الباب السابع

التصميم لانشاء المواسير وملحقاتها

obeikandl.com

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	منظومة مياه الشرب	٣٨٥
٢	الإجهادات من القوى الديناميكية عند الانحناءات	٣٨٨
٣	إنشاء المواسير	٣٩٥
٤	الأساسات للمواسير	٣٩٦
٥	حساب الأحمال على الماسورة	٤٠١

obeikandl.com

١- منظومة مياه الشرب :

هى أساسا شبكه من المواسير ومحلقاتها تعمل لتوصيل مياه الشرب بحالة جيدة الى جميع الأماكن بالمعدل المحدد للتدفق والضغط. يمكن المحافظة على الضغط بالضخ وإعادة الضخ وتنظيم الضغط بالمحابس والتخزين على أقصى إرتفاعات مناسبة فى المنظومة، وخلال التغذية الرئيسية والفرعات بالأقطار المناسبة وباستخدام التحكم عن بعد (Remote Control) يمكن توفير التدفق المطلوب طبقا لمطالب الاستهلاك بما فى ذلك الحالات الطارئة فى أى مكان من نقطة تحكم مركزيه.

وعناصر المنظومة تشمل مواسير النقل والتوزيع ونظام للمحابس للتمرير (By Passing) وللتحكم وطلمبات ضخ وخزانات مياه ومراقبة نوعيه المياه والتحكم الآلى.

التغير فى الشبكة يجب أن يكون متوقعاً. فعند دمج الشبكة فى وصلات جديدة أو إمتدادات فإن التحليل الهيدروليكى لأقصى تدفق سيكشف المناطق الضعيفه بما يفيد فى تطوير التصميم.

فى السنين الأخيرة أدخل نظام إستخدام الحاسب الآلى لعمل التحليل الهيدروليكى اليومى فى معظم المدن. فاستخدام معدات التحكم والسيطرة ونقل البيانات الى المسجل والكمبيوتر ساعد على سرعة ودقة التحكم لمعظم نظم التدفق المعقدة. وإن كانت الطرق الرياضيه والجداول مازالت تستخدم لكل من يهتم بتحليل منظومه صغيره أو جزء من منظومة كبيره باستخدام الحسابات التقليدية.

يمكن تقدير البيانات التصميميه من معدلات التدفق والاستهلاك مع الأخذ فى الاعتبار معدل النمو السكانى فى المجتمع المخدوم أو الامتداد العمرانى. تحديد أقصى تدفق الذى يمكن تحقيقه بأقطار المواسير الموجوده يتطلب معايير تصميميه أخرى ومعرفة كفاءة المحطة. تحليل المنظومة يمكن من تقدير أقصى نتائج يمكن توقعها.

إن تلف المنظومة يمكن أن يحدث بسبب المطرقه المائيه او الإضطراب الهيدروليكى وذلك بسبب القفل للمحابس أو التشغيل الغير منتظم للطلمبه.. الخ.

إن طرق الانشاء لا تقل فى أهميتها عن عمليات التشغيل لحماية المنظومة من هذه المشاكل الهيدروليكيه الطارئه. التسرب والوصلات المتقاطعة والمعالجة تؤثر على صلاحية المياه.

تنقسم أقطار واستخدام المواسير طبقا لظروف التصميم الى مواسير نقل ومواسير توزيع. وعموما فإن مواسير النقل تعمل عند ضغوط عالية وإن كان عليها عدد محدود من المواسير الفرعية أو أحيانا الوصلات المنزلية، عندئذ قد يتطلب الأمر استخدام محابس تخفيض الضغط لأخذ المياه من مواسير النقل. وتمثل مواسير النقل الشبكة الرئيسية لتحليل التدفق فى المنظومة وهى تستقبل التدفقات من مواسير نقل أخرى أو من الطلمبه.

مواسير التوزيع هى الشبكه الكبيره التى توفر المياه للمستهلك ومياه الحريق فى الأماكن السكنية والتجاريه والصناعيه. المبانى المرتفعة قد تتطلب ضغوط زائده أو إنشاء ضخ إضافى وتخزين فى المبنى لتوفير المياه بالكميه والضغط المطلوب فى المبنى.

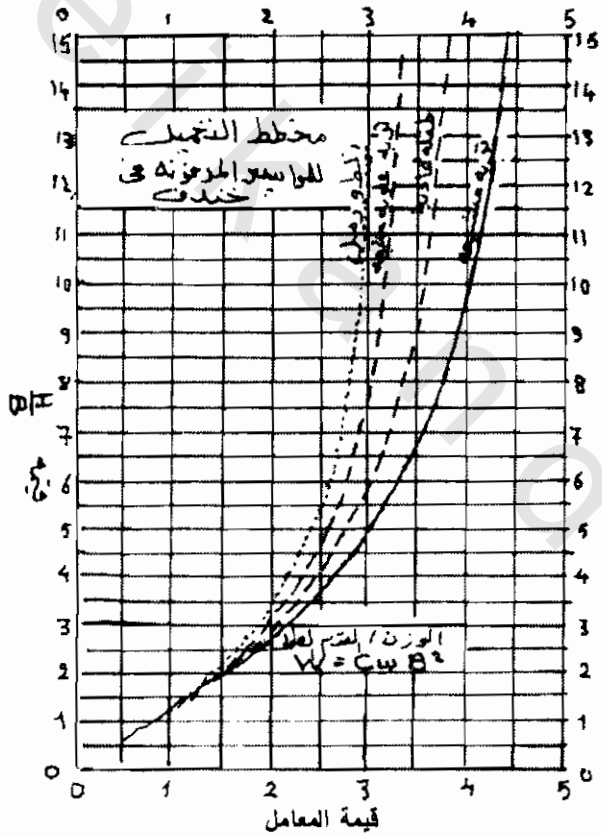
فى معظم الحالات فإن معدل التدفق لمياه الحريق يزيد عن إحتياجات المستهلك فى بعض المناطق السكنيه. تصميم المنظومة يبنى على توفير التدفق العالى المطلوب عند أى حنفيه حريق مع المحافظة على أدنى قطر للماسورة الرئيسية الذى يوفر التدفق.

تدفق ساعة الذروة (الاستهلاك العالى) + تدفق الحريق ليس غالبا ما يستخدم نظرا لأن إحتمال حدوث كليهما صغير جدا، ورغم ذلك يؤخذ به كمعامل أمان مناسب لمراعات زيادة الاستهلاك المستقبلى. يفضل ألا يقل قطر ماسورة تدفقات الحريق عن ٨ ″ فى المناطق السكنية، وماسورة شبكة التغذية عن ٦ ″. المنظومه المغلقة (Closed Loops) غير ذات النهايات الميته حيث تضاعف كميه المياه المتاحة لحنفيه الحريق. رغم العمل على توفير الكميه الكافيه من المياه عند حنفيه الحريق إلا أنه يلزم الضخ باستخدام مضخات الحريق.

المواسير وملحقاتها المكونه للشبكه تختلف طبقا للمنطقة المخدومه واحتياجاتها. المواسير تكون دائما تحت إجهاد مستمر من الأعمال الخارجية مثل ردم التربه، حركه المرور، الإنشاءات، بينما تحمل بداخلها مياه تحت الضغط، بالاضافة الى الضغوط الأخرى الداخلية مثل المطرقة المائية والضغط الناتج عن التشغيل الزائد للطلمبات، تشغيل المحابس والتوقفات وأسباب شابهه تضيف أعمال صدميه تزيد عن طاقة الشبكة خلال فترة إستخدام المواسير.

لهذا فإنه من المهم إختيار ماسورة قادرة على تحمل كل القوى الزائدة المتوقعة الداخلية والخارجيه.

كل المواد المستخدمه فى صناعة المواسير لها ميزات وعيوب عند قياس العمر الافتراضى والقطر والوزن وتكاليف الانشاء مقابل الاجهادات التى تقابلها الماسورة فى المكان المقترح. إن مخاطر كسر ماسورة نقل مياه رئيسيه فى منطقة مزدحمة بالمواصلات أو فى خط ناقل ورئيسى يشكل خطورة حقيقيه بما يتطلب الحرص فى إختيار الماسورة. إن السبب الرئيسى لكسر ماسورة التغذية هو سوء التصميم نتيجة عدم المعرفة الجيده للتربه. قد لا تكفى المواصفات لكل من المواسير المرنه والغير مرنه للخندقه، والتأسيس والردم. لمنع كسر وتلف الماسورة فإنه عند إنشاء الماسورة يلزم معرفة خصائص وإجهادات الرطوبة للتربه (Moisture Stresses) وكذلك ضمان التأسيس الجيد والدفن الجيد والتداول السليم أثناء الانشاء. الكشف على المواسير فى موقع الانشاء لمراجعة أى تلفيات فى عملية الصناعة والحماية هى الضمان ضد أى تلف أو كسر للماسورة فى المستقبل.



شكل (١٨٧) مخطط الحمل للمواسير المدفونه فى خنادق

٢- الإجهادات من القوي الديناميكية عند الانحنا.ات:

الأسباب المعروفة للكسور الرئيسيه بعد الانشاء هى إجهادات الضغوط المضطربه الداخلية المائية والإجهادات الخارجية لحركة التربة وهبوط الخندق وأثر الأعمال المروريه والحماية الغير كافية الداخلية أو الخارجية لمقاومة التآكل يمكن أن تؤدى الى التلف كما تفعل درجة الحرارة.

وهذه الأعمال العادية والإجهادات ستكون موجوده بصرف النظر عن نوع الماسورة. ولمقاومة الأعمال والإجهادات فإن الماسورة يجب أن تختبر بالنسبة للآتى:

أ- أحمال الردم

مع زيادة العمق وذلك بالنسبة لمواسير الضغط أو الانحدار أو الفارغة.

وذلك المواسير الغير مرنه مثل الزهر الرمادى والزهر المرن والأسبتوس المواسير المرنه تشمل المواسير البلاستك والصلب ذات الجدار الرفيع لمقاومة الأحمال والإجهادات فإن الماسورة يجب أن تختبر بالنسبة للآتى:

معادلة الردم للمواسير الغير مرنة (Rigid) هى:

$$W = CwB^2$$

حيث W = الحمل العمودى للقدم الطولى

w= الوزن للقدم المكعب من الردم

B = عرض الخندق عند أعلا الماسورة.

C = معامل له علاقة بالارتفاع والعرض للردم وعرض الماسورة وقوى القص على مخروط الردم بين عرض الماسورة وجدار الخندق للمواسير المرنه

$$W = CwBD$$

حيث D = قطر الماسورة بالقدم

قيم C يمكن الحصول عليها من الشكل (١٨٧)

(٢) ضغط الانفجار: (Bursting Presure)

يطبق ضغط الانفجار على جزء من الماسورة (حلقه) ذات إرتفاع معين. وتقدر قوة المقاومة للماسورة (العينة). القوة فى الشد P لتقاوم بواسطة الماسورة يمكن معرفتها بالمعادلة.

$$P = whr$$

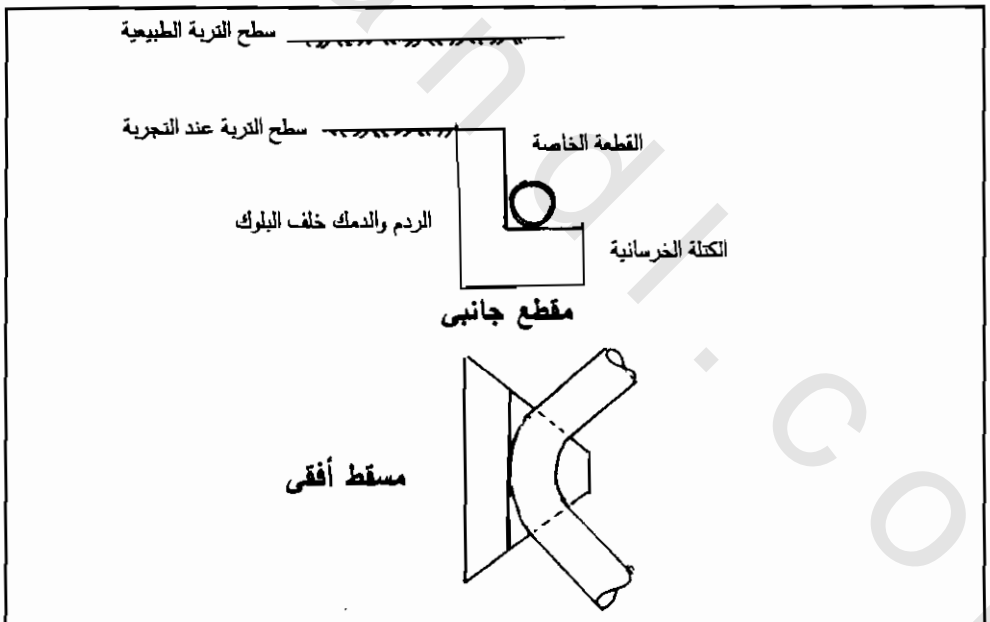
حيث : W = وحدة الوزن للماء (٦٢,٤٣ رطل/ قدم٣)

h = الإرتفاع بالقدم

r = نصف قطر الماسورة بالقدم

القوة P بالرطل تقاس على مساحة وحدة العرض للمقطع مضروبا فى تخانة الماسورة أو بالرطل على البوصة المربعة.

الضغوط الطارئة مثل الاضطراب أو المطرقة يجب أن تضاف الى قوة الشد P. كل نوع من المواسير له معامل أمان محدد يوضح كيفية مقاومة الضغوط الطارئة.



شكل (١٨٨-أ) الكتلة الحرسانية الساندة للقطع المخصوصة

٢ – الإجهادات من القوى الديناميكيه عند الانحناءات والتى تختلف طبقا لقطر الماسوره، درجة الانحناء، سرعة الماء

قوي الدفع: (Thrust Forces)

قوى الدفع هى القوى التى تنشأ فى القطع المخصوصة من كيعان ومشتركات ومساليب ومحابس وغيرها نتيجة تغير إتجاه تدفق السائل وسرعته ونتيجة الضغط الداخلى فى الماسورة وتتكون هذه القوى من جزئين.

القوة الأولى هى قوة كميه الحركه (Momentum Force) وهى نتيجة تغير إتجاه سريان السائل وسرعته حيث أن القوة تتناسب فى أى إتجاه مع تغير كميه الحركة فى نفس الاتجاه.

$$Fm = (W/g)\, Q\Delta V$$

حيث Fm = القوة الناشئة من تغير حركة المياه (كيلوجرام)

g = عجلة الجاذبيه (م/ث)

W = وزن وحدة الحجم من السائل (كج/م٣)

ΔV = الانخفاض فى السرعة فى نفس إتجاه القوة (م/ث)

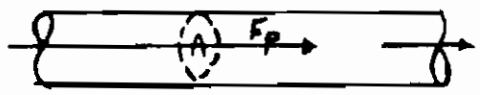
Q = تصرف السائل (م/٣ ث)

وهذه القوة يمكن إهمالها نظرا لصغر قيمتها بالمقارنة بقوى الدفع الناتجة من الضغط الداخلى ولهذا لن تؤخذ فى الاعتبار.

القوة الثانية: وهى قوة الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى.

(Internal Hydrostatic Pressure Force)

وهى القوة فى كل فرع من أفرع القطع المخصوصة الناشئة من الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى للسائل فى إتجاه محور الماسورة.



$$F_p = P_A$$

حيث أن:

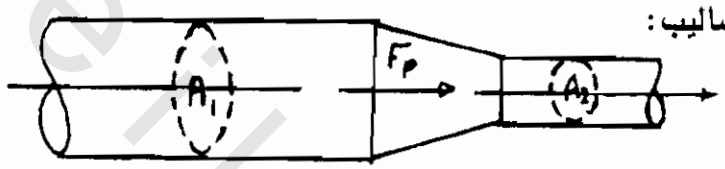
Fp = قوة الضغط الداخلى للسائل (كيلو جرام) .

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كيلو جرام/ متر مربع)

A = مساحة مقطع الماسورة (متر مربع)

وفيما يلى بيان أنواع القوى:

أ - القوى فى المساليب:



$$F_p = P (A_1 - A_2)$$

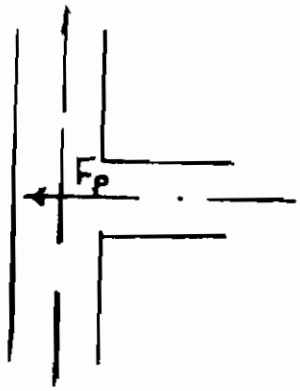
حيث أن

F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل (كيلو جرام)

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كج. م٢)

A_1 = مساحة المقطع المائى الكبير (م٢)

A_2 = مساحة المقطع المائى الصغير (م٢)



ب - القوة فى المشتركات:

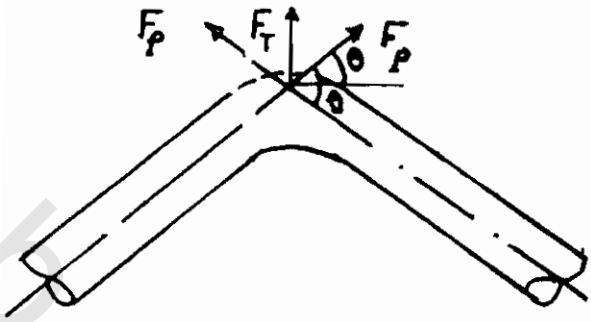
$$F_p = P_A$$

حيث أن

F_p = قوة الضغط الداخلى للسائل (كج)

P = الضغط الهيدروستاتيكى داخل الماسورة (كجم / م٢)

A = مساحة المقطع المائى للفرعة



جـ - القوة فى الكيعان

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

$$F_t = 2\,F_p \sin \theta /2$$

$$F_t = 2PA \sin \theta /2$$

حيث أن:

Ft = قوة الدفع الناتجة من قوة الضغط الداخلى للسائل (كجم)

P = الضغط الهيدروستاتيكى الداخلى (كجم/م٢)

A = مساحة المقطع المائى (م٢)

θ = درجة إنحناء الكوع (درجة)

يتم مقاومة قوة الدفع عن طريق نقلها الى التربة المحيطة إما عن طريق بلوك (كتله) من الخرسانة أو عن طريق الاحتكاك بين التربه وجسم الماسورة والتى يتم ربطها مع القطع المتأثرة بالقوى.

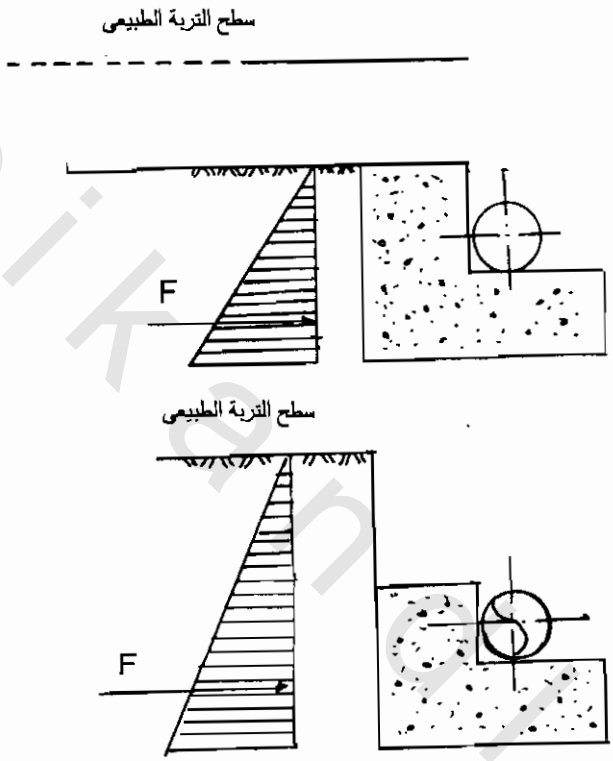
دراسة وتصميم بلوكات مقاومة قوي الدفع:

- حساب قوى الدفع الناتجة من أقصى ضغط للسائل (ضغط الاختبار فى الموقع)
- تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى
- دراسة خواص التربه المحيطة
- دراسة إتزان قوى الدفع من الماسورة

يراعى عند تصميم البلوك الخرسانى للقطع المخصوصة حيث لا يوجد ضغط للتربة نتيجة للحفر حولها فإنه يوضع فى الاعتبار ضرورة الردم على طبقات والدمك خلف البلوك الخرسانى بهدف الحصول على قوى رد فعل التربة، كما يجب حساب هذه القوى حتى أعلى

obeikandl.com

منسوب للبلوك الخرسانى وليس عند سطح التربه الطبيعى. وفى حالة التربة المتماسكه حيث لم يتم حفر خلف البلوك الخرسانى فيكون حساب ضغط التربه حتى سطح التربه الطبيعى. كما يراعى بعد تشغيل الخط عدم القيام بأى أعمال حفر خلف البلوك الخرسانى أو أى خلخلة للتربة.



شكل (١٨٨- ب)

وفيما يلى ملخص للطريقة التى تتبع فى عمل الدراسات السابقة فى حالة كوع بدرجة إنحناء (θ) وقطر (D) وضغط الاختبار (P) وتربه محيطه ذات كثافة (ث) وزاوية إحتكاك داخلى (θ) وكثافة للخرسانة (ث ر) . وبافتراض شكل البلوك الخرسانى كما هو موضح فى الشكل التالى يمكن حساب الآتى:

حساب قوى الدفع

$$F_t = 2\,PA \sin \theta / 2$$

$$= 2\,P\,(\pi D^2/4)\,\text{Sin}\,\theta/2$$

حيث أن:

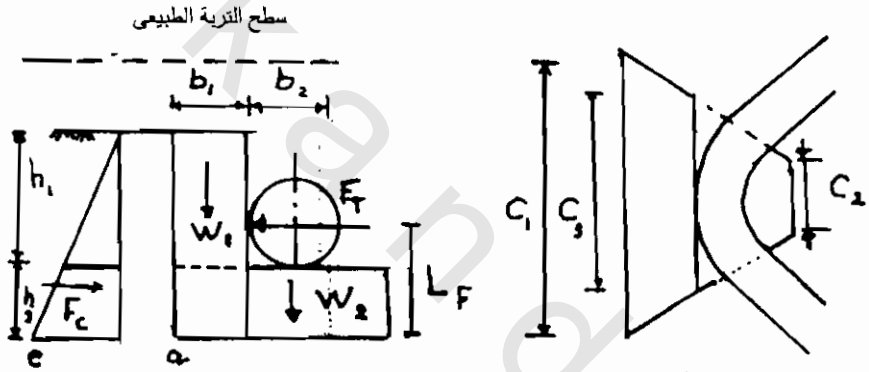
F_t = قوى الدفع للخارج (كجم)

P = ضغط الاختبار الهيدروستاتيكى الداخلى (كجم/ م٢)

D = قطر الماسورة الداخلى (متر)

θ= درجة إنحناء الكوع (درجة)

تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى:



شكل (١٨٨ - جـ)

$$W_1 = (h_1\,b_1)\,(C_1 + C_3)/2)$$ ث ر

$$W_2 = (h_2\,(b_1 + b_2)\,(C_1 + C_2)/2)$$ ث ر

حيث أن:

W_1 و W_2 وزن البلوك الخرسانى بالكيلوجرام

$(h_1, h_2, C_1, C_2, b_1, b_2)$ أبعاد البلوك الخرسانى بالمتر ولضمان عدم زيادة الإجهادات عن الإجهاد المسموح به فى الخرسانة يتم تسليح البلوك الخرسانى بكمر من الحديد أو أسباخ الحديد وخاصة فى حالة التربة الضعيفة الغير متماسكة.

القطع المخصوصه هى الجزء المعرض من الخطوط الرئيسية حيث تعمل القوى الطوليه على تفككها وخاصة عند الانحناءات. السبب العادى لتفكك الانحناءات فى حالة التصميم الجيد للخط والتصميم الجيد للكتلة الخرسانية الساندة (Kick Block) هو تحرك التربة عند الإنحناءات وذلك فى حالة تنفيذ حفر قريبا من الانحناء بعد تشغيل الخط وكذلك عدم تجانس التربه أسفل الماسورة.

يمكن التغلب على هذه المشكلة بربط وصلات الماسورة على أحد جانبى الإنحناء. يتم ذلك بربط أسياخ صلب طوليه بجسم الماسورة عند كل وصلة باستخدام قفيزات (Clamping). أسياخ الصلب والقفيزات تمتد من الإنحناء الى حيث الوزن الكلى للماسورة الرئيسية بالإضافة إلى إحتكاك جسم الماسورة بتربة الردم المدكوكه يساوى القوى الداخلية عند الإنحناء. وبالمثل يمكن إستخدام أسياخ صلب طوليه أقل فى الطول ممتده الى عقد خرسانى حول الماسورة وممتد الى عدة أقدام فى الأرض أسفل الماسورة. تفصل الماسورة عن العقد الخرسانى بواسة شريط تمدد سميك.

٣- إنشاء المواسير: (Laying of Pipes)

تنشأ المواسير عموماً أسفل سطح الأرض، ولكن أحيانا عند مرورها فى منطقة مفتوحة قد تقام فوق سطح الأرض. توضع المواسير طبقا للآتى:

(أ) أولا وقبل كل شىء يتم إعداد خريطة تفصيليه للطرق والشوارع والحارات... الخ. يوقع على هذه الخريطة خط المواسير المقترح، الأقطار والأطوال يتم توقيعها، وكذلك أوضاع خطوط المواسير الموجودة، وخطوط الصرف الصحى والغاز والكهرباء، بالإضافة الى ما سبق أوضاع المحابس والقطع الأخرى.. الخ سيتم كذلك عملهم لتجنب الصعوبات عند التركيب فى هذه الوصلات.

(ب) بعد التخطيط العام يتم تعليم مسار خط المواسير على الأرض من المخطط التفصيلى. يعلم المسار بأوتاد على مسافات ٣٠ متر على خط مستقيم. عند المنحنيات تثبت الأوتاد بفواصل ٧– ١٥ متر.

(جـ) بعد تعليم مسار خط الأنابيب يبدأ الحفر للخنادق لتكون بعرض من ٣٠ الى ٤٥ سم زيادة عن القطر الخارجى للماسورة. وعند كل وصلة يكون عمق الحفر أزيد بـ ١٥ – ٢٠ سم لمسافة طوليه متر واحد لسهولة توصيل المواسير. يتم تنفيذ الحفر بطريقة تكون فيها الماسورة فقط محملة وتظل وصلة الماسورة معلقة. يوضع خط المواسير لأكثر من ٩٠ سم أسفل سطح الأرض للمحافظة على المواسير من التلف نتيجة الصدمات للتحركات المروريه على الطرق أو على الأرض. فى حالة الحفر فى الأرض الرخوه، يتم تقويه الأجناب وحمايتها باستخدام الحوائط الساندة لتجنب إنهيار التربة أو باستخدام المواد المحلية المتاحة.

(د) بعد تمام حفر الخنادق يتم وضع المواسير فيها. عموماً وعمليا تكون المواسير مرصوصة على الجانب المعاكس للخندق. يتم إنزال المواسير الثقيلة بواسطة سقالات وحبال والمواسير الخفيفة يدويا. يبدأ وضع المواسير من المستوى المنخفض يدويا ثم يستمر فى إتجاه المستوى المرتفع على أن تكون النهاية النتايه (Socket End) فى إتجاه الجانب الأعلى. يتم توصيل المواسير مع إستمرار وضع المواسير.

(هـ) بعد وضع المواسير فى مكانها وتوصيلها يتم إختبار المواسير بالنسبة لتسرب المياه والضغط.

(و) بعد تمام إختبار خط المواسير يبدأ الردم لخط المواسير بناتج الحفر مع الدمك الجيد ثم التخلص من الحفر الزائد وتنظيف الموقع.

٤- مواصفات الأساسات وتوصيل المواسير:

أ- انزال المواسير:

فى حالة عدم وجود تداول ميكانيكى فإن المواسير بأوزان حتى ٦٠ كم يمكن انزالها بواسطة فردين. انزال المواسير الأثقل يتم باستخدام الحبال والانزال على سقالات موضوعة على ميول لا تزيد عن ٤٥°م. يتم الانزال لماسورة واحدة فى كل مرة. لا يتم بأى حال إلقاء الماسورة على الأرض من المركبه أو سحب أو دحرجة الماسوره.

(ب) التشـــوين:

يتم تداول المواسير والقطع بحرص شديد لتجنب التلف. يتم الرص على أحد أجناب الخندق، مع وضع النهايات الرأس لأعلى عند صعود المواسير لمرتفع وفوق التيار عند مسار الخط فى أرض مستوية. كل رصة تحتوى على المواسير من نفس الدرجة والقطر.

(جـ) التقطيـــع:

يتم تعليق الماسورة على حاملين متوازيين مع الحذر فى عدم تعليق الجزء المراد قطعه وذلك بأن يكون خط القطع بين الحاملين وذلك لتجنب كسر الماسورة بسبب الثقل قبل إتمام القطع.

(د) الخنـــادق:

يتم حفر الخنادق بما يمكن من وضع المواسير على الاستقامه المطلوبه وعند العمق المطلوب. يتم تثبيت قاع الخندق باستخدام التربه المنقوله اذا لزم الأمر والمياه قبل وضع المواسير. فى حالة وجود هبوط يتم ملؤه بالتربه وتثبيته على طبقات كل سمك ٢٠ سم.

عندما يكون قاع الخندق صخرى أو شديد الصلابه أو تربه حجريه مفككه، يتم حفر الحفر بعمق زائد ١٥ سم، ثم يتم ازالة الأحجار والصخور والأجسام الصلبه من قاع الخندق. ثم العمل على إعادة الخندق الى العمق المطلوب يوضع طبقة من الرمل أو تربه نظيفه مع دقها جيدا لتوفير أساس جيد للمواسير. فى حالة الحاجة إلى أعمال تفجير يتم تغطيه المواسير قبل التفجير لتجنب إرتطامها بالأحجار الساقطة عند التفجير.

بعد إتمام الحفر للخندق يتم عمل حفر فى المكان المطلوب لوضع رءوس المواسير وهذه الحفر تكون بالعمق الكافى لتأكيد ملامسة الماسورة على كل طولها على الأرض الصلبه مع ترك الفراغات الكافية لتوصيل الأجزاء السفليه من الوصلة. ثم يتم ملىء هذه الحفر بالرمال بعد توصيل المواسير.

يلزم المحافظة على خلو الخندق تماما من المياه. وبعد كسح المياه يبدأ الحفر أسفل خط المياه.

(و) وضع المواسير:

يتم إنزال المواسير الى الخندق بواسطة الحبال وأحد نهايات كل حبل ويربط فى وتد مثبت فى الأرض والطرف الآخر فى يد العامل حيث عند التحرر ببطىء من إمساك الحبل يتم انزال الماسورة. ولا يسمح بأى حال دحرجه الماسورة أو قذفها فى الخندق.

بعد إنزال المواسير يتم تنظيمها ليكون ذيل الماسورة فى مركز رأس الماسورة التالية ثم دفعها الى المسافة الكلية. يتم وضع المواسير على المناسيب المطلوبه وكذلك الوصلات والقطع والتصاقها بقاع الخندق بكامل الطول ولا يتم تحميل المواسير على الوصلات أو على تربه غير ثابته.

(هـ) كتل الدفع (Thrust Blocks):

تنشأ كتل الدفع لنقل محصلة الدفع الهيدروليكى من الوصلة أو الماسورة الى مقطع من التربه متسع لتحمل الأحمال. تنشأ كتل الدفع عند التغير فى الاتجاه أو القطر لخط المواسير أو التغير فى الضغط أو عند النهايات الميته للخط، وكذلك يمكن إنشاؤها عند المحابس.

(و) الردم والدمك:

يتم الردم والدمك الجيد لمنع تحرك الماسورة بفعل التربه أو المياه. التربه أسفل وحول الماسورة يلزم دمكها جيدا باستخدام المياه. وذلك مع عدم إستخدام مواد الردم الأوليه من الأحجار الكبيره أو الأجسام الغريبة. يتم الردم بسمك ١٠سم أولا وتثبيته ثم الاستمرار فى الردم حتى سمك ٣٠ سم. يلزم الحذر عند الردم على الميول لتجنب تحرك التربة وفقد التحميل للماسورة. فى هذه الاماكن يتم الردم بزيادة لا تقل عن ١٠ سم فوق سطح الأرض.

(ز) الاختبار الهيدروستاتيكي: Hydrostatic Test

بعد تركيب المواسير وتوصيلها وردمها يتم إختبار الخط كالآتى:

• يتم إختبار أطوال من الخط مع تقدم الانشاء. يتراوح طول خط الإختبار حوالى ٥٠٠ متر. بعد تركيب نهايات الاختبار فى فتحات المواسير يتم ملىء الخط المختبر بالمياه ببطىء مع الأخذ فى الاعتبار طرد كل الهواء من النقط المرتفعة خلال محابس الهواء. يتم ضغط الخط بضخ المياه حتى الوصول الى ضغط الاختبار المطلوب. ضغط الإختبار يكون عادة أكبر من ضغط التشغيل بنسبة ٥٠٪ لخطوط الضغط المنخفض وما بين ٢٠- ٣٠٪ لخطوط الضغط المرتفع.

فى حالة المواسير الأسبستوس والمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد، فإن الضغط يستمر لمدة ٢- ٤ يوم ليمكن لجدار الماسورة إمتصاص المياه قبل إجراء الاختبار. وفى حالة مواسير الصلب أو الزهر المبطن بالمونه الاسمنتيه فإنه يمكن الإختبار بعد ٦- ١٢ ساعة من الضخ. كما يتم الاختبار مباشرة للمواسير المبطنه بمواد غير ماصه للمياه مثل البيتومين والايبوكسى ومواد البلاستك.

طبقا لطول خط المواسير وقطر الماسورة فإن إختبار الضغط الهيدروستاتيكى لفترة تزيد عن ٤ الى ٢٤ ساعة. يستمر ضغط الإختبار بالضخ مع قياس كميه المياه التى تم ضخها والتى تعتبر قياس للتسرب الظاهرى. ويستمر إختبار التسرب لمدة تصل الى حوالى ساعتين. ثم بعد ذلك يمكن قياس التسرب بالمعادلة التالية.

$$Q = ND\sqrt{\frac{P}{3.3}}$$

حيث Q = التسرب سم٣ فى الساعة

N = عدد الوصلات فى طول خط المواسير

D = قطر الماسورة بالملميتر

P = متوسط ضغط الإختبار أثناء إختبار التسرب كج/ سم٢ .

مواسير الصلب الملحومه لا يحدث بها تسرب وكذلك تركيب الوصلات بطريقة جيده بوقف التسرب، ولكن يوجد تجاوز مقبول طبقا لعوامل أخرى مسببه للتسرب الظاهرى مثل التغير فى درجات الحرارة، التحرك عند الانحناءات وعند النهايات الميته والامتصاص التدريجى لكميات صغيره من الهواء المحتجز وعدم إستقامة المواسير.

وأثناء تشغيل الخط فإن الإجهادات الكبيره من الضغوط الهيدروليكيه المفاجئه يمكن أن تفكك الوصلات ويبدأ التسرب والذى يمكن أن يصل الفاقد الى حوالى ٤٠ ٪ فى بعض الشبكات أثناء الضغوط الزائدة وأقصى إستهلاك وذلك مع عدم كشفه لعدة سنوات.

الأساسات للمواسير Bedding

يتطلب التصميم الانشائى للماسورة أن تكون قوة تحمل الماسورة (حمل التهشيم) مقسوما على معامل أمان مناسب يساوى أو يزيد عن الأحمال الواقعة عليها ممثله بوزن التربة وأى أحمال حيه وهو ما يسمى بالحمل الآمن.

وسوف يتم تناول طريقة حساب الأحمال على المواسير الصلبه والمرنة الناتجة من التربه والأحمال الحية والميته الخارجيه لجميع حالات التنفيذ للمواسير فى خندق أو على سطح التربة الطبيعية أو بطريقة الأنفاق. وعند دراسة العلاقة بين الأحمال على جسم الماسورة والحمل الآمن من إختبار التهشيم (Three Edge Bearing Test) يمكن تعيين قيمة معامل التحميل (Load Factor) الذى يتوقف عليه نوع التأسيس وذلك بالنسبة للمواسير الصلبه (Rigid Pipes) أما بالنسبة للمواسير المرنة فيتم تحديد نوع الأساس طبقا لنسبة الانبعاج للماسورة والتى يجب ألا يزيد عن ٥ ٪ من القطر.

تعريف المصطلحات الهامة:

– الأحمال الخارجية: هى وزن التربه فوق الماسورة بالاضافة الى الأحمال الحيه الواقعة عليها.

– حمل التهشيم (Crushing Strength):

ويتم بالإختبار المعملى على عينه من الماسورة ووحداته كجم/ متر طولى لكل نوع من المواسير.

- معامل الأمان: (Factor Ofsafety) جدول رقم (٥٦).

وهو رقم أكبر من واحد صحيح والغرض منه إستنتاج الحمل الآمن للماسورة.

- الحمل الآمن (SofeLoad)

هو حمل التهشيم مقسوما على معامل أمان أو طبقا للمواصفات القياسية

$$\text{لنوع الماسورة} = \frac{\text{حمل التهشيم}}{\text{معامل آمان}}$$

$$\text{- معامل التحميل (Load Factor)} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعه}}{\text{الحمل الآمن}}$$

$$\text{- الحمل الآمن المطلوب للماسورة} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعه}}{\text{معامل التحميل}}$$

٥ - حسابات الأحمال الواقعة علي الماسورة:

* يعتمد حساب الأحمال الواقعة على جسم الماسورة على نوعيتها من حيث الصلابة والمرونة

أ - المواسير الصلبه (Rigid Pipes) وهذا النوع من المواسير يمتاز بمقاومه عاليه لأحمال التهشيم وتشمل:

- مواسير الزهر
- مواسير الصلب سميك الجدار
- مواسير الفخار

obeikandi.com

ب - المواسير المرنه (Flexible Pipes)

وهذه المواسير لها قابليه للإنبعاج تحت تأثير الأحمال الخارجيه. تتحمل الماسورة هذه الأحمال عن طريق مقاومتها بالإضافة الى رد فعل التربة الجانبى الناتج عن تحرك جوانب الماسورة نحو التربه وتشمل:

مواسير البولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى GRP

المواسير البلاستك

مواسير الصلب رقيقة الجدار

ويتم إختيار شكل الأساس بفرض إنبعاج الماسورة لا يزيد عن ٥٪ من القطر الاسمى

جـ - حالات تنفيذ الماسورة في الطبيعة

أ - **الخنـدق**: يجب أن يكون الخندق ضيق حول الماسورة نسبيا فى التربة الطبيعية الغير مقلقه ويتم الردم عليها حتى سطح الأرض ويكون الخندق فى أحد القطاعات شكل (١٨٩ - أ) أما فى حالة الماسورة الموضوعة على سطح التربة أو جسر أو خندق عريض كما فى الحالات شكل (ب). أو التنفيذ بطريقة الأنفاق شكل (جـ).

د - حساب الأحمال الخارجية علي الماسورة:

- الأحمال الناتجة من وزن التربة.

(١) حالة الخندق: تتوقف طريقة الحساب حسب نوع الماسورة

(أ) حالة الماسورة الصلبة $W = CwB_2$

(ب) حالة الماسورة المرنة $W = Cw\ BB_C$

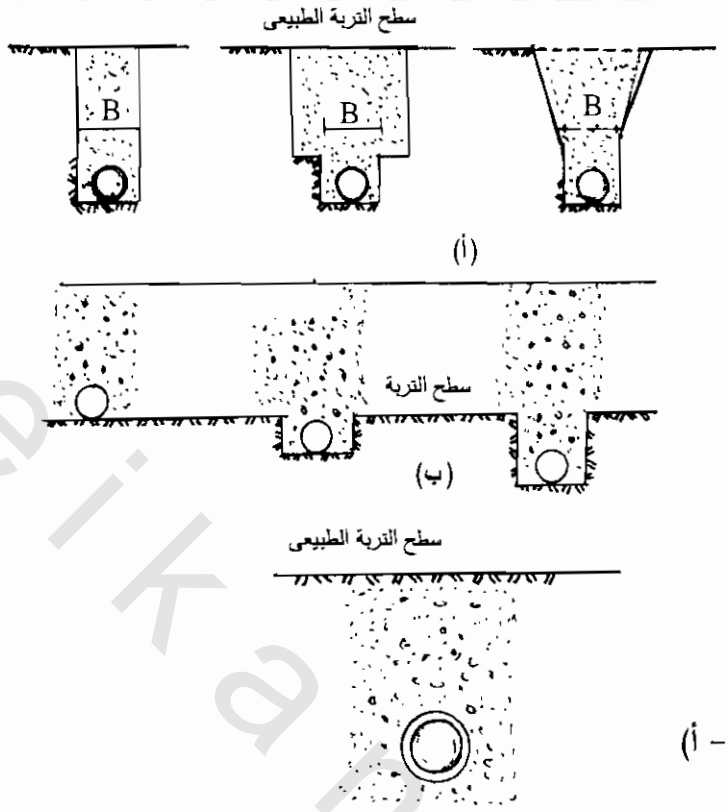
حيث: W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى)

w = وزن وحدة الحجوم من الردم (كجم/ م٣)

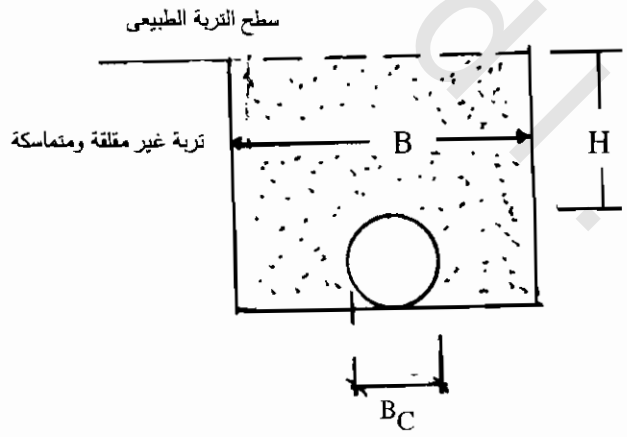
B = عرض الخندق عند السطح العلوى للماسورة (متر)

B_c = القطر الخارجى للماسورة (متر)

C = معامل الوزن

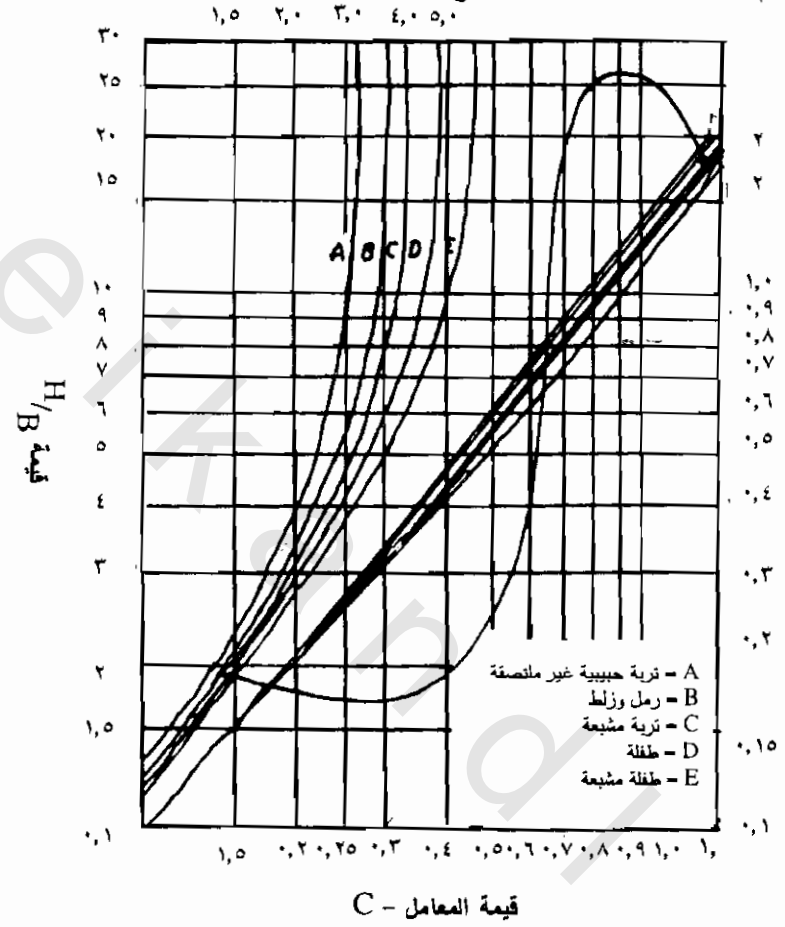


شكل (١٨٩ - أ)



شكل (١٨٩ - ب)

يمكن حساب قيمة العامل C مباشرة من الشكل البيانى رقم (١٩٠) حيث H = عـمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربة



شكل (١٩٠) مخطط التحميل للمواسير المدفونه بالكيلو جرام

(٢) حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو جسر أو خندق عريق:

(أ) فى حـالة الراسم العلوى أعـلا من منسوب سطح الأرض الطبيـعية تطبق المعـادلة التالية فى حالتى المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_C \, wB_C$$

حيث:

W: الحمل على الماسورة (كجم/ م.ط)

w : وزن وحدة الحجم من التربة (كجم/ م٣)

Bc: القطر الخارجى للماسورة (بالمتر)

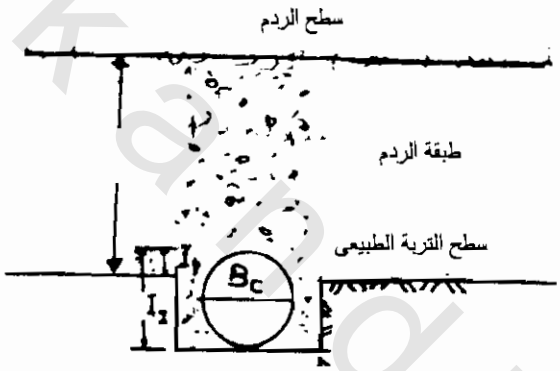
Cc : معامل الوزن (ليس له وحدات)

H : عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (بالمتر)

من الشكل (هـ) يحدد قيمه Cc ومنها قيمة "W"

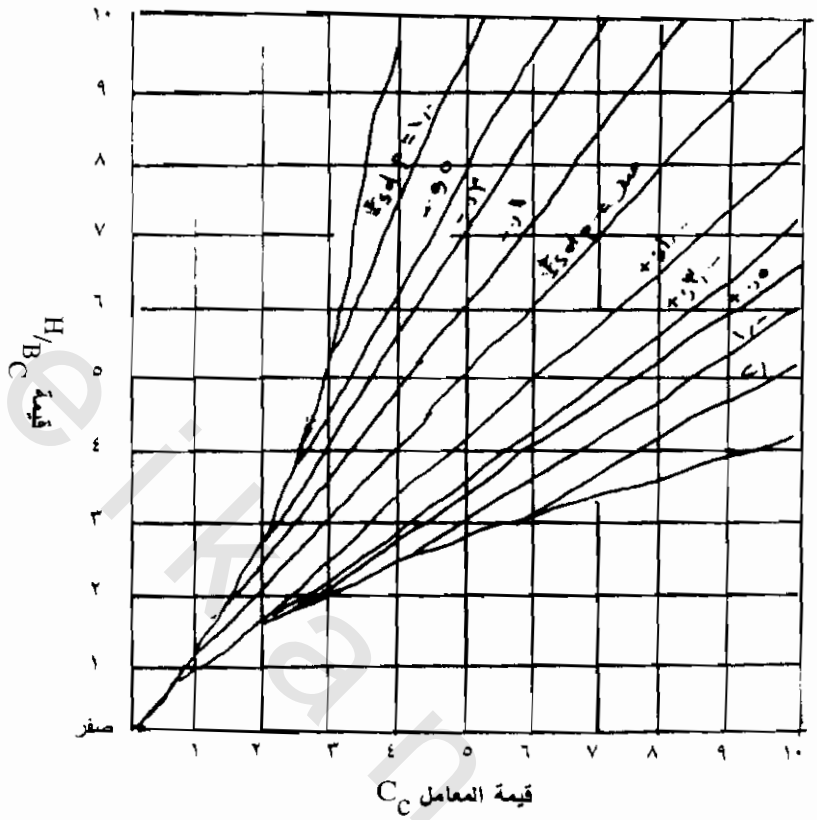
r_{sd} نسبة الهبوط جدول (١)

$P = I_1 / I_2$ الاسقاط



شكل (١٨٩- جـ)

obeikandl.com



شكل (١٩١) الشكل البيانى لقيمة C_C

Rsd : نسبة الهبوط من الجدول (٥٢)

نوع الماسورة	حالة التربة	نسبة الهبوط Rsd
صلبه	صلبه أو أساس لا ينضغط	١,٠٠
صلبه	أساس عادى	٠,٥ – ٠,٨
صلبه	أساس منضغط	صفر – ٠,٥
صلبه	إنشاءات سالبة الانضغاط	٠,٣ – ٠,٥
مرنة	أساس ضعيف الدمك من الأجناب	٠,٤ – صفر
مرنة	أساس جيد الدمك من الأجناب	صفر

ب – حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب يساوى أو أقل من منسوب الأرض الطبيعية Negative Progecting Conduits سالبة الانضغاط.

فى هذه الحالة تطبق المعادلة الآتية لكل من المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_n \, wB^2$$

حيث W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى)

w = وزن وحدة الحجم من التربه كجم/ متر مربع)

B = عرض الخندق

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

P = (١/B) نسبة الاسقاط (ليس له وحدات)

C_n = معامل الوزن (ليس له وحدات)

rsd = نسبة الهبوط وتؤخذ فى هذه الحالة (٠,٣)

ومن الشكل (١٩٢) تحدد قيمة C_n ومنها قيمة W

قبل البدء فى حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من وزن التربة يجب التأكد من كون الخندق ضيق فتحسب الأعمال حسب الحالة (أ)

أو الخندق عريض فتحسب الأعمال حسب الحالة (ب) حالة الردم

وللتأكد من ذلك تتبع الخطوات الآتية

تحديد قيم H، B_c، B، rsd

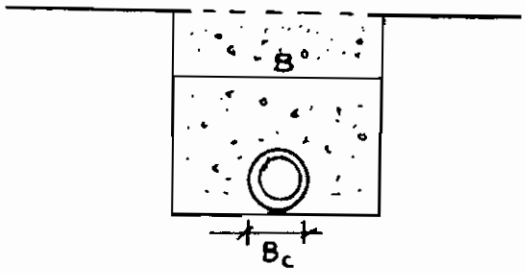
تحسب قيم P، H/B_c

من الشكل رقم (١٩٣) تستنتج قيمة B_d/B_c

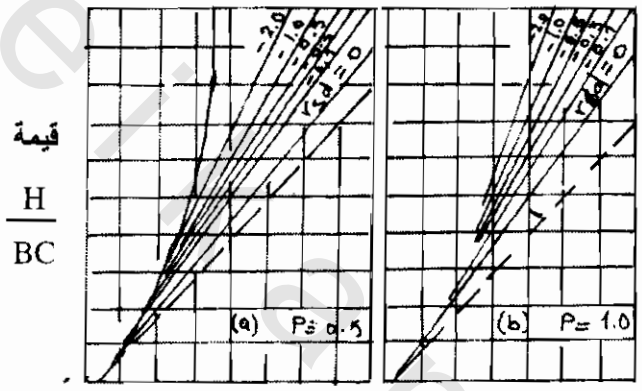
بمعرفة B_c يتم حساب B_d

هناك حالتين $B<B_d$ فيكون الخندق ضيق وتتبع الحالة (أ)

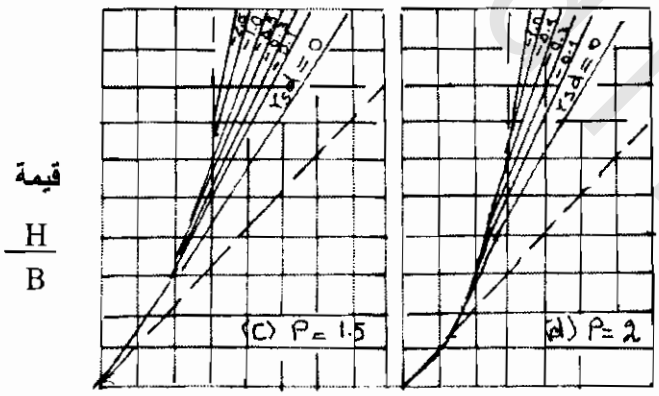
$B>B_d$ فيكون الخندق عريض وتتبع الحالة (ب)



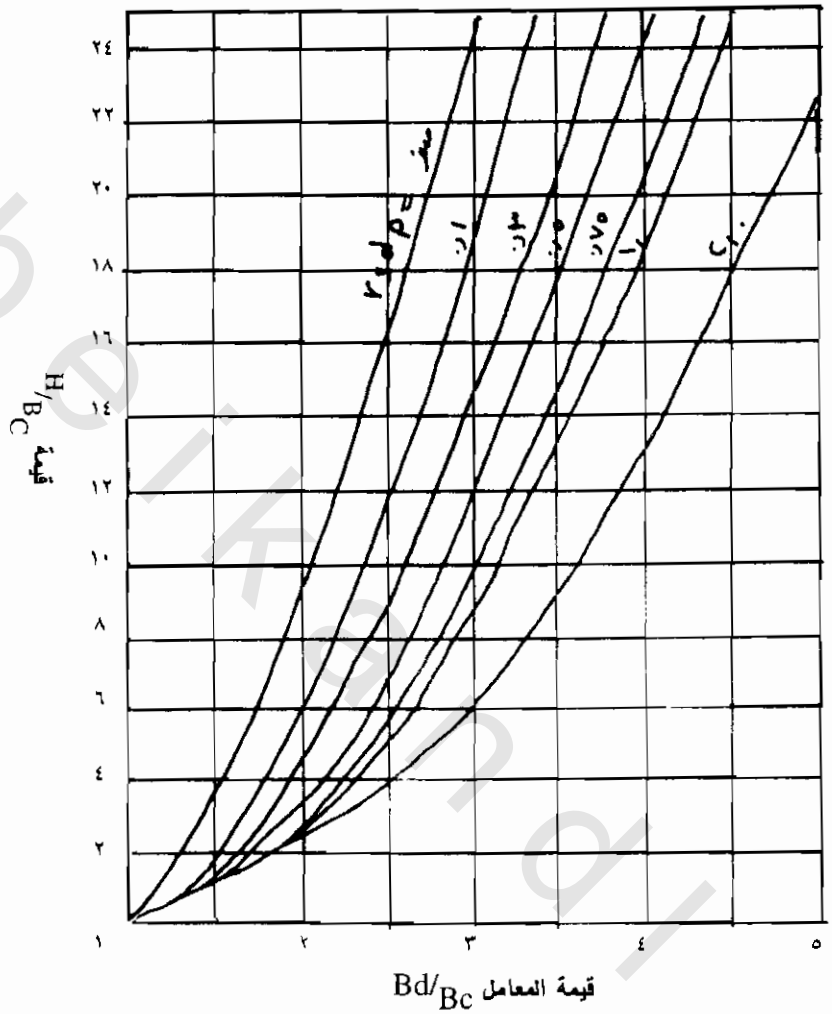
شكل (١٨٩- د)



المعامل Cn للحالة (أ)



شكل (١٩٢)
الشكل البيانى
لحساب المعامل
(C_n)
للحالة (ب)



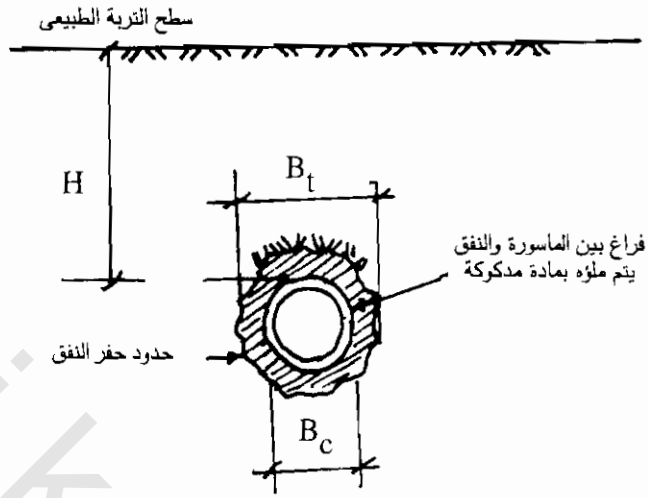
شكل (١٩٣) الشكل البيانى لحساب قيم $\frac{Bd}{BC}$

جـ – 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.

وتطبق المعادلة التالية (مارستون) فى حالتى المواسير الصلبه والمرنة.

$$W = C_l \, B_t \, (wb_t - 2C)$$



حيث:

W = الحمل على الماسورة (كجم / م– ط)

w = وزن وحدة الحجم من التربة (كجم/ م٣)

B_t = القطر الداخلى للنفق فى حالة الأنفاق (متر)

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

C = معامل التماسك للتربة (كجم/ م٢)

C_t= معامل الوزن (ليس له وحدات)

H = عمق الماسوره من السطح العلوى للماسورة (متر)

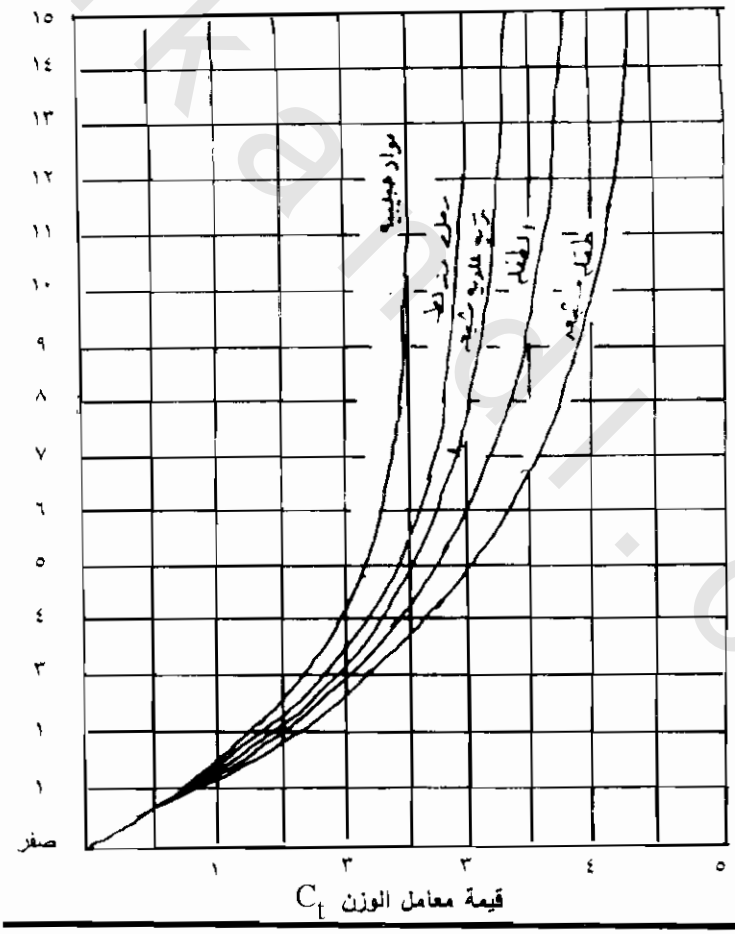
ويتم تعيين قيمة (C_t) من الشكل (١٩٤)

يوصى بالقيم (C) لمعامل التماسك طبقا لنوع التربة من الجدول (٥٣)

obeikandi.com

جدول (٥٣) معامل التماسك (C) لأنواع التربة

مادة التربه	قيم C كجم / سم٢
طفلة طريه جدا	٠,٠٢
طفلة متوسطه	٠,١٢
طفلة صلبه	٠,٤٩
رمل مفكك جاف	صفر
رمل به طفله	٠,٠٥
رمل كثيف	٠,١٥
سطح التربه مشبع	٠,٠٥



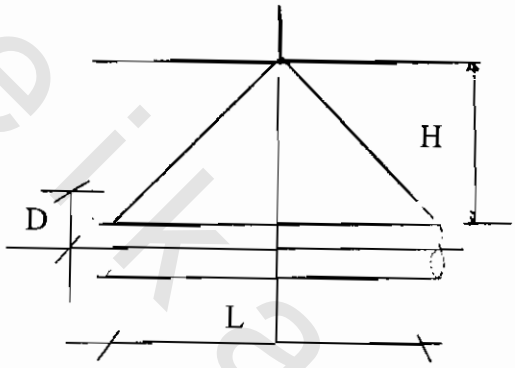
شكل (١٩٤)
قيمة معامل الوزن C_t

٥ - حساب الأحمال علي الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية:

أ - الحمل المركز (Concentrated Load)

مثل عجلات السيارات وما فى حكمها

تطبق معادلة بوسنيسك $W = C_S (PF) / L$



حيث:

W: الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى).

P: الحمل المركز (كجم).

F : معامل الصدم (ليس له وحدات).

Cs: معامل الوزن (ليس له وحدات).

H: عمق الماسورة من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح التربه الطبيعية بالمتر

L: الطول الفعال للماسورة بالمتر.

تؤخذ قيمة (L) = ٠,٩ متر للمواسير ذات طول أكبر من ٠,٩ متر.

وتوجد قيمة (L) = الطولى الفعلى للماسورة وذلك للمواسير ذات طول أقل من ٠,٩ متر.

تحدد قيمة Cs من الجدول (٥٥).

القيم المقترحة لمعامل الصدم تؤخذ من الجدول (٥٥) وذلك طبقا لحالة المرور فى المنطقة.

جدول (٥٤) معامل الصدم (F)

المعامل (F)	نوع حركة المرور
١- طرق سريعة	١,٥
٢- سكه حديد	١,٧٥
٣- مطارات	
أ- ممر	١٠,
ب- مهبط	١,٥

الأحمال الموزعة Distributed Loads

وتطبق المعادلة الآتية

$W C_S PFD$

حيث

W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر)

P = الحمل الموزع (كجم/ م٢)

F = معامل الصدم

D = القطر الخارجى للماسورة

C_S = معامل الوزن

A، B = أبعاد المساحة التى يؤثر عليها الحمل الموزع (بالمتر) تحدد قيمة Cs حيث من الجدول (٥٥).

هناك حالة من المواسير تحت خطوط السكة الحديد فيتم إعتبارها أحمال موزعة حيث يتم توزيع وزن القاطرة على مساحة تساوى طول القاطرة فى طول الفلنكات بالاضافة الى (٣٠٠ كجم/ متر طولى) وهى وزن السكة.

بعد التعرف على طرق حساب الأحمال الناتجة من وزن التربه فوق الماسورة والأحمال الخارجية ومنها المركزه والموزعة يمكن التعرف على كيفية إختيار نوع التأسيس لأنواع المواسير الصلبه والمرنة.

obeikandi.com

جدول رقم (٥٥) قيمة C_S

D/H	L/2H												
	٠,١	٠,٢	٠,٣	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٧	٠,٨	٠,٩	١	١,٢	١,٥	٢	٥
٠,١	٠,٠١٩	٠,٠٣٧	٠,٠٥٣	٠,٠٦٧	٠,٠٧٩	٠,٠٨	٠,٠٩٧	٠,١٠٣	٠,١٠٨	٠,١١٢	٠,١١٧	٠,١٢١	٠,١٢٤	٠,١٢٨
٠,٢	٠,٠٣٧	٠,٠٧٢	٠,١٣	٠,١٣١	٠,١٥٥	٠,١٧٤	٠,١٨	٠,٢٠٢	٠,٢١١	٠,٢١٩	٠,٢٢٩	٠,٢٣٨	٠,٢٤٤	٠,٢٤٨
٠,٣	٠,٠٥٣	٠,١٠٣	٠,٤٩	٠,١٩٠	٠,٢٢٤	٠,٢٥٢	٠,٢٧٤	٠,٢٩٢	٠,٣٠٦	٠,٣١٨	٠,٣٣٣	٠,٣٤٥	٠,٣٥٥	٠,٣٦
٠,٤	٠,٦٧	٠,١٣١	٠,١٩	٠,٢٤١	٠,٢٨٤	٠,٣٢	٠,٣٤٩	,٣٧٣	٠,٣٩١	٠,٤٠٥	٠,٤٢٥	٠,٤٤	٠,٤٥٥	٠,٤٦
٠,٥	٠,٠٧٩	٠,١٥٥	٠,٢٢٤	٠,٢٤٨	٠,٣٣٦	٠,٣٧٩	٠,٤١٤	٠,٤٤١	٠,٤٦٣	٠,٨٤١	٠,٥٠٥	٠,٥٢٥	٠,٥٤	٠,٥٤٨
٠,٦	٠,٠٨	٠,١٧٤	٠,٢٥٢	٠,٣٢	٠,٣٧٩	٠,٤٢٨	٠,٤٦٧	٠,٤٤٩	٠,٥٢٤	٠,٥٤٤	٠,٥٧٢	٠,٥٩٦	٠,٦١٣	٠,٦٢٤
٠,٧	٠,٩٧	٠,١٨٩	٠,٢٧٤	٠,٣٤٩	٠,٤١٤	٠,٤٦٧	٠,٥١١	٠,٥٤٦	,٠٥٨٤	٠,٥٩٧	٠,٦٢٨	٠,٦٥	٠,٦٧٤	٠,٦٨٨
٠,٨	٠,١٠٣	٠,٢٠٢	٠,٢٩٢	٠,٣٧٣	٠,٤٤١	٠,٤٩٩	٠,٥٤٦	٠,٥٨٤	٠,٦١٥	٠,٦٣٩	٠,٦٧٤	٠,٧٠٣	٠,٧٢٥	٠,٧٤
٠,٩	٠,١٠٨	٠,٢١١	٠,٣٠٦	٠,٣٩١	٠,٤٦٣	٠,٥٢٤	٠,٥٧٤	٠,٦١٥	٠,٦٤٧	٠,٦٧٣	٠,٧١١	٠,٧٤٢	٠,٧٦٦	٠,٧٨٤
١	٠,١١٢	٠,٢١٩	٠,٣١٨	٠,٤٠٥	٠,٤٨١	٠,٥٤٤	٠,٥٩٧	٠,٦٣٩	٠,٦٧٣	٠,٧٠١	٠,٧٤	٠,٧٧٤	٠,٨	٠,٨١٦
١,٢	٠,١١٧	٠,٢٢٩	٠,٣٣٣	٠,٤٢٥	٠,٥٠٥	٠,٥٧٢	٠,٦٢٨	٠,٦٧٤	٠,٧١١	٠,٧٤	٠,٧٨٣	٠,٨٢	٠,٨٤٩	٠,٨٦٨
١,٥	٠,١٢١	٠,٢٣٨	٠,٣٤٥	٠,٤٤	٠,٥٢٥	٠,٥٩٦	٠,٦٥	٠,٧٠٣	٠,٧٤٢	٠,٧٧٤	٠,٨٢	٠,٨٦١	٠,٨٩٤	٠,٩١٦
٢,٠٠	٠,١٢٤	٠,٢٤٤	٠,٣٥٥	٠,٤٥٤	٠,٥٤	٠,٦١٣	٠,٦٧٤	٠,٧٢٥	٠,٧٦٦	٠,٨	٠,٨٤٩	٠,٨٩٤	٠,٩٣	٠,٩٥٦

obeikandl.com

التأسيس للمواسير الصلبه (Rigid Pipes Bedding)

وقد تم تقسيم أنواع المواسير الى أربعة درجات تتوقف على قيمة معامل التحميل حجدول (٥٦)

١ – فى حالة الخندق: شكل (١٩٥)

الدرجة (أ) وهى عبارة عن وسادة خرسانية أو عقد خرسانى:

الدرجة (ب) وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام ناعم جيد التدرج.

الدرجة (جـ) وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة مباشرة.

الدرجة (د) وفيه توضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرة.

والدرجة (أ): باستخدام وسادة خرسانية: (Concrete Cradle) فى حالة معامل الحمل ٢,٢ تستخدم وسادة خرسانية عادة ودمك خفيف فى حالة معامل الحمل ٢,٨ تستخدم وسادة خرسانية عادية ودمك جيد للردم فى حالة معامل الحمل ٣,٤ تستخدم وسادة خرسانية مسلحة بنسبة تسليح ٠,٤ ٪ من مساحة الخرسانة.

الدرجة (أ): باستخدام عقد خرسانى (Concret Arch)

فى حالة معامل الحمل ٢,٨ يستخدم عقد من الخرسانة العادية.

فى حالة معامل الحمل ٣,٤ يستخدم عقد من الخرسانة المسلحة مع نسبة تسليح

فى حالة معامل الحمل ٠,٤ ٪ من مساحة الخرسانة.

فى حالة معامل الحمل ٤,٨ يستخدم عقد من الخرسانة مع تسليح بنسبة ٠,١ ٪ من مساحة الخرسانة.

• الدرجة (ب): وتطبق فى حالة معامل الحمل ١,٩ وتنقسم الى نوعين.

النوع الأول: حيث يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام جيد التدرج.

obeikandi.com

النوع الثانى: وفيه يتم التأسيس على طبقة من ركام متدرج مدموك جيدا أو ردم مدموك جيدا.

• الدرجة (جـ): وتطبق فى حالة معامل الحمل ١,٥ وتنقسم الى نوعين

النوع الأول: وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة.

النوع الثانى: وفيه يتم التأسيس على طبقة من الركام المتدرج تدريج جيد ويدمك جيدا وكذلك ردم خفيف للدمك

• الدرجة (د) وتطبق هذه الدرجة فى حالة معامل الحمل ١,١ ويتم فيه وضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرةالتأسيس فى حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربه الطبيعية أو خندق عريض وذلك للمواسير الصلبه (Embankment).

الحالـــة الأولـــي:

السطح العلوى للماسورة أعلى من مستوى سطح التربه (Positive Progecting Conduits) يعتمد معامل الحمل فى هذه الحالة على درجة التأسيس للماسورة وضغط التربه الجانبى على الماسورة ومساحة الماسورة التى يؤثر عليها ضغط التربة.

الرسومات الموضحة فى الشكل (١٩٦) توضح درجات التأسيس المختلفة أ، ب، جـ، د.

الحالـــة الثانيـــة:

السطح العلوى للماسورة أقل من أو يتساوى مع سطح التربه. فى هذه الحالة يتم حساب معامل الحمل كما فى حالة الخندق وذلك لدرجات التأسيس المختلفة.

الأساس للمواسير المرنة:

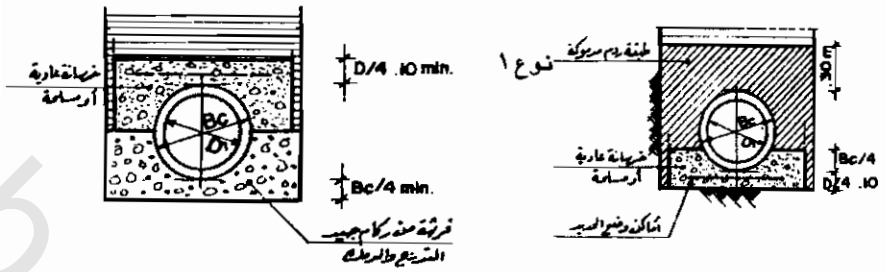
مقاومة المواسير المرنه للأحمال الخارجية تكون نتيجة مقاومة جسم الماسورة بالإضافة الى مقاومة ضغط التربه السلبى الناتجة عن إنبعاج جسم الماسورة وحركة جوانبها فى إتجاه التربة. ويكون إنهيار الماسورة ناتج من الانبعاج وحدوث إنهيار فى الجدار.

جدول (٥٦) معامل الحمل

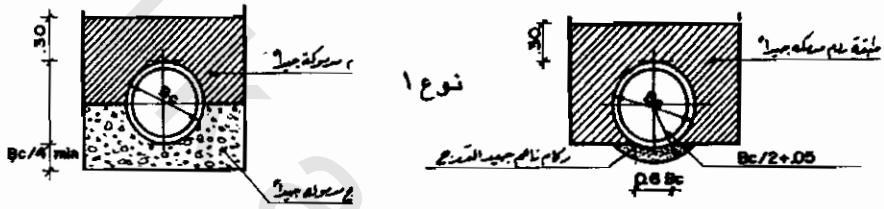
Load Factors for Circular Pipe
Positive Projecting Embankment Installations

H/Bc	Type 3 Bedding					Type 4 Bedding				Type 5 Bedding				
						$p = 0.9$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0
0.5	3.01	2.82	2.82	2.82	2.82					11.26	8.87	8.87	8.87	8.87
1.0	2.55	2.35	2.35	2.35	2.35					6.61	5.37	5.37	5.37	5.37
1.5	2.42	2.26	2.16	2.16	2.16	Maximum				5.81	4.83	4.47	4.47	4.47
2.0	2.37	2.20	2.14	2.10	2.10	Recommended				5.48	4.49	4.35	4.19	4.19
3.0	2.31	2.17	2.10	2.07	2.02	Projection Ratio of 0.7				5.18	4.50	4.21	4.06	3.88
5.0	2.27	2.14	2.08	2.04	2.00					4.97	4.37	4.11	3.97	3.81
10.0	2.24	2.12	2.06	2.03	1.99					4.82	4.28	4.04	3.90	3.76
15.0	2.23	2.10	2.05	2.02	1.98					4.77	4.25	4.01	3.88	3.74
						$p = 0.7$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	1.0
0.5	2.35	2.27	2.27	2.27	2.27	3.00	2.88	2.88	2.87	7.52	6.54	6.54	6.54	6.54
1.0	2.18	2.08	2.08	2.08	2.08	2.73	2.58	2.58	2.58	5.61	4.79	4.79	4.79	4.79
1.5	2.13	2.03	1.99	1.99	1.99	2.65	2.50	2.44	2.44	5.17	4.46	4.19	4.19	4.19
2.0	2.10	2.01	1.97	1.95	1.95	2.61	2.48	2.42	2.39	4.98	4.35	4.11	3.99	3.98
3.0	2.08	2.00	1.96	1.94	1.91	2.58	2.45	2.40	2.36	4.80	4.25	4.02	3.90	3.75
5.0	2.06	1.98	1.95	1.93	1.90	2.55	2.43	2.38	2.35	4.66	4.18	3.95	3.84	3.70
10.0	2.05	1.98	1.94	1.92	1.89	2.53	2.42	2.36	2.33	4.57	4.12	3.91	3.79	3.66
15.0	2.04	1.97	1.94	1.91	1.89	2.52	2.41	2.36	2.33	4.53	4.09	3.89	3.77	3.65
						$p = 0.5$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5		$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3	0.5	
0.5	1.94	1.92	1.92	1.92		2.37	2.33	2.33	2.33	4.84	4.54	4.55	4.55	
1.0	1.90	1.86	1.86	1.86		2.31	2.25	2.25	2.25	4.33	3.97	3.97	3.97	
1.5	1.88	1.85	1.83	1.83		2.28	2.23	2.20	2.20	4.18	3.83	3.68	3.68	
2.0	1.88	1.84	1.83	1.82		2.27	2.22	2.20	2.19	4.11	3.79	3.65	3.58	
3.0	1.87	1.84	1.82	1.81		2.26	2.22	2.19	2.18	4.04	3.75	3.62	3.54	
5.0	1.86	1.83	1.82	1.81		2.26	2.21	2.19	2.17	3.99	3.72	3.58	3.51	
10.0	1.86	1.83	1.81	1.80		2.25	2.20	2.18	2.17	3.95	3.69	3.56	3.49	
15.0	1.86	1.83	1.81	1.80		2.25	2.20	2.18	2.17	3.94	3.68	3.56	3.48	
						$p = 0.3$								
	$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3			$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3		$r_{sd}\,p=0$	0.1	0.3		
0.5	1.76	1.76	1.76			2.11	2.10	2.10		3.49	3.41	3.41		
1.0	1.76	1.75	1.75			2.10	2.08	2.08		3.40	3.28	3.28		
1.5	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.37	3.25	3.20		
2.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.35	3.24	3.20		
3.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.34	3.23	3.18		
5.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.33	3.22	3.17		
10.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.32	3.22	3.17		
15.0	1.75	1.74	1.74			2.09	2.08	2.07		3.32	3.22	3.17		
Zero Projecting														
			1.70					2.02				2.83		

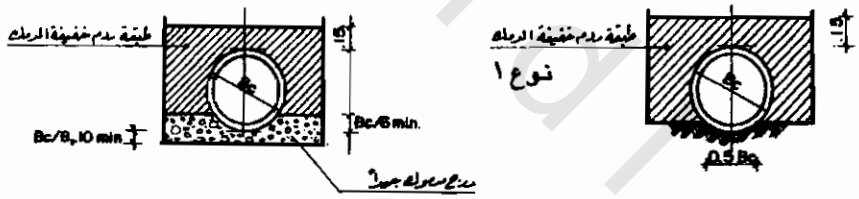
الحاله (أ)



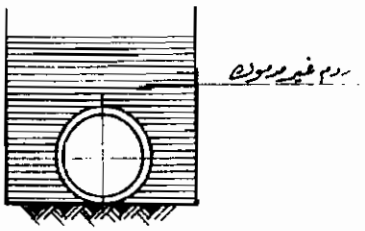
الحاله (ب)



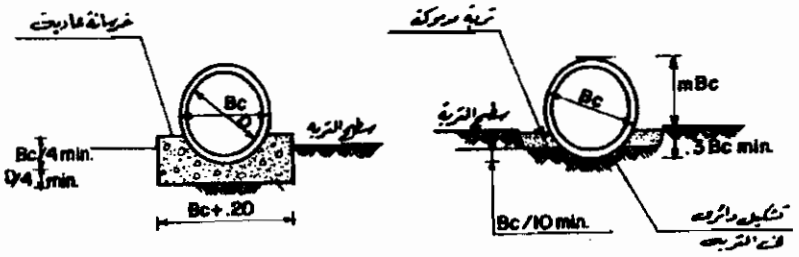
الحاله (جـ)



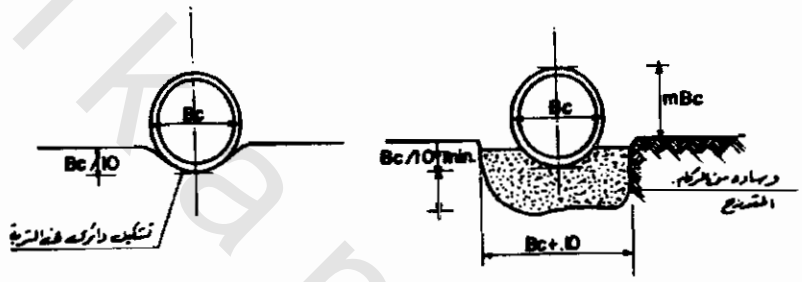
الحاله (د)



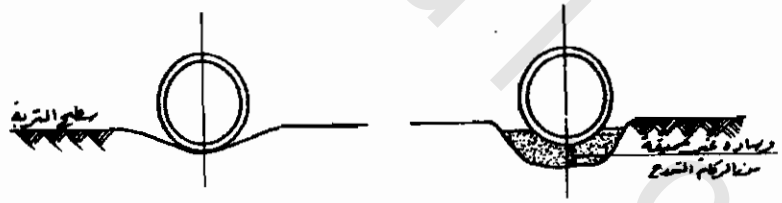
شكل (١٩٥) التأسيس فى حالة الخندق



درجة ـ أ ـ　　درجة ـ ب ـ



درجة (حـ) تربة عادية　　درجة ـ حـ ـ (تربة صخرية)



درجة (ز) تربة صخرية　　درجة (ط) تربة عادية

شكل (١٩٦) التأسيس فى حالة الردم على الماسورة

ولذا فعند تصميم المواسير المرنة يؤخذ فى الاعتبار مصادر إنبعاج الماسورة تحت تأثير الأحمال الخارجيه. ويؤخذ فى الاعتبار مقدار الإنبعاج ويساوى ٥ ٪ من القطر الإسمى للماسورة.

والمعادلة الآتيه تعطى طريقه حساب الانبعاج تحت تأثير وزن التربة.

$$\Delta X = D_e \frac{KW_{r2}}{EI + 0.061Er^3}$$

ΔX = الانبعاج الرأسى والأفقى لمقع الماسورة (متر)

D_e = معامل الانبعاج ويمثل مقدار الانبعاج المستمر فى الماسورة عند تحميلها لفترة زمنية معينه وتؤخذ قيمته (١,٢٥ – ١,٥).

K = ثابت التأسيس (K) ويتوقف على الدرجة المحصورة للجزء المدفون وقيمته فى الجدول

زاويه التأسيس بالدرجات	قيمه المعامل K
صفر	٠,١١
٣٠	٠,١٠٨
٤٥	٠,١٠٥
٦٠	٠,١٠٢
٩٠	٠,٠٩
١٢٠	٠,٠٩
١٨٠	٠,٠٨٣

W = الوزن الرأسى على الماسورة (كجم/ متر)

r = نصف قطر الماسورة المتوسط (متر)

EI = معامل الجساءة (Stiffness Factor) ويعين من العلاقة $EI = 0.14gr^2$ (PS)

Ps هى جساءة الماسورة (Pipestiffness) كجم/ سم٢ وتحدد من الاختبار المعملى للوحين المتوازيين. وهى الحمل عند حدوث إنبعاج يساوى ٥ ٪ من القطر لكل ١ سم من طول قطعة الاختبار وفى حالة المواسير البولى إيستر $Ps = 0.63Kg/cm^2$

É = معامل رد فعل التربة. وتم إستنتاج قيمة E فى حالة تربة رمليه طينيه مدكوكه وتربه من كسر الأحجار مدموكه لأقصى درجة حيث تراوحت قيمه E ما بين ٣٥– ٩٥ كجم/ سم٢

تتغير قيمة معامل رد فعل التربة تبعا لدرجة دمك الردم حول الماسورة كما فى الجدول التالى.

(E) قيمة معامل رد فعل التربة (كجم/ سم٢)	درجة الدمك (Proctor Test)
٣٠	٨٠٪
٥٠	٨٥٪
٧٠	٩٠٪
١٠٠	٩٥٪
٢١	٦٥٪ حالة الدمك اليدوى
٤٩	٩٠٪ حالة الدمك الميكانيكى

بفرض قيمة الانبعاج Δ x = ٥٪ من قطر الماسورة

وبالتعويض بالقيم السابقة فى معادلة الانبعاج يعين قيمه معامل رد فعل التربه من قيمة (É) معامل رد فعل التربة يتم إختيار درجة الدمك لمادة الردم حول الماسورة (كما فى الجدول السابق).