الفصل الثامن

الأساسات للمواسير (Bedding)

٨-١ مقدمـــــــة

يتطلب التصميم الإنشائي للماسورة أن تكون قوة تحمـــل الماســـورة (حمـــل التهـــشيم) مقسوما على معامل مناسب يساوى أو يزيد على الأحمال الواقعة عليها ممثلـــة بـــوزن التربة وأي أحمال حية (الحمل الآمن).

ويعرض هذا الفصل طريقة حساب الأحمال على المواسير الصلبة والمرنة الناتجة من التربة و الأحمال الحية والميتة الخارجية لجميع حالات التنفيذ سواء كانت الماسورة فى خندق أو على سطح التربة الطبيعية أو بطريقة الأنفاق.

وعند دراسة العلاقة بين الأحمال على جسم الماسورة والحمل الآمن من اختيار التهشيم المعملى (Three Edge Bearing Test) يتم تحديد قيمة معامل التحميل (Loading Factor) الذى يتوقف عليه نوع التأسيس وذلك بالنسبة للمواسير الصلبة . أما المواسير المرنة فسوف يتم تحديد نوع الأساس بناء على نسبة انبعاج الماسورة الذى لا يزيد عن ٥% من القطر كما سيأتى بعد ذلك .

وفيما يلى تعريف للمصطلحات الفنية الهامة فى مجال الأساسات للمواسير:

١- الأحمال الخارجية للماسورة :

وهى عبارة عن وزن التربة فوق الماسورة بالإضافة الى أى أحمال حية واقعة عليها .

٢- حمل التهشيم : (Crushing strength)

ويتم معرفته من نتائج الاختبار فى المعمل ووحداته كجم / م الطولى لكل نوع ماسورة.

٣ - معامل الآمان : (factor of Safty)

وهو رقم أكبر من الواحد الصحيح والغرض منه استنتاج الحمل الآمن للماسورة.

٤ - معامل التحميل : (Loading Factor)

هو النسبة بين أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعة والحمل الآمن.

٥ - الحمل الآمن : (Safe Load)

هو حمل التهشيم مقسوم على معامل آمان أو طبقا للمواصفات القياسية لنوع الماســـورة وتلخيصا للتعريفات السابقة نجد أن :

$$\text{الحمل الآمن} = \frac{\text{حمل التهشيم}}{\text{معامل الأمان}} \qquad (٨-١)$$

$$\text{معامل التحميل} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعة}}{\text{الحمل الآمن}} \qquad (٨-٢)$$

$$\text{معامل التحميل} = \frac{\text{أقصى أحمال خارجية على الماسورة فى الطبيعة}}{\text{معامل التحميل}} \qquad (٨-٣)$$

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

٦- المواسير الصلبة (Rigid Pipes) :

وهذه النوعية من المواسير تمتاز بمقاومة عالية لأحمال التهشيم الآتى:

أ- المواسير الخرسانية العادية.

ب- المواسير الخرسانية المسلحة .

ج- المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد .

د- المواسير الأسبستوس الأسمنتي .

هـ- المواسير الزهر الرمادى.

٧- المواسير المرنة (Flexible Pipes) :

وهذه النوعية من المواسير لها قابلية لانبعاج تحت تأثير الأحمال الخارجية . وتتحمل الماسورة هذه الأحمال عن طريق مقامتها بالإضافة الى رد فعل التربة الجانبى الناتج من تحرك جوانب الماسورة جهة التربة وتشمل الآتى :

أ- مواسير البوليستر المسلح بألياف الزجاج (GRP)

ب- مواسير البلاستكية (UPVC & PVC)

مواسير الصلب .

٨ - المواسير شبه الصلبة (Semi Rigid Pipes)

وهى المواسير التى تسلك المواسير الصلبة فى الأقطار الصغيرة وسلوك المواسير المرنة فى القطار الكبيرة وهى :

- مواسير الزهر المرن (Ductile Cast Iron)

٨-٢ تصميم الأساس للماسورة

لتصميم الأساس للماسورة يجب عمل الآتى :

١- تحديد طريقة تنفيذ الماسورة فى الطبيعة.

٢- تحديد نوع الماسورة من حيث صلبه أو مرنة.

٣- حسا ب الأحمال الخارجية على الماسورة من وزن التربة والأحمال الحية.

٤- بالنسبة للمواسير الصلبة يتم حساب معامل التحميل والذى على أساسه يتم إيجاد الشكل الأساسي المناسب من.

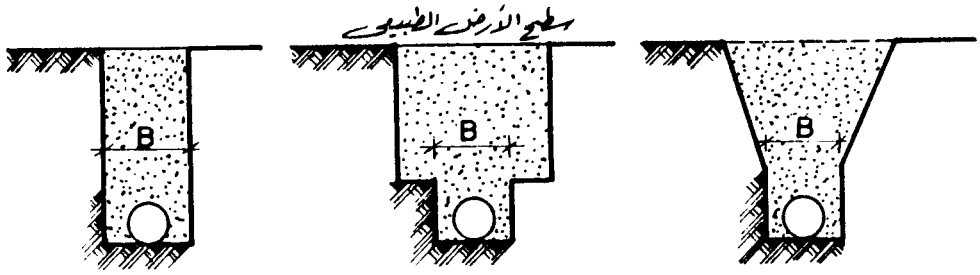
٥- بالنسبة للمواسير المرنة اختيار شكل الأساس بفرض انبعاج الماسورة ، بما لا يزيد على ٥% من القطر الأسمى.

٨-٣ حالات تنفيذ الماسورة فى الطبيعة

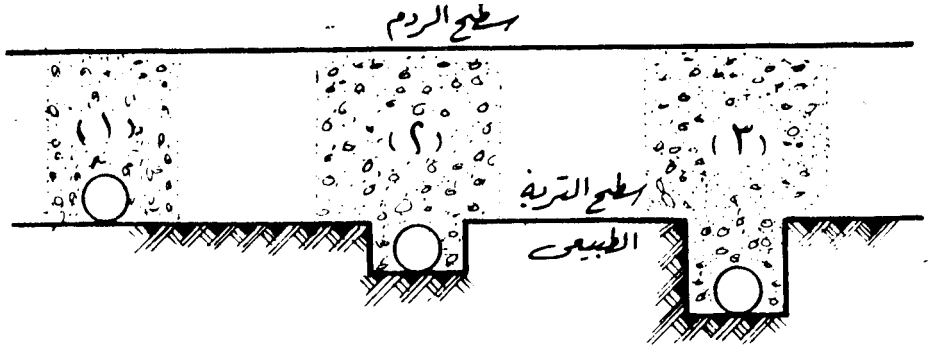
أ- الخندق : (Trench)

وهو المجرى المنفذ فى الطبيعة والذى يتم وضع الماسورة بداخلة بحيث يكون عرض الخندق ضيق حول الماسورة نسبيا فى التربة الطبيعية غير المقلقلة ويتم الردم عليها حتى سطح الأرض ويمثل الخندق أحد القطاعات الموضحة فى شكل رقم (٨-١).

ب- الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو جسر أو خندق عريض (Embankment) كما هو موضح شكل رقم (٨-٢)



شكل رقم (٨-١) تفاصيل خندق المواسير



شكل رقم (٨-٢) تفاصيل الردم حول الماسورة موضوعة على سطح التربة

ويتم تقسيم هذه الحالة الى :

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.

جـ- التنفيذ بطريقة الأنفاق (Tunnels) . والموضحة بالشكل رقم (٨-٣)

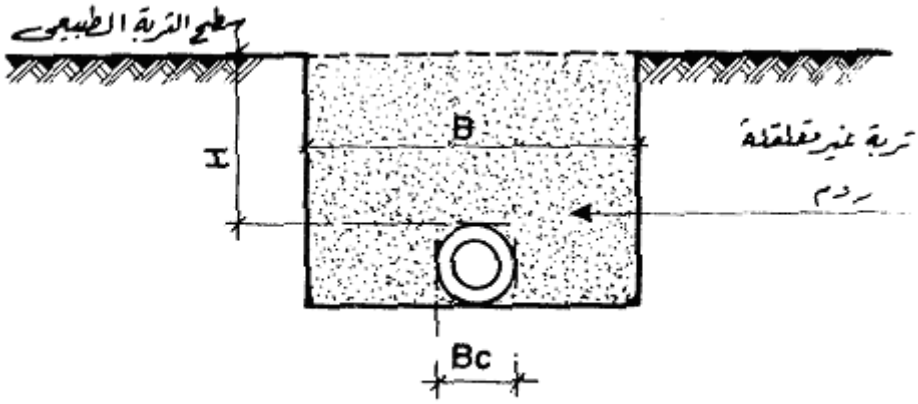
شكل رقم (٨-٣) تفاصيل تنفيذ خطوط المواسير بطريقة الأنفاق

٨-٤ حساب الأحمال الخارجية على الماسورة

٨-٤-١ الأحمال الناتجة من وزن التربة.

٨-٤-١-١ حالة الخندق

وتتوقف طريقة الحساب حسب نوع الماسورة وتفاصيل هذا الخندق موضحة بالشكل (٨-٤):



شكل رقم(٨-٤)الأحمال الناتجة من وزن التربة فوق الماسورة

أ- حالة الماسورة الصلبة (Rigid Pipe)

تطبق معادلة مارستون :

$$W = C\, w\, B^2 \qquad (٤-٨)$$

ب- حالة الماسورة المرنة (Flexible Pipe)

$$W = C\, w\, BB_c \qquad (٥-٨)$$

حيث :-

W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

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

B : عرض الخندق عند السطح العلوى للماسورة (م)

B_c : القطر الخارجى للماسورة (م)

C : معامل الوزن (ليس له وحدات)

ويحسب "C" من المعادلة الآتية

$$C = \{1 - e^{2k\mu'}(HLB\} / 2k\mu') \qquad (٦-٨)$$

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu} = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \qquad (٧-٨)$$

حيث

K : معامل رانكن وهو نسبة الضغط الجانبى الى الضغط الرأسى

μ : معامل الاحتكاك لمادة الردم

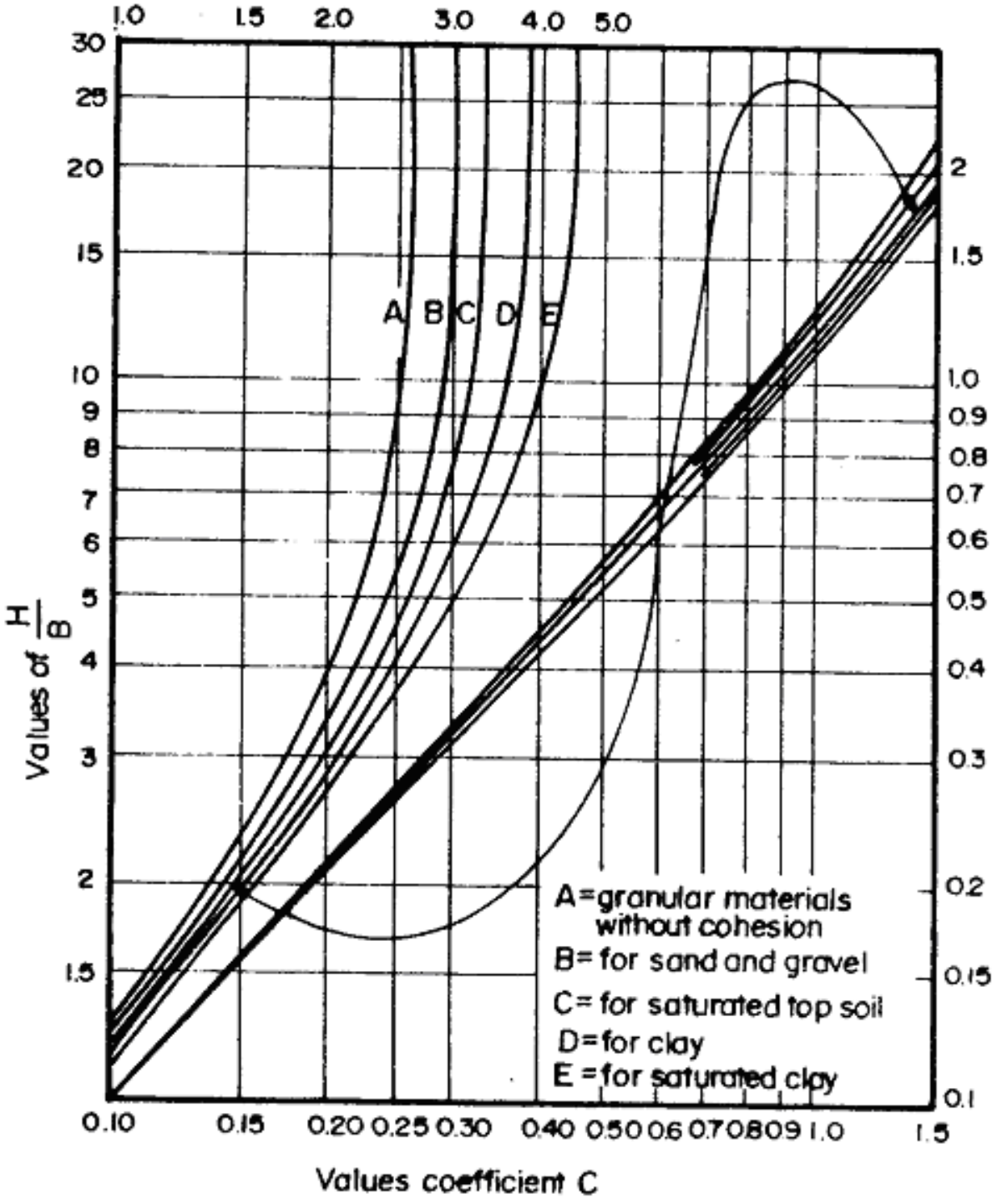
φ : زاوية الاحتكاك الداخلى لمادة الردم

μ` : معامل الاحتكاك بين مادة الردم وجوانب الخندق

φ` : زاوية الاحتكاك 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 (٨-٥)

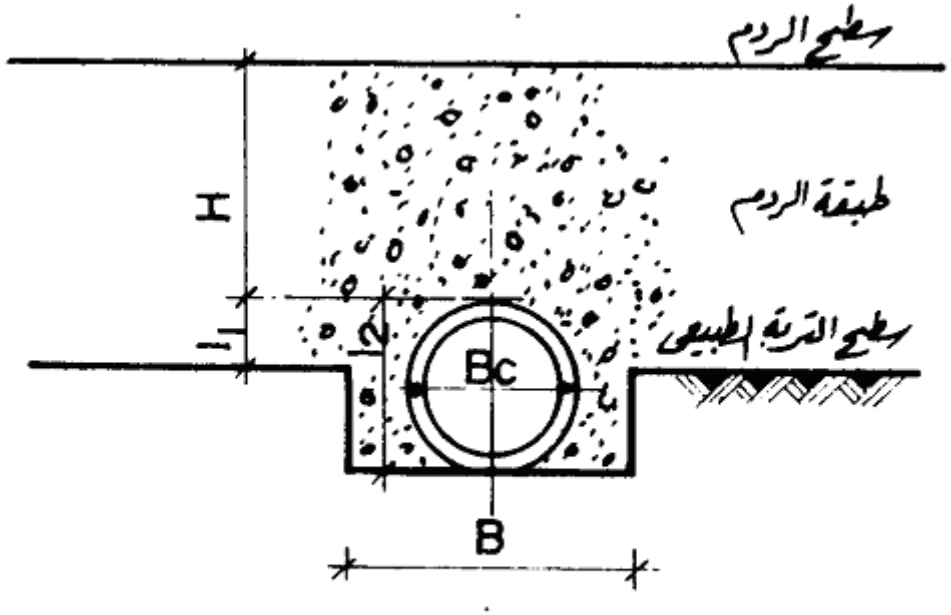


شكل رقم (٨-٥) منحنى تقدير قيمة (C)

٨-٤-١-٢ حالة الردم على ماسورة موضوعة على سطح التربة الطبيعية أو جسر أو خندق عريض

أ - الراسم العلوى للماسورة أعلى من منسوب سطح الأرض الطبيعية
(Positive Projecting Conduits)

كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٦)



شكل رقم (٨-٦) تفاصيل خندق المواسير فى حالة الراسم العلوى للماسورة أعلى من سطح الأرض الطبيعية

وتطبق المعادلة مارستون لحالتى المواسير الصلبة والمرنة

$$W = C_c\, w\, B_c^2 \qquad (٨-٨)$$

حيث :

W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

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

B_c : القطر الخارجى للماسورة (م)

C_c : معامل الوزن (ليس له وحدات)

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

P : نسبة الإسقاط $(P = l_1/l_2)$

r_{sd} : نسبة الهبوط

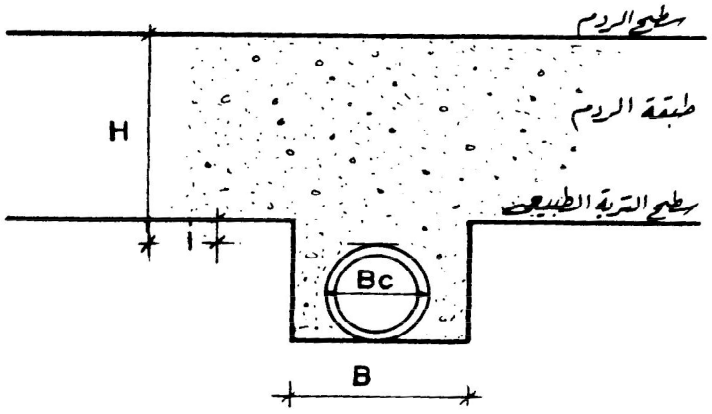
ومن الجدول (٨-١) يمكن تحديد قيمة r_{sd}

كما أن الشكل رقم (٨-٧) يمكن تحديد قيمة (Cc) ومنها قيمة W

جدول رقم (٨-٧)

العلاقة بين حالة التربة وقيمة r_{sd}

Type of Conduit	Soil Conditions	Settlement Ratio
Rigid	Rock or unveiling foundation	+1.0
Rigid	Ordinary foundation	+0.5 to +0.8
Rigid	Yielding foundation	0 to +0.5
Rigid	Negative projecting instillation	-0.3 to 0.5
Flexible	Poorly-compacted side fills	-0.4 to 0
Flexible	Well-compacted side fills	0



شكل رقم (٨-٧) تفاصيل خندق المواسير فى حالة الراسم العلوى للماسورة فى منسوب مساوى أو أقل من منسوب الأرض

ب- حالة الراسم العلوى فى منسوب يساوى أو أقل من منسوب الأرض الطبيعية :

(Negative Projecting Conduits) والشكل رقم (٨-٨) يوضح هذه الحالة

تطبق معادلة مارستون فى حالتى المواسير الصلبة والمرنه .

$$W = C_n \, w \, B^2 \qquad (٨-٩)$$

حيث :

W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

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

B : عرض الخندق (م)

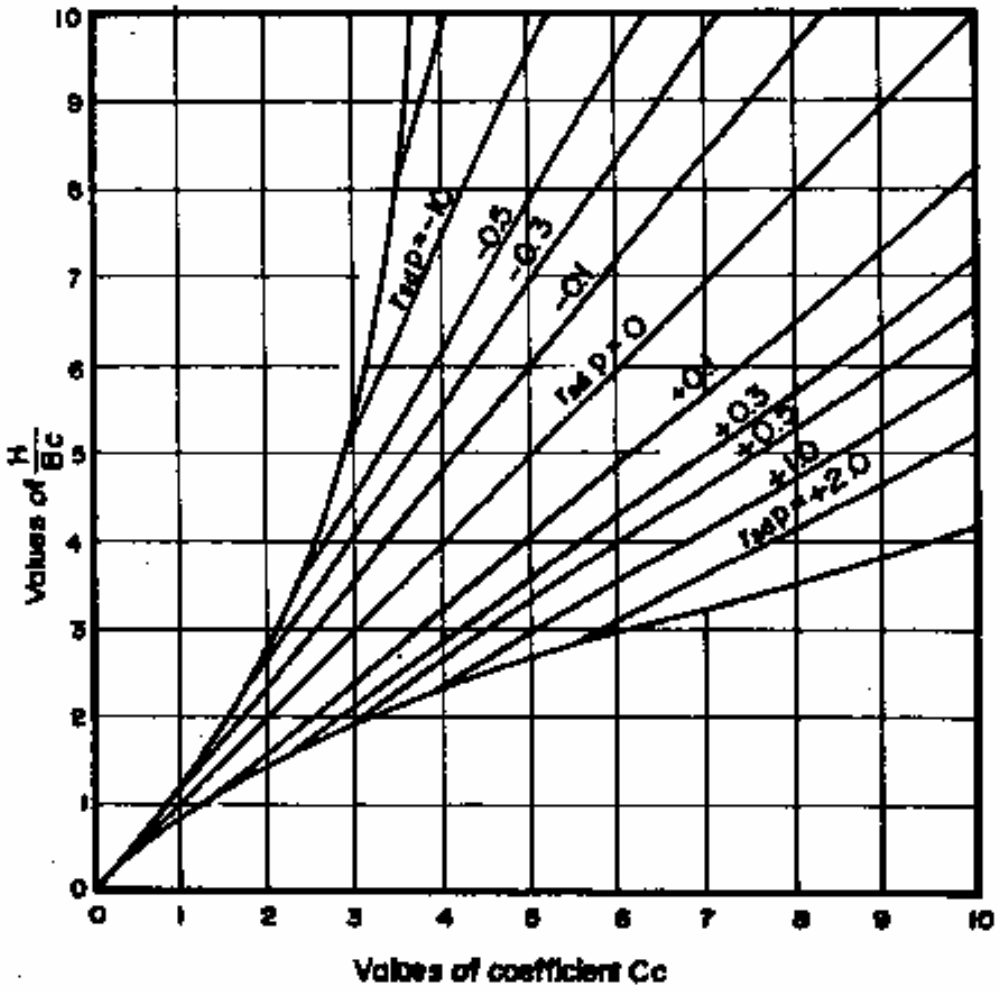
H : عمق الردم من الراسم العلوى للماسورة وحتى سطح الردم (م).

P`= (l/ B) : نسبة الإسقاط (ليس له وحدات)

C_n : معامل الوزن (ليس له وحدات)

r_{sd} : نسبة الهبوط وتأخذ فى هذه الحالة (٠.٣٠) .

ومن الشكل رقم (٨-٨) يحدد قيم (C_n) ومنها قيم (W)



شكل رقم (٨-٨) المنحنى البيانى لتقدير قيمة (Cc)

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) يمكن تقدير الأحمال الخارجية على الماسورة فى حالة الخندق

الحالة (ب) يمكن تقدير الأحمال الخارجية على الماسورة فى حالة الردم .

وللتأكد من ذلك يلزم أتباع الخطوات الآتية

١- تحدد قيم r_{sd} , B , B_c , H.

