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

الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
كود رقم ٢٠٢ - ٢٠٠١
ECP 202 - 2001

الجزء السابع : ٧/٢٠٢
المنشات الساندة

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

طبعة ٢٠٠٥

قرار وزارى
رقم (١٣٩) لسنة ٢٠٠١
فى شأن الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن تحديد أسس تصميم وشروط استكشاف الموقع وتحديد خواص التربة واختباراتها .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن أسس وشروط وتحديد إجهادات التحميل المسموح بها فى حالة الأساسات العادية .
- وعلى قرار السيد رئيس الجمهورية رقم ٤٦ لسنة ١٩٧٧ بشأن مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٤٨ لسنة ١٩٨٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى للأساسات .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٢ لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس التصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٤ لسنة ١٩٩٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ الاساسات وميكانيكا التربة .

- وعلى قرارات وزير الإسكان والمرافق أرقام ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ في شأن أجزاء الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .
- وعلى مذكرة السيد أ.د/ رئيس اللجنة الدائمة للكود والسيدة أ.د. / رئيس مركز بحوث الإسكان والبناء بشأن إصدار القرار الوزارى بنشر الكود .

قـــــرر

مادة (١): يستبدل الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات بأجزائه العشر الصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق أرقام ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ وذلك بالكود المرفق لهذا القرار بأجزائه العشر والمتضمنة تعديل وتطوير وتحديث الأجزاء الصادرة بالقرارات الوزارية المشار إليها .

مادة (٢): تلتزم الجهات المعنية والمذكورة في القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود .

مادة (٣): تتولى اللجنة الدائمة للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات اقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك . وتعتبر التعديلات بعد إصدارها جزءا لا يتجزأ من الكود .

مادة (٤): يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء المشار إليه العمل على نشر ما جاء بهذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٥): ينشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعتبر نافذا من تاريخ النشر .

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

٧/ المنشآت الساندة

يتضمن هذا الجزء من الكود الاشتراطات الخاصة بالحوائط الساندة التي تستخدم لسند أي قطع رأسي أو مائل في التربة بصفة دائمة أو مؤقتة و كذلك السدود المحيطة التى تقام بصفة مؤقتة لسند التربة و المياه المحيطة بموقع العمل بالاضافة للمنشآت الساندة فى الاعمال البحرية.

١/٧ حساب ضغط التربة الجانبى

١/١/٧ عموميات

يصنف ضغط التربة الجانبى lateral earth pressure على المنشآت الساندة وفقا للحركة النسبية بين المنشآت والتربة إلى الأنواع الأساسية التالية:

١/١/١/٧ ضغط التربة عند السكون

تكون التربة فى حالة سكون عندما لا يحدث لها انفعال جانبى. الضغط الجانبى للتربة فى هذه الحالة (σ_o) هو ضغط السكون لها. تعرف نسبة ضغط التربة الجانبى المؤثر عند السكون ($\bar{\sigma}_o$) إلى الإجهاد الرأسى المؤثر الواقع على التربة ($\bar{\sigma}_v$) بأنها معامل ضغط التربة الجانبى عند السكون (k_o)

$$k_o = \bar{\sigma}_o / \bar{\sigma}_v \qquad (١-٧)$$

وتقدر قيمة k_o في حالة ما يكون سطح الأرض أفقيا من المعادلات التالية:

للرمل

$$k_o = 1 - \sin \phi \qquad (٢-٧)$$

للطين

$$k_o = 0.19 + 0.233 \log PI \qquad (٣-٧)$$

حيث:

ϕ زاوية الاحتكاك الداخلى للرمل

PI معامل اللدونة للطين (%)

٢/١/١/٧ ضغط التربة الفعال

ينشأ ضغط التربة الفعال active earth pressure (σ_a) عندما يتحرك الحائط بعيدا عن التربة بما يكفى لتناقص ضغط التربة حتى اقل قيمة ممكنة له. تعرف نسبة ضغط التربة الجانبى المؤثر الفعال ($\bar{\sigma}_a$) إلى الإجهاد الرأسى المؤثر على التربة ($\bar{\sigma}_v$) بأنها معامل ضغط التربة الفعال k_a.

فى حالة التربة غير المتماسكة

$$\bar{\sigma}_a = k_a \cdot \bar{\sigma}_v \qquad (٤-٧)$$

٣/١/١/٧ ضغط التربة المقاوم

ينشأ ضغط التربة المقاوم Passive earth pressure (σ_p) عندما يتحرك الحائط فى اتجاه التربة حركة كبيرة نسبيا تكفى لتوليد اكبر قيمة ممكنة للضغط. تعرف نسبة ضغط التربة الجانبى المؤثر المقاوم ($\bar{\sigma}_p$) إلى الإجهاد الرأسى المؤثر الواقع على التربة (σ_v) بأنها معامل ضغط التربة المقاوم (k_p) .

فى حالة التربة غير المتماسكة

$$\bar{\sigma}_p = k_p \cdot \bar{\sigma}_v \qquad (٥-٧)$$

يعطى جدول (٧-١) بعض القيم العملية لدوران الحائط الرأسي حول نقطة عند قاعدة الحائط أو قريبا منها الذي يلزم لنشوء ضغط التربة الفعال / المقاوم، وذلك لبعض أنواع التربة.

جدول (٧-١) دوران الحائط الرأسى اللازم لنشوء ضغط التربة الفعال / المقاوم لبعض أنواع التربة

نوع التربة	زاوية الدوران (دائريا) - Y/H	
	الضغط الفعال	الضغط المقاوم
تربة غير متماسكة (كثيفة)	٥×١٠^{-٤}	٢×١٠^{-٣}
تربة غير متماسكة (سائبة)	٢×١٠^{-٣}	٦×١٠^{-٣}
تربة متماسكة (جامدة)	١×١٠^{-٢}	٢×١٠^{-٢}
تربة متماسكة (لينة)	٢×١٠^{-٢}	٤×١٠^{-٢}

حيث Y الإزاحة الأفقية عند قمة الحائط، H ارتفاع الحائط

٤/١/١/٧ تأثير جساءة الحائط على ضغط التربة الجانبى

يعتمد شكل توزيع ضغط التربة الجانبى على نو ع الحائط وحركته. يوضح شـــكل (٧-١) تـــأثير جساءة الحائطwall rigidity على توزيع ضغط التربة الجانبى.

٥/١/١/٧ تأثير وجود المياه على الضغط الجانبى للتربة.

يختلف تأثير وجود المياه على ضغوط التربة الجانبية حسب الحالة الميكانيكية للمياه. الشكل رقـــم (٧-٢) يوضح تأثير وجود المياه على ضغط التربة الجانبى للحالات الآتية:

أ- حالة المياه الساكنة.

ب- حالة تسرب مياه الأمطار لحائط ذو مصرف رأسى.

حـــ- حالة تسرب المياه تحت الحائط.

عند حساب الضغط الجانبي الإجمالي على الحائط يجب أخذ ضغط المياه في الاعتبار.

٢/١/٧ حساب ضغط التربة الفعال والمقاوم على الحوائط الساندة

يتوقف مقدار وتوزيع ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة على مجموعة من العوامل منها:

أ- نوع التربة (مقاومة القص لها).

ب- شكل سطح الأرض: إذا كان أفقيا أو مائلا أو منكسرا.

ج- خصائص ظهر الحائط (أملس أو خشن) واتجاه الاحتكاك بينه وبين التربة.

د- شكل ظهر الحائط: إذا كان رأسيا، مائلا أو منكسرا.

هـــ- وجود المياه الأرضية وحركتها خلف الحائط.

و-الأحمال الحية على سطح الأرض.

٤/١/١/٧ تأثير جساءة الحائط على ضغط التربة الجانبى

يعتمد شكل توزيع ضغط التربة الجانبى على نو ع الحائط وحركته. يوضح شـــكل (٧-١) تـــأثير جساءة الحائطwall rigidity على توزيع ضغط التربة الجانبى.

٥/١/١/٧ تأثير وجود المياه على الضغط الجانبى للتربة.

يختلف تأثير وجود المياه على ضغوط التربة الجانبية حسب الحالة الميكانيكية للمياه. الشكل رقـــم (٧-٢) يوضح تأثير وجود المياه على ضغط التربة الجانبى للحالات الآتية:

أ- حالة المياه الساكنة.

ب- حالة تسرب مياه الأمطار لحائط ذو مصرف رأسى.

حـــ- حالة تسرب المياه تحت الحائط.

عند حساب الضغط الجانبي الإجمالي على الحائط يجب أخذ ضغط المياه في الاعتبار.

٢/١/٧ حساب ضغط التربة الفعال والمقاوم على الحوائط الساندة

يتوقف مقدار وتوزيع ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة على مجموعة من العوامل منها:

أ- نوع التربة (مقاومة القص لها).

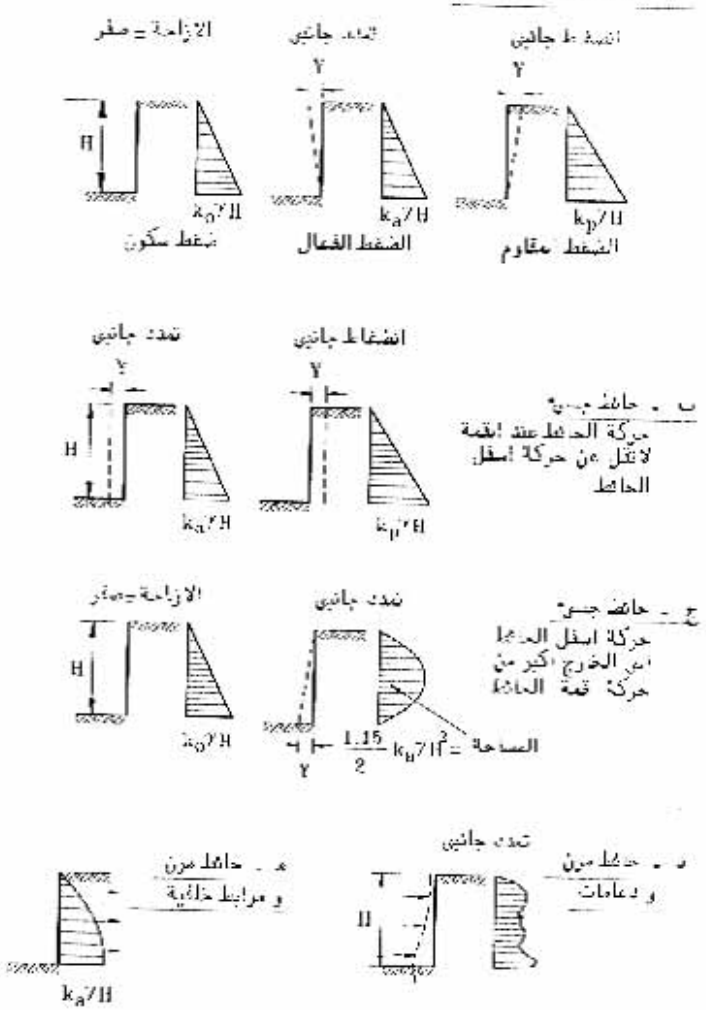
ب- شكل سطح الأرض: إذا كان أفقيا أو مائلا أو منكسرا.

ج- خصائص ظهر الحائط (أملس أو خشن) واتجاه الاحتكاك بينه وبين التربة.

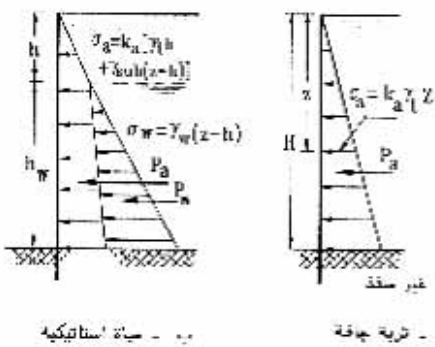
د- شكل ظهر الحائط: إذا كان رأسيا، مائلا أو منكسرا.

هـــ- وجود المياه الأرضية وحركتها خلف الحائط.

و-الأحمال الحية على سطح الأرض.

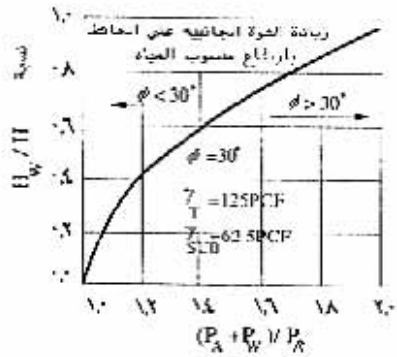


شكل (٧-١) تأثير جساءة الحائط علي توزيع ضغط التربة الجانبي

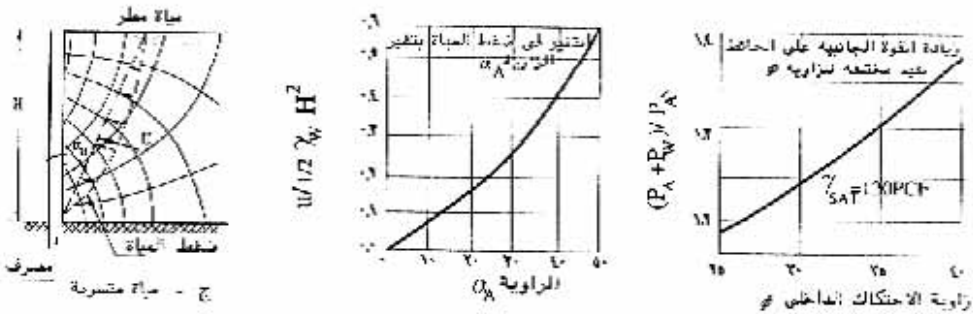


ب - مياة استاتيكية

ا - تربة جافة



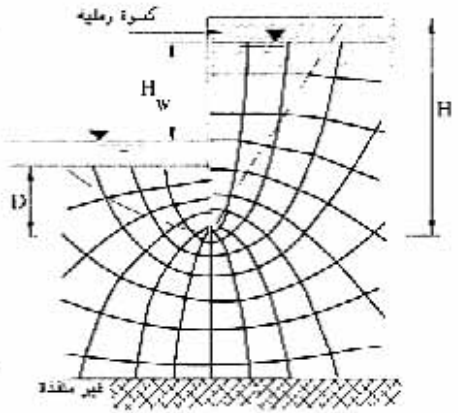
ا) تأثير مستوي المياه الساكن



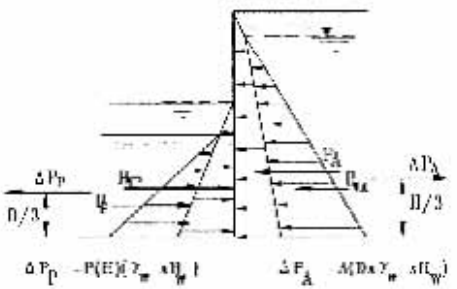
ج - مياة متسربة

ب)تأثير مياه الأمطار في وجود مصرف رأسي

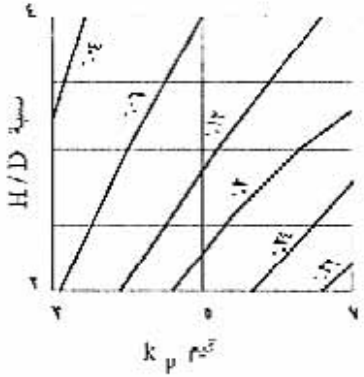
شكل ٧-٢ تأثير وجود المياه على الضغط الجانبي للتربة

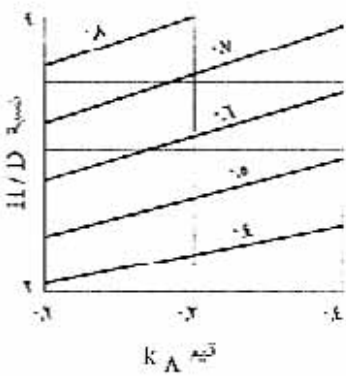


شبكة سريان لتسرب المياه اسفل الحائط لفرق منسوب مياه ثابت



$\Delta P_p = P(E)(\gamma_w \times H_w)$ $\Delta P_A = A(D \times \gamma_w \times f(I_w))$





ج) تأثير تسرب المياه تحت الحائط

شكل (٧-٢) تأثير وجود المياه علي الضغط الجانبي للتربة

١/٢/١/٧ حالات خاصة شائعة

١/٢/١/٧ (أ) ضغط التربة غير المتماسكة

تمثل حالة الحائط ذو الظهر المائل الخشن الساند لتربة جافة غير متماسكة ذات سطح مستوى مائل، حالة شائعة للحوائط الساندة شكل (٧-٣).

تحسب كثافة توزيع ضغط التربة الفعال والمقاوم على ظهر الحائط من المعادلتين التاليين:

$$\sigma_a = k_a \cdot \sigma_v \qquad (٧-٦)$$

$$\sigma_p = k_p \cdot \sigma_v \qquad (٧-٧)$$

يحسب معاملى ضغط التربة الفعال والمقاوم من المعادلتين:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\cos(\theta+\delta)\cos(\theta-\beta)}}\right]^2} \qquad (٧-٨)$$

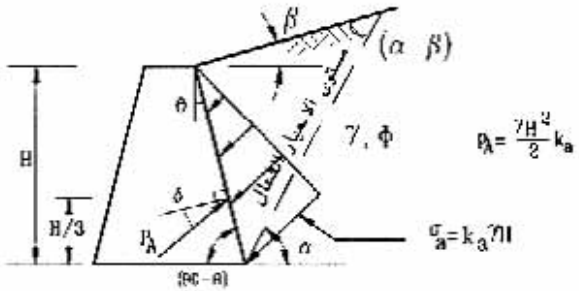
$$k_p = \frac{\cos^2(\phi+\theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta-\delta)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi+\beta)}{\cos(\theta-\delta)\cos(\theta-\beta)}}\right]^2} \qquad (٧-٩)$$

وتحسب زاوية ميل مستوى الانهيار مع الأفقى (α) من المعادلة الآتية:

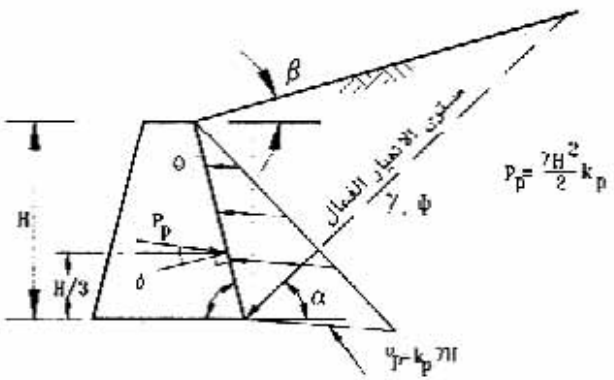
$$\cot(\alpha-\beta) = \tan(\phi+\delta+\beta-\theta) + \sec(\phi+\delta+\beta-\theta)\cdot\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\cos(\delta-\theta)}{\sin(\phi+\beta)\cos(\theta-\beta)}} \qquad (٧-١٠)$$

فى المعادلة (٧-١٠) ، الزوايا ϕ . δ تكون سالبة فى حالة ضغط التربة الفعال، وموجبة فى حالة ضغط التربة المقاوم.

يراعى اعتبار اتجاه الحركة النسبية بين الحائط والتربة فى تحديد إشارة زاوية الاحتكاك بينهما (δ).



ا - ضغط التربة الفعال



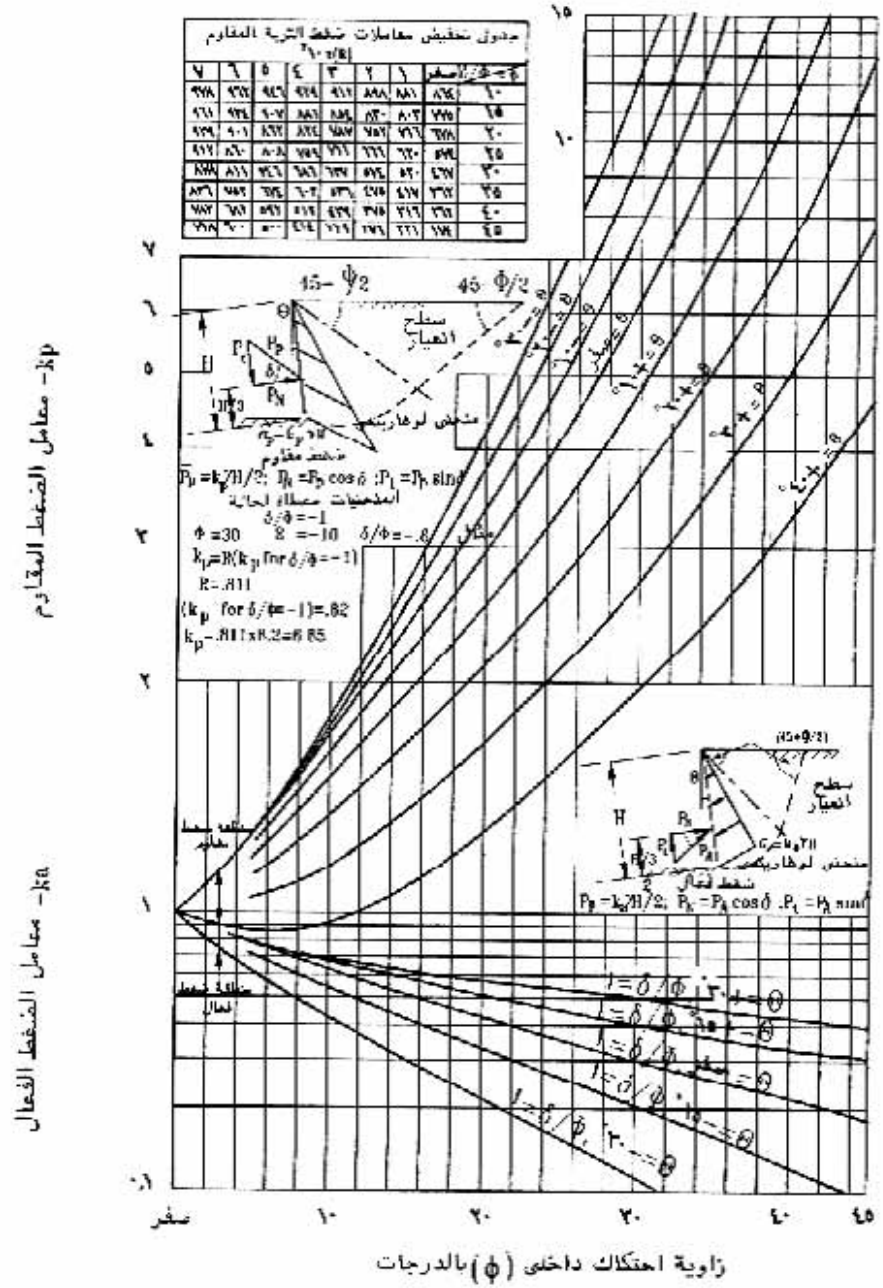
ب - ضغط التربة المقاوم

شكل (٧ –٣) حالة عامة – حائط خشن ومائل وسطح الأرض مائل

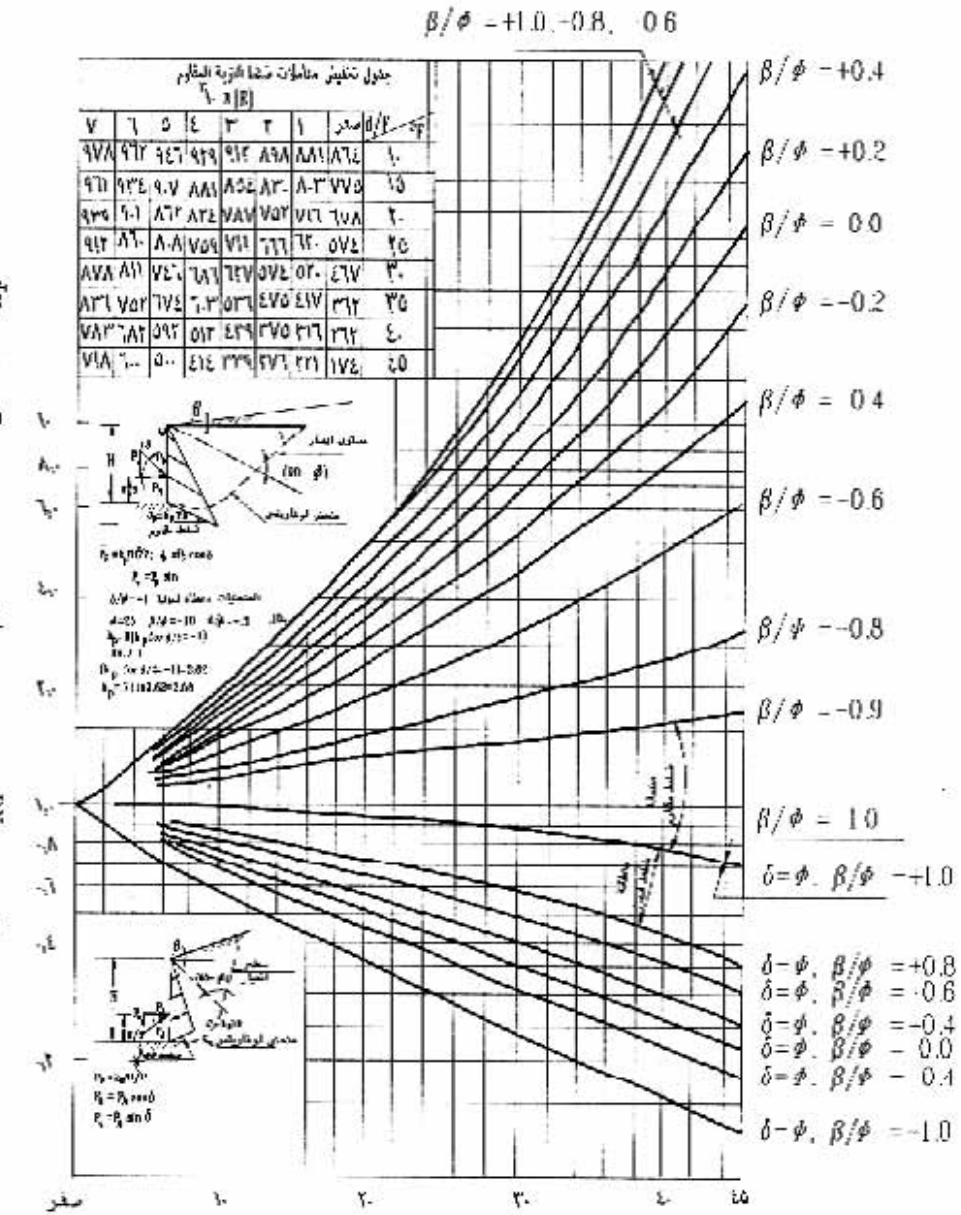
فى حالات الاحتكاك السالب على ظهر الحائط تعوض قيمة (δ) بإشارة سالبة.

يتحدد استخدام المعادلة (٧-٩) فى حساب معامل ضغط التربة المقاوم لقيم احتكاك ظهر الحائط (δ) أقل من ثلث زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة ($\phi/3$).

- يمكن استنباط قيم ضغط التربة الفعال والمقاوم للحائط التام الخشونة ($\delta/\phi = \pm 1$) من المنحنيات المبينة بالشكل (٧-٤) لحالة ظهر الحائط المائل وسطح الأرض الأفقى ومن المنحنيات بالشكل (٧-٥) لحالة ظهر الحائط الرأسى وسطح الأرض المائل.



شكل (٧-٤) معاملات ضغط التربة لحالة سطح الأرض الأفقي وظهر الحائط المائل الخشن



شكل (٧-٥) معاملات ضغط التربة لحالة سطح الأرض المائل وظهر الحائط الرأسي الخشن

١/٢/١/٧ (ب) ضغط التربة المتماسكة

فى حالة سطح الأرض المستوى الأفقى والحائط الرأسى الأملس شكل رقم (٧ ٦) تحسب كثافة ضغط التربة الفعال والمقاوم على ظهر الحائط من المعادلتين التاليتين:

$$\sigma_a = k_a \sigma_v - 2\ c \sqrt{k_a} \qquad (١١-٧)$$

$$\sigma_p = k_p \sigma_v + 2\ c \sqrt{k_p} \qquad (١٢-٧)$$

حيث

c تماسك التربة

k_a معامل ضغط التربة الفعال

$$k_a = (1 - \sin\phi)/(1+\sin\phi)$$
$$= 2 \tan (45 - \phi/2)$$

k_p معامل ضغط التربة المقاوم

$$k_p = 1 / k_a$$
$$= \tan^2 (45+\phi/2)$$

فى حالة ضغط التربة الفعال يراعى إهمال قوى الشد التى تتولد فى الطبقة السطحية من التربة بعمق (Z_o).

$$Z_o = \frac{2c}{\gamma \sqrt{k_a}} \qquad (١٣-٧)$$

من المشاهدات الحقلية لا تتجاوز قيمة (Z_o) نصف ارتفاع الحائط (H).

٢/٢/١/٧ الحالة العامة

تعتبر أى من الحالات التالية حالة عامة:

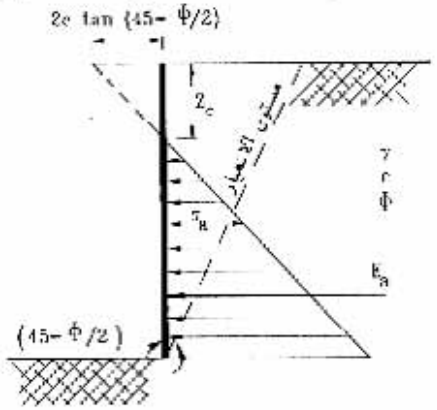
- وجود تكسير بسطح الردم الخارجى.
- وجود أحمال حية غير منتظمة.
- وجود احتكاك بين التربة والحائط.
- مستوى المياه الجوفية مائل.
- ردم خلفى مكون من طبقات.

٢/٢/١/٧ (أ) ضغط التربة الفعال

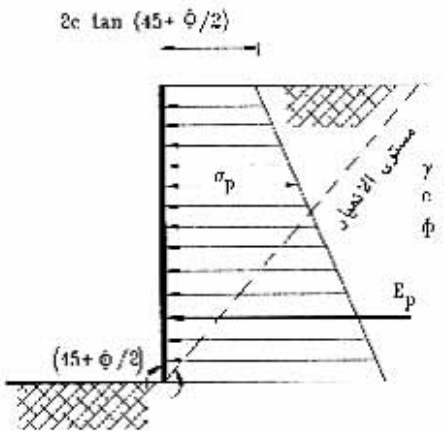
فى هذه الحالة يتم تقسيم التربة إلى أجزاء، لكل جزء منها خواصه المتجانسة.

بافتراض أسطح انهيار مستوية تحد كل منطقة منها كما فى شكل (٧-٧) ودراسة ثبات هذه الكتل من التربة يتم حساب ضغط التربة على الحائط.

الضغط الفعال للتربة هو اكبر قيمة يتم الحصول عليها فى هذه المحاولات التكرارية.

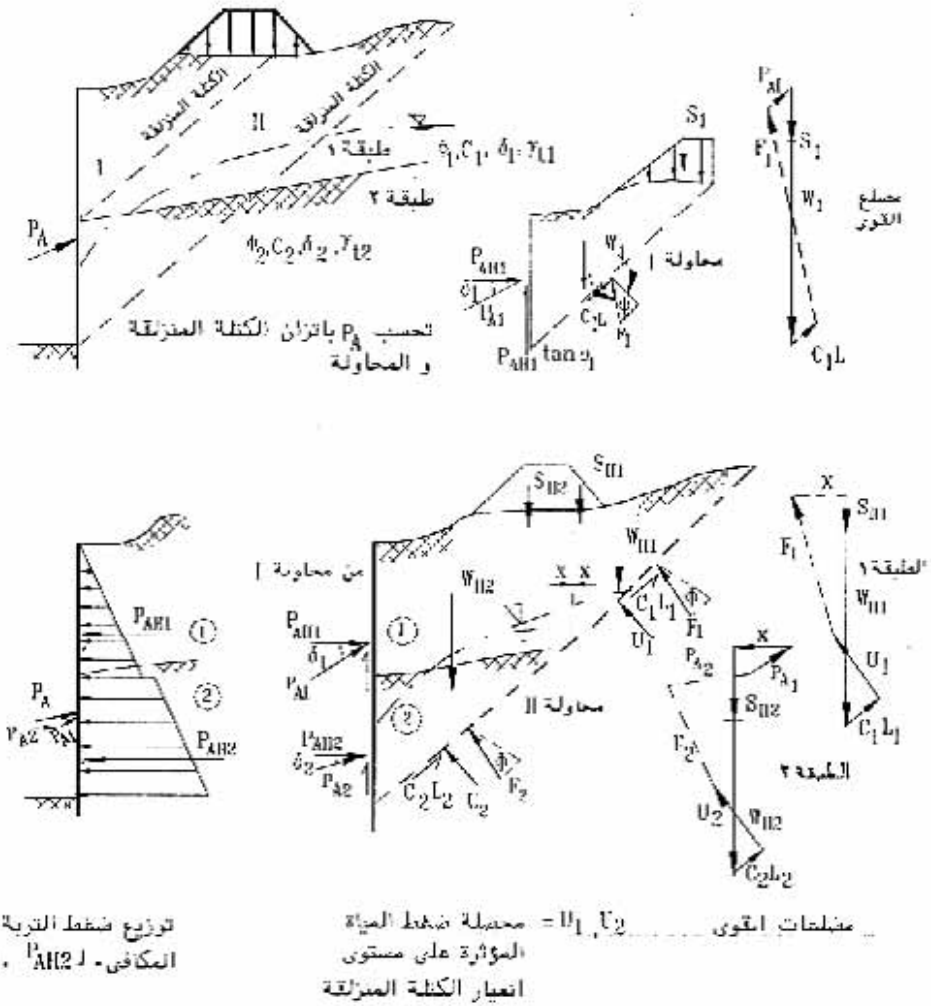


أ - ضغط التربة الفعال



ب - ضغط التربة المقاوم

شكل (٧-٦) ضغط التربة المتماسكة الفعال والمقاوم لحائط رأسي أملس وسطح الأرض أفقي



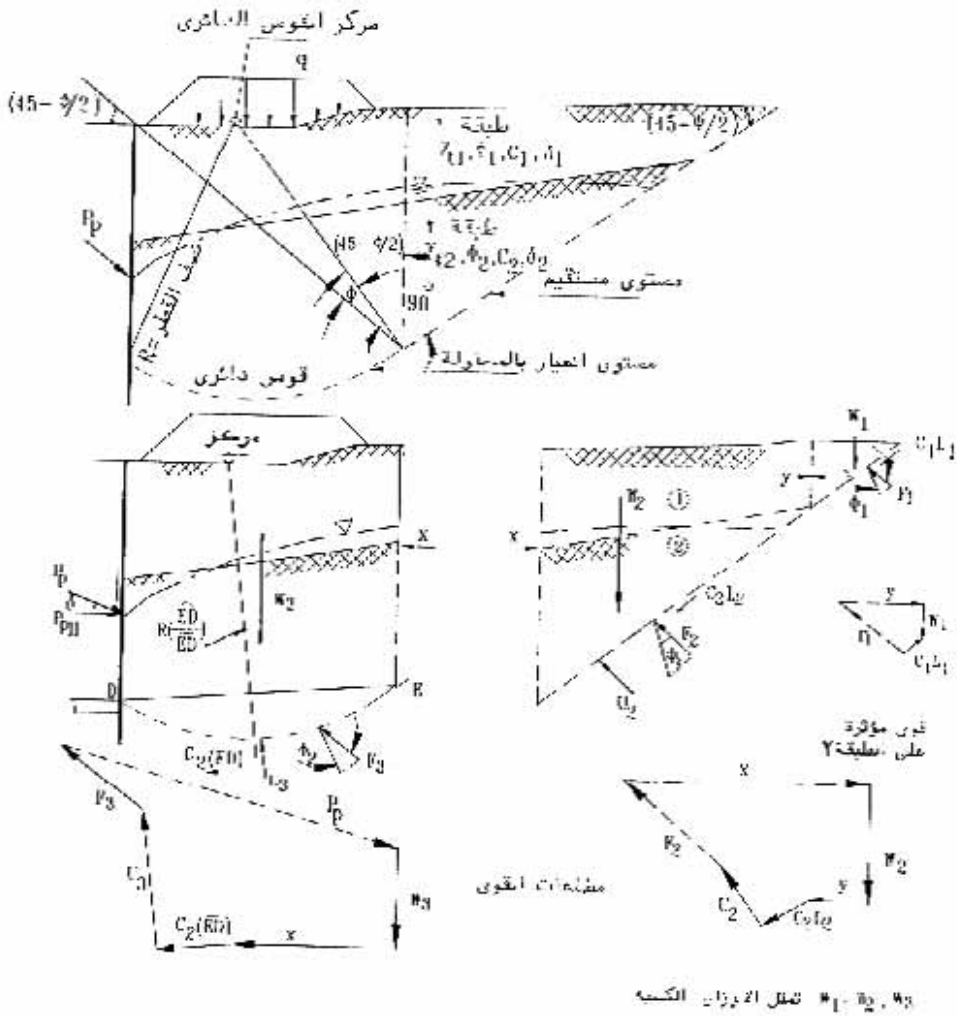
شكل (٧-٧) الحالة العامة لحساب ضغط التربة الفعال

٢/٢/١/٧ (ب) ضغط التربة المقاوم

فى هذه الحالة يتم الحل بفرض عدة أسطح انزلاق يتكون كل منها من قوس دائرى وخط مستقيم، شكل (٧-٨)، بدراسة الثبات لهذه الكتل من التربة يتم إيجاد اقل ضغط للتربة على الحائط أى الضغط المقاوم لها.

يوضح الجدول رقم (٧-٢) قيم معاملات الالتصاق لنوعيات مختلفة من التربة.

كما يوضح الجدول رقم (٧-٣) قيم معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة.



W_1 ، W_2 ، W_3 تمثل الاوزان الكميه

شكل (٧-٨) الحالة العامة لحساب ضغط التربة المقاوم

جدول (٧-٢) معاملات الالتصاق لنوعيات التربة المتماسكة المختلفة

التماسك (كجم/سم^2) c_u	الالتصاق (كجم/سم^2) c_u
تربة لينة جدا /لينة (صفر- ٠،٢٥)	صفر- ٠،٢٥
تربة متماسكة متوسطة (٠،٢٥-٠،٥٠)	٠،٢٥- ٠،٥٠
تربة متماسكة جامدة (٠،٥٠-١،٠٠)	٠،٥٠-٠،٧٥
تربة متماسكة جامدة جدا (١،٠٠-٢،٠٠)	٠،٧٥-٠،٩٥
تربة متماسكة صلبة (٢،٠٠-٤،٠٠)	٠،٩٥-١،٣٠

جدول (٧-٣) معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة

نوع الحائط والتربة المجاورة	معامل الاحتكاك	زاوية الاحتكاك بالدرجات
ا- حائط من الخرسانة أو المباني علي المواد التالية:		
-صخر نقي طنان	٠,٧	٣٥
-زلط نقي-خليط من الزلط والرمل-رمل خشن	٠,٦٠-٠,٥٥	٣١-٢٩
-رمل نقي ناعم إلي متوسط الخشونة-رمل طميي متوسط الخشونة وخشن-زلط طميي أو طيني	٠,٥٥-٠,٤٥	٢٩-٢٤
-رمل نقي ناعم-رمل طميي أو طيني ناعم إلي متوسط الخشونة	٠,٤٥-٠,٣٥	٢٤-١٩
-طمي رملي ناعم-طمي غير لدن	٠,٣٥-٠,٣٠	١٩-١٧
-طين جامد جدا وصلب متصلد أو سابق التصلد	٠,٥٠-٠,٤٠	٢٦-٢٢
طين متوسط إلي جامد- طين طميي	٠,٣٥-٠,٣٠	١٩-١٧
ب- المتائر اللوحية من الصلب:		
-زلط نقي-خليط من الزلط والرمل- ردم الصخر جيد التدرج	٠,٤٠	٢٢
-زلط نقي-خليط من الزلط والرمل والطمي-ردم من الصخر	٠,٣٠	١٧
الصلب ذو المقاس الواحد		

تابع جدول (٧-٣)

نوع الحائط والتربة المجاورة	معامل الاحتكاك	زاوية الاحتكاك بالدرجات
رمل طميي-رمل أو زلط مخلوط بالطمي أو الطين	٠,٢٥	١٤
طمي رملي ناعم-طمي غير لدن	٠,٢٠	١١
ج- الستائر اللوحية الخرسانية		
-زلط نقي-خليط من الزلط والرمل-- ردم الصخر جيد التدرج	٠,٥٠-٠,٤٠	٢٦-٢٢
-رمل نقي-خليط من الرمل الطيني والزلط-ردم من الصخر	٠,٤٠-٠,٣٠	٢٢-١٧
-رمل طيني -خليط من الرمل أو الزلط مع الطين أو الطمي	٠,٣٠	١٧
--طمي رملي ناعم- طمي غير لدن	٠,٢٥	١٤
د-مواد إنشائية متغيرة:		
-مباني علي مباني- صخور نارية ومتحولة	٠,٧٠	٣٥
-صخر طري مستوي علي صخر طري مستوي	٠,٧٠	٣٥
-صخر صلب مستوي علي صخر طري مستوي	٠,٦٥	٣٣
صخر صلب مستوي علي صخر صلب مستوي	٠,٥٥	٢٩
-مباني علي خشب	٠,٥٠	٢٦
-حديد علي حديد عند الوصلات	٠,٣٠	١٧

٣/١/٧ حساب ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة الجسيئة الناشئ عن الأحمال الحية

١/٣/١/٧ حمل موزع بانتظام

فى حساب ضغط التربة الجانبى على الحوائط الجسيئة الناشئ عن حمل موزع بانتظام كثافته (q) تستخدم المعادلتان التاليتان:

$$\sigma_a = k_a \cdot q \qquad (١٤-٧)$$

$$\sigma_p = k_p \cdot q \qquad (١٥-٧)$$

تابع جدول (٧-٣)

نوع الحائط والتربة المجاورة	معامل الاحتكاك	زاوية الاحتكاك بالدرجات
رمل طميي-رمل أو زلط مخلوط بالطمي أو الطين	٠,٢٥	١٤
طمي رملي ناعم-طمي غير لدن	٠,٢٠	١١
ج- الستائر اللوحية الخرسانية		
-زلط نقي-خليط من الزلط والرمل-- ردم الصخر جيد التدرج	٠,٥٠-٠,٤٠	٢٦-٢٢
-رمل نقي-خليط من الرمل الطيني والزلط-ردم من الصخر	٠,٤٠-٠,٣٠	٢٢-١٧
-رمل طيني -خليط من الرمل أو الزلط مع الطين أو الطمي	٠,٣٠	١٧
--طمي رملي ناعم- طمي غير لدن	٠,٢٥	١٤
د-مواد إنشائية متغيرة:		
-مباني علي مباني- صخور نارية ومتحولة	٠,٧٠	٣٥
-صخر طري مستوي علي صخر طري مستوي	٠,٧٠	٣٥
-صخر صلب مستوي علي صخر طري مستوي	٠,٦٥	٣٣
صخر صلب مستوي علي صخر صلب مستوي	٠,٥٥	٢٩
-مباني علي خشب	٠,٥٠	٢٦
-حديد علي حديد عند الوصلات	٠,٣٠	١٧

٣/١/٧ حساب ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة الجسيئة الناشئ عن الأحمال الحية

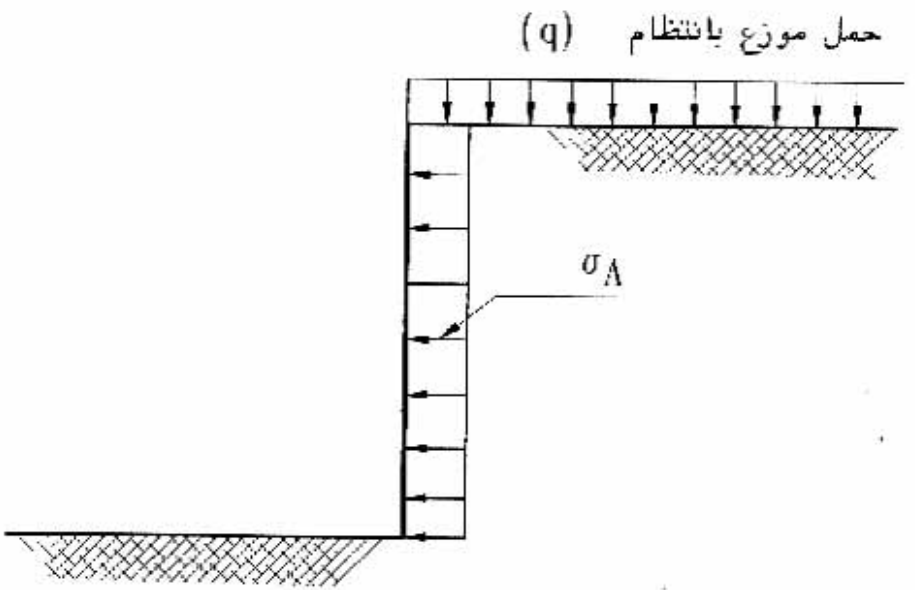
١/٣/١/٧ حمل موزع بانتظام

فى حساب ضغط التربة الجانبى على الحوائط الجسيئة الناشئ عن حمل موزع بانتظام كثافته (q) تستخدم المعادلتان التاليتان:

$$\sigma_a = k_a \cdot q \qquad (١٤-٧)$$

$$\sigma_p = k_p \cdot q \qquad (١٥-٧)$$

حيث k_a، k_p معاملى ضغط التربة الفعال والمقاوم المناظران لظروف الحائط والتربة، ويكـــون توزيع ضغط التربة الجانبى منتظم مع العمق، شكل (٧-٩).



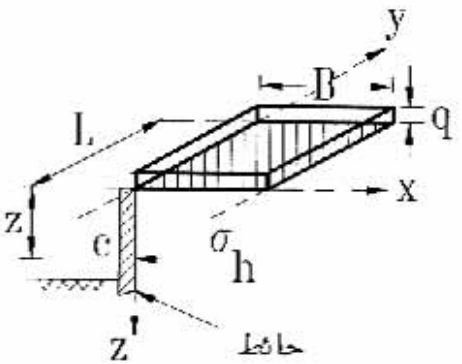
شكل (٧-٩) ضغط جانبى ناتج عن حمل موزع بانتظام

٢/٣/١/٧ حمل موزع بانتظام على مساحة مستطيلة

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة تحت ركن المساحة المحملة الملاصق للحـــائط مـــن المعادلـــة التالية:

$$\sigma_h = I_p \cdot q \qquad (١٦-٧)$$

حيث (I_p) معامل ضغط التربة الجانبى والذى يستنتج من الشكل رقم (٧-١٠).

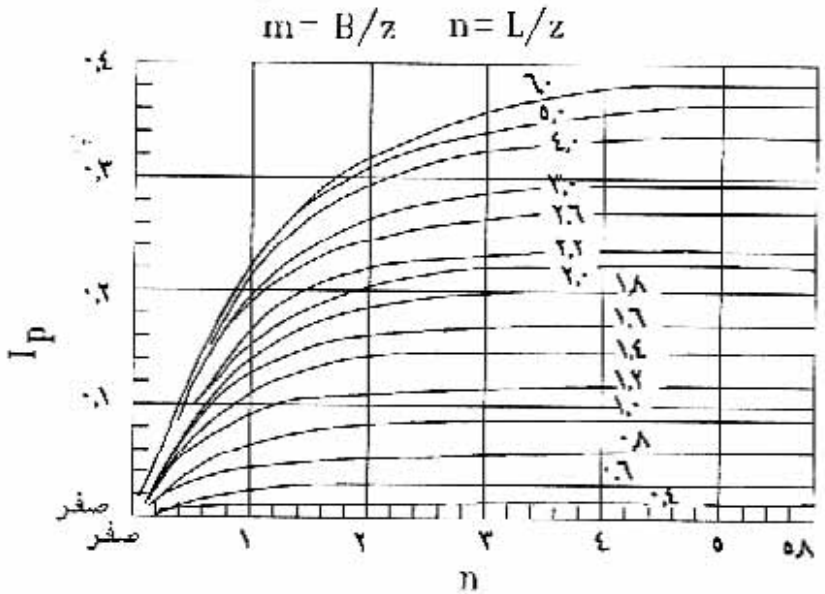


μ = ٠,٥

q = حمل موزع بانتظام

L = الطول الموازى للحائط

B = الطول العمودى على الحائط



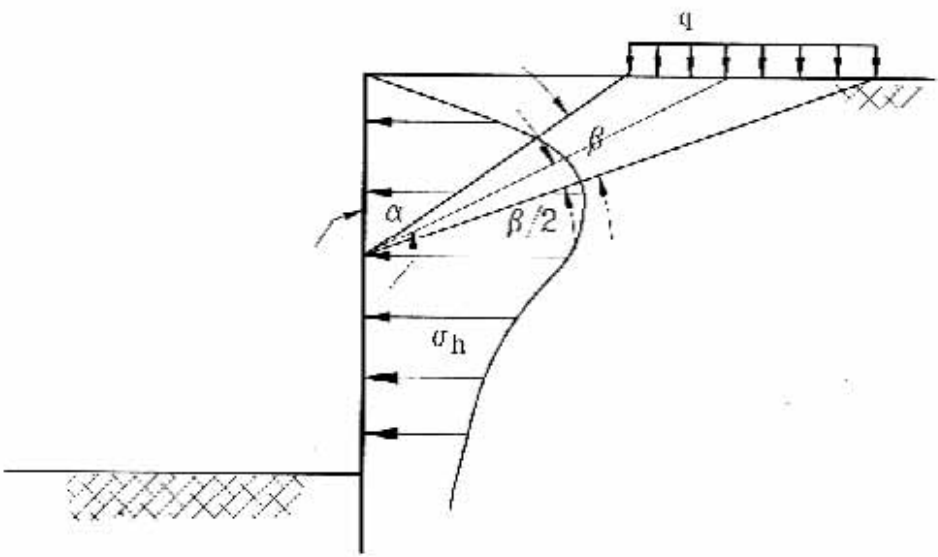
شكل (٧-١٠) المعامل I_p للأحمال الموزعة علي مساحة مستطيلة

٧/١/٣/٣ حمل شريطى منتظم

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة من المعادلة التالية:

$$\sigma_h = 2\ q\ (\beta - \sin\beta . \cos 2\alpha) / \pi \qquad (٧-١٧)$$

الشكل رقم (٧-١١) يوضح توزيع الضغط الجانبى مع العمق.



شكل (٧-١١) توزيع الضغط الجانبي نتيجة حمل شريطي منتظم

٤/٣/١/٧ حمل خطي

يتم حساب الضغط الجانبي للتربة من المعادلتين التاليتين:

$$\sigma_h = 1.27 \frac{q}{H} \cdot \frac{m^2 . n}{(m^2+n^2)^2} \qquad m > 0.4$$

$$P_h = 0.64\ q / (m^2+1)$$

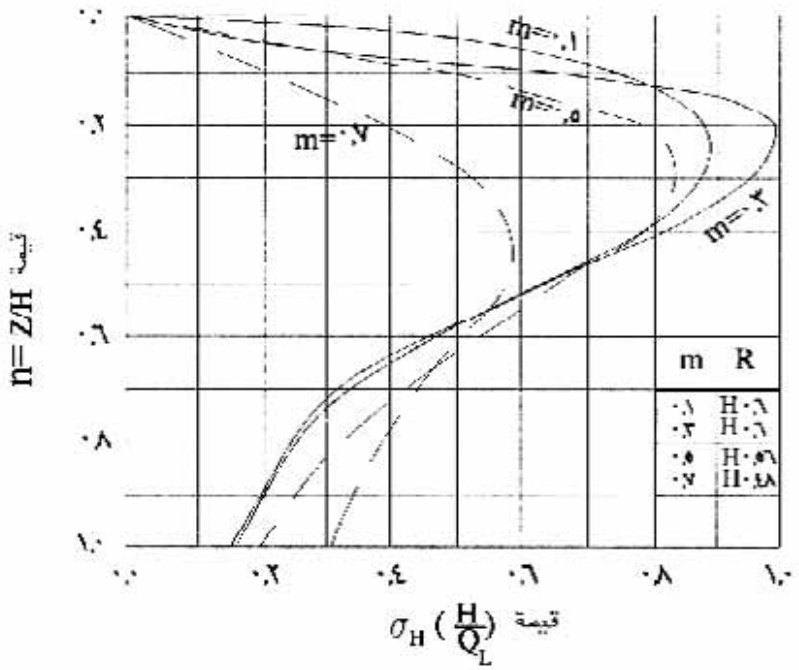
(٧-١٨)

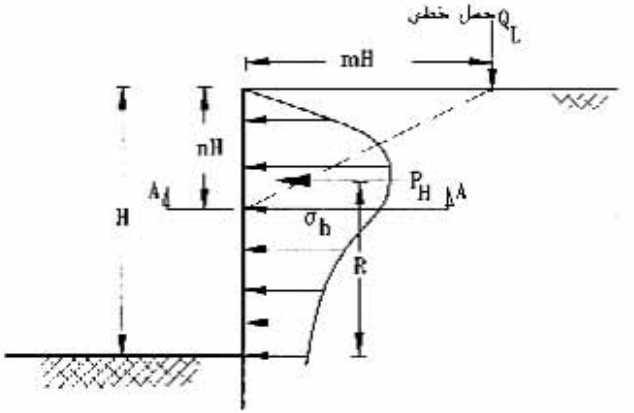
$$\sigma_h = 0.203 \frac{q}{H} \cdot \frac{n}{(0.16+n^2)^2} \qquad m < 0.4$$

$$P_h = 0.55\ q$$

(٧-١٩)

الشكل رقم (٧-١٢) يبين توزيع الضغط الجانبى للتربة على الحائط ومكان تأثير المحصلة. مـــع ملاحظة أن Q_L المبينة بالرسم تمثل q الواردة في المعادلتين (٧-١٨) ، (٧-١٩)





شكل (٧-١٢) توزيع الضغط الجانبي نتيجة حمل خطي

٧/١/٣/٥ حمل مركز

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة (σ_h) من المعادلتين التاليتين:

$$\sigma_h = 1.770 \frac{Q}{H^2} \cdot \frac{m^2 . n^2}{(m^2 + n^2)^3} \qquad m > 0.4 \qquad (٢٠-٧)$$

$$\sigma_h = 0.280 \frac{Q}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0.16 + n^2)^3} \qquad m \leq 0.4 \qquad (٢١-٧)$$

الشكل رقم (٧-١٣) يوضح أن كثافة الضغط الجانبى فى التربة يتغير راسيا مع العمق وافقيا مع البعد عن الحمل المركز، حيث:

$$\sigma'_h = \sigma_h \cos^2(1.1\theta)$$

مع ملاحظة أن Q_p الموجودة بالرسم تمثل Q الموضحة بالمعادلتين (٧-٢٠)، (٧-٢١) .

٧/١/٤ ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة الناتج من الزلزال

(يرجع الى الجزء السادس من هذا الكود)

٧/١/٥ اعتبارات عامة عند حساب الضغوط الجانبية على الحوائط الساندة والناتجة عن حالات خاصة

٧/١/٥/١/ انتفاخ التربة

انتفاخ التربة (soil swelling) الطينية يؤدى إلى ضغوط جانبية كبيرة على الحوائط الساندة ومن الأفضل تقليل احتمال حدوث هذه الضغوط وذلك باستخدام تربة إحلال ملائمة كردم خلفى.

٧/١/٥/٢ تمدد المنشأ

يجب الأخذ فى الاعتبار تمدد أو انكماش المنشأ العلوى وما يصاحبه من إزاحة للحائط تغير بالتبعية من قيم الضغط الجانبى للتربة على الحائط الساند.

٧/١/٣/٥ حمل مركز

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة (σ_h) من المعادلتين التاليتين:

$$\sigma_h = 1.770 \frac{Q}{H^2} \cdot \frac{m^2 . n^2}{(m^2 + n^2)^3} \qquad m > 0.4 \qquad (٢٠-٧)$$

$$\sigma_h = 0.280 \frac{Q}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0.16 + n^2)^3} \qquad m \leq 0.4 \qquad (٢١-٧)$$

الشكل رقم (٧-١٣) يوضح أن كثافة الضغط الجانبى فى التربة يتغير راسيا مع العمق وافقيا مع البعد عن الحمل المركز، حيث:

$$\sigma'_h = \sigma_h \cos^2(1.1\theta)$$

مع ملاحظة أن Q_p الموجودة بالرسم تمثل Q الموضحة بالمعادلتين (٧-٢٠)، (٧-٢١) .

٧/١/٤ ضغط التربة الجانبى على الحوائط الساندة الناتج من الزلزال

(يرجع الى الجزء السادس من هذا الكود)

٧/١/٥ اعتبارات عامة عند حساب الضغوط الجانبية على الحوائط الساندة والناتجة عن حالات خاصة

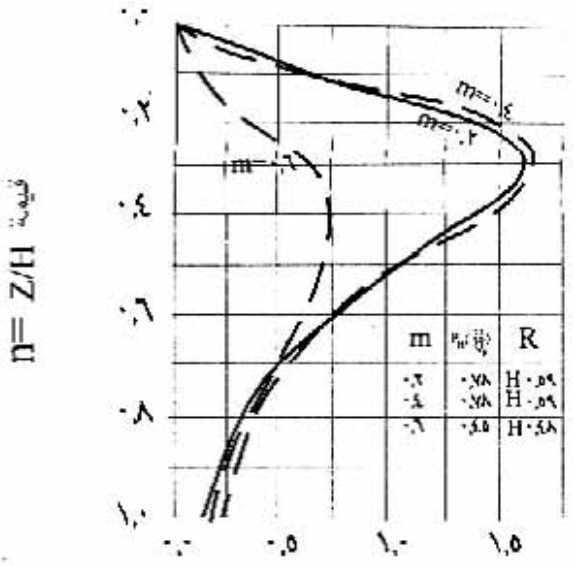
٧/١/٥/١/ انتفاخ التربة

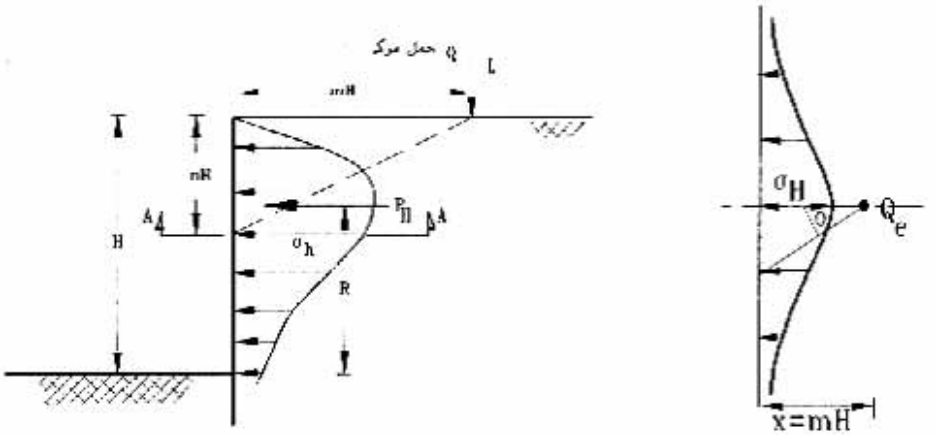
انتفاخ التربة (soil swelling) الطينية يؤدى إلى ضغوط جانبية كبيرة على الحوائط الساندة ومن الأفضل تقليل احتمال حدوث هذه الضغوط وذلك باستخدام تربة إحلال ملائمة كردم خلفى.

٧/١/٥/٢ تمدد المنشأ

يجب الأخذ فى الاعتبار تمدد أو انكماش المنشأ العلوى وما يصاحبه من إزاحة للحائط تغير بالتبعية من قيم الضغط الجانبى للتربة على الحائط الساند.

الحوائط الساندة التى تحمل منشآت ذات ركائز متحركة تتعرض لقوى احتكـــاك باتجـــاه حركـــة الركائز وفى مستواها، يجب اعتبار هذه القوى فى تصميم الحوائط.



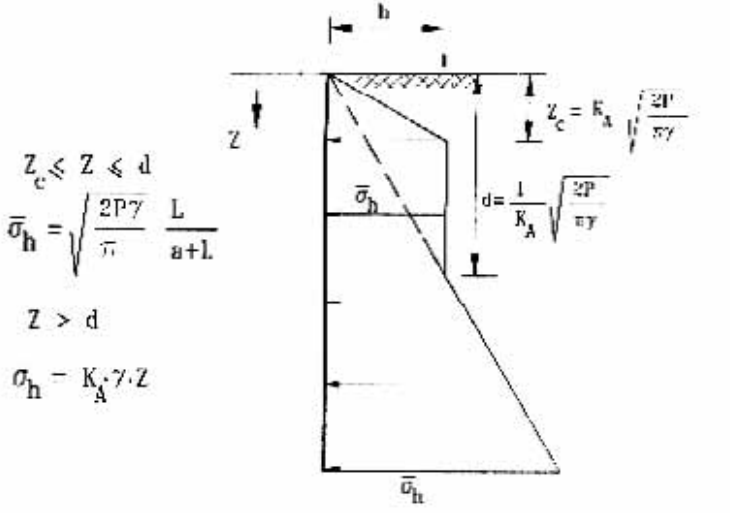


شكل (٧-١٣) توزيع الضغط الجانبي فى التربة تحت تأثير حمل مركز

٣/٥/١/٧ دمك الردم الخلفى

يدمك الردم الخلفى backfill للحوائط المساندة باستخدام معدات دمك يدوية أو ميكانيكية خفيفة الوزن، يجب اعتبار ذلك فى دراسة ثبات الحائط. يراعى عدم استعمال آلات الدمك الميكانيكية الثقيلة على كتلة التربة المنزلقة.

فى حالة التربة الرملية يمكن حساب ضغط التربة الجانبى الناشئ عن وزن معدة الدمك باستخدام الشكل المعدل للتوزيع المثلثى للضغط الفعال المبين بشكل (٧-١٤).



$$P(\text{حمل المراس}) = \frac{\text{قوة الطرد المركزى + الحمل الاستاتيكى للمراس}}{\text{عرض المراس}}$$

a : بعد المراس من الحائط

L : طول المراس

شكل (٧-١٤) ضغط التربة الجانبى على حوائط التربة الرملية نتيجة للدمك

٤/٥/١/٧ اعتبارات التنفيذ

يجب اعتبار تأثير الأحمال الحية الناشئة عن تشوينات أدوات الحفر والتربة الناتجة من الحفر عند حساب الضغوط الجانبية على الحوائط المساندة.

٢/٧ الحوائط التثاقلية

تعتمد الحوائط التثاقليةgravity walls في ثباتها على وزنها ووزن الردم فوقها.

١/٢/٧ الأنواع

تقسم الحوائط التثاقلية إلى الأنواع التالية:

- حوائط كتلية massive walls تصنع من الطوب أو الحجارة أو الخرسانة العادية.
- حوائط من الخرسانة المسلحة reinforced concrete walls .
- حوائط مفتوحة crib walls تصنع من الأخشاب أو الخرسانة المسلحة سابقة التجهيز أو القطاعات المعدنية.
- حوائط الجابيونات gabion walls تصنع من كمر الحجارة المعبأ في جابيونات.

٢/٢/٧ مواد الإنشاء وإجهادات التشغيل

تكون المواد المستخدمة في الإنشاء وكذلك اجهادات التشغيل لها مطابقة للمواصفات القياسية المصرية.

٣/٢/٧ القوى المؤثرة

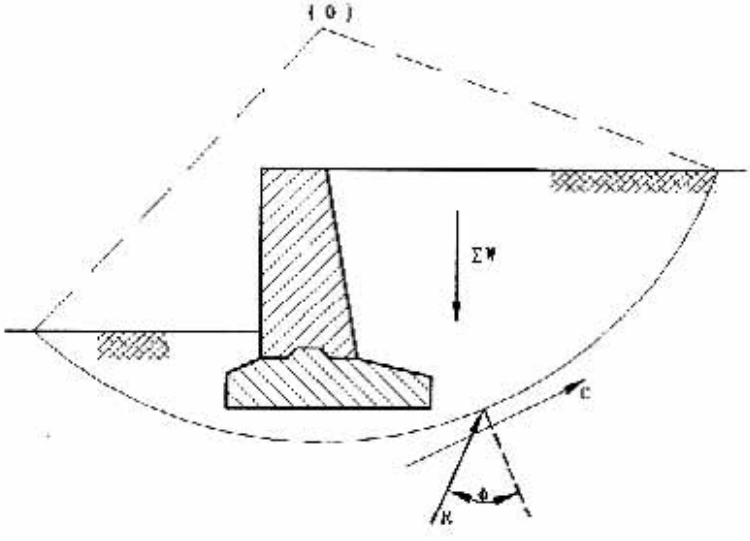
بعد افتراض أبعاد ابتدائية للحائط وفق نوعه، يتم حساب القوى التالية:

١- وزن الحائط والردم الموجود فوقه.
٢- الأحمال الحية والميتة الموجودة على الحائط والردم فوقه.
٣- الضغوط الجانبية للتربة الناتجة عن وزن الردم الخلفي.
٤- الضغوط الجانبية للتربة الناتجة عن الأحمال الحية والميتة على الردم الخارجي.
٥- ضغوط المياه على الحائط.
٦- القوى الناتجة عن تأثير الزلازل.
٧- القوى الناتجة عن تأثير الأمواج.
٨- القوى الناتجة عن تراكي السفن.
٩- أي قوى أخرى تتولد أثناء تنفيذ أو تشغيل الحائط.

٤/٢/٧ ثبات الحائط

١/٤/٢/٧ ثبات الحائط ضد انزلاق التربة المحيطة

يجب التحقق من كفاية معامل الأمان ضد الانزلاق الدوراني rotational sliding للحائط وكتلة التربة المحيطة به، شكل رقم (٧-١٥)، ويرجع فى حساب معامل الأمان ضد الانزلاق إلى طرق دراسة ثبات الميول (الجزء الثامن من الكود المصرى).

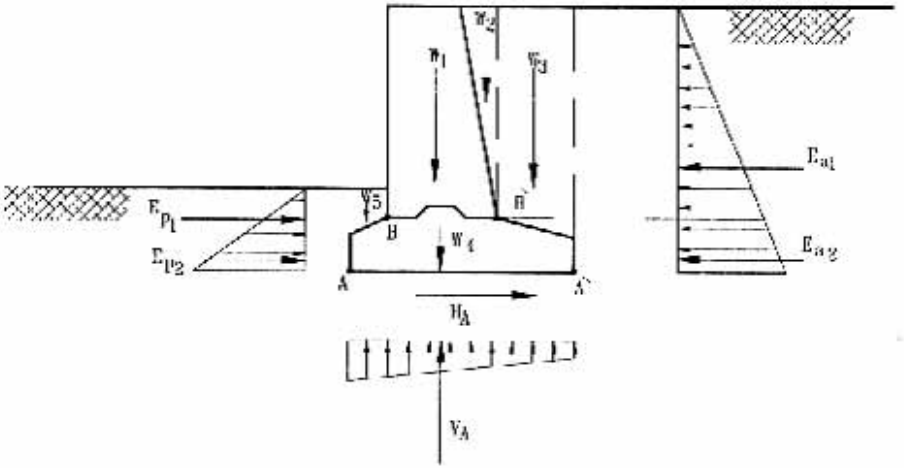


شكل (٧-١٥) ثبات الحائط ضد انزلاق التربة المحيطة

- فى حالة تعيين خصائص التربة من نتائج اختبارات معملية يجب ألا يقل معامل الأمان ضد الانزلاق الدورانى عن ١,٥٠.

٣/٤/٢/٧ ثبات الحائط ضد الانقلاب

- يجب التحقق من كفاية معامل الأمان ضد دوران الحائط حول القدم (النقطة A) وكذلك دوران الجذع حول نقطة (B) فى حالة تغيير قطاع الحائط، شكل رقم (٧-١٦).



شكل (٧-١٦) ثبات الحائط ضد الانقلاب والانزلاق للأمام

$$\text{- معامل الأمان ضد الانقلاب} = \frac{\text{عزوم القوى المانعة للدوران حول (A) أو (B)}}{\text{عزوم القوى المسببة للدوران حول (A) أو (B)}}$$

- يجب ألا يقل معامل الأمان ضد الانقلاب عن ٢,٠٠.

٣/٤/٢/٧ ثبات الحائط ضد الانزلاق للأمام

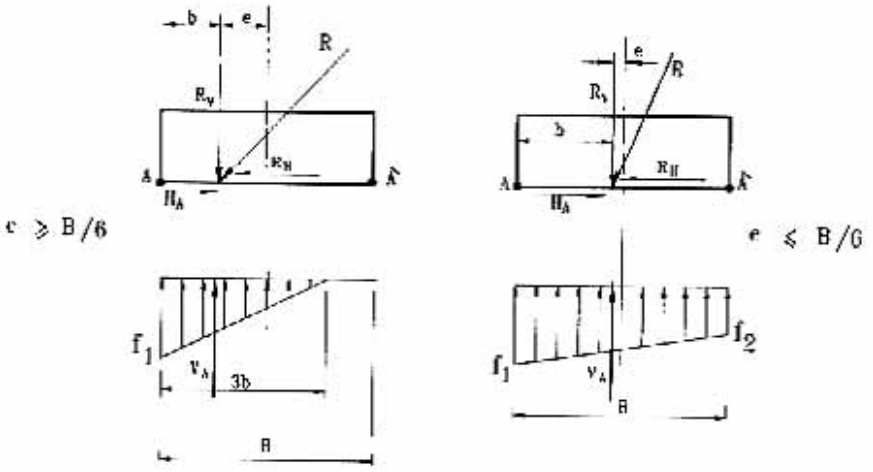
- يجب التحقق من كفاية معامل الأمان ضد انزلاق الحائط للأمام على المستوى (AA`) وكذلك ضد انزلاق الجذع على المستوى (BB`)، شكل رقم (٧-١٦).

$$\text{- معامل الأمان ضد الانزلاق} = \frac{\text{القوى المانعة للانزلاق على المستوى (AA') أو (BB')}}{\text{القوى المسببة للانزلاق على المستوى (AA') أو (BB')}}$$

- القوى المانعة للانزلاق هى:
  - قوى التماسك أو الاحتكاك بين أساس الحائط والتربة على المستوى (AA`).
  - قوى التماسك أو الاحتكاك بين جذع الحائط وقاعدته أو مقاومة القص لمفتاح الرباط على المستوى (BB`).
- يجب ألا يقل معامل الأمان ضد الانزلاق عن ٢,٠٠ وفى حالة وجود مفتاح رباط بين الجذع والقاعدة يجب ألا يقل معامل الأمان عن ١,٥٠.

٤/٤/٢/٧ اجهادات التماس بين أساس الحائط والتربة

- يجب ألا يزيد إجهاد التماس الأقصى بين الأساس والتربة عن إجهاد التحميل المأمون للتربة.
- تحسب اجهادات التماس المتولدة من جميع القوى المؤثرة على الحائط بافتراض أن هذه الاجهادات توزع توزيعا خطيا على سطح التلامس السفلى بين أساس الحائط والتربة شكل رقم (٧-١٧).



(ب) (أ)

شكل (٧-١٧) التوزيع الخطي لإجهادات التماس

- إذا وقعت محصلة القوى المؤثرة على الحائط (R) فى الثلث الأوسط من عرض الأســـاس (B) ، الشكل رقم (٧-١٧-أ) فان الاجهادات الراسية تحسب من العلاقة:

$$f_{\frac{1}{2}} = \frac{R_v}{B}\left[1 \pm \frac{6e}{B}\right] \qquad (٢٢-٧)$$

أما إذا وقعت خارج الثلث الأوسط في الشكل (٧-١٧ب)، فإنها تحسب من العلاقة

$$f_1 = \frac{2}{3}\left[\frac{Rv}{0.5B - e}\right] \qquad (٢٣-٧)$$

$$f_2 = 0$$

- يرجع فى حساب إجهاد التحميل المأمون للتربة إلى الجزء الثالث من الكود المصرى الخـاص بالأساسات الضحلة.

٧/٢/٥ هبوط الحائط

يجب حساب الهبوط وفرق الهبوط الحادث للحائط عند مستوى قاعدته والتأكد من أن قيمهما فـــى الحدود المسموح بها، ويرجع فى ذلك إلى الجزء الثالث من الكود المصرى الخاص بالاساســـات الضحلة.

٧/٢/٦ أسس تصميم الحوائط الثقالية

٧/٢/٦/١ الحوائط الكتلية

تقسم الحوائط الكتلية massive walls طبقا للمواد المستخدمة فى إنشائها إلى:

- حوائط من الخرسانة العادية، شكل رقم (٧-١٨-أ) .
- حوائط من الطوب أو الحجارة ، شكل رقم (٧-١٨-ب).
- حوائط خليط من النوعين السابقين ، شكل رقم (٧-١٨-ج).

- إذا وقعت محصلة القوى المؤثرة على الحائط (R) فى الثلث الأوسط من عرض الأســـاس (B) ، الشكل رقم (٧-١٧-أ) فان الاجهادات الراسية تحسب من العلاقة:

$$f_{\frac{1}{2}} = \frac{R_v}{B}\left[1 \pm \frac{6e}{B}\right] \qquad (٢٢-٧)$$

أما إذا وقعت خارج الثلث الأوسط في الشكل (٧-١٧ب)، فإنها تحسب من العلاقة

$$f_1 = \frac{2}{3}\left[\frac{Rv}{0.5B - e}\right] \qquad (٢٣-٧)$$

$$f_2 = 0$$

- يرجع فى حساب إجهاد التحميل المأمون للتربة إلى الجزء الثالث من الكود المصرى الخـاص بالأساسات الضحلة.

٧/٢/٥ هبوط الحائط

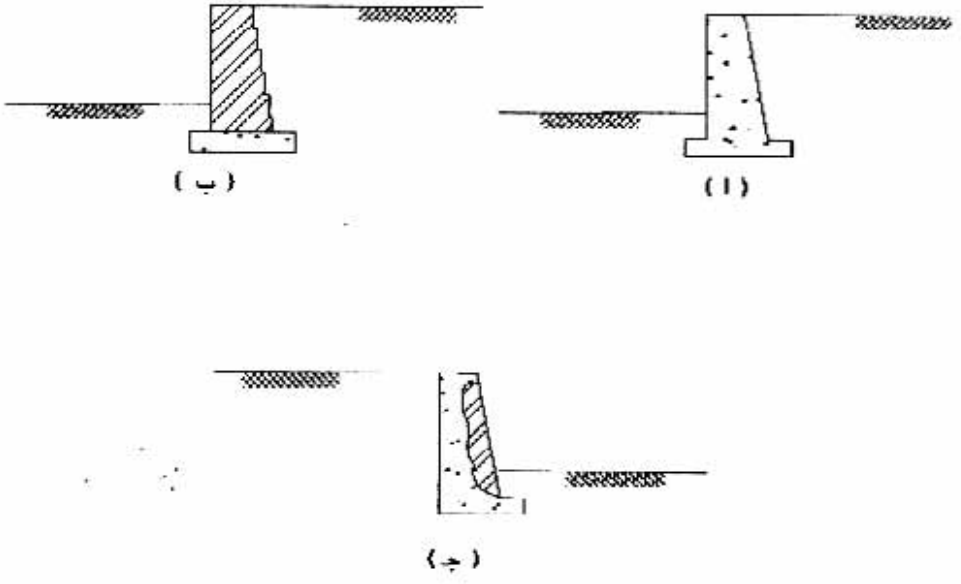
يجب حساب الهبوط وفرق الهبوط الحادث للحائط عند مستوى قاعدته والتأكد من أن قيمهما فـــى الحدود المسموح بها، ويرجع فى ذلك إلى الجزء الثالث من الكود المصرى الخاص بالاساســـات الضحلة.

٧/٢/٦ أسس تصميم الحوائط الثقالية

٧/٢/٦/١ الحوائط الكتلية

تقسم الحوائط الكتلية massive walls طبقا للمواد المستخدمة فى إنشائها إلى:

- حوائط من الخرسانة العادية، شكل رقم (٧-١٨-أ) .
- حوائط من الطوب أو الحجارة ، شكل رقم (٧-١٨-ب).
- حوائط خليط من النوعين السابقين ، شكل رقم (٧-١٨-ج).



شكل (٧-١٨) نماذج من الحوائط الكتلية

١/٦/٢/٧ (أ) افتراض أبعاد ابتدائية

يوضح الشكل رقم (٧-١٩) أبعاد افتراضية يرجع إليها عند البدء فى تصميم الحائط الكتلى.

١/٦/٢/٧ (ب) القوى المؤثرة

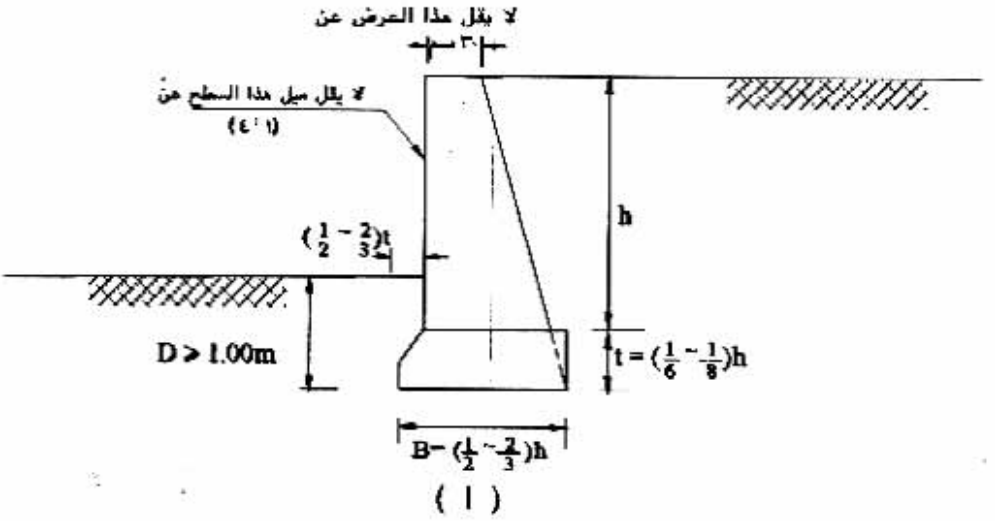
يرجع إلى البند رقم (٣/٢/٧).

١/٦/٢/٧ (ج) دراسة الثبات

يرجع إلى البند رقم (٤/٢/٧).

١/٦/٢/٧ (د) دراسة الهبوط

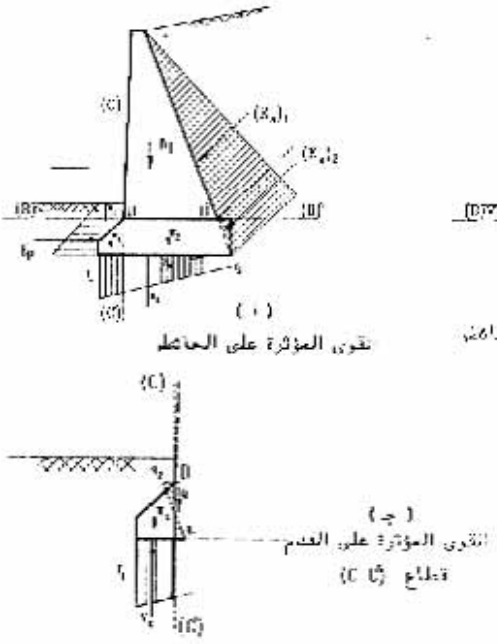
يرجع إلى البند رقم (٥/٢/٧).



شكل (٧-١٩) أبعاد افتراضية للحائط الكتلي

١/٦/٢/٧ (هـ) التصميم الإنشائى

تحسب الاجهادات المتولدة فى الحائط عند القطاعات الحرجة (BB`) و (CC`) شكل رقم (٧-٢٠) يجب التأكد من أن هذه الاجهادات لا تزيد عن الحدود المسموح بها تبعا لمادة جسم الحائط.



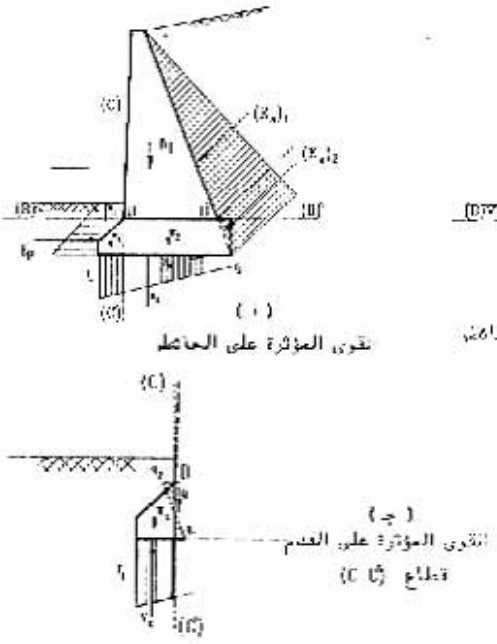
شكل(٧-٢٠) القوي المؤثرة عند القطاعات الحرجة للحائط الكتلي

٢/٦/٢/٧ الحوائط من الخرسانة المسلحة

تقسم هذه الحوائط من الناحية الإنشائية إلى الأنواع التالية:

- حوائط كابولية cantilever walls

عبارة عن بلاطة راسية أو مائلة مرتبطة بجسامة بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية، شكل رقم (٧-٢١).



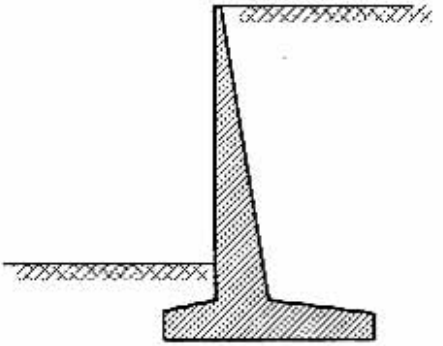
شكل(٧-٢٠) القوي المؤثرة عند القطاعات الحرجة للحائط الكتلي

٢/٦/٢/٧ الحوائط من الخرسانة المسلحة

تقسم هذه الحوائط من الناحية الإنشائية إلى الأنواع التالية:

- حوائط كابولية cantilever walls

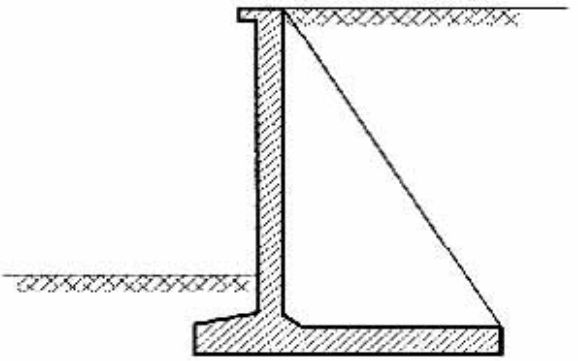
عبارة عن بلاطة راسية أو مائلة مرتبطة بجسامة بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية، شكل رقم (٧-٢١).



شكل (٧-٢١) حائط كابولي

- حوائط ذات دعامات خلفية counterforts

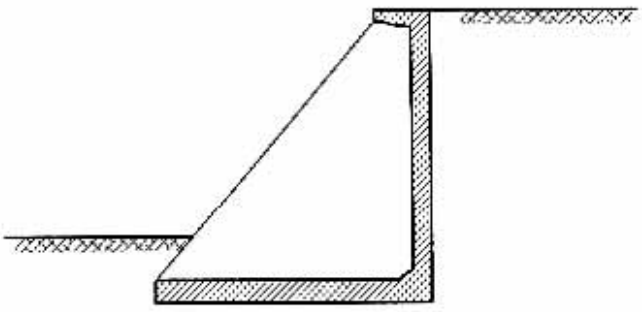
عبارة عن بلاطات رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعامات خلفية ترتبط معهما مليثياء شكل رقم (٧-٢٢). يمكن تخفيف الضغوط الجانبية للتربة على جذع الحائط بعمل ارفف أفقية تثبت على الدعامات.



شكل (٧-٢٢) حائط ذو دعامة خلفية

- حـــوائط ذات دعامـــات أماميـــة buttresses

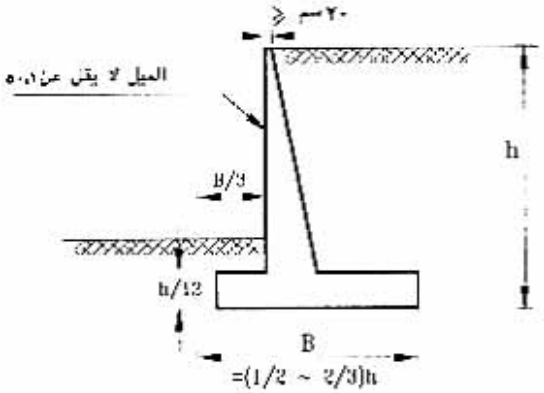
عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقيـة بواسـطة دعامـات أمامية ترتبط معهما بجساءة ، شكل رقم (٧-٢٣).



شكل (٧-٢٣) حائط ذو دعامة أمامية

٢/٦/٢/٧ (أ) افتراض ابعاد ابتدائية

تتوقف الأبعاد الابتدائية للحائط من الخرسانة المسلحة على نوعه الإنشائي حيـث يتضـح مـن الشكلين (٧-٢٤) ، (٧ ٢٥) الأبعاد الأساسية التي يرجع إليها عند البدء في التصميم.



شكل (٧-٢٤) الأبعاد الابتدائية للحائط الكابولي

٢/٦/٢/٧ (ب) القوى المؤثرة

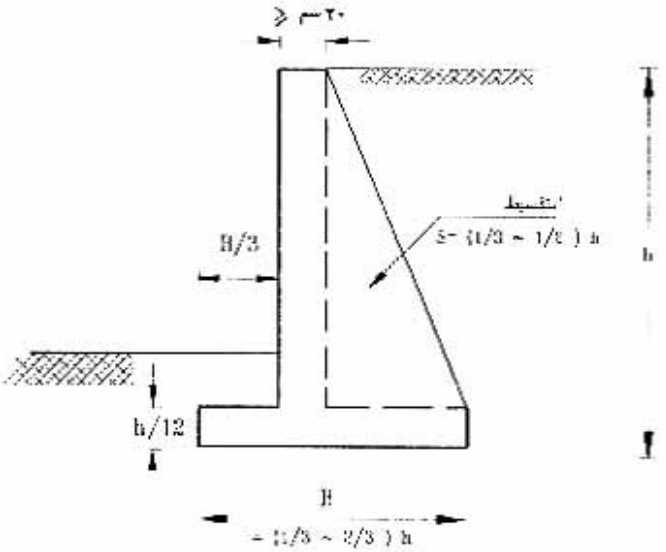
يرجع إلى البند رقم (٣/٢/٧).

٢/٦/٢/٧ (ج) دراسة الثبات

يرجع إلى البند رقم (٤/٢/٧).

٢/٦/٢/٧ (د) دراسة الهبوط

يرجع إلى البند رقم (٥/٢/٧).



شكل (٧-٢٥) الأبعاد الابتدائية للحائط ذو الدعامات

٢/٦/٢/٧ (هـ) التصميم الإنشائى

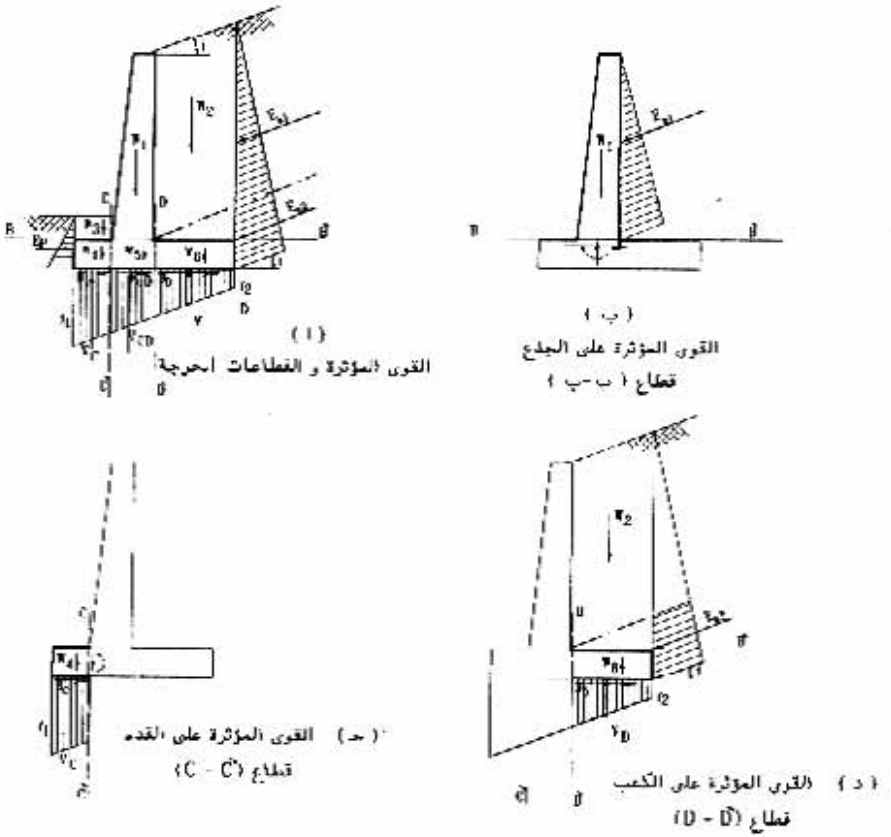
٢/٦/٢/٧ (هـ - ١) الحوائط الكابولية

القطاعات الحرجة التى يجب اعتبارها فى التصميم هى ما يلى:

- القطاع (BB`) ، شكل رقم (٧-٢٦-ب) ، لتصميم جذع الحائط.
- القطاع (CC`) ، شكل رقم (٧-٢٦-جـ) ، لتصميم قدم الحائط.
- القطاع (DD`) ، شكل رقم (٧-٢٦-د) ، لتصميم كعب الحائط.

٢/٦/٢/٧ (هـ-٢) الحوائط ذات الدعامات الخلفية

بلاطة الجذع stem تصمم على أنها بلاطة مثبتة من ثلاثة جوانب وحرة من الجانب الرابع، شكل رقم (٧-٢٧-ب)، والحمل المؤثر عليها هو ضغط التربة الجانبي، شكل رقم (٧-٢٨-ب).
بلاطة القدم toe تصمم بشكل مماثل لتصميم بلاطة قدم الحائط الكابولي، شكل رقم (٧-٢٨-ج)، حيث (M_t) هو عزم انحناء بلاطة القدم.



شكل (٧-٢٦) القوي المؤثرة عند القطاعات الحرجة للحائط الكابولي

بلاطة القدم toe

تصمم بشكل مماثل لتصميم بلاطة قدم الحائط الكابولى، شكل رقم (٧-٢٨-ج)، حيث (M_t) هو عزم انحناء بلاطة القدم.

بلاطة الكعب heal

تصمم على أنها بلاطة مثبتة من ثلاثة جوانب وحرة من الجانبى الرابع، شكل رقم (٧-٢٧-ج)، ومعرضة لاجهاد صافى بتوزيع مثلثى الشكل ذو كثافة عظمى (Q_e) ، شكل رقم (٧-٢٨-د) تحسب من المعادلة التالية:

$$Q_e = \left[\gamma_e h_2 + \gamma_e t + \frac{\sin(i)}{a}\left(E_{a2} + 2E_{a3}\right) + \frac{2.4Mt}{a^2}\right] - f_2 \qquad (٢٤-٧)$$

حيث γ_e هى الوزن المؤثر لوحدة الحجوم من التربة، γ_c هى وزن وحدة الحجوم من الخرسانة المسلحة.

الدعامة

- قطاع الدعامة له شكل حرف T ذو عرض فعال (S') متغير مع العمق، شكل رقم (٧-٢٧-ج).
- القطاع الحرج الذى يجب اعتباره عند تصميم الدعامة هو سطح تقاطعها مع بلاطة الكعب، شكل رقم (٧-٢٧-ب).
- القوة المؤثرة على الدعامة هى محصلة ضغط التربة الجانبى (E_{a1} . S) وينتج عنها عزوم انحناء (M) وقوة قص (Q) تحسبان عند القطاع الحرج كالآتى:

$$M = (E_{a1} \cdot S)\ \mathrm{Cos}\ (I)\ \left(\frac{h_1}{3}\right) \qquad (٢٥-٧)$$

$$Q = (E_{a1} \cdot S)\ \mathrm{Cos}\ (I) \qquad (٢٦-٧)$$

٣/٦/٢/٧ حوائط التسنيد

تنفذ حوائط التسنيد Crib Walls من عناصر سابقة التجهيز تجمع عند الإنشاء لتكون خلايا لها شكل الصندوق المفتوح الذى يملأ بالردم ليكون جسم الحائط المساند.

بلاطة القدم toe

تصمم بشكل مماثل لتصميم بلاطة قدم الحائط الكابولى، شكل رقم (٧-٢٨-ج)، حيث (M_t) هو عزم انحناء بلاطة القدم.

بلاطة الكعب heal

تصمم على أنها بلاطة مثبتة من ثلاثة جوانب وحرة من الجانبى الرابع، شكل رقم (٧-٢٧-ج)، ومعرضة لاجهاد صافى بتوزيع مثلثى الشكل ذو كثافة عظمى (Q_e) ، شكل رقم (٧-٢٨-د) تحسب من المعادلة التالية:

$$Q_e = \left[\gamma_e h_2 + \gamma_e t + \frac{\sin(i)}{a}\left(E_{a2} + 2E_{a3}\right) + \frac{2.4Mt}{a^2}\right] - f_2 \qquad (٢٤-٧)$$

حيث γ_e هى الوزن المؤثر لوحدة الحجوم من التربة، γ_c هى وزن وحدة الحجوم من الخرسانة المسلحة.

الدعامة

- قطاع الدعامة له شكل حرف T ذو عرض فعال (S') متغير مع العمق، شكل رقم (٧-٢٧-ج).
- القطاع الحرج الذى يجب اعتباره عند تصميم الدعامة هو سطح تقاطعها مع بلاطة الكعب، شكل رقم (٧-٢٧-ب).
- القوة المؤثرة على الدعامة هى محصلة ضغط التربة الجانبى (E_{a1} . S) وينتج عنها عزوم انحناء (M) وقوة قص (Q) تحسبان عند القطاع الحرج كالآتى:

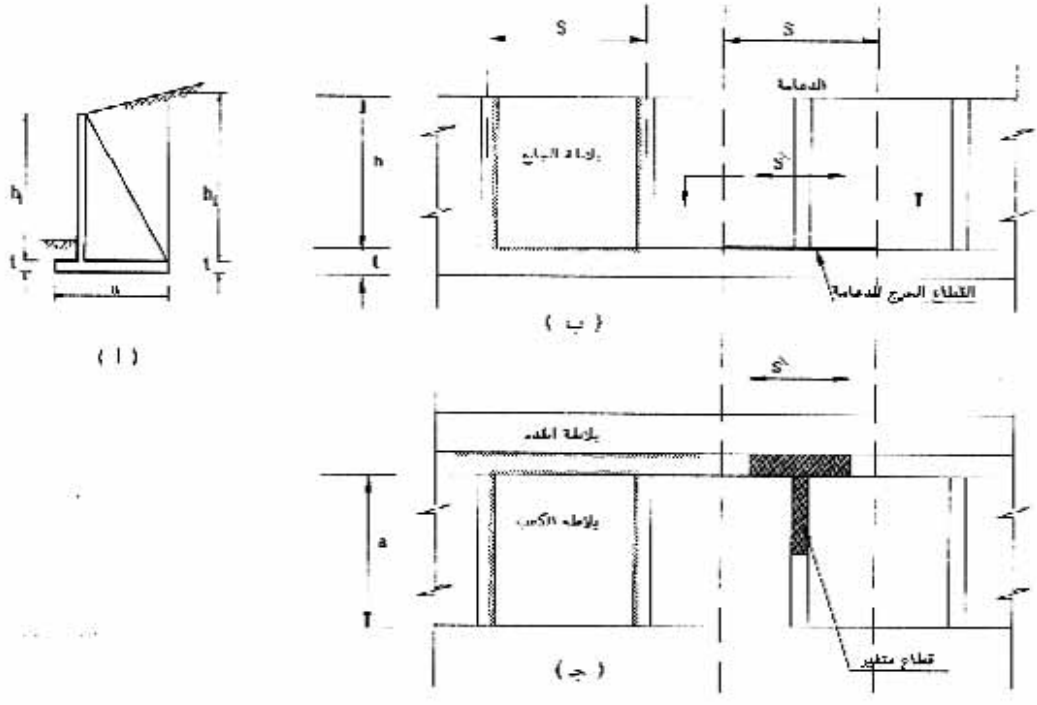
$$M = (E_{a1} \cdot S)\ \mathrm{Cos}\ (I)\ \left(\frac{h_1}{3}\right) \qquad (٢٥-٧)$$

$$Q = (E_{a1} \cdot S)\ \mathrm{Cos}\ (I) \qquad (٢٦-٧)$$

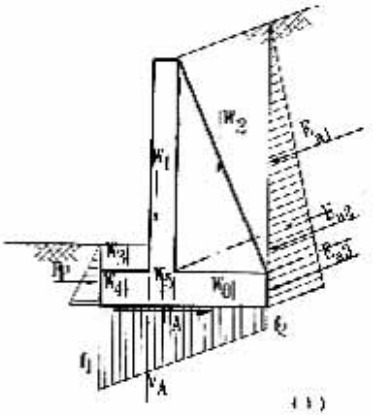
٣/٦/٢/٧ حوائط التسنيد

تنفذ حوائط التسنيد Crib Walls من عناصر سابقة التجهيز تجمع عند الإنشاء لتكون خلايا لها شكل الصندوق المفتوح الذى يملأ بالردم ليكون جسم الحائط المساند.

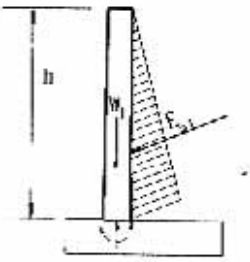
تتكون خلية الحائط من ثلاثة عناصر : المدادات الأمامية، الشدادات والمـــدادات الخلفيـــة حيث تصنع هذه العناصر من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو القطاعات المعدنية، شـــكل رقـــم (٧-٢٩).



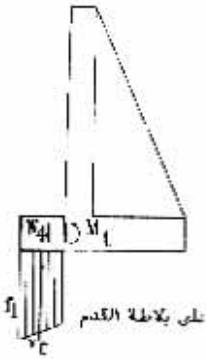
شكل (٧-٢٧) النظم الانشائية لمكونات الحائط ذو الدعامات



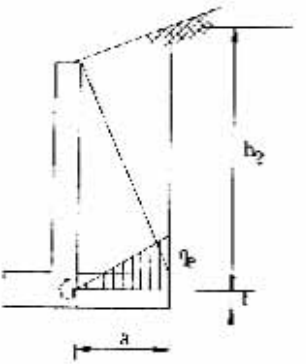
(أ)
جميع القوى المؤثرة على الحائط



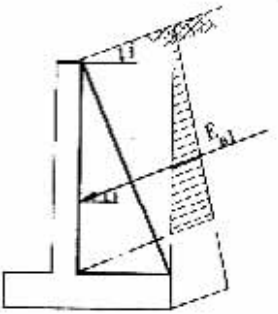
(ب)
القوى المؤثرة على بلاطة الجذع



(جـ) القوى المؤثرة على بلاطة القدم

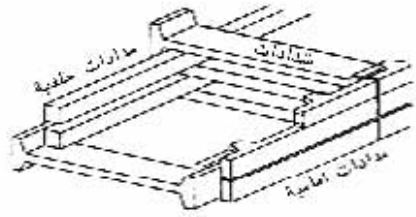


(د) القوى المؤثرة على بلاطة الكعب

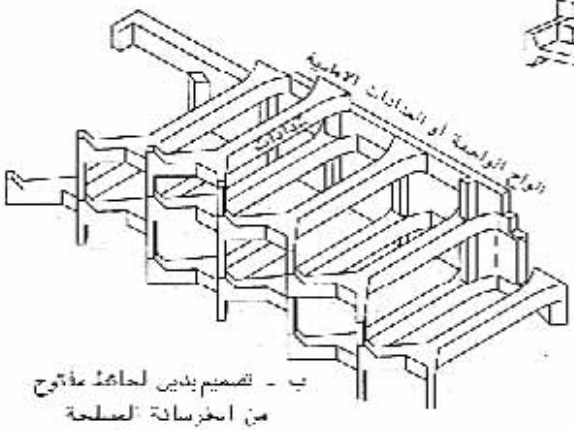


(هـ)
القوى المؤثرة على الدعامة

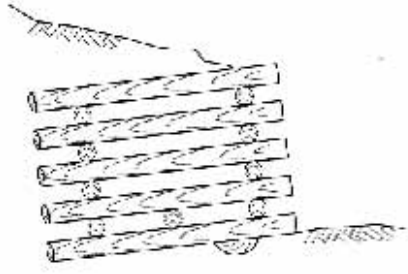
شكل (٧-٢٨) القوي المؤثرة علي مكونات الحائط ذو الدعامات الخلفية



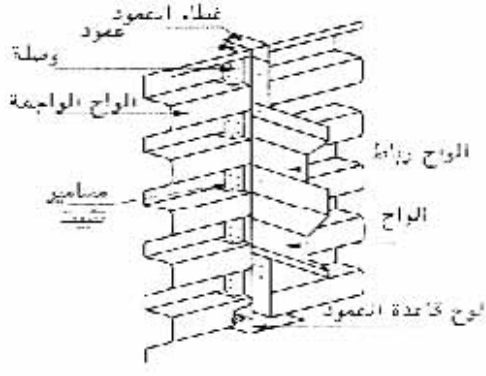
أ - حائط مفتوح من الخرسانة المسلحة



ب - تصميم بديل لحائط مفتوح من الخرسانة المسلحة (نظام ذو السمكة)



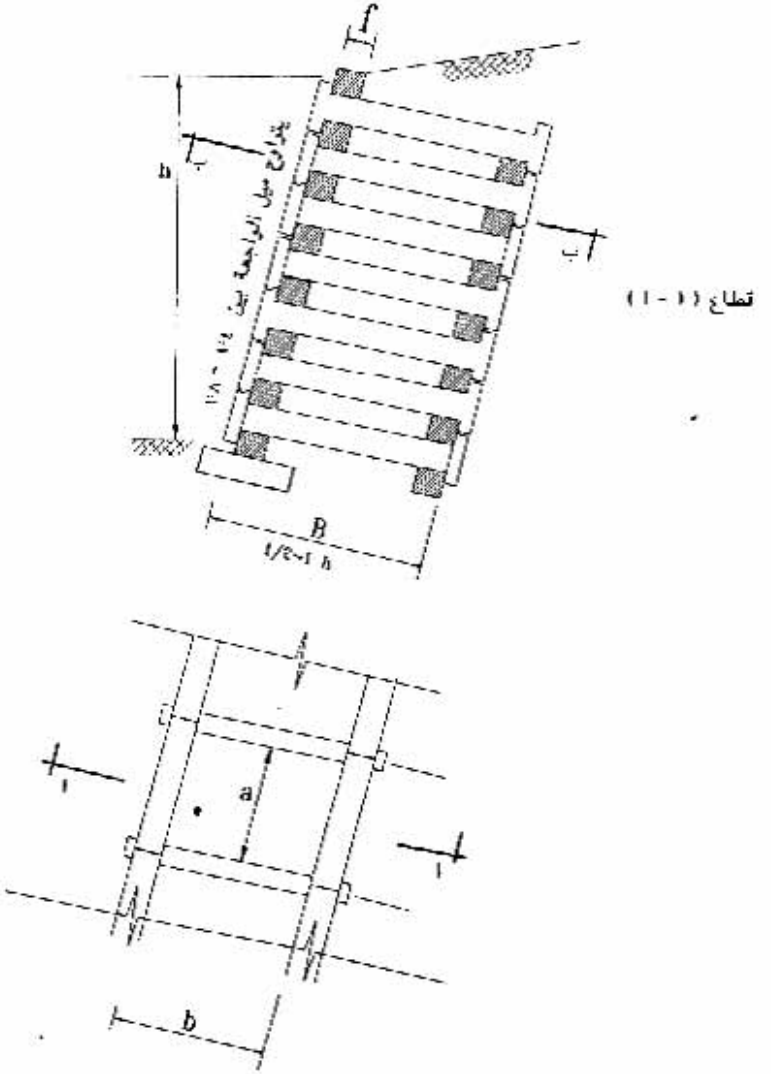
ح - حائط مفتوح من الخشب



شكل (٧-٢٩) نماذج حوائط تسنيد من الخرسانة والخشب والقطاعات المعدنية

٣/٦/٢/٧ (أ) افتراض أبعاد ابتدائية

يوضح الشكل (٧-٣٠) الأبعاد الأساسية التى يرجع إليها عند البدء فى تصميم حوائط التسنيد. فى حالة استخدام مدادات مفتوحة الوجه، فيراعى أن يكون عرض المدادات (ب) مساويا أو اكبر من ضعف سمك الشدادات (Ze) وذلك حتى لا ينساب الردم من داخل الخلايا. يمكن تجاوز هذا الشرط باستخدام مدادات مغلقة الوجه أو استخدام ردم من كسر الحجارة.



شكل (٧-٣٠) الأبعاد الابتدائية ومكونات حائط التسنيد

٣/٦/٢/٧ (ب) القوى المؤثرة

يرجع إلى البند رقم (٣/٢/٧) مع الأخذ فى الاعتبار وجود احتكاك سالب على ظهر الحائط الملاصق للتربة.

٣/٦/٢/٧ (ج) دراسة الثبات

يرجع إلى البند رقم (٤/٢/٧).

٣/٦/٢/٧ (د) دراسة الهبوط

يرجع إلى البند رقم (٥/٢/٧).

٣/٦/٢/٧ (هـ) التصميم الإنشائى

المدادات (strechers): تصمم على أنها كمرات بسيطة ترتكز على الشدادات ، شكل رقم (٧-٣٠)، ومعرضه إلى خط حمل جانبى بكثافة (P_h) ناتج عن ضغط التربة داخل الخلية بالإضافة الى حمل خطى رأسى (P_v) ناتج عن احتكاك التربة بالمداد ووزن وحدة الطول من المداد (W).

$$P_h = \frac{1}{2}\gamma b(d+e) \qquad (٧-٢٧)$$

$$P_v = P_h (\tan \delta) + W \qquad (٧-٢٨)$$

حيث:

γ وزن وحدة الحجوم من تربة الردم.

δ زاوية الاحتكاك بين التربة وجسم الحائط.

الشدادات (headers): تصمم على أنها عضو معرض لقوة شد (T) ناتجة عن تأثير الحمل الجانبى (P_h) على المدادات بالإضافة إلى حمل خطى راس ($P`v$).

$$T = P_h (a) \qquad (٧-٢٩)$$

$$P`v = \gamma (a)(d + e) \tan\delta + W` \qquad (٧-٣٠)$$

حيث $W`$ وزن وحدة الطول من الشداد.

بعمل الشداد تحت تأثير الحمل الأسى (P'_v) لكمرة بسيطة ترتكز على المسندات الامامية والخلفية.

٣/٦/٢/٧ (و) اعتبارات إنشائية

- يراعى دمك الردم دمكا يدويا جيدا عند وضعه داخل الخلايا.
- يراعى ألا يزيد فرق منسوب الردم بين الخلايا المجاورة عن ١,٠٠ متر.
- يراعى تثبيت الأعضاء الإنشائية المكونة للحائط جيدا قبل وضع الردم داخل الخلايا بحيث لا تؤدى عمليات وضع الردم والدمك إلى انفصال هذه الأعضاء عن بعضها.
- يراعى جعل ميل لواجهة الحائط الساند المفتوح يتراوح بين (٤:١) إلى (٨:١) ويمكن عمل واجهة الحائط راسية إذا لم يتجاوز ارتفاع الحائط طول الشداد.
- يراعى وضع طبقة أساس مستمرة من الخرسانة العادية لترتكز عليها الأعضاء الإنشائية للحائط.

٤/٦/٢/٧ حوائط الجابيونات

- الجابيونات Gabions هى عبارة عن أقفاص ومراتب ذات خلايا بأبعاد متغيرة حسب الحاجة شكل رقم (٧-٣١) تملأ الجابيونات، بعد تشكيلها، بالركام أو الأحجار ليتم استخدامها كحوائط ساندة أو فى أغراض التكسية.
- تستخدم الجابيونات كحوائط ساندة دائمة أو مؤقتة خاصة فى حالتى الارتفاعات الصغيرة والمتوسطة، ويجب التأكد من الجدوى الاقتصادية لها إذا ما زاد ارتفاع الحائط عن ١٠ أمتار.
- تصنع شبكات الجابيونات إما من الصلب أو البوليمرات (PVC)، وأسلاك الصلب المستخدمة تكون مجلفنة او غير مجلفنة، كما يمكن تغطيتها بطبقة من البلاستيك لحمايتها، أما الجابيونات المكونة من البوليمرات فهى تصنع خصيصا بحيث تكون ذات خواص ميكانيكية تسمح بتحمل قوى الشد الناجم عن ملئها بالركام والأحجار.
- يتم تفصيل الجابيونات وتشكيلها مع حياكة الحروف بواسطة خيوط من البلاستيك عالى الشد.

بعمل الشداد تحت تأثير الحمل الأسى (P'_v) لكمرة بسيطة ترتكز على المسندات الامامية والخلفية.

٣/٦/٢/٧ (و) اعتبارات إنشائية

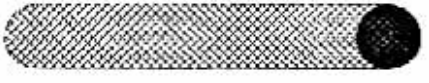
- يراعى دمك الردم دمكا يدويا جيدا عند وضعه داخل الخلايا.
- يراعى ألا يزيد فرق منسوب الردم بين الخلايا المجاورة عن ١,٠٠ متر.
- يراعى تثبيت الأعضاء الإنشائية المكونة للحائط جيدا قبل وضع الردم داخل الخلايا بحيث لا تؤدى عمليات وضع الردم والدمك إلى انفصال هذه الأعضاء عن بعضها.
- يراعى جعل ميل لواجهة الحائط الساند المفتوح يتراوح بين (٤:١) إلى (٨:١) ويمكن عمل واجهة الحائط راسية إذا لم يتجاوز ارتفاع الحائط طول الشداد.
- يراعى وضع طبقة أساس مستمرة من الخرسانة العادية لترتكز عليها الأعضاء الإنشائية للحائط.

٤/٦/٢/٧ حوائط الجابيونات

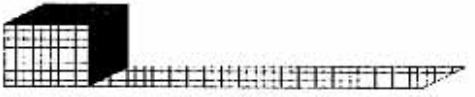
- الجابيونات Gabions هى عبارة عن أقفاص ومراتب ذات خلايا بأبعاد متغيرة حسب الحاجة شكل رقم (٧-٣١) تملأ الجابيونات، بعد تشكيلها، بالركام أو الأحجار ليتم استخدامها كحوائط ساندة أو فى أغراض التكسية.
- تستخدم الجابيونات كحوائط ساندة دائمة أو مؤقتة خاصة فى حالتى الارتفاعات الصغيرة والمتوسطة، ويجب التأكد من الجدوى الاقتصادية لها إذا ما زاد ارتفاع الحائط عن ١٠ أمتار.
- تصنع شبكات الجابيونات إما من الصلب أو البوليمرات (PVC)، وأسلاك الصلب المستخدمة تكون مجلفنة او غير مجلفنة، كما يمكن تغطيتها بطبقة من البلاستيك لحمايتها، أما الجابيونات المكونة من البوليمرات فهى تصنع خصيصا بحيث تكون ذات خواص ميكانيكية تسمح بتحمل قوى الشد الناجم عن ملئها بالركام والأحجار.
- يتم تفصيل الجابيونات وتشكيلها مع حياكة الحروف بواسطة خيوط من البلاستيك عالى الشد.

٤/٦/٢/٧ (أ) افتراض أبعاد ابتدائية

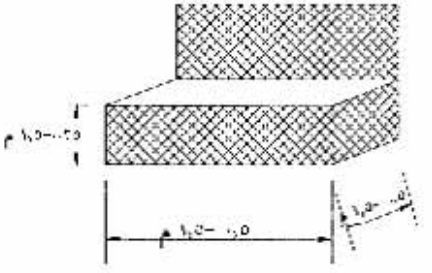
يبين الشكل رقم (٧-٣٢) نموذجين لقطاع رأسى لحائط من الجابيونات موضحا عليه بعض الأبعاد الافتراضية التى يمكن الرجوع إليهما عند تصميم الحائط، وفى حالة زيادة الارتفاع عن ٣ أمتار فانه يفضل استخدام النموذج ذو الواجهة المدرجة، شكل رقم (٧-٣٢-أ).



اسطوانة جابيونة

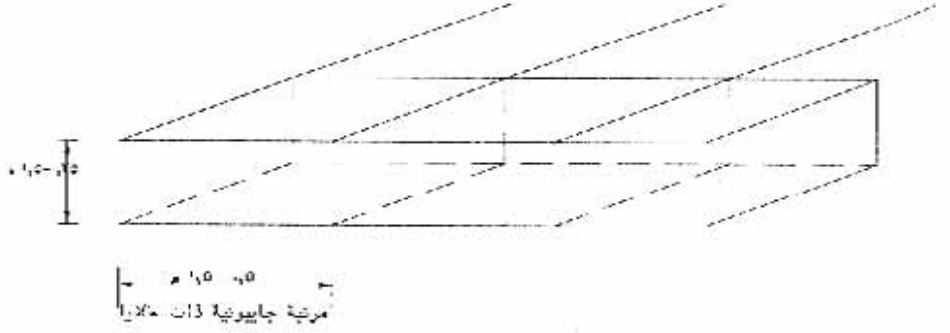


جابيونة لها امتداد لتسليح التربة

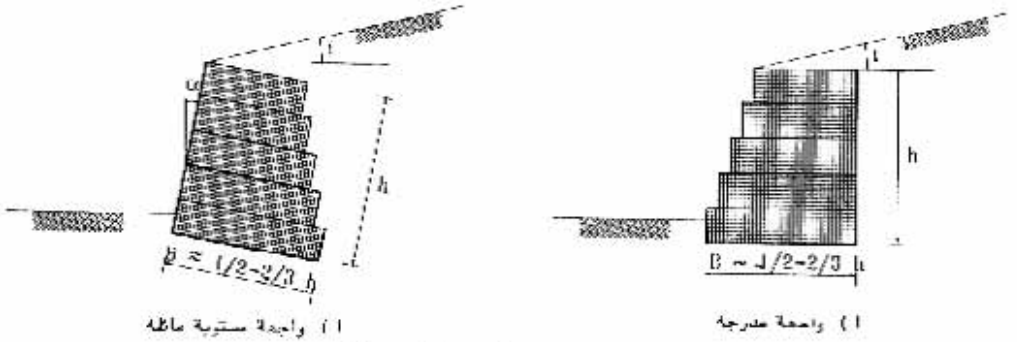


جابيونة علي هيئة متوازي مستطيلات

جابيونة لها امتداد لتسليح التربة



شكل(٧-٣١) بعض أشكال الجابيونات



ب) واجهة مدرجة أ) واجهة مستوية مائلة

شكل (٧-٣٢) أبعاد افتراضية

٤/٦/٢/٧ (ب) القوى المؤثرة

- يرجع إلى البند رقم (٣/٢/٧)
- عند اختلاف مناسيب المياه أمام وخلف الحائط، فان النفاذية العالية للجابيونات تسبب انحدارا سريعا للماء داخل الحائط تجاه المنسوب المنخفض وبالتالى يمكن اعتبار وجود ضغوط مياه استاتيكية على جانبى الحائط.
- فى حالة وجود أمواج تعرض الحائط لقوى ديناميكية إضافية تحدد قيمتها حسب ارتفاع وطول الموجه، وكذلك ارتفاع الحائط، ولتحديد هذه القوى، يرجع إلى البند رقم (٦/٧).

٤/٦/٢/٧ (ج) دراسة الثبات

- يرجع للبند رقم (٤/٢/٧)
- زاوية الاحتكاك بين قاعدة الحائط والتربة تصل إلى ٠/٠ ٩٠ من قيمة زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة المسنودة.
- يراعى دراسة الثبات ضد الانزلاق والانقلاب على الأسطح الفاصلة بين الجابيونات.

٤/٦/٢/٧ (د) دراسة الهبوط

يرجع إلى البند رقم (٥/٢/٧)

٤/٦/٢/٧ (هـ) اعتبارات إنشائية

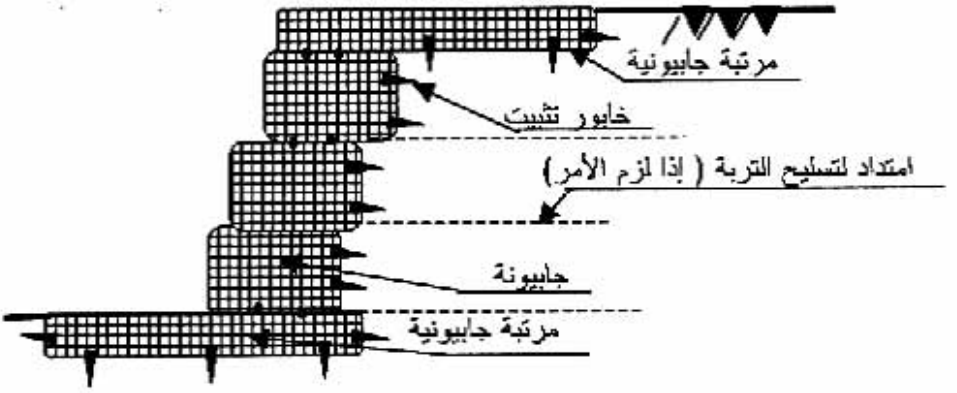
- فى الحالات اللازمة يجب مراعاة إضافة الكيماويات المناسبة للبوليمرات المكونة للشبكات حتى تكون مقاومة لأشعة الشمس والحرارة والقوارض.

- يراعى استخدام الجابيونات او المراتب المصنعة من البوليمرات أو أسلاك الصلب المغلفة بالبلاستيك فى المواقع التى تحتوى على تركيزات عالية من الأحماض العضوية او المياه التى يكون فيها الأس الهيدروجينى (pH) اقل من ٦ أو اكبر من ١٢.
- يراعى استخدام دعامات أو قضبان لتقوية خطوط الالتقاء الرأسية والجانبية للجابيونات أو خلايا المراتب الجابيوني، وذلك إذا زاد ارتفاع الجابيونة أو المرتبة عن ٠,٥٠ متر.
- يراعى عند ملئ خلايا المراتب بالركام أو الحجارة أن يتم ملئ الخلية لمنتصف ارتفاعها، ثم يستكمل ارتفاعها بعد أن تكون الخلايا المحيطة بها ملينة تماما أو إلى نصف الارتفاع على الأقل.
- يراعى توفر الشرطين التاليين فى التدرج الحبيبى الخاص بالركام أو الحجارة المستخدمة فى ملئ الجابيونات:

١-يجب ألا يزيد القطر D_{50} للركام عن ضعف قطر فتحات شبكة الجابيونات.

٢- يجب ألا تزيد نسبة وجود الأقطار الأقل من قطر فتحات شبكة الجابيونات عن ٥%

- يراعى عند رص الجابيونات فوق بعضها لتكوين الحائط، أن تربط الجابيونات ببعضها بواسطة خيوط عالية الشد.يراعى استخدام خوابير من الخشب أو القضبان الحديدية لتثبيت الجابيونات مع التربة.
- يمكن استخدام جابيونة كبيرة نسبيا أو مرتبة جابيونية كهامة أو كقدمة للحائط، شكل رقم (٧-٣٣).



شكل (٧-٣٣) حائط تثاقلي من الجابيونات

٣/٧ أكتاف الكبارى

أكتاف الكباري bridge abutments هي ركائز طرفيه للكباري تعمل كحوائط ســـاندة للتربـــة أو الردم عند مداخل ومخارج الكبارى .عادة ما تزود الأكتاف بحوائط أجنحـــة (wing walls) تعمـــل كحوائط ساندة فقط وليس كركيزة للكوبري .

١/٣/٧ الأنواع

تقسم أكتاف الكبارى شائعة الاستخدام من حيث مادة صنعها إلى أكتاف كتليه من الخرسانة العادية أو المبانى وأكتاف من الخرسانة المسلحة .

تقسم الأكتاف من الخرسانة المسلحة وفقا لنظامها الإنشائى إلى الأنواع الآتية :

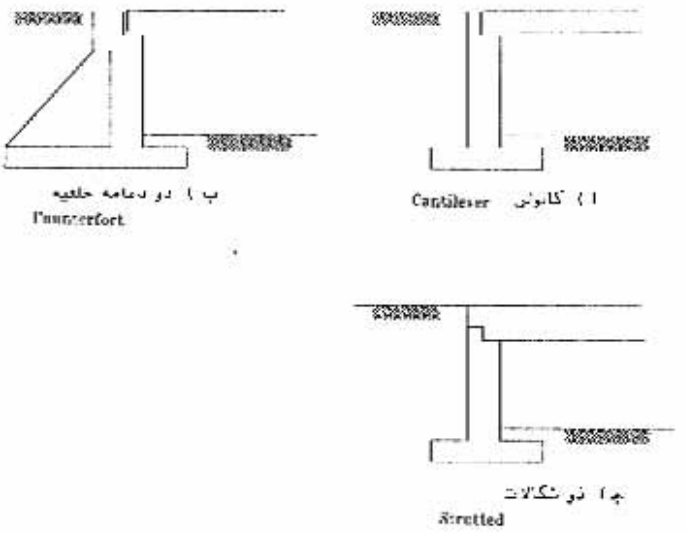
- أكتاف كابولية ، شكل (٧-٣٤-أ) .
- أكتاف ذات دعامات خلفيه ،شكل (٧-٣٤-ب) .
- أكتاف ذات شكالات ،شكل (٧-٣٤-ج).
- أكتاف على شكل حرف U ، شكل (٧-٣٥) .
- أكتاف على شكل حرف T ، شكل (٧-٣٦) .
- أكتاف هيكلية ، شكل (٧-٣٧-أ) .
- أكتاف الجسور ، شكل (٧-٣٧-ب) .
- الأكتاف المتوازنة بكتل خرسانية ، شكل (٧-٣٨-أ) .
- الأكتاف المتوازنة بتربة ردم داخل خلايا ، شكل (٨-٣٨-ب) .

٢/٣/٧ مواد الإنشاء وإجهادات التشغيل

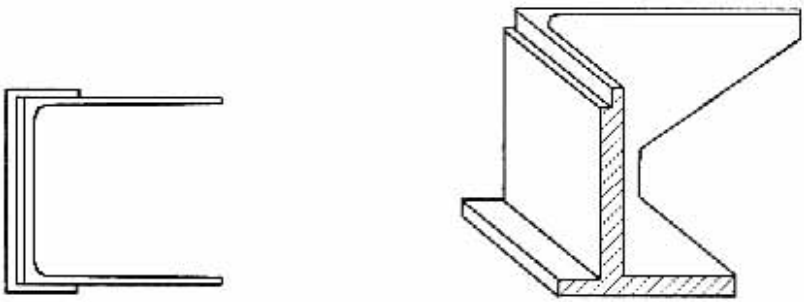
تكون المواد المستخدمة فى الإنشاء وكذلك إجهادات التشغيل لها مطابقة للمواصفات القياسية المصرية.

٣/٣/٧ القوى المؤثرة

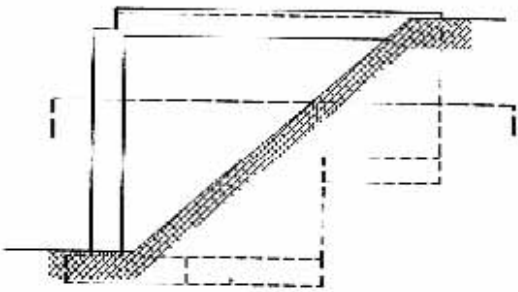
يرجع إلى البند رقم (٣/٢/٧) في حساب الضغوط الجانبية للتربة على الأكتاف ويرجـــع إلـــى كـــود الأحمال في حساب الأحمال الحية والدائمة الناتجة عن وزن الكوبري والمركبات المتحركة عليه.



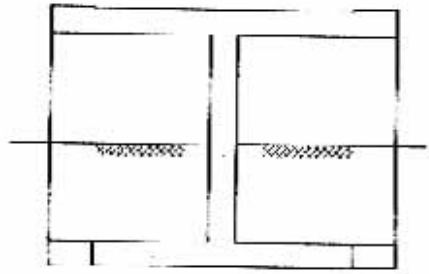
شكل (٧-٣٤) النظام الإنشائي لأكتاف الكباري



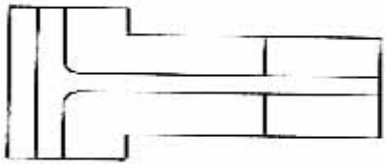
شكل (٧-٣٥) كتف علي شكل حرف (U)



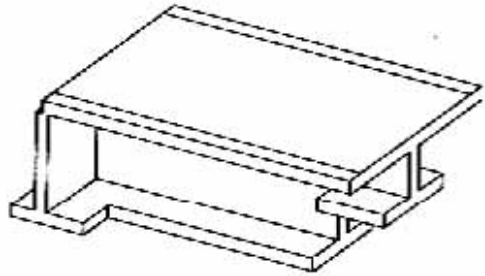
مسقط راسى



قطاع ا - ا

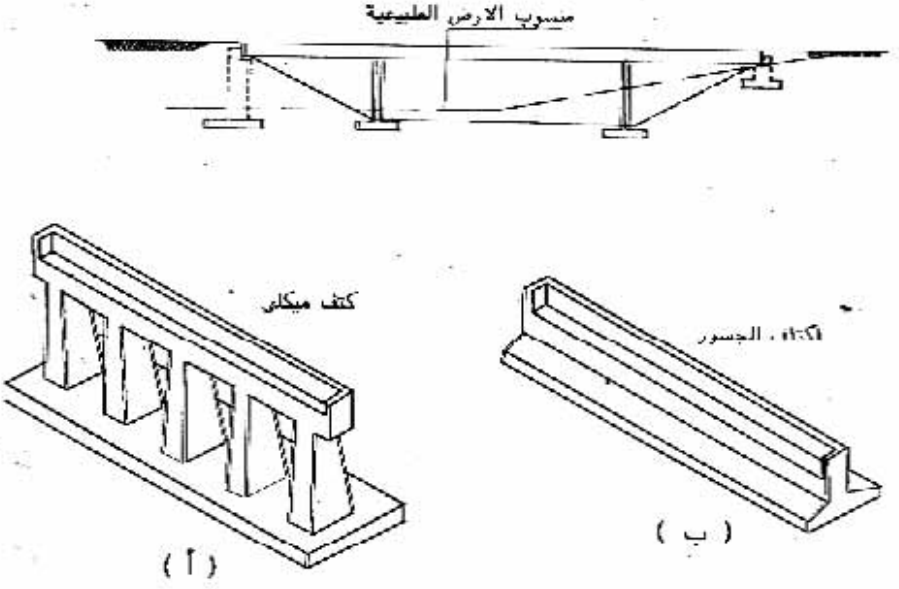


قطاع ب - ب

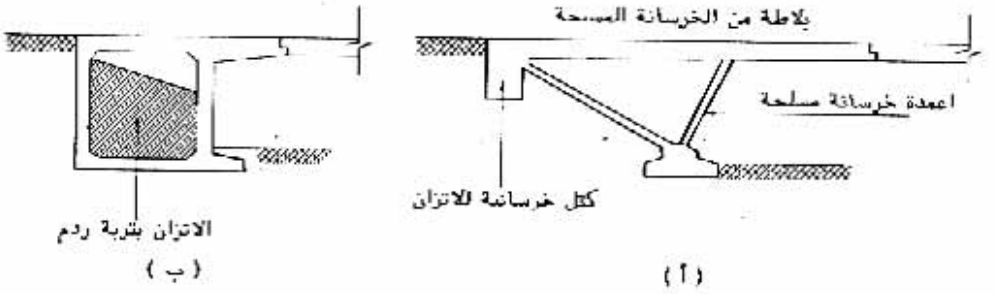


مجسم

شكل (٧-٣٦) كتف علي شكل حرف (T)



شكل (٧-٣٧) الأكتاف الهيكلية وأكتاف الجسور



شكل (٧-٣٨) الأكتاف المتوازنة

٤/٣/٧ ثبات الكتف

يرجع إلى البند رقم (٤/٢/٧) مع مراعاة الأتى:

- أن يكون توزيع إجهادات التماس بين قاعة الكتف والتربة منتظما تقريبا تحت تأثير الأحمال الدائمة والمتحركة .
- ألا تزيد النسبة بين أقصى وأقل إجهاد تماس أسفل قاعدة الكتف عن ٣ : ١ تحت تأثير الأحمال الدائمة والمتحركة .
- أن تعتبر الأجنحة قصيرة الطول أعضاء كابولية من الأكتاف .
- أن تتساوى قيم إجهادات التماس أسفل قواعد الأجنحة وقاعدة الكتف وذلك فى حالة فصل الأجنحة عن الأكتاف.

٥/٣/٧ هبوط الأكتاف والأجنحة

يجب حساب الهبوط وفرق الهبوط الحادث للكتف وجناحيه /جناحه عند مستو القاعدة والتأكد من أن قيمها فى الحدود المسموح بها . يرجع فى ذلك إلى الجزء الثالث من الكود الخاص بالأساسات الضحلة.

٦/٣/٧ أسس تصميم الأكتاف

تصمم الأكتاف مثل الحوائط المناظرة مع زيادة مساحة قاعدة الكتف عن قاعدة الحائط نظرا لتعرض الكتف إلى أحمال رأسية أكبر من الحائط

١/٦/٣/٧ الأكتاف الكتلية

تنفذ الأكتاف الكتلية من الخرسانة العادية بارتفاع لا يتعدى ٥,٥٠ مترا.

عند تزويد الكتف بحائط واجهة مبنى ، تعتبر الحائط كشدة للخرسانة .

تصب الخرسانة على مراحل كل منها بارتفاع لا يزيد عن ٠,٦٠ مترا.

٢/٦/٣/٧ الأكتاف الكابولية

تنفذ من الخرسانة المسلحة بارتفاع لا يزيد عن ٦,٥٠ مترا.

يراعى ألا يقل سمك الكتف عند منسوب ارتكاز الكوبري عن ١/١٥ من ارتفاعه يفضل أن يكون الكتف بسمك منتظم بكامل ارتفاعه .

تكون الأكتاف الخرسانية المسلحة قصيرة أو نحيفة ،ويكون الكتف كابوليا إذا سمح له بالإزاحة الجانبية عند نقطة التقائه ببلاطة الكوبرى.

٣/٦/٣/٧ الأكتاف ذات الدعامات الخلفية

تنفذ من الخرسانة المسلحة بارتفاع يزيد عن ٦,٥٠ مترا.

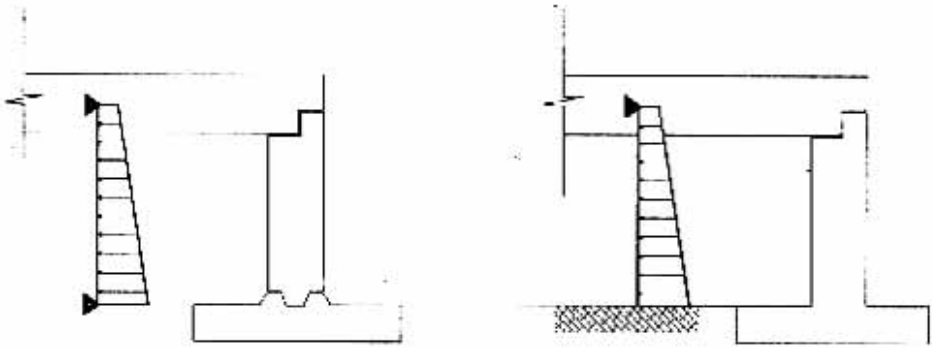
تصمم الدعامات باعتبارها كوابيل معرضة للأحمال المنقولة إليها من بلاطة الكتف ،هذا بالإضافة إلى الأحمال الرأسية التي تنقل من الكوبرى إلى الكتف خلال هامة ترتكز على الدعامات بواقع دعامة أسفل كل كمره رئيسية من كمرات الكوبرى.

تصمم بلاطة الكتف باعتبارها مرتكزة على أربعة جوانب ومعرضة لحمل خطى متزايد يمثل الضغوط الجانبية للتربة . تعتبر البلاطة مثبتة تماما مع القاعدة وإما مثبتة أو مرتكزة ارتكازا بسيطا عند حافتها العليا طبقا لجساءة الهامة وتعتبر مستمرة على الدعامات الرأسية .

٤/٦/٣/٧ الأكتاف ذات الشكالات

الأكتاف ذات الشكالات هى أكتاف الكباري العريضة ذات الفتحة الواحدة ، التي لا يتجاوز بحرها ١٢,٠٠ مترا ، ولا تحتوي بلاطة الكوبري على أية فواصل ، حيث تكون بلاطة الكوبري هي الشكال للحائط .

يصمم الكتف باعتباره بلاطة مرتكزة ارتكازا بسيطا عند حافتها العليا وإما مثبته أو مرتكزة ارتكازا بسيطا عند اتصالها بالقاعدة ، شكل (٧-٣٩).



(ب) ارتكاز بسيط مع القاعدة

(ا) ارتكاز مثبت بالقاعدة

شكل (٧-٣٩) النظام الإنشائي للكتف ذو الشكال

٧/٣/٧ اعتبارات الإنشاء

يجب تزويد الردم الخلفى بمرشح لتقليل تأثير ضغوط المياه على الكتف .

يجب تنفيذ فاصل تمدد فى الأكتاف على مسافات بينيه ١٢,٠٠ متر إذا كانت الأكتاف معرضة لأشعة الشمس ، أما الأكتاف غير المعرضة لأشعة الشمس فيصير تنفيذ فواصل التمدد بها كل٢٠٠٠متر١.

يجب تقليل الهبوط النسبى بين الردم الخلفى والكتف إما باستخدام ردم ملائم مدموك أو بتنفيذ بلاطة مدخل من الخرسانة المسلحة.

٤/٧ الحوائط من الخوازيق اللوحية (الستائر اللوحية)

١/٤/٧ مواد الصنع

تصنع الخوازيق اللوحية sheet piles من المواد التالية:

١/١/٤/٧ الخوازيق اللوحية الخشبية

الاستخدام: تستخدم الخوازيق اللوحية الخشبية فى الأعمال المؤقتة غالبا وعندما لا توجد صعوبة فى دق هذه الستائر فى التربة وأيضا عندما يكون القطاع المطلوب للستائر غير كبير . فى حالة استخدام الخوازيق اللوحية الخشبية فى الأعمال الدائمة تحت الماء يجب ان تكون قمة هذه الستائر فى موضع رطب باستمرار حتى لا يحدث تسوس للخشب.

الأبعاد: تصنع الخوازيق اللوحية الخشبية من أخشاب شجر الصنوبر أو الموسكى، وتتراوح تخانات القطاعات المستخدمة بين ٥سم و ٣٠ سم بعرض بين ٢٥سم و ٣٠سم عادة - شكل (٧-٤٠).

وتستخدم الخوازيق اللوحية فى صف واحد أو صفين أو ثلاثة طبقا لقيمة الاجهادات المتولدة فيها.

الوصلات: يوضح الشكل رقم (٧-٤٠) وصلات الستائر الخشبية المختلفة.

الخازوق اللوحي التى توجد بالأركان يكون قطاعها مربعا.

احتياطات الدق: لحماية الخازوق اللوحي الخشبية من إجهادات الدق تقوى قمة الستارة بقطاع حديدى بسمك ٢مم وعرض ٨ . ١٠سم كما يوضع بأسفل الستارة كعب حديدى بسمك ٣مم.

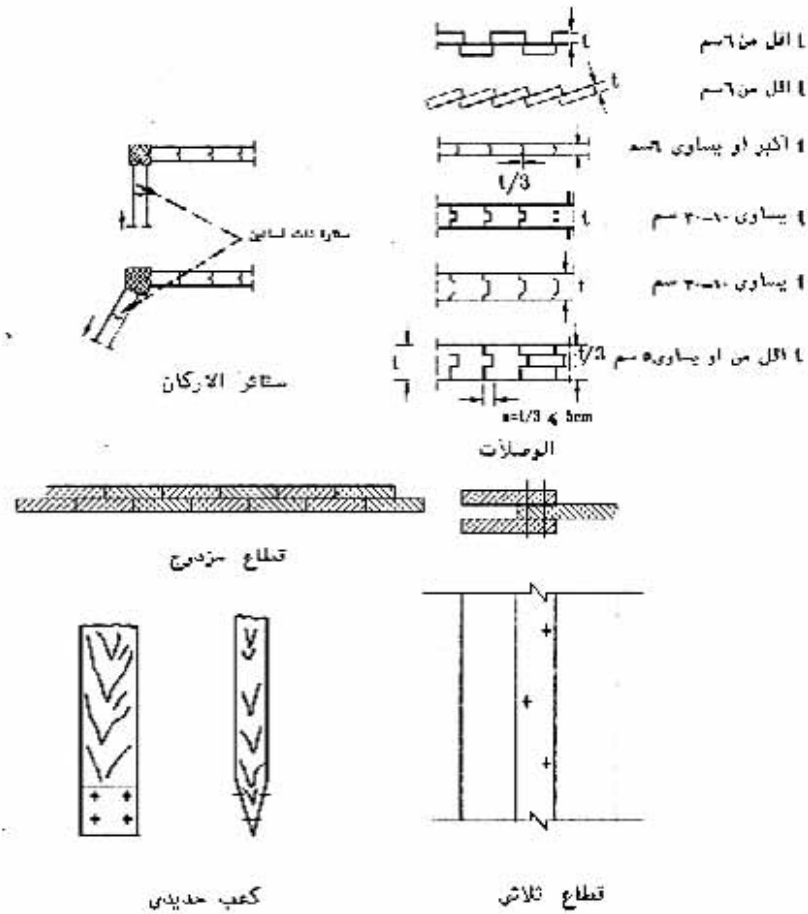
٢/١/٤/٧ الخوازيق اللوحية الخرسانية

الاستخدام: تستخدم الخوازيق اللوحية الخرسانية فى الأعمال الدائمة ويستخدم فى صنعها خرسانة عالية الكثافة.

التسليح: يوضح الشكل رقم (٧-٤١) تسليح الخازوق اللوحى الخرسانية، التسليح الرئيسى الطولى يجب أن يكون كافيا لمقاومة إجهادات النقل والدق والتشغيل.

تزود الستارة بتسليح ثانوى عبارة عن كانات تتقارب المسافات بينها عند بداية ونهايـــة الســـتارة، طبقًا لما هو مبين بالشكل رقم (٧-٤١).

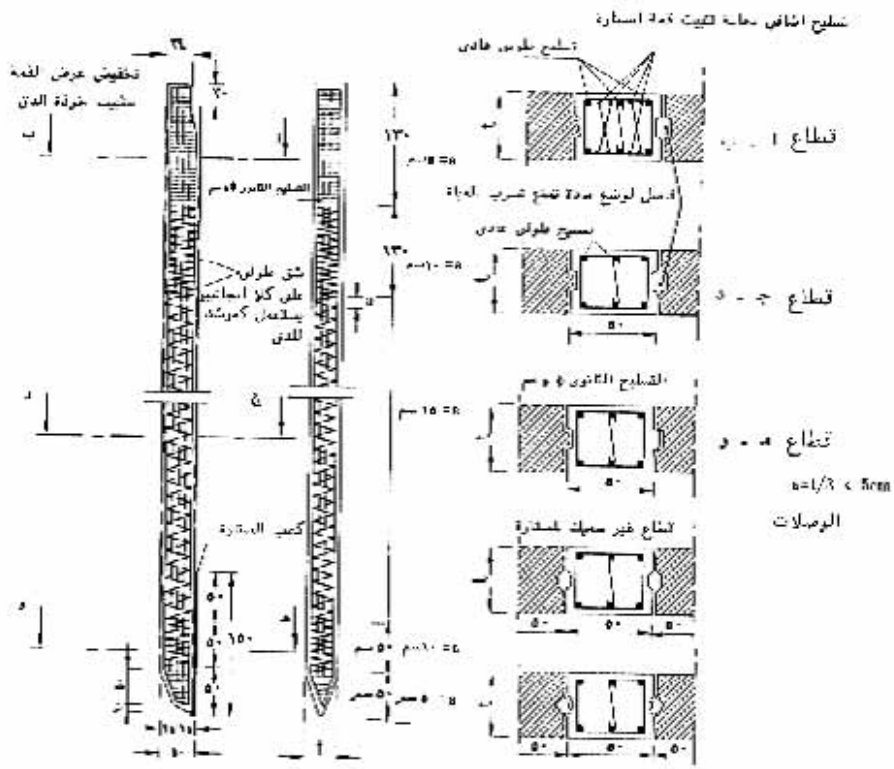
يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى عن ٣سم فى المياه العذبة و ٤سم فى المياه المالحه.



شكل (٧-٤٠) تفاصيل الخوازيق اللوحية الخشبية

الأبعـــاد: يتوقف سمك الستارة الخرسانية على قيمة عزوم الانحناء المؤثرة عليها ويجب ألا يقـــل السمك عن ١٢ سم وألا يزيد عن ٤٠سم، وعادة ما يكون عرض الستارة ٥٠سم. يخفض قطـــاع الستارة عند قمتها لإيجاد حيز لتثبيت خوذة الدق، شكل (٧-٤١).

يشطف قطاع الستارة عند كعبها لتسهيل اختراقها للتربة.



شكل (٧-٤١) تفاصيل الخوازيق اللوحية الخرسانية

الوصلات: يوجد مجرى بطول القطاع على شكل مثلث أو شبه منحرف أو نصف دائرة بعرض يساوى ثلث سمك الستارة ولا يزيد عن ١٠ سم وبعمق ٥سم، على الجانب الآخر من القطاع يوجد لسان بطول ١,٥٠ مترا أو بكامل طول الستارة، ويساعد هذا النظام (تعشيقة المجرى مع اللسان) فى عملية الدق.

بعد الدق تملأ الوصلات بمونة أسمنتية جيدة لمنع تسرب المياه إلى داخل القطاع.

يصل طول الستارة الخرسانية إلى ما بين ١٥ ، ٢٠متر.

التشوين: يحظر فك الشدات والفرم قبل مضى ٧ أيام بعد الصب ويحظر نقل الستائر من موضعها للتشوين أو الدق قبل مضى ٢٨ يوم بعد الصب.

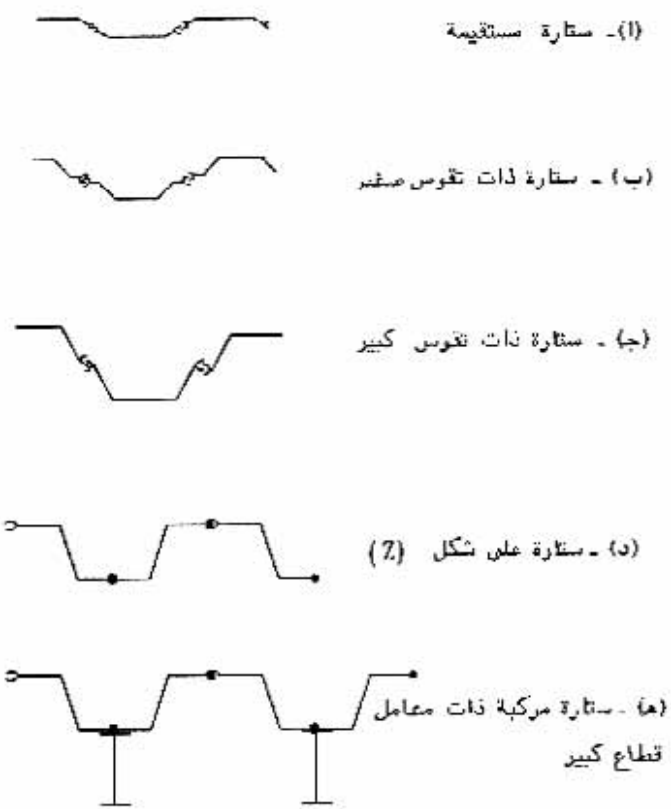
الدق: يتم الدق باستخدام مندالة صدمية مع حماية رأس الستارة، ويفضل أن تكون المندالة ثقيلة وذات مشوار قصير (٠,٥٠ – ١,٠٠متر) كما تستخدم مندالة اهتزازية فى إنزال الستارة فى حالة التربة من الرمال الناعمة أو الطمى. ويمكن استخدام طريقة نفث المياه لإنزال الستارة فى التربة.

٣/١/٤/٧ الخوازيق اللوحية من الصلب

تستخدم الخوازيق اللوحية من الصلب لأعماق متفاوتة إذ يتسع مجال اختيار القطاع المناسب، شكل رقم (٧-٤٢).

تآكل الستائر: معدل التآكل فى المياه العذبة لا يتجاوز فى المتوسط ٠,٠١٢مم فى العام وهو لا يستلزم أية حماية خاصة. معدل التآكل فى المياه المالحة يبلغ فى المتوسط ٠,١٤ مم فى العام وهو يستلزم علاج خاص للصلب المستخدم.

فى المناطق ذات العواصف الرملية الشديدة تكون الخوازيق اللوحية من الصلب غير مناسبة للاستخدام.



شكل (٧-٤٢) بعض قطاعات الخوازيق اللوحية من الصلب

الدق: تدق معا كل ستارتين من الخوازيق اللوحية على شكل U أو Z ، تتراوح النسبة بين وزن المندالة الى وزن الستارة ما بين ١ : ١ و ٢ : ١ فى حالة المندالة الساقطة أو المندالة البخارية أحادية التأثير.

المندالة البخارية: ثنائية التأثير مناسبة للدق فى التربة غير المتماسكة، بينما يفضل استخدام المندالة الساقطة أو المندالة الديزل فى حالة التربة المتماسكة.

يجب أن يكون الدق فى مجال محور الستارة مع عمل الاحتياطات اللازمة لدق الستائر فى مكانها التصميمى باستخدام دليل للدق عند نقطتين متباعدتين من الستارة.

يمكن تسهيل عملية دق الستارة باستخدام نفث الماء مع وقف النفث عند عمق بعلو ١,٠٠ متر على الأقل من عمق الاختراق المطلوب الوصول إليه واستخدام المندالة لدق الستارة فى المسافة المتبقية.

فى حالة دق الخوازيق اللوحية من الصلب فى التربة الصخرية الضعيفة يجب تقوية أعلى ونهاية الستارة واستخدام صلب من نوع خاص فى صنع الستارة مع استخدام مندالة ثقيلة ذات مشوار قصير فى الدق.

٢/٤/٧ أنواع الحوائط من الخوازيق اللوحية

تقسم الحوائط من الخوازيق اللوحية من حيث سلوكها الإنشائى إلى الأنواع التالية:

١- الحوائط الكابولية.

٢- الحوائط ذات المربط الخلفى.

٣- الحوائط ذات المرابط الخلفية المتعددة.

١/٢/٤/٧ الخوازيق اللوحية الكابولية

تستخدم الخوازيق اللوحية الكابولية فى الأعمال المؤقتة فى التربة الرملية أو الطين الجامد وعندما لا يزيد عمق الحفر (H) عن ٥,٠٠ متر.

عند الحفر أمام الحائط أو الردم خلفه، يحدث دوران للحائط (BF) حول نقطة عليه (O) بحيث يأخذ الوضع الجديد (B'F')، الشكل رقم (٧-٤٣). يوضح الشكل رقم (٧-٤٤) الضغوط الفعالة والمقاومة للتربة التى تؤثر على جانبى الحائط عند حدوث إزاحات كافية لتولدها.

تحديد عمق الاختراق (D)

حساب قيم ضغط التربة الصافى على الحائط يتطلب تحديد البعدين D ، Y المجهولين والمبينين بالشكلين رقم (٧-٤٤) و (٧-٤٥).

يتم تحديد هذين البعدين من شرطى الثبات للقوى المؤثرة على الحائط.

محصلة القوى الأفقية = صفر

محصلة العزوم حول أى نقطة (نقطة F) = صفر

بحل هاتين المعادلتين نحصل على D و Y.

يمكن تسهيل عملية دق الستارة باستخدام نفث الماء مع وقف النفث عند عمق بعلو ١,٠٠ متر على الأقل من عمق الاختراق المطلوب الوصول إليه واستخدام المندالة لدق الستارة فى المسافة المتبقية.

فى حالة دق الخوازيق اللوحية من الصلب فى التربة الصخرية الضعيفة يجب تقوية أعلى ونهاية الستارة واستخدام صلب من نوع خاص فى صنع الستارة مع استخدام مندالة ثقيلة ذات مشوار قصير فى الدق.

٢/٤/٧ أنواع الحوائط من الخوازيق اللوحية

تقسم الحوائط من الخوازيق اللوحية من حيث سلوكها الإنشائى إلى الأنواع التالية:

١- الحوائط الكابولية.

٢- الحوائط ذات المربط الخلفى.

٣- الحوائط ذات المرابط الخلفية المتعددة.

١/٢/٤/٧ الخوازيق اللوحية الكابولية

تستخدم الخوازيق اللوحية الكابولية فى الأعمال المؤقتة فى التربة الرملية أو الطين الجامد وعندما لا يزيد عمق الحفر (H) عن ٥,٠٠ متر.

عند الحفر أمام الحائط أو الردم خلفه، يحدث دوران للحائط (BF) حول نقطة عليه (O) بحيث يأخذ الوضع الجديد (B'F')، الشكل رقم (٧-٤٣). يوضح الشكل رقم (٧-٤٤) الضغوط الفعالة والمقاومة للتربة التى تؤثر على جانبى الحائط عند حدوث إزاحات كافية لتولدها.

تحديد عمق الاختراق (D)

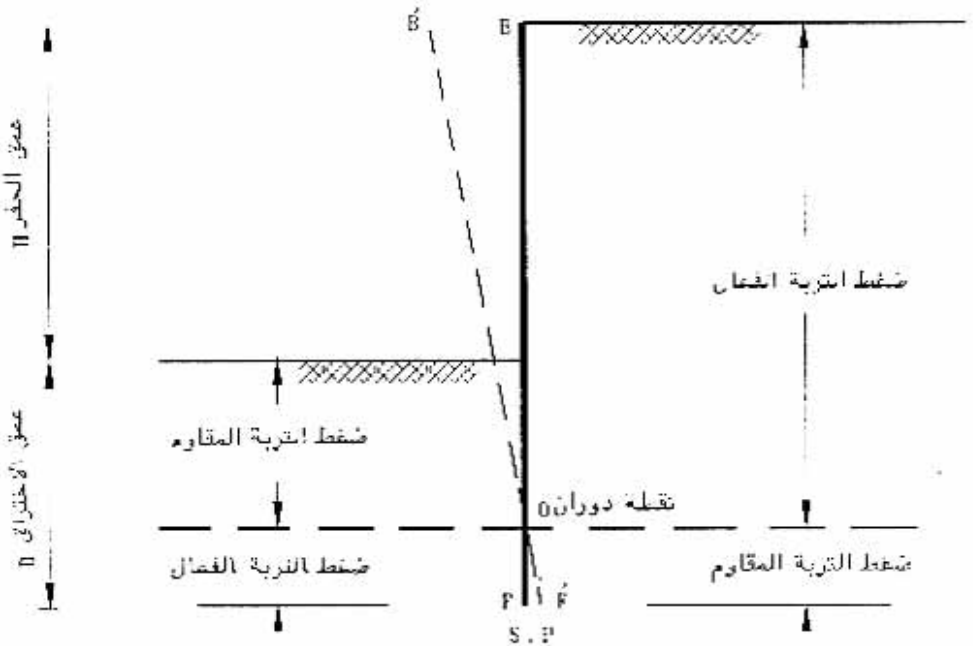
حساب قيم ضغط التربة الصافى على الحائط يتطلب تحديد البعدين D ، Y المجهولين والمبينين بالشكلين رقم (٧-٤٤) و (٧-٤٥).

يتم تحديد هذين البعدين من شرطى الثبات للقوى المؤثرة على الحائط.

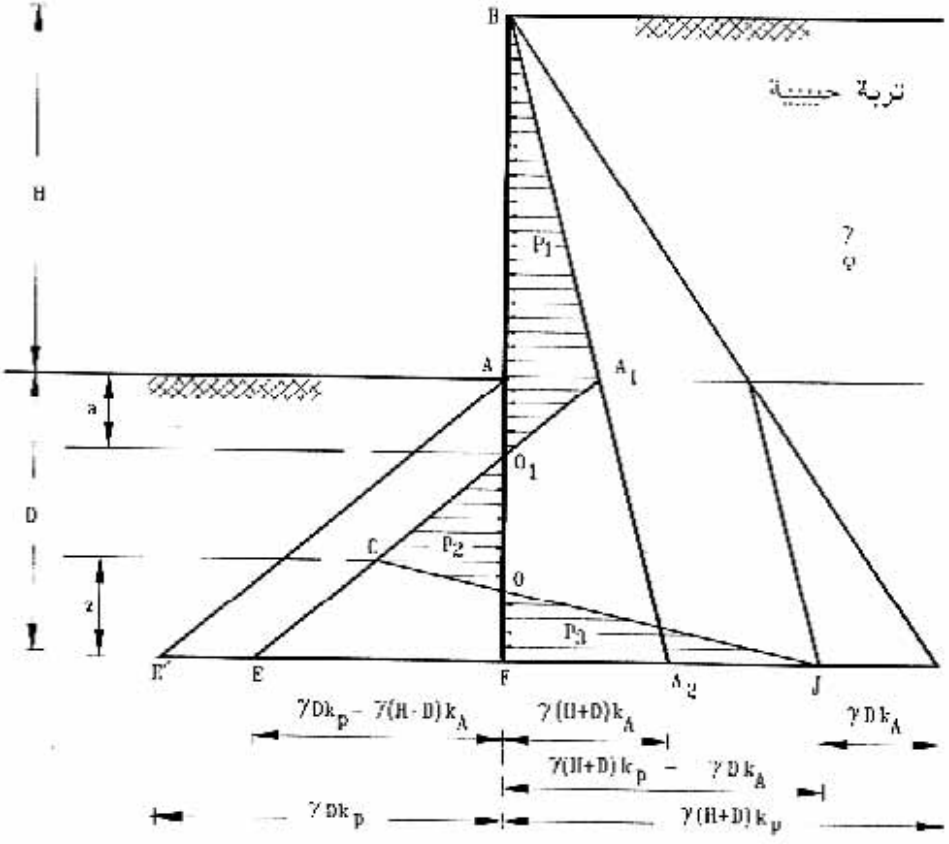
محصلة القوى الأفقية = صفر

محصلة العزوم حول أى نقطة (نقطة F) = صفر

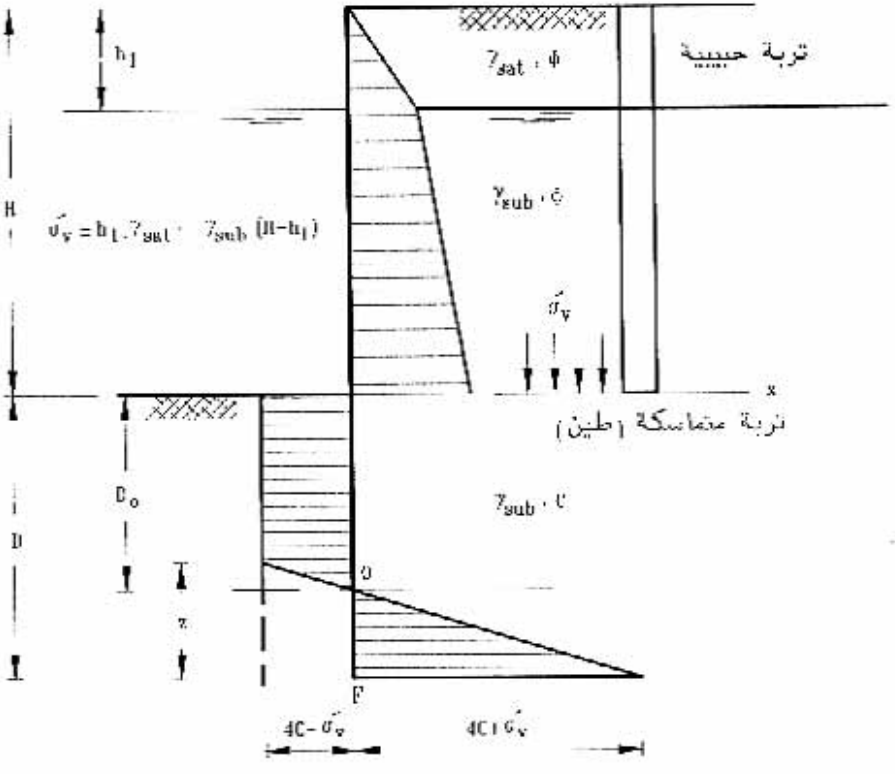
بحل هاتين المعادلتين نحصل على D و Y.



شكل (٧-٤٣) حركة الحائط



شكل (٧-٤٤) الضغوط الصافية على جانبي الحائط



شكل (٧-٤٥) الضغوط الصافية على الستارة في حالة تربة رملية تعلو تربة طينية

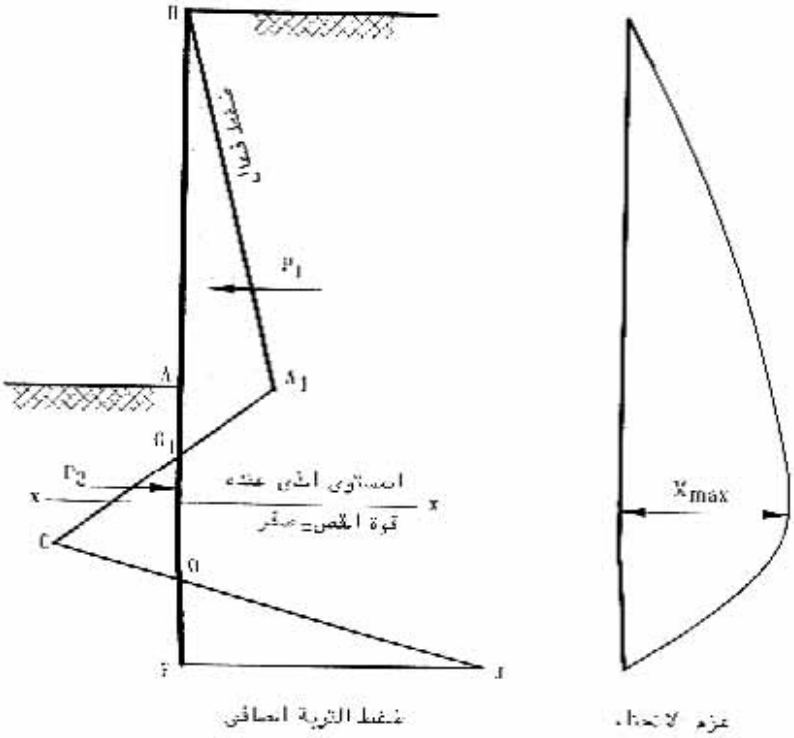
فى حالة التربة الحبيبية المتجانسة بكامل ارتفاع الحائط، فان قيمة Y ترتبط مع قيمة D بالعلاقة التالية:

$$Y = \frac{k_p D^2 - k_a (H+D)^2}{(k_p - k_a).(H+2D)} \qquad (٣١-٧)$$

تزاد قيمة (D) المحسوبة بنسبة ٢٠-٤٠ ٪ لتحقيق معامل أمان مقداره ١,٥٠ - ٢.

تعيين معامل القطاع للستارة (Z)

يبين الشكل رقم (٧-٤٦) ضغط التربة الصافى على جانبى الحائط وتوزيع عزوم الانحناء على طوله.



شكل (٧-٤٦) ضغط التربة الصافى والعزوم الجانبية على طول الستارة

يعين عزم الانحناء الأقصى (M_{max}) عند المستوى (x-x) الذى يتلاشى عنده القص، ويحدد العزم عند هذا المستوى للقوتين p_2 و p_1 حيث يمثل عزمهما حول هذا المستوى أكبر عزم انحناء متولد فى الستارة.

يحدد معامل القطاع مبدئيا للحائط كما يلى

$$z = \frac{M_{max}}{f} \qquad (٣٢-٧)$$

حيث f الإجهاد المسموح به لمادة الستارة فى الانحناء.

يرجع إلى البند (٧-٣-٣) فى حساب الاجهادات المتولدة فى الستارة. يمكن الاستعانة بالشكلين رقم (٧-٤٧) و (٧-٤٨) لتعيين عمق الاختراق (D) وعزم الانحناء الأقصى فى الحائط (M_{max}) وذلك فى حالة التربة الحبيبية المتجانسة أو فى حالة وجود طبقة من تربة حبيبية فوق طبقة من الطين.

٧/٢/٤/٢ الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفى

يستخدم الخازوق اللوحى ذو المربط الخلفى anchor فى الأعماق الدائمة وعندما يزداد العمق المطلوب سنده بما يتطلب قطاعا كبيرا للستائر حالة استخدام الكابولى.

ويتكون الحائط اللوحى ذو المربط الخلفى شكل (٧-٤٩) من ستائر لوحية ومدادات وشدادات ومرابط خلفية.

ويبين المنحنى (BOA) شكل الازاحات المرنة للحائط تحت تأثير ضغوط التربة الجانبية بما يحدد ضغوط التربة الفعالة والمقاومة. تنقسم الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفى الى نوعين اساسيين:

أ- الحائط ذو النهية الحرة شكل (٧-٥٠).

ب- الحائط ذو النهاية المثبتة شكل (٧-٥١)

إذا كان عمق اختراق الستارة للتربة كبيرا وترتكز فى تربة عالية المقاومة بما يمنع دوران نهاية الستارة فتكون نهاية الخط مثبتة. فى غير ذلك من ظروف الارتكاز التى تسمح بدوران الحائط عند نهايتها تكون نهاية الحائط حرة. الحائط مثبت النهاية يتطلب قطاعا من الستائر اصغر نسبيا من الحائط آخر النهاية تحت نفس الظروف ولكنه يتطلب طولا أكبر نسبيا.

يعين عزم الانحناء الأقصى (M_{max}) عند المستوى (x-x) الذى يتلاشى عنده القص، ويحدد العزم عند هذا المستوى للقوتين p_2 و p_1 حيث يمثل عزمهما حول هذا المستوى أكبر عزم انحناء متولد فى الستارة.

يحدد معامل القطاع مبدئيا للحائط كما يلى

$$z = \frac{M_{max}}{f} \qquad (٣٢-٧)$$

حيث f الإجهاد المسموح به لمادة الستارة فى الانحناء.

يرجع إلى البند (٧-٣-٣) فى حساب الاجهادات المتولدة فى الستارة. يمكن الاستعانة بالشكلين رقم (٧-٤٧) و (٧-٤٨) لتعيين عمق الاختراق (D) وعزم الانحناء الأقصى فى الحائط (M_{max}) وذلك فى حالة التربة الحبيبية المتجانسة أو فى حالة وجود طبقة من تربة حبيبية فوق طبقة من الطين.

٧/٢/٤/٢ الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفى

يستخدم الخازوق اللوحى ذو المربط الخلفى anchor فى الأعماق الدائمة وعندما يزداد العمق المطلوب سنده بما يتطلب قطاعا كبيرا للستائر حالة استخدام الكابولى.

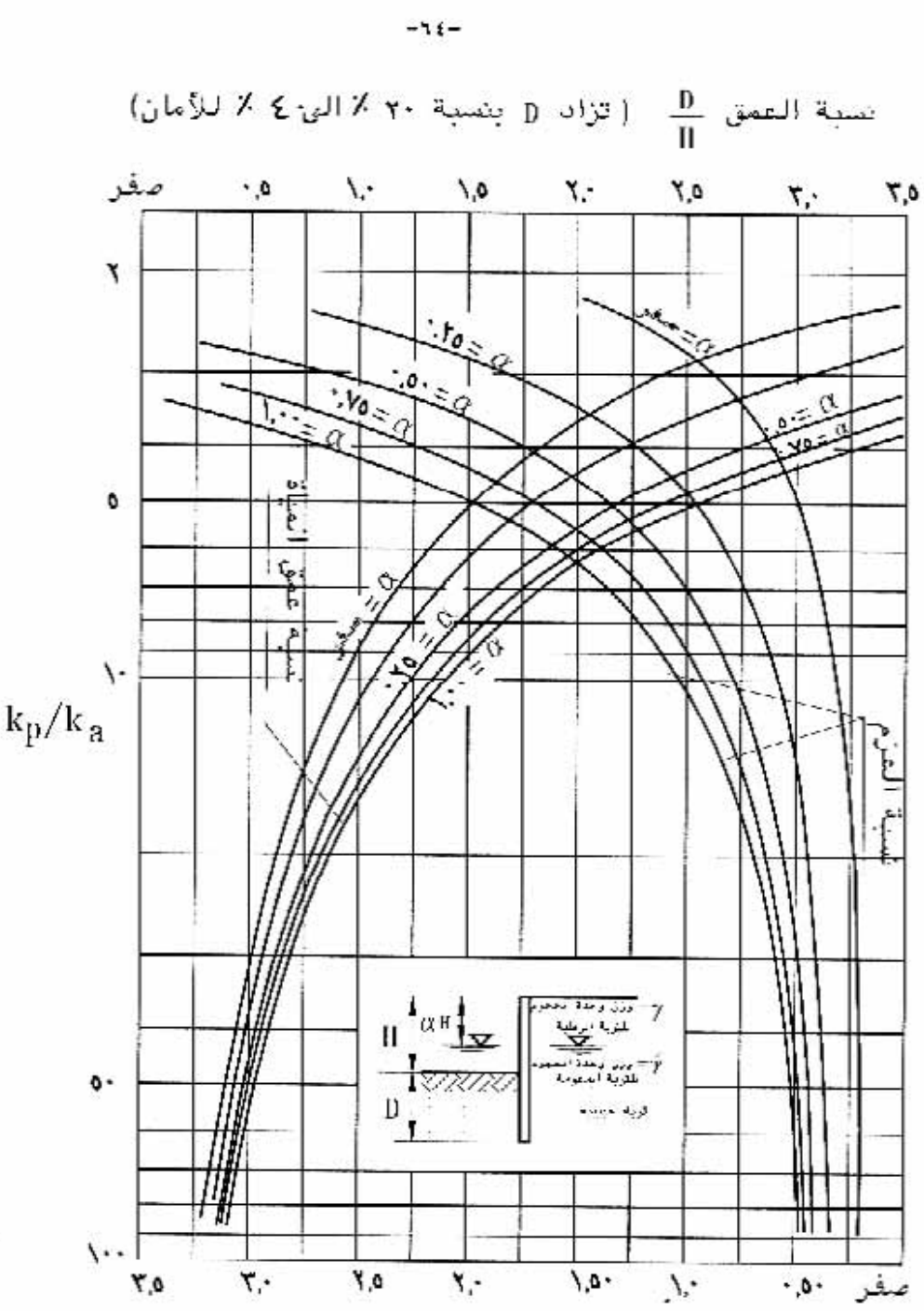
ويتكون الحائط اللوحى ذو المربط الخلفى شكل (٧-٤٩) من ستائر لوحية ومدادات وشدادات ومرابط خلفية.

ويبين المنحنى (BOA) شكل الازاحات المرنة للحائط تحت تأثير ضغوط التربة الجانبية بما يحدد ضغوط التربة الفعالة والمقاومة. تنقسم الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفى الى نوعين اساسيين:

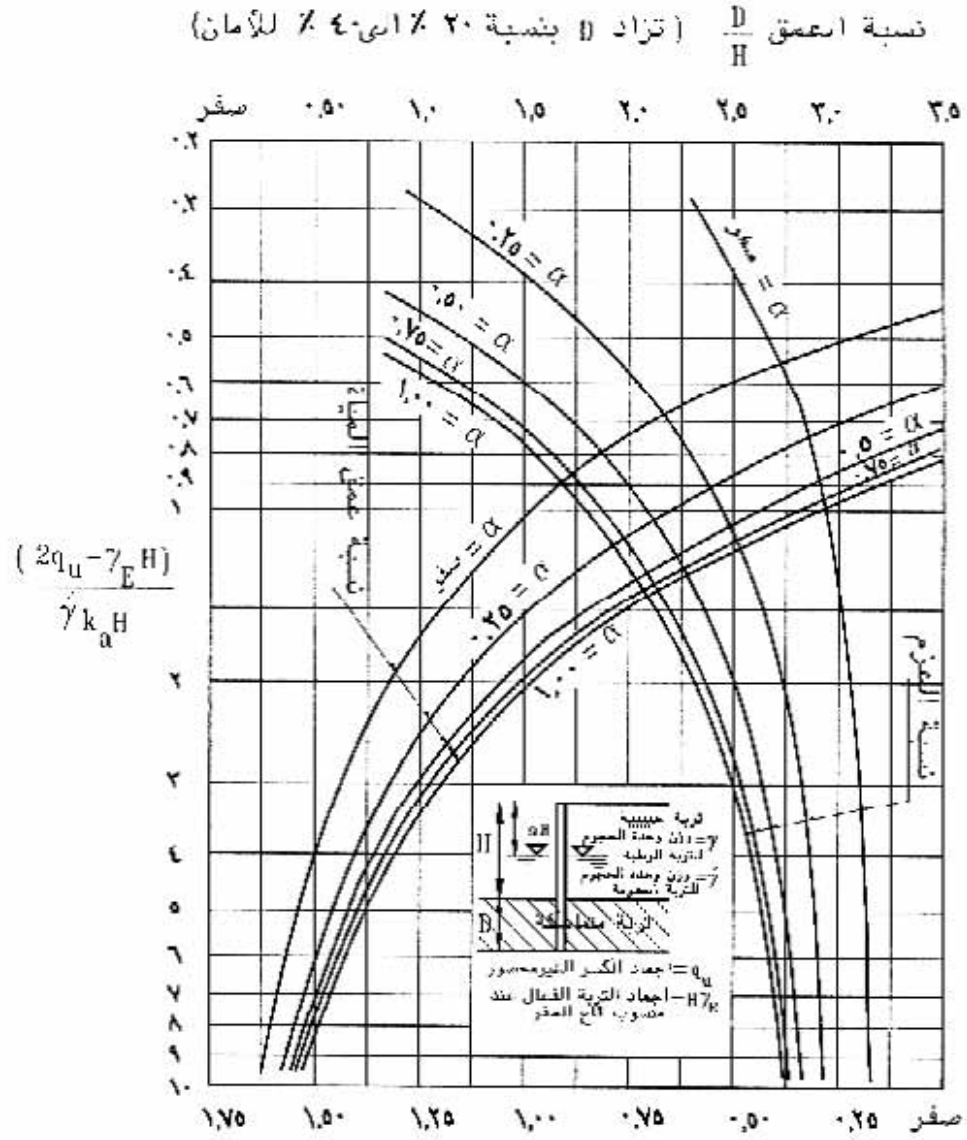
أ- الحائط ذو النهية الحرة شكل (٧-٥٠).

ب- الحائط ذو النهاية المثبتة شكل (٧-٥١)

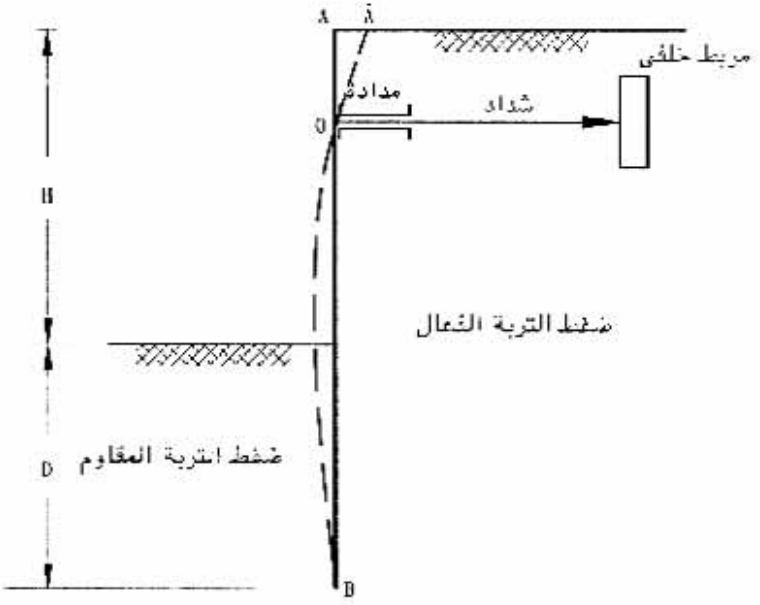
إذا كان عمق اختراق الستارة للتربة كبيرا وترتكز فى تربة عالية المقاومة بما يمنع دوران نهاية الستارة فتكون نهاية الخط مثبتة. فى غير ذلك من ظروف الارتكاز التى تسمح بدوران الحائط عند نهايتها تكون نهاية الحائط حرة. الحائط مثبت النهاية يتطلب قطاعا من الستائر اصغر نسبيا من الحائط آخر النهاية تحت نفس الظروف ولكنه يتطلب طولا أكبر نسبيا.



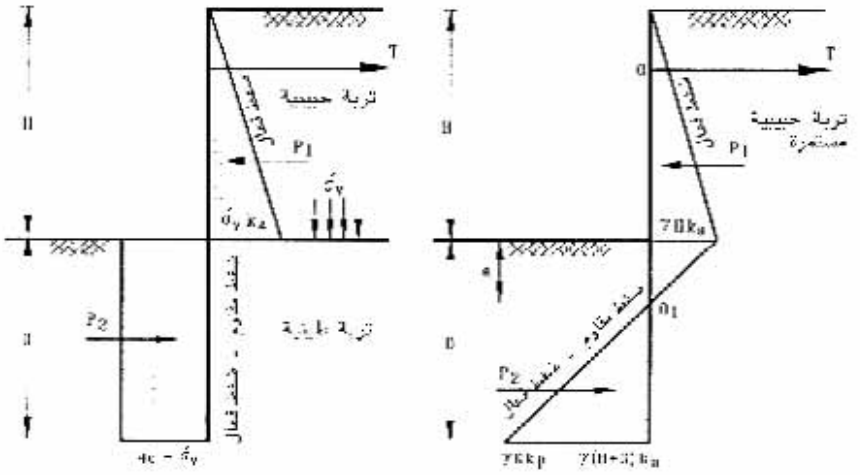
شكل (٧-٤٧) خازوق لوحي كابولي في طبقة حبيبية متجانسة



شكل (٧-٤٨) خازوق لوحي كابولي في طبقة رملية فوق طبقة طينية

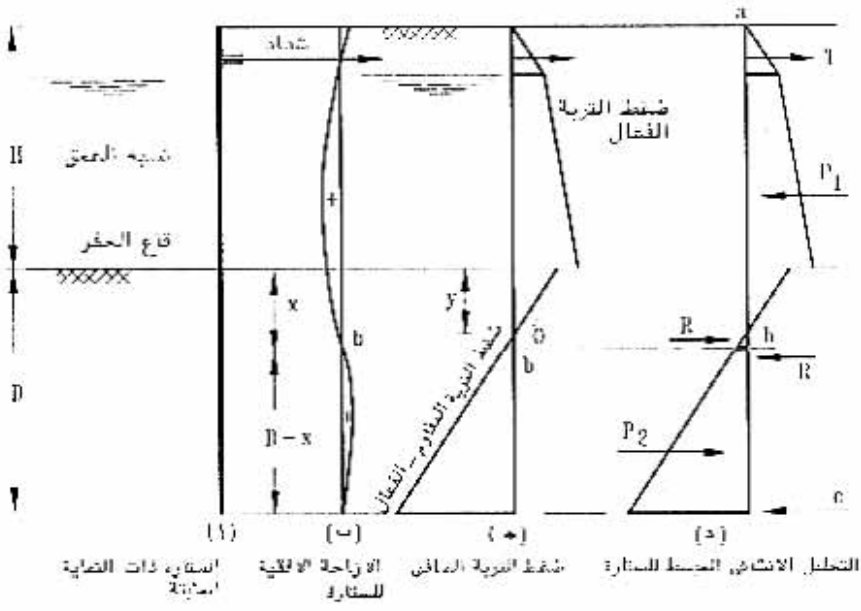


شكل (٧-٤٩) حركة الحائط ذو المربط الخلفي



ب - طبقة رملية فوق طبقة طينية

شكل (٧-٥٠) الضغط الصافي على الخازوق اللوحي ذو المربط الخلفي وحر النهاية



شكل (٧-٥١) الحائط ذو المربط الخلفي مثبت النهاية

٢/٢/٤/٧ (أ) تصميم الخوازيق اللوحية

تحديد عمق الاختراق (D)

أ- الخازوق اللوحي ذو النهاية الحرة

يبين الشكل (٧-٥٠) توزيع ضغط التربة الصافى على جانبى الستارة فى حالت التربة الحبيبيـــة والمتماسكة، حيث (P_1) تمثل محصلة ضغط التربة على يمين الستارة، (P_2) محصـــلة ضـــغط التربة على يسار الستارة.

يعين عمق الاختراق (D) بحساب عزوم القوتين P_1 , P_2 حول النقطة (O):

$$\Sigma Mo = o$$

من دراسة الثبات الأفقى للستارة يمكن تحديد القوة (T) على المداد.

ب- الخازوق اللوحي ذو النهاية المثبتة

- من المنحنى بالشكل رقم (٧-٥٢) ، وبمعلومية زاوية القص للتربة يقدر العمق (X) لنقطة الانقلاب (b) على الستارة، أى النقطة التى يتلاشى عندها عزم الانحناء.

يرسم ضغط التربة الصافى على جانبى الستارة كما بالشكل (٧-٥١) وتكون (Y) هى عمق النقطة (٥٠) التى يتساوى عندها ضغطى التربة الفعال والمقاوم ، أى أن الضغط الصافى عندها يساوى صفرا.

يفترض تقسيم الستارة إلى قسمين:

أ) القسم العلوى منها (ab) ويمثل كمرة بسيطة الارتكاز ذات كابولى واحد ، بتطبيق شرط الثبات الاتيين:

$$\Sigma \underline{M@\ Tic} = 0$$
$$\Sigma \underline{H} = 0$$

منهما يمكن تحديد القوة على المداد (T) ورد الفعل (R) (القص فى الستارة عند نقطة (b)).

ب) الجزء السفلى (bc) ويمثل كمرة بسيطة الارتكاز ، بتطبيق شرطى الثبات التاليين:

$$\Sigma M = 0$$
$$\Sigma H = 0$$

لها يمكن إيجاد البعدين (Y_1) و (Y_2).

- تزاد (D) بمقدار ٢٠ ٠/٠ لتثبيت الحائط فى التربة ولتحقيق معامل امان لها فى حدود ١,٥.

تعيين معامل القطاع للستارة (Z)

تتبع نفس طريقة تعيين معامل القطاع للستارة اللوحية الكابولية مع مراعاة أن مكان المستوى الذى تتلاشى عنده قوى القص يقع عادة فوق قاع الحفر واسفل الشداد.

٢/٢/٤/٧ (ب) تصميم المدادات (ألواح الربط الأفقية)

يستقبل المداد رد الفعل الأفقى (T) من الخازوق اللوحي وينقلها بدوره إلى المربط الخلفى من خلال الشدادات. ويتكون المداد من كمرتين على هيئة مجرى توضعان أفقيا ومتقابلتين من جهة العصب وبينهما مسافة تسمح بمرور الشدادات.

يبين الشكل رقم (٧-٥٣) اتصال المدادات بالستارة من أمامها أو من خلفها ، والوضع الأمثل للمداد هو ان يكون أمام الستارة وفوق أوطى منسوب للمياه.

تصميم المدادات باعتبارها كمرات مستمرة معرضة لقوى أفقية منتظمة التوزيع كثافتها T (قوة/وحدة أطوال) من الستارة وترتكز على مجموعة شدادات بينهم مسافات متساوية (S) كما هو مبين بالشكل رقم (٧-٥٤).

يجب أن يكون قطاع المداد كافيا لمقاومة عزوم الانحناء وقوى القص المتولدة فيه والتي تحسب كما يلي:

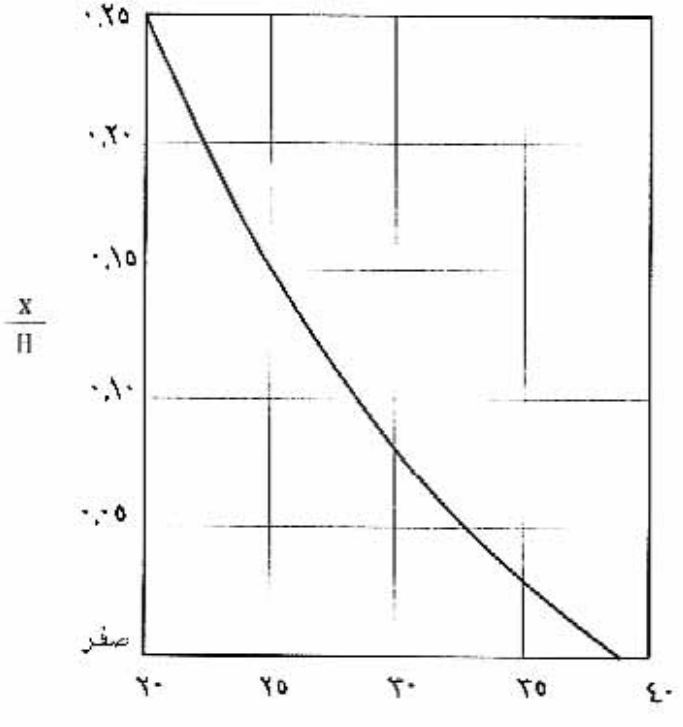
$$M_{max} = T \cdot S^2/10 \qquad (٣٣-٧)$$

$$Q_{max} = 0.6T \qquad (٣٤-٧)$$

ويكون معامل القطاع (Z) مساويا:

$$Z = M_{max}/f \qquad (٣٥-٧)$$

حيث f إجهاد الشد لمادة القطاع.



شكل (٧-٥٢) منحني يلوم لعمق نقطة الانقلاب في الستارة مثبتة النهاية

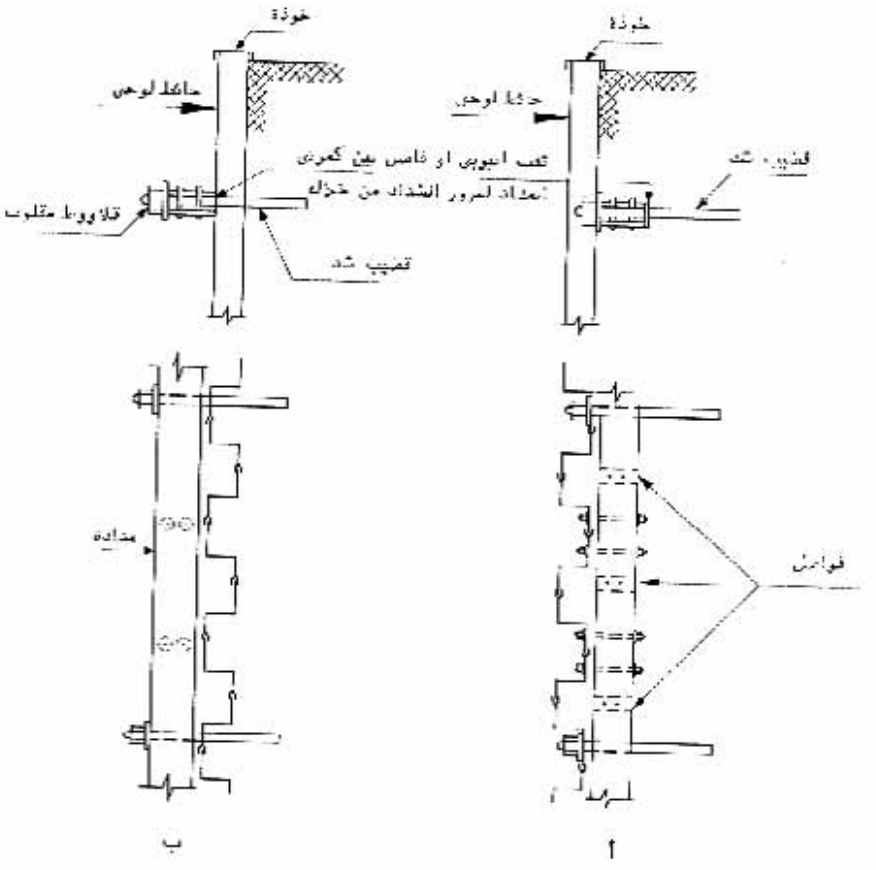
٢/٢/٤/٧ (ج) تصميم الشدادات

الشدادات عبارة عن قضبان من الصلب الإنشائي دائرية أو مربعة القطاع معرضة لقوة شد (F) عبارة عن:

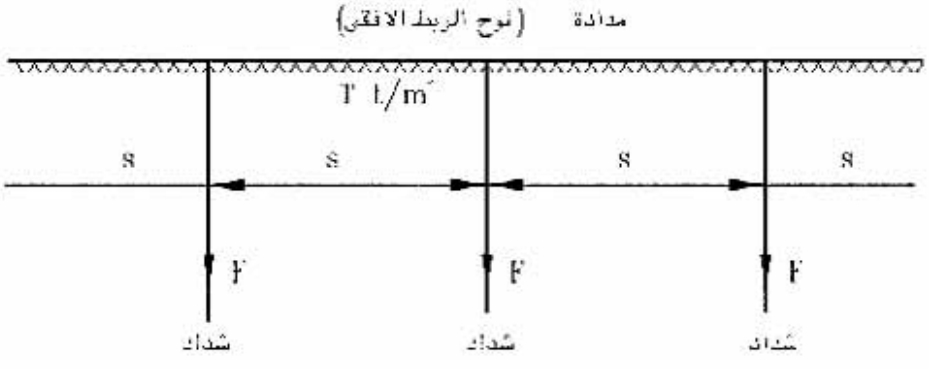
$$F = 1.1(T)\,(S) \qquad (٣٦-٧)$$

لحساب قطاع الشداد تزداد قيمة (F) بمقدار ٠/٠ ٣٠. أما عند الوصلات وأماكن الاتصال بالوحدات الأخرى من الحائط فتزداد قيمة (F) بمقدار ٥٠-١٠٠ ٠/٠.

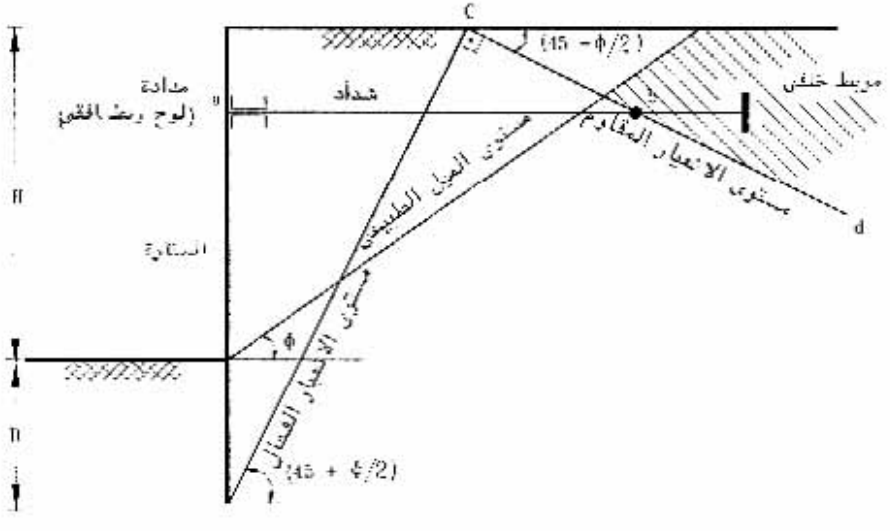
ويتحدد طول الشداد بحيث لا يحدث تداخل بين منطقتي الثبات اللذين للتربة أمام المربط الخلفي وخلف الحائط وبحيث يقع المربط خلف مستوى الميل الطبيعي للتربة. الشكل رقم (٧-٥٥) يوضح أقصر طول (ab) للشداد.



شكل (٧-٥٣) ترتيب وضع المدادات والشدادات مع الستائر



شكل (٧-٥٤) التحليل الإنشائي للمداد



شكل (٧-٥٥) أقصر طول للشداد

٢/٢/٤/٧ (د) تصميم المرابط الخلفية

تنتقل القوة الأفقية (T) من الشداد إلى أحد الأنواع الآتية من المرابط الخلفية كما هو موضح في شكل رقم (٧-٥٦).

أ) بلوكات / بلاطات خرسانية

وهى عبارة عن كتل من الخرسانة العادية أو بلاطات / كمرات مستمرة من الخرسانة المسلحة. هذا النوع يصلح استخدامه عندما يمكن وضعه تحت سطح الأرض فى تربة ذات مقاومة عالية.

ب) ستائر لوحية

وهى عبارة عن حائط قصير من الخوازيق اللوحية مزودة بمدادات.

ج) الخوازيق المائلة

عبارة عن خوازيق تدق على صورة الرقم (٨) ، وهذا النوع يستخدم عندما تكون طبقة التربة العلوية ضعيفة.

سعة البلوكات / البلاطات الخرسانية

أ- كتلة أو بلاطة قريبة من سطح الأرض

سعة مربط بارتفاع (H) وعرض (L) يعين من الشكل رقم (٧-٥٧) باستخدام المعادلات الآتية:

- فى حالة التربة الحبيبية

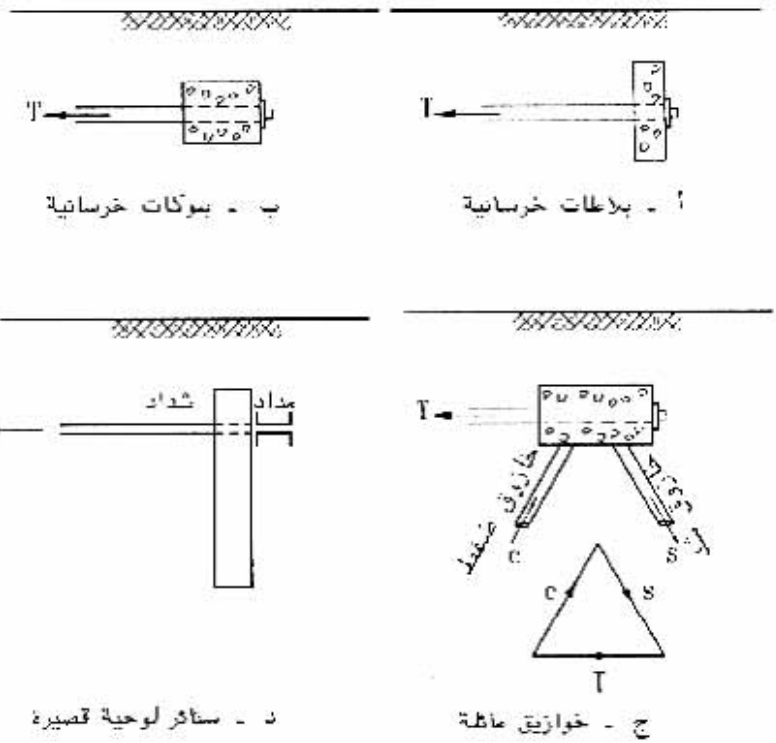
$$T_{ult} \leq L\,(P_p - P_a) + 1/3k_o\,\gamma\left(\sqrt{k_p} + \sqrt{k_a}\right)H^3 \tan\phi \qquad (٣٧-٧)$$

- فى حالة التربة المتماسكة

$$T_{ult.} \leq L\,(P_p - P_a) + q_u.H^2 \qquad (٣٨-٧)$$

حيث:

T_{ult}	القوة القصوى
P_a , P_p	محصلة ضغطى التربة المقاوم والفعال لوحدة الأطوال،
k_o	معامل ضغط التربة عند السكون.
k_a , k_p	معاملى ضغط التربة المقاوم والفعال
ϕ	زاوية الاحتكاك الداخلية للتربة الحبيبية
q_u	مقاومة الضغط غير المحصور (غير المحاط) للتربة المتماسكة



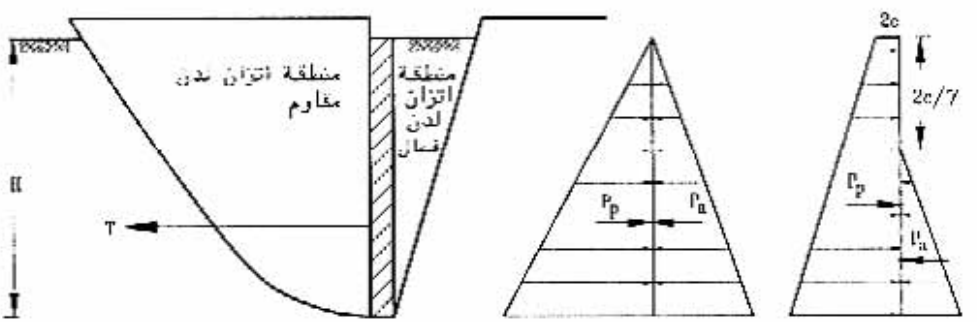
أ - بلاطات خرسانية

ب - بلوكات خرسانية

ج - خوازيق مائلة

د - ستائر لوحية قصيرة

شكل (٧-٥٦) المرابط الخلفية



شكل (٧-٥٧) مربط خلفي قريب من سطح الأرض

ب- كتلة / بلاطة خرسانية على عمق كبير تحت سطح الأرض

السعة القصوى للمربط الموجود على عمق كبير تحت سطح الأرض ($h > H$) تساوى تقريبا سعة التحميل الرأسية لقاعدة أفقية مرتكزة عند نفس العمق ($h + H / 2$) ، الشكل رقم (٧-٥٨).

٣/٢/٤/٧ الخوازيق اللوحية متعددة الشدادات

يتم حساب حائط لوحى متعدد الشدادات، شكل (٧-٥٩) بالطريقة الآتية:

- يرسم ضغط التربة الفعال والمقاوم على جانبى الحائط.
- تحسب القوة (A_1) فى الشداد الأول العلوى باعتبار عدم وجود الشدادات الاخرى ووجود قاع الحفر عند مستوى الشداد التالى له، ويحسب عمق الاختراق (D_1) للستارة بهذا الوضع باعتبار معامل أمن = ١ ، وذلك بتطبيق شرطى الثبات:

$$\Sigma \text{ H} = \text{zero}$$
$$\Sigma \text{ M} = \text{zero}$$

- للشدادات الاخرى يعين عمق الاختراق (D_m) للستارة والقوة فى الشداد (A_m) باعتبار معامل امن = ١ ، وباعتبار وجود القوى فى الشدادات العليا التى سبق تعيينها ، ووجود قاع الحفر عند مستوى الشداد التالى ($m+1$) أو عند قاع الحفر الفعلى فى حالة الشداد الأخير (n) ، وذلك بتطبيق شرطى الثبات للقوى الأفقية والعزوم.
- يحسب عزم الإنحناء المتولد فى الستارة عند كل مرحلة من مراحل الإنشاء.
- تزداد (D_n) بمقدار ٢٠-٤٠ ٪ لتحقيق معامل أمن فى حدود ١,٥.

ب- كتلة / بلاطة خرسانية على عمق كبير تحت سطح الأرض

السعة القصوى للمربط الموجود على عمق كبير تحت سطح الأرض ($h > H$) تساوى تقريبا سعة التحميل الرأسية لقاعدة أفقية مرتكزة عند نفس العمق ($h + H / 2$) ، الشكل رقم (٧-٥٨).

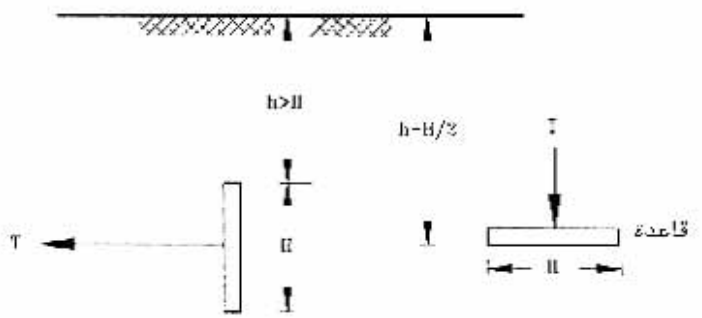
٣/٢/٤/٧ الخوازيق اللوحية متعددة الشدادات

يتم حساب حائط لوحى متعدد الشدادات، شكل (٧-٥٩) بالطريقة الآتية:

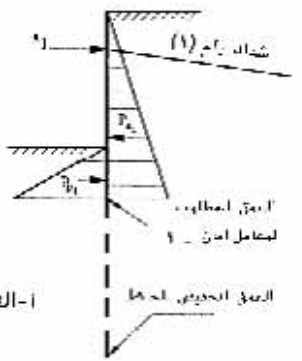
- يرسم ضغط التربة الفعال والمقاوم على جانبى الحائط.
- تحسب القوة (A_1) فى الشداد الأول العلوى باعتبار عدم وجود الشدادات الاخرى ووجود قاع الحفر عند مستوى الشداد التالى له، ويحسب عمق الاختراق (D_1) للستارة بهذا الوضع باعتبار معامل أمن = ١ ، وذلك بتطبيق شرطى الثبات:

$$\Sigma \text{ H} = \text{zero}$$
$$\Sigma \text{ M} = \text{zero}$$

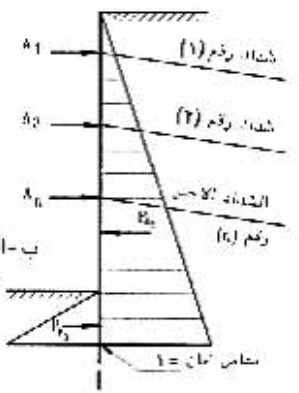
- للشدادات الاخرى يعين عمق الاختراق (D_m) للستارة والقوة فى الشداد (A_m) باعتبار معامل امن = ١ ، وباعتبار وجود القوى فى الشدادات العليا التى سبق تعيينها ، ووجود قاع الحفر عند مستوى الشداد التالى ($m+1$) أو عند قاع الحفر الفعلى فى حالة الشداد الأخير (n) ، وذلك بتطبيق شرطى الثبات للقوى الأفقية والعزوم.
- يحسب عزم الإنحناء المتولد فى الستارة عند كل مرحلة من مراحل الإنشاء.
- تزداد (D_n) بمقدار ٢٠-٤٠ ٪ لتحقيق معامل أمن فى حدود ١,٥.



شكل (٧-٥٨) مربط خلفي عميق



أ-التحليل الانشائي لشداد رقم (١)



ب-التحليل الانشائي للشدادات المتوسطة و الشداد الاخير

شكل (٧-٥٩) التحليل الإنشائي لخازوق لوحي متعدد الشدادات

٣/٤/٧ الإجهادات الآمنة المستعملة فى تصميم الخوازيق اللوحية من الصلب وفقـا لدرجـات الحمل المستخدم فى التصميم.

جدول (٧-٤) حدود الإجهادات الآمنة
فى الخوازيق اللوحية (ميجانيوتن / متر^{٢})

نوع الصلب	٣٧	٤٥	٥٢
درجة الحمل الأولى	١٤٠	١٦٠	٢١٠
درجة الحمل الثانية	يضاف ١٥ ٠/٠ الى إجهادات الدرجة الأولى		
درجة الحمل الثالثة	يضاف ٣٠ ٠/٠ إلى إجهادات الدرجة الأولى		

الإجهادات الآمنة المستعملة فى تصميم الشدادات هى كالآتى:

أ- فى منطقة القلوظة

صلب ٣٧ (٢٤-٣٥)	١١٢	ميجا نيوتن / متر^{٢}
صلب ٥٢ (٣٦-٥٢)	١٥٠	ميجا نيوتن / متر^{٢}

ب- خارج منطقة القلوظة

صلب ٣٧ (٢٤-٣٥)	١٤٠	ميجا نيوتن / متر^{٢}
صلب ٥٢ (٣٦-٥٢)	٢١٠	ميجا نيوتن / متر^{٢}

درجات الأحمال

تقسم الأحمال إلى الدرجات الثلاث التالية:

أ- أحمال الدرجة الأولى

هى الأحمال الناتجة عن ضغط التربة الفعال – فرق ضغط المياه – ضغط التربـة النـاتج مـن الأحمال الحية.

ب- أحمال الدرجة الثانية

يضاف لأحمال الدرجة الأولى فرق ضغط المياه نتيجة فيضان المياه أمام الحائط وتـأثير المـص نتيجة مرور السفن وضغط التربة الفعال والمقاوم نتيجة الأحمال الحية الموضعية غير العادية.

ج- أحمال الدرجة الثالثة

مثل أحمال الدرجة الثانية ولكنها تأخذ الاحمال الاضافية على المسطحات الكبيرة من المنشأ التي لم يسبق اعتبارها، أو حدوث ظروف غير ملائمة بما ينتج عنه انهيار اعضاء انشائية فى المنشأ تحافظ على توازنه. مثال لهذه الظروف الانهيار الكامل لشبكة الصرف أو انهيار ميل ترابى تحت الماء امام حائط من ستائر لوحية او غرق مفاجئ لجسر أو حدوث ارتفاع أو انخفاض مفاجئ فى مستوى مياه البحر بسبب انسدادات أو ازاحات جليدية أو انفجار خط رئيسى للمياه خلف المنشأ أو نقل أحمال غير عادية مثل القاطرات او الحديد الخردة وما يماثلها فوق المنشأ. يراعى اعتبار الفعل المشترك للعديد من هذه التأثيرات غير الملائمة ما دام احتمال حدوثها قائما وممكنا.

حساب قيمة الاجهادات المتولدة فى الخوازيق اللوحية:

تحسب الاجهادات المتولدة فى الخوازيق اللوحية من المعادلة الآتية:

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M_{max}}{Z} + \frac{P.Y}{Z} \qquad (٣٩-٧)$$

حيث:

σ_{max}	أقصى إجهاد متولد (MN/m^2)
P	القوة الرأسية المؤثرة فى محور الستارة (MN)
M_{max}	العزوم القصوى المتولدة فى الستارة نتيجة القوة الافقية $(MN.m)$.
Y	أقصى انبعاج للستارة نتيجة القوى الافقية (m).
A	مساحة مقطع الستارة (m^3).
Z	معامل القطاع للستارة (m^3).

ويجب أن لا تزيد هذه الاجهادات (σ_{max}) عن الاجهادات المسموح بها (f) لمادة الستارة.

٧/٥ الحوائط الغشائية

الحائط الغشائي diaphragm wall والذى يطلق عليه أحيانا حائط الروبـــة (slurry wall) يصير تكوينه داخل خندق مملوء بالروبة باستخدام الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة التجهيز أو اللدائن أو الروبة ذاتية التصلب طبقا للهدف من إنشاء الحائط.

تأخذ الحوائط الغشائية العديد من الأشكال الهندسية منها الدائري والمستطيل والمربع، وتنفذ بمعـــدات حفر دائرية، بالجراب، بالحفارات أو بالمثقبات .

تستخدم الحوائط الغشائية لأغراض مختلفة: كقاطع لتسرب المياه، كمتحكم لتســـرب الميـــاه ،كنـــاقل للأحمال إلي طبقة ارتكاز عميقة،لمقاومة الأحمال الجانبية أو لهمدان الاهتزازات الناتجة عن الآلات.

١/٥/٧ تنفيذ الحائط الغشائى

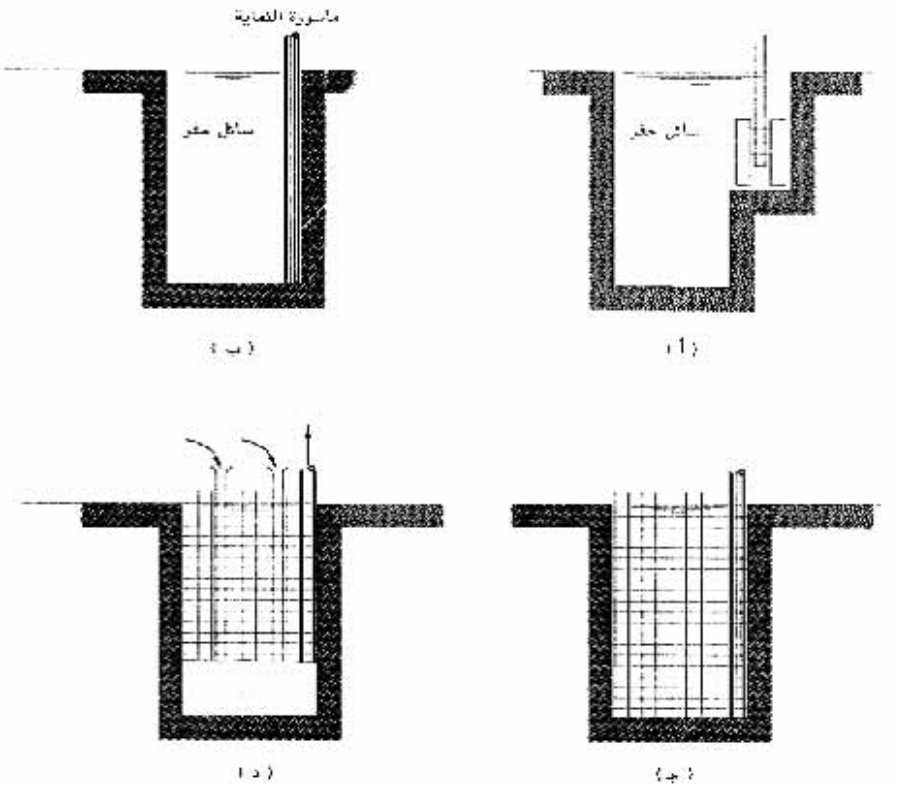
يتبع في تنفيذ الحائط الخطوات التالية:

- حفر الوحدات بمعدات الحفر المختلفة تحت سائل حفر.
- ملئ الوحدات بمواد تلائم غرض الإنشاء (خرسانة وخلافة).
- يصير تنفيذ الحائط بطريقتين :
- الحفر والصب للوحدات على التوالي ،شكل رقم(٧-٦٠).
- حفر الوحدة الأولى (أساسية) علي قطاعات ثم الصب لكامل الوحدة مع وضع ماســـورة نهاية. تترك الوحدة الثانية (ثانوية) ويصير حفر وصب الوحدة الثالثة (أساسية) مثل الوحدة الأولى. يعقب ذلك حفر وصب الوحدة الثانية ،شكل رقـــم(٧-٦١). يكـــرر هـــذا النمـــط لاستكمال الحائط.

٢/٥/٧ حجم الوحدات من الحائط الغشائى شائع الاستعمال

- يتوقف حجم وحدات الحوائط الغشائية علي طبيعة التربة بالموقع، خصـــائص المشـــروع وقدره معدات الحفر.
- يتحدد منسوب السطح العلوى للحائط بمنسوب سطح الأرض وطبيعة المنشأ فوقه ومناسيب أساسات المنشآت المجاورة ومدي قربها من الحائط.

- يتحدد عمق الحائط وفق الغرض من إنشائه.



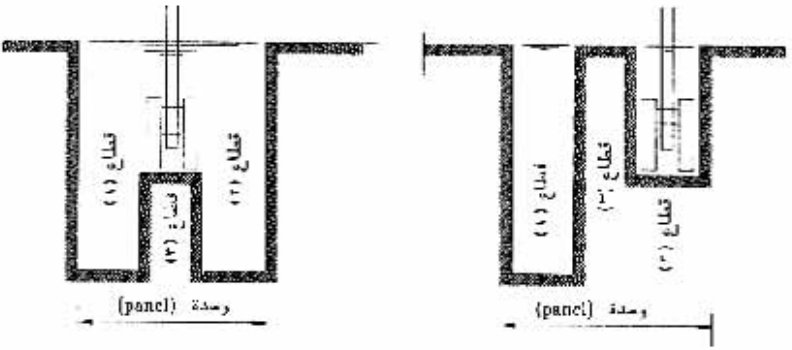
أ- حفر الوحدة

ب وضع ماسورة النهاية

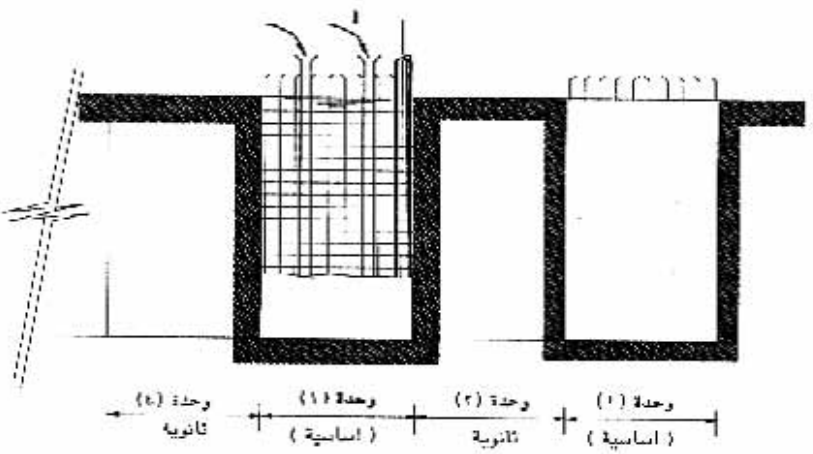
ج-وضع شبكة التسليح

د-صب الخرسانة و سحب ماسورة النهاية

شكل (٧-٦٠) خطوات تنفيذ الحائط الغشائي



(أ) حفر الوحدات على قطاعات



(ب) خطوات انشا جسم الحائط على وحدات
اساسية و ثانوية

شكل (٧-٦١) خطوات تنفيذ الحائط علي قطاعات

- يكون عرض(سمك) الحائط مساويا لعرض معدة الحفر المستخدمة ولا يقل عادة عن ٤٥, مترا. لمعدات الماسك القشرى يكون العرض من ٠,٤٥ إلى ١,٥٠ مترا. ولمعدات التثقيب الدوار يكون العرض من ٤٥, إلي ٢٠, ١مترا.
- يتحدد طول وحدة الحائط وفق طول معدة الحفر، ثبات الخندق، فترة صب الخرسانة، طبيعة التربة في الموقع وقدرة معدات الرفع المتاحة في المشروع. لا يقل طول وحدة الحائط عن طول معدة الحفر. لا تزيد فترة صب الخرسانة داخل خندق الوحدة الواحدة عن ٤,٠٠ ساعات وتستخدم عدد ٢ ماسورة صب للخنادق التى يزيد طولها عن ٤,٥٠ مترا. تستخدم وحدات قصيرة الطول (من ١.٢٠ إلى ٢.٤٠ مترا) فى التربة عالية النفاذية والتربة ذات الكهوف. لا يزيد وزن تقفيصة حديد التسليح عن قدرة معدة الرفع .

٣/٥/٧ سائل الحفر

يكون سائل الحفر slurry بخلط الماء مع مواد صلبه وإضافات وصولا إلى معلق متجانس . تكون المواد الصلبة من النوع الجيد والذى يحتوى على ٥٠ /٠ على الأقل من معادن الطين.

- ينتقل سائل الحفر من الخلاطات إلى الخندق إما بالجاذبية خلال مجارى مفتوحة أو بمضخات خلال مواسير. أما الفاقد من الخندق فينتقل باستخدام طلمبات إلى معدات الترسيب وتخليص سائل الحفر من الرمال سويا مع ناتج الحفر وذلك خلال قضبان معدات الحفر . تستخدم كميه من سائل الحفر مساويه للحجم النظرى للوحدات (panels) مضافا إليها نسبة فاقد تقدر كما بالجدول رقم (٧-٥).

جدول (٧-٥) نسبه الفاقد فى سائل الحفر

نوع التربة	الفاقد م^3 / م^3 من الخندق
الرمال	٠,٢٠ ← ٠,٦٠
الرمال الزلطية	٠,٤٠ ← ١,٠٠
الزلط الرملى	٠,٥٠ ← ٢,٥٠
الزلط	١,٠٠ ← ٣,٠٠

كما أن هناك فاقد غير متوقع نتيجة لتسرب السائل فى شقوق أو فجوات أو كهوف فى التربة وربما خلال مواسير غير مرنية تحت سطح الأرض حدث بها كسر أثناء التنفيذ .

- الحد الأدنى للوزن النوعى لسائل الحفر ١٠,٣٠ كن/م^{٣} ويمكن الاسترشاد بالجدول رقم (٧-٦) والذى يربط بين الوزن النوعى لسائل الحفر ومعامل نفاذيه التربة.

جدول (٧-٦) العلاقة بين معامل نفاذية التربة والوزن النوعى لسائل الحفر

معامل نفاذية التربة (متر/ثانية)	الوزن النوعى لسائل الحفر (كن/م^{٣})
$(٧,٠٠ \leftarrow ٣,٥٠) \times ١٠^{-٤}$	١٠,٣٠ ← ١٠,٤٥
$(١٠,٠٠ \leftarrow ٧,٠٠) \times ١٠^{-٤}$	١٠,٤٥ ← ١٠,٥٢
$(٢,٠٠ \leftarrow ١,٠٠) \times ١٠^{-٣}$	١٠,٥٢ ← ١٠,٦٥
$(٥,٠٠ \leftarrow ٢,٠٠) \times ١٠^{-٣}$	١٠,٦٥ ← ١٠,٨٥

- يرجع إلى الجزء الرابع من الكود (الاساسات العميقة) وذلك فيما يتعلق بخصائص سائل الحفر.

٤/٥/٧ حائط الدليل

- تستخدم حائط الدليل header wall لتحديد موقع الحائط وكدليل لمعدات الإنشاء و كمجرى لملئ ونقل سائل الحفر أثناء العمل وللمحافظه على حافة الخندق من الانهيار ولمنع تسرب سائل الحفر خلال الطبقات السطحيه ولسند الجزء العلوى من التربة حيث لا يقدر سائل الحفر على ذلك وللتحكم فى منسوب سطح سائل الحفر ولمنع الإزاحات الجانبية للطبقة السطحية من التربة.
- تأخذ حوائط الدليل أشكالا مستطيلة المقطع أو على شكل حرف(L) مصبوبة فى موقعها أو سابقه التجهيز .

- يجب أن يمتد حائط الدليل خلال الطبقات التى يفقد خلالها سائل الحفر وإلى أسفل منشآت المرافق العامة مع الأخذ فى الاعتبار أمان المنشات المجاورة أثناء التنفيذ .
- يتحدد عمق حائط الدليل بمستوى يتساوى عنده ضغط سائل الحفر مع ضغط التربة الجانبى، آخذين فى الاعتبار الأحمال السطحية وأوزان معدات الإنشاء بما لا يقل عن ١٠كن/م^{٢} .
- تستخدم أربطة أفقية (من الخشب وخلافه) فى سند حائطى الدليل المتقابلين .
- يتم دراسة ثبات حائط الدليل باعتبار القوى التالية :

١- ضغوط التربة والسائل .

٢- وزن الحائط .

٣- الاحتكاك بين الحائط والتربة إلي أسفل.

٤- وزن التربة والأحمال المؤثرة على قاعدة حائط الدليل.

- تحسب الاجهادات الرأسية المتولدة فى الحائط باعتبار أن الحائط مرتكزة بكامل طولها على الأرض قبل الحفر وككمره مستمرة ذات فتحة مساويه لطول الحفر وذلك أثناء الحفر .
- تحسب الإجهادات الأفقية فى حائط الدليل باعتبارها كمره مستمرة مرتكزة على الأربطة الأفقية.

٥/٥/٧ ثبات الخندق

- يتم دراسة ثبات جوانب الخندق قبل صب الخرسانة وبعدها ،كما تتم دراسة ثبات القاع قبل صب الخرسانة .
- يتحقق ثبات جوانب الخندق قبل صب الخرسانة بوصول كثافة المعلق إلى قيمة أكبر من القيمة التالية ،والتى تحقق معامل أمان قدره الوحدة :

١-فى حالة التربة الطينية :

$$\gamma_f = \gamma - \frac{4c - 2q_s}{H} \qquad (٧-٤٠)$$

٢-فى التربة الرملية :

$$\gamma_f = \left[\gamma\left(1-m^2\right)k_a + \bar{\gamma}m^2k_a + \gamma_w m^2\right]/n^2 \qquad (٤١-٧)$$

حيث :

γ_f وزن وحدة الحجوم لسائل الحفر

γ وزن وحدة الحجوم للتربة أعلى منسوب المياه الأرضية

$\bar{\gamma}$ وزن وحدة الحجوم للتربة أسفل سطح الماء

γ_w وزن وحدة الحجوم للماء

c جهد التماسك للتربة

q_s الحمل الحى على الأرض

k_a معامل ضغط التربة الجانبى الفعال

H عمق قاع الحفر مقاسا من سطح الأرض

$\frac{h_w}{H}=m$ شكل رقم (٧-٦٢)

$\frac{h_s}{H}=n$ شكل رقم (٧-٦٢)

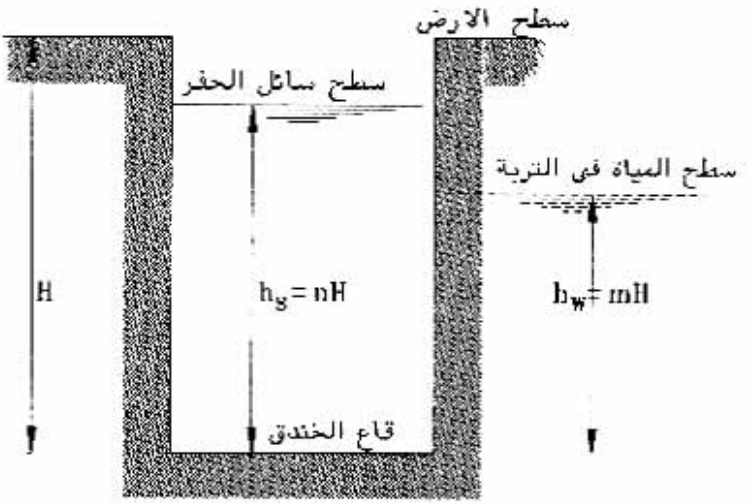
- يتحقق ثبات جوانب الخندق بعد صب الخرسانة باعتبار معامل الضغط الجانبى للخرسانة يساوى الوحدة وضغط تربة مقاوم.
- يتحقق ثبات قاع الحفر بحساب معامل اللامان طبقا للمعادلات التالية :

١- فى حالة التربة الطينية غير المنفذة نسبيا للماء :

$$F = \frac{k_p\,\gamma_f\,(H-h_f)+2c\sqrt{kp}}{k_a\left[\sigma_z + \gamma_w\,(H-h_w)\right]-2c\sqrt{k_a}} \qquad (٤٢-٧)$$

٢- فى حالة التربة الرملية :

$$F = \frac{k_p \left[\gamma_f (H - h_f) - \gamma_w (H - h_w)\right]}{k_a \sigma_z}$$



شكل (٧-٦٢) أبعاد الخندق

٦/٥/٧ اعتبارات التنفيذ

- يسوى سطح الأرض بموقع التنفيذ فى حدود ميل ٢ % ،تترك فواصل بحوائط التدليل طبقا لمادة إنشائها ولما تنص عليه المواصفات الأخرى لفواصل التمدد وأن تكون واجهة الحائط المقابلة للخندق مستوية ورأسية تماما وان تكون الحوائط موازية لمحور الخندق مع تربيط الحوائط جانبيا.
- يجب أن تكون المسافة بين حائطى الدليل ١٠ % أكبر من اتساع أجهزة حفر الخندق .
- تجهز نهايات الوحدات (Panels) بقواطع للمياه فى حالة التربة الحاملة للمياه.
- تكون المواد المالئة الخندق بخصائص متجانسة ، ذات إجهاد كافى لمقاومة الأحمال ،تعطى أسطح ملساء بدون تكهف وبغطاء مناسب لصلب التسليح.

- تصب الخرسانة للحائط الغشائى باستخدام مواسير داخلية بعد مرور من ٣ إلى ٤ ساعات من نهاية الحفر .
- ترتفع مواسير الصب ١٠سم عن قاع الحفر وتزود بسدادة لا تسمح للمواد المالئة لحفر بالتسرب منها قبل ملئها تماما .
- يتراوح الميل المسموح به فى الحائط ما بين ١٠٠:١ إلى ٢٠٠:١وفى الحالات النموذجية للحفر والتربة يكون الميل المسموح به ٥٠٠:١.
- تقاس الميول على وجه الحائط عند النهايات .
- لا تزيد البروزات فى خرسانة الحائط عن الوجه التصميمى لها عن ٣ بوصات (٧,٥٠سم) ويجب معالجة البروزات الحادثة فى الحائط بعد كشف أسطحها بالتكسير والجلخ والحقن بالأسمنت .
- يصل سمك الحائط بعد التنفيذ إلى ١,٠٤~ ١,٠٨ السمك التصميمي حالة التربة الرملية وإلى ١,٠٧~١,١٠ حالة التربة الزلطيه وإلى ١,٠٣~١,٠٦ حالة التربة الطينية.يستمر صب الخرسانة حتى ارتفاع ٣٠ سم أعلى منسوب التصميمي إذا ما كان هذا المنسوب أوطى من سطح سائل الحفر أو حتى ظهور سطح خرسانى نظيف خالى من سائل الحفر إذا كان المنسوب التصميمي للحائط مساويا أو أعلى من سطح سائل الحفر . يصير تكسير الخرسانة الزائدة عن المناسيب التصميمية عند الكشف على أعلى الحائط.
- للحوائط التى ينتهى سطحها العلوى أسفل حوائط الدليل يجب تسوية السطح العلوى للخرسانة باستخدام هزاز مغمور أو بالدمك السطحى لها.
- عند حفر وحدة بجوار وحدة سبق صبها بالخرسانة لمنسوب أوطى من سطح الأرض ، يجب الردم فوق هذه الخرسانة بالرمال مع وضع حواجز عند نهايتها لسند الرمل ومنعها من الانهيار داخل الحفر المجاور أو استخدام خرسانة ضعيفة بدلا من الرمال .
- منع تسرب المياه له أهمية خاصة لحوائط الدائمة المستخدمة بالبدرومات ، بالجراجات أو بالطرق التحتية . يجب العناية الفائقة بنوعية الخرسانة المستخدمة ودراسة وصلات الوحدات مع عدم الاعتماد على المعالجات التى تتم بعد أعمال التنفيذ .

- في حالة وجود عوائق أثناء الحفر للحائط قريبا من سطح الأرض وأعلى من منسوب المياه الأرضية ، يتم حفر الموقع لإزالة العائق وإعادة الردم مع الدمك ثم تستكمل الأعمال .
- يجب تكثيف الخرسانة جيدا أثناء الصب مع زيادة محتوى الأسمنت لتحسين التحكم فى تسرب المياه (water tightness).
- لا تعتبر وصلات الوحدات التى تنفذ باستخدام المواسير الدائرية حاكمه للمياه بسبب الإزاحات النسبية الرأسية والأفقية التى تحدث لهذه الوحدات . بعد توقف هذه الازاحات يجب الحقن خلف الحائط عند أماكن الوصلات، ويمكن استخدام وصلات خاصة حاكمة للمياه.

٦/٧ حوائط التربة المسلحة

يمكن تقسيم حوائط التربة المسلحة reinforced walls إلي حوائط مسلحة بعناصر صلبة مثل الرقائق الفولاذية أو حوائط مسلحة بواسطة مواد لدنة مثل مصنعات جيوتقنية للتربة geosynthetics. وتنشأ حوائط التربة المسلحة في الحالتين من ثلاث وحدات وهي واجهة الحائط، وعناصر التسليح والردم الخلفي.

١/٦/٧ العناصر المكونة

١/١/٦/٧ وحدة التسليح

تصنع وحدات التسليح من صلب مجلفن بسمك ٣ مم وبعرض من ٠,٦٠ متر إلى ٠,٨ متر وعلى أن يسمح بتآكل ١/٣ السمك نتيجة للصدأ، كذلك يمكن استخدام وحدات تسليح مزودة بأعصاب ribbed ومدهون أسطحها بالزنك بسمك ٧٠ ميكرون (٠,٠٧ مم).

أما التسليح بالمصنعات فإنه يتم بواسطة مواد منفذة مغزولة أو غير مغزولة مثل أن تكون مجهزة من بوليمرات polymers صناعية خاملة حيويا ولا تتحلل كيمائيا، وقد يدخل في صناعتها الصوف الزجاجي أو الكابلات، وتوضع المصنعات بالردم علي هيئة ألواح طرية، ألواح صلبة، شرائط أو شبكات.

- في حالة وجود عوائق أثناء الحفر للحائط قريبا من سطح الأرض وأعلى من منسوب المياه الأرضية ، يتم حفر الموقع لإزالة العائق وإعادة الردم مع الدمك ثم تستكمل الأعمال .
- يجب تكثيف الخرسانة جيدا أثناء الصب مع زيادة محتوى الأسمنت لتحسين التحكم فى تسرب المياه (water tightness).
- لا تعتبر وصلات الوحدات التى تنفذ باستخدام المواسير الدائرية حاكمه للمياه بسبب الإزاحات النسبية الرأسية والأفقية التى تحدث لهذه الوحدات . بعد توقف هذه الازاحات يجب الحقن خلف الحائط عند أماكن الوصلات، ويمكن استخدام وصلات خاصة حاكمة للمياه.

٦/٧ حوائط التربة المسلحة

يمكن تقسيم حوائط التربة المسلحة reinforced walls إلي حوائط مسلحة بعناصر صلبة مثل الرقائق الفولاذية أو حوائط مسلحة بواسطة مواد لدنة مثل مصنعات جيوتقنية للتربة geosynthetics. وتنشأ حوائط التربة المسلحة في الحالتين من ثلاث وحدات وهي واجهة الحائط، وعناصر التسليح والردم الخلفي.

١/٦/٧ العناصر المكونة

١/١/٦/٧ وحدة التسليح

تصنع وحدات التسليح من صلب مجلفن بسمك ٣ مم وبعرض من ٠,٦٠ متر إلى ٠,٨ متر وعلى أن يسمح بتآكل ١/٣ السمك نتيجة للصدأ، كذلك يمكن استخدام وحدات تسليح مزودة بأعصاب ribbed ومدهون أسطحها بالزنك بسمك ٧٠ ميكرون (٠,٠٧ مم).

أما التسليح بالمصنعات فإنه يتم بواسطة مواد منفذة مغزولة أو غير مغزولة مثل أن تكون مجهزة من بوليمرات polymers صناعية خاملة حيويا ولا تتحلل كيمائيا، وقد يدخل في صناعتها الصوف الزجاجي أو الكابلات، وتوضع المصنعات بالردم علي هيئة ألواح طرية، ألواح صلبة، شرائط أو شبكات.

٢/١/٦/٧ واجهة الحائط

وهى من الخرسانة سابقة التجهيز أو من الصلب أو غير ذلك، وتكون وحدات الخرسانة سابقة التجهيز مربعة الشكل بأبعاد ١,٥ متر بسمك ٠,١٨ ، ٠,٢٢ ، أو ٠,٢٦ متر،أما إذا كانت الواجهة من الصلب فإنها تكون من وحدات غير قابلة للصدأ بسمك ٣مم وارتفاع ٣٥٠ مم وطول ١٠ متر، كما يمكن استخدام وحدات شبك من السلك الحامل لطبقة من خرسانة الدفع،ويوضح في الشكل (٧- ١٦٣) نموذج لواجهة من خرسانة الدفع shotcrete.

وفي حالة الواجهة المرنة يتم لف ألواح المنسوجات حول الردم الخلفي مع حشرها ولفها بداخله كما هو موضح في الشكل (٧-٦٣ ب).

٣/١/٦/٧ الردم الخلفي

- للتأكد من تولد قوى الاحتكاك على وحدات التسليح يجب أن تكون نسبة المواد الناعمة في الردم (الأقل من ٠,٠٧ مم) أقل من ١٥%. وعليه يمكن استخدام جهاز صندوق القص فى تحديد الاحتكاك بين الردم ووحدة التسليح.
- وإذا كانت نسبة المواد الناعمة فى الردم الخلفي أكبر من ١٥% يجب إجراء اختبارات خاصة للتأكد من قيمة الاحتكاك بين الردم ووحدة التسليح.
- للتحكم فى صدأ وحدات التسليح يجب أن يكون الرقم الهيدروجيني (PH) للردم أكبر من ٥ وأقل من ١٠ وأن تكون ممانعة الردم أكبر من ١٠٠٠ أوم. سم ، ومحتوى الكلوريدات بالردم أقل من ٢٠٠ جزء فى المليون (ppm) ومحتوى الكبريتات أقل من ١٠٠٠ جزء فى المليون (ppm) ، مجال النوعة أقل من ٦. نسبة المار من منخل ٠,٧مم محصور بين صفر و ٢٥% . والمار من منخل ٢٥٠ مم ١٠٠%.
- يدمك الردم الخلفي على طبقات عند محتوى رطوبة مساوي أو أقل من الرطوبة المثلى.
- يجب أن يكون الردم الخلفي متجانس من حيث التكوين والدمك والرطوبة والنوعية.

٢/٦/٧ السماح بالصدأ

يوضح الجدول رقم (٧-٧) السمك الذي يجب التضحية به sacrificial strip thickness لكل من وحدات التسليح المصنعة من صلب مجلفن (أ) galvanized والمصنعة من صلب غير مدهون (ب) nonalloyed steel .

جدول رقم (٧-٧) جدول الصدأ (مم)

نوع التربة	أقل عمر افتراضي للمنشأ (سنة)							
	٥		٣٠		٧٠		١٠٠	
	أ	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب
رمل جاف	صفر	٠,٥	٠,٥	١,٥	١,٠	٣,٠	١,٥	٤,٠
منشأ ملامس لمياه عذبة	صفر	٠.٥	١,٠	٢,٠	١,٥	٤,٠	٢,٠	٥,٠
منشأ ملامس لمياه مالحة	صفر	١,٠	–	٣,٠		٥,٠	–	٧,٠

٣/٦/٧ التصميم

١/٣/٦/٧ الأبعاد الابتدائية

- عرض الحائط المسلح ٠,٧ إلى ٠,٨ من ارتفاع الحائط
- الجزء المدفون من الحائط أسفل الردم الأمامي ٠,١٠ ارتفاع الحائط.

٢/٣/٦/٧ حالات الانهيار

تحدث الانهيارات أما خارج منطقة التسليح أو بداخله.

وتشمل الانهيارات الخارجية الانزلاق العميق، انهيار سعة التربة، الانزلاق و الانقلاب ويمكن الرجوع إلى البند رقم (٢/٧) فى تحديد معاملات الأمان لهذه الانهيارات.

أما الانهيارات الداخلية فتشمل :

- تمزق وحدات التسليح
- انزلاق وحدات التسليح
- انبعاج وتمزق وحدات واجهة الحائط
- انهيار وصلة وحدة التسليح مع وحدة واجهة الحائط.

٣/٣/٦/٧ أسلوب التصميم

- تستخدم نظرية رانكن فى حساب ضغط التربة الفعال active على الحائط المسلح اخذ فى الاعتبار حمل حي على سطح الردم الخلفي لا يقل عن ١ طن / م٢ والذي يناظـــر وزن معدات التنفيذ وأي أحمال حية أخرى.
- عند أي عمق (Z) من الحائط تحسب الضغوط الجانبية على الحائط المسلح كما يلي:

$$E_a = 0.5\,\gamma\, Z^2\, K_a \qquad (٤٤-٧)$$

$$E_q = q\, Z\, K_a \qquad (٤٥-٧)$$

$$E = E_a + E_q \qquad (٤٦-٧)$$

ومن ثم عزوم الانحناء من المعادلة

$$M = (E_a.Z)/3 + (E_q.Z)/2 \qquad (٤٧-٧)$$

وزن التربة من الرسم رقم (٦٣-٧)

$$W = \gamma Z.L \qquad (٤٨-٧)$$

- الإجهاد الراسي المؤثر على الردم عند واجهة الحائط P_v يعطى من المعادلة

$$P_v = W/(L-2e) \qquad (٤٩-٧)$$

حيث

$$e = M/W \qquad (٥٠-٧)$$

يحسب الضغط الجانبي على واجهة الحائط P_h من المعادلة

$$P_h = P_v\, K_a \qquad (٥١-٧)$$

٤/٣/٦/٧ الأمان ضد التمزق

يحسب الشد المتوك في شريحة التسليح من المعادلة

$$T_d = P_h.\, \Delta H.\, \Delta B \qquad (٥٢-٧)$$

حيث

ΔH المسافة البينية الراسية بين وحدات التسليح

ΔB المسافة البينية الأفقيـــة بين وحدات التسليح

تحسب قوى الشد ضد التمزق من المعادلة

$$T_s = A_s \sigma_s \qquad (٥٣-٧)$$

حيث

A_s مساحة مقطع وحدة التسليح

σ_s إجهاد الخضوع لمادة الوحدة

يحسب معامل الأمن ضد التمزق من المعادلة

$$F_R = \frac{T_S}{T_d}$$

ويجب ألا يقل عن ١,٥٠

٥/٣/٦/٧ الأمان ضد الانزلاق

تحسب أقوى مقاومة للشد تتولد على سطح وحدة التسليح من المعادلة :

$$T_r = 2bl.\sigma_v \tan\delta \qquad (٥٥-٧)$$

حيث :

$l.$ طول الوحدة

b عرض الوحدة

σ_v القيمة الذنيا لمتوسط الإجهاد الرأسي المؤثر على وحدة التسليح $(\sigma_v = \gamma_z)$

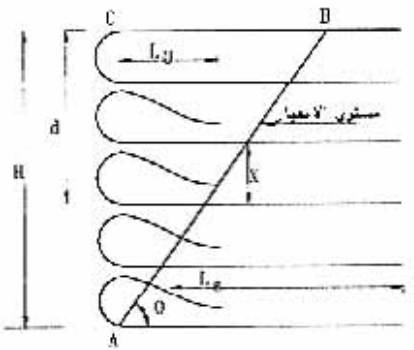
δ زاوية الاحتكاك بين سطح الوحدة والتربة .

ويحسب معامل الأمن من المعادلة التالية :

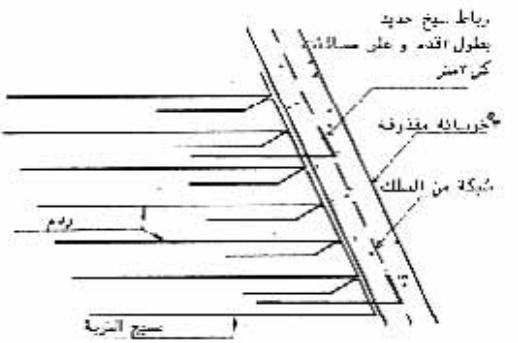
$$F_s = \frac{T_r}{T_d}$$

والذي يجب أن يكون أكبر من ٢,٠٠.

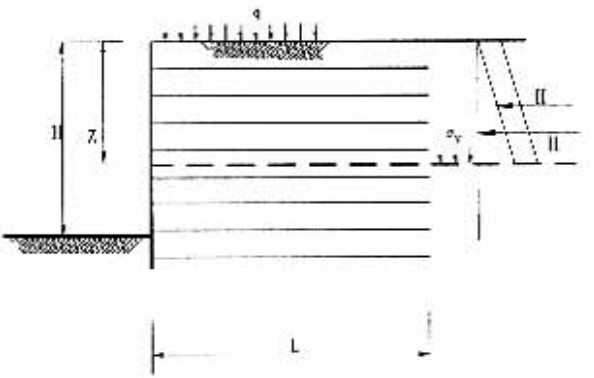
ويبين الشكل (٧-٦٣ج) الإجهادات الرأسية والأفقية المؤثرة على وحدات الحائط ذو التربة المسلحة.



ب) حائط مسلحة من مصنعات للتربة



ا) نموذج لواجهة حائط لتربة المسلحة



ج)الإجهادات الرأسية والأفقية المؤثرة علي وحدات الحائط ذو التربة المسلحة.

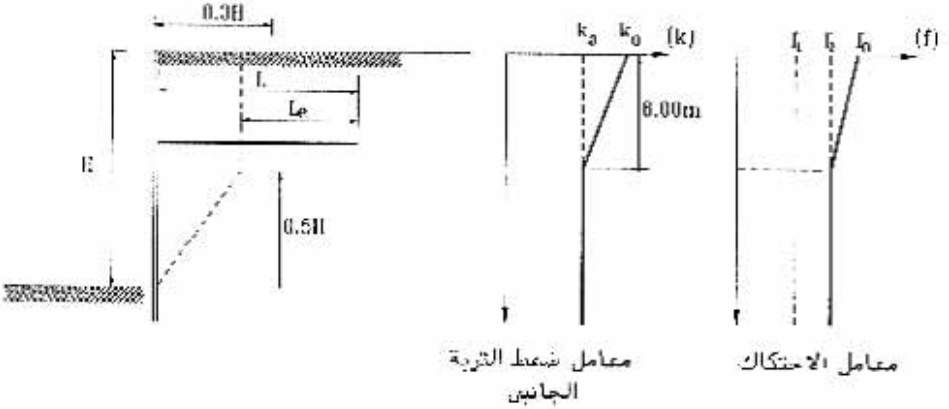
شكل (٧-٦٣) حوائط التربة المسلحة

تصميم وحدة واجهة الحائط باعتبار حمل الضغط الجانبي P_h . وتصمم الوحدة باعتبارها قرص دائري مرتكز ارتكازا مفصليا على وحدة التسليح. كذلك يمكن باعتبارها كابولى مثبت بوحدة التسليح.

٧/٣/٦/٧ تصميم معدل

يمكن تعديل التصميم السابق للحائط المسلح آخذا فى الاعتبار مايلى :

- يقاس الطول الفعال لوحدة التسليح (L_e) من مستوى الانهيار كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٦٤).



شكل (٧-٦٤) التصميم المعدل

يتناقص معامل ضغط التربة الجانبي من قيمة المعامل المناظر لحالة السكون (k_o) ليصل إلى قيمة المعامل المناظر لضغط التربة الفعال عند عمق ٦ متر.

- لوحدات التسليح الناعمة .

يؤخذ معامل الاحتكاك (f_1) مساويا لظل زاوية الاحتكاك بين سطح الوحدة والتربة ($\tan \delta$) . أما وحدات التسليح ذات الأعصاب فيؤخذ معامل احتكاك متغير مع العمق من قيمة (f_o) عند سطح الأرض ليصل إلى قيمة (f_2) عند عمق ٦,٠٠ متر. تحسب قيمة معاملات الاحتكاك كما يلي:

$$f_o = 1.2 + \log c_u \qquad (٧-٥٧)$$

$$f_2 = \tan \phi \qquad (٧-٥٨)$$

$$f_1 = \tan (\delta) \qquad (٧-٥٩)$$

حيث : c_u معامل انتظام التربة uniformity coefficient

ϕ زاوية الاحتكاك للتربة

٨/٣/٦/٧ اعتبارات خاصة بالتصميم

١) يوصي بأن يكون طول عناصر التسليح متساويا ولا يقل عن الطول اللازم لأكثر القطاعات حرجا.

٢) ينبغي أخذ خصائص الزحف في الاعتبار خاصة في حالة التربة المسلحة بمصنعات للتربة.

٤/٦/٧ اختبار المصنعات الجيوتكنية للتربة

تختبر المصنعات الجيوتكنية للتربة لتحديد قوى الشد ، الثبات تحت تأثير الحرارة ، والأشعة تحت البنفسجية ، تأثير البلل والجفاف ، مقاومة الاشتعال ، السمك ، مقاومة التثقيب ، مقاومة التمزق والقطع، معامل المرونة ، التركيب الكيماوي والحيوي ، الزحف الاستاتيكي و الديناميكي ، وكلال الاحتكاك.

٥/٦/٧ اعتبارات التنفيذ

١) يجب تطهير الموقع في منسوب التأسيس وإزالة أي شوائب

٢) يجب تجنب عمل وصلات في الاتجاه العرضي، وفي حالة الاضطرار إلى فرد عناصر التسليح الاتجاه العرضي فإنه يجب الاعتداد بمقاومة الشد في اتجاه التصنيع أثناء التصميم.

٣) يجب دفن طول التركب بعد الواجهة مباشرة لتفادي حدوث انزلاق بين الوحدات المتتالية.

٤) يجب الاستعانة بدعامات مؤقتة أثناء دمك الردم الخلفي

٥) إذا استخدمت المصنعات في واجهة الحائط فإنه يجب طلائها بمواد إسفلتية لزيادة مقاومتها للتحلل من جراء تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

٧/٧ مسمرة التربة

مسمرة التربة soil nailing أسلوب يتبع في ربط كتلة التربة المعرضة للانزلاق مع التربة الثابتة خلفها بمسامير من مواد مختلفة وعلى ان يمتد المسمار (nail) بطول تثبيت كاف خلف مستوى الانهيار المتوقع وان تكون المسامير بعدد كافي لتثبيت التربة المحصورة بين سطح الانزلاق المتوقع وسطح الميل.

٨/٣/٦/٧ اعتبارات خاصة بالتصميم

١) يوصي بأن يكون طول عناصر التسليح متساويا ولا يقل عن الطول اللازم لأكثر القطاعات حرجا.

٢) ينبغي أخذ خصائص الزحف في الاعتبار خاصة في حالة التربة المسلحة بمصنعات للتربة.

٤/٦/٧ اختبار المصنعات الجيوتكنية للتربة

تختبر المصنعات الجيوتكنية للتربة لتحديد قوى الشد ، الثبات تحت تأثير الحرارة ، والأشعة تحت البنفسجية ، تأثير البلل والجفاف ، مقاومة الاشتعال ، السمك ، مقاومة التثقيب ، مقاومة التمزق والقطع، معامل المرونة ، التركيب الكيماوي والحيوي ، الزحف الاستاتيكي و الديناميكي ، وكلال الاحتكاك.

٥/٦/٧ اعتبارات التنفيذ

١) يجب تطهير الموقع في منسوب التأسيس وإزالة أي شوائب

٢) يجب تجنب عمل وصلات في الاتجاه العرضي، وفي حالة الاضطرار إلى فرد عناصر التسليح الاتجاه العرضي فإنه يجب الاعتداد بمقاومة الشد في اتجاه التصنيع أثناء التصميم.

٣) يجب دفن طول التركب بعد الواجهة مباشرة لتفادي حدوث انزلاق بين الوحدات المتتالية.

٤) يجب الاستعانة بدعامات مؤقتة أثناء دمك الردم الخلفي

٥) إذا استخدمت المصنعات في واجهة الحائط فإنه يجب طلائها بمواد إسفلتية لزيادة مقاومتها للتحلل من جراء تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

٧/٧ مسمرة التربة

مسمرة التربة soil nailing أسلوب يتبع في ربط كتلة التربة المعرضة للانزلاق مع التربة الثابتة خلفها بمسامير من مواد مختلفة وعلى ان يمتد المسمار (nail) بطول تثبيت كاف خلف مستوى الانهيار المتوقع وان تكون المسامير بعدد كافي لتثبيت التربة المحصورة بين سطح الانزلاق المتوقع وسطح الميل.

١/٧/٧ طبيعة التربة الملائمة للمسمرة

تعتبر التربة التى تقف اسطح الحفر لها بعمق يتراوح بين ١,٠٠ إلى ٢,٠٠ متر راسية أو مائلة بشـــدة لمدة يوم أو يومين والتى يظل ثقب أفقى او مائل مفتوح بها لعدة ساعات هى التربة الأكـــثر ملائمـــة للمسمرة دون غيرها، وهذه النوعية من التربة تشمل:

- التربة المتماسكة من الطمى والطين منخفض اللدونه.
- التربة من الرمال المتماسكة.
- الصخور المجواة.
- الرمال الناعمة / متوسطة الخشونة ذات التماسك الناتج عن الخاصية الشعرية (capillary action) والذى يعادل ٣-٥ كن/م٢ والمصاحب لرطوبة ٠/٠ ٥ – ٠/٠ ٦

٢/٧/٧ طبيعة التربة غير الملائمة للمسمرة

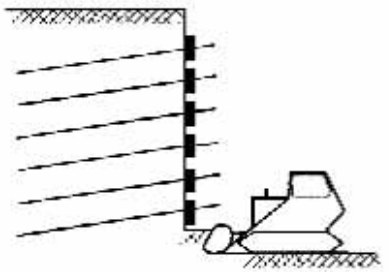
لا تعتبر تكنولوجيا المسمرة ملائمة فى الحالات الآتية:

- التربة الرملية الهائشة (loose sand) ذات الكثافة النسبية اقل من ٠/٠ ٣٠ .
- التربة الرملية ذات معامل انتظام (uniformity coefficient) أقل من ٢ .
- التربة الطينية اللينة ذات جهد قص غير مصروف أقل من ٢٥ كن/م٢ .
- التربة الطينية ذات اللدونة العالية (حد السيولة اكبر من ٠/٠ ٥٠ وحد اللدونة اكبر من٠/٠٢٠).
- التربة ذات القابلية للانتفاخ swelling soil القابلية للانهيار .
- التربة ذات منسوب مياه أرضية مرتفع.
- الردم ذو التماسك المنخفض.

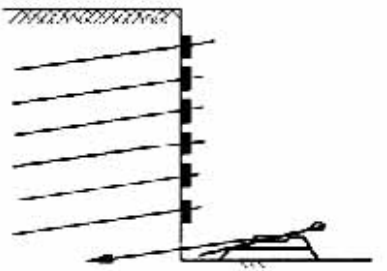
٣/٧/٧ خطوات التنفيذ

- قطع التربة راسيا أو بميل بسيط مع الرأس لعمق محدد، على أن تكون التربة خلف القطع متزنة.
- تثبت مسامير أفقية أو مائلة بزاوية مع الأفقى بطول تثبيت كافى وبالعدد المطلوب، إما بـــالدق أو بالتخريم المسبق والحقن.

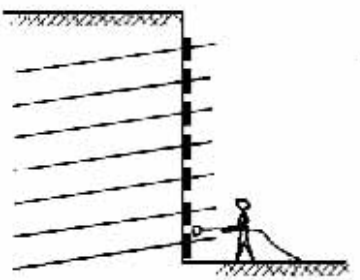
- تثبيت واجهة الحائط بخرسانة الدفع (shotcrete) أو من بلاطات (panels) سابقة التجهيز أو من الخرسانة المصبوبة بالموقع.
- تثبيت المسامير بألواح ربط ترتكز على واجهة الحائط.
- تكرر الخطوات السابقة وصولا إلى العمق المطلوب، شكل رقم (٧-٦٥).



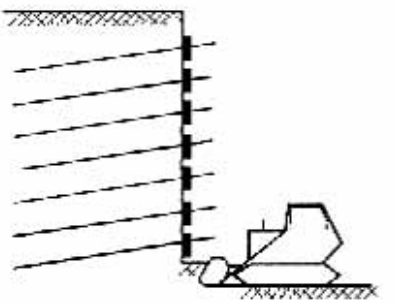
١ - الاعمال الترابية (الحفر)



٢ - تثبيت سسامير التربة



٣- الاعمال واجهة الحائط
بخرسانة الدفع او بلاطات سابقة التجهيز



٤ - الاعمال الترابية (الحفر)

شكل (٧-٦٥) تتابع خطوات التنفيذ

٤/٧/٧ أنواع المسامير

يوجد نوعان من المسامير من حيث اسلوب التنفيذ هما:

مسامير تثبت بالدق فى التربة على مسافات بينية متساوية اقل من ١,٠٠ متراء تكون بأطوال تتراوح بين ٠,٥٠ إلى ٠,٧٠ ارتفاع القطع وبعدد من ١ إلى ٢ مسمار لكل متر مربع من سطح القطع وبمحيط مسمار ١٥٠ إلى ٢٠٠ مم وبقوى شد من ١٢٠ إلى ٢٠٠ كن وبكثافة مسمرة ٠,٤٠ إلى ١,٥٠ حيث:

كثافة المسمرة = (القوة المتولدة في رأس المسمار)\(وزن وحدة الحجوم للتربة×المسافة البينية الأفقية× المسافة البينية الرأسية × طول المسمار)

مسامير تنفذ بالتخريم فى التربة ثم الحقن. تكون المسامير على مسافات بينية متباعدة بأطوال من ٠,٨٠ إلى ١,٢٠ مرة ارتفاع القطع وبعدد ٠,١٥ إلى ٠,٤٠ لكل متر مربع من سطح القطع وبمحيط مسمار من ٢٠٠ مم إلى ٦٠٠ مم وبقوى شد ١٠٠ إلى ٦٠٠ كن وبكثافة مسمرة ٠,١٣ إلى ٠,١٦ .

٥/٧/٧ أسس التصميم

كى يكتمل تصميم أسلوب مسمرة التربة يجب تحديد قوى الشد فى المسمار، موقع سطح الانهيار للتربة، اختيار نوع المسمار من حيث مساحة مقطعه وطوله وزاوية ميله، تحديد المسافات البينية للمسامير، التأكد من تمام ثبات ميل سطح التربة خلال وبعد مراحل الحفر بمعامل أمن. يجب دراسة ثبات أسطح الحفر باعتبار حالات أسطح الثبات الموضحة بالشكل رقم (٧-٦٦).

تحسب أقصى قوى شد متولدة فى المسمار عند تقاطع محوره مع مستوى الانزلاق من المعادلة:

$$T_{max} = \text{Perimeter} \times q_s \times L_a \qquad (٧-٦٠)$$

حيث:

q_s إجهاد الاحتكاك المسموح به بين المسمار والتربة، شكل رقم (٧-٦٧).

L_a طول امتداد المسمار خلف مستوى الانزلاق، شكل رقم (٧-٦٨)

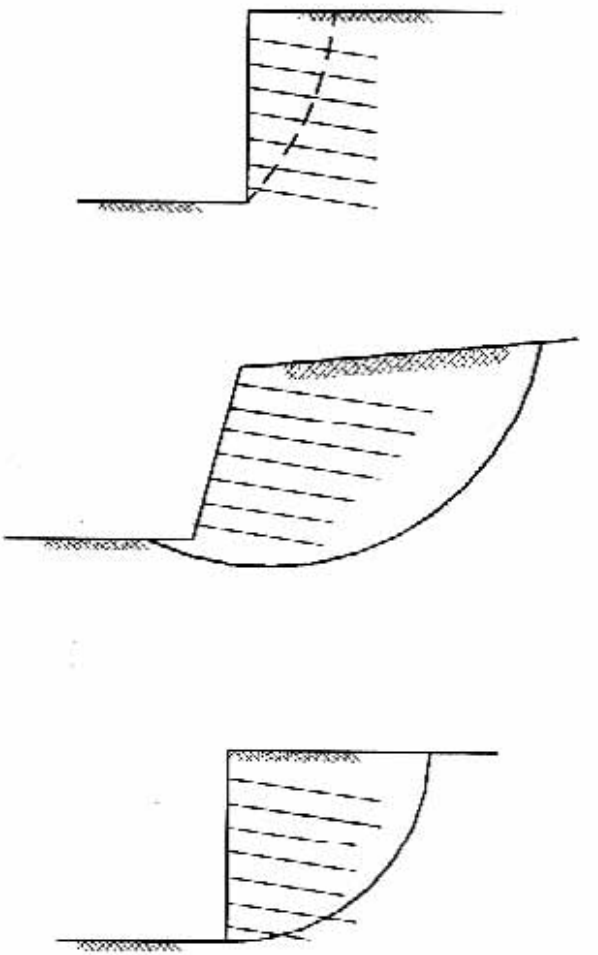
وعلى ألا تزيد قيمة الشد المتولدة فى المسمار عن القيمة المسموح بها والتى تعطى بالمعادلة:

$$T_{all} = A_c \times R_a \qquad (٧-٦١)$$

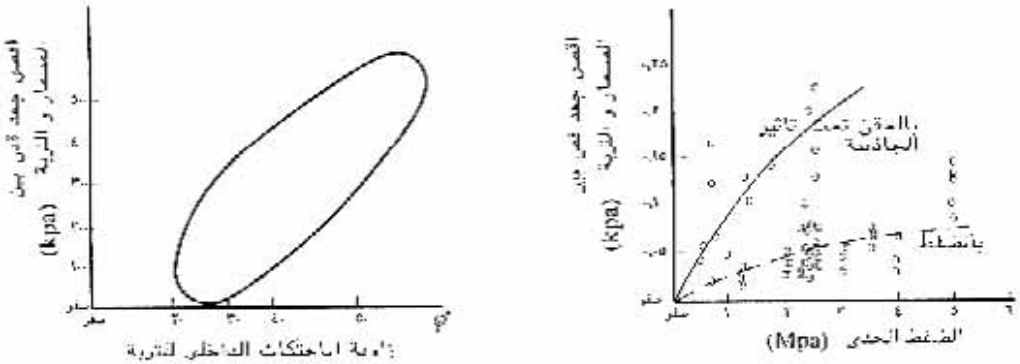
حيث:

A_c مساحة مقطع المسمار.

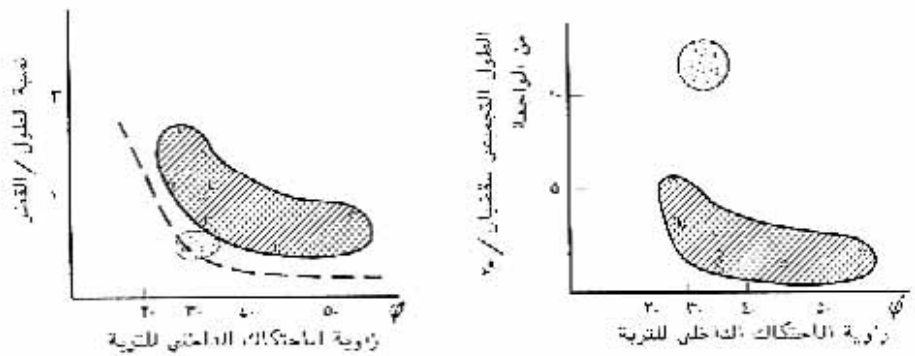
R_n إجهاد الشد المسموح به لمادة المسمار وهو يعادل ٠,٧٥ من قيمة إجهاد الخضوع لمادة المسمار.



شكل(٧-٦٦) احتمالات أسطح الانزلاق



شكل (٧-٦٧) العلاقة بين القص المتولد علي أسطح القضبان وزاوية الاحتكاك للتربة، والعلاقة بين القص المتولد علي أسطح القضبان والضغط الحدي مقاسا من جهاز الضغط الحقلي



شكل (٧-٦٨) العلاقة بين بين طول وقطر المسمار وبين وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة

وتحسب قوى الشد فى المسمار (To) عند واجهة الحائط من المعادلة التالية:

$$\left.\begin{array}{ll} \dfrac{T_o}{T_{max}} = 0.5 + \left[\dfrac{S-0.5}{5}\right] & (1.0m \le S \le 3.0m) \\ \dfrac{T_o}{T_{max}} = 0.6 & (S \le 3.0m) \\ \dfrac{T_o}{T_{max}} = 1.0 & (S \ge 3.0m) \end{array}\right\} \quad (٦٢-٧)$$

حيث :

S المسافة البينية الأفقية (Sh) أو الرأسية (Sv) ايهما اكبر (بالمتر).

تحسب الضغوط التصميمية على واجهة القطع من المعادلة:

$$W_n = \frac{T_o}{S_h \cdot S_V} \quad (٦٣-٧)$$

ومن ثم تحسب عزوم الانحناء المتولدة فى المواجهة الخرسانية للحائط من:

$$M = W_X \left[\frac{L^2}{10}\right] \quad (٦٤-٧)$$

حيث:

L المسافة الأفقية أو الرأسية بين المسامير.

تحسب مساحة ارتكاز ألواح بالمسامير على الواجهة الخرسانية من المعادلة التالية :

$$A_{bearing} - \left[B^2 - \frac{\pi D_n^2}{4} \right] = \frac{T_{max}}{0.6 f_c'} \qquad (٦٥-٧)$$

حيث :

f_c' الجهد المميز لاسطوانة من الخرسانة

D_n قطر المسمار بالبوصة مضافا إليه ٠,٢٥ بوصة

B طول (عرض) لوح الربط بالمسمار.

يحسب سمك لوح الارتكاز من المعادلة:

$$t - \sqrt{\frac{3W_n}{0.9 f_u} [0.5(B-d)]} \qquad (٦٦-٧)$$

حيث :

d قطر المسمار

يثبت لوح الارتكاز بأربعة مثبتات (studs) حيث تحدد المساحة المطلوبة لها من المعادلة:

$$A_{st} = T_{max} / (0.9 f_y) \qquad (٦٧-٧)$$

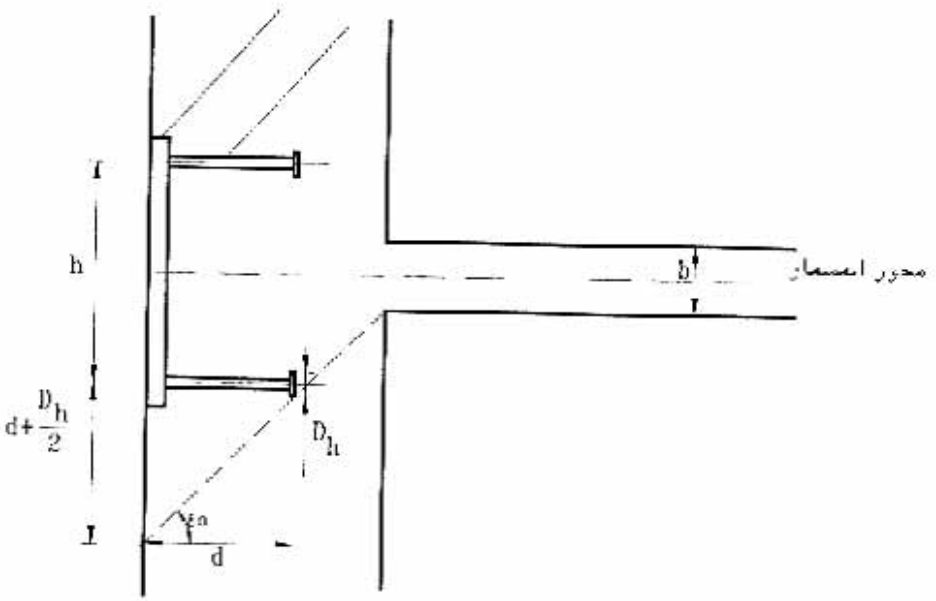
مع تزويد كل مثبت برأس ذات مساحة ٢,٥٠ بوصة مربعة كما بالرسم رقم (٧-٦٩).

تحسب سعة (capacity) وصلة التثبيت من المعادلة:

$$P_d = 4 \times 0.65 \sqrt{f_c'} A_{cp} > T_{max} \qquad (٦٨-٧)$$

حيث تحسب A_{cp} من المعادلة.

$$A_{cp} = \left[h + \sqrt{\frac{\pi\left[d + \frac{D_h}{2}\right]^2}{2}} \right]^2 - h^2 \qquad (٧-٦٩)$$



شكل (٧-٦٩) تفاصيل اتصال المسمار مع حائط الواجهة

٦/٧/٧ اعتبارات التنفيذ

- يمكن وضع طبقة لتثبيت أسطح القطع قبل تنفيذ المسامير.
- ينفذ المسمار بحفر ثقب في التربة ويوضع المسمار داخل الثقب ثم ملئ الثقب بالحقن.
- تكون المسامير التي تنفذ بالتخريم المسبق ثم الحقن بأقطار تتراوح بين ٢٠ إلى ٥٠ مم، أما مسامير الدق فتكون من قطاعات معتادة على شكل زوايا
- توضع طبقة تصريف مياه من الأنسجة الصناعية أو المواسير المثقبة بين واجهة القطع وسطح التربة مع تنويدها بثقوب خلال واجهة الحائط.
- تنفذ واجهة القطع المؤقت من خرسانة الدفع بسمك ٨٠ إلى ١٠٠ مم على طبقة من السلك.
- تنفذ واجهة القطع الدائم من خرسانة الدفع بسمك ١٥٠ إلى ٢٠٠ مم على طبقتين من السلك أو تنفذ من الخرسانة سابقة التجهيز أو المصبوبة في الموقع.
- تختبر المسامير بمعدل ٣ ٠/٠ إلى ٥ ٠/٠ من عددها لتحديد قوى الشد في المسمار.
- يجب قياس الإزاحات الأفقية لسطح القطع أثناء التنفيذ على ألا تزيد ١ ٠/٠ إلى ٣ ٠/٠ من ارتفاع القطع.

٨/٧ السدود المحيطة

السدود المحيطة cofferdams هي منشآت مؤقتة لحماية موقع العمل من ضغوط الأتربة المحيطة و المياه.

١/٨/٧ أنواع السدود المحيطة

تقسم السدود المحيطة حسب نوعية المادة المستخدمة في الإنشاء أو حسب طريقة التصميم والإنشاء أو حسب نوعية الموقع المنفذة فيه.

من ناحية المواد المستخدمة في الإنشاء تقسم السدود المحيطة إلى:

أ- السدود الترابية.

ب السدود المكونة من كسر الحجارة.

٦/٧/٧ اعتبارات التنفيذ

- يمكن وضع طبقة لتثبيت أسطح القطع قبل تنفيذ المسامير.
- ينفذ المسمار بحفر ثقب في التربة ويوضع المسمار داخل الثقب ثم ملئ الثقب بالحقن.
- تكون المسامير التي تنفذ بالتخريم المسبق ثم الحقن بأقطار تتراوح بين ٢٠ إلى ٥٠ مم، أما مسامير الدق فتكون من قطاعات معتادة على شكل زوايا
- توضع طبقة تصريف مياه من الأنسجة الصناعية أو المواسير المثقبة بين واجهة القطع وسطح التربة مع تنويدها بثقوب خلال واجهة الحائط.
- تنفذ واجهة القطع المؤقت من خرسانة الدفع بسمك ٨٠ إلى ١٠٠ مم على طبقة من السلك.
- تنفذ واجهة القطع الدائم من خرسانة الدفع بسمك ١٥٠ إلى ٢٠٠ مم على طبقتين من السلك أو تنفذ من الخرسانة سابقة التجهيز أو المصبوبة في الموقع.
- تختبر المسامير بمعدل ٣ ٠/٠ إلى ٥ ٠/٠ من عددها لتحديد قوى الشد في المسمار.
- يجب قياس الإزاحات الأفقية لسطح القطع أثناء التنفيذ على ألا تزيد ١ ٠/٠ إلى ٣ ٠/٠ من ارتفاع القطع.

٨/٧ السدود المحيطة

السدود المحيطة cofferdams هي منشآت مؤقتة لحماية موقع العمل من ضغوط الأتربة المحيطة و المياه.

١/٨/٧ أنواع السدود المحيطة

تقسم السدود المحيطة حسب نوعية المادة المستخدمة في الإنشاء أو حسب طريقة التصميم والإنشاء أو حسب نوعية الموقع المنفذة فيه.

من ناحية المواد المستخدمة في الإنشاء تقسم السدود المحيطة إلى:

أ- السدود الترابية.

ب السدود المكونة من كسر الحجارة.

ج- السدود المكونة من أكياس الرمال.

د- السدود الخشبية

هـ- السدود الخرسانية.

و- السدود المعدنية.

كما تقسم السدود حسب طريقة التصميم والإنشاء إلى:

أ- السدود الثقيلة وتشمل الترابية والمكونة من كسر الأحجار أو أكياس الرمل.

ب- السدود المكونة من ستائر لوحية منفردة (خشبية – معدنية – خرسانية.

ج- السدود المكونة من ستائر لوحية مزدوجة

د- السدود المكونة من خلايا معدنية.

وتقسم السدود حسب موقعها إلى:

١ – السدود المقامة في البر.

ب- السدود المقامة في البحر.

٢/٨/٧ السدود المحيطة الترابية

١/٢/٨/٧ الاستخدام

تعد السدود الترابية اكثر ملائمة للاستعمال في حالة المجارى المائية الهادئة والبحار والبحيرات الراكدة.

ينصح باستخدامها عندما تكون سرعات المياه ضعيفة وتخلو من الأمواج والتيارات المائية العنيفة وعندما يكون ارتفاع المياه ذاته صغيرا أو متوسطا.

هذا النوع من السدود يظل عرضه للنحر والانهيار عند ازدياد الضغوط الديناميكية والاستاتيكية الواقعة عليه. كما أن حجمه الإجمالي والمساحة التي يشغلها تفوق كثيرا أنواع السدود الأخرى.

٢/٢/٨/٧/ مواد الإنشاء

تتحكم المواد المحلية الموجودة في الموقع أو القريبة منه وكذلك طريقة إنشاء السد في اختيار نوعية المكونات الأساسية للسد. ويعد الرمل والزلط من المواد الملائمة جدا في حالة الإنشاء بإلقاء المواد المستخدمة تحت سطح الماء. في حين تكون التربة الطينية غير ملائمة إذ تتحول الطينة إلى مادة جيلاتينية لا يمكنها الاحتفاظ بالأبعاد التصميمية لها ما لم تتخذ احتياطات ذات

تكلفة اقتصادية عالية أثناء التنفيذ. ومن ناحية أخرى فان التربة الطينية تعتبر اكثر مقاومة للتسرب من التربة الرملية التي قد يتسبب عدم معالجتها بالطرق الهندسية في زيادة معدلات التسرب بدرجة كبيرة.

دراسة الجدوى الاقتصادية تقود في معظم الأحيان إلى استخدام المواد المتوفرة محليا ثم معالجتها بالطرق الهندسية الملائمة للتغلب على الصعاب الناتجة من ذلك.

تقسم السدود الترابية وفق مكوناتها، شكل رقم (٧-٧٠)، إلى:

أ- السدود المكونة من تربة متجانسة

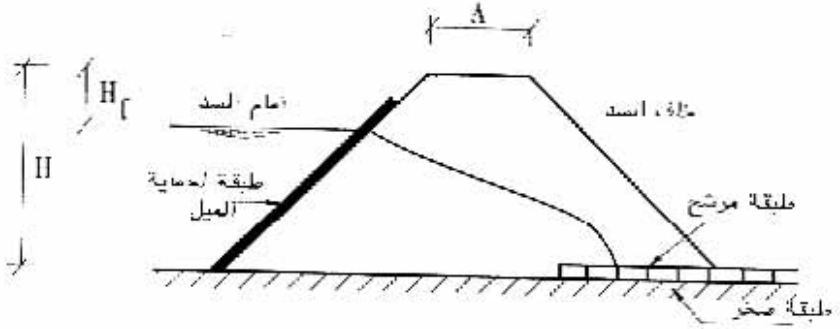
هي ابسط أنواع السدود حيث تستعمل في إنشائها نوعية التربة المتوفرة في المنطقة، ويوضع على السطح في أمام السد طبقة لحماية الميل، وتضاف طبقة صرف خلف السد لحمايته من التسرب.

ب- السدود المكونة من عدة نوعيات من التربة

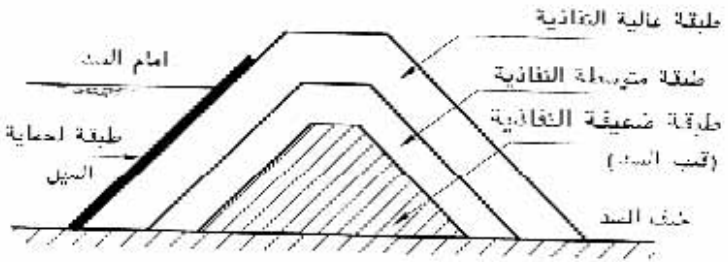
يتكون هذا النوع عادة من منطقة داخلية ذات نفاذية ضعيفة (القلب) تعلوها طبقة متوسطة النفاذية وربما الأخيرة طبقة ذات نفاذية عالية.

ج- سدود ذات قلوب صماء

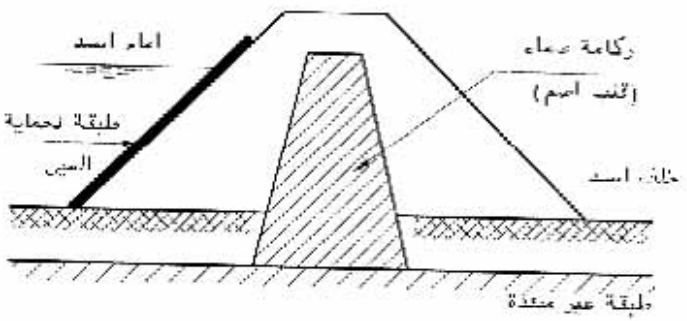
هذه النوعية من السدود تحوي قلب رقيق رأسي أصم. يتكون القلب من تربة صماء أو من الخرسانة أو من الصلب وأحيانا من الخشب، ويقلل هذا القلب من معدل التسرب خلال جسم السد وعادة ما تثبت قاعدته في طبقة صخرية شديدة التماسك اسفل منسوب السد ويتكون باقي جسم السد من تربة متجانسة أو أكثر من نوعية من التربة حسب ظروف التصميم.



أ-سد مكون من تربة متجانسة



ب- سد مكون من عدة نوعيات من التربة



ج-سد ذو قلب اصم

شكل (٧-٧٠) أنواع السدود الترابية

٣/٢/٨/٧ أسس التصميم

٣/٢/٨/٧ (أ) الأبعاد الابتدائية للسد

تختار أبعاد أولية للسد، ثم يتم التأكد من سلامته ضد احتمالات الفشل.

أ- ارتفاع السد

يجب أن تكون قمة السد أعلى من منسوب المياه أمامه بارتفاع كاف (H_f) يعرف بالارتفاع الحر للسد، والذي يمكن تقدير قيمته من الجدول (٧-٨).

ب- عرض قمة السد

يمكن تقدير أقل عرض لقمة السد (A) من الجدول (٧-٨).

يجب ملاحظة انه في حالة استخدام قمة السد لمرور السيارات فان قيمة (A) يجب ألا تقل عن العرض المطلوب للمرور بحد أدنى يعادل ٦,٠٠ متر.

جدول (٧-٨) أقل ارتفاع حر وأقل عرض قمة للسدود الترابية

ارتفاع السد H بالمتر	الارتفاع الحر H_f بالمتر	عرض القمة A بالمتر
٤,٥ >	١,٢ - ١,٥	١,٨٥
٤,٥ - ٧,٥	١,٥ - ١,٨	١,٨٥
٧,٥ - ١٥	١,٨٥	٢,٥٠
١٥ - ٢٢,٥	٢,١	٣,٠٠
٢٢,٥ >	٢,١	٣,٠٠

ج الميول الجانبية للسد

يعتمد ميل السد على القوى المؤثرة عليه ونوعية التربة المستعملة في إنشائه، ويبين الجدول (٧-٩) الميول المقترحة لمختلف نوعيات التربة وارتفاع السدود مع ملاحظة ضرورة مراجعة التصميم المقترح استاتيكيا.

عندما يزيد الارتفاع الإجمالي للسد الترابي عن ٩ متر يجب عمل مسطاح كل ٩ متر من الارتفاع ويختار عرض المسطاح بين ٣ متر و ٦ متر وفق الاحتياج.

جدول (٧-٩) ميول السدود الترابية

نوع التربة	الميل الأمامي للسد أفقي : رأسي	الميل الخلفي للسد أفقي : رأسي
تربة متجانسة جيدة التدرج	١ : ٢,٥	١ : ٢
طمي متجانس	١ : ٣	١ : ٢,٥
طينة طمية متجانسة لارتفاع اقل من ١٥ متر	١ : ٢,٥	١ : ٢
طينة طمية متجانسة لارتفاع اكثر من ١٥ متر	١ : ٣	١ : ٢,٥
رمل أو رمل وزلط مع وجود قلب من الطين	١ : ٣	١ : ٢,٥
رمل أو رمل وزلط مع وجود قلب من الخرسانة	١ : ٢,٥	١ : ٢

٣/٢/٨/٧/ (ب) اختبارات السلامة الهيدروليكية للسد

وتشمل الاختبارات ما يلي :

أ - طفح المياه من أمام السد

وفق أهمية المشروع يتم اختيار الفترة الإحصائية (N) اللازمة للتصميم (مثل ١٠ سنوات أو ٥٠ عام أو اكثر) وتحديد احتمال الدقة المطلوبة (٩٨ %، أو ٩٩ % على سبيل المثال) ويحسب أقصى ارتفاع محتمل للموج(H_w) .

ب- نحر السطح الأمامي للسد

تتسبب الأمواج في حدوث نحر في الجزء العلوي من أمام السد ولذلك فانه من المحتم عند تصميم السدود المحيطة في مناطق توجد بها أمواج عالية أن يتم التدشين أمام السد بواسطة أحجار أو كتل خرسانية.

ج- نحر السطح الخلفي للسد

تتسبب الأمطار الغزيرة في حدوث فجوات بالجزء الجاف من السد مما يسبب انهيار السد بمرور الزمن ويمكن التغلب على ذلك بصيانة السدود وملء الفجوات خلال موسم الأمطار أو بزراعة الميل في حالة ما إذا كان السد المحيط سيستمر لسنوات. إذا كان السد به مسطاح فيجب أن يكون حده الخارجي أعلى قليلا من الحد الداخلي لمنع مياه المطار التي تسقط على المسطاح من السريان على الميل مع عمل مجارى مائية في النهاية الداخلية للمسطاح لتجميع المياه.

د- النحر عند قدم السطح الخلفي للسد

يحدث ذلك عندما تصل المياه إلى القدم بسرعة عالية فتجرف معها حبيبات التربة. يمكن تفـــادى ذلك برفع منسوب قلب السد حتى لا سمح بتسرب المياه أعلاه كما يمكن عمل تدبيـــش للســـطح الخلفي للسد بارتفاع أعلى من منسوب التقاء خط الرشح بالسطح الخلفي للسد.

٣/٢/٨/٧/ (ج) دراسة ظاهرة التسرب بالسد

أ معدل التسرب

يمكن حساب معدل التسرب خلال جسم السد أو أسفله بإحدى الطرق التحليلية المتاحـــة. كما يمكن استخدام طريقة شبكة السريان، الشكل في حساب معدل التسرب كما يلى:

$$q = \frac{K.H.N_f}{N_d} \qquad (٧٠-٧)$$

حيث :

q معدل التسرب كل وحدة أطوال عرض من السد.

K معامل النفاذية لجسم السد (في حالة $K_v = K_H = K$)

H الضاغط الهيدروليكى المؤثر على السد

N_f عدد قنوات الحركة

N_d عدد وحدات تقسيم فرق الضغط

ب- الانحدار الهيدروليكى

يحسب الانحدار الهيدروليكