وفى حالة استخدام أساسات خازوقية (عميقة) يجب أن تخترق الجسات الطبقة الحاملة للخوازيق بمقدار ٥,٠٠ متر على الأقل.

١ - ٤ استخراج العينات والاختبارات الحقلية

١ - يتم استخراج العينات سواء أكانت عينات مقلقلة أو غير مقلقلة كل ١,٠٠ – ٢,٠٠ متر من عمق الجسة وكذلك عندما يتغير تكوين التربة ويجب أن تكون العينات ممثلة لتربة الموقع بجميع محتوياتها وتنقل للمعمل بطريقة سليمة.

٢ - يتم إجراء الاختبارات الحقلية المطلوبة بالموقع مثل اختبار الاختراق القياسي واختبار النفاذية وأى اختبارات أخرى مطلوبة.

٣ - يتم رصد منسوب المياه الجوفية وأخذ عينة من المياه لتحليلها.

١ - ٥ الاختبارات المعملية

يتم إجراء الاختبارات المعملية اللازمة لتحديد مقاومة وسلوك التربة والتعرف على مشاكلها المستقبلية طبقاً للكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

١ - ٦ توصيات تقرير التربة

يجب أن تشمل توصيات تقرير التربة مقاومة وسلوك التربة عند منسوب التأسيس ونظام التأسيس وسمك طبقة الإحلال إن وجدت وكذلك:

- تفاصيل خنادق الحفر للمواسير.
- عدوانية التربة والتوصية بأعمال الحماية الخارجية للمواسير حسب اللوائح والقرارات الوزارية المنظمة لذلك.
- احتياطات تركيب المواسير ونوعية الوصلات فى التربة ذات الفوالق أو المعرضة للهبوط / الانتفاش / الزلازل.
- توصيات أعمال تعدية المواسير أسفل المنشآت المختلفة (طرق – سكة حديد – مجارى مائية.. ألخ)

١-٧ توصيات تقرير سند جوانب الحفر والنزح الجوفي

يجب أن يشتمل تقرير التربة توصيات سند جوانب الحفر والنزح الجوفي مع وصف تفصيلي لأسلوب تنفيذ نظام سند جوانب الحفر ونظام النزح المطلوب.

١-٨ أعمال تمهيدية سابقة للتنفيذ

يجب أن يقوم المهندس المشرف على التنفيذ بما يلى:

- المرور على مسارات خطوط المواسير للتحقق من عدم وجود عوائق ظاهرية والتنسيق مع المرافق الاخرى وتعديل المسار على ضوء ما يكتشف من المعاينة الميدانية.
- إخلاء الموقع من أى عوائق قد تعترض مسار الخط وذلك قبل البدء فى التنفيذ.
- تحديد عدد ومواقع الجسات بالمشروع طبقا لمتطلبات الكود المصري.
- تحديد أماكن العدايات سواء للسكك الحديدية أو الطرق أو المجارى المائية (الترع والمصارف الزراعية) أو خلافه.
- تحديد الطرق المناسبة لصلب جوانب الحفر ونزح مياه الرشح.
- تحديد أماكن تشوين المواسير وطرق سير معدات التركيب.
- التفتيش على المواسير ظاهرياً للتأكد من عدم تعرضها لأضرار نتيجة النقل مع مراجعة شهادات الاختبار المعتمدة من الجهات المعنية سواء المواسير أو المحابس أو القطع الخاصة أو الأغطية أو السلالم.... الخ.
- مراجعة مواقع الروبيرات الاساسية الموضحة بالرسومات التصميمية للرجوع اليها واختيار مواقع الروبيرات الفرعية اللازمة والتأكد من سلامة مناسيبها.
- تفريد المواسير بجانب مسار الخط مع ترك مسافة من ١,٠ – ٢,٥ متر من حافة الحفر.

الفصل الثاني
أعمال الحفر والسند لجوانب الحفر وأعمال الردم

٢ - ١ أعمال الحفر

٢ - ١ - ١ أعمال الحفر والأعمال الميدانية:

تشمل أعمال الحفر حفر مواقع مسارات خطوط المواسير (الخنادق) ومواقع البيارات وغرف التفتيش وغرف المحابس والمباني وأي أعمال صناعية خاصة بالمشروع قبل البدء في أعمال الحفر يجب إتمام الدراسات الآتية:

أ - القيام بدراسة الموقع وتحديد مناسيب التأسيس للمنشآت المقامة حالياً وحالتها على طول مسار خطوط المياه والصرف الصحي المطلوب إقامتها وكذلك المنشآت القريبة من مواقع الأعمال الصناعية والمباني التابعة للمشروع.

ب - يتـــم تحديد عرض الطرق والمسارات التي ستنفذ بها الأعمال.

جـــ- يتـــم عمل جســـات بعـــدد وعمق مناسب على طول مسار الخطوط ومواقع الأعمال الصناعية والمباني ولا يقل عدد وعمق الجسات عن ما هو موضح سابقاً وفى حالة لزوم عمل نزح جوفي يتم تنفيذ عدد من الجسات بعمق لا يقل عن ثلاثة أمثال عمق الحفر أو عمق ٢٠ متر أيهما أعمق أو طبقاً لما يحدده الاستشاري ويحدد من هذه الجسات طبيعة التربة واختلاف وتغيير الطبقات ومنسوب المياه الجوفية ومنسوب التأسيس ومعامل النفاذية ويتم تصميم نظام النزح الجوفى المناسب.

٢ - ٢ أنواع الحفر:

يحدد نوع الحفر من دراسة التربة ومنسوب المياه الجوفية بالموقع وحالة ومنسوب التأسيس للمباني المقامة القريبة من حدود الحفر وتشمل الآتي:

أ - حفر بدون مياه رشح.

ب - الحفر في وجود مياه رشح مع النزح وتحديد نوع النزح.

جـــ- الحفر بدون سند الجوانب.

د - الحفر مع سند الجوانب بالشدة ورفع الشدة بعد إتمام الأعمال.

هـ- الحفر مع سند الجوانب بالشدة وترك الشدة بعد إتمام الأعمال.

٢-٢-١ حفر بدون مياه رشح:

فى حالة عدم وجود مياه رشح تتم أعمال الحفر فى الموقع حتى منسوب التأسيس وفى هذه الحالة يكون عمق الحفر وعرضه وحالات سند الجوانب أو عدم سندها وكذا الحالات التى يجب فيها رفع الشدة أو تركها طبقاً لما يأتى:

٢-٢-٢ الحفر بدون مياه رشح مع سند الجوانب بالشدة:

عند تنفيذ مسارات الخطوط ذات أعماق كبيرة يتم سند جوانب الحفر بشدات مفتوحة أو مقفلة فى الحالات الآتية:

أ - الحالات التى يخشى فيها من إنهيار جوانب الحفر.
ب - الطرق الضيقة التى لا يمكن عمل ميول مناسبة فى الجوانب حسب نوع التربة.
جـ- التربة المفككة السائبة واللينة.
د - عمق الحفر أكبر من ٢,٥٠ متر فى التربة المتماسكة.
هـ- وجود مبانى أو منشآت مجاورة يمكن أن تتأثر أساساتها بالحفر.
و - إذا لم تسمح نوعية التربة والموقع بعمل ميول حسب طبيعة التربة مع الحفاظ على أورنيك الحفر ومناسيبه.

ويسمح بإزالة الشدة الساندة للحفر فى الحالات الآتية:

أ - عندما يرد بتقرير الجسات أن التربة طينية متماسكة أو شديدة التماسك.
ب - عندما تكون المبانى والمنشآت القائمة بعيدة بالقدر الكافى عن جوانب الحفر.
جـ- فى حالة الأعماق الصغيرة لخطوط الانحدار والطرد.

ويسمح بترك الشدة الساندة للحفر فى الحالات الآتية:

أ - عندما يرد بتقرير الجسات أن التربة مفككة ومنسوب الحفر أعمق من منسوب أساسات المبانى القريبة القائمة.
ب - عندما تكون المبانى والمنشآت القائمة قريبة من جوانب الحفر.
جـ- فى حالة انهيار جوانب الحفر خلف الشدة أثناء التنفيذ مما يصعب معه رفع الشدة.

٢-٢-٣ الحفر بدون مياه رشح وبدون سند الجوانب:

يتم الحفر في حالة عدم وجود مياه رشح بدون أن يكون هناك داع لسند الجوانب في الحالات الآتية:

أ - الأعماق الصغيرة حتى عمق ٢,٥ متر كحد أقصى أو بأى أعماق فى المناطق الصحراوية الجافة.

ب - وجود تربة طينية متماسكة وحتى عمق يحدده الاستشارى.

جـ- إذا سمحت نوعية التربة والموقع بعمل ميول حسب طبيعة التربة مع الحفاظ على أورنيك الحفر والمناسيب.

د - عدم وجود مبانى أو منشآت مجاورة تتأثر أساساتها فى حالة اتساع الحفر.

٢-٢-٤ الحفر في وجود مياه رشح مع النزح:

فى حالة وجود مياه رشح ومطلوب إتمام أعمال الحفر مع التخلص من مياه الرشح لإمكانية تركيب المواسير بأنواعها المختلفة بطريقة آمنة وإجراء الاختبارات اللازمة وإتمام أعمال الردم فى هذه الحالة يمكن إتمام أعمال الحفر بالتوازى مع أعمال النزح حتى العمق المطلوب وسند جوانب الحفر أو عدم سند جوانب الحفر طبقاً لحالة التربة كما تم توضيحه بالبند (٢-٢-٢)، (٢-٢-٣) مع الأخذ فى الاعتبار الآتى:

١ - الشدة المستخدمة لسند جوانب الحفر إما تكون شدة معدنية أو شدة خشبية مفرزة أو محكمة (ملامسه).

٢ - عمق الشدة أسفل الحفر يكون كافى للتقليل من سرعة تدفق المياه إلى الحفر وعدم حدوث فوران ولا يقل عن ١,٠٠ متر.

٣ - فى حالة عدم وجود شدة يراعى أن تكون جوانب الحفر مستقرة أثناء عملية نزح المياه.

٢-٣ الشروط الواجب توافرها فى الشدة:

أ - يجب أن تكون الشدات الخشبية أو الحديدية بجوانب الحفر ذات قطاعات مناسبة ومحسوبة بدقة لتتحمل ضغط التربة وحركة الطريق.

ب - يتم إنزال الألواح الرأسية والأفقية والدكم فى آن واحد.

جـ- فى حالة الأرض الرخوة يجب دق الألواح الرأسية إلى أسفل منسوب قاع الحفر بما لا يقل عن ٥٠ سم.

د - فى حالة وجود فوارات يتم سند جوانب الحفر بألواح خشبية مفرزة أو محكمة وبسمك لا يقل عن ٧,٥ سم (٣ بوصات) حتى لا ينفذ منها الماء وتحكم بعوارض أفقية ودكم قوية ويكون منسوب النهاية السفلى للألواح أسفل قاع الحفر بما لا يقل عن ١,٠٠م.

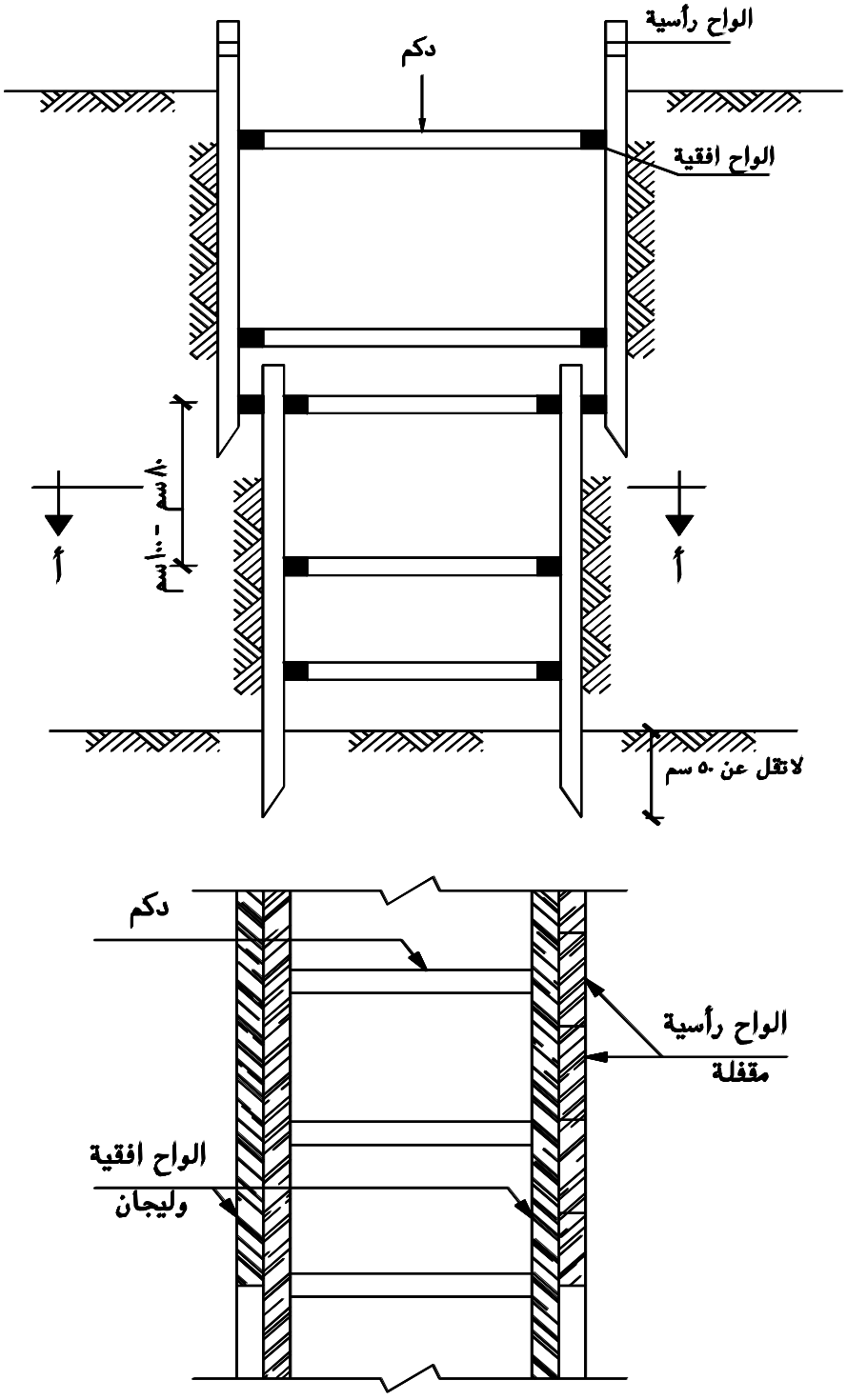
الأشكال (٢-١) ، (٢-٢) ، (٢-٣) تبين تفاصيل الشدة الخشبية.

٢ - ٤ مراقبة المنشآت القريبة من الحفر

يجب مراقبة المنشآت القريبة من أعمال الحفر والتى يمكن أن تتأثر بأعمال الحفر وأعمال النزح والتأكد من سلامتها وعدم تأثرها بهذه الأعمال.

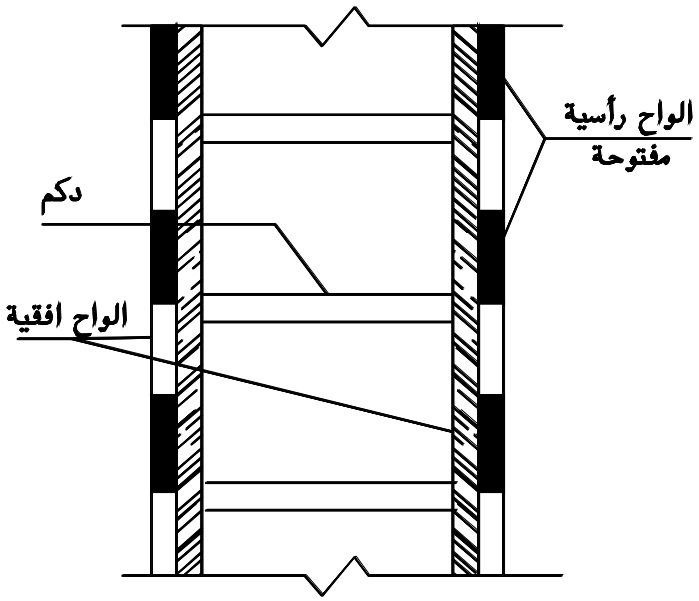
٢ - ٥ دمك وتثبيت قاع الحفر

فى جميع الحالات يجب مراقبة قاع الحفر ودمكه وتثبيته والتأكد من عدم حدوث فوران أو خلخله للتربة عند منسوب التأسيس.

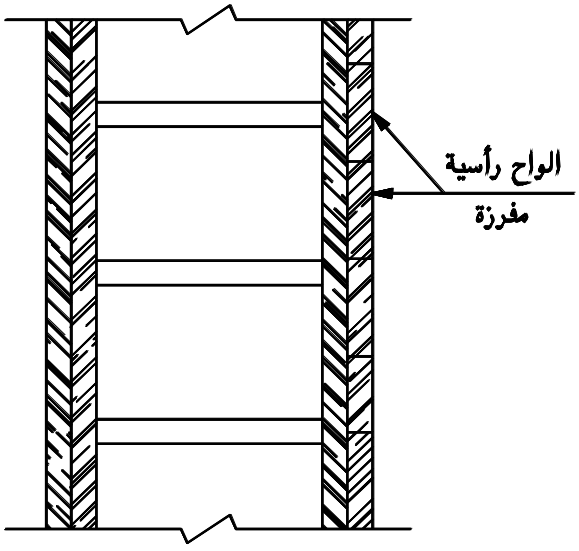


قطاع (أ - أ)

شكل (٢ - ١) قطاع رأسي في الشدة الخشبية المقفلة



شكل (٢ - ٢) قطاع أفقى للشدة المفتوحة



شكل (٢ - ٣) قطاع أفقى للشدة المقززة

٢ - ٦ أعمال الردم أعلى المواسير

٢ - ٦ - ١ الردم الجزئي

يتم الردم الجزئى على بدن المواسير باستخدام رمل نظيف متدرج خالى من الحصى والمواد الغريبة بارتفاع ٣٠٠ مم فوق الماسورة، على أن يترك مكان للوصلات (الرأس والذيل)، وينفذ هذا الردم الجزئى قبل بدء اختبار الضغط الهيدروليكى للمواسير بالموقع.

٢ - ٦ - ٢ الردم الكلى

بعد إجراء اختبار الضغط الهيدروليكى ونجاحه يتم الردم الكلى أعلى الردم الجزئى على ذلك الجزء من خط المواسير الذى تم نجاحه فى الاختبار. ويستخدم فى الردم الكلى أتربة متدرجة خالية من الحصى والمواد الغريبة حتى سطح الخندق، تدمك تربة الردم على طبقات طبقاً للمواصفات.

٢ - ٦ - ٣ تسوية سطح الخندق

تتم تسوية سطح الخندق بعد الانتهاء من الردم الكلى على خط المواسير، بحيث يعود إلى نفس منسوبه قبل الحفر، وتزال كل الأتربة والمخلفات الزائدة أولا بأول.

٢ - ٦ - ٤ احتياطات تنفيذ أعمال الردم

يتم ردم خندق خطوط الانحدار بمواد الردم كالآتي:

١ - في حالة مواسير الفخار التي تغطي كلياً بالخرسانة يتم استخدام مواد الردم المتدرجة حتى سمك ٣٠٠ مم أعلي الخرسانة علي طبقات لا تزيد كل طبقة عن ١٥٠ مم مع الرش والدمك جيداً ثم يتم بعد ذلك الردم والدمك باستخدام المعدات الميكانيكية وأجهزة الدمك علي طبقات سمك الطبقة ٢٥٠ مم حتى الوصول إلي منسوب سطح الأرض.

٢ - فى حالة مواسير الفخار المرتكزة علي فرشة خرسانية يتم استخدام رمل طبيعي نظيف صافى وخال من الأحجار في عملية الردم حول وأعلي المواسير وحتى ارتفاع ٣٠٠ مم فوق جسم الماسورة ويكون الردم علي طبقات سمك الطبقة ١٥٠ مم تكبس أولا باليد مع

الرش ثم يتم الردم و الدمك بعد ذلك بعناية بمعدات الدمك المناسبة علي طبقات سمك الطبقة ٢٥٠ مم حتى الوصول إلي منسوب سطح الأرض.

٣ - باقى أنواع المواسير بما فى ذلك المواسير ذات الوصلة المرنة يتم الإسترشاد بمواصفات المشروع والمواصفات المعدة بمعرفة الجهة المصنعة للمواسير.

الفصل الثالث

تنفيذ خطوط مواسير المياه وملحقاتها

٣-١ النقل والتخزين

١ - يراعى عند تخزين المواسير موضوع الأعمال أن يتم رصها على طبقات متتالية تفصل عن بعضها بكتل من الخشب بمقاسات مناسبة لأطوال المواسير وخالية من المسامير والأجسام الصلبة لتفادى حدوث أي خدش أو خسائر في الطبقة الواقية للمواسير عند دحرجتها عليها .

٢ - يراعى ألا يزيد عدد الرصات عن أربعة .

٣ - يراعى عند تحميل أو تنزيل المواسير بمواقع الأعمال عمل جميع الاحتياطات المناسبة لعدم تعرضها لأي تلف أو انبعاجات وذلك باستخدام ونش مناسب وعدم تفريغها يدوياً وعدم دحرجتها .

٤ - يراعى أن تستخدم الأوناش عند تحميل وتنزيل المواسير واستخدام سير من الجلد أو الشعر بعرض لا يقل عن ٣٠ سم تحزم به المواسير ليتصل بخطاف الونش لرفع وتنزيل الماسورة.

٥ - يراعى عند تفريغ المواسير بجانب وعلى طول الحفر بمواقع الأعمال تسلسلها واحدة بعد الأخرى مع ترك مسافات مناسبة بين كل مجموعة وأخرى من المواسير وذلك لسهولة حركة المرور .

٦ - يراعى أن يتم تخزين الحلقات المطاط الخاصة بوصلات المواسير بعيداً عن الشمس وفى مكان رطب ومظلم حتى لا تتلف بتعرضها لعوامل الحرارة والضوء .

٧ - يراعى تعليمات جهات الصنع من حيث النقل والتحميل أو التنزيل والتشوين .

٣-٢ مسار الخطوط

١ - قبل البدء فى الأعمال يقوم المهندس بتسليم المقاول الطرق والمسارات التى ستركب بها المواسير طبقاً للرسومات.

٢ - يقوم المقاول بتحديد مواقع الأعمال التى تعترضه أثناء الحفر وذلك لتفادى أى خسائر تحدث لهذه الأعمال ، وعليه تقع مسئولية إصلاحها وإعادتها الى حالتها الأصلية.

٣ - يقوم المقاول بتمهيد مسار الأعمال بالطول والعرض المناسبين لتنفيذها وإعتماد ذلك المسار الممهد من المهندس بحيث يمكن تنفيذ الأعمال من حفر ونقل المواسير وتركيبها ومرور السيارات والأوناش بيسر وسهولة من والى الموقع .

٤ - يجب على المقاول أن يعيد الطرق الى حالتها الأصلية أولا بأول ومع تقدم الأعمال وبعد نجاح الإختبارات .

٥ - يكون المقاول مسئولاً عن إستخراج التصاريح اللازمة من الجهات المختصة بمعاونة المالك.

٣-٣ إعداد الموقع

يقوم المقاول -قبل البدء فى أعمال حفر الخنادق- بعمل الميزانيات الطولية للمسار مع تسجيل ارتفاعات الأرض وتحديد مواقع الخنادق المطلوب حفرها وعليه تجهيز الموقع للعمل.

٣-٤ التخطيط والتدريج :

يتم تخطيط مسارات خطوط المواسير وضبط تدريجها ومنسوبها بواسطة دليل تخطيط ويجب أن يكون تخطيط المواسير الأفقي والرأسي وكذا أقصى انحراف للوصلات طبقاً لمواصفات نوعية المواسير.

٣-٥ تثبيت قاع الخندق :

يجب أن يكون قاع الخندق متماسكاً جيد الدمك ومتزناً وخالياً من الطين والوحل ويكون ثابتاً بدرجة كافية بحيث لا تتأثر تحت أقدام العمال أثناء تركيب وتجربة المواسير والردم وفي حالة عدم مناسبة قاع الخندق لتحمل المواسير بعد نزح المياه يجب الحفر أسفل منسوب الراسم السفلى للماسورة إلى العمق اللازم. ويتم الردم بعد ذلك إلى منسوب الخندق المطلوب لعمل فرشة المواسير على كامل عرض الخندق في طبقات لا تزيد عن ١٥ سم وتدمك كل طبقة جيداً . ويمكن استبدال رمل تثبيت القاع جزئياً أو كلياً بأى مواد حبيبية أخرى ويتراوح سمك فرشة الرمال تحت المواسير ٢٠ سم على الأقل أو طبقاً لمتطلبات تحديد التربة.

٣-٦ عرض الخندق

يجب أن تكون الخنادق بالعرض الكافى لسهولة تركيب المواسير والقطع الخاصة والملحقات بحيث يكون عرض الحفر حسب الجدول رقم (٣-١) على الأقل أو تبعاً لتعليمات الشركات المنتجة للمواسير :

جدول (٣-١) الحد الأدنى لعرض الحفر

القطر الإعتيادى الأسمى للماسورة مم	الحد الأدنى لعرض الحفر لخندق المواسير	
	تربة ناعمة (مم)	تربة صخرية (مم)
١٥٠-٢٠٠	٨٠٠	٦٠٠
٢٥٠ - ٣٠٠	٩٠٠	ق + ٦٠٠
٣٥٠ – ٦٠٠	ق + ٩٠٠	ق + ٧٠٠
أكبر من ٧٠٠	ق + ١٢٠٠	ق + ٨٠٠

ق = قطر الماسورة الخارجى

ويجب أن يكون عمق الحفر حسب القطاعات الطولية للمواسير.

وفي حالة المواسير ذات الأقطار الصغير التي ليس لها قطاعات طولية. يراعى أن يكون عمق الحفر بحيث لا يقل عمق الردم فوق الراسم العلوى للماسورة عن١,٠٠ متر.

مع ملاحظة أن يتم حفر قاع الخندق على مستوى منتظم مع عدم ترك أي نتوءات صلبة أو صخرية أو مبانى بقاع الحفر. وفي حالة وجود مثل هذه النتوءات الصلبة أو الصخرية في قاع الخندق فيلزم زيادة عمق الحفر المطلوب بمقدار ١٠ سم تردم بطبقة من الأتربة الناعمة أو الرمال لتكوين سطح منتظم مستوى يرتكز عليه بدن الماسورة.

يجب وضع ناتج الحفر بعيداً عن حافتي الخندق بمسافة لا تقل عن متر مع المحافظة التامة على أعمال المرافق الأخرى التى قد توجد فى الخنادق مثل كابلات الكهرباء التليفونات.

٣-٧ نزح المياه

يجب المحافظة على الخنادق في حالة جافة بصفة مستديمة حتى الإنتهاء من تركيب المواسير واختبارها. كما يجب منع المياه السطحية من دخول مناطق الحفر أو الخنادق الى أقصى

درجة ممكنة مع المحافظة فى نفس الوقت على الممتلكات المحيطة فى حالة جيدة وعلى المقاول أيضا المحافظة على ماسورة الصرف التى يستخدمها ويكون مسئولاً عن نظافتها وخلوها من أى نوع من الترسيبات .

٣-٨ تركيب المواسير

٣-٨-١ الكشف الظاهري للمواسير

يراعى قبل تركيب المواسير الكشف الظاهرى على كل ماسورة للإطمئنان على عدم وجود أى شروخ أو عيوب بها ، كما يجب تنظيف كل ماسورة نظافة تامة من الداخل والخارج وترميم الدهانات أو الطبقات الواقية اذا أصيبت بتلف وذلك قبل إعادة دهانها.

٣-٨-٢ تنزيل المواسير

يراعى الإعتناء التام عند تنزيل المواسير للخنادق بواسطة الآلات الرافعة أو أى آلات أخرى مناسبة وذلك للمحافظة على سلامة المواسير والغلاف الواقى من أى تلف .

٣-٩ توصيل المواسير ببعضها

يتم تنظيف سطح الوصلة جيداً باستخدام الفرش السلك ... الخ قبل التوصيل مباشرة ، ويتم فحص المواسير للتأكد من خلوها من الشوائب والأجسام الغريبة بالداخل. وإذا لزم استخدام آلات تركيب الوصلات ، فإنه يجب العناية لتفادى حدوث تلف لمادة الماسورة أو لطبقة الوقاية من التآكل أو الصدأ . ويجب أن تظل جميع الوصلات مانعة لتسرب المياه وأن تتحمل ضغوط الاختبار المنصوص عليها بالمواصفات . ولا يجوز ثنى المواسير رأسياً أو أفقياً أكثر مما توصى به جهة الصنع. وبصفة عامة يراعى عمل جميع التوصيلات طبقاً لتعليمات الشركات المصنعة.

٣-١٠ الدعامات :

تصب هذه الدعامات في مواقعها التي تحدد عند مواقع الكيعان، التيهات، المساليب ونهايات الخطوط وقواعد المحابس ويجب أن تترك هذه الدعامات للشك لفترة لا تقل عن ٤٨ ساعة بعد صبها وقبل تشغيل خط المواسير أو وضعه تحت أى ضغط .

٣-١١ غرف المحابس :

تعمل غرف المحابس من الخرسانة المسلحة بالمقاسات المناسبة والتى تسمح بتشغيل وصيانة المحابس بعد تركيبها :

مع ملاحظة إضافة مادة السيكا أو ما يماثلها للخرسانة المسلحة ودهان حوائط الغرف الخارجية الملاصقة للردم وجهين بالبيتومين أما الحوائط الداخلية فيتم بياضها بسمك ٢ سم بمونة الأسمنت بنسبة ٣٥٠ كجم أسمنت للمتر المكعب من الرمل مع إضافة مادة السيكا أو ما يماثلها لمونة البياض لمنع تسرب الرشح داخل الغرف . أما سقف الحجرة فيكون من الخرسانة المسلحة (سابقة الصب أو التى يتم صبها بالموقع) وبنفس النسب السابقة ليتحمل حمولة جرار وزن ٢٠ طن وبه فتحة أو أكثر بغطاء من الحديد الزهر الرمادى قطر ٦٠٠مم ووزن لن يقل عن ٢٨٥ كجم للغطاء والإطار معاً ويركب بالحائط أمام إحدى الفتحات سلم بحارى بدرجات من الحديد الزهر وزن لا يقل عن ٧,٢٥ كجم للدرجة.

الفصل الرابع
تنفيذ خطوط مواسير الانحدار وملحقاتها

٤ - ١ أنواع مواسير الانحدار

تشمل أعمال تجميع مياه الصرف الصحي للمبانى داخل المدن والتجمعات السكنية من مواسير الانحدار والمطابق وتستخدم أنواع كثيرة في إنشاء مثل هذه الشبكة وهى كما يلى:

١ - مواسير الفخار ذات الوصلة المرنة Vitrified Clay Pipes with flexible joint
٢ - مواسير الفخار ذات الوصلة الثابتة Vitrified Clay Pipes
٣ - مواسير الخرسانة العادية (بدون اسطوانة داخلية)
٤ - مواسير الخرسانة المسلحة Reinforced Concrete Pipes.
٥ - مواسير بولي فينيل كلورايد Unplastisized Polyvinyl Chloride (u.P.V.C)
٦ - مواسير الفيبرجلاس Glass Fiber Reinforced Pipes (G.R.P)
٧ - مواسير البولى إيثيلين عالى الكثافة HDPE

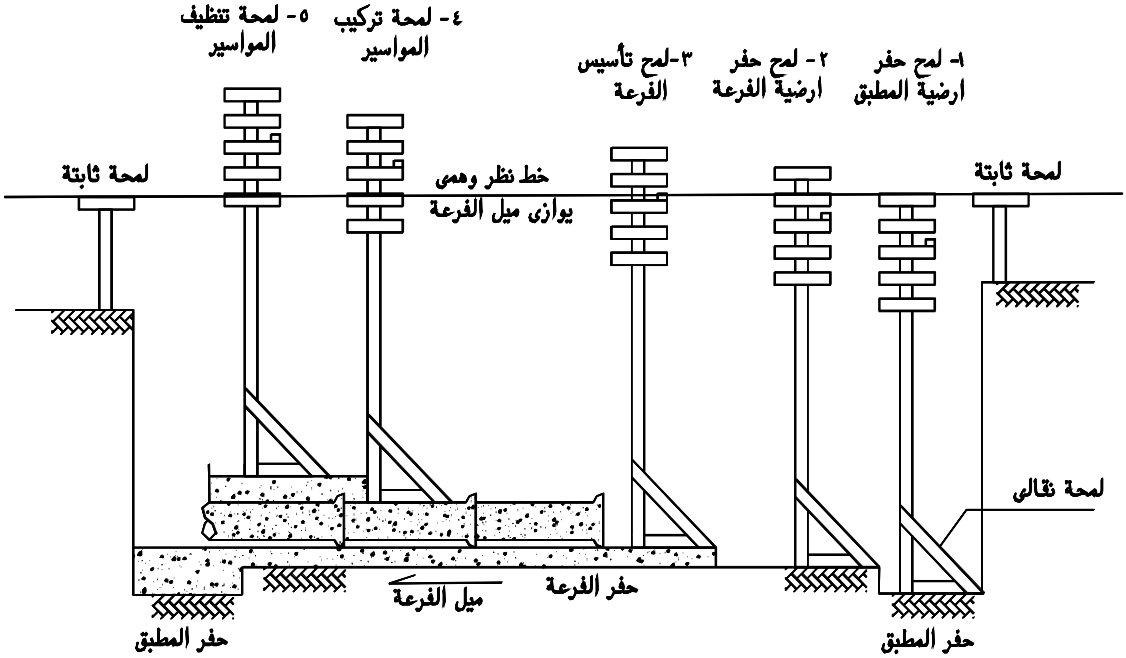
٤ - ٢ تنفيذ خطوط مواسير الانحدار

تنفذ جميع خطوط الانحدار - مهما كان قطر أو نوع الماسورة - كما يلي :

١ - يتم اختيار المسار المناسب - بعد عمل الأبحاث اللازمة. يحدد محور الخط ثم يحدد عرض الحفر (مضافا إليه سمك الشدة المستخدمة).
٢ - نبدأ الحفر مع عمل الصلبات اللازمة لسنـــد الجوانب حتى نصل إلى المنسوب النهائي. يتم الـــتخلص من المياه الجوفية إن وجدت بأي طريقة مناسبة.
٣ - يتم دق لمحة ثابتة عند أول الفرعة ولمحة أخري عند آخرها بحيث يكون فرق المنسوب بينهما هو فرق المنسوب بين أول الفرعة وآخرها، كما هو موضح بالشكل (٤ - ١).
تجهز اللمحة النقالى. ثم توضع عند أول الحفر. نبدأ في لمح اللمحتين الـــثابتـــتين مع العارضة رقم (١) ويجب أن يكونوا علي استقامة واحدة وعلي خط نظر واحد. إذا كانت العارضة رقم (١) أعلي من خط النظر دل ذلك علي أن موقع اللمحة النقالي أعلي من المنسوب المطلوب - لذا وجب الحفر في هذا المكان بقيمة معينة حتى يكون اللمحتين الـــثابتتين واللمحة لنقالي - العارضة رقم (١) - علي خط نظر واحد. توضع اللمحة

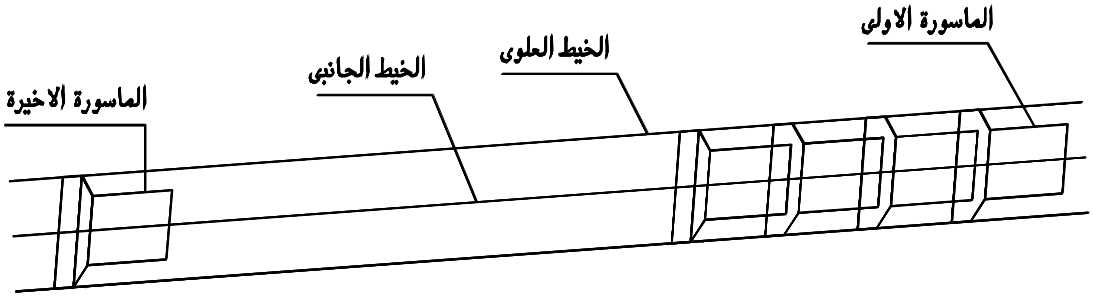
النقالي في نقاط متعددة داخل الحفر ويضبط منسوب الحفر بطول الفرعة. يمكن الاستغناء عن اللمحة النقالي بطريقة شد خيط بين اللمحتين الثابتين في بداية ونهاية الفرعة ثم قياس عمق الخط في أي نقطة بالفرعة بواسطة الشريط وهي طريقة أدق وأسهل من استخدام اللمحة النقالي.

ثم توضع طبقة التأسيس ويضبط منسوبها مع العارضة رقم (٢).



شكل (٤ - ١) اللمحة الثابتة واللمحة النقالي

٤ - يتم تنزيل المواسير داخل الفرعة - تضبط أول وآخر ماسورة علي محور الحفر تماما ثم يشد خيط علي القمم العليا للماسورتين وخيط آخر عند جوانب الماسورتين لضبط ميل الفرعة واستقامتها، كما هو موضح بالشكل (٤ - ٢).



شكل (٤ - ٢) ضبط ميل الخط

٥ - تركب المواسير علي الخيطين المذكورين. يبدأ الـــتركيب بأن تنظف الحلقات المطاط ثم تدهن بشحم نباتي. تدفع هذه الماسورة علي الماسورة الأخرى الـــثابتة بواسطة رافعة خشبية (للأ قطار الصغيرة) أوبواسطة جن بلانك كهربائي (للأقطار الكبيرة) حتى يتم التركيب. تضبط الماسورة علي الخيطين ضبطا نهائيا ويستمر العمل حتى نهاية الفرعة.

٦ - تبدأ أعمال الردم من أتربة نظيفة أومن الرمل (يدويا وبانتـــظام) حتى أعلي الماسورة بـــ ٣٠ سم ، ثم يستـــكمل الردم من ناتج الحفر علي طبقات سمكها ٣٠ سم مع الرش والدك حتى منسوب الأرض.

٧ - يلزم قطع المواسير في بداية ونهاية كل فرعة بطول لا يقل عن ضعف قطر الفرعة (عند دخول وخروج المواسير من المطبق) وذلك لمقاومة أي هبوط محتمل في الأرض دون أن ينكسر الخط .

٤ - ٣ استخدام جهاز الليزر في تركيب خطوط مواسير الانحدار

يستخدم جهاز الليزر فى تركيب خطوط مواسير الانحدار حيث يقوم بتوليد وإرسال أشعة مستقيمة لمسافة ٣٠٠ متر. وللجهاز مسامير ضبط الأفقية مع فقاعة روح التسوية - مثل الأجهزة المساحية. يضبط الجهاز علي الميل المطلوب ١% أو٢% (طبقا للـــتصميم) إلى أعلي أو إلى أسفل بواسطة أزرار خاصة بالجهاز. يحافظ الجهاز علي ميل الشعاع طوال مده العمل. يعمل الجهاز علي تيار كهربي مستمر١٢ فولت (ويمكن استخدام بطارية السيارة).

٤ - ٤ إنشاء المطابق

وتشمل عناصر إنشاء المطابق: جسم المطبق ومجارى القاع والغطاء الزهر والسلالم الزهر والعزل الداخلى والعزل الخارجى.

٤ - ٤ - ١ جسم المطبق

الأرضية والحوائط والسقف من الخرسانة العادية أو المسلحة باستخدام أسمنت مقاوم للكبريتات بنسبة ٣٥٠ كجم/م٣. يتم استخدام الفرم المعدنية لعمل الحوائط فى حالة المطابق الدائرية للحصول على سطح أملس (Fair Face). ويجب بياض الحائط من الداخل والخارج بمونة

الأسمنت والرمل بنسبة ١:١ وذلك للحد من تسرب الماء الجوفية إلى داخل المطبق. علماً بأن الأسمنت المستخدم فى جميع الأحوال من النوع المقاوم للكبريتات.

٤-٤-٢ مجارى القاع للمطبق

تشكل أرضية المطبق من الداخل لتكون قناة أو قنوات نصف دائرية تسير فيها الماء على أن تصل هذه القنوات ببعضها بمنحنيات سهلة وناعمة – يملأ الفراغ ما بين القنوات وحائط المطبق بالخرسانة بحيث يكون سطحها العلوى متجهاً إلى أعلى بميل ١ : ١٠ من القناة إلى الحائط وبذلك تنزلق على هذا الميل إلى القناة أى رواسب قد تتجمع عليه. وتعمل من الخرسانة العادية وباستخدام أسمنت مقاوم للكبريتات ثم يتم بياضها بمونة أسمنت مقاومة للكبريتات مع الخدمة الجيدة والتنعيم.

٤-٤-٣ أغطية المطابق

٤-٤-٣-١ الغطاء الزهر

تغطى المطابق بغطاء وإطار (شنبر من الحديد الزهر)، بوزن لا يقل عن ٢٨٠كجم للغطاء والشنبر وبقطر ٦٠سم، وذلك للمطابق الدائرية بعمق صغير وقطر لا يزيد عن ١,٢م. ويكون وزن الغطاء والشنبر لا يقل عن ٣٥٠كجم وبقطر ٧٦سم للمطابق المربعة والدائرية ذات العمق الكبير والقطر أكبر من ١,٢م. ويكون مكتوب على الغطاء أسم المدينة وسنة الصنع بالحروف البارزة ويتم تركيب الشنبر فوق رقبة المطبق بحيث يكون منسوب سطح الغطاء مع منسوب السطح النهائى للطريق، وذلك فى حالة الطرق الأسفلتية. وفى حالة الطرق الترابية الممهدة يكون منسوب سطح الغطاء أعلى مع متوسط منسوب مداخل المنازل المجاورة أو أعلى من أو مع منسوب الشارع بمقدار سمك طبقات الرصف (دقشوم - + أسفلت) فى حالة إدماج الشارع فى خطة الرصف.

٤-٤-٣-٢ الغطاء من نوع الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية GRC

- تصنع الأغطية من الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية لتتحمل أحمال سيارات النقل الثقيل حتي ٥٠ طن بالمقاسات المطلوبة طبقا للرسومات
- يتم تصنيع هذه الأغطية طبقاً للمواصفات التالية :

- مواد الخرسانة (الكيماويات) ASTM C494
- للمواد الملونة للخرسانة ASTM C979
- مواصفات الأسمنت على أن يكون من الأسمنت المقاوم للكبريتات BC 1014
- طريقة تحديد خواص التسليح بالفيبرجلاس BC 6432

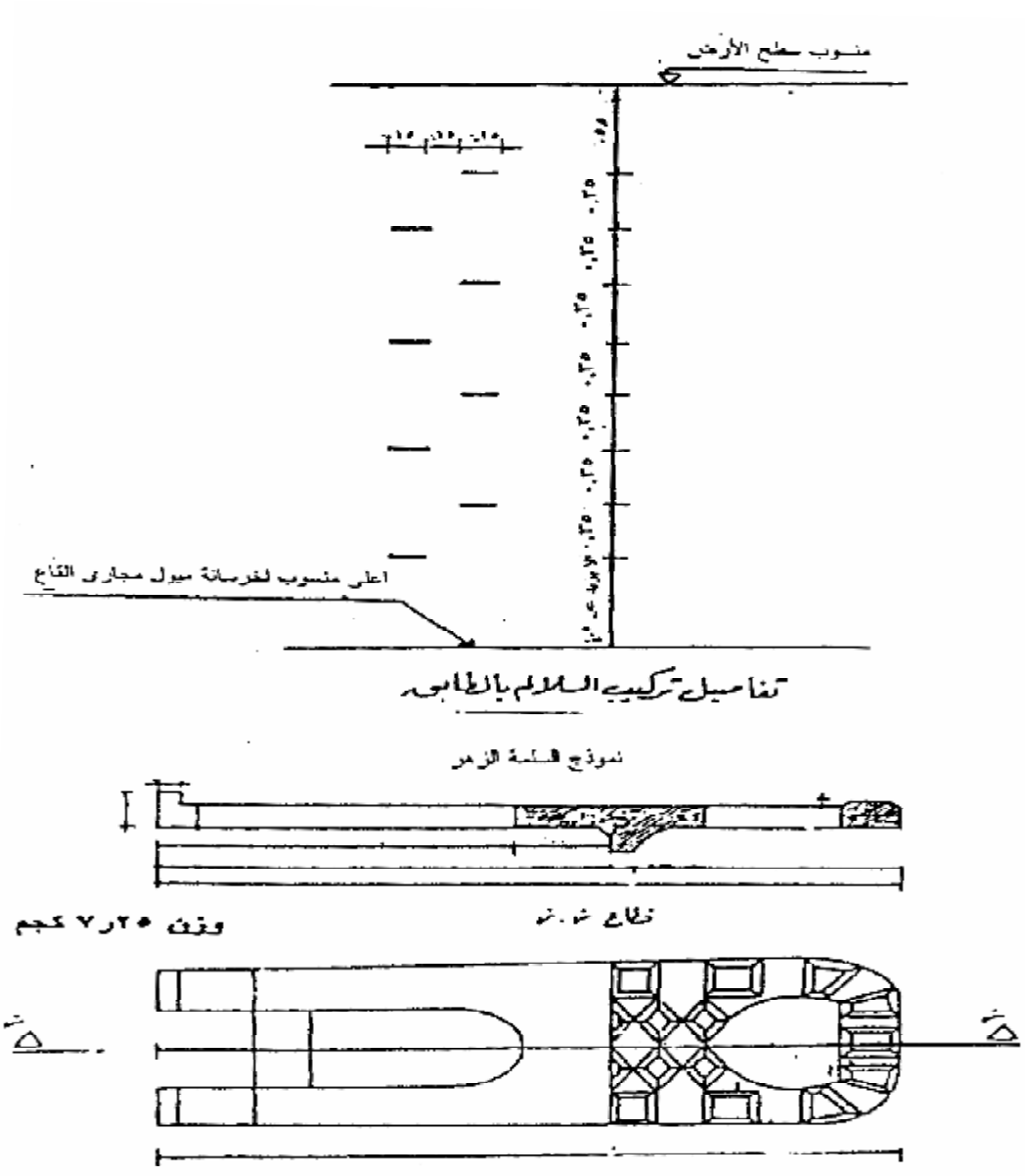
- يكون الإطار (Frame) من الزهر الرمادي
- يجب عمل الإختبارات التالية علي الأغطية :

- Slump test, Bag test, Bucket test and Physical test.
- الوزن النوعي ١,٩ : ٢,١ طن / مم^{٣}
- معامل المرونة ١٠ : ٢٠ ك نيوتن / مم^{٢}
- مقاومة الشد ٨ : ١١ نيوتن/مم^{٢}
- مقاومة الإنحناء ٢١ : ٣١ نيوتن / مم^{٢}
- مقاومة القص بين الطبات ٣ : ٥ نيوتن / مم^{٢}
- حد المرونة للإنحناء ٧ : ١١ نيوتن / مم^{٢}
- مقاومة الضغط ٥٠ : ٨٠ نيوتن / مم^{٢}

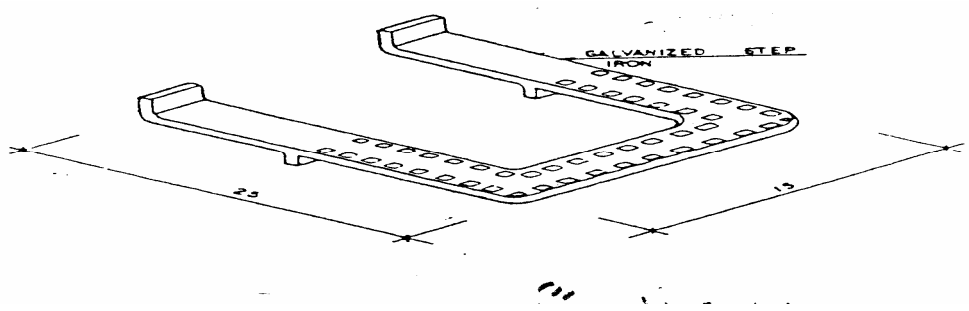
- يتم دهان الأغطية بمواد إيبوكسية عازلة و تكون الأغطية مقاومة لتأثير الأحماض و القلويات و الغازات المنبعثة من مياه الصرف الصحي

٤ - ٤ - ٤ السلالم الزهر

تركب السلالم الزهر لتسهيل نزول وصعود عمال الصيانة داخل المطبق، والأشكال (٤-٣)، (٤-٤) توضح نماذج لهذه السلالم ويجب أن يختار مكان تركيب السلالم بعيداً عن مصب خطوط الصرف ويتم تركيب السلالم الزهر بالتبادل والمسافة الأفقية بين صفى السلالم هي ١٥سم وتكون المسافة بين الدرجة الأولى وسطح الأرض ٥٥ سم ثم يتم تركيب الدرج بالتبادل على مسافات رأسية ٣٥سم بحيث تكون المسافة الرأسية بين الدرجة الأخيرة وسطح خرسانة الميول ≥ ٥٠سم.



شكل (٤ - ٣) تفاصيل السلالم وتركيبها بالمطابق



شكل (٤ - ٤) تفاصيل درج سلم

٤ - ٥ العزل الداخلي للمطابق

يمكن عزل المطابق بالدهانات الايبوكسية المقاومة للأحماض مثل كيمابوكس ١١٠ أو سيوتكت إم ٢ ثلاثة أوجه دون تخفيف وبسمك ٤٥٠ ميكرون بعد الجفاف.

وللمطابق الكبيرة يتم عزل الحوائط الداخلية بعمل كسوة من الطوب الأزرق مع ملء فواصل المبانى بمادة ايبوكسية مقاومة للأحماض بعمق ٢,٥ سم مثل مادة FMA 151 أو ما يماثلها.

كما يمكن عزلها برقائق (P.V.C) على شكل (T-Lock).

٤ - ٦ العزل الخارجى للمطبق

يدهن السطح الخارجى ثلاثة أوجه بمادة P.F.4 بسمك ٤٥٠ ميكرون بعد الجفاف.

٤ - ٧ أنواع المطابق

تشمل أنواع المطابق الشائعة الاستخدام فى مصر ما يلى:

١ - مطابق مصبوبة فى الموقع من الخرسانة العادية.
٢ - مطابق مصبوبة فى الموقع من الخرسانة المسلحة.
٣ - مطابق خرسانية مسلحة سابقة الصب (سابقة التجهيز)
٤ - مطابق الشوارع الضيقة، وتبنى بالطوب الأزرق أو الطوب الأسمنتى.
٥ - مطابق المجمعات الدائرية سابقة الصب.

٤ - ٧ - ١ مطابق مصبوبة في الموقع من الخرسانة العادية أو المسلحة

المطابق المصبوبة في الموقع من الخرسانة العادية أو المسلحة يمكن تنفيذها على شكل مطابق مستديرة أو مربعة تنشأ المطابق طبقاً لأحد النماذج التالية:

- مطابق دائرية ذات قطر داخلى لا يزيد عن ٠,٦م، ويسمى مطبق رقبة ويستعمل فى بداية الفرعات ولأعماق أقل من ١,٢٠م.
- مطابق دائرية ذات قطر داخلى لا يزيد عن ١,٠م، وتستعمل للأعماق حتى ٢,٥م.
- مطابق دائرية ذات قطر داخلى لا يزيد عن ١,٠م، وتستعمل للأعماق أكبر من ٢,٥م.

- مطابق مربعة أبعادها الداخلية لا تقل عن ١,٢م، وتستعمل لجميع الأعماق للأقطار أكبر من ٤٠٠مم (١٦ بوصة).
- مطابق مربعة أو مستطيلة تستخدم فى المجمعات وتحدد أبعادها الداخلية طبقاً لعمر مواسير الصرف.
- مطابق ساقطة (هدارات) قطرها الداخلى لا يقل عن ١,٢م، وتستعمل فى حالة تقابل ماسورتين إحداهما على عمق صغيرة والأخرى على عمق كبير، والمسافة الرأسية بينهما لا تقل عن ١,٠٠م، حتى لا تصب الماسورة العليا فى تجويف المطبق. وتصل الماسورة إلى المطبق عن طريق ماسورة رأسية خـــارج تجويـــف للمحافظة على جسمه من النحر.

٤-٧-٢ المطابق الخرسانة المسلحة سابقة الصب (سابقة التجهيز بالمصانع)

ويمتاز هذا النوع من المطابق الخرسانية المسلحة بما يلي:

١ - الجودة الفائقة عن مثيله من الخرسانة العادية المصبوبة في الموقع. حيث يتم تصنيع هذه المطابق بالمصنع من الخرسانة المسلحة وفى ظروف مثالية من حيث الخلط والصب والدمك الميكانيكى بالإضافة إلى المعالجة المثالية.

٢ - سرعة التنفيذ – حيث يستغرق تركيبه أقل من ساعة.

٣ - الثمن المعتدل والزيادة الموجودة في ثمن توريد المطبق عن المطبق المصبوب في الموقع يقابلها السرعة في التنفيذ، والتي تؤدى إلى تقليل زمن استخدام شدات سند جوانب الحفر أو زمن استخدام وسائل التحكم في المياه الجوفية، مما يؤدى في النهاية إلى تكلفة معتدلة قد تكون أقل من تنفيذ المطبق بالموقع.

٤ - يناسب جميع أقطار المواسير وأي ارتفاعات مطلوبة. ومن أجل ذلك يتم إنشاء المطبق على أجزاء ذات ارتفاعات مختلفة للحصول على الارتفاع المطلوب للمطبق.
   - حلقات ارتفاع:٢٥سم، ٥٠سم، ١٠٠سم
   - أو حلقات ارتفاع:٣٣سم، ٦٦سم، ٩٩سم
   - ويمكن باستخدام هذه الارتفاعات المختلفة الحصول على الارتفاع المطلوب للمطبق.

ملاحظات فنية لإنشاء المطابق سابقة التجهيز

أ - يراعى عند دخول أي خط صرف جديد أن يكون بعيداً عن مكان الوصلة بمقدار ٢٠سم.

ب - عند دخول أو خروج المواسير، تركب ٢ وصلة مواسير (مواسير ذات وصلات مرنة) بطول ٣٠ سم إلى ١٠٠سم (لمل وصلة) حيث تسمح هذه الوصلات بهبوط المطبق دون حدوث كسر فى الخط.

الفصل الخامس
التربة ذات المشاكل

٥ - ١ مقدمة

لما كان تنفيذ شبكات التغذية بالمياه وشبكات الصرف الصحي يرتبط بالحفر والردم في طبقات التربة لذلك فمن الأهمية بمكان معرفة أنواع التربة وما قد يسببها بعضها من مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لظروف تكوينها أو التغيير فى الظروف البيئية المحيطة وتتواجد التربة ذات المشاكل بمصر ضمن الترسيبات الصحراوية الجافة وتسمى طفلة أو ضمن الترسيبات الساحلية المشبعة بالمياه أو تربة الردم وأكثر أنواع التربة ذات المشاكل المتواجدة بمصر هى:

- تربة طينية / طينية طمييه عالية اللدونة قابلة للانتفاش
- الشيل (Shale) حجر طينى طميي صفحى عالى الدونة قابل للانتفاش.
- الحجر الوحلى (Mudstone) حجر طيني طميي كتلى يتغير سلوكه بالمياه.
- الحجر الطينى (Claystone) من الطين يتغير سلوكه بالمياه.
- المارل (Marl) حجر طينى طميي جيرى يتغير سلوكه بالمياه.
- التربة الانهيارية (التربة القابلة للانهيار) والتى تتكون من تكوينات ضعيفة التماسك والناتج عن تماسك ظاهرى.
- التربة الطينية اللينة المتواجدة غالياً فى شمال الدلتا ومنها الطين العالى التضاغط والتربة العضوية والتربة الطينية (القابلة للتسييل).
- التربة المكونة من الردم.
- الكثبات الرملية.
- التربة السبخية ومنها التربة السبخية الرملية والسبخية الطينية أو الطمييه.

٥ - ٢ الخواص السائدة للتربة ذات المشاكل

- الحركة الزائدة والغير منتظمة سواء كانت بالإنتفاش أو الانضغاط أسفل المنشآت مما يتسبب عن ذلك تشريخ أو انهيار أو كسر بالمنشآت.
- عدم استقرار التربة أسفل المنشأ مع الوقت بسبب التغيير الموضعى لخواص وسلوك التربة نتيجة البلل أو الغمر.

- صعوبة أعمال الإنشاء.
- وبطبيعة الحال فإن وجود تربة ذات مشاكل بالموقع يزيد من تكلفة عملية الإنشاء وتكلفة الأساسات.

٥-٣ معالجة التربة عند منسوب الحفر:

يمكن معالجة التربة ذات المشاكل عند منسوب التأسيس بأى من الأساليب الآتية مع الاسترشاد بالكود المصرى لميكانيكا التربة والأساسات:

- **بالنسبة للتربة الانتفاشية:**

يتم تنفيذ تربة احلال مكونة من الرمل المتدرج النظيف المدموك بسمك يختلف من ٠,٥٠ متر إلى ١,٠٠ متر حسب درجة الانتفاش للتربة ودليل اللدونة.

- **بالنسبة للتربة الانهيارية والتربة السبخية:**

يتم تنفيذ تربة إحلال مكونة من الزلط والرمل النظيف المخلوط المدموك بسمك يختلف من ٠,٣٠ متر إلى ١,٠٠ متر ويتوقف ذلك على طاقة القابلية للانهيار وقد يلزم غمر ودمك منسوب التأسيس قبل تنفيذ تربة الإحلال.

- **بالنسبة للتربة اللينة واللينة جداً:**

يمكن استخدام تربة إحلال مكونة من الزلط المتدرج النظيف المدموك / الزلط والرمل المتدرج النظيف المدموك بسمك يختلف من ٠,٥٠ متر إلى ١,٠٠ متر ويتوقف ذلك على قيمة دليل الانضغاط ودليل اللدونة.

كما يمكن استخدام المصنعات الجيوتكنيكية (Geosynthetics) أو الخوازيق الحاملة للمواسير ويتوقف ذلك على سمك طبقة التربة اللينة أو اللينة جداً والأحمال المنقولة.

- **بالنسبة لتربة الردم:**

يتم ازالة تربة الردم حتى الطبقة السليمة من التربة أو معظمها وغمر التربة بالمياه واستبدال ذلك بتربة إحلال مناسبة.

- **بالنسبة للكثبان الرملية:**

تغمر التربة جيداً بالمياه ويستبدل جزء منها بسمك ٠,٥٠ متر على الأقل بالتربة الزلطية الرملية النظيفة المدموكة / الزلط النظيف المتدرج المدموك.

ويجب على المهندس المصمم دراسة كل حالة على حدة وتوقع السلوك المستقبلى للتربة ومعالجة التربة ويعتبر الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات مرجع أساسى لهذه الدراسات.

- **المواسير المستخدمة فى التربة ذات المشاكل**

يتم استخدام المواسير المرنة والمواسير ذات الوصلة المرنة فى مثل هذه الأنواع من التربة.

الفصل السادس
أعمال خفض المياه الأرضية

٦-١ مقدمة

فى حالة وجود مياه جوفية يجب تخفيضها بإحدى الطرق المناسبة ليمكن تركيب المواسير بأنواعها المختلفة وإجراء الاختبارات والردم. ولإمكان اختيار الطريقة المناسبة لخفض المياه الجوفية لكل حالة تواجه مهندس التنفيذ فى الطبيعة يلزم عمل دراسة تفصيلية للموقع لاختيار الطريقة المناسبة مع مراعاة الجدوى الاقتصادية بقدر الإمكان. وتشمل الدراسات التفصيلية عمل جسات في منطقة الطبقة الحاملة للمياه وإجراء تجارب الضخ.

٦-٢ طرق النزح المختلفة

٦-٢-١ نزح يدوى:

يستخدم النزح اليدوى فى حالة وجود مياه جوفية ويرى مهندس التنفيذ إمكانية التغلب عليها بواسطة العمالة والمهمات اليدوية المتاحة بالموقع طوال مدة التركيب والاختبارات وحتى البدء فى أعمال الردم.

٦-٢-٢ نزح ميكانيكى:

يستخدم النزح الميكانيكى فى حالة عدم إمكانية التغلب على المياه الجوفية بواسطة العمالة والمهمات اليدوية المتاحة وينقسم النزح الميكانيكى إلى نزح سطحى ونزح جوفى.

٦-٣ أنوع النزح الميكانيكي

٦-٣-١ النزح الميكانيكي السطحي:

يستخدم هذا النوع فى حالة إمكانية التغلب على كمية مياه الرشح بواسطة الطلمبات النقالى أو الغاطسة والتى يختلف عددها وقطرها وقدرتها وأماكن وضعها حسب كميات

المياه بقطاع الحفر مع الأخذ فى الاعتبار سلامة المنشآت المجاورة وعدم خلخة التربة أسفل أساسات هذه المنشآت.

٦-٣-٢ النزح الميكانيكي الجوفي:

يستخدم هذا النوع إذا ظهر بتقرير التربة وجود مياه رشح غزيرة أو فى حالة ظهور فوارات ولا يمكن التغلب عليها إلا مع وجود نظام ثابت وتحسب كميات هذه المياه الجوفية مع تحديد نظام النزح المناسب الذى يعمل على ثبات منسوب المياه الجوفية أسفل قاع الحفر لخطوط المواسير بمسافة لا تقل عن ٠,٥٠ متر ومن أمثلة هذه الأنظمة ما يأتى:

٦-٣-٢-١ نظام الحراب: أشكال (٦-١) ، (٦-٢) ، (٦-٣)، (٦-٤)

يستخدم هذا النظام في أنواع تربة معينة ولأعماق محدودة لضمان تنفيذ وتجربة خطوط المواسير بحيث يكون قاع الخنادق جاف تماماً ويتم الردم فوق المواسير مع مراعاة عدم الأضرار بالمنشآت والمبانى المجاورة لهذه الخطوط ويتم ذلك طبقاً للخطوات الآتية:

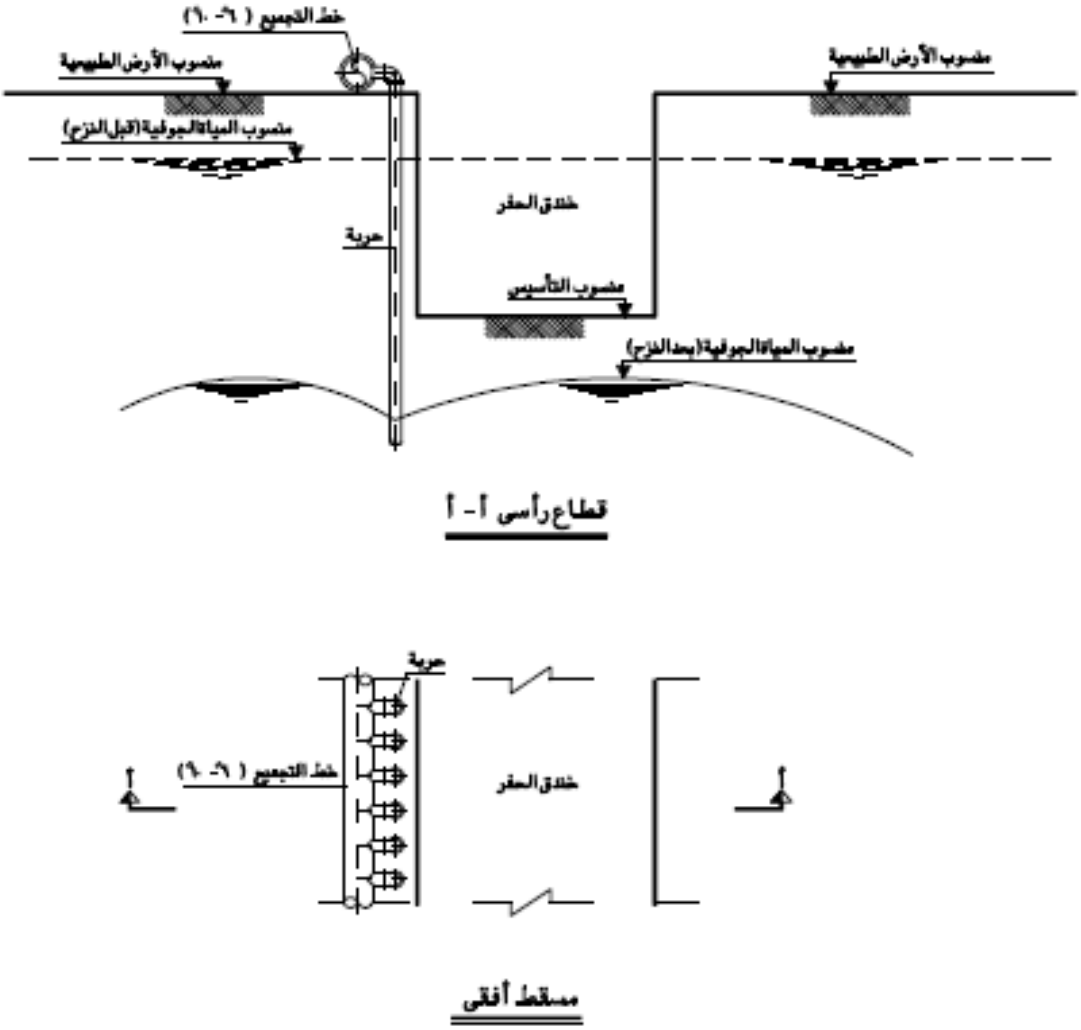
أ - يتم دق مواسير حديد مجلفن قطر ٥ سم (٢ بوصة) على مسافات مناسبة تبعاً لغزارة المياه الجوفية لهذا الموقع ومنسوب المياه الجوفية المطلوب تخفيضه.

ب- تثبت فى نهاية هذه الماسورة بريمة عند السن على شكل حربة وبها خروم موزعة توزيعاً متبادلاً ومغطاة بشبكة معدنية بارتفاع مترين من جهة السن لمنع الانسداد.

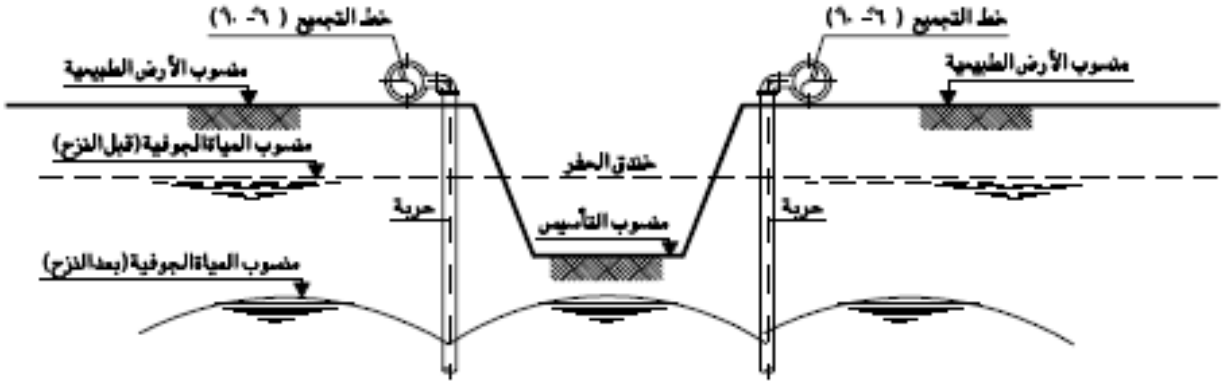
جـ- يركب بأعلى الماسورة محبس للتحكم ولعمل الصيانة اللازمة لكل حربة على حدة.

د - يتم توصيل كل مجموعة من هذه الحراب على خط فرعى مجمع يركب عليه محبس وتجمع هذه الأفرع فى خط رئيسى للتخلص من هذه المياه لأقرب مصرف عمومى بواسطة الطلمبات المحسوب تصرفها والتى تعمل بصفة مستمرة لحين الانتهاء من التركيب والاختبارات.

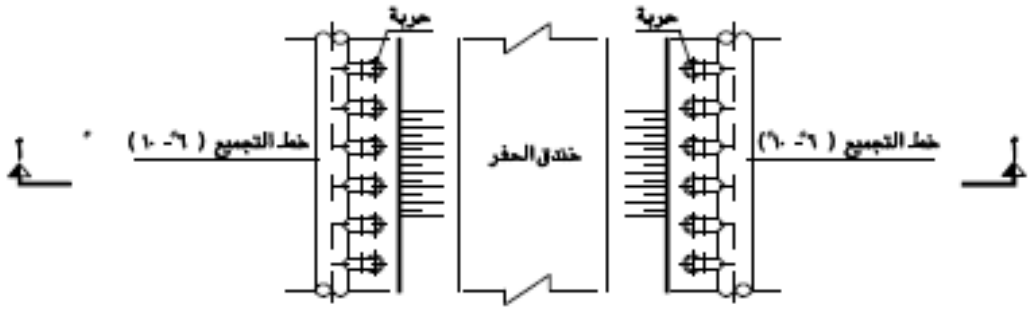
هـ- يلزم تواجد طلمبات احتياطية لاستخدامها عند حدوث أية أعطال مفاجئة أو لأعمال الصيانة.



شكل (٦-١) مسقط أفقي لآبار إبرية علي أحد جانبي الحفر

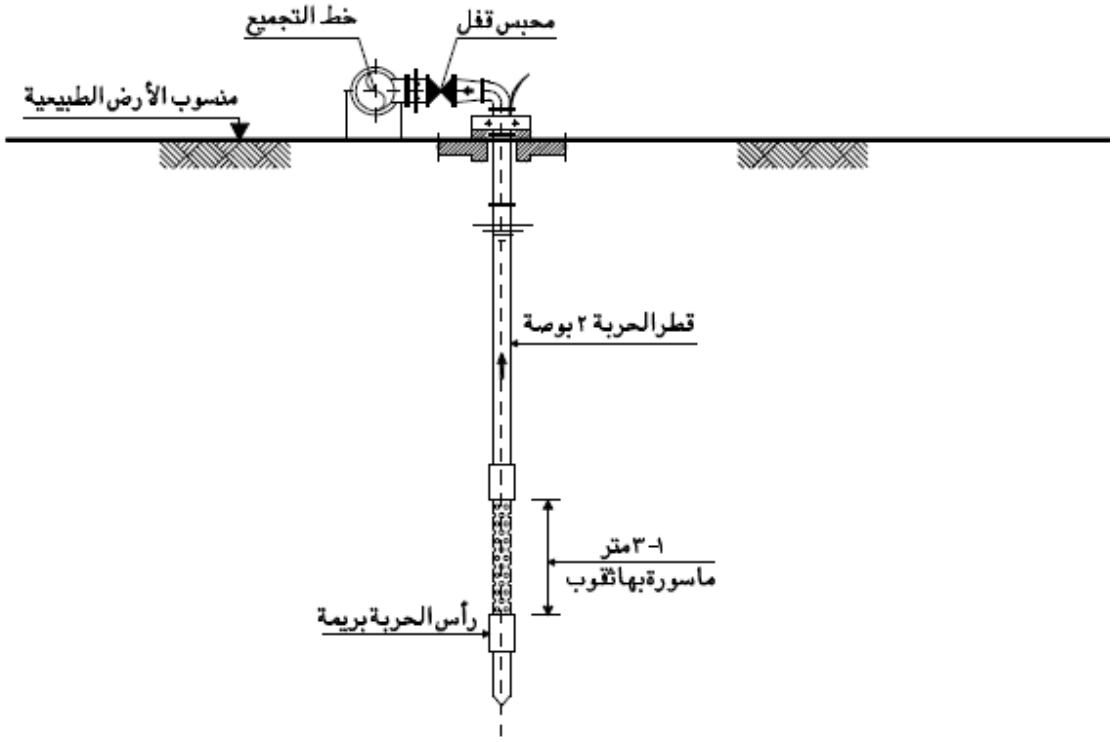


قطاع رأسى أ- أ

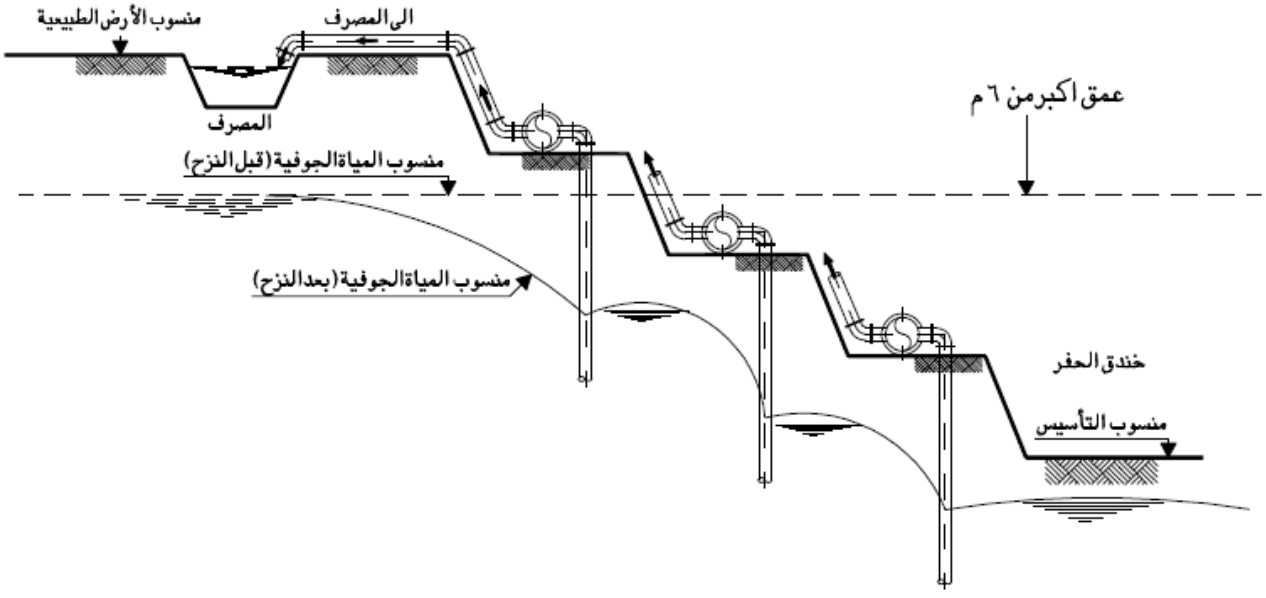


مسقط أفقي

شكل (٦-٢) مسقط أفقي لآبار إبرية علي جانبي الحفر



شكل (٦-٣) تفاصيل الحربة في نظام الآبار الإبرية



شكل (٦-٤) النزح الجوفي بنظام الآبار الإبرية (الحراب) متعدد المراحل مستخدم لأعماق أكبر من ٦م

٦-٣-٢-٢ نظام الآبار العميقة: أشكال (٦-٥)، (٦-٦)

يستخدم هذا النظام كبديل لنظام الحرب فى حالة الخطوط ذات الأعماق الكبيرة وذلك بهدف تخفيض المياه الجوفية أو تخفيف ضغط المياه في الطبقات الارتوازية تحت قاع الحفر لمنع حدوث الفوارات ويتم ذلك على النحو كالآتى:

أ - الآبار العميقة عبارة عن ماسورة قطرها الداخلي ٢٠ إلى ٣٠ سم تدق للعمق التصميمى المطلوب بحيث يتم تجفيف الخندق بعمق لا يقل عن ٠,٥٠ متر أسفل قاع الخندق ويكون جزء من هذه الماسورة مصمت أما الباقي منها فيكون به ثقوب موزعة بالتبادل على محيط الماسورة.

ب - لضمان عدم سحب حبيبات التربة من خلال فتحات ماسورة البئر يتم وضع مرشح زلطى (رمل حرش وزلط رفيع) يتدرج مقاس حبيباته من ١,٠٠ مم إلى ٤,٠٠ مم.

جـ - يتم تنفيذ هذا المرشح الزلطي عن طريق دق ماسورة خارجية بقطر لا يقل عن ٤٠ إلى ٥٠ سم بكامل طول البئر كما هو موضح بالأشكال رقم (٦-٥) ، (٦-٦) ويتم تفريغ هذه الماسورة من التربة ثم إنزال ماسورة البئر داخل هذه الماسورة الخارجية حتى المنسوب المطلوب مع استخدام دلائل حول ماسورة البئر لضمان انتظام الفراغ بين الماسورتين ثم يملأ الفراغ بالمرشح الزلطي أثناء رفع الماسورة الخارجية تدريجياً.

د - يمكن استخدام شبك معدنى أو بلاستيك حول جزء ماسورة البئر المثقوب لزيادة ضمان عدم سحب حبيبات التربة.

هـ - لا يزيد القطر الخارجي للطلمبة الغاطسة عن ٢٠ سم (٨ بوصة).

و - يلزم تركيب مفتاح إيقاف أوتوماتيكي لإيقاف الطلمبة عند انخفاض منسوب المياه بالبئر تحت منسوب الطلمبة وكذلك تشغيل أوتماتيكي عند ارتفاع المياه بالبئر فوق المنسوب المحدد لتخفيض المياه الجوفية.

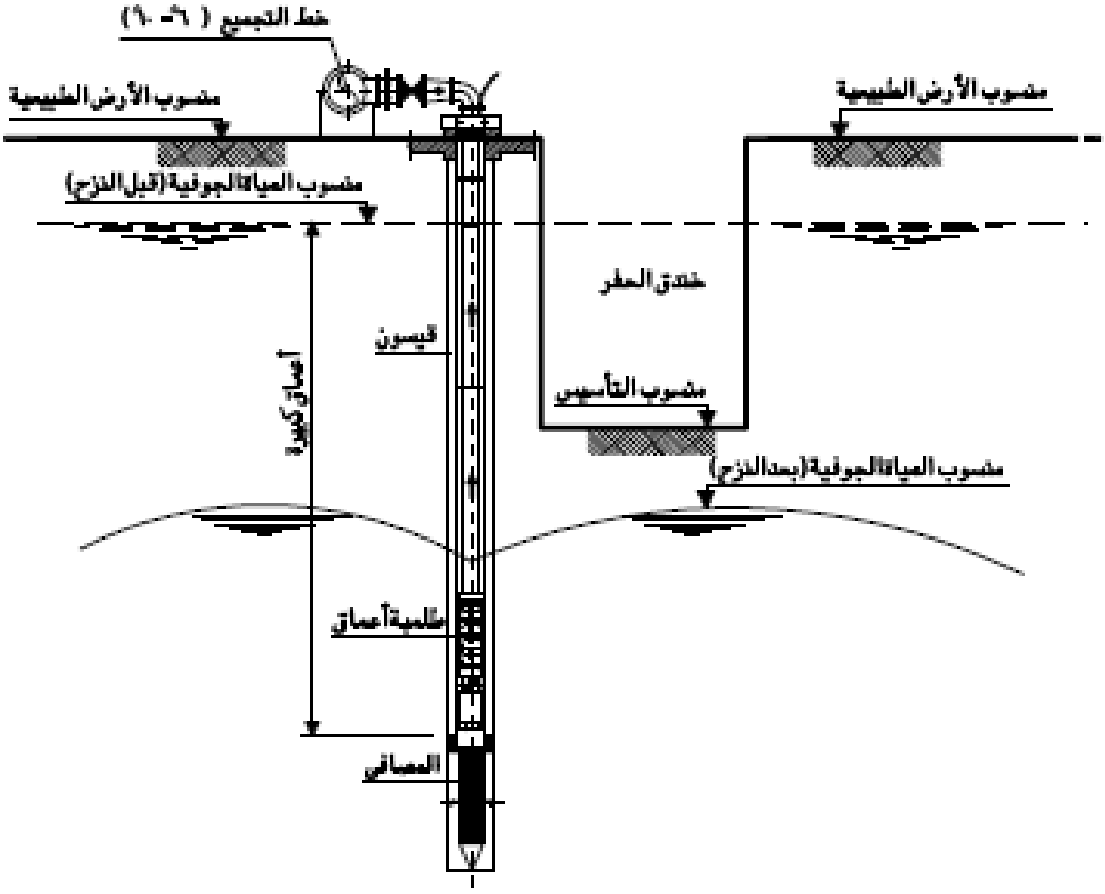
ز - يراعى وجود مولد كهربائى احتياطى بالموقع لتشغيل الطلمبات فى حالة انقطاع التيار الكهربائى لضمن استمرارية التشغيل كما يراعى وجود طلمبات احتياطية عند حدوث أية أعطال أو لأعمال الصيانة.

ح - يتم دق بيزومترات (ماسورة قطر ٥ سم (٢ بوصة) على مسافات محددة لرصد منسوب المياه الجوفية على طول خنادق الحفر والتأكد من أن أعمال تخفيض المياه تتم بكفاءة تامة، وذلك قبل بدء حفر الخنادق

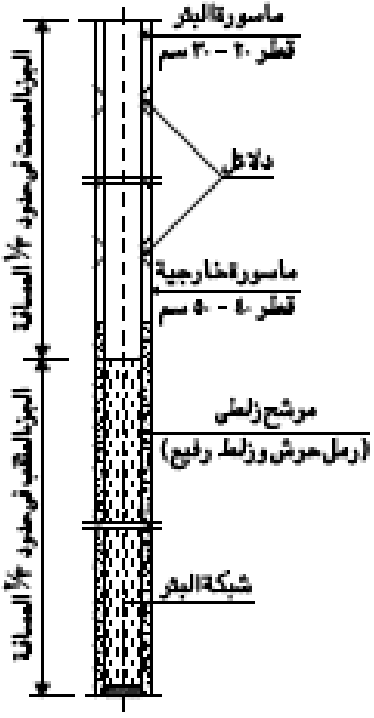
ط-مراقبة محتوى حبيبات التربة الدقيقة في مياه النزح ويجب ألا يزيد محتواها عن ١٥ جزء في المليون.

ك - يجب تجنب وضع طلمبة الأعماق أمام مصافي البئر لتجنب سحب حبيبات التربة وبالتالي انسداد المصافي.

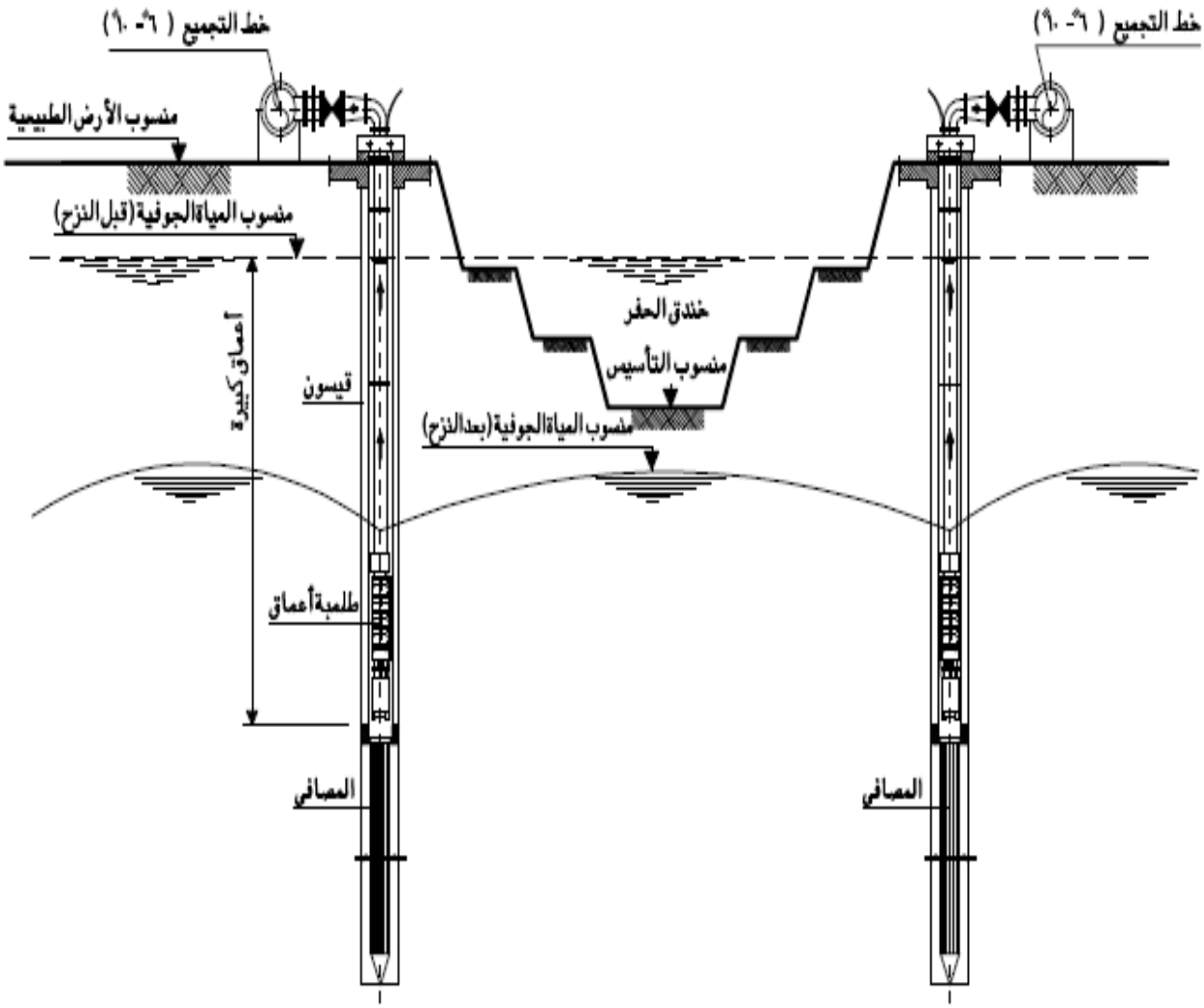
ل - يمكن استخدام نظام النزح العميق وذلك بغرض تخفيض ضغط المياه الجوفية على قاع الحفر طبقاً لما هو موضح بالشكل (٦-٧)



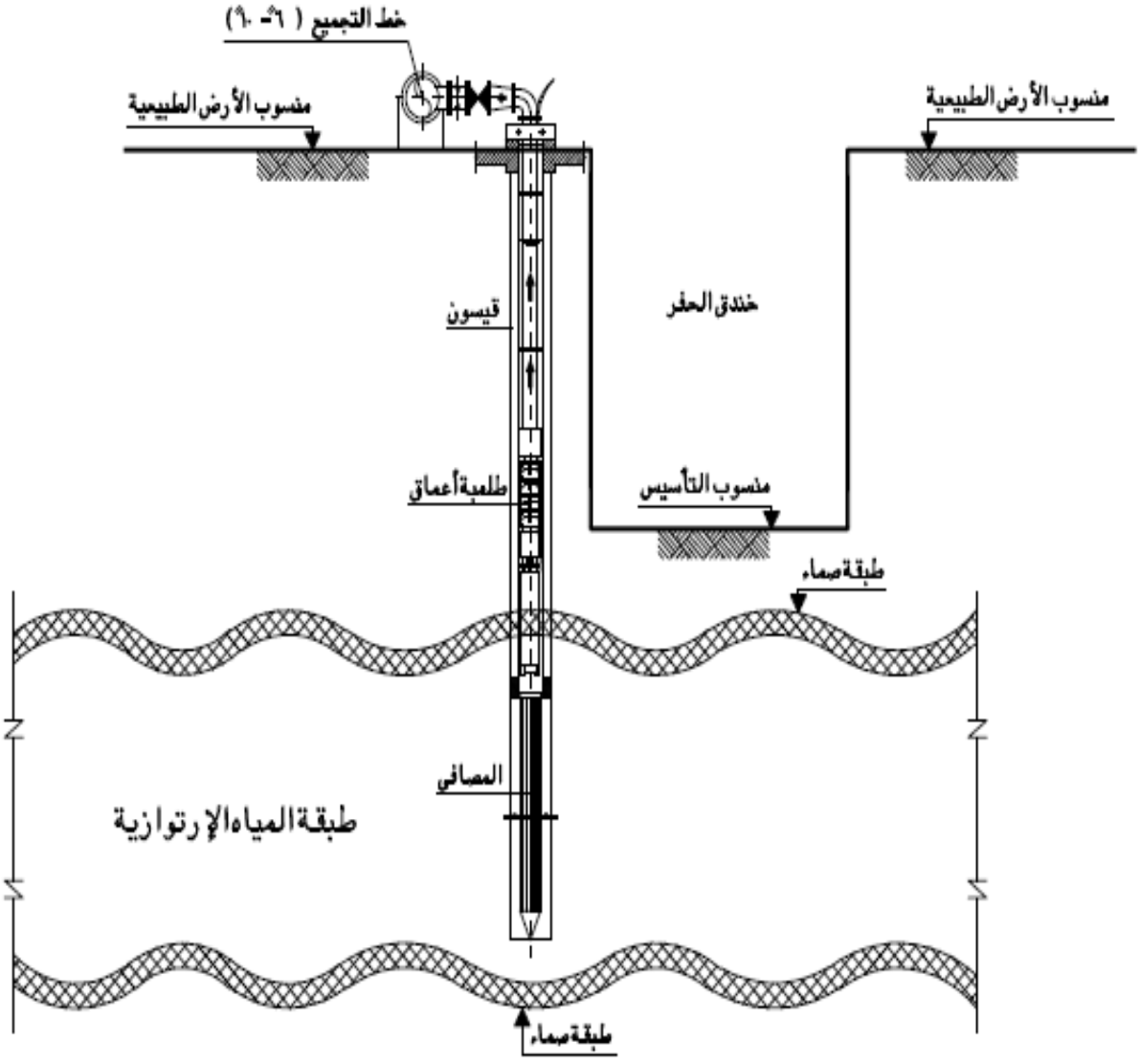
شكل (٦-٥) نظام الآبار العميقة علي أحد جانبي الحفر في الأعماق الكبيرة



تفاصيل البئر التوضيحية



شكل (٦-٦) نظام الآبار العميقة علي جانبي الحفر في الأعماق الكبيرة



شكل (٦-٧) نظام الآبار العميقة لتخفيف الضغط في طبقة المياه الارتوازية

٦ - ٤ تجربة الضخ

يتم إجراء تجربة الضخ بغرض تعيين معامل التوصيل الهيدروليكي (معامل النفاذية) لاستخدامه في تصميم نظام خفض المياه الجوفية.

٦ - ٤ - ١ خطوات الاختبار

١ - يتم دق بئر التجربة وعدد من البيزومترات لا يقل عن أربعة بيزومترات على مسافات مختلفة تغطى جزء كبير من نصف قطر دائرة التأثير المتوقعة للبئر.

٢ - قبل إجراء الاختبار يتم رصد منسوب المياه الجوفية ثم يبدأ تشغيل طلمبة البئر لفترة مناسبة لا تقل عن ٢٤ ساعة للتأكد من أن البئر يعمل بكفاءة ثم يوقف التشغيل تدريجياً حتى يعود منسوب المياه الجوفية لحالته المستقرة..

٣ - يعاد التشغيل مرة ثانية ويتم تسجيل عمق المياه بالبئر والبيزومترات لمدة ٢٤ ساعة وحتى الوصول إلى قراءات ثابتة لمدة ثلاث ساعات متتالية على الأقل.

٤ - يتم توقيع قراءات منسوب المياه في البيزومترات والبئر الموضحة لانخفاض المياه مع الوقت على منحنى نصف لوغاريتمى.

Drawdown versus (Log) elapsed pumping time

٥ - بعد توقف عملية النزح يتم تسجيل معدل ارتفاع المياه فى البئر والبيزومترات.

٦ - توقع القراءات النهائية لانخفاض المياه بالنسبة للبئر والبيزومترات على منحنى نصف لوغاريتمى موضحاً الانخفاض النهائى للمياه مع المسافة.

Drawdown versus Distance

ويمكن من هذه المنحنيات استنتاج معامل التوصيل الهيدروليكي (معامل النفاذية للتربة) من المعادلات التالية حسب نوع الطبقة الحاملة للمياه

٧ - يراعى فى توقيع القراءات نوع السحب طبقاً للآتى:

Artesian Flow

$$Q_W = \frac{2\,p\mathrm{k}D(H-h)}{\mathrm{Ln}(R/r)}$$

Gravity Flow

$$Q_W = \frac{p\mathrm{k}(H^2-h^2)}{\mathrm{Ln}(R/r)}$$

where

Q_w = Flow from the well

D = aquifer thickness

$(H-h)$ or $(H^2 - h^2)$ = *drawdown at distance r from well*

R = radius of influence

مع الأخذ في الاعتبار أن هذه المعدلات خاصة بـــ Fully Penetrating Wells ويمكـــن إجراء التصحيح المناسب فى حالة Partially Penetrating Wells

٨ - يتم تحليل النتائج حيث يمكن استنتاج قيمة النفاذية وقيمة نصف القطر المؤثر والتأكد مـــن التصميمات ومرفق نموذجين استرشاديين لتحليل النتائج للتصرف الحر والتصرف المحاط.

٦ - ٤ - ٢ ملاحظات الموقع

قبل إجراء اختبار النزح أو الضخ يتم تسجيل أى ملاحظات يمكن أن تؤثر على التجربـــة بالموقع أو النتائج المستنتجة.

١ - وجود مصدر مياه ثابت قريب من الموقع وبعد هذا المصدر.

٢ - اختلاف مناسيب الأرض عند البيزومترات والبئر ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار.

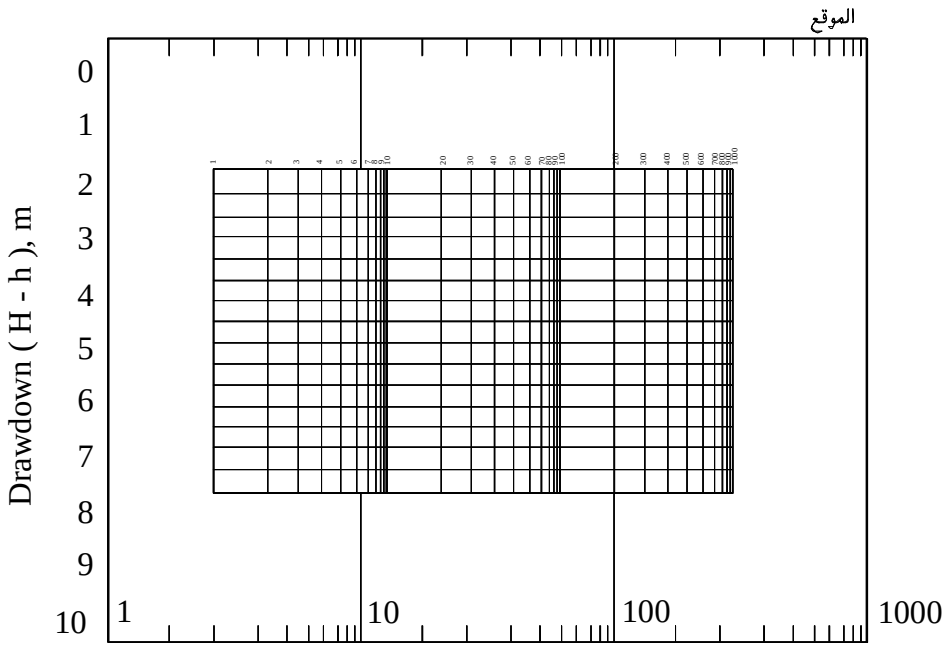
٣ - أى ملاحظات أخرى يراها المهندس المنفذ للتجربة.

٦ - ٤ - ٣ الأجهزة المستخدمة بالتجربة

يراعى أن تكون الأجهزة المستخدمة بالتجربة مثل عداد قياس التصرف وجهاز قياس عمق المياه بالبيزومترات والبئر وأن تكون الأجهزة سليمة ومعايرة.

ويوضح الشكل التالي نموذج تحليل نتائج التجربة باستخدام المعادلات المناسبة.

Gravity Well Test
Drawdown vs Distance From Test Well



R = ……..

$$k = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} Ln(R/r)$$

Expected Total Drawdown

Well No.	r	H^2-h^2	H-h
Total Drawdown			

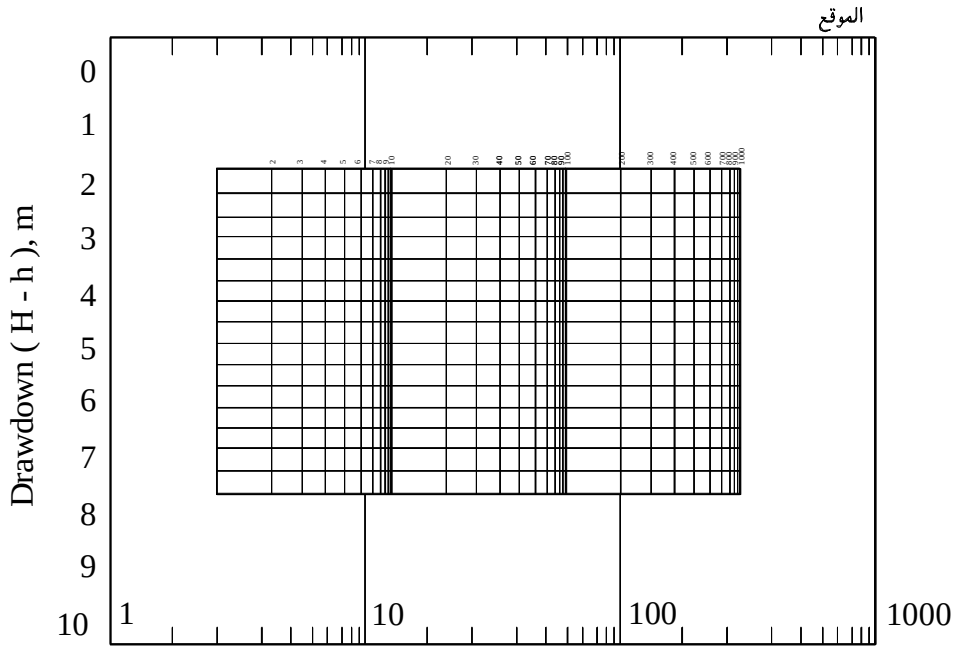
كروكى الموقع

ملاحظات : ……

……

نموذج تحليل نتائج النزح للتصرف الحر

Artesion Well Test
Drawdown vs Distance From Test Well



R = ……..

$$k = \frac{Q}{2 \pi D (H - h)} Ln(R/r)$$

Expected Total Drawdown

Well No.	r	H-h
Total Drawdown		

كروكي الموقع

ملاحظات : ……

……

نموذج تحليل نتائج النزح للتصرف الارتوازي

الفصل السابع

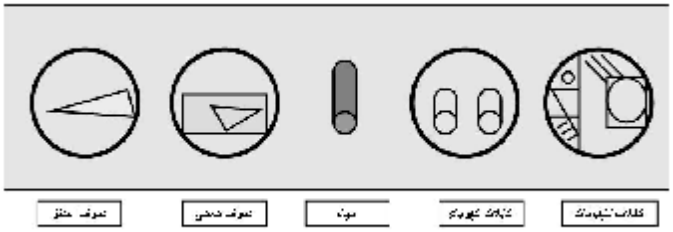
استخدام الانفاق والحفر النفقى الموجه فى مشروعات المياه والصرف الصحى

٧-١ مقدمة

تنفيذ مواسير المرافق عادة عن طريق حفر خندق أو ترانش بطريقة الحفر المكشوف حسب العمق المطلوب، ثم يتم وضع المواسير بالخندق بالميول المطلوبة والردم عليها واعادة سطح الارض الى ما كانت عليه قبل الحفر ، فى بعض الأحيان يتعذر تنفيذ الحفر المكشوف لأسباب عديدة ، لذلك فقد كان من الضرورى اللجوء لحلول أخرى ومن هنا ظهرت الانفاق كطريقة بديلة لتنفيذ مواسير المياه والصرف الصحى وصرف الأمطار لطريقة الحفر المكشوف، كما تستخدم طريقة الأنفاق أيضا لتنفيذ فواريغ لمواسير المياه والصرف الصحى وخطوط الطرد وكابلات الكهرباء المكشوف ، كما تستخدم طريقة الأنفاق أيضا لتنفيذ فواريغ لمواسير المياه والصرف الصحى وخطوط الطرد وكابلات الكهرباء والتليفزيون والتليفونات والغاز كعدايات أسفل الطرق السريعة والسكك الحديدية التى يصعب قطعها بطريقة الحفر المكشوف العادية إلا أن استخدام الانفاق تحل الكثير من مشاكل تعطيل هذه المرافق ، كما أنها – فى بعض الأحيان وفى بعض المشروعات – تكون أرخص من طريق الحفر المكشوف ، وتوجد العديد من طرق تنفيذ الأنفاق التى تتوقف على طبيعة المشروع ونوعية التربة والمياه الجوفية وقطر المواسير المراد أستخدامها ونوعيتها والمسافة المراد تنفيذها.

كما تتوقف طريقة التنفيذ على نوعية ماكينة الحفر التى تختلف حسب الشركة المصنعة للماكينة لذلك سيتم اختيار أكثر الطرق شيوعا فى مجال الانفاق على مستوى العالم لشرحها فى هذا الفصل .

يوضح الشكل (٧-١) استخدامات الأنفاق للمرافق المختلفة :-



شكل (٧-١) استخدامات الأنفاق للمرافق المختلفة

٧-٢ أسباب اختيار طريقة التنفيذ بالأنفاق

تستخدم الأنفاق فى الحالات التالية على سبيل المثال وليس الحصر ، وعلى المهندس اتخاذ القرار بما يتناسب مع كل مشروع على حدة :

- فى حالة التنفيذ أسفل الطرق السريعة أو السكك الحديدية التى يصعب ايقافها بطريقة الحفر المكشوف حتى لا يتسبب ذلك فى تعطيل مصالح المواطنين .
- فى حالة التنفيذ أسفل التقاطعات التى تزدحم بالمرافق المختلفة مما لا يتيح مكان لمرور المواسير به ، ويجعل من تحويلات المرافق أمرا كثير التكلفة .
- فى حالة تنفيذ مواسير على أعماق كبيرة (أكبر من ٨ مترا فى المعتاد) مما يجعل الحفر المكشوف غير أقتصاديا وخصوصا اذا كانت المياه الجوفية عالية أو وجود أرض صخرية تزيد من تكلفة الحفر ، علما بان أعمق مواسير صرف صحى بالانحدار تم تنفيذها بطريقة الحفر المكشوف وصلت الى ١٤ مترا ، فى حين أمكن تنفيذ مواسير صرف صحى بالانحدار بطريقة الأنفاق تصل أعماقها حتى ١٠٠ مترا وهو ما يستحيل تنفيذه بطريقة الحفر المكشوف.
- فى حالة تنفيذ مواسير أسفل المجارى المائية والتى يصعب تنفيذها بطريقة الحفر المكشوف .
- وجود منطقة بها مبانى قديمة وذات شوارع ضيقة يصعب معها التنفيذ بطريقة الحفر المكشوف حتى لا تنهار المبانى .
- فى التخطيط الحديث للمدن تعتبر طرق تنفيذ الصرف الصحى بالانفاق بالانحدار البديل الأمثل لالغاء الاعتماد على العديد من محطات الرفع بما يقلل من مشاكل وتكاليف التشغيل والصيانة .
- لتفادى العمل بطريقة الحفر المكشوف فى وجود المياه الجوفية العالية والصعبة التخلص منها.
- وفى كل الأحوال تعتبر الدارسة الدقيقة هى الفيصل فى أختيار طريقة التنفيذ (سواءً بالحفر المكشوف أو الانفاق) . لذلك فعلى المهندس عمل دراسة فنية اقتصادية قبل أختيار القرار بالتنفيذ سواءً بطريقة الحفر المكشوف أو بطريقة الأنفاق مع الأخذ فى الاعتبار كل العوامل الفنية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية فى هذه الدراسة .

٧-٣ أنواع المواسير المستخدمة فى الأنفاق

تستخدم أنواع المواسير التالية فى أنشاء الأنفاق حسب طبيعة المشروع ، وتكون للمواسير وصلة ذات تصميم معين يتحمل قوة الدفع لماكينة الأنفاق ، ويتم تبطين المواسير الخرسانية

والحديدية من الداخل بالبطانة المناسبة لنوع السائل ، كما تبطن من الخارج حسب نوعية كل ماسورة وتوصيات المهندس ، ويتم عمل فتحات بجسم الماسورة أثناء تصنيعها لاستخدامها لحقن البنتونايت المستخدم لتسهيل عملية الدفع وتقليل الأحتكاك بين المواسير والتربة المحيطة .

مواسير الفوارغ تحت الطرق والسكك الحديدية أو المجارى المائية

- مواسير الخرسانة المسلحة RCP
- مواسير الحديد الصلب SP

وأن تكون المواسير الشائعة الإستخدام داخل الفوارغ بالأنواع التالية :

مواسير مياه الشرب وخطوط الطرد

- مواسير الخرسانة ذات الأسطوانة الصلب CCP
- مواسير الزهر المرن DI
- مواسير الحديد الصلب SP
- مواسير البولى إيثيلين المقوى بالالياف الزجاجية GRP
- مواسير البولى إيثيلين عالى الكثافة HDPE

مواسير مياه الصرف الصحى والأمطار

- مواسير الخرسانة المسلحة RCP
- مواسير الفخار المزجج VC
- مواسير البوليستر المقوى بالالياف الزجاجية GRP
- مواسير البولى إيثيلين عالى الكثافة HDPE

٧ - ٤ الطرق المختلفة لتنفيذ الأنفاق طبقا لنوع الماكينات

تتوقف طريقة تنفيذ الانفاق على الشركة المصنعة لماكينة الحفر وهى تختلف حسب طبيعة المشروع ونوع التربة ووجود المياه الجوفية وطول النفق (وهى المسافة المطلوب إنشاء النفق فيها والتى تصل بين نقطتين، مثل مطبقين صرف صحى أو غرفتى محابس أو جانبى عداية طرق.....الخ)

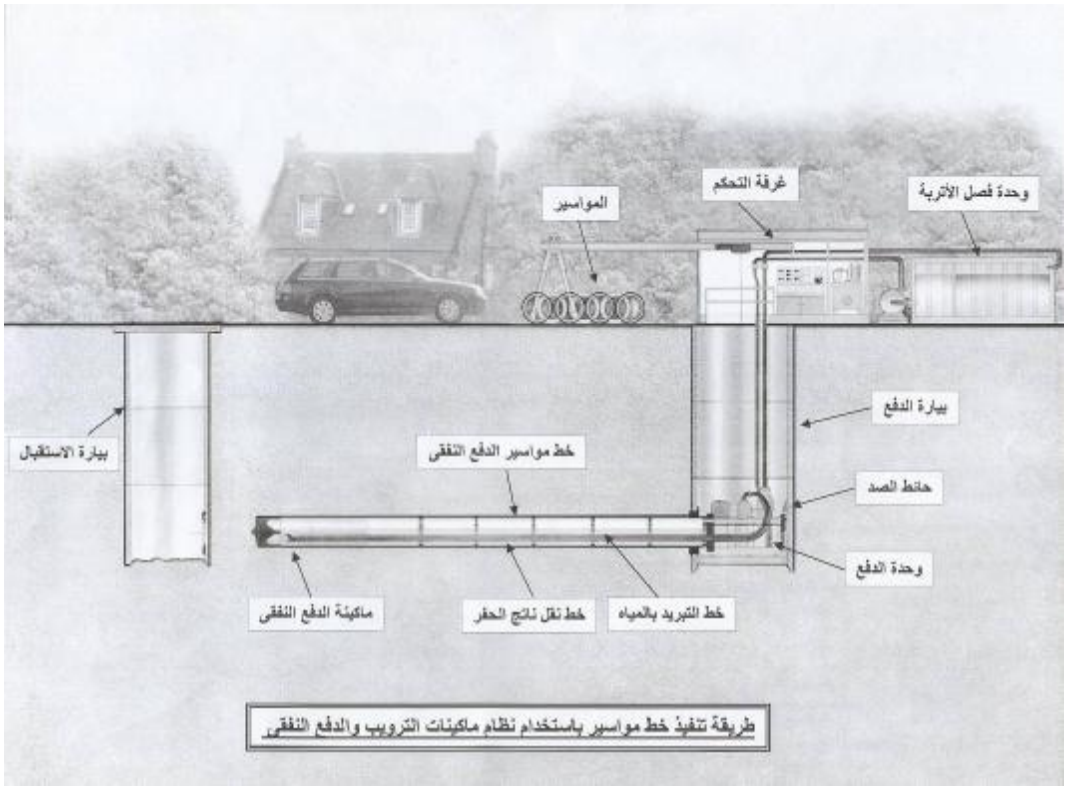
ويجب قبل تنفيذ النفق – القيام بتجارب أبحاث التربة والأعمال المساحية للموقع ورسم خرائط توضح العوائق القائمة ومناسيبها وذلك لتحديد مسار النفق المطلوب تنفيذه وفيما يلى أشهر طرق الأنفاق المستخدمة على نطاق واسع فى المشروعات المختلفة.

٧-٤-١ طريقة استخدام ماكينات الانفاق MICRO TUNNELING

وطبقا للانظمة التالية :

٧-٤-١-١ أنظمة ماكينات الدفع النفقى PIPE JACKING SHIELDS .

وفيها يتم انشاء غــرفتين على جانبى الطريق ويتم دفع المواسير على مراحل بواسطة معـــــدات ميكانيكية خاصة بقطع وتفريغ التربة أمام الماكينة طبقا لما هو موضح بالشكل رقم (٧-٢) بأحد الأنظمة التالية :



الشكل رقم (٧-٢)

١ - نظام ماكينات الوجه المفتوح OPEN FACE SHIELDS

وهو اسلوب يستخدم فى حالة عدم وجود مياه جوفية أو يتم استخدامه فى حماية نظام للنزح الجوفى وفى كلتا الحالتين يتم حفر التربـــة يدويا أو آليا بواسطـــــة ذراع بها كباش ويمكن استخدام هذا النظام فى الطبقات الحجرية والمتماسكة .

٢ - نظام ماكينات تعمل بضغط الهواء COMPRESSED AIR SHIELDS

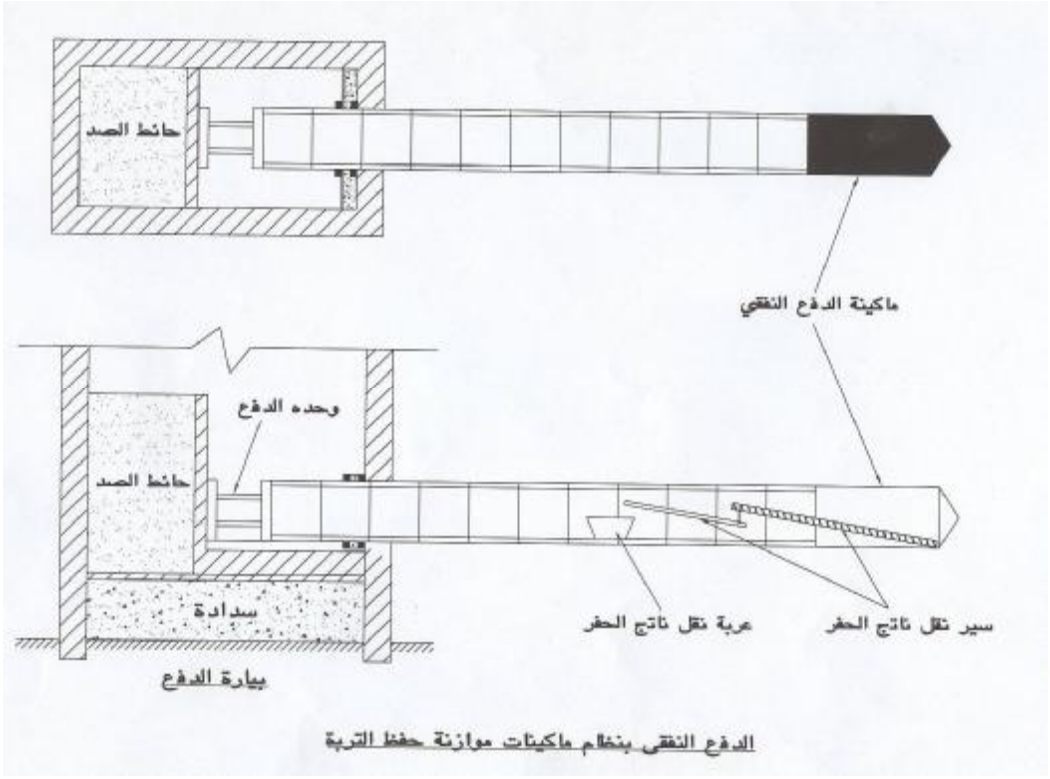
وهو أسلوب يستخدم ضغط الهواء لمنع مهاجمة المياه الجوفية لمقدمه ماكينة الانفاق .

٣ - نظام ماكينات الترويب SLURRY SHIELDS

وهو نظام تستخدم فيه المياه لترويب التربة أمام مقدمة الماكينة وسحبها وطردهـــــا خـــارج النفق باستخدام مواسير للسحب والطرد وذلك بالإضافة الى استخدام البانتونايت حول الماكينة ومواسير النفق لتخفيض الاحتكاك مع التربة طبقاً لما هو موضح بالشكل (٧-٢).

٤ - نظام ماكينات موازنة ضغط التربة EARTH PRESSURE BALANCE SYSTEM EPB

وهو نظام يستخدم اسلوب الضغط على التربة امام الماكينة لعصرها من المياه الجوفية ثم سحبها لغرفه داخل الماكينة ونقلها على سيور خارج النفق وبالتالى خارج الغرفة المؤقتة ويفضل استخدام هذا النظام فى التربة الطينية وذلك طبقاً لما هو موضح بالشكل (٧-٣).



الشكل رقم (٧-٣)

٧-٤-٢ طريقه نظام ماكينات الحفر النفقى بالحلقات الخرسانية

SEGMENTAL SHIELDS

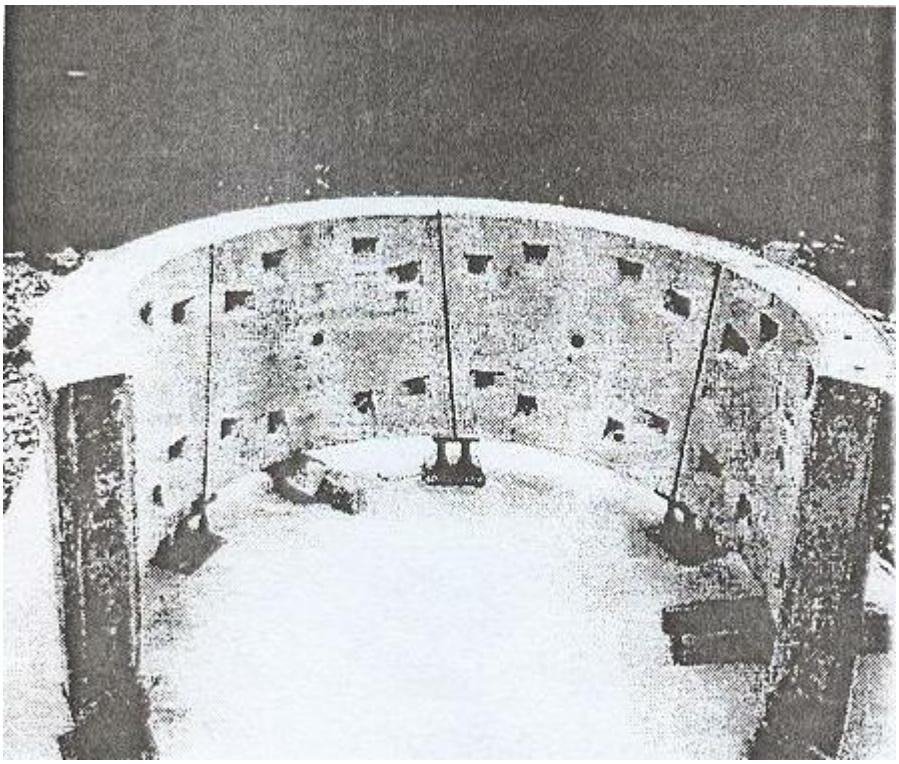
وهو نظام يعتمد على وضع حلقات خرسانيه أو حديدية خلف ماكينة الأنفاق بعد تقدمها فى التربة من خلال غرفة خلفية فى ماكينة الانفاق ويتم تجميع هذه الحلقات بمسامير ويوضع شـــــرائط بين الحلقات من مواد تنتفش فور ملامستها للمياه الجوفية وذلك لمنع تسربها داخل النفق والشكل رقم (٧-٤) يوضح الحلقات النفقية ومن مميزات هذا النظام :

١ - يستخدم فى الانفاق ذات الأقطار الكبيرة والتى تصل الى أكثر من عشرة أمتار ويمكن استخدام هذا النظام لانفاق قطر ١,٥ متر .

٢ - يستخدم فى الانفاق التى تحتاج لعمل منحنيات أثناء التنفيذ نظرا لوجود مرافق تتقاطع مع مسار النفق .

٣ - يستخدم فى الانفاق ذات المسارات الطويلة والتى تتجاوز الكيلو متر والتى يصعب تنفيذها بالانواع الأخرى.

٤ - فى الاستخدامات الأخرى كالصرف الصحى يتم تبطين الحلقات الخرسانية بعد التنفيذ وذلك طبقا للمواصفات المطلوبة فى هذا الشان ويحددها الاستشارى .



الشكل رقم (٧ - ٤) يوضح الحلقات النفقية

٧-٥ تنفيذ الأنفاق

بشكل عام ولكل الطرق المستخدمة لتنفيذ الانفاق ، يجب أن تحتوى الانفاق على ما يلى :-

٧-٥-١غرفه الدفع DRIVING PIT

يتم أنشاء غرفة الدفع – التى سيقوم المنفذ بانزال ماكينة الحفر من خلالها – فى الطرف الاول من النفق المطلوب تنفيذه ، تنفذ الغرفة بمقاسات مناسبة لماكينة الحفر وقطر الماسورة المطلوب دفعها ، ويمكن أن تكون هذه الغرف هى المنشأ الدائم للمشروع (مثل مطبق الصرف الصحى أو غرفه المحابس الخرسانة) أو يتم انشاؤها مؤقتا بغرض تنفيذ النفق وبعد ذلك ينفذ مكانها المنشأ الدائم ، تنشأ الغرفة من الخرسانة المسلحة، أو تنشأ بواسطة عمل الحوائط اللوحية DIAPHRAM WALL أو الحوائط الخازوقية PILES WALL أو الستائر المعدنية أو الحفر بالتغويص ، وفى كل الأحوال يتم عمل تصميم خاص للغرفة لتتحمل قوة دفع الماكينة ، يراعى العمل على التخلص من المياه الجوفية بالطرق المعروفة للنزح الجوفى حول الغرفة بحيث تكون الغرفة خالية من المياه طوال مدة تنفيذ النفق .

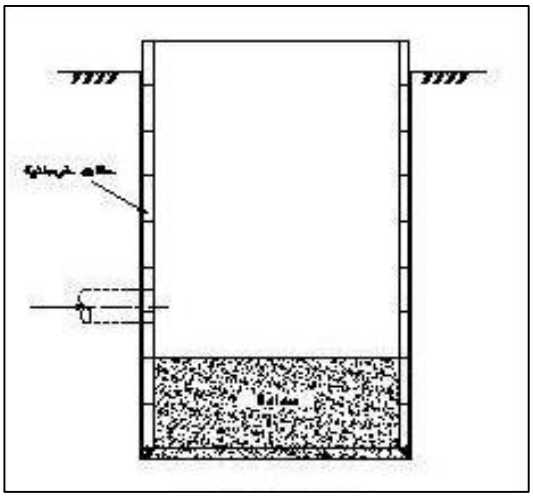
ويمكن تنفيذ غرفة دفع مزدوجة تستخدم لتنفيذ النفق فى اتجاهين مختلفتين .

٧-٥-٢ غرفة الاستقبال RECEIVING PIT

يتم إنشاء غرفة الاستقبال – التى سيقوم المنفذ باستقبال ماكينة الحفر فيها – فى الطرف الآخر من النفق المراد تنفيذه. تنفذ الغرفة بمقاسات مناسبة لماكينة الحفر وقطر الماسورة المطلوب تنفيذها ، ويمكن أن تكون هذه الغرف هى المنشأ الدائم للمشروع (مثل مطبق الصرف الصحى أو غرفة المحابس) أو يتم انشاؤها مؤقتا بغرض تنفيذ النفق وبعد ذلك ينفذ مكانها أو داخلها المنشأ الدائم ، تنشأ الغرفة من الخرسانة العادية أو المسلحة ، أو تنشا بواسطة عمل الحوائط اللوحية DIAPHRAM WALL أو الحوائط الخازوقية PILES WALL أو الستائر المعدنية أو الحفر بالتغويص ، يراعى العمل على التخلص من المياه الجوفية بالطرق المعروفة للنزح الجوفى حول الغرفة بحيث تكون الغرفة خالية من المياه طوال مدة تنفيذ النفق .

يمكن أن تستخدم غرفة الاستقبال كغرفة دفع لجزء آخر من النفق ، وفى هذه الحالة يراعى أبعاد وتصميم الغرفة .

يوضح الشكل (٧-٥) نموذج نمطى لغرفة دفع أو أستقبال بعد الانتهاء من تنفيذها لتصبح مطبق لخطوط صرف صحى .



شكل رقم (٧-٥)
استعمال غرفة الدفع والأستقبال كمطبق للجمع

٧-٥-٣ تنفيذ النفق بين غرفة الدفع وغرفة الاستقبال

يتم تجهيز غرفة الدفع بفتحة تساوى قطر الماسورة المطلوب دفعها مع تزويدها بطوق من المطاط محكم لمنع تسرب المياه الجوفية الى غرفة الدفع . يتم إنزال ماكينة الحفر بغرفة الدفع وتثبيتها على شاسيه مثبتا بأرضية غرفة الدفع وتكون الماكينة على نفس خط الارتكاز المواجه لفتحة مرور الماسورة . يتم تشغيل ودفع ماكينة الحفر عن طريق بساتم هيدروليكية باتجاه الفتحة بجدار الغرفة حتى تخترقها لمسافة مناسبة لبدء العمل ثم ترتد البساتم الهيدروليكية للخلف وتترك ماكينة الحفر فى مكانها ، يتم إنزال أول ماسورة فى المسافة بين البساتم الهيدروليكية وماكينة الحفر . ثم يتم تشغيل الماكينة مرة اخرى للحفر داخل التربة حسب المسار والميول المحددة بالتصميم وتقوم البساتم الهيدروليكية بدفع الماسورة داخل التربة . يتم ضبط اتجاه وميول المواسير باستخدام تقنية الليزر للتأكد من تنفيذ المواسير من غرفة الدفع الى غرفة الاستقبال بالدقة المطلوبة. يتم التحكم فى تشغيل الماكينة من غرفة الدفع او من داخل الماكينة أو عن طريق غرفة التحكم فوق سطح الارض . يتم نقل ناتج الحفر من داخل الماسورة خلال غرفة الدفع ومنها لسطح الارض للتخلص منها او

باستخـــــدام ماكينات الترويب SLURRY SHIELD حيث يتم التخلص من ناتج الحفر باستخدام مواسير صلب . يتم ضخ البنتونايت خلال فتحات المواسير لتقليل الاحتكاك بين المواسير والتربة وعند الانتهاء من دفع الماسورة الاولى تقوم البساتم الهيدروليكية بالارتداد للخلف مرة اخرى للسماح بانزال ماسورة أخرى ودفعها حتى يتم الانتهاء من دفع كل المواسير والوصول الى غرفه الاستقبال – يتم رفع الماكينة من غرفه الاستقبال وبذلك يكون النفق قد تم تنفيذه بين غرفه الدفع وغرفه الاستقبال . يمكن تكرار العملية مره أخرى أما باستخدام غرفة الاستقبال كغرفه دفع وتنفيذ جزء آخر من النفق فى نفس الاتجاه او استخدام غرفه الدفع كغرفه دفع مزدوجة لتنفيذ جزء اخر من النفق فى الاتجاه المعاكس يتم تشطيب غرفه الدفع والاستقبال لتكون منشآت دائمة (مطبق فى حاله مواسير الصرف الصحى أو غرف محابس فى حالة مواسير المياه) .

٧-٦ التصميم الهيدروليكى والانشائى للانفاق

سواء تم استخدام المواسير بطريقة الحفر المكشوف أو الحفر بطريقة الانفاق فإنه يتم عمل التصميم الهيدروليكى للمواسير سواء لمياه الشرب أو الصرف الصحى والأمطار حسب الأسس التصميمية الواردة بهذا الكود . كما يجب الاخذ فى الاعتبار . عند تصميم المواسير إنشائيا قـــــدرتها على تحمل قوة الدفع الواقعة عليها .

٧-٧ الشروط الواجب توافرها عند تنفيذ الأنفاق بأنظمة الدفع أو الحفر النفقى :-

٧-٧-١ غرف الدفع والأستقبال المؤقتة :

١ - عمل جسه بغرفة الدفـــــع وجسه بغرفة الأستقبال وفى حالة تنفيذ أنفاق طويلـــــة (أكبر من ١٠٠متر) يتم عمل جسه كل ١٠٠ متر على مسار النفق .

٢ - عمق الجسه ١,٥ مره منسوب الحفر داخل الغرف المؤقتة أو منسوب المواسير على مسار النفق وذلك فى حالة عدم وجود مياه جوفيه ويكون عمق الجسه فى حالة وجود مياه جوفيه ثلاث مرات منسوب الحفر داخل الغرف المؤقتة وذلك لتصميم نظام النزح الجوفى .

٣ - فى حالة وجود مياه جوفية ضرورة عمل تصميم لنظام النزح الجوفى .

٤ - فى حالة وجود منشآت مجاورة ضرورة وضع نقاط مراقبة خلال مراحل التنفيذ للنفق ، وكذلك خلال تشغيل نظام النزح الجوفى لمراقبة تأثيرها ووضع الحلول التصميمية المناسبة خلال مراحل التنفيذ .

٥ - ضرورة عمل تصميم مناسب لسند جوانب الحفر لغرفتى الدفع والأستقبال ويكون مناسب لأحتياجات ماكينة الأنفاق ولنوع التربة وعمق الحفر مع تصميم الدعامات المناسبة لمجابهة ضغط التربة (ستائر معدنية – تغويص بيارات خرسانيه مسلحة – حائط برلين .... الخ).

٦ - ضرورة عمل تصميم لحائط الصد داخل غرفة الدفع بحيث يتحمل أقصى قوة دفع للماكينة المستخدمة مع حساب معامل أمان مناسب .

٧ - ضرورة عمل تصميم مناسب لفتحتى خروج ودخول ماكينة الأنفاق من الغرف المؤقتة وعلى أن يتم تجهيزها بجوان مناسب لمنع تسرب المياه الجوفية والتربة لداخل الغرف .

٨ - فى بعض الحالات يتطلب الأمر تصميم خوازيق متقاطعة بلاستيكية أمام غرف الدفع والأستقبال ويتوقف ذلك على تواجد مياه جوفية ونوع التربة .

٧-٧-٢ مسار النفق :

١ - ضرورة مراقبة مسار الماكينات وتحديد أتجاهاتها باستخدام أجهزة الليزر وبساتم التوجيه أو أى نظام آخر لتعديل المسار فى حالة حدوث أي انحراف عن المسار.

٢ - ضرورة وجود نظام توجيه لماكينة الأنفاق لتعديل إتجاهها.

٣ - يراعى تنفيذ النفق على عمق لا يقل عن قطر (ماسورة النفق) من سطح الأرض الطبيعية.

٤ - فى حالة تنفيذ نفق أسفل السكك الحديدية يراعى أن لا يقل العمق عن قطر الماكينة (الماسورة) أسفل فلنكات السكك الحديدية وحتى الراسم العلوى للماسورة كحد أدنى والعبرة بإشتراطات السكك الحديدية.

٥ - فى حالة تنفيذ نفق أسفل مجرى مائى يراعى أن لا يقل العمق عن قطر الماكينة (الماسورة) حتى الراسم العلوى للماسورة أو الفاروغ كحد أدنى وذلك من أعمق نقطة بالقاع، مع ضرورة التأكد من مطابقة القطاع الفعلى للقطاع التصميمي للمجرى المائي (الجهة المختصة وزارة الرى).

٦ - فى حالة المواسير الخرسانية يتم إستخدام البانتونايت حول المواسير من فتحات خاصة وذلك لتقليل الأحتكاك بين التربة والمواسير.

٧-٧-٣ نوعية المواسير المستخدمة :

١ - مواسير خرسانية مسلحه و GRP وصلب وزهر وفخار على أن تتحمل قوة ضغط الدفع المصمم عليها ماكينة الأنفاق مع حساب معامل آمان لا يقل عن ٢٥%.

٢ - يتم إستخدام مواسير GRP أو PVC مغلفه بخرسانة مسلحة .

٣ - تصميم المواسير لتتحمل أقصى قوة دفع للماكينة وتزويد بعضها (مثل المواسير الخرسانية) بفتحات للحقن مركب عليها صمامات عدم رجوع أو غطاء محكم لهذه الفتحات.

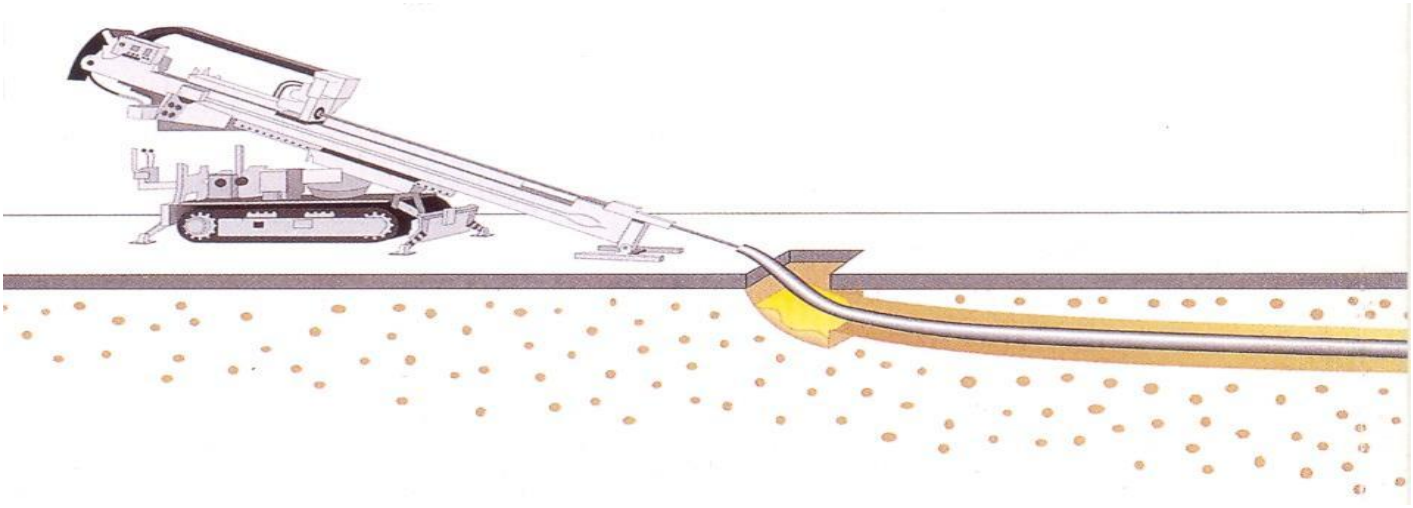
٤ - يراعى عدم إستخدام المواسير قبل وصولها للاجهاد النهائى للتشغيل .

٥ - يتم عمل الأختبارات اللازمة على الخرسانة المستخدمة فى المواسير ويراعى الكشف عليها والتأكد من عدم وجود أى شروخ بها قبل الأستخدام.

٦ - ضرورة عمل إختبارات للمواسير بعد التصنيع .

٧ - ضرورة ملىء الفراغ بين قطر ماكينة الأنفاق وقطر المواسير بالحقن بالمونة بعد الإنتهاء من تنفيذ النفق تماماً.

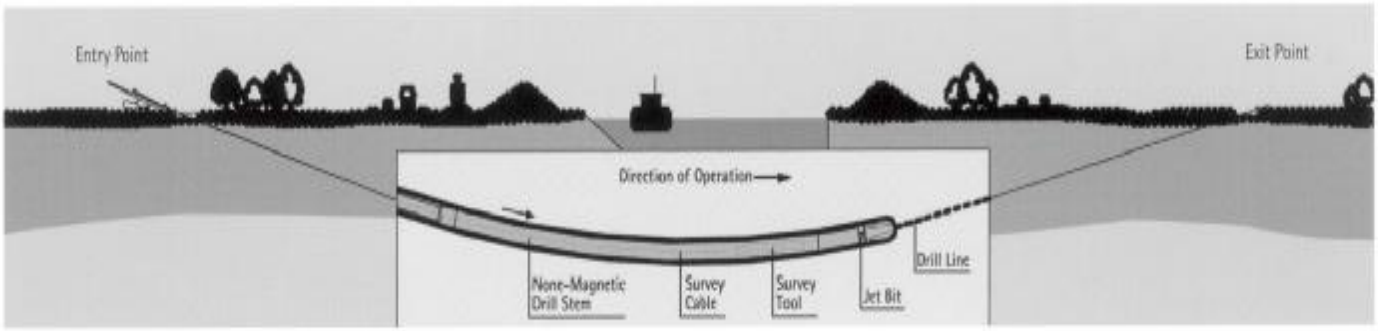
٧-٨ الحفر النفقي الموجه HDD (Horizontal Directional drilling)



شكل رقم (٧-٦) طريقة الحفر النفقى الموجه

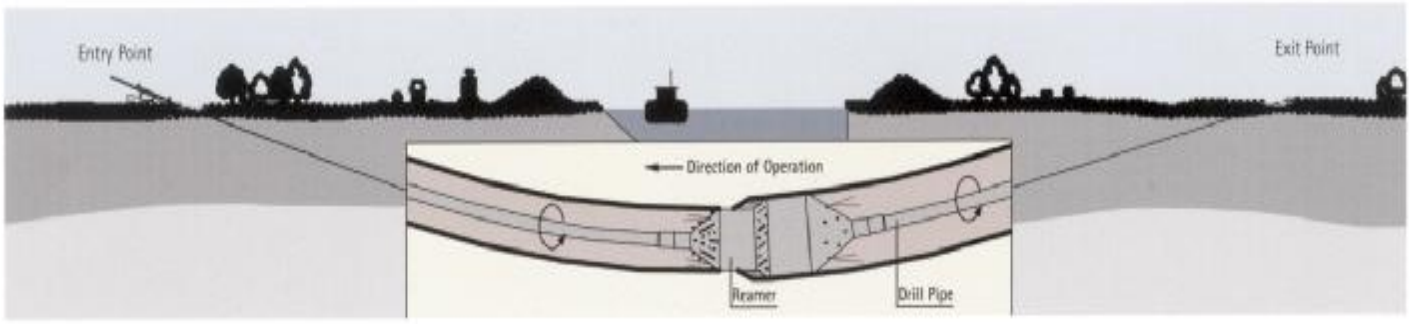
٧-٨-١ طريقة الحفر

طبقاً لشكل (٧-٦) وفى هذه الطريقه يتم دفع وصلات حديديه باقطار مختلفه قادره على الانحناء بقدر معين طبقا لمسار محدد مسبقا وذلك باستخدام بنط حفر مناسبه للانواع المختلفه من التربه في مقدمة وصلات المواسير يوجد راس التوجيه والتى يمكن من خلالها تغيير الاتجاه الراسي (اسفل او اعلي) او الاتجاه الافقي (شمال او يمين) حيث يبدء العمل من نقطة بداية على سطح الارض لينتهى بخروج راسي التوجيه الى نقطة محدده على الجانب الاخر من سطح الارض مره اخرى طبقاً للشكل (٧-٧) ويتم اتباع المسار بواسطة جهاز التحكم بموجات الرديو او الكابل الكهربائي داخل الوصلات الخارجه من الماكينه للتاكد من صحة التوجيه وخروج بنط الحفر من النقطه المحددة من الجهه الاخرى



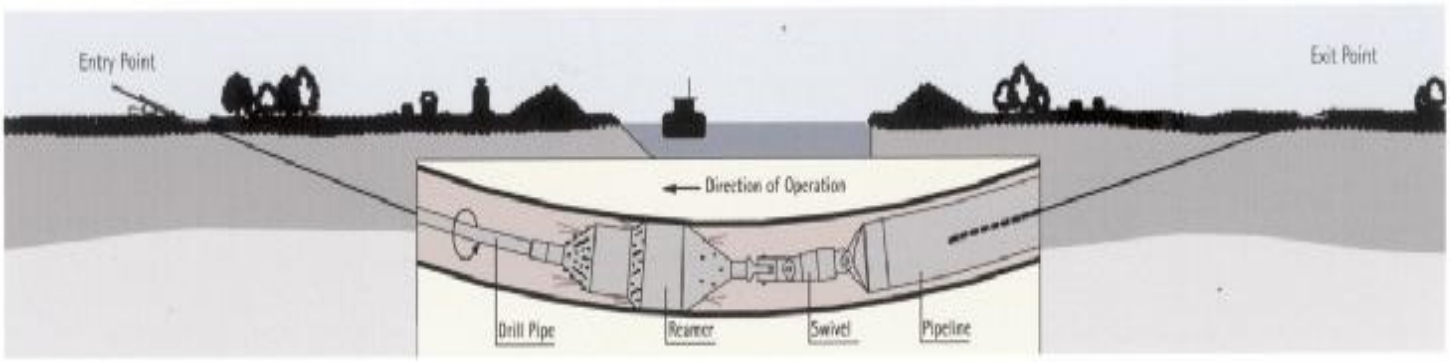
شكل رقم (٧-٧) توضيح لطريقة الحفر النفقى الموجه

ويتم توسيع الحفر (PRE-Reaming) طبقا لقطر الماسوره او الكابلات حتى الوصول الى مسار خالي من التربه ومملؤ بالبنتونيت بقطر اكبر من قطر الماسوره او الكابل المطلوب سحبهم بنسبة ١٠% - ٤٠% وذلك طبقاً لشكل (٧-٨)



شكل رقم (٧-٨) توضيح لطريقة توسيع الحفر فى الحفر النفقى الموجه

ثم تسحب الماسوره او الكابل بنفس المسار الخاص بالحفر بواسطة الريمر المناسب لقطر الماسوره مع استمرار تغذية الحفر بالبنتونيت عن طريق الريمر اثناء سحب المواسير طبقاً لشكل (٧-٩) ويتم طرد الريمر لناتج الحفر امـــامه وخلطه بالبنتونيت مع تغليف المواسير من الخارج وملئ الفراغ بالبنتونيت .



شكل رقم (٧-٩) توسيع الحفر بالريمر وسحب الماسورة

٧-٨-٢ استخدام الحفر النفقى الموجه (HDD)

يستخدم الحفر النفقى الموجه لامرار عدايه اسفل المنشأت المختلفه مثل الطرق والكبارى..... الخ) كما يمكن استخدام هذه الطريقه لبعض وصلات خطوط الطرد والانحدار حيث يتعذر استخدام الحفر المكشوف وذلك بناء على تقرير الاستشاري .

٧-٨-٣ نوعيات التربه التى يمكن العمل بها

يمكن العمل في جميع انواع التربه بما في ذلك التربه الصخريه وذلك مع تغيير بنط الحفر وموسعات الحفر لتناسب نوع التربه التى سيتم العمل بها .

٧-٨-٤ انواع المواسير التى يمكن استخدامها

يمكن استخدام اي نوع من المواسير قابلة للسحب ويستثنى من ذلك المواسير ذات الاوزان الكبيره الغير قابله للتعويم في مادة البنتونيت .

ومثال على المواسير التي يمكن استخدامها (مواسير البولي ايثيلين عالي الكثافه ، مواسير الصلب، مواسير الزهر المرن بعد استخدام الوصلات الخاصه والتى تساعد في عملية سحب المواسير)

٧-٨-٥ الشروط الواجب توافرها لتنفيذ اعمال الحفر النفقى الموجه

أ - ضرورة عمل جسه لكل من نقطتى الدخول والخروج مع عمل جسه على الاقل للموقع على طول العدايه لتحديد كافة المرافق لتفاديها وكذلك لتحديد نوع التربه وذلك طبقا لرؤية الاستشاري .

ب - اختيار الماكينه المناسبه لقوة السحب المطلوبه وذلك لسحب المواسير وتنفيذ النفق او العدايه بأمان وهي مرتبطه بطول العدايه وقطر ونوع المواسير المستخدمه ونوع التربه وكذلك تتأثر بوجود مياه جوفيه من عدمه . حيث أن قوة السحب هي المحدد الرئيسي لاختيار المعدة المناسبة للعمليه .

جـ- في حالة تنفيذ مواسير الصرف الصحى (خطوط انحدار) يجب عمل تصميم أمن من الاستشاري لغرفتي البدايه والنهايه ويشمل تصميم سند جوانب الحفر والنزح الجوفي (إن وجد)

د - يراعي ان يكون اقل عمق بين سطح الارض أو قاع الترعة مع الراسم العلوي للحفر النفقي لا يقل عن ضعف قطر اكبر ريمر (موسع الحفر) يتم استخدامه لكل نفق مع امكانية زيادة هذا العمق طبقا لرؤية الاستشاري والمتوقفه على طبيعة التربه مع عمل الحسابات اللازمه لتفادي تسرب البنتونيت لاعلى سطح التربه وكذلك المحددات التى يتم وضعها من الجهات السياديه (الرى ، السكه الحديد ، الطرق والكباري ... الخ) .

الفصل الثامن
العدايات (CROSSING)

٨-١ مقدمة :

العداية هى المنشأ الصناعى الذى يلزم تنفيذه لتمرير وحماية مواسير المياه والصرف الصحى والكابلات عند تقاطعاتها مع الطريق أو المجارى المائية أو خطوط السكك الحديدية وما شابهها، وذلك بتمرير الماسورة داخل فاروغ ليتحمل عن الماسورة الأجهادات التى تنشأ عن أحمال المرور أو تأثير المياه الجوفية أو التيارات الكهربائية الشاردة أو أية أحمال أخرى ديناميكية أو أستاتيكية.

٨-٢ أسباب اختيار طريقة التنفيذ بماكينات العدايات :

هى نفس الأسباب الموضحة فى بند ٦-٢ بالاضافة الى العدايات العلوية على المجارى المائية الملاحية وغير الملاحية.

٨-٣ أنواع العدايات :

١ - عدايات علوية .
٢ - عدايات سفليه أسفل الطرق والمجارى المائية والسكك الحديدية .

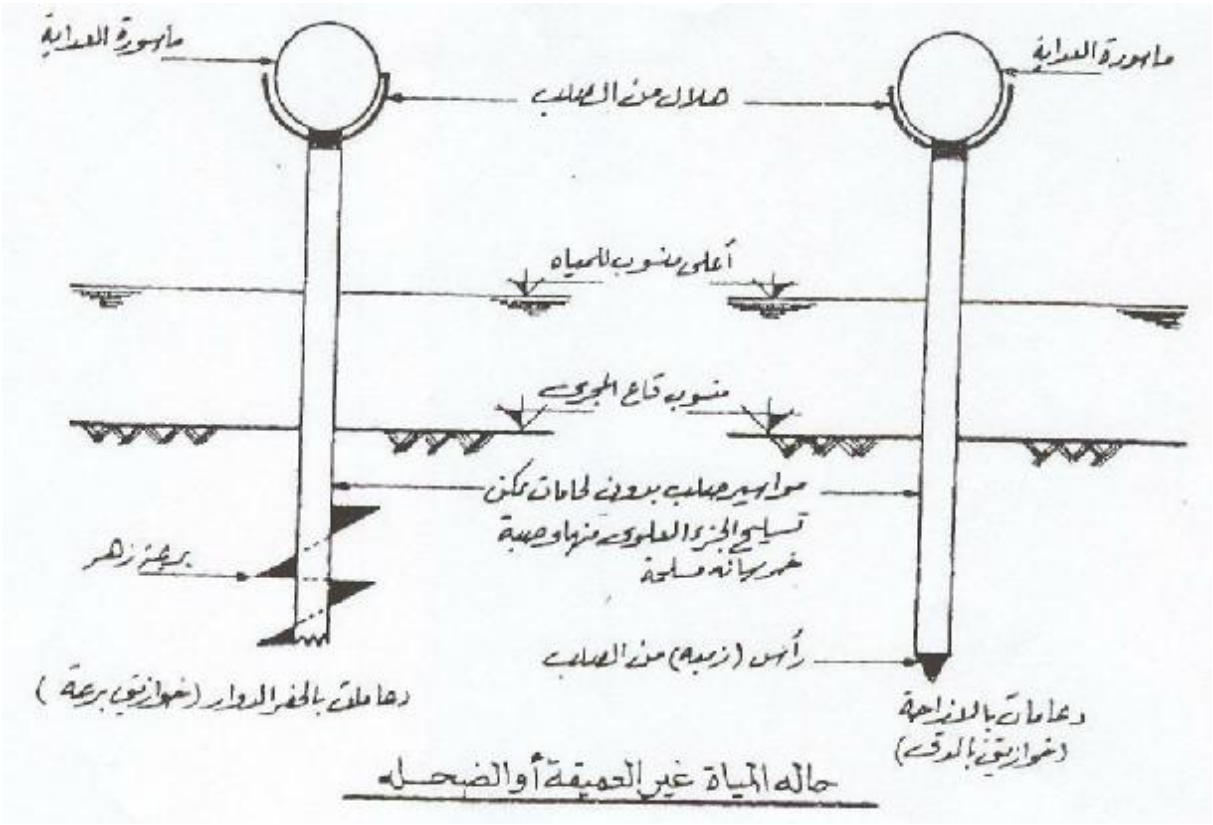
٨-٤ العدايات العلوية :

٨-٤-١ عدايات المجارى المائية :

٨-٤-١-١ عدايات المجارى المائية غير الملاحية :

يتم تحميل المواسير على دعامات (خوازيق) وتنفذ هذه الدعامات بطريقة الحفر الدوار (البريمة) أو الازاحة (الدق) بحيث يتم انزالها أسفل القاع للمسافات التصميمية الموضحة بالرسومات.

يثبت فى الطرف العلوى للدعامة ركيزة تناسب قطر الماسورة المراد تعديتها عبر المجرى المائى مع عمل حزام معدنى (أفيز) لتثبيت الماسورة حفاظا على استقامتها وسلامتها وذلك طبقا للرسومات التصميمية كما هو موضح بالشكل رقم (٨-١) .

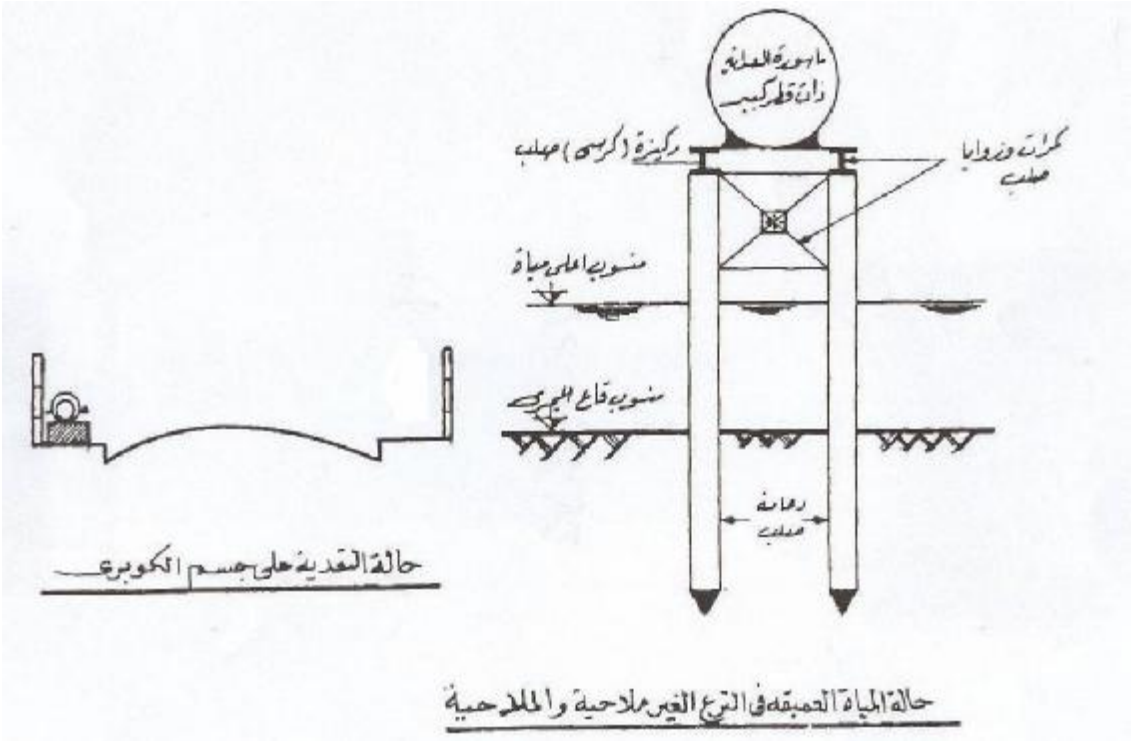


الشكل رقم (٨-١)

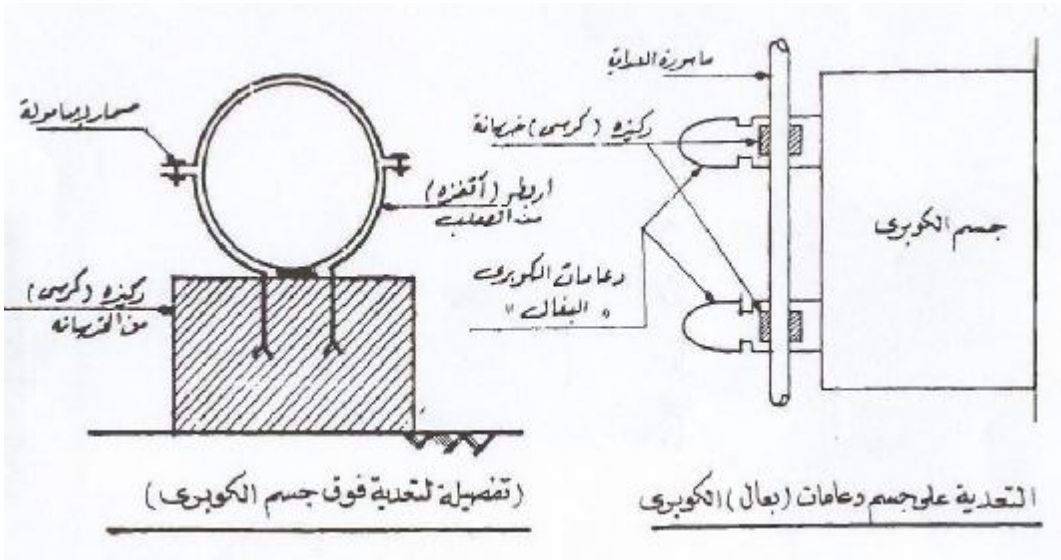
٨-٤-١-٢ عدايات المجارى المائية الملاحية :

- يتم تحميل الماسورة المراد تعديتها على جسم الكوبرى على ركائز خرسانية أو معدنية مع ربط المواسير بأفيزات مثبته فى هذه الركائز .

- فى بعض الأحيان تستخدم دعامات الكبارى (البغال) لتعدية المواسير عليها بعد عمل الركائز المطلوبة وذلك فى الحالات التى تسمح بها المسافات بين هذه الدعامات طبقا لأطوال المواسير كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٢) ، (٨-٣).



الشكل رقم (٨-٢)



الشكل رقم (٨-٣)

- فى حالة الارتكاز على خوازيق يتم تحميل المواسير ذات الأقطار الكبيرة أو ماسورتين متجاورتين على ركائز صلب ملحومة بأرضية مثبتة على صفين من الخوازيق عبارة عن أنابيب من الصلب مملوءة بالخرسانة المسلحة وتتصل ببعضها بواسطة هيكل معدنى من كمرات وزوايا صلب وتثبت هذه الركائز أسفل قاع المجرى للعمق المطلوب تصميما سواء بالحفر الدوار (البريمة) أو الازاحة (الدق) وتتصل المواسير ببعضها بواسطة الفلنشات لسهولة أعمال الصيانة المستقبلية ويمكن استخدام اللحام فى وصل المواسير.
- ضرورة مراعاة أن يتم سند جوانب الحفر بالطريقة المناسبة طبقا للتصميمات سواء على مسار العداية أو فى مناطق الغرف الدائمة أو المؤقتة وفى حالة وجود مياه جوفيه يتم تصميم نظام النزح الجوفى بالأسلوب المناسب .

٨-٥-٢ الطرق التى لا يسمح بقطعها لتركيب العداية :

فى بعض حالات الطرق السريعة ذات الأهمية القصوى والكثافة العالية للمرور تشترط الجهة المالكة عدم قطع أو تحويل هذه الطرق ولذا تستخدم معدات ميكانيكية لتمرير العداية مثل:

أ - طريقة الدفع بأستخدام الشواكيش الترددية

(استخدام ضغط الهواء أو ضغط الزيت)

١ - نظام الطرق على المواسير PIPE RAMMING
٢ - نظام سحب المواسير PIPE PIERCING
٣ - نظام الإحلال للمواسير PIPE BURSTING

ب - طريقة الأنفاق MICRO TUNNELING

لدفع الفواريغ أسفل الطريق من خلال حجرتى الدخول والخروج وسبق شرحها فى الفصل السادس.

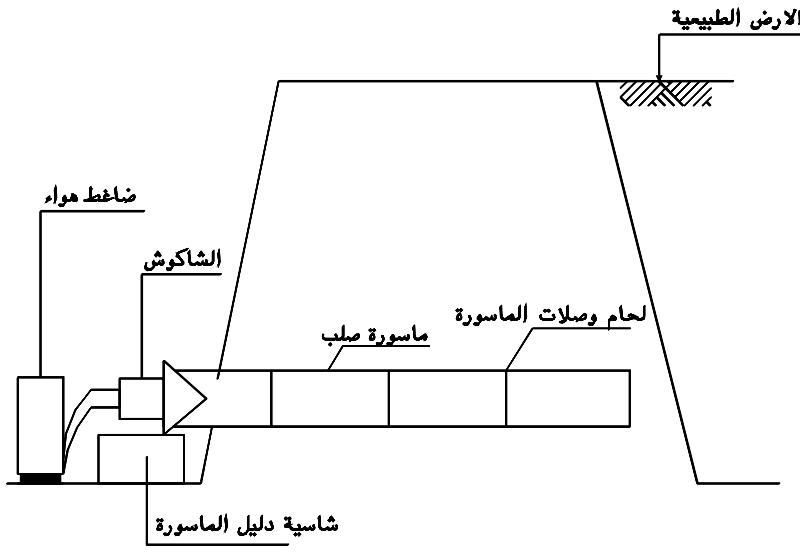
٨-٦ الأساليب وطرق التنفيذ المستخدمة لتنفيذ العدايات السفلية بالماكينات :-

شواكيش دفع ترددى RECIPROATING HAMMERS

تعمل بالهواء المضغوط أو ضغط الزيت وتتم باحد الأساليب الآتية:

أ – الطرق على المواسير PIPE RAMMING

يوضع الشاكوش على شاسيه وأمامه ماسورة صلب (فاروغ) مفتوحة من الطرفين ويتم الطرق عليها لتدخل فى التربة كما هو موضح بالشكل رقم (٨–٤) ويتم لحام المواسير تباعا حتى الانتهاء من العداية ثم يتم تفريغ التربة من داخل المواسير (الفاروغ) ثم يتم تركيب خط المواسير الداخلى .



بالشكل رقم (٨–٤) أسلوب الطرق على المواسير (Pipe Ramming)

نوعية المواسير المستخدمة

يتم استخدام المواسير الصلب سواء سيملس أو لحام طولى أو لحام حلزونى أو لحام طولى وعرضى.

اشتراطات التنفيذ

- يراعى الدقة فى لحام المواسير من الداخل والخارج عند توصيلها معا ، وفى حالة الأقطار الصغيرة التى لا يتمكن من لحامها من الداخل يتم عمل فتحة خارجية فى جسم الماسورة واجراء اللحام الداخلى منها ثم أعادة لحام هذه الفتحة من جسم الماسورة .
- يراعى سمك المواسير المستخدمة لتحمل الطرق من الشاكوش طبقا للجدول رقم (٨-١) .
- يراعى أن يكون طول العداية مقارنة بقطرها طبقا للجدول رقم (٨-٢) .
- يراعى أن يتم عمل جسه فى غرفة الدفع وجسه فى غرفة الأستقبال وبعمق طبقا لمتطلبات تصميم سند جوانب الحفر وتصميم التجفيف وتحدد عمق الجسه بما لا يقل عن مرة ونصف المرة عمق الحفر فى الغرف وذلك فى حالة عدم وجود مياه جوفيه ، وفى حالة وجود مياه جوفيه يكون عمق الجسه ثلاث مرات أرتفاع عمود المياه الجوفية المراد سحبها وبحد أقصى ٣٠ متر أو الوصول للطبقة الصخرية .

جدول رقم (٨-١) سمك المواسير الصلب الواجب استخدامها طبقا لاقطار وأطوال المواسير فى حالة الطرق على المواسير

أقطار المواسير (مم)	الحد الأدنى لسمك المواسير بالملليمتر	
	طول العداية حتى الـــ ٢٠ متر	طول العداية أكثر من ٢٠ متر
١٥٠	٦	
٢٠٠	٦	
٢٥٠	٦	
٣٠٠	٦	٧
٤٠٠	٧	٧
٥٠٠	٨,٠	٨,٠
٦٠٠	١٠,٠	١٠,٠
٧٠٠	١٠,٠	١٢,٠
٨٠٠	١٢,٠	١٢,٠
١٠٠٠	١٢,٠	١٨,٠
١٢٠٠	١٥,٠	١٨,٠
١٣٠٠	١٦,٠	١٨,٠
١٤٠٠	١٨,٠	١٨,٠
١٥٠٠	٢٠,٠	٢٠,٠
أكبر من ١٥٠٠	٢٠,٠	٢٥,٠

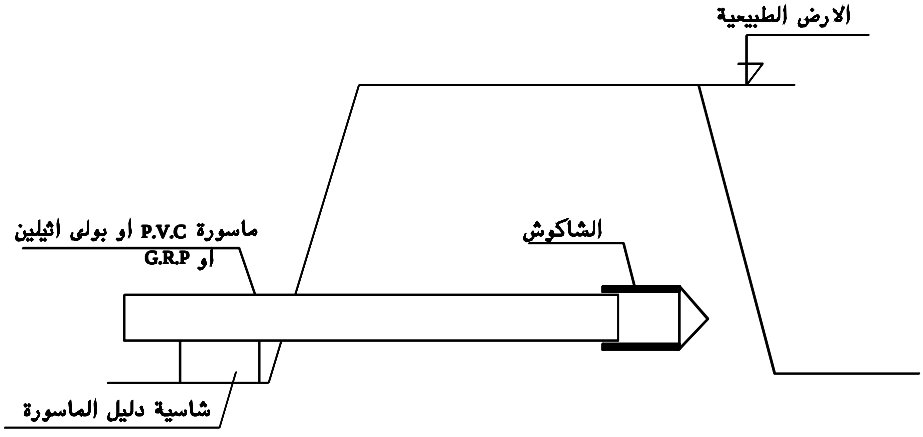
جدول رقم (٨-٢) أطوال العدايات بإستخدام المواسير الصلب الواجب استخدامها طبقا لأقطار المواسير وذلك فى حالة الدق على المواسير
PIPE RAMMING

قطر الماسورة (مم)	الحد الأقصى لطول العدايه بالمتر
١٠٠	١٠,٠
١٥٠	١٥,٠
٢٠٠	٢٠,٠
٢٥٠	٢٥,٠
٣٠٠	٣٠,٠
٤٠٠	٤٠,٠
٥٠٠	٥٠,٠
٦٠٠	٦٠,٠
٧٠٠	٧٠,٠
٨٠٠	٨٠,٠

ب- سحب المواسير (PIPE PIERCING)

- يستخدم الشاكوش لأختراق التربة وضغط حبيباتها مع سحب المواسير خلفه طبقا للشكل الموضح رقم (٨-٥) وفى حالة التنفيذ فى أرض رخوة

LOOSE SAND OR SOFT CLAY



الشكل رقم (٨-٥) سحب المواسير (Pipe Piercing)

يمكن تركيب جراب للشاكوش لزيادة القطر المنفذ ويتم استخدام ونش سحب يدوى أو ميكانيكى لإعطاء قوة إضافية على الشاكوش والمواسير .

- هذا النظام يستخدم فى التربة العادية فقط ولا يصلح فى التربة الحجرية ولا المتماسكة .
- يتم عمل جسه عند غرفة الاستقبال لا يقل عمقها عن ١,٥ مره من عمق الماسورة عن سطح الارض.
- القطر الخارجى للماسورة المستخدمة فى السحب يكون أقل من قطر شاكوش السحب .
- اقصى طول يمكن تنفيذه بهذا الاسلوب يتراوح بين ٢٠ : ٢٥ متر وقطر المواسير يتراوح بين ١٥٠ : ٤٠٠ ملليمتر .

نوعية المواسير المستخدمة :

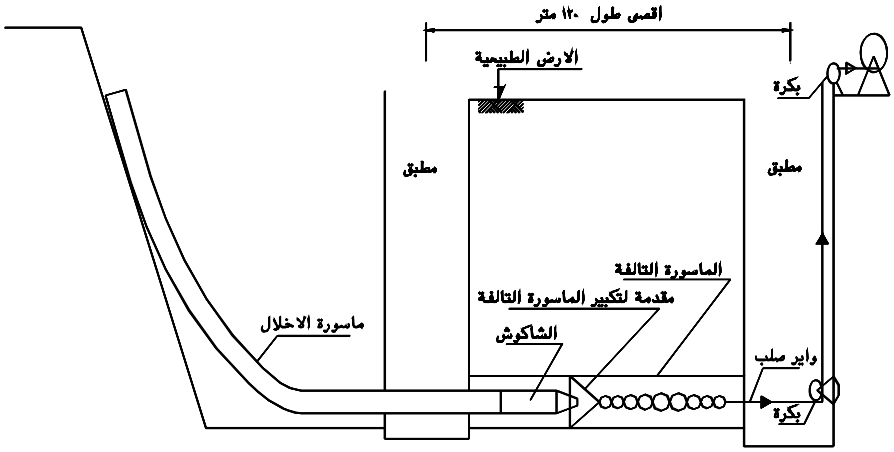
مواسير بلاستيكية براس وذيل أو مواسير بولى إيثيلين ويتم لحام وصلاتها بسخان متخصص للحام هذه النوعية من المواسير أو مواسير .G.R.P

إشتراطات التنفيذ :

- لا يقل العمق من سطح الطريق عن ١٠ مرات قطر الشاكوش المستخدم فى سحب المواسير.

جـ – إحلال المواسير PIPE BURSTING :

يتم وضع الشاكوش خارج أو داخل المطبق وإمرار واير صلب داخل خط المواسير القديم حتى المطبق التالى وتركيب جراب بمقدمة خاصة لتكسير المواسير القديمة مع سحب المواسير الجديدة خلف الشاكوش ، يمكن سحب خط مواسير طوله ١٢٠ متر للمرة الواحدة والشكل رقم (٨-٦) يوضح أسلوب التنفيذ .



شكل رقم (٨-٦) إحلال المواسير (Pipe Bursting)

نوعية المواسير المستخدمة

مواسير بلاستيكية أو بوللى أيثلين

إشتراطات التنفيذ :

- المواسير التى يتم إستبدالها تكون من الزهر المرن أو الفخار أو الأسبستوس أو الرصاص أو البلاستيك قابلة للكسر وبأقطار تتراوح بين ٦٠ : ٤٠٠ ملليمتر .
- لابد من وجود خط المواسير القديم المطلوب إستبداله حتى ولو كان تالفا .
- لابد من عمل ترانش خارج المطبق للمنسوب السفلى للمواسير المطلوب تغييرها .

٨-٧ عدايات السكك الحديدية :

يتم تنفيذ عدايات السكك الحديدية حسب مواصفات هيئه السكك الحديدية وعموما تتكون العداية من مواسير صلب ويتم عزلها ، وتوضع الماسورة داخل ماسورة أخرى واقية من الصلب أو الخرسانة المسلحة ، وتصمم هذه الماسورة الواقية لتحمل حركة المرور حسب مواصفات مصلحة السكك الحديدية ، وترتكز ماسورة المياه داخل الماسورة الواقية على كراسى والشكل رقم (٨-٧) يوضح خط إنحدار أسفل السكك الحديدية.

٨-٨ إرشادات تنفيذ عداية خطوط الانحدار أسفل السكك الحديدية :

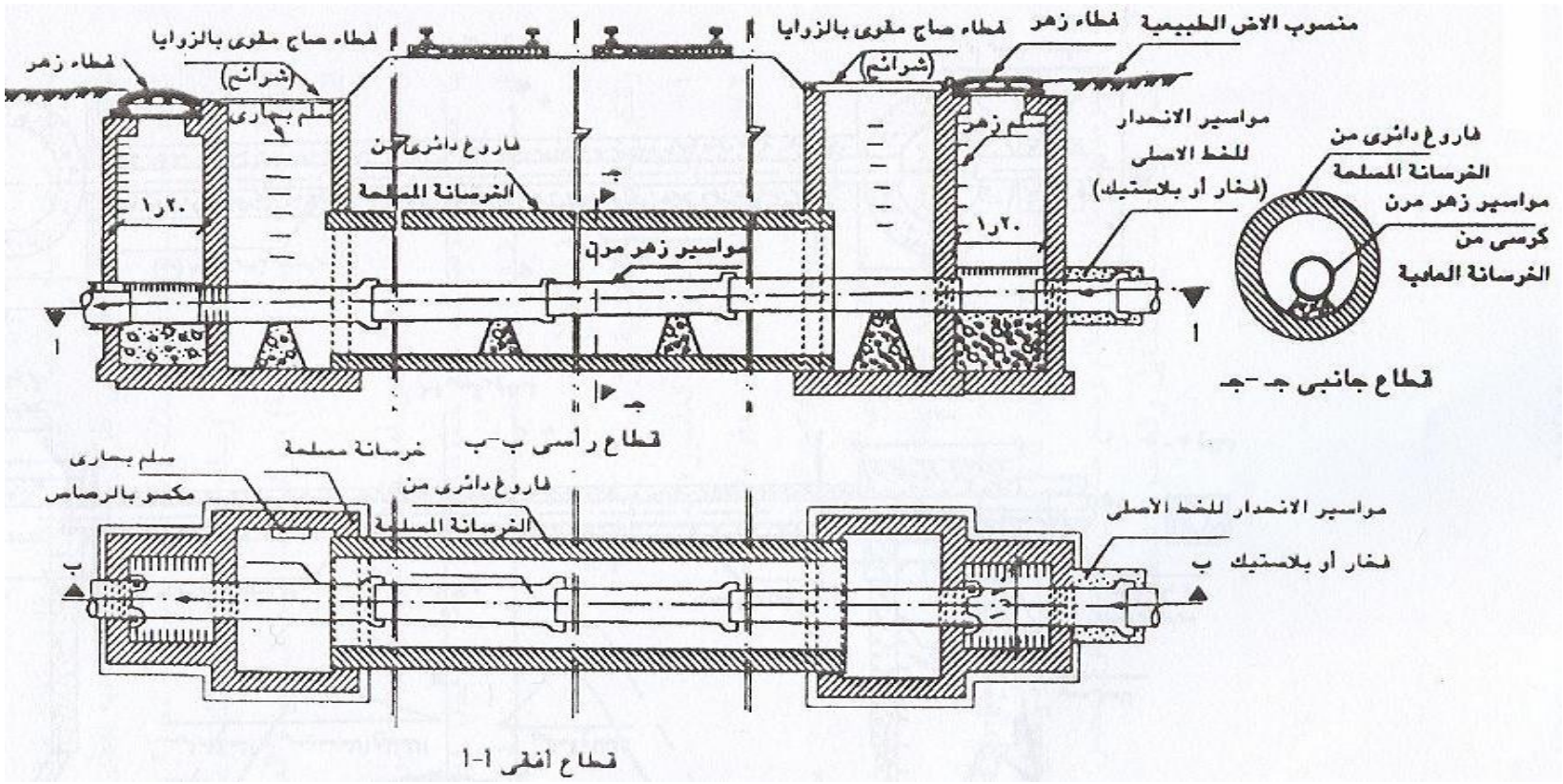
عند تنفيذ تعدية خطوط الانحدار أسفل السكك الحديدية يجب الأخذ فى الاعتبار ما يلى :

١ - اتخاذ جميع الترتيبات بمحضر رسمى مع هيئة السكك الحديدية وتنفيذ جميع الأعمال التى تطلبها الهيئة والخاصة بغرف الدفع والاستقبال وعمق العداية أسفل قضبان السكة الحديد والتهدئة طبقا لشروط هيئه السكك الحديدية.

٢ - موافقة هيئه السكك الحديدية رسميا على رسومات ومناسيب ونوع مواسير خطوط الصرف الصحى أسفل السكك الحديدية ومن اعتمادها لأسلوب حماية خط السكة الحديد فى حالة حدوث كسر فجائى بخط الصرف الصحى مثل عمل فاروغ من الخرسانة المسلحة أو الصلب .

٣ - إعداد برنامج لتنفيذ خط الصرف الصحي واعتماده من هيئة السكك الحديدية ويوضح بهذا البرنامج تاريخ البدء وتاريخ النهو وترفق به جميع التفصيلات اللازمة لأسلوب وطريقة التنفيذ .

٤ - موافقة واعتماد هيئة السكك الحديدية لطريقة وأسلوب الصيانة أو الإصلاحات اللازمة لخط الانحدار أثناء تشغيله مثل عمل مطبقين على كل جانب أحدهما للصيانة والكشف الدوري والآخر لغلق الخط للإصلاح.


غطاء صاج مقوى بالزوايا
(شرائح)
غطاء زهر
سلم بجارى
فاروع دائرى من
الخرسانة المسلحة
١٫٢٠
مواسير زهر مرن
جـ
قطاع رأسى ب-ب
غطاء صاج مقوى بالزوايا
(شرائح)
غطاء زهر
منسوب الارض الطبيعية
مواسير الانحدار
للخط الاصلى
(فخار أو بلاستيك)
فاروع دائرى من
الخرسانة المسلحة
مواسير زهر مرن
كرسى من
الخرسانة العادية
قطاع جانبى جـ-جـ
سلم بجارى
مكسو بالرصاص
خرسانة مسلحة
فاروع دائرى من
الخرسانة المسلحة
مواسير الانحدار للخط الاصلى
فخار أو بلاستيك
ب
قطاع أفقى ا-ا

الشكل رقم (٨-٧)

الباب الثالث
الاختبارات المعملية للمواسير وضبط الجودة

الفصل الأول
اختبارات واستلام المواسير وملحقاتها بعد تركيبها

١-١ التفتيش علي المواسير والمحابس والقطع الخاصة قبل التركيب:

مقدمة:

إن بذل الجهد والعناية والوقت الكافي للتفتيش علي المواسير والمحابس والقطع الخاصة قبل إنزالها إلي الخندق للتركيب سيوفر وقتاً كبيراً يستغرق فى إصلاح العيوب المحتمل ظهورها أثناء التركيب أو بعد إجراء الاختبارات. ورغم أن المقاول يكون مسئولاً مسئولية كاملة عن التفتيش علي كل ماسورة أو قطعة خاصة قبل التركيب إلا أن توفير وقت إصلاح العيوب سيفيد المشروع كثيرا.

يجب أن يتم هذا التفتيش بمعرفة وتحت إشراف مهندس التنفيذ بغرض أكتشاف أي كسور أو شروخ ظاهرية أو شعرية في جسم المواسير أو أطرافها وكذلك طبقات الحماية الداخلية والخارجية وترميم وإعادة طلاء التالف من هذه الطبقات.

١-١-١ يتم الكشف علي الكسور والشروخ الظاهرية في المواسير بالعين المجردة باستخدام اختبار تردد الصوت الناشئ عن الدق بمطرقة خفيفة علي جسم الماسورة وملاحظة الصوت ويجري هذا الاختبار للمواسير الزهر الرمادي والزهر المرن والفخار أما الشروخ الشعرية التي تتعرض لها الاسبستوس الأسمنتي أو الصلب فإنه يتم الكشف عنها بتمرير قطعة من القماش مبللة بالكيروسين أو سائل ملون مناسب علي هذه المواسير وهي مشونة قبل إنزالها خندق الحفر بالونش حيث إن هذه السوائل تظهر الشروخ الشعرية. أما المواسير (PVC) عديد كلوريد الفينيل بنوعيه فإنه يتم اختبارها بالدق عليها بمطرقة خشبية علي كل من جانبيها وملاحظة صوت هذه الطرقات.
أما بخصوص التفتيش علي محابس القفل بنوعيها السكينة والفراشة وحنفيات الحريق ومحابس الهواء وبرايز خدمة المنازل فيجب التأكد من اتجاه الفتح للمحابس وعدد

اللفات اللازمة لسهولة الفتح والقفل. وعدم وجود أي شوائب متراكمة في مجاري السكينة وإزالتها إن وجدت. والكشف عن أي أجزاء بروزات ظاهرة في جسم المحبس أو أي تلفيات في طبقات الدهان والتأكد من وجود الحشو وربط الجلاند إن وجد. وبعد انتهاء التفتيش السابق يلزم قفل المحابس قبل التركيب. والتفتيش علي القطع الخاصة يشمل مجاري تركيب الحلقات المطاطية وأماكن مسامير الرباط وخلو القطع الخاصة من أي تلفيات في طبقات الحماية ومطابقة الثقوب في الفلنشات مع بعضها البعض من حيث القطر وقطر دائرة الثقوب وعدد الثقوب وقطر وتوزيع الثقوب.

١ - ١ - ٢ التفتيش الظاهري علي المواسير الفخار

- يجب أن تكون جميع المواسير مستقيمة خالية من الانحناءات وكاملة الاستدارة في قطاعها وليست بيضاوية أو منبعجة وبحيث تكون ملساء السطح الداخلي وذلك قبل إنزالها للتركيب.
- يجب أن يكون جسم الماسورة خالياً من الفراغات (البخبخة) ويكون طلاء الماسورة خالياً من الفقاقيع التي إن وجدت ستسبب انفصال طبقة الطلاء عن جسم الماسورة مما يؤدي إلي زيادة النفاذية.
- عند طرق الماسورة بحصوة من الركام (زلطة) ينتج عنه رنيناً حادا كما يجب عند كسرها انتظام مقطعها وتجانسه.
- يتم تشوين المواسير في صفوف أفقية ورأسية بعناية تامة حتى لا يحدث خدش أو شروخ بالسطح الخارجي للماسورة مما يعرضها للتلف.
- عند استخدام المواسير الفخار ذات الوصلة المرنة يجب التأكد من صلاحية الوصلة المطاطية بالفحص الظاهري مع إلزام المورد بتقديم شهادات الصلاحية المعتمدة ومطابقتها بالمواصفات القياسية المصرية التي تصدر لهذا الشأن.

١ - ١ - ٣ التفتيش الظاهري علي الأغطية الزهر والسلالم

- يجب التأكد من أن جميع الأغطية مستديرة ومصنعة من الخامة المنصوص عليها وطبقاً للأبعاد التصميمية وبوزن لا يقل عن ٢٨٥كجم للمطابق الدائرية وبوزن لا يقل عن ٣٥٠كجم للمطابق المربعة وبوزن لا يقل عن ١٠٨,٥٠كجم لغرف التفتيش.

- يجب التأكد من أن جميع السلالم مصنوعة من الحديد الزهر وطبقاً للأبعاد التصميمية وبوزن لا يقل عن ٤كجم للسلالم الحديدية المكسية بالرصاص الخالي من الزعل (رغوة المعادن) والمواد الغريبة لغرف الصمامات.
- التأكد من عدم وجود بخبخة أو نتوءات أو شروخ.
- التأكد من وجود اسم المدينة وسنة الصنع مكتوبة بالحروف البارزة.

١-٢ اختبار خطوط المواسير للمياه والصرف تحت ضغط

- يتم اختبار الخط على أجزاء، يتراوح طول الجزء الواحد منها بين ٥٠٠ ، ١٠٠٠ متر، أو حسب ما يرى المهندس المسئول عن التنفيذ، ويختبر الجزء تحت ضغط يساوى ١,٥ مرة ضغط التشغيل، وذلك للتأكد من سلامة الخط وقدرته على تحمل ضغط التشغيل ومن الضروري معايرة جهاز قياس الضغط قبل بدء التجربة.
- يلزم عمل دعامات خرسانية قوية خلف بداية ونهاية الجزء المطلوب اختباره وذلك لمقاومة القوى الناشئة عن ضغط الاختبار، فمثلا إذا كان ضغط الاختبار ٨جو (٨جم/سم^{٢}) فإنه يعادل ٨٠ طن/م^{٢}.

وإذا كانت التجربة تتم لخط قطر ٣٠٠ مم فإن مساحة المقطع المختبر عند الطبة = ٠,٠٧م^{٢} وبذلك تكون القوى الناشئة عن الضغط = ٨٠ طن/م^{٢} × ٠,٠٧ = ٥,٦ طن.

- يلاحظ أنه يتم تركيب قطعة اتصال (بردة) ذات رأس وفلانشة عند نهاية الخط من ناحية الذيل، وقطعة أخرى ذات رأس وفلانشة عند نهاية الخط من الناحية الأخرى ، وذلك حتى يمكن تركيب طبات التجربة عند كل منهما باستخدام المسامير والجوانات المبططة.
- يجب قبل بدء الاختبار مراعاة الردم الجزئى على الأقل على المواسير حتى لا تتحرك من مكانها أثناء الاختبار، كما يلزم أن تكون جميع المصدات الخرسانية الموجودة بمسار الخط قد تم صبها قبل الاختبار بفترة كافية.
- يتم فتح محابس تصريف الهواء ثم البدء فى ملء الخط بالمياه النظيفة بدون ضغط بمعدل مناسب يعادل معدل خروج الهواء، لحين التأكد من تمام خروج الهواء (يتم التأكد من ذلك بتدفق المياه من محابس تصريف الهواء) ثم تقفل هذه المحابس.
- بعد ضمان ملء الخط بالمياه وضمان خروج الهواء يتم المرور على مسار الخط وملاحظة جميع توصيلات المواسير (الرؤوس – الفلانشات – الجيبولتات) المكشوفة، وفى غرف المحابس والتأكد من عدم تسرب المياه منها.

- عند الوصول إلى ضغط التشغيل وثبات عداد الضغط مدة من الزمن والتأكد من خروج جميع الهواء المحبوس، يتم رفع الضغط تدريجيا إلى ضغط الاختبار مع إعادة المرور على جميع الوصلات المكشوفة وغرف المحابس، وفى حالة اكتشاف أى عيب يتم إصلاحه فوراً ويجرى الاختبار من جديد.
- عند الوصول إلى ضغط الاختبار المطلوب يتم فصل الخط عن طلمبة الاختبـــار (باســـتخدام المحبس المخصص لذلك) وتركه معزولا تحت ضغط الاختبار لمدة ساعة.
- تعتبر التجربة ناجحة إذا لم ينخفض الضغط خلال هذه المدة بأكثر من ٠,٥كجم/سم٢.
- ويوضح الشكل (١-١) الطريقة الهيدروليكية لاختبار خطوط مواسير المياه السابق شرحها. كما أن الشكل (٢-٢) يوضح خطوات الاختبار المائي لخطوط المواسير.
- وبعد التأكد من تحمل خط المواسير للضغوط طبقا للشروط والمواصفات المتعاقد عليها يتم التأكد من الردم الجيد لخط المواسير وإعادة الشيء لأصله ونظافة الموقع.

١-٣ غسيل وتعقيم خطوط مياه الشرب

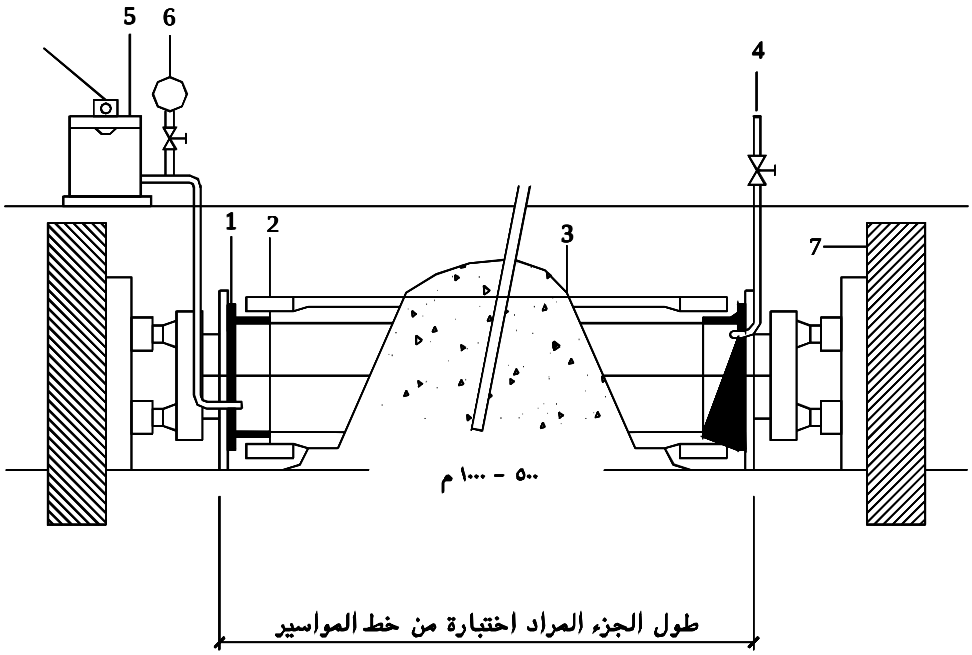
أ - الغسيل

- بعد انتهاء التركيب والاختبارات والردم الكامل طبقاً لما ورد في البنود السابقة يتم البدء في أعمال الغسيل بغلق جميع وصلات الخدمة وحنفيات الحريق ويتم فتح جميع المحابس الموجودة علي مسار الخط كما يفتح محبس تصريف مياه الغسيل إلي أقرب مجري مائي أو مجاري عمومية. يتم الغسيل بمياه مستمرة ذات ضغط مناسب حتى يتم الإطمنان إلي إزالة جميع الشوائب والرواسب التي قد تكون موجودة بداخل الخط أثناء الإنشاء.

ب - التعقيم

- بعد انتهاء الغسيل يتم قفل محابس الغسيل ومصدر المياه وضمان ملء الشبكة المطلوب تعقيمها بالمياه النقية المعقمة التي يصل محتوي الكلور بها إلي ١٠أجزاء في المليون عند نقطة الحقن التي تكون في أوطي نقطة من الخط كلما أمكن ذلك.
- يتم حجز المياه المكلورة في الشبكة لمدة ٢٤ساعة كاملة بعد التأكد من وصول الكلور إلي أطراف الشبكة.

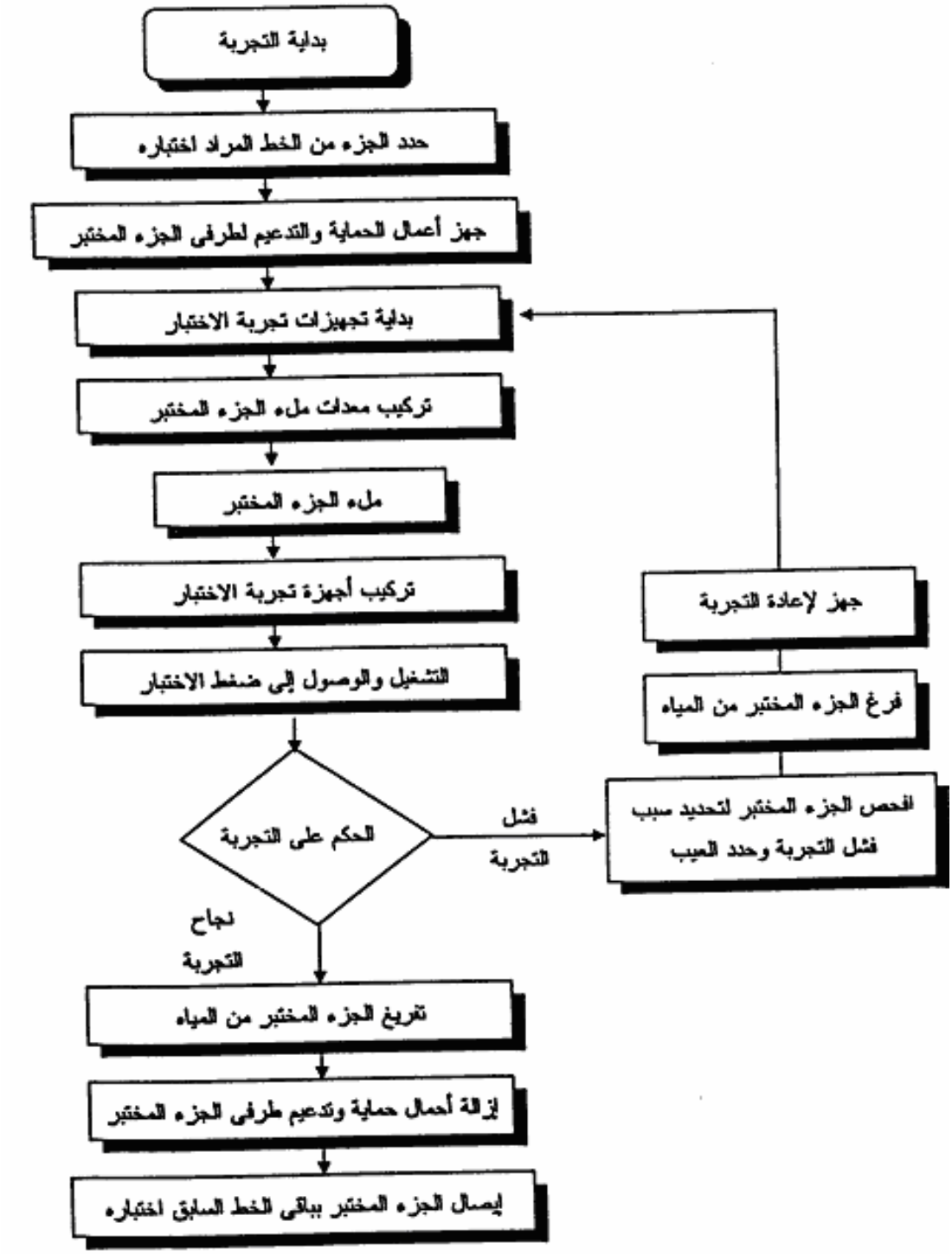
- تقوم المعامل المختصة بأخذ عينات من المياه المحجوزة بالشبكة بعد هذه الفترة وإجراء التحليل اللازم لمعرفة كمية الكلور المتبقي بالشبكة والتي يجب أن لا تقل عن جزء واحد في المليون وإذا قلت عن ذلك تعاد عملية التعقيم مرة أخري.
- بعد أن يقرر مسئولي المعمل بأن الخط أو الشبكة تم تعقيمها وذلك بتواجد الكلورالمتبقي بالحدود المسموح بها يتم تصفية الشبكة من ماء التعقيم المحجوز بها ويتم غسيلها مرة أخري بالمياه النظيفة حتى يتم التأكد من نظافتها بقياس كمية الكلور المتبقي في مياه الغسيل الخارجة والتي يجب أن تكون مماثلة لتركيز الكلور بالشبكة.
- يتم إدخال الشبكة بعد ذلك في الخدمة.



١- طبة نهاية
٢- وصلة ريكا
٣- الردم الاساسى
٤- خروج الهواء
٥- خزان المياة
٦- جهاز ضغط المياة
٧- الكتل الخرسانية للدعامات

شكل (١-١)

تفاصيل الطريقة الهيدروليكية لاختبار خطوط مواسير المياه



شكل (١-٢) خطوات الاختبار المائي لخطوط

١ - ٤ اختبار خطوط الانحدار للصرف الصحي

يتم اختبار مواسير الانحدار هيدروليكي طبقا لنوع الوصلة ولا يؤخذ في الاعتبار نوع أو قطر أو ميل أو عمق المواسير. وتنقسم المواسير من حيث نوع الوصلة إلى قسمين:

أولاً : المواسير ذات الوصلة الثابتة:

هي المواسير التي لا يمكن تحريكها بعد تمام التركيب حيث تؤدى الحركة إلى كسر الماسورة أو كسر الوصلة مثل (الفخار بالمونة – البلاستيك باللصق – البولي إيثيلين باللحام الحراري – البولي بروبلين باللحام الحراري....)، علما بأنه في بعض المواسير السابقة تكون المرونة فى جسم الماسورة وليس في الوصلة.

يجرى اختبار المواسير الفخار ذات الوصلة الأسمنتية لكل فرعة بين مطبقين وذلك لملء الفرعة بالماء النظيف عن طريق تركيب قمع لقطر علوى يساوى قطر الماسورة المراد اختبارها يثبت عن طريق ماسورة وكوع فى النهاية العليا للفرعة وبإرتفاع متر واحد فوق الراسم العلوى للماسورة مع ضرورة عمل منفذ (نفس) لخروج الهواء كما هو موضح بالشكل رقم (١-٣).

يتم تركيب سدادات قرصية (طبات) فى النهاية السفلى للفرعة ثم يشاهد منسوب المياه فى القمع خلال مدة ١٥ دقيقة ولا يجوز أن ينخفض منسوب المياه بالقمع بما يزيد على ١ : ١٠٠٠٠ من طول الفرعة الجارى اختبارها خلال المدة الموضحة بعاليه .

ثانياً : المواسير ذات الوصلة المرنة:

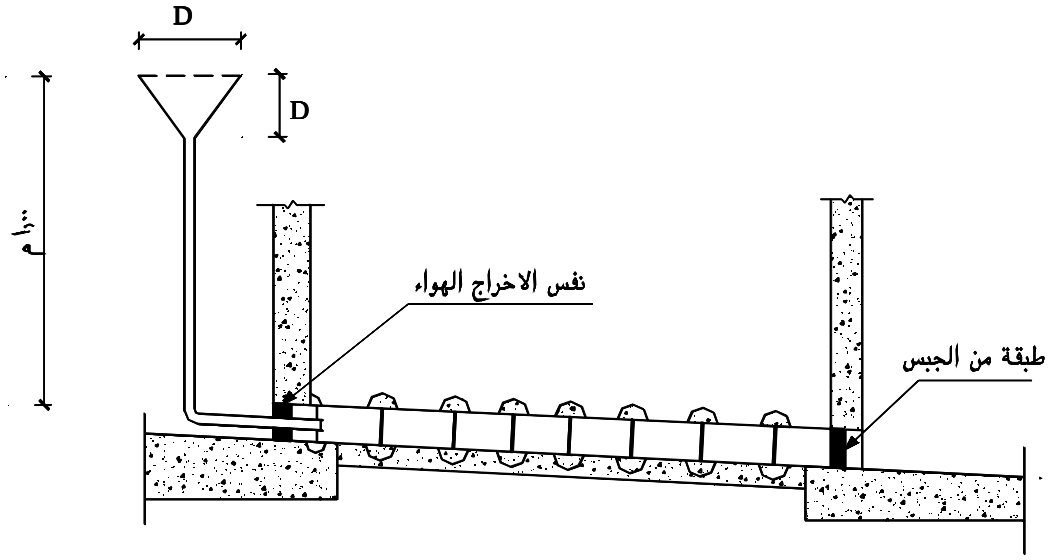
هى المواسير التي يمكن تحريكها بعد تمام التركيب بدون أي أضرار للمواسير أو الوصلات، ويتم تركيبها باستخدام الجوان الكاوتش. ومن مزاياها إمكانية تعديل أوضاع خط المواسير عند حدوث اى هبوط بالتربة بدون كسر الخط ذاته.

يجرى اختبار المواسير ذات الوصلة المرنة لكل فرعة بين مطبقين وذلك بملء الفرعة بالماء النظيف عن طريق تركيب قمع بقطر علوي يساوى قطر الماسورة المراد اختبارها يثبت عن طريق ماسورة وقوع فى النهاية العليا للفرعة وبارتفاع ٥ متر فوق الراسم العلوى للماسورة مع ضرورة عمل منفذ (نفس) لخروج الهواء كما هو موضح بالشكل رقم (١-٤) وذلك للأعماق الكبيرة .

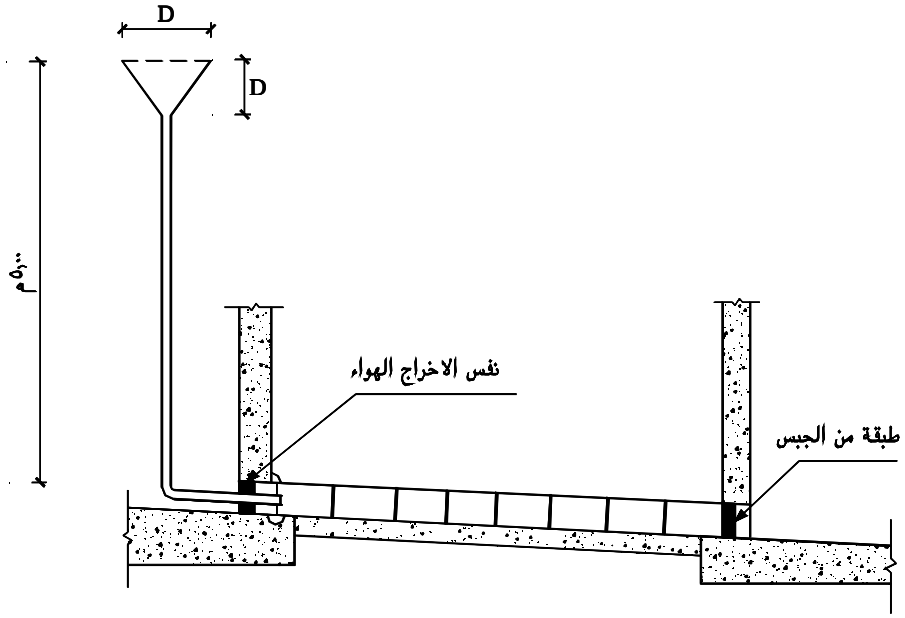
أما فى حالة الأعمال الصغيرة فيمكن إستخدام طلمبة نقالى لتحقيق ضغط داخلى مقدره نصف جوى وقياسه بإستخدام مانومتر.

يتم تركيب سدادات قرصية (طبات) فى النهاية السفلى للفرعة ثم يشاهد منسوب المياه فى القمع خلال مدة ١٥ دقيقة ولا يجوز أن ينخفض منسوب المياه بالقمع بما يزيد على ١ : ٢٠٠٠٠ من طول الفرعة الجارى اختبارها خلال المدة الموضحة بعاليه.

فى حالة نقصان المياه للقمع أثناء فترة الأختبار فى كلتا الحالتين يتم الكشف على مسار الفرعة للتأكد من سلامة بدن الماسورة والكشف عن تسرب المياه بالوصلات ثم يتم معالجتها بإصلاح هذه الوصلات أو تغيير المواسير المعيبة ثم يعاد إجراء الاختبار مرة أخرى للتأكد من نجاحها.



شكل (١-٣) اختبار المواسير الفخار ذات الوصلة الأسمنتية



شكل (١-٤) اختبار المواسير ذات الوصلة المرنة (فى الأعماق الكبيرة)

أما فى حالة اختبار المواسير ذات الأقطار أكبر من ٩٠٠ مم فيمكن استخدام المانومتر لقياس الضغط المائي

١ - ٥ الاشتراطات الفنية لاستلام المواسير والخنادق

١ - معاينة واستلام المواسير قبل دخولها المخزن والتأكد من المطابقة الظاهرية للمواصفات مع التأكد على المحافظة على الجوان فى ذيل الماسورة الفخار ذات الوصلة المرنة دون تلف.
٢ - رص وتشوين المواسير بطريقة سليمة.
٣ - معاينة واستلام المواسير من المخزن طبقا للتوريد.
٤ - نقل المواسير للموقع بطريقة سليمة.
٥ - معاينة المواسير قبل تركيبها للتأكد من عدم حدوث أضرار بها أثناء النقل والتنزيل.
٦ - الاهتمام باستقامة وميول خطوط المواسير باستخدام خيط الرأس وخيط الجنب أو (استخدام الليزر).
٧ - تجربة الفرعات فى الصباح الباكر او بعد الظهر (خاصة فى الايام شديدة الحرارة).

١ - ٦ التعليمات الفنية عند إجراء الاختباراتالهيدروليكية

من الضرورى عند إجراء التجارب لخطوط الانحدار مراعاة ما يلي:

١ - معاينة أول الفرعة وآخر الفرعة للتأكد من:
أ - وجود محبس فى الماسورة أسفل القمع يتم غلقه عند بدء التجربة.
ب - وجود قمع آخر فى نهاية الفرعة (فى حالة تجربة عدة فرعات ووجود شدة خشبية) يتم منه تعويض الفاقد.
٢ - عدم تجربة فرعات حولها مياه جوفية حيث يتاثر ضغط المياه داخل الماسورة من ضغط المياه الجوفية.
٣ - تجنب تجربة الفرعات فى جو رياح شديدة حيث ان ذلك يؤثر على ثبات سطح الماء بالقمع.
٤ - عدم تجربة الفرعات فى وجود أمطار شديدة حيث تعوض الأمطار نقص بالقمع.
٥ - تجنب دهان الجوان الكاوتش بشحم معدنى حيث أن ذلك بسبب تآكلاً فى الجوان، بل يجب دهانه بشحم نباتى.

١-٧ تسهيلات العمل عند إجراء تجارب الاختبارات الهيدروليكية

١ - يمكن تجربة عدة فرعات فى حالة الوصلة المرنة.

٢ - يمكن تجربة فرعة أو فرعتين لا أكثر فى حالة الوصلة الثابتة.

٣ - يمكن استخدام طلمبة يدوية بدلا من القمع فى حالة المواسير ذات الوصـــلات المرنة. حيث يبلغ الضغط المطلوب للتجربة نصف جوي.

١-٨ تجربة استلام المطابق :

- يتم اختبار المطابق بسد جميع فتحات الأنابيب بطبات، ثم يم ملء المطابق بالماء علي مراحل حتى يمتلئ المطبق، ولا يسمح بأي تغيير في منسوب المياه داخل المطبق، وفي حالة انخفاض منسوب المياه يتم البحث عن مناطق التسرب بالمطبق وعلاجها لحين التأكد من عزل المطبق تماماً للمياه.
- يمكن إجراء اختبارات نفاذية المطبق للمياه من الخارج وذلك بعد إتمام الردم وترك مياه الرشح للعودة إلي منسوبها الطبيعي ومراقبة سطح المطبق من الداخل ولا يسمح في هذه الحالة بـــأي تسرب للمياه داخل المطبق.

الفصل الثاني
الاختبارات المعملية التي تجرى علي المواسير

٢ - ١ مقدمة:

يتناول هذا الفصل تصنيف المواسير التى تستخدم فى نقل مياه الشرب والصرف الصحي طبقاً لسلوك الماسورة تحت تأثير أحمال الردم والأحمال الحية فوقها وكذلك يشمل الاختبارات التى تجرى على الأنواع المختلفة منها بغرض التأكد من جودتها وكذلك بغرض التأكد من سلامة الأداء الهندسي لها.

٢ - ٢ تصنيف المواسير:

تنقسم المواسير من حيث سلوكها تحت تأثير أحمال الردم والحمال الحية فوقها إلى ثلاثة أنواع هى:

أ - المواسير الصلبة Rigid Pipes

وهى مواسير تتميز بمقاومتها العالية لأحمال التهشيم وبالتالى تتحمل الماسورة الأحمال الواقعة عليها عن طريق مقاومة جسم الماسورة وتتمثل فى أنواع المواسير الآتية:

١ - المواسير الخرسانية العادية.
٢ - المواسير الخرسانية المسلحة.
٣ - المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد.
٤ - المواسير الاسبستوس الأسمنتى.
٥ - المواسير الفخار.

ب - المواسير المرنة Flexible Pipes

وهى مواسير تتميز بقابليتها للإنبعاج تحت تأثير أحمال الردم والأحمال الحية فوقها وبالتالى تتحمل الماسورة الأحمال الواقعة عليها عن طريق جسمها بالإضافة إلى رد فعل التربة الجانبى وتتمثل فى أنواع المواسير الآتية:

١ - المواسير البلاستيك (UPVC).

٢ - المواسير البولستر المسلح بألياف الزجاج (GRP).
٣ - المواسير الصلب.
٤ - المواسير البولى أثيلين عالى الكثافة (HDPE).

جـ - المواسير شبه الصلبة Semi-Rigid Pipes

وهى مواسير تختص بأنها تسلك سلوك المواسير المرنة من حيث قابليتها للإنبعاج فى الأقطار أكبر من ٤٠٠ مم وتسلك سلوك المواسير الصلبة من حيث قدرتها على تحمل أحمال التهشيم فى الأقطار الأقل من ذلك وتتمثل فى المواسير الزهر المرن (Ductile Cast Iron).

كما يمكن تقسيم الاختبارات التى تجرى على أنواع المواسير المختلفة طبقاً للآتى:

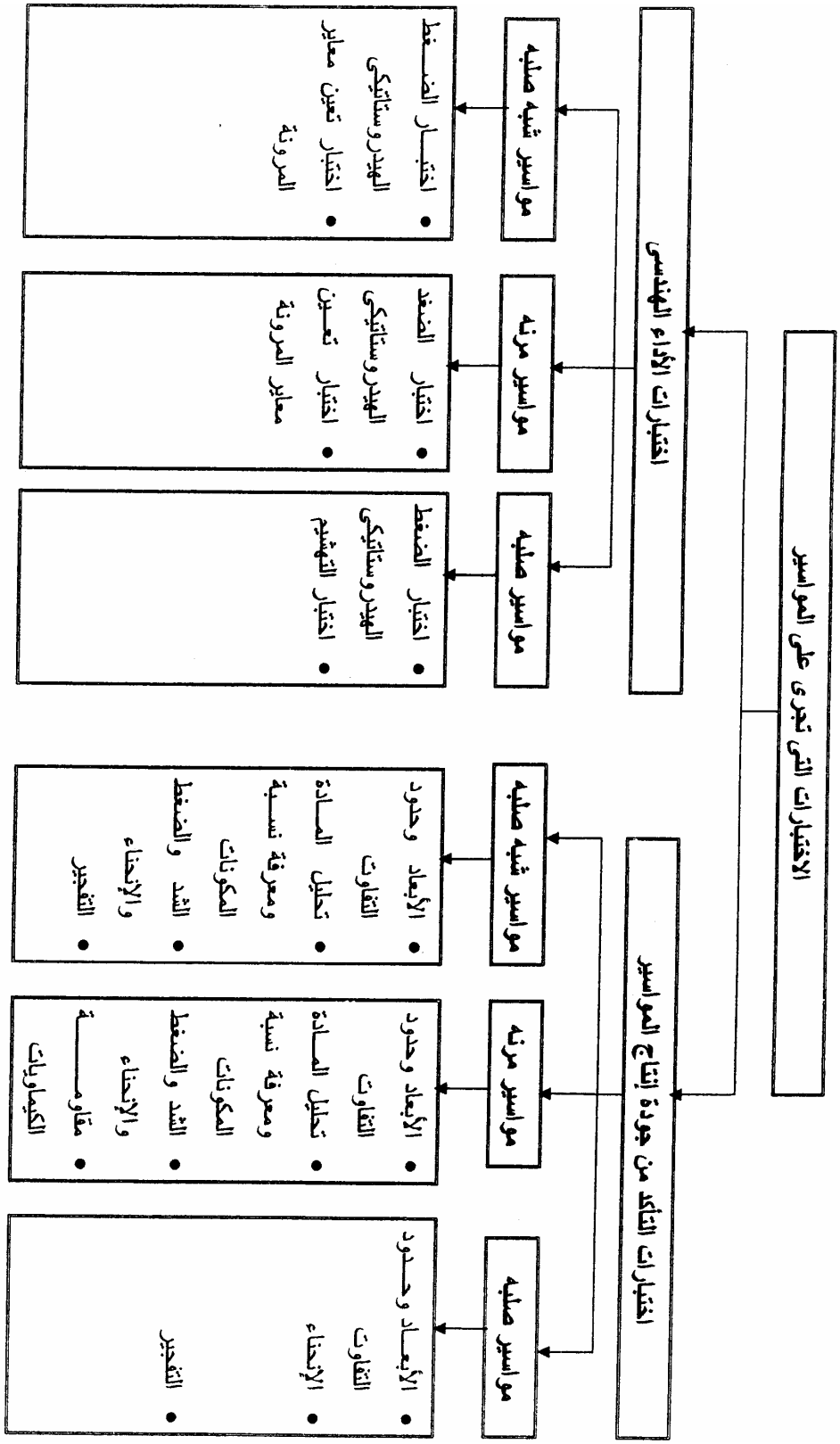
أ - اختبارات التأكد من جودة إنتاج المواسير:

وتجرى هذه الاختبارات بغرض التأكد من جودة المواد الخام المستخدمة فى صناعة الماسورة وكذلك جودة المنتج النهائى.

ب - اختبارات الأداء الهندسى:

وتجرى هذه الاختبارات بغرض التأكد من قدرة الماسورة على تحمل ظروف التشغيل المصممة لها وتتمثل فى تحملها لضغط التشغيل الداخلى وكذلك تحملها للأحمال الخارجية الواقعة عليها بأمان.

والشكل (٢-١) يبين الاختبارات التي تجرى على المواسير طبقاً لسلوك مادة الماسورة.



شكل (٢ - ١) الاختبارات التي تجرى على المواسير

٢-٣ اختبارات التأكد من جودة مواد إنتاج المواسير:

٢-٣-١ المواسير الصلبة:

٢-٣-١-١ اختبار الأبعاد وحدود التفاوت:

وتجرى بقياس أبعاد المواسير المختلفة (الطول – القطر – التخانة) ويكون الغرض من هذه القياسات التأكد من أن التفاوت فى الأبعاد فى حدود المسموح به حتى لا يحدث مشاكل أثناء تنفيذ خطوط المواسير ويتم لجميع أنواع المواسير طبقاً للمواصفات القياسية.

٢-٣-١-٢ اختبار الانحناء:

ويجرى هذا الاختبار للمواسير للتأكد من قدرة مادة جسم الماسورة هذه المواسير عل تحمل إجهادات الإنحناء فى الحدود المسموح بها وطبقاً للمواصفات القياسية وذلك لطبيعة هذه النوعية من المواسير القصفة (Brittle).

٢-٣-١-٣ اختبار التفجير:

ويجرى هذا الاختبار للمواسير الأسبستوس وذلك بتعريض المواسير لضغط هيدروستاتيكى يتراوح بين ٢-٣ ضغط اختبار التشغيل للمواسير بالمصنع ويكون بغرض التأكد من تجانس المواد الخام الداخلة فى صناعة هذه النوعية من المواسير.

هذا بالإضافة إلى الاختبارات التى تجرى للتأكد من جودة المواد الخام المستخدمة فى تصنيع المواسير الصلبة وتشمل الآتى:

بالنسبة للمواسير الأسبستوس:

- اختبارات الصلاحية للأسمنت.
- اختبارات الألياف للاسبستوس الأسمنتى (ترفق شهادة صلاحية للألياف)

بالنسبة للمواسير الخرسانية العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد والمواسير ذات الإسطوانة من الصلب الملفوف حولها قضيب من الحديد لقطر أصغر من ٦٠٠مم:

- اختبار الصلاحية للأسمنت.
- اختبارات الركام.
- اختبارات تحليل الماء المستخدم فى تصنيع الخرسانة.
- اختبارات الإضافات (إن وجدت).
- اختبارات حديد التسليح بالنسبة للخرسانة المسلحة وسابقة الإجهاد.
- مقاومة الضغط للخرسانة عمر ٧ ، ٢٨ يوم.
- اختبار النفاذية.

بالنسبة للمواسير الفخار:

- الرنين.
- مقاومة الأحماض والقلويات.
- الرشح.
- التشقق.
- نعومة السطح.
- الامتصاص.

٢-٣-٢ المواسير المرنة وشبه الصلبة:

٢-٣-٢-١ اختبار الأبعاد وحدود التفاوت:

ويجرى بقياس أبعاد المواسير المختلفة (الطول – القطر – التخانة) ويكون الغرض من هذه القياسات التأكد من أن التفاوت فى الأبعاد فى حدود المسموح به طبقاً للمواصفات القياسية حتى لا يحدث مشاكل أثناء التنفيذ لخطوط المواسير ويجرى هذا الإختبار لجميع أنواع المواسير.

٢-٣-٢-٢ اختبارات تحليل المادة ومعرفة نسبة المكونات:

ويجرى للتأكد من سلامة نسبة المكونات الداخلة فى تكوين جسم الماسورة ويتم كالآتى:

أ - بالنسبة للمواسير الصلب والزهر المرن:

تؤخذ عينة من سبيكة الزهر أو الصلب ويتم تحليلها كيميائياً أو طيفياً أو بأشعة أكس (x - ray) واستنتاج نسب المواد الداخلة فى تكوينها (اختبار اختيارى).

ب - بالنسبة للمواسير البلاستيك والبولستر المسلح بألياف الزجاج:

تحرق قطعة من الماسورة فتطاير الراتنجات الرابطة (المواد العضوية) ويتبقى باقى المواد الغير عضوية التى يمكن فصلها بسهولة وبالتالى يمكن استنتاج المواد الداخلة وأهمية هذا الاختبار فى الدلالة على تحمل جسم الماسورة مع الزمن (Durability).

٢ - ٣ - ٢ - ٣ اختبارات الشد والضغط والانحناء:

وتجرى هذه الاختبارات على عينات تقطع من جسم الماسورة وذلك بغرض التأكد من تجانس المواد الخام الداخلة فى تكوين جسم الماسورة وكذلك للتأكد من تحمل الماسورة لهذه الإجهادات بأمان عند تعرضها لها.

٢ - ٣ - ٢ - ٤ اختبارات مقاومة الكيماويات:

ويجرى بغرض التأكد من قدرة المواسير على مقاومة تأثير المواد الكيميائية وخاصة الأحماض الكبريتية الناتجة من نقل سوائل مياه الشرب والصرف الصحي خلال المواسير حيث أنه يوجد نوعيات مياه يوجد بها نسبة كبريتية أو غيرها تستخدم لمياه الشرب وخاصة فى محطات التحلية.

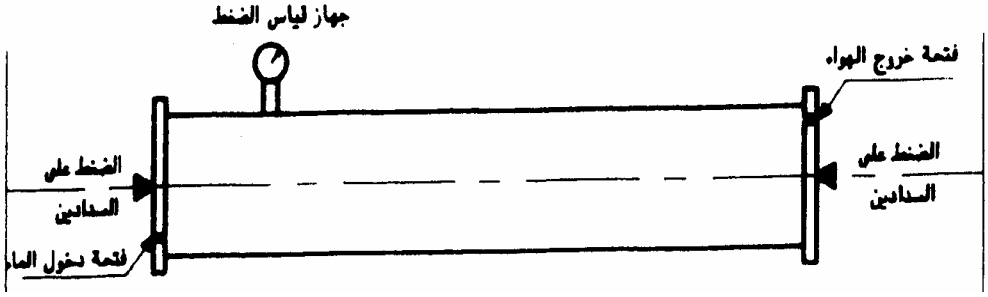
٢ - ٤ اختبارات الأداء الهندسي:

٢ - ٤ - ١ اختبارات الضغط الهيدروستاتيكى:

يجرى على جميع أنواع المواسير الصلبة والمرنة وشبه الصلبة المستخدمة فى نقل مياه الشرب والصرف الصحى تحت ضغط وبالانحدار ويجرى هذا الاختبار بطريقتين وذلك طبقاً للتجهيزات المتاحة بالمصنع:

أ - الطريقة الأولى:

وفيها يتم سداد نهايتي الماسورة المراد اختبارها بسدادتين محكمتين قطرهما يساوى قطر الماسورة ويتم الضغط عليهما بقوى توازن مقدار الضغط الداخلي للماء داخل الماسورة، وفى إحدى هاتين السدادتين توجد فتحة لخروج الهواء وعندما يتم ضغط المياه يبدأ ببطء حتى يتم التأكد من خروج الهواء ثم يزاد الضغط تدريجياً حتى قيمة الاختبار ويستمر الاختبار لمدة (٥) دقائق ويتم التأكد من ثبوت الضغط خلال هذه المدة وهذه الطريقة الشائعة فى الاستخدام فى المصانع المصرية والشكل (٢-٢) يوضح طريقة إجراء الاختبار.



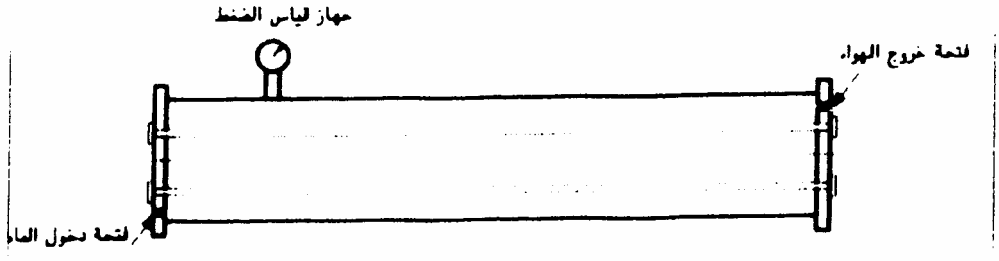
شكل (٢-٢) اختبار الضغط الهيدروستاتيكى بالطريقة الأولى

ب - الطريقة الثانية:

وفيها يتم ربط السدادتين في نهايتي الماسورة باستخدام قضبان يثبتان فى النهايتين باستخدام صواميل (Bolts) وتتحمل هذه القضبان قوة الشد الناتجة على النهايتين نتيجة الضغط الجانبي للسائل على جانبى الماسورة ويتم خروج الهواء أثناء الإختبار من فتحة فى إحدى النهايتين ويتم زيادة الضغط بعد ذلك حتى يتم الوصول إلى ضغط الا ختبار ويستمر الاختبار لمدة (٥) دقائق ويتم التأكد من ثبوت الضغط خلال هذه المدة وتتميز هذه الطريقة بأنه لا ينتج إجهادات ثانوية على جانبى الماسورة كما فى الطريقة الأولى.

والشكل (٢-٣) يبين طريقة إجراء الإختبار.

والجدول رقم (٢-١) يبين ضغوط الاختبار بالمصنع لأنواع المواسير المختلفة طبقاً للقطر الداخلي.



شكل (٢ - ٣) اختبار الضغط الهيدروستاتيكى بالطريقة الثانية

جدول (٢ - ١) ضغوط الاختبار الهيدروستاتيكى للمواسير بالمصنع

م	نوع الماسورة	القطر الداخلى (مم)	ضغط الاختبار بالمصنع (جوى)	ملاحظات
١.	بلاستيك	من ٢٠ - ٤٠٠	٢٠ - ٣٢	--
٢.	البولى ايثيلين عالى الكثافة	من ٣٦ - ١٠٠٠	٦,٠٠ – ٢٤,٣	
٣.	بولستر مسلح بألياف الزجاج	من ٥٠٠ - ١٨٠٠	٣ – ٦ - ١٢	--
٤.	خرسانة سابقة الإجهاد	من ٦٠٠ - ٢٠٠٠	يصل إلى ٣٢	--
٥.	خرسانة عادية	من ١٠٠ – ٦٠٠	٠,٤	تصمم الماسورة طبقاً للضغط الداخلى
٦.	خرسانة مسلحة	من ٦٠٠ - ٣٠٠٠	٠,٩ – ١,٤	--
٧.	خرسانة ذات الأسطوانة الصلب الملفوف حول قضيب من الحديد	من ٣٠٠ - ١٥٠٠	٤٠ - ٦٠	
٨.	زهر مرن	من ١٠٠ – ١٠٠٠	٥٠ – ٦٠ – ٤٠	--
٩.	صلب	من ١٧٠ – ٢٠٠٠	يصل إلى ٢١١	--
١٠.	فخار	من ١٠٠ - ٩٠٠	١,٤	--

٢ - ٤ - ٢ اختبارات التهشيم:

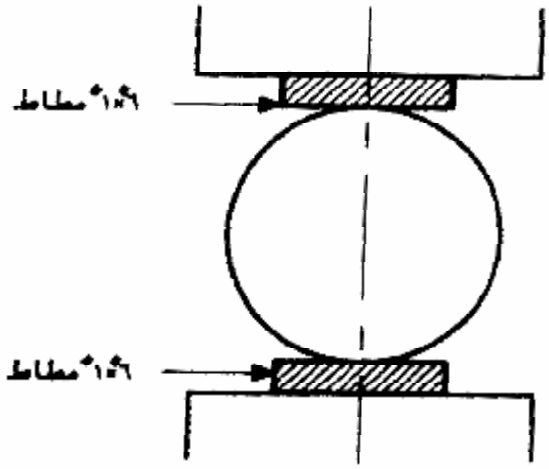
ويجرى هذا الاختبار على المواسير الصلبة فقط ويتم بطريقتين تتوقف كل منها على شكل عينة الاختبار.

أ - الطريقة الأولى:

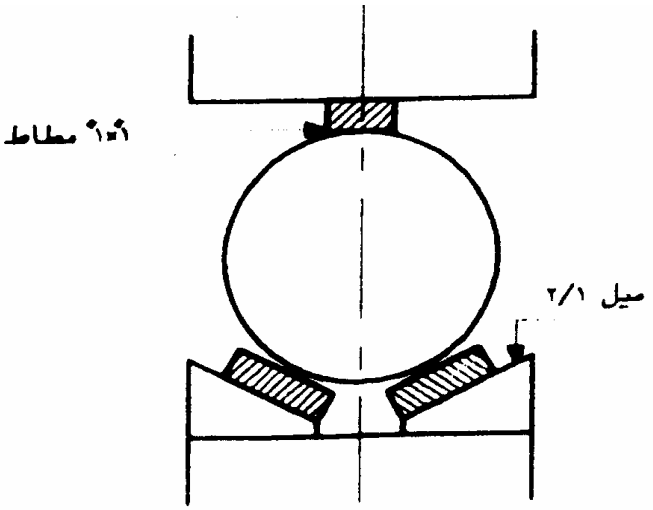
ويجرى فيها اختبار بتجهيز عينة الاختبار كما في الشكل (٢-٤) ويطلق على هذه الطريقة (Two edge bearing).

ب - الطريقة الثانية:

ويجرى فيها اختبار بتجهيز عينة الاختبار كما في الشكل (٢-٥) ويطلق على هذه الطريقة (Three edge bearing).



شكل (٢-٤) اختبار الضغط الهيدروستاتيكى بالطريقة الأولى



شكل (٢-٥) اختبار الضغط الهيدروستاتيكى بالطريقة الثانية

ولسلامة الأداء الهندسي للمواسير الصلبة يتم التأكد من الآتى:

بالنسبة للمواسير الاسبستوس:

يجب ألا يقل حمل التهشيم عن ٤٥٠ كيلو جرام/م.ط وذلك باستخدام طريقة ثلاثي التحميل.

بالنسبة للمواسير الخرسانية:

يجب ألا تظهر شروخ أكبر من ٠,٢٥مم فى العرض مقاسة فى مسافات متقاربة على طول قدره ٣٠ سم أو أكثر عند تطبيق حمل مقداره ٢٠٠٠ كجم/م ويطلق على هذا الحمل حمل الأمان وذلك عند استخدام طريقة ثنائى التحميل أو طريقة ثلاثى التحميل فى إجراء الاختبار.

بالنسبة للمواسير الفخار:

يتم الرجوع للمواصفة القياسية المصرية رقم (٥٦) لسنة ٢٠٠٥ الموضح بها طريقة حساب حمل التهشيم .

٢ - ٤ - ٣ اختبارات تعيين معاير المرونة:

يجرى تعيين معاير المرونة للمواسير المرنة بغرض تعيين مقدار الإنبعاج الحادث فى الماسورة نتيجة الأحمال فوقها إذ يعتبر ذلك من سلامة التصميم الهندسى حتى لا يحدث مشاكل أثناء تشغيل الخطوط إذ يؤثر ذلك على سلامة الوصلات للمواسير فى المستقبل والجدول التالى يعطى قيم استرشادية لقيم معايير المرونة (E) .

الجدول (٢ - ٣) معاير المرونة للمواسير المرنة وشبه الصلبة

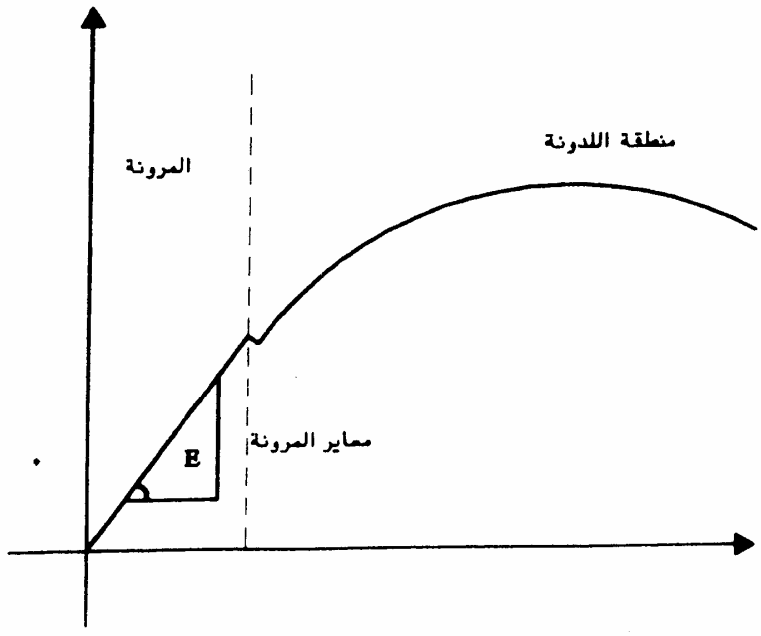
نوع الماسورة	قيم "E" معايير المرونة كجم/سم^{٢}
- بلاستيك	٣٠٠٠٠
- بولستر مسلح بألياف الزجاج GRP	٩٠٠٠
- صلب	٢١٠٠٠٠
- زهر مرن	٦٠٠٠٠

ويتم تعيين معاير المرونة بالطرق التالية:

٢ - ٤ - ٣ - ١ بالنسبة للمواسير الصلب والزهر المرن والبلاستيك والبولى ايثلين عالى الكثافة:

يجرى ذلك بإجراء إختبار الشد على عينات مأخوذة بطريقة معينة ويتم رسم منحنى الحمل – الاستطالة (الإجهاد – الإنفعال) ومنه يتم تعيين معايير المرونة والشكل (٢-٦) يبين منحنى الإجهاد الإنفعال للمواسير الصلب.

$$\text{معاير المرونة (E)} = \frac{\text{الإجهاد}}{\text{الإنفعال}} \quad \text{كجم/سم}^2$$



شكل (٢ - ٦) منحنى الإجهاد – الانفعال للمواسير الصلب

٢ - ٤ - ٣ - ٢ بالنسبة للمواسير البولستر المسلح بألياف الزجاج GRP

يتم ذلك بإجراء الجساءة (Stiffness) وذلك بتحميل عينة اختبار عبارة عن حلقة من ماسورة بين فكي ماكينة اختبار ضغط يمكن منها حساب المسافة الرأسية التى يتحركها الفك العلوي ناحية

الفك السفلى ومنها يتم تحديد قيمة الحمل الذي يحدث عنده خمسة في المائة (٥%) انبعاج من قيمة القطر الداخلي للماسورة.

ويتم تعيين معايير المرونة باستخدام العلاقة الآتية:

$$EI = 0.149\left(P.S.r^3\right)$$

حيث :

E	=	معاير المرونة لمادة الماسورة	كجم/سم^2
I	=	عزم القصور الذاتي لوحدة الأطوال من حلقة الماسورة	سم^4/سم^2
p.s	=	جساءة الماسورة	كجم/سم^2
r	=	نصف قطر الماسورة الداخلي المتوسط	(مم)

والجدول (٢-٣) يعطى قيم (E) للمواسير المرنة وشبه الصلبة

الفصل الثالث
ضبط وتأكيد الجودة لتنفيذ خطوط المواسير

٣ - ١ اعتبارات عامة:

يختص هذا الفصل بمراقبة وضبط وتأكيد الجودة لأعمال صناعة وتنفيذ خطوط المواسير وذلك من خلال توافر كاف من الإجراءات لضمان جودة المواد، وحسن استخدامها بالإضافة إلى تحقق وضمان متطلبات أسس التصميم واشتراطات التنفيذ وأصول الصناعة والتنفيذ بما يحقق استيفاء مستوى الأداء الواجب.

ويتحقق ضبط الجودة للمشروع على النحو التالي:

أ - من خلال مراجعة داخلية (يتبع الجهة المنفذة).
ب - من خلال مراجعة خارجية (يتبع الجهة المالكة).

٣ - ٢ تعريفات:

٣ - ٢ - ١ ضبط الجودة Quality Control

هو مجموعة من الإجراءات والاختبارات التي تتخذ للتأكد من مطابقة خواص المواد التي تدخل في صناعة المواسير للمواصفات القياسية وكذلك التأكد من مطابقة المواسير المنتجة للمواصفات المطلوبة وكذا التأكد من سلامة خطوط المواسير المنفذة ومطابقتها لاشتراطات المشروع.

٣ - ٢ - ٢ تأكيد الجودة Quality Assurance

يعتبر تأكيد الجودة هو مجموعة من التنظيمات والخطط والبرامج تستخدم لضمان تطبيق المواصفات أثناء مراحل تنفيذ خطوط المواسير وهو يشمل اختبار المواد والإنتاج والتركيب للتأكد من أن المنتج للمواسير سيطابق الوظيفة المستهدفة.

٣-٢-٣ نظام تأكيد الجودة Quality Assurance System

هو نظام تحكم إداري ينظم التعهدات والسياسات والمسئوليات ومتطلبات الجهة المالكة التى تسجل بواسطة خطة تأكيد الجودة والمتضمنة خلال برنامج تأكيد الجودة لتقديم وسائل ضبط جودة تؤثر في الأنشطة والمتطلبات السابق تحديدها.

٣-٢-٤ خطة تأكيد الجودة Quality Assurance Plan

هي خطة مشروع معدة ومحددة بواسطة الجهة المالكة بالاستعانة باستشاري أو مهندس ضبط جودة، وتحتوى هذه الخطة على سياسات الجهة المالكة وأهداف الجودة للمشروع مع وصف تفصيلي لأسلوب العمل والعلاقات التنظيمية والتي يراد بها أن تتأكد الجهة المالكة عند بدء مشروعها بخطة نظام يلتزم بإتباعها جميع الأطراف المعنية، وتعتبر خطة تأكيد الجودة وثيقة على أعلى مستوى في النظام الشامل لتأكيد الجودة.

٣-٢-٥ برنامج تأكيد الجودة Quality Assurance Program

هو مستند يصف السياسات والممارسات وطرق العمل التي تتفق مع متطلبات الجودة ومستندات التعاقد خلال فترة تنفيذ المشروع.

٣-٢-٦ ضبط الجودة داخلياً

ويقصد بها الاختبارات المختلفة التي تجرى على المواسير وموادها وكذلك التي تجرى على خطوط المواسير بما في ذلك المطابق وتربة التأسيس للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة ويجرى ضبط الجودة الداخلي بصفة مستمرة ويجب أن يقوم بتنفيذه متخصصون على دراية كافية وعادة ما يكون المسئول عن تنفيذ بنود ضبط الجودة من الأخصائيين المسئولين عن المشروع والتابعين للجهة المنفذة. وفى حالة عدم توافر الخبرة الكافية يتم الاستعانة باستشاريين للإشراف على أعمال ضبط الجودة الداخلية.

٣-٢-٧ ضبط الجودة خارجياً

يجرى ضبط الجودة خارجياً بواسطة جهات خارجية حكومية أو خاصة أو من طرف المالك ويشمل هذا لإجراء ما يلي:

- التأكد من استيفاء الرسومات لمتطلبات تنفيذ المشروع ومراجعتها بمعرفة استشاري المقاول.
- التأكد من قيام المقاول بإجراء الاختبارات المطلوبة للتربة ومراجعة النتائج طبقاً لاشتراطات التأسيس.
- التأكد من قيام المقاول بإجراء الاختبارات المطلوبة للمواد المستخدمة والمواسير ومراجعة النتائج واعتمادها.
- التفتيش الدوري المفاجئ خلال مرتحل المشروع وكذلك متابعة اختبار الضغط المائي لخطوط المواسير وملحقاتها بهدف التأكد من سلامة وجودة التركيب لخطوط المواسير وعدم ظهور تسرب منها.

٣-٢-٨ دور الجودة خلال عمر المشروع

تأكيد وضبط الجودة عملية متكاملة تبدأ منذ التفكير في جدوى المشروع لدراسة أفضل الحلول وتستمر في مراحل التصميم والتنفيذ والتسليم ثم تستمر كذلك خلال استخدام خطوط المواسير عن طريق الفحص الدوري والصيانة.

٣-٣ التفتيش الفني

٣-٣-١ عام

التفتيش هو وضع وتجهيز برنامج للتأكد من أن المواسير وملاحقاتها وتربة التأسيس وجميع المواد الداخلة في صناعة المواسير والمطابق تحقق المتطلبات المنصوص عليها بمستندات التعاقد. ويجب أن يغطى برنامج التفتيش الفني البنود التالية:

- التأكد من اختبار المواد الداخلة في صناعة المواسير.
- التحقق من جودة المواسير المستخدمة ومطابقتها لاشتراطات القبول.
- التأكد من إجراء جميع الاختبارات على تربة التأسيس.
- التحقق من جودة أعمال الخرسانات بالموقع وكذلك جميع الأعمال الداخلة في التنفيذ بالمشروع.

- متابعة اختبار الضغط المائي على خط المواسير.
- متابعة تجارب المطابق وغرف التفتيش.

٣-٣-٢ القائم بالتفتيش

يجب أن يتم التفتيش بواسطة أشخاص مؤهلين بخلاف هؤلاء الذين يقومون بالإشراف المباشر على النشطة التي يتم عليها التفتيش، ولا يتبع هذا المفتش الخارجي بأي صورة من الصور الشركة المنفذة أو المراقبة الداخلية لضبط الجودة ومن ثم تخضع أتعاب الجهة التي يمثلها للمالك مباشرة. لذا يجب أن يتم اختيار القائمين بالتفتيش من المتخصصين الذين يتوافر فيهم استقلال آرائهم وحيدتهم بالإضافة إلى خبراتهم.

٣-٣-٣ مراحل التفتيش الفني

٣-٣-٣-١ التفتيش الابتدائي

يجرى التفتيش الابتدائي بغرض تقييم معدات وتجهيزات الموقع ومعمل الاختبارات لضبط الجودة الداخلية (كوادر بشرية – إمكانيات معملية) طبقاً للمتطلبات التي تحددها مواصفات المشروع والمواصفات القياسية.

٣-٣-٣-٢ التفتيش الخارجي

يتم التفتيش على مواقع الإنتاج ومصادر التوريد مع أخذ عينات بين وقت وآخر ويتم اختبارها تحت مظلة التفتيش الفني ولا يغنى التفتيش خارج الموقع عن التفتيش الفني الدوري على المواد والمواسير عند وصولها الموقع. ويجب أن تكون تعاقدات التفتيش خارج الموقع مع الجهة المنتجة أو الجهة الموردة متضمنة ما يسمى بالتفتيش على المواد والمواسير عند المنتج كما هو الحال عند ورودها للموقع.

٣-٣-٣-٣ التفتيش الفني الدوري

يجرى التفتيش الفني الدوري بغرض استيفاء شروط إنتاج المواسير أو توريد المواد. وكذلك استيفاء اشتراطات ضبط الجودة الداخلي والخارجي. وهو يجرى دون إشعار مسبق وعلى فترات

تتناسب مع طبيعة المشروع والجدول الزمني بصفة عامة. ويجب أن تلقى نتائج التفتيش من المراجعة أو التعديلات المقترحة استجابة فورية من مراقب الجودة الداخلي.

٣ - ٤ متطلبات معمل الاختبارات

يتوقف تجهيز معمل الاختبارات والأجهزة المطلوبة للاختبارات المحددة بالتعاقد على حجم المشروع ودرجة الجودة المطلوبة. وينص على تحديد مستوى تجهيزات المعمل بمستندات المشروع. ويسمح بإجراء بعض الاختبارات في معامل متخصصة أخرى.

٣ - ٥ اعتماد المواد

٣ - ٥ - ١ اعتماد المصادر

يعتمد المفتش الفني مصادر المواد مثل المواسير ومكونات الخرسانة والطوب وغيرها ويجب أن يتأكد من قدرة هذه المواد على الوفاء بمتطلبات المشروع وبناء على ذلك يقوم المقاول بالتعاقد مع الجهات المنتجة أو الموردة، ويكون الاعتماد مزوداً بمجموعة من البيانات أهمها شهادة المنتج ونتائج الاختبارات على المواد في معامل متخصصة، ولا يعنى اعتماد المصادر إعفاء المقاول من مسئولياته في حالة توريد المواد بجودة أقل من الجودة التي يتم على أساسها اعتماد المصادر باعتبار المقاول هو المسئول الأول عن المواد الموردة من المصادر المعتمدة أو من مصادر أخرى قد يحتاج الأمر لاعتمادها.

٣ - ٥ - ٢ القبول على أساس شهادة المنتج

في بعض الحالات التي تورد فيها المواد مثل المواسير ومستلزماتها من مصادر إنتاج ذات خبرة متميزة في مزاولة هذه الأعمال يمكن اعتماد المواد على أساس شهادة المنتج، والتي يجب أن تصحبها جميع البيانات اللازمة لاعتماد القبول مثل نتائج الاختبارات في معامل متخصصة، مع بيانات عن تاريخ وحجم المبيعات وسجل استخدامها، ولا يعنى القبول على أساس شهادة المنتج الحد من الاختبارات الدورية أو الاختبارات الإضافية إذا ما رأى المفتش الفني الخارجي ضرورة إجراء هذه الاختبارات في أي مرحلة من مراحل العمل.

٣-٥-٣ رفض المواد

في حالة عدم مطابقة بعض المواد للمواصفات القياسية أو مواصفات المشروع يجب عدم استخدامها، كما يجب التخلص منها من واقع التشوينات، ويمكن في بعض الأحيان عندما يتوافر أسباب كافية للشك في نتائج الاختبارات الموافقة على إعادة الاختبار على المواد المرفوضة. ويلزم في هذه الحالة الإعادة على عينتين منفصلتين مأخوذتين في نفس الوقت. ويشترط أن تنجح كل من العينتين على حده ويجب أن يتضمن التقرير النهائي للقبول كلاً من النتيجة الأولى التي أشارت إلى عدم النجاح ونتيجة الإعادة.

٣-٦ مراحل ضبط الجودة

يجب أن يحقق التفتيش الفني جميع متطلبات التصميم عند تنفيذ خطوط المواسير شاملة تربة التأسيس. وتبدأ مراحل ضبط الجودة عند اعتماد مصادر المواد ثم سحب وتجهيز ومناولة العينات وكذلك الاختبارات الدورية التي تجرى على المواد وعلى تربة التأسيس أثناء التنفيذ ثم تأتى بعد ذلك مرحلة استلام الخط بعد التركيب وقبل التسليم النهائي.

٣-٦-١ مرحلة ما قبل تركيب خطوط المواسير وملحقاتها

تشمل هذه المرحلة تجهيز معمل الاختبارات بالموقع وكذلك اعتماد مصادر المواد عن طريق إجراء اختبارات أولية وكذلك فحص شهادات المنتجات واعتماد مصادرها. كما تشمل هذه المرحلة أيضاً التأكد من عمل الميزانية الشبكية للموقع وكذلك تخطيط الموقع لتحديد أماكن التشوينات وعمل الجسات وأخذ عينات من التربة على أعماق مختلفة طبقاً لكود الأساسات واشتراطات المشروع ومواصفاته لتقييم درجة عدوانية التربة والمياه الأرضية وكذلك تحديد المانعة الكهربائية للتربة. كما يجب على المفتش الفني التأكد من توافر احتياطات الأمن الصناعي بالموقع.

٣-٦-٢ مرحلة التنفيذ وتركيب خطوط المواسير وملحقاتها

أثناء مرحلة تركيب الخط يتم سحب عينات من جميع المواد الداخلة للموقع طبقاً للمواصفات القياسية المصرية أو العالمية الخاصة بكل مادة بحيث تكون ممثلة تماماً للتشوينات التي تؤخذ منها العينة.

وتؤخذ العينة طبقاً لغرض استخدامها وحسب ما يراه المفتش الفني من أي من المصادر التالية:

- رسائل المواد عند وصولها للموقع.
- تشوينات المواد بالموقع.
- مخازن الموزعين.
- مصانع المنتج

ويجب أن يراعى عند مناولة العينات ما يلي:

- اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة التي تؤمن وصول العينة للمعمل دون حدوث أي تغيير فيها.
- تمييز العينات بوضوح وبشكل لا يدعو لإثارة أي شك مع توقيع المسئول عن ضبط الجودة الداخلي والمفتش الفني عليها.
- تسجيل العينات في السجل الخاص بذلك والذي يجب أن يتضمن مكان سحب العينة وعددها وحجمها وأسم المنتج وتاريخ سحب العينة والاختبارات التي تجرى عليها وأي بيانات أخرى يرى المفتش الفني إضافتها.

٣-٦-٢-١ دورية الاختبارات التي تجرى على المواد أثناء التنفيذ

أ - المواد الداخلة في صناعة المواسير

يلزم التأكد من مطابقة جميع المواد الداخلة في صناعة المواسير لحدود القبول بالمواصفات القياسية سواء المصرية أو العالمية الخاصة بها. لذا على المفتش الفني زيارة مواقع الإنتاج لسحب عينات عشوائية من تلك المواد. ويجب أن ينص في التعاقد على دورية هذه الزيارات وعدد العينات طبقاً لظروف المشروع أو أن تترك للمفتش الفني ليقوم بتلك الزيارات كلما تطلب الأمر.

ب - المواسير ومستلزماتها

يلزم التأكد من استيفاء المواسير ومستلزماتها لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع. وعلى المفتش الفنى إجراء الاختبارات الواردة بالتعاقد على كل شحنة واردة للموقع.

جـ - مواد الخرسانة

يتم إعتماد المواد الداخلة فى صناعة الخرسانة – اللازمة لتنفيذ خطوط المواسير وملحقاتها – من الأسمنت والركام وحديد التسليح والمياه والإضافات إن وجدت وذلك عن طريق إجراء اختبارات دورية طبقاً لما هو وارد بالجدول (٣-١).

جدول (٣-١) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة العادية والخرسانة المسحة

المادة	الاختبار	المواصفة القياسية للاختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)
الأسمنت	**الخصائص الفيزيائية والميكانيكية** - زمن الشك - النعومة - ثبات الحجم - مقاومة الضغط لمكعبات المونة	م.ق.م. ١٩٩٣/٢٤٢١ الأجزاء من (١) إلى (٥)	- عند بداية التوريد و كلما تغير المصدر وكل شهر من المخزون وكلما استدعى الأمر
	الخصائص الكيميائية - الفاقد بالحريق - المواد المتبقية غير قابلة للذوبان - ثالث أكسيد الكبريت - معامل تشبع الجير	م.ق.م. ١٩٩٤/ ٤٧٤	- عند عدم مطابقة الأسمنت للخواص الفيزيائية والميكانيكية
الركام	- مقاومة الركام للبرى أو التهشيم أو الصدم - النشاط القلوى والثبات الحجمى للركام - الفحص البصرى للركام - التدرج الحبيبى - معاملى العصوية والتفلطح - الطين والطفلة والمواد الناعمة - المواد العضوية بالنسبة للركام الصغير - محتوى الكبريتات على هيئة SO_3 - محتوى الكلوريدات على هيئة Cl^-	م.ق.م. ١٩٧١/١١٠٩	- عند اعتماد المصدر ، عند بداية التوريد وعند تغير المصدر - إذا استدعى الأمر - عند اعتماد المصدر وكل شحنة - عند اعتماد المصدر وكل شحنة - عند اعتماد المصدر وإذا تغير المصدر - كل ١٠٠ م^3 توريد - كل ١٠٠ م^3 توريد - عند اعتماد المصدر، عند بداية التوريد وكل ٥٠٠ م^3 ركام - عند اعتماد المصدر، عند بداية التوريد وكل ١٠٠ م^3 ركام
ماء الخلط	- الطين والطمى والمواد العالقة - الكلوريدات على هيئة Cl^- - الكبريتات على هيئة SO_3 - الأملاح الكلية الذائبة	تُستخدم مواصفة ماء الشرب لحين صدور مواصفة ماء الخرسانة	- عند البدء فى الاستخدام لأول مرة وعند تغيير المصدر
الإضافات	- متطلبات الأداء - متطلبات التجانس	م.ق.م. ١٩٩٠/١٨٩٩ م.ق.م. ١٩٩٠/١٨٩٩	- قبل التعاقد والتوريد - كل شحنة
صلب التسليح وصلب الشبك	- المقاسات - الشد - الثنى على البارد - اختبارات خاصة	م.ق.م. ١٩٩٩/٢٦٢ م.ق.م. ١٩٩٠/١٦١٨	- عينتان كل ٥٠ طن

د - الخرسانة

يجب على المفتش الفنى إجراء الاختبارات الواردة بالتعاقد على عينات الخرسانة الطازجة والمتصلدة بما فى ذلك إعداد العينات للاختبار طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أو للحدود الدنيا بالجدول (٣-٢) أو كلما تطلب الأمر. ويجب أن يتم سحب وإعداد العينات بإتباع جميع الخطوات والاحتياطيات الواردة فى المواصفات القياسية المصرية.

كما يجب على المفتش الفنى أيضاً أن يتابع معالجة الخرسانة بعد صبها بحيث تكون الخرسانة فى حالة رطبة تماماً لمدة لا تقل عن سبعة أيام بعد الصب بما يكفل الوصول للمقاومة المطلوبة للخرسانة طبقاً لمواصفات المشروع.

جدول (٣-٢) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المخلوطة بالموقع

المادة	الاختبار	المواصفة القياسية للإختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)	حدود القبول أو الرفض
الخرسانة الطازجة	الخلطة التأكيدية	تصميم الخلطة	قبل التنفيذ مباشرة	التحقق من صلاحية تصميم الخلطة
	عينة الاختبار	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الأول	عند اختلاف رتبة الخرسانة والعناصر الإنشائية بالموقع وعند أخذ عينات تحديد المقاومة	
	تعيين الهبوط	م.ق.م.١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الثاني	عند أخذ عينات المقاومة	الهبوط المطلوب ≤ ٥٠مم : الحدود ± ١٠ مم الهبوط المطلوب٥٠-١٠٠مم : الحدود ± ٢٠ الهبوط المطلوب ١٠٠مم : الحدود ± ٣٠ مم
	درجة الحرارة			لاتزيد على ٣٥ ° م
	صب عينات لمقاومة	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨ الجزء الرابع والخامس والسابع	٣كعبات لكل ١٠٠ م٣ أو أقل أو كل يوم صب	
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه فى مواصفة المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع
الخرسانة المتصلدة	مقاومة الضغط	م.ق.م. ١٩٨٨/١٦٥٨	- عند اختلاف رتبة الخرسانة - عند اختلاف العناصر الإنشائية (أساسات -حوائط- أعمدة - كمرات - بلاطات) - ٣كعبات لكل ١٠٠ م٣ أو أقل أو كل يوم صب	المتوسط يزيد على المقاومة المميزة المطلوبة ولا يزيد عدد المكعبات الأقل من المقاومة المطلوبة على ٥%
	اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه فى مواصفة المشروع	تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع

هـ- الطوب

يجب أن يكون جميع أنواع الطوب اللازم لتنفيذ خطوط المواسير وملحقاتها مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية. كما يجب ألا تقل دورية الاختبارات عن تلك المنصوص عليها بكل من مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية للطوب المستخدم أيهما أكبر.

٣-٦-٢-٢ الخرسانة

يتم الردم على طبقات بحيث لا يزيد سمك كل طبقة عن ٣٠ سم مع الرش بالماء والدمك جيداً حول المواسير بالمندالة الخشبية أو بالدمك الميكانيكى وذلك لجميع أنواع المواسير.

ويجب أن يتم إجراء اختبار بروكتور المعدل (Modified Proctor Test) على طبقات التأسيس للتأكد من تحملها للأحمال التصميمية.