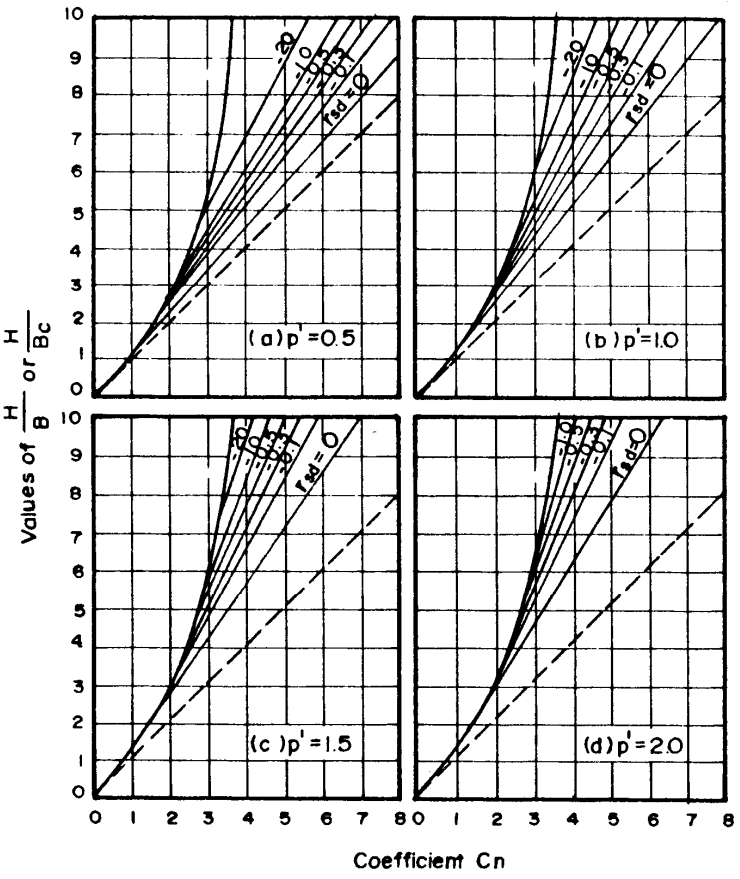
٢- تحسب قيم H/B_c, P

٣- من الشكل رقم (٨-٩) تستنتج قيمة B_d / B_c

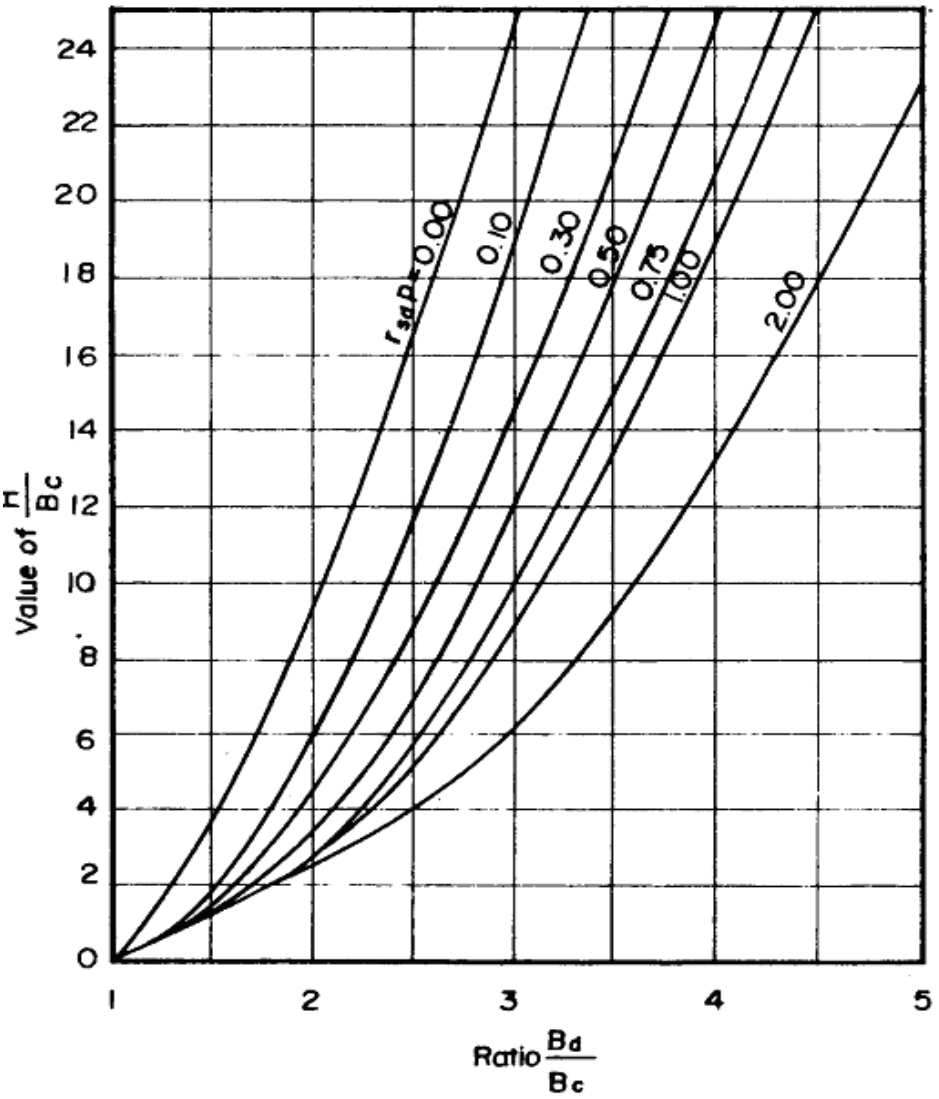
٤- بمعرفة B_c يتم حساب B_d.

٥- هناك حالتين $B < B_d$ لذلك يكون الخندق ضيق وتتبع الحالة (أ)

$B > B_d$ لذلك يكون الخندق عريض وتتبع الحالة (ب)



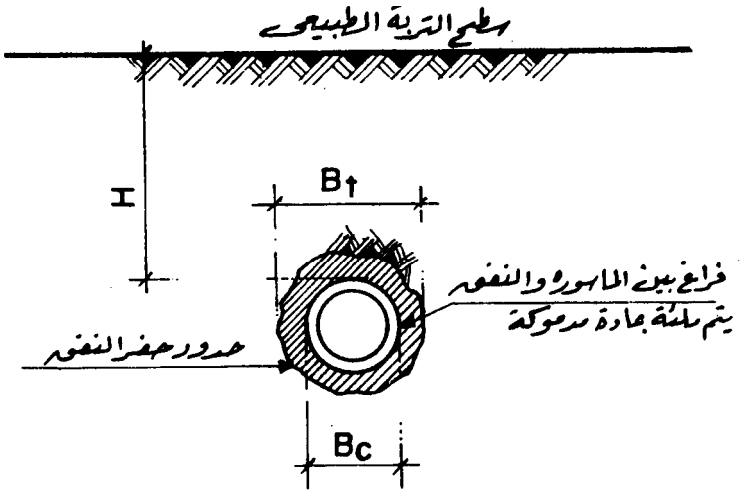
شكل رقم (٨-٩) المنحنى البيانى لتقدير قيمة (C_n)



شكل رقم (٨ -١٠) منحنيات تحديد قيم $\frac{Bd}{Bc}$

٨-٤-١-٣ حساب الأحمال فى حالة عمل أنفاق أو قمصان حول المواسير

وفى حالة التنفيذ بطريقة الأنفاق وعندما يتراوح العمق بين (٩-١٢متر) من سطح الأرض ويتم عمل قميص للماسورة كما هو موضح بالشكل رقم (٨-١١) وبتطبيق معادلة مارستون التالية وفى حالتى المواسير الصلبة والمرنة.



الشكل رقم (٨-١١) حساب الأحمال فى حالة انشاء (عمل) أنفاق أو قمصان حول المواسير

$$W = C_t B_t (w B_t - 2C) \qquad (٨-١٠)$$

حيث

W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

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

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 / م٢)

C_t : معامل الوزن (ليس له وحدات)

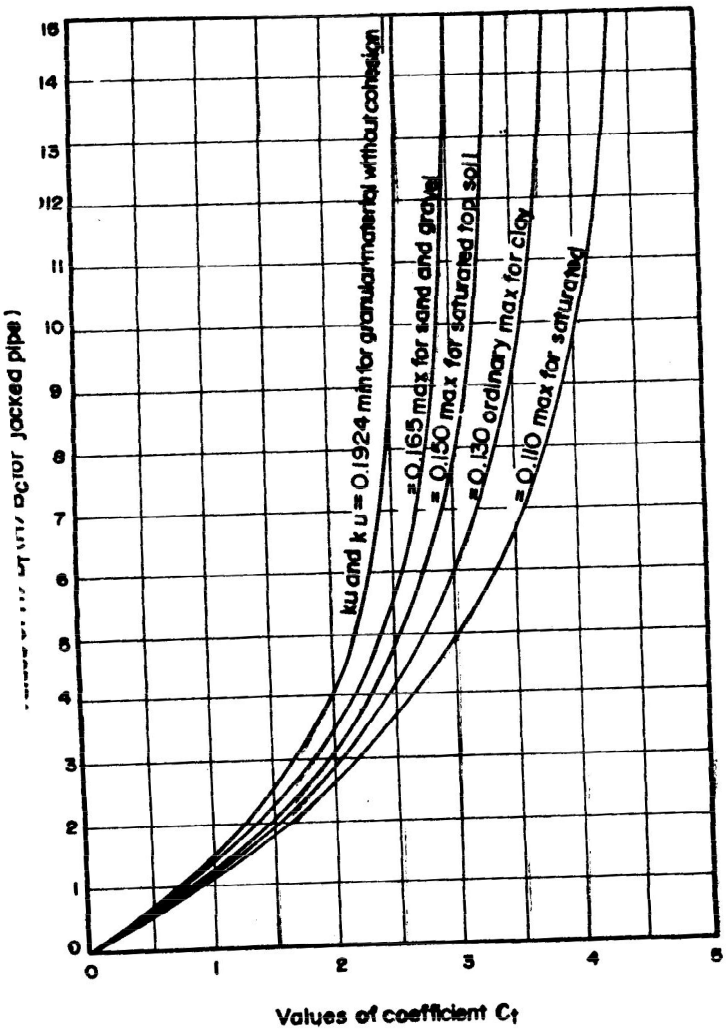
H : عمق الماسورة من السطح العلوى للماسورة (م).

ويتم تعين قيمة (C_t) من المنحنى البيانى الموضح بالشكل رقم (٨-١٢)

ويوصى بالقيم التالية لمعامل التماسك (C) المعطاة فى الجدول (٨-٢) وذلك لأنـــواع التربة المختلفة.

جدول (٨-٢) معامل التماسك (C) لأنواع التربة المختلفة.

Material	Values of C	
	(lbs./sq.st.)	(kg/cm2)
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



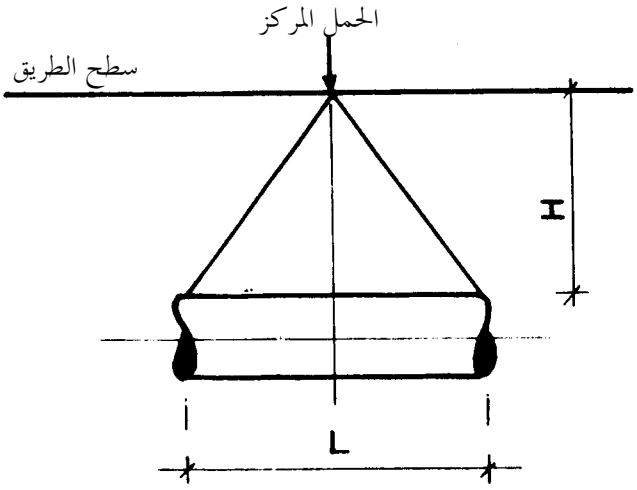
الشكل رقم (٨ -١٢) المنحنى البيانى لحساب قيمة (C_t)

٨-٥ حساب الأحمال على الماسورة الناتجة من الأحمال الخارجية :-

٨- ٥-١ الحمل المركز (Concentrated Load)

وتطبق معادلة بوسينسك (Boussinesq's Formula)

وكما هو موضح بالشكل رقم (٨-١٣)



شكل رقم (٨-١٣) الحمل المركز على الماسورة

$$W = C_s (PF) / L \qquad (٨-١١)$$

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 وحتى سطح التربة الطبيعية (م)

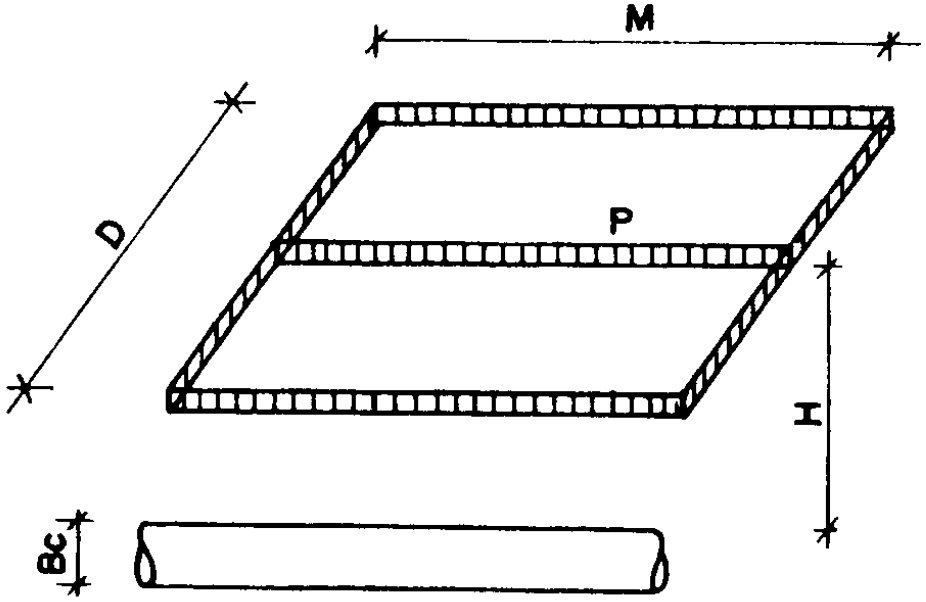
L : الطول الفعالة للماسورة (م)

وتؤخذ قيمة (L) = ٠.٩ متر للمواسير وذلك بالمسبة للمواسير ذات طول أقل من ٠.٩ (م)

وتحدد قيمة (C_s) من الجدول (٨-٤) وذلك طبقا لحالة المرور فى المنطقة .

٨-٥-٢ الأحمال الموزعة (Distributed Load)

وكما هو موضح بالشكل رقم (٨-١٤)



شكل رقم (٨-١٤) الأحمال الموزعة على الماسورة

وتطبق المعادلة الآتية

$$W = C_s \, pF \, B_c \qquad (٨-٩)$$

حيث :

W : الحمل على الماسورة (كجم / م.ط)

p : الحمل الموزع (كجم)

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

وتحدد قيم C_s من الجدول (٨-٤)

جدول رقم (٨-٤) 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
0.3	0.053	0.103	0.149	0.190	0.224	0.252	0.274	0.292	0.306	0.318	0.333	0.345	0.355	0.360
0.4	0.670	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 stress

جدول رقم (٨-٥) معامل الصدم (F)

Traffic Type	F	
Highway	1.50	الطرق السريعة
Railway	1.75	السكك الحديد
Airfields		المطارات
Runways	1.00	ممرات الهبوط أو اًقلاع
Taxiways, aprons, hard stands	1.50	الإنتظار والوقوف

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 (٣٠٠كجم/ متر طولى) هى وزن السكة.

وبعد استعراض طرق حساب الأحمال الناتجة من وزن التربة فوق الماسورة والأحمال الخارجية ومنها المركزة والموزعة ننتقل الى كيفية اختيار نوع التأسيس لأنواع المواسير الصلبة والمرنة.

٨- ٦ التأسيس للمواسير الصلبة (Rigid Pipes Bedding)

وقد تم تقسيم أنواع التأسيس للمواسير الى أربعة درجات تتوقف على قيمة معامل التحميل.

٨-٦-١ حالة الخندق

درجة (ا) : وهى عبارة عن وسادة خرسانية أو عقد خرسانى وتنقسم الى .

١- وسادة خرسانية (Concrete Cradle) وهو موضح بالشكل رقم (٨-١٥)

فى حالة معامل الحمل = ٢.٢ تستخدم وسادة خرسانية عادية ودمك خفيف للردم .

فى حالة معامل الحمل = ٢.٨ تستخدم وسادة خرسانية عادية ودمك جيد للردم .

فى حالة معامل الحمل = ٣.٤ تستخدم وسادة خرسانية مسلحة وتسليح تكون نسبته ٠.٤ % من مساحة الخرسانة

٢- عقد خرساني (Concrete Arch) وهو موضح بالشكل رقم (٨-١٦)

فى حالة معامل الحمل = ٢.٨ تستخدم عقد من الخرسانة العادية

فى حالة معامل الحمل = ٣.٤ تستخدم عقد من الخرسانة المسلحة مع تسليح تكون نسبته ٠.٤ % من مساحة الخرسانة.

فى حالة معامل الحمل = ٤.٨ تستخدم عقد من الخرسانة المسلحة مع تسليح تكون نسبته ٠.١ % من مساحة الخرسانة.

درجة (ب) وتطبق هذه الدرجة فى حلة معامل الحمل = ١.٩

وتنقسم الى نوعين :

النوع الأول : وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام ناعم جيد التدرج كما هو موضح بالرسم شكل رقم (٨-١٧)

النوع الثاني : وفيه يتم التأسيس على طبقة من ركام متدرج مدكوك جيدا أو ردم مدكوك جيدا شكل رقم (٨-١٨)

درجة (ج) وتطبق هذه الدرجة فى حالة معامل الحمل = ١.٥

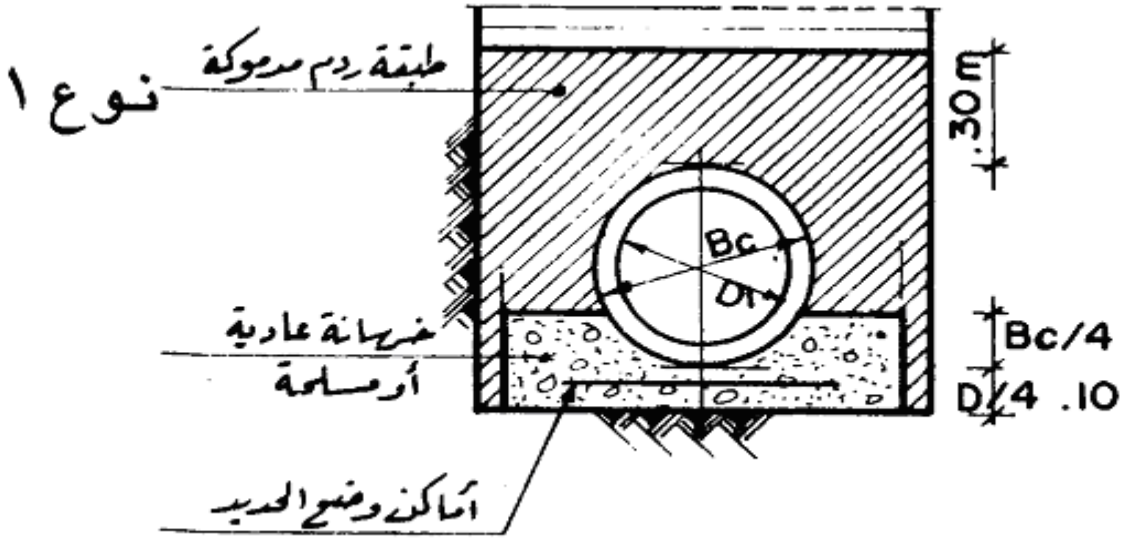
وتنقسم الى نوعين

النوع الأول : وفيه يتم تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة مباشرة شكل (٨-١٩)

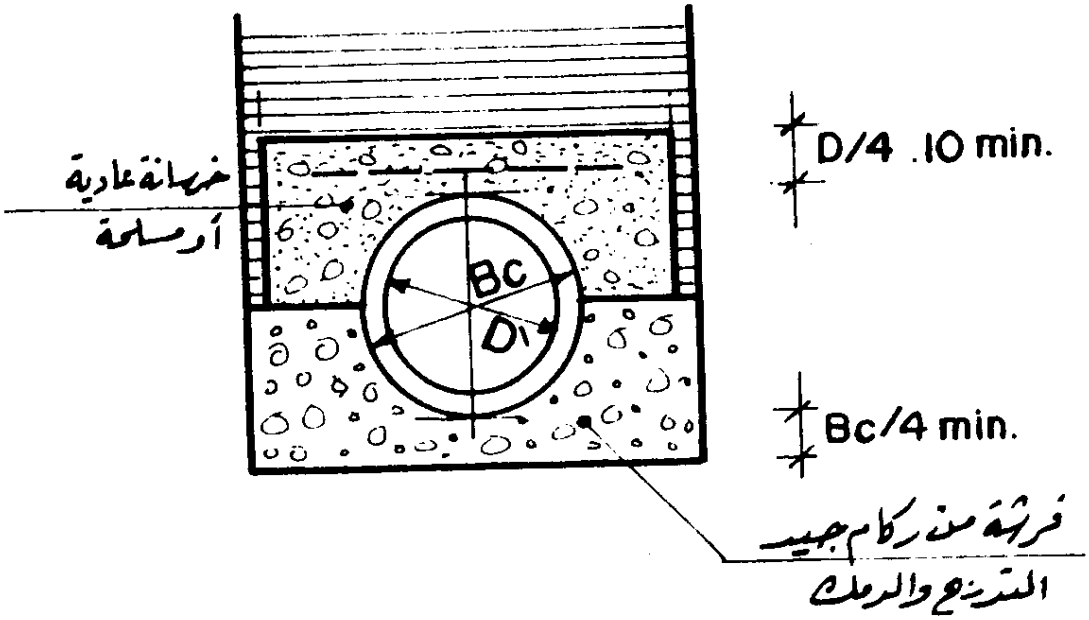
النوع الثانى : وفيه يتم التأسيس على طبقة من الركام المتدرج تدرج جيد ويدمك جيدا وكذلك ردم خفيف الدمك شكل (٨-٢٠).

درجة (د) وتطبق هذه الدرجة فى حلة معامل الحمل = ١.١

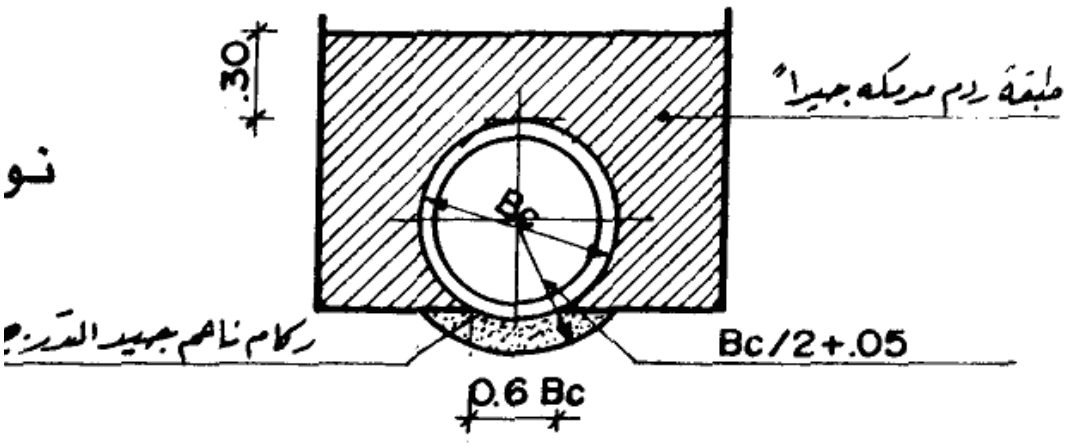
وفيه يتم وضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرة شكل رقم (٨-٢١)



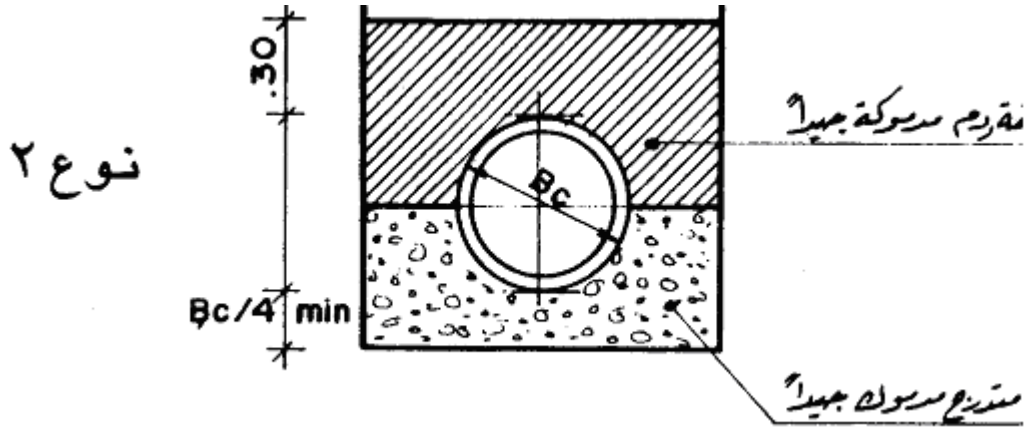
شكل رقم (٨-١٥) تفاصيل خندق المواسير- وسادة خرسانية



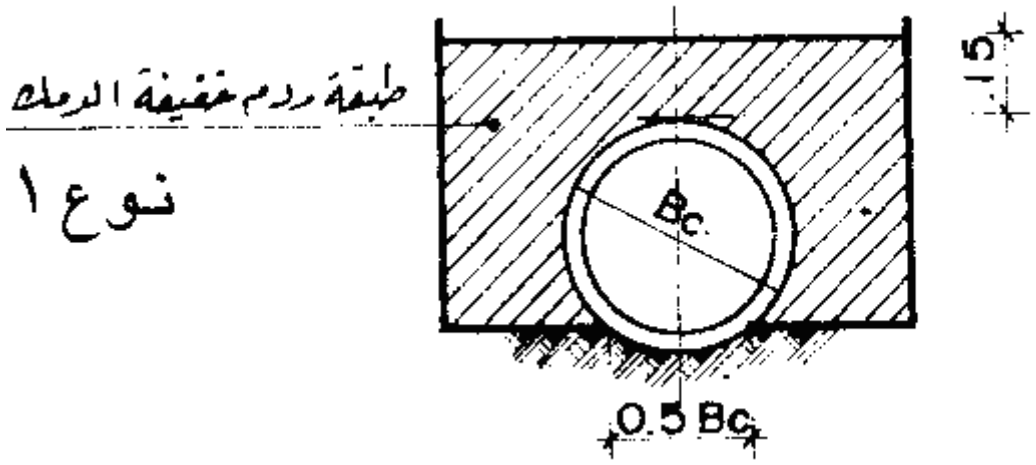
شكل رقم (٨-١٦) تفاصيل خندق المواسير - عقد خرساني



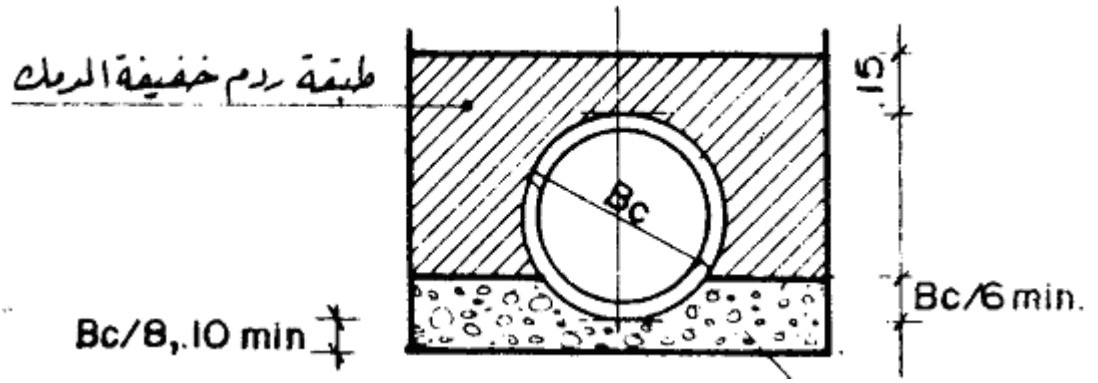
شكل رقم (٨-١٧) تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى من ركام ناعم جيد التدرج



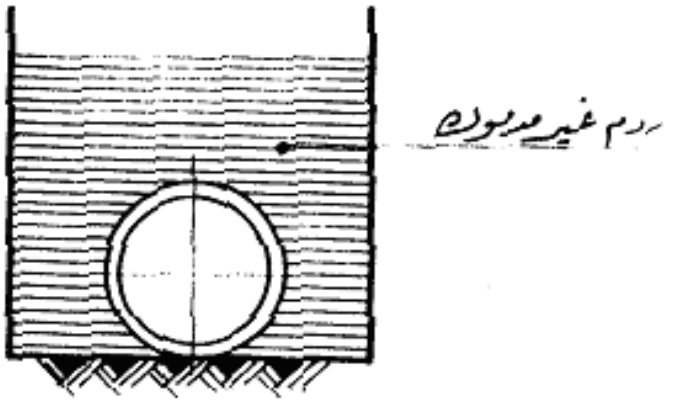
شكل رقم (٨-١٨) التأسيس على طبقة من ركام متدرج مدكوك جيدا



شكل رقم (٨-١٩) تشكيل قاع الخندق على شكل دائرى وتوضع عليه الماسورة مباشرة



شكل رقم (٨-٢٠) التأسيس على طبقة من الركام المتدرج جيد ويدمك جيدا مع ردم خفيف الدمك



شكل رقم (٨-٢١) يتم وضع الماسورة على قاع الخندق المستوى مباشرة

٨-٦-٢ التأسيس فى حالة الردم على ماسورة صلبة موضوعه على سطح التربة الطبيعية أو خندق عريض

وهناك ثلاث حالات : الحالة الأولى : السطح العلوى للماسورة أعلى من مستوى سطح التربة (Positive Projecting Conduits)

ويعتمد حالة الحمل فى هذه الحالة على درجة التأسيس للماسورة وضغط التربة الجانبى على الماسورة ومساحة الماسورة التى يؤثر عليها ضغط التربة.

وتطبق المعادلة الآتية لحساب معامل الحمل"L_f"

$$L_f = A/(N - xq) \qquad (٨-١٣)$$

حيث :

L_f : معامل الحمل (ليس له وحدات)

A : معامل شكل مقطع الماسورة (ليس له وحدات)

N : معامل تأسيس الماسورة ليس له وحدات

x : معامل يعتمد على المساحة التى يؤثر عليها الضغط الجانبى للتربة (ليس له وحدات)

q : النسبة بين الضغط الجانبى للتربة الى الحمل الراسي الكلى للتربة (ليس لها وحدات)

وقيمة المعامل (A) تكون (١.٤٣) فى حالة المواسير الدائرية .

ويمكن تحديد قيمة معامل التأسيس (N) من الجدول (٤-٥)

جدول رقم (٨-٥) قيم معامل تأسيس الماسورة N

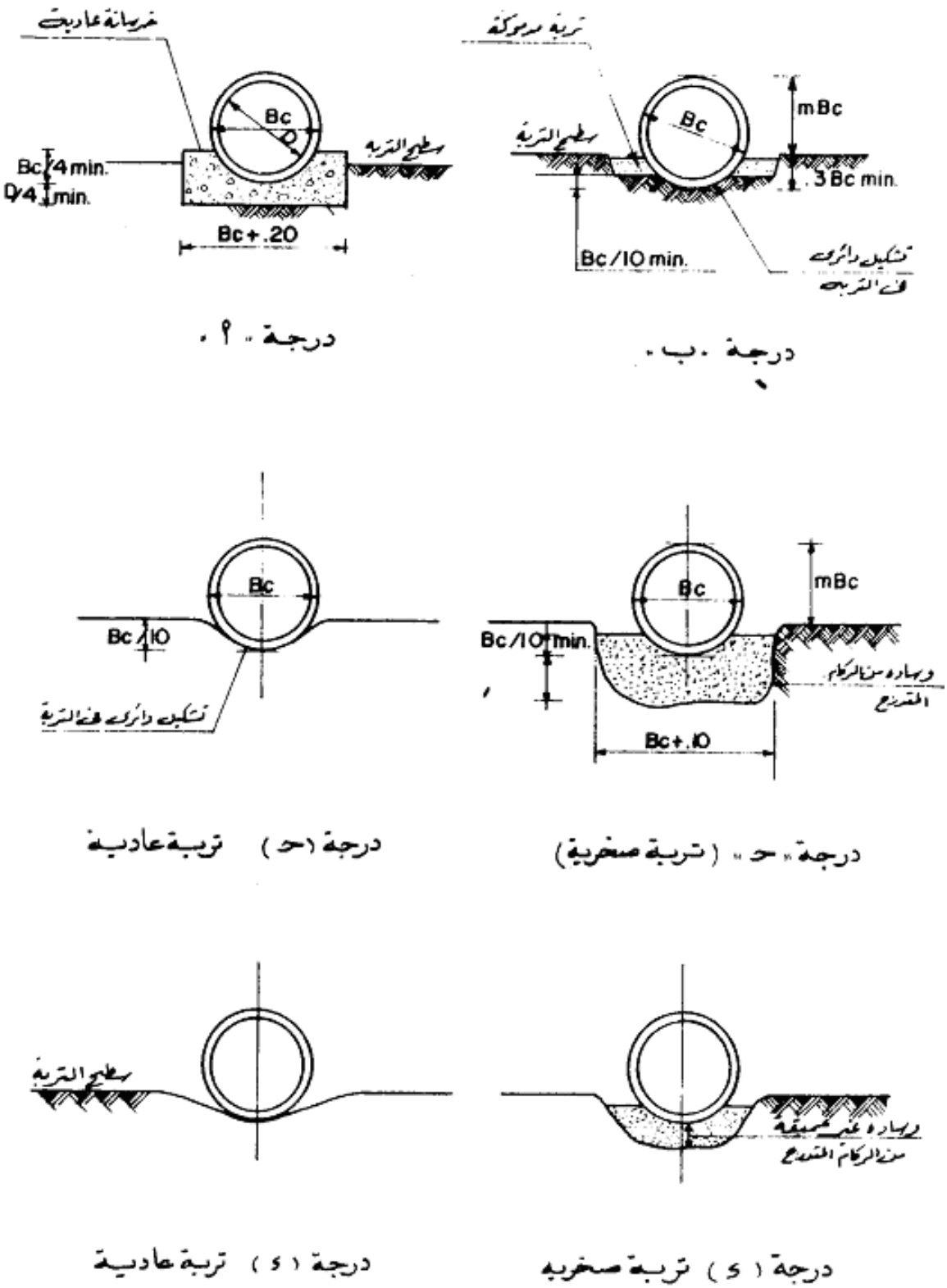
Class of Bedding	Value of N Pipe shape : Circular
A(reinforced cradle)	0.421 to 0.505
A(Unreinforced cradle)	0.505 to 0.636
B	0.707
C	0.840
D	1.310

ويمكن تحديد قيمة المعامل (x) من الجدول رقم (٨-٦)

جدول (٨-٦) قيم x

Fraction of pipe subjected to lateral pressure	Value of x	
	Class A Bedding Circular pipe	Other than class A bedding Circular pipe
M	0.150	0
0	0.743	0.217
0.3	0.856	0.423
0.5	0.811	0.594
0.7	0.678	0.655

والرسومات التالية والموضحة بالشكل رقم (٨-٢٢) تبين درجات التأسيس المختلفة أ ، ب، ج ، د



درجة «أ» — درجة «ب»

درجة «حـ» تربة عادية — درجة «حـ» (تربة صخرية)

درجة «د» تربة عادية — درجة «د» تربة صخرية

شكل رقم (٨-٢٢) درجات التأسيس لمختلف أنواع التربة

وتحسب قيمة q من المعادلة الآتية:

$$q = \frac{mk}{C_c}\left\{\frac{H}{B} + \frac{m}{2}\right\} \qquad (١٤-٨)$$

حيث :

q : النسبة بين الضغط الجانبى الكلى للتربة الى الرأسى الكلى للتربة

M : نسبة الجزء الطولى للماسورة المعرضة لضغط جانبى الى القطر

B_c : القطر الخارجى للماسورة (م)

H : عمق الماسورة من السطح العلوى للماسورة وحتى سطح التربة الطبيعى (م).

K : نسبة الضغط الجانبى الى الضغط الرأسى وتأخذ ٠.٣٣ فى كل الحالات : Cc

C_c : معامل الوزن (ليس له وحدات) وهذا المعامل يتم تعيين من الشكل السابق رقم (٨-٨)

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

٨-٧ الأساس للمواسير المرنة (Flexible Pipes Bedding)

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

وبالتالى فعند تصميم المواسير المرنة يؤخذ فى الاعتبار مصادر انبعاج الماسورة تحت تأثير الأحمال الخارجية . ويؤخذ فى الاعتبار مقدار الانبعاج ويساوى ٥% من القطر الأسمى للماسورة.

والمعادلة الآتية تعطى طريقة حساب الانبعاج تحت تأثير وزن التربة.

$$\Delta X = D_e \frac{KW_c r^3}{E\,I + 00.061\ E`r^3} \qquad (١٥-٨)$$

حيث :

ΔX : الانبعاج الرأسى والأفقى لمقطع الماسورة (م)

De : معامل الانبعاج (ليس له وحدات)

K : ثابت التأسيس (ليس له وحدات)

Wc : الوزن الرأسى على الماسورة (كجم/م)

r : نصف القطر المتوسط (م)

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

I : عزم الذاتى لوحدة الطول لمقطع الماسورة (م٤ / م)

E` : معامل رد فعل التربة (كجم/ م٢) (E` = er)

e : معامل مقاومة التربة السلبى (passive) (كجم / م٣/م)

معامل الانبعاج (D_e) يعبر عن مقدار الانبعاج المستمر فى الماسورة عند تحميلها لفترة زمنية معينة وتؤخذ قيمته (١.٢٥ – ١.٥٠)

- ثابت التأسيس (k) يتوقف على الدرجة المحصورة للجزء المدفون والجدول رقم (٨-٧) يعطى هذه القيم.
- قيمة معامل مقاومة التربة (passive) (e) تتأثر عكسيا بتغيير قطر الماسورة لكل نوع عند درجة دمك ثابتة حيث إن قيمة عامل رد فعل التربة (E`) ثابت لنوع التربة الواحدة.

ومن التجارب على عدد محدود من المواسير تم استنتاج قيم (E`) وهذه القيم تتراوح بين ١٧كجم / سم حتى ٥٦٠/ سم٢ وذلك فى حالة تربة رملية طينية غير مدكوكة وتربة من كسر الحجارة مدكوكة لأقصى درجة . وفى حالات أخرى تراوحت بين (٣٥-٩٣/كجم/م٢) ويتم قيمة (E1) من الاختبار المعملى وهو اختبار اللوحين المتوازين حيث يتم تعيين قيمة جساءة الماسورة (Pipe stiffness) (P S) كجم/سم٢.

$$PS = F / \Delta y \qquad (١٦-٨)$$

حيث :

F : الحمل عند حدوث انبعاج (Δy) يساوى القطر لكل ١سم من طول قطعة الاختبار.

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

$$El = 0.149\ r^3\ (PS) \qquad (١٧-٨)$$

وذلك طبقا للمواصفات القياسية المصرية .

وفى حالة عدم إجراء الاختبار تأخذ قيمة (PS) من المواصفات الخاصة بنوعية المواسير ، وعلى سبيل المثال فى حالة المواسير البوليستر تأخذ

$$PS = 0.63 \text{ kg/cm}^2 \qquad (٨-١٨)$$

جدول رقم (٨-٧) قيم ثابت التأسيس (k)

Bedding Angle (deg)	K	Bedding Angle (deg)	K
0	1.110	90	0.090
30	0.108	120	0.090
45	0.105	180	0.083
60	0.102		

- تتغير قيمة معامل رد فعل التربة تبعا لدرجة دمك الردم حول الماسورة والجدول (٨-٨) يعطى قيمة المعامل (E`) حسب درجة الدمك .

ومما سبق يمكن تلخيص طريقة تصميم الأساس للمواسير المرنة كما يلى :

١- يحدد قطر الماسورة ومنها ويحسب نصف القطر (r).

٢- حساب عزم القصور الذاتى لمقطع الماسورة(I) .

٣- يعين معامل المرونة (E) لجسم الماسورة .

٤- يتم تعين ثوابت معامل الانبعاج.

٤-١- معامل الانبعاج (D_e).

٤-٢- ثابت التأسيس (K)

٥- يفرض قيمة الانبعاج (ΔX) يساوى ٥% من قطر الماسورة .

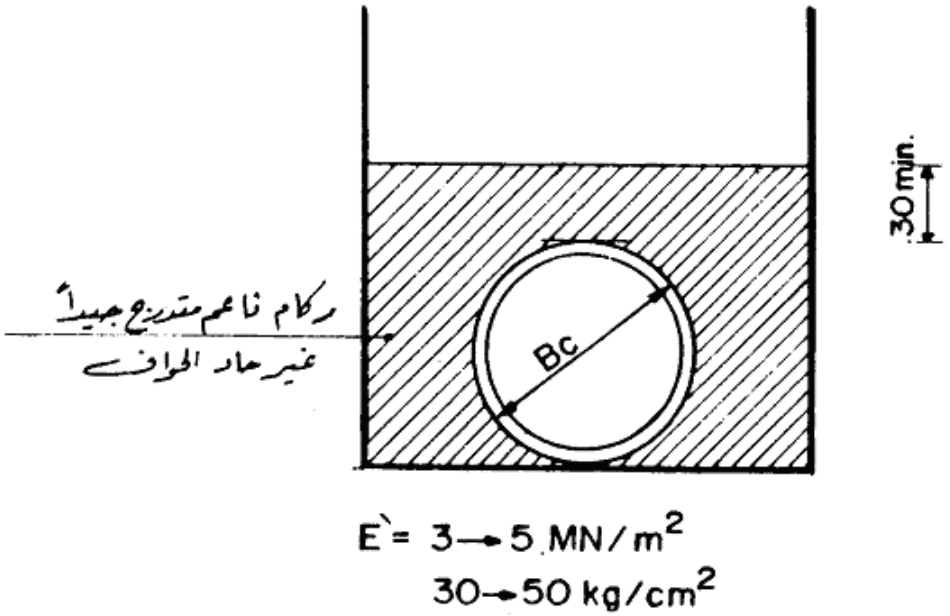
٦- يعوض بالقيم السابقة فى معادلة الانبعاج فيعين قيمة المعامل رد فعل التربة .

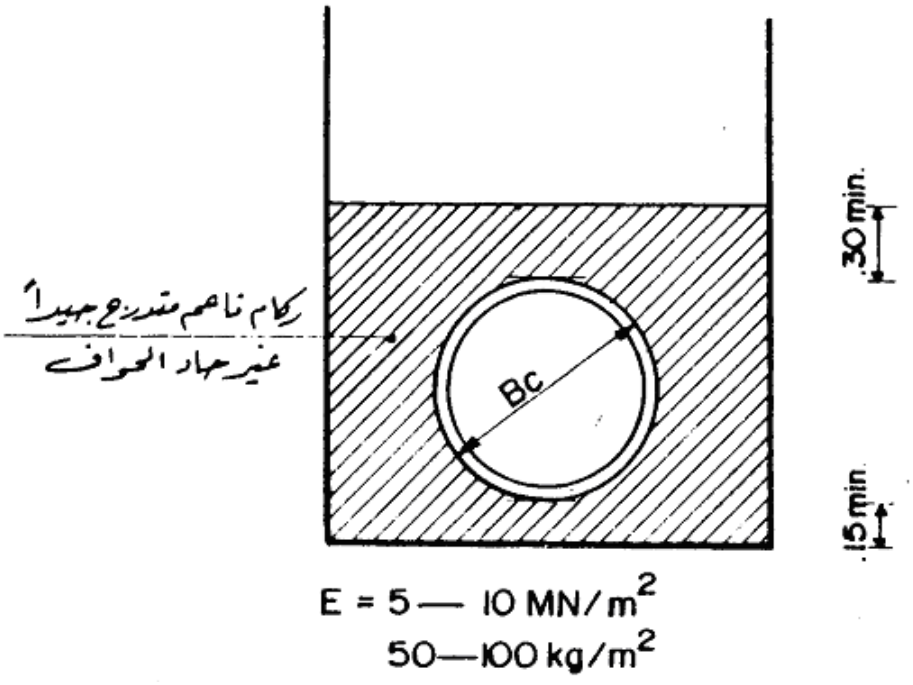
٧- من قيمة (E`) معامل رد فعل التربة يتم اختيار درجة الدمك لمادة الردم حول الماسورة. جـدول (٨-٨).

جدول (٨-٨) قيم معامل رد فعل التربة (E`)

قيمة معامل رد فعل التربة (E`) KN/cm^2	درجة الدمك Modified Proctor Test
30	80%
50	85%
70	90%
100	95%

(حالة الدمك اليدوى) 65%	21
(حالة الدمك الميكانيكى) 90%	49





شكل رقم (٨-٢٣) تفاصيل الردم حول المواسير بركام ناعم