

الباب السابع

التصميم لإنشاء المواسير وملحقاتها

الفهرس

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

١- منظومة مياه الشرب :

هى أساسا شبكه من المواسير ومحطاتها 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 وطمبات ضخ وخزانات مياه ومراقبة نوعيه المياه والتحكم الآلى.

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

فى السنين الأخيرة أدخل نظام إستخدام الحاسب الآلى لعمل التحليل الهيدروليكي اليومي 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 التقليديه.

يمكن تقدير البيانات التصميميه من معدلات التدفق والاستهلاك مع الأخذ فى الاعتبار معدل النمو السكانى فى المجتمع المخدم 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 أو الإضطراب الهيدروليكي وذلك بسبب القفل للمحابس أو التشغيل الغير منتظم للطمبه .. الخ.

إن طرق الانشاء لا تقل في أهميتها عن عمليات التشغيل لحماية المنظومة من هذه المشاكل الهيدروليكية الطارئة. 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 في المنظومة وهي تستقبل التدفقات من مواسير نقل أخرى أو من الطلمبه.

مواسير التوزيع هي الشبكة الكبيره التي توفر المياه للمستهلك ومياه الحريق في الأماكن السكنية والتجارية والصناعية. المباني المرتفعة قد تتطلب ضغوط زائده أو إنشاء ضخ إضافي وتخزين في المبني لتوفير المياه بالكميه والضغط المطلوب في المبني.

في معظم الحالات فإن معدل التدفق لمياه الحريق يزيد عن إحتياجات المستهلك في بعض المناطق السكنية. تصميم المنظومة يبني على توفير التدفق العالي المطلوب عند أي حنفية حريق مع المحافظة على أدنى قطر للماسورة الرئيسية الذي يوفر التدفق.

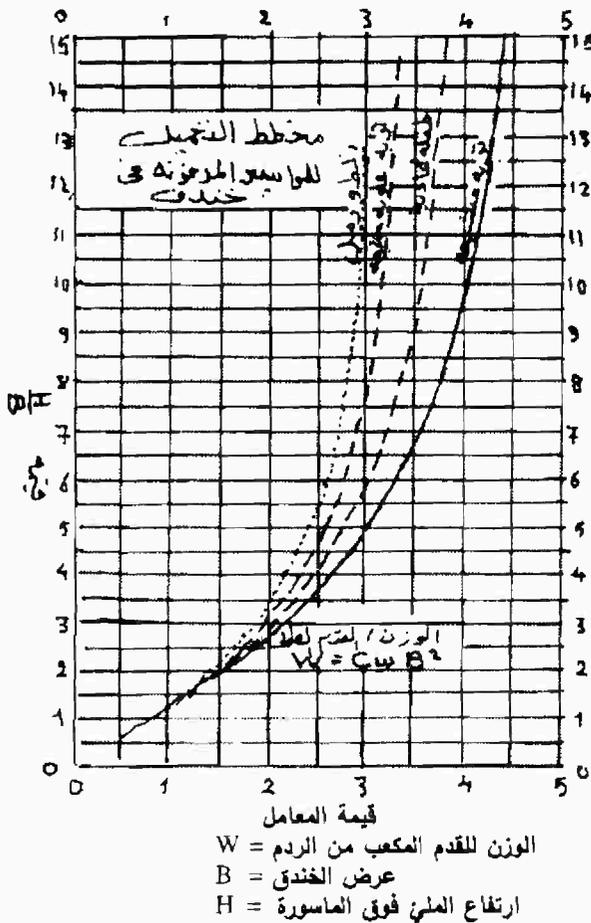
تدفع ساعة الذروة (الاستهلاك العالي) + تدفق الحريق ليس غالبا ما يستخدم نظرا لأن إحتمال حدوث كليهما صغير جدا، ورغم ذلك يؤخذ به كعامل أمان مناسب لمراعات زيادة الاستهلاك المستقبلي. يفضل ألا يقل قطر ماسورة تدفقات الحريق عن ٨ " في المناطق السكنية، وماسورة شبكة التغذية عن ٦ ". المنظومه المغلقة (Closed Loops) غير ذات النهايات الميتة حيث تضاعف كميته المياه المتاحة لحنفية الحريق. رغم العمل على توفير الكمية الكافية من المياه عند حنفية الحريق إلا أنه يلزم الضخ باستخدام مضخات الحريق.

المواسير وملحقاتها المكونه للشبكة 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 المطرفة المائية والضغط الناتج عن التشغيل الزائد للطلمبات، تشغيل المحابس والتوقفات وأسباب شابهه تصيف أعمال صدميه تزيد عن طاقة الشبكة خلال فترة إستخدام المواسير.

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

كل المواد المستخدمه في صناعة المواسير لها مميزات 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 التغذيةيه هو سوء التصميم نتيجة عدم المعرفة الجيده للتربة . قد لا تكفى المواصفات لكل من المواسير المرنة والغير مرنة للخذقه ، والتأسيس والردم . لمنع كسر وتلف الماسورة فإنه عند إنشاء الماسورة يلزم معرفة خصائص وإجهادات الرطوبة للتربة (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 القوى الديناميكية عند الانحناءات:

الأسباب المعروفة لكسور الرئيسي بعد الانشاء هي إجهادات الضغوط المضطربة الداخلية المائية والإجهادات الخارجية لحركة التربة وهبوط الخندق وأثر الأعمال المرورية والحماية الغير كافية الداخلية أو الخارجية لمقاومة التآكل يمكن أن تؤدي 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 مرنة مثل الزهر الرمادى والزهر المرين والأسبستوس المواسير المرنة تشمل المواسير البلاستيك والصلب ذات الجدار الرفيع لمقاومة الأحمال والإجهادات فإن الماسورة يجب أن تختبر بالنسبة للآتى:

معادلة الردم للمواسير الغير مرنة (Rigid) هي:

$$W = CwB^2$$

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 المرنة

$$W = CwBD$$

حيث D = قطر الماسورة بالقدم

قيم C يمكن الحصول عليها من الشكل (١٨٧)

(2) ضغط الانفجار: (Bursting Pressure)

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

$$P = whr$$

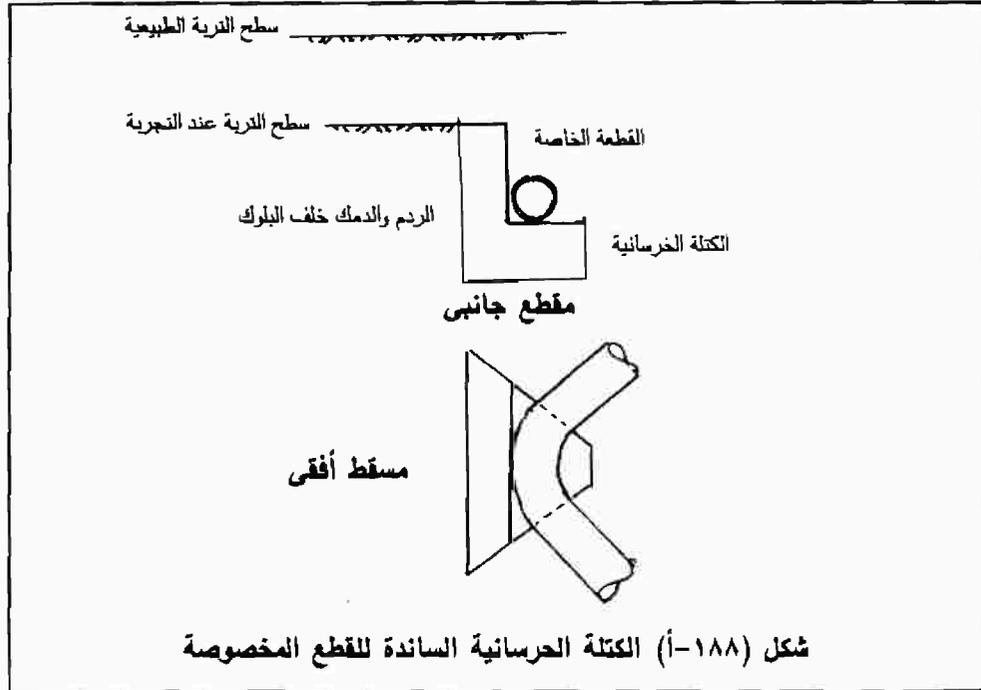
حيث : W = وحدة الوزن للماء (٦٢,٤٣ رطل / قدم^٣)

h = الإرتفاع بالقدم

r = نصف قطر الماسورة بالقدم

القوة P بالرطل تقاس على مساحة وحدة العرض للمقطع مضروباً في تخانة الماسورة أو بالرطل على اليوصة 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.



٢ - الإجهادات من القوى الديناميكية عند الانحناءات والتي تختلف طبقاً لقطر الماسوره،
درجة الانحناء، سرعة الماء

قوى الدفع: (Thrust Forces)

قوى الدفع هي القوى التي تنشأ في القطع المخصصة من كيعان ومشتركات ومساليب ومحابس وغيرها نتيجة تغير اتجاه تدفق السائل وسرعته ونتيجة الضغط الداخلي في الماسورة وتتكون هذه القوى من جزئين.

القوة الأولى هي قوة كميته الحركة (Momentum Force) وهي نتيجة تغير اتجاه سريان السائل وسرعته حيث أن القوة تتناسب في أى اتجاه مع تغير كميته الحركة في نفس الاتجاه.

$$F_m = (W/g) Q \Delta V$$

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

$$g = \text{عجلة الجاذبيه (م/ث)}$$

$$W = \text{وزن وحدة الحجم من السائل (كج/م}^3\text{)}$$

$$\Delta V = \text{الانخفاض في السرعة في نفس اتجاه القوة (م/ث)}$$

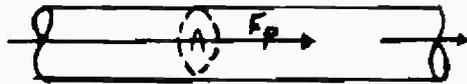
$$Q = \text{تصرف السائل (م}^3\text{/ث)}$$

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

القوة الثانية: وهي قوة الضغط الهيدروستاتيكي الداخلي.

(Internal Hydrostatic Pressure Force)

وهي القوة في كل فرع من أفرع القطع المخصصة الناشئة من الضغط الهيدروستاتيكي الداخلي للسائل في اتجاه محور الماسورة.



$$F_p = P_A$$

حيث أن:

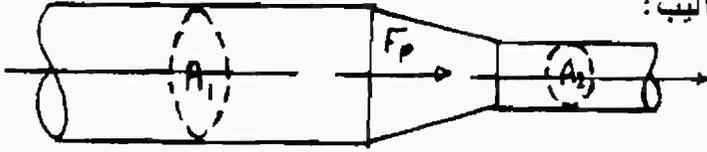
$F_p =$ قوة الضغط الداخلي للسائل (كيلو جرام).

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

$A =$ مساحة مقطع الماسورة (متر مربع)

وفيما يلي بيان أنواع القوى:

أ - القوى في المساليب:



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

حيث أن

$F_p =$ قوة الضغط الداخلي للسائل (كيلو جرام)

$P =$ الضغط الهيدروستاتيكي داخل الماسورة (كج . م^٢)

$A_1 =$ مساحة المقطع المائي الكبير (م^٢)

$A_2 =$ مساحة المقطع المائي الصغير (م^٢)

ب - القوة في المشتركات:

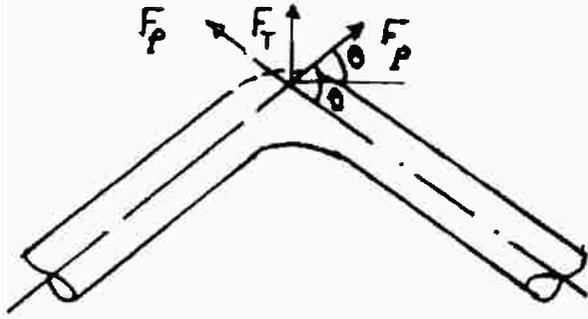
$$F_p = P A$$

حيث أن

$F_p =$ قوة الضغط الداخلي للسائل (كج)

$P =$ الضغط الهيدروستاتيكي داخل الماسورة (كجم / م^٢)

$A =$ مساحة المقطع المائي للفرعة



ج - القوة في الكيعان

محصلة قوى الدفع (F_t) هي مجموع مركبات القوى في إتجاهى محور الماسورة

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

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

حيث أن:

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

P = الضغط الهيدروستاتيكي الداخلى (كجم/م²)

A = مساحة المقطع المائى (م²)

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 والتي يتم ربطها مع القطع المتأثرة بالقوى .

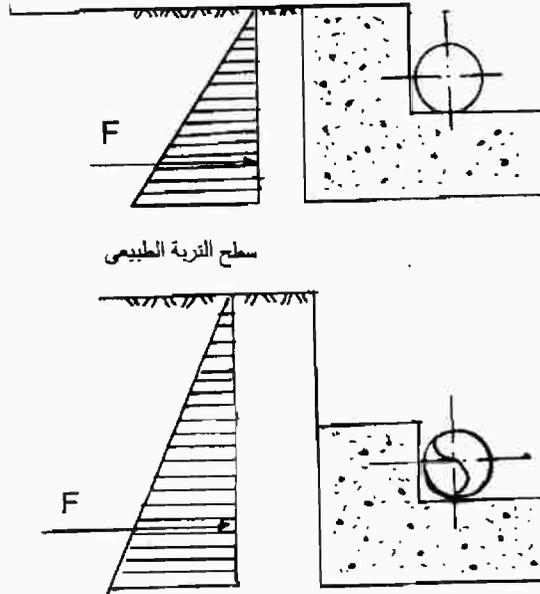
دراسة وتصميم بلوكات مقاومة قوي الدفع:

- 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 المخصصة 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

منسوب للبلوك الخرساني وليس عند سطح التربة الطبيعي. وفي حالة التربة المتماسكة حيث لم يتم حفر خلف البلوك الخرساني فيكون حساب ضغط التربة حتى سطح التربة الطبيعي. كما يراعى بعد تشغيل الخط عدم القيام بأى أعمال حفر خلف البلوك الخرساني أو أى خلخلة للتربة.

سطح التربة الطبيعي



شكل (١٨٨ - ب)

وفيما يلي ملخص للطريقة التي تتبع في عمل الدراسات السابقة في حالة كوع بدرجة إنحناء (θ) وقطر (D) وضغط الاختبار (P) وتربة محيطة ذات كثافة (γ) وزاوية إحتكاك داخلية (θ) وكثافة للخرسانة (γ_c) . وبافتراض شكل البلوك الخرساني كما هو موضح في الشكل التالي يمكن حساب الآتى:

حساب قوى الدفع

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

$$= 2 P (TTD^2/4) \sin \theta / 2$$

حيث أن:

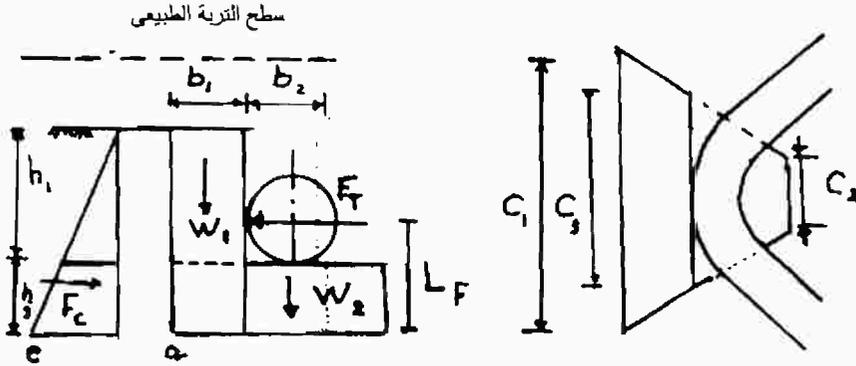
F_t = قوى الدفع للخارج (كجم)

P = ضغط الاختبار الهيدروستاتيكي الداخلى (كجم / م²)

D = قطر الماسورة الداخلى (متر)

θ = درجة إنحناء الكوع (درجة)

تصميم شكل وأبعاد البلوك الخرسانى:



شكل (١٨٨ - ج)

$$W_1 = (h_1 b_1) (C_1 + C_3) / 2 \text{ ث ر}$$

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

حيث أن:

W_1 و W_2 وزن البلوك الخرسانى بالكيلوجرام

$(h_1, h_2, b_1, b_2, C_1, C_2, C_3)$ أبعاد البلوك الخرسانى بالمتر ولضمان عدم زيادة

الإجهادات عن الإجهاد المسموح به فى الخرسانة يتم تسليح البلوك الخرسانى بكر من الحديد أو أسياخ الحديد وخاصة فى حالة التربة الضعيفة الغير متماسكة.

القطع المخصوصه هي الجزء المعرض من الخطوط الرئيسية حيث تعمل القوى الطولية على تفككها وخاصة عند الانحناءات. السبب العادي لتفكك الانحناءات في حالة التصميم الجيد للخط والتصميم الجيد للكتلة الخرسانية الساندة (Kick Block) هو تحريك التربة عند الانحناءات وذلك في حالة تنفيذ حفر قريبا من الانحناء بعد تشغيل الخط وكذلك عدم تجانس التربة أسفل الماسورة.

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

٣- إنشا. المواسير: (Laying of Pipes)

تنشأ المواسير عموماً أسفل سطح الأرض، ولكن أحيانا عند مرورها في منطقة مفتوحة قد تقام فوق سطح الأرض. توضع المواسير طبقاً للآتي:

(أ) أولاً وقبل كل شيء 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 الصحي والغاز والكهرباء، بالإضافة الى ما سبق أوضاع المحابس والقطع الأخرى.. الخ سيتم كذلك عملهم لتجنب الصعوبات عند التركيب في هذه الوصلات.

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

(ج) 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 ب ١٥ - ٢٠ سم لمسافة طوله 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 المرورية على الطرق أو على الأرض. فى حالة الحفر فى الأرض الرخوه، يتم تقويه الأجناب وحمايتها باستخدام الحوائط السانده لتجنب إتهيار التربة أو باستخدام المواد المحلية المتاحة.

(د) بعد تمام حفر الخنادق يتم وضع المواسير فيها. عموماً وعملياً تكون المواسير مرصوفة على الجانب المعاكس للخندق. يتم إنزال المواسير الثقيلة بواسطة سقالات وحبال والمواسير الخفيفة يدوياً. يبدأ وضع المواسير من المستوى المنخفض يدوياً ثم يستمر فى إتجاه المستوى المرتفع على أن تكون النهاية الننايه (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) التثوين:

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 في أرض مستوية. كل رصة تحتوى على المواسير من نفس الدرجة والقطر.

(ج) التقطيع:

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

(د) الخنادق:

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

عندما يكون قاع الخندق صخرى أو شديد الصلابه أو تريه حجرية 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 تريه 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 رؤوس 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 ملئ 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 في وتد مثبت في الأرض والطرف الآخر في يد العامل حيث عند التحرر ببطيء من إمساك الحبل يتم انزال الماسورة . ولا يسمح بأى حال دحرجة 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 ثابتة .

(هـ) كتل الدفع (Thrust Blocks):

تنشأ كتل الدفع لنقل محصلة الدفع الهيدروليكي 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 الميتة 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 الأولية من الأحجار الكبيره أو الأجسام الغريبة . يتم الردم بسمك ١٠ سم أولا وتثبيته ثم الاستمرار فى الردم حتى سمك ٣٠ سم . يلزم الحذر عند الردم على الميول لتجنب تحرك التربه 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 كالآتي:

• يتم إختبار أطوال من الخط مع تقدم الانشاء. يتراوح طول خط الإختبار حوالي ٥٠٠ متر. بعد تركيب نهايات الاختبار في فتحات المواسير يتم ملئ الخط المختبر بالمياه ببطيء مع الأخذ في 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.

في حالة المواسير الأسبستوس والمواسير الخرسانية سابقة الإجهاد، فإن الضغط يستمر لمدة ٢-٤ يوم ليتمكن لجدار الماسورة إمتصاص المياه قبل إجراء الاختبار. وفي حالة مواسير الصلب أو الزهر المبطن بالمونه الاسمنتيه فإنه يمكن الإختبار بعد ٦-١٢ ساعة من الضخ. كما يتم الاختبار مباشرة للمواسير المبطنه ب مواد غير ماصه للمياه مثل البيتومين والايوكسي ومواد البلاستيك.

طبقا لطول خط المواسير وقطر الماسورة فإن إختبار الضغط الهيدروستاتيكي لفترة تزيد عن ٤ الى ٢٤ ساعة. يستمر ضغط الإختبار بالضخ مع قياس كميته المياه التي تم ضخها والتي تعتبر قياس للتسرب الظاهري. ويستمر إختبار التسرب لمدة تصل الى حوالي ساعتين. ثم بعد ذلك يمكن قياس التسرب بالمعادلة التالية.

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

حيث Q = التسرب سم^٣ في الساعة

N = عدد الوصلات في طول خط المواسير

D = قطر الماسورة بالمليمتر

P = متوسط ضغط الإختبار أثناء إختبار التسرب كج/ سم^٢.

مواسير الصلب الملحومه لا يحدث بها تسرب وكذلك تركيب الوصلات بطريقة جيدة بوقف التسرب، ولكن يوجد تجاوز مقبول طبقاً لعوامل أخرى مسببه للتسرب الظاهري مثل التغير في درجات الحرارة، التحرك عند الانحناءات وعند النهايات الميتة والامتصاص التدريجي لكميات صغيره من الهواء المحتجز وعدم إستقامة المواسير.

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

الأساسات للمواسير Bedding

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

وسوف يتم تناول طريقة حساب الأحمال على المواسير الصلبه والمرنة الناتجة من التربه والأحمال الحيه والميتة الخارجيه لجميع حالات التنفيذ للمواسير في 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) الذي يتوقف عليه نوع التأسيس وذلك بالنسبة للمواسير الصلبه (Rigid Pipes) أما بالنسبة للمواسير المرنة فيتم تحديد نوع الأساس طبقاً لنسبة الانبعاج للماسورة والتي يجب ألا يزيد عن ٥٪ من القطر.

تعريف المصطلحات الهامة:

- الأحمال الخارجيه: هي 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 (SafeLoad)

هو حمل التهشيم مقسوما على معامل أمان أو طبقا للمواصفات القياسية

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

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

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

٥ - حسابات الأحمال الواقعة على 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

ب - المواسير المرنة (Flexible Pipes)

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

مواسير البولى إيستر المسلح بالصوف الزجاجى GRP

المواسير البلاستيك

مواسير الصلب رقيقة الجدار

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

ج - حالات تنفيذ الماسورة في الطبيعة

أ - الخندق : 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 الموضوعه على سطح التربة أو جسر أو خندق عريض كما فى الحالات شكل (ب) . أو التنفيذ بطريقة الأنفاق شكل (ج) .

د - حساب الأحمال الخارجية على الماسورة:

- الأحمال الناتجة من وزن التربة .

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

$$W = CwB_2 \quad \text{(أ) حالة الماسورة الصلبة}$$

$$W = Cw BB_C \quad \text{(ب) حالة الماسورة المرنة}$$

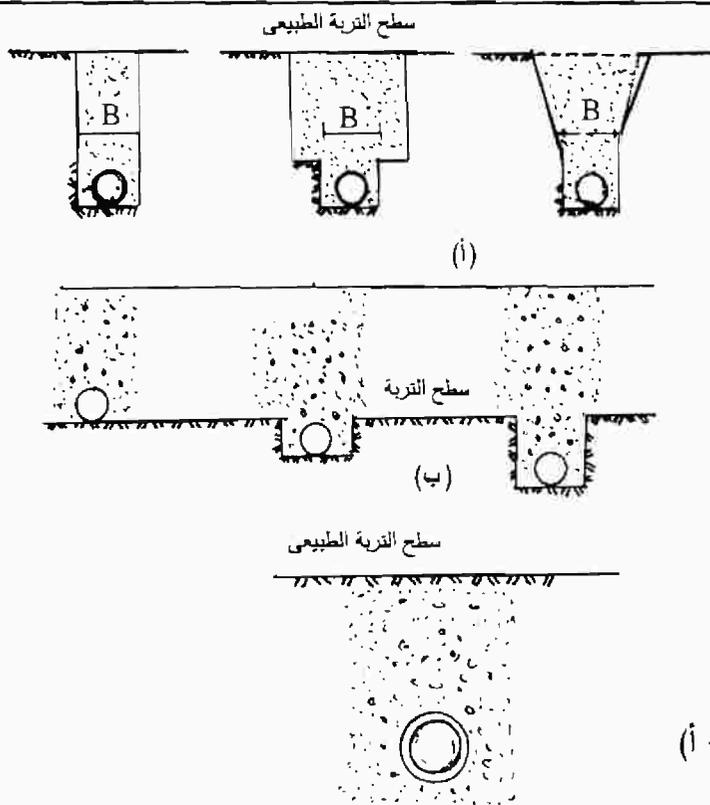
حيث: W = الحمل على الماسورة (كجم/ متر طولى)

W = وزن وحدة الحجم من الردم (كجم/ م^٣)

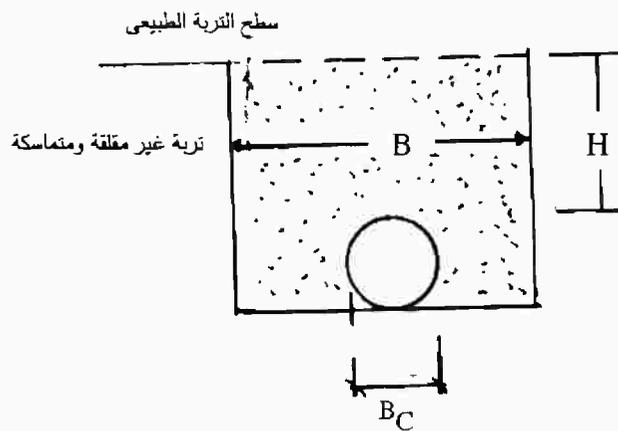
B = عرض الخندق عند السطح العلوى للماسورة (متر)

B_C = القطر الخارجى للماسورة (متر)

C = معامل الوزن

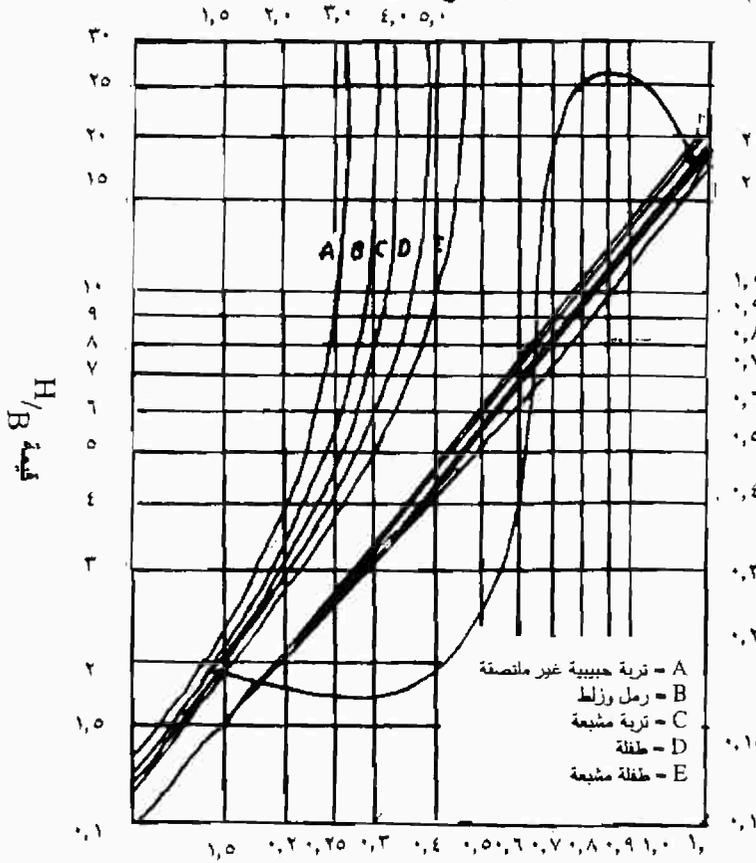


شكل (١٨٩ - أ)



شكل (١٨٩ - ب)

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



قيمة المعامل - C

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 حالة الراسم العلوى أعلا من منسوب سطح الأرض الطبيعية تطبق المعادلة

التالية فى حالتى المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_c wB_c$$

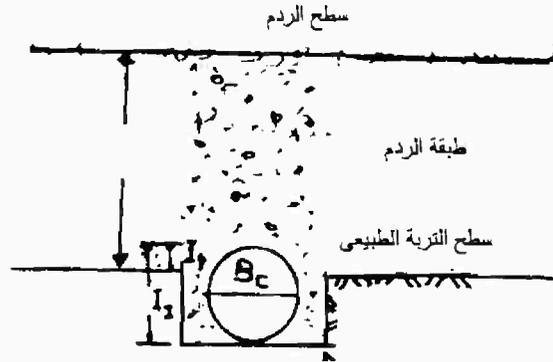
حيث:

- W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)
 w : وزن وحدة الحجم من التربة (كجم / م³)
 B_c : القطر الخارجى للماسورة (بالمتر)
 C_c : معامل الوزن (ليس له وحدات)
 H : عمق الردم من الزاسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (بالمتر)

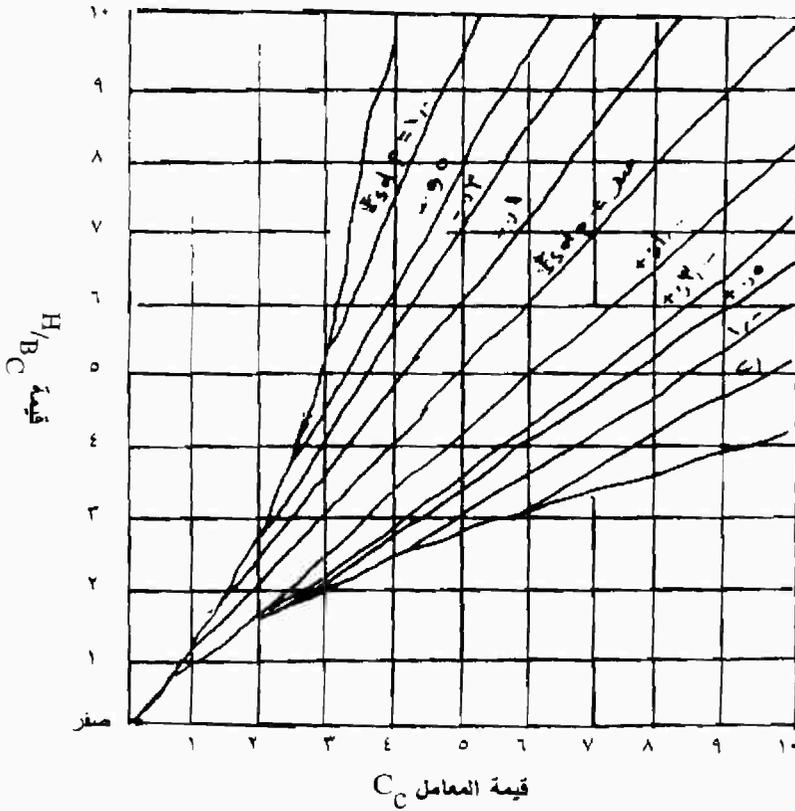
من الشكل (هـ) يحدد قيمه C_c ومنها قيمة "W"

r_{sd} نسبة الهبوط جدول (١)

$$P = I_1 / I_2$$



شكل (١٨٩ - ج)



شكل (١٩١) الشكل البياني لقيمة C_c

Rsd : نسبة الهبوط من الجدول (٥٢)

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

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

فى هذه الحالة تطبق المعادلة الآتية لكل من المواسير الصلبه والمرنه

$$W = C_n w B^2$$

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)

$P = (1/B)$ 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 التربه 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

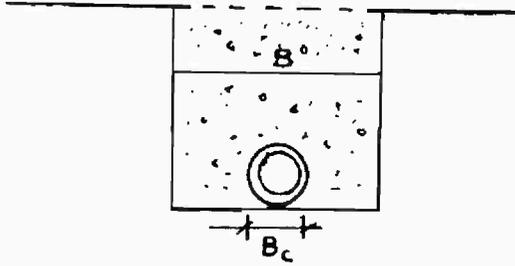
تحسب قيم $H/B_c, P$

من الشكل رقم (١٩٣) تستنتج قيمة B_d/B_c

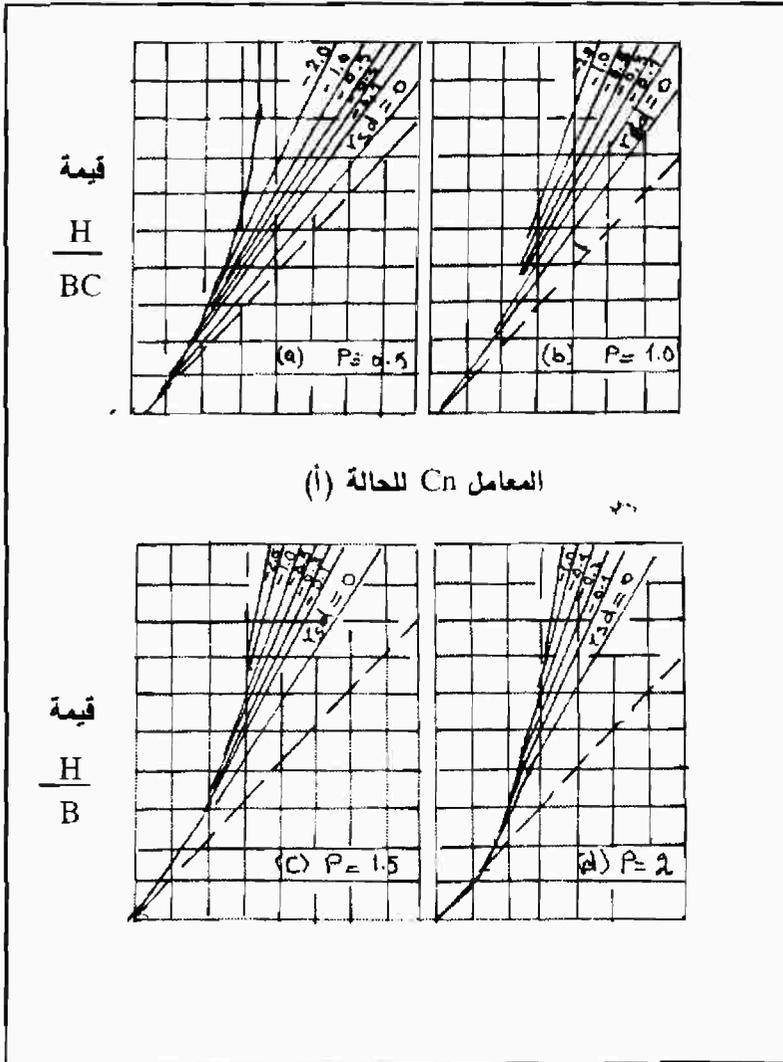
بمعرفة B_c يتم حساب B_d

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

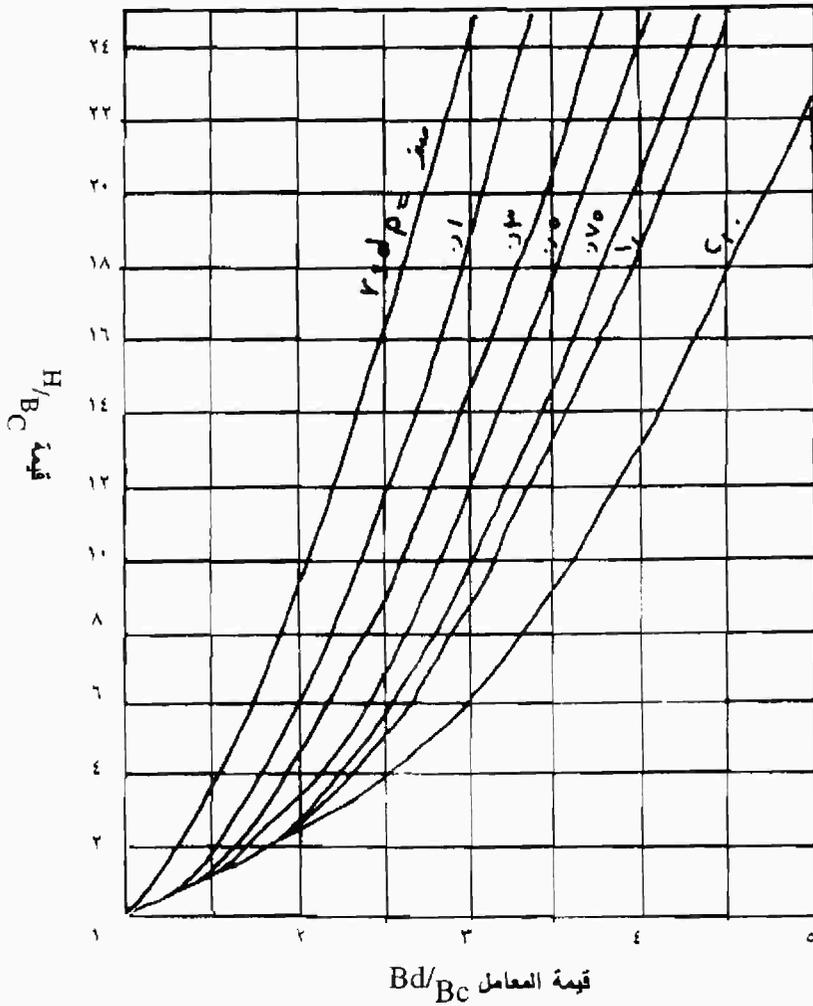
$B > B_d$ فيكون الخندق عريض وتتبع الحالة (ب)



شكل (١٨٩ - د)



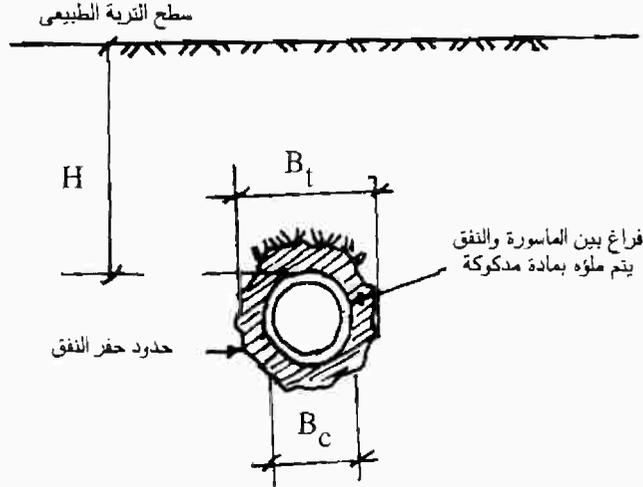
شكل (١٩٢)
الشكل البياني
لحساب المعامل
(C_n)
للحالة (ب)



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

ج - حساب الأحمال في حالة عمل أنفاق أو قمصان حول المواسير وتكون هذه الطريقة في حالة التنفيذ بطريقة الأنفاق وذلك في حالة تراوح العمق بين ٩-١٢ متر من سطح الأرض ويتم عمل قميص للماسورة. وتطبيق المعادلة التالية (مارستون) في حالتى المواسير الصلبه والمرنة.

$$W = C_1 B_t (wb_t - 2C)$$



حيث:

W = الحمل على الماسورة (كجم / م - ط)

w = وزن وحدة الحجم من التربة (كجم / م³)

B_t = القطر الداخلي للتفك في حالة الأنفاق (متر)

B_c = القطر الخارجي للتفك (في حالة القمصان) (متر) $B_c = B_t$

C = معامل التماسك للتربة (كجم / م²)

C_1 = معامل الوزن (ليس له وحدات)

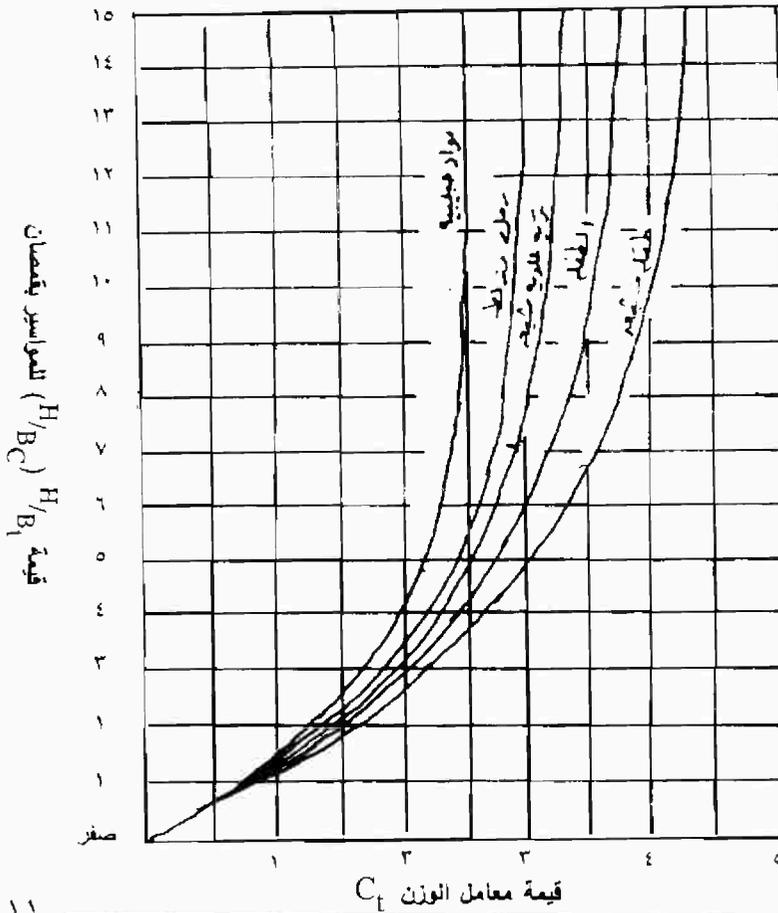
H = عمق الماسوره من السطح العلوى للماسورة (متر)

ويتم تعيين قيمة (C_1) من الشكل (١٩٤)

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

جدول (٥٣) معامل التماسك (C) لأنواع التربة

| قيمة C كجم / سم ^٢ | مادة التربة |
|------------------------------|-----------------|
| ٠,٠٢ | طفلة طرية جدا |
| ٠,١٢ | طفلة متوسطة |
| ٠,٤٩ | طفلة صلبة |
| صفر | رمل مفكك جاف |
| ٠,٠٥ | رمل به طفلة |
| ٠,١٥ | رمل كثيف |
| ٠,٠٥ | سطح التربة مشبع |



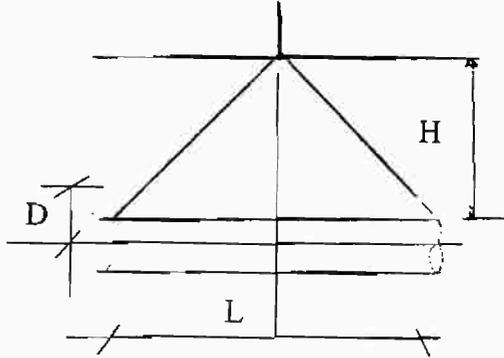
شكل (١٩٤)
قيمة معامل
الوزن C_1

٥- حساب الأحمال علي الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية:

أ- الحمل المركز (Concentrated Load)

مثل عجلات السيارات وما في حكمها

$$W = C_s (PF) / L$$



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)

| نوع حركة المرور | المعامل (F) |
|-----------------|--------------|
| ١,٥ | ١- طرق سريعة |
| ١,٧٥ | ٢- سكة حديد |
| | ٣- مطارات |
| ١,٠ | أ- ممر |
| ١,٥ | ب- مهبط |

الأحمال الموزعة Distributed Loads

وتطبق المعادلة الآتية

$$W C_s PFD$$

حيث

$$W = \text{الحمل على الماسورة (كجم/ متر)}$$

$$P = \text{الحمل الموزع (كجم/ م)}$$

$$F = \text{معامل الصدم}$$

$$D = \text{القطر الخارجى للماسورة}$$

$$C_s = \text{معامل الوزن}$$

$A, B =$ أبعاد المساحة التى يؤثر عليها الحمل الموزع (بالمتر) تحدد قيمة C_s 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.

التأسيس للمواسير الصلبة (Rigid Pipes Bedding)

وقد تم تقسيم أنواع المواسير الى أربعة درجات تتوقف على قيمة معامل التحميل
جدول (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 (ج) 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.

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

• الدرجة (ج): وتطبق في حالة معامل الحمل ١,٥ وتنقسم الى نوعين

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

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

• الدرجة (د) وتطبق هذه الدرجة في حالة معامل الحمل ١,١ ويتم فيه وضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرة التأسيس في حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو خندق عريض وذلك للمواسير الصلبة (Embankment).

الحالة الأولى:

السطح العلوى للماسورة أعلى من مستوى سطح التربة (Positive Projecting Conduits) يعتمد معامل الحمل في هذه الحالة على درجة التأسيس للماسورة وضغط التربة الجانبى على الماسورة ومساحة الماسورة التى يؤثر عليها ضغط التربة. الرسومات الموضحة فى الشكل (١٩٦) توضح درجات التأسيس المختلفة أ، ب، ج، د.

الحالة الثانية:

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

الأساس للمواسير المرنة:

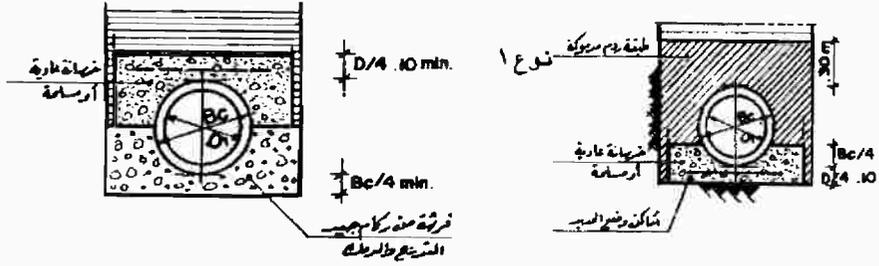
مقاومة المواسير المرنة للأحمال الخارجية تكون نتيجة مقاومة جسم الماسورة بالإضافة الى مقاومة ضغط التربة السلبي الناتجة عن إنبعاج جسم الماسورة وحركة جوانبها فى إتجاه التربة. ويكون إنهيار الماسورة ناتج من الانبعاج وحدوث إنهيار فى الجدار.

جدول (٥٦) معامل الحمل

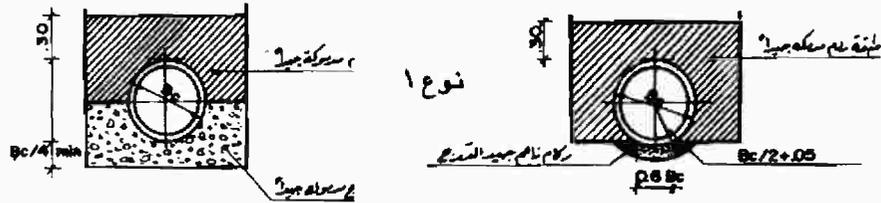
Load Factors for Circular Pipe
Positive Projecting Embankment Installations

| H Bc | Type 3 Bedding | | | | | Type 4 Bedding | | | | | Type 5 Bedding | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|------|------|------|------|---|------|------|------|--------------|-------------------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| | $r_{sd} p=0$ | 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 | | | | | |
| $p = 0.9$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.5 | 3.01 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | Maximum Recommended Projection Ratio of 0.7 | | | | | 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 | 5.37 | 5.37 | 5.37 | 5.37 | | | | |
| 1.5 | 2.42 | 2.26 | 2.16 | 2.16 | 2.16 | | 5.81 | 4.83 | 4.47 | 4.47 | 4.47 | 4.47 | 4.47 | 4.47 | 4.47 | | | | |
| 2.0 | 2.37 | 2.20 | 2.14 | 2.10 | 2.10 | | 5.48 | 4.49 | 4.35 | 4.19 | 4.19 | 4.19 | 4.19 | 4.19 | 4.19 | | | | |
| 3.0 | 2.31 | 2.17 | 2.10 | 2.07 | 2.02 | | 5.18 | 4.50 | 4.21 | 4.06 | 3.88 | 3.88 | 3.88 | 3.88 | 3.88 | | | | |
| 5.0 | 2.27 | 2.14 | 2.08 | 2.04 | 2.00 | | 4.97 | 4.37 | 4.11 | 3.97 | 3.81 | 3.81 | 3.81 | 3.81 | 3.81 | | | | |
| 10.0 | 2.24 | 2.12 | 2.06 | 2.03 | 1.99 | | 4.82 | 4.28 | 4.04 | 3.90 | 3.76 | 3.76 | 3.76 | 3.76 | 3.76 | | | | |
| 15.0 | 2.23 | 2.10 | 2.05 | 2.02 | 1.98 | | 4.77 | 4.25 | 4.01 | 3.88 | 3.74 | 3.74 | 3.74 | 3.74 | 3.74 | | | | |
| $p = 0.7$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | |
| $p = 0.5$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | 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 | 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 | 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 | 3.58 | | | | | |
| 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 | 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 | 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 | 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 | 3.48 | | | | | |
| $p = 0.3$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | |

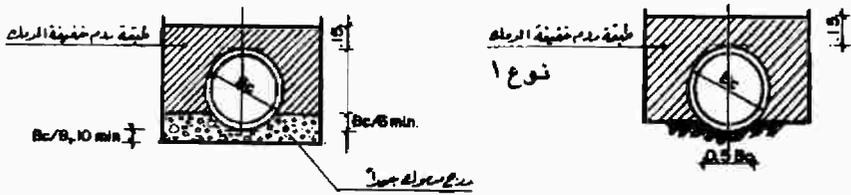
الحالة (أ)



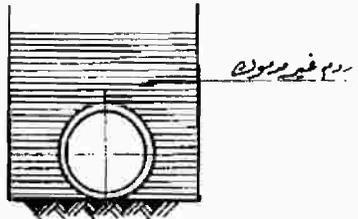
الحالة (ب)



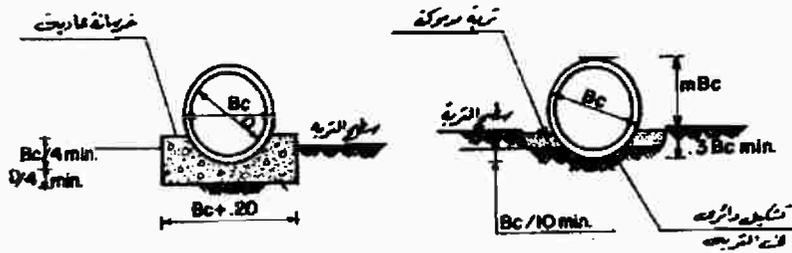
الحالة (ج)



الحالة (د)

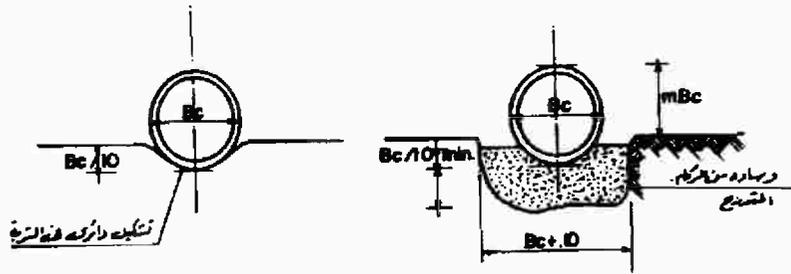


شكل (١٩٥) التأسيس في حالة الخندق



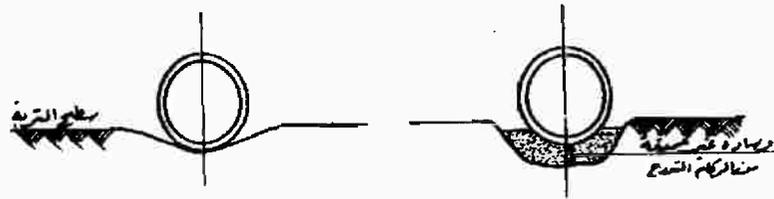
درجة ١ - ١

درجة ١ - ب



درجة ٢ - (تربة عادية)

درجة ٣ - (تربة صخرية)



درجة ٤ - (تربة عادية)

درجة ٥ - (تربة صخرية)

شكل (١٩٦) التأسيس في حالة الردم على الماسورة

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

والمعادلة الآتية 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 وقيمهته فى

الجدول

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

W = الوزن الرأسى على الماسورة (كجم/ متر)

r = نصف قطر الماسورة المتوسط (متر)

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

Ps هى جساءة الماسورة (Pipestiffness) كجم/ سم^٢ 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 $Ps = 0.63Kg/cm^2$

\bar{E} = معامل رد فعل التربة. وتم إستنتاج قيمة E في حالة تربة رملية طينيه مدموكة وتريه من كسر الأحجار مدموكة لأقصى درجة حيث تراوحت قيمه E ما بين ٣٥-٩٥ كجم/ سم^٢

تتغير قيمة معامل رد فعل التربة تبعاً لدرجة دمك الردم حول الماسورة كما في الجدول التالي.

| درجة الدمك (Proctor Test) | (E) قيمة معامل رد فعل التربة (كجم / سم ^٢) |
|---------------------------|---|
| %٨٠ | ٣٠ |
| %٨٥ | ٥٠ |
| %٩٠ | ٧٠ |
| %٩٥ | ١٠٠ |
| %٦٥ حالة الدمك اليدوى | ٢١ |
| %٩٠ حالة الدمك الميكانيكى | ٤٩ |

بفرض قيمة الانبعاج $\Delta X = ٥\%$ من قطر الماسورة

وبالتعويض بالقيم السابقة في معادلة الانبعاج يعين قيمه معامل رد فعل التربة من قيمة (\bar{E}) معامل رد فعل التربة يتم إختيار درجة الدمك لمادة الردم حول الماسورة (كما في الجدول السابق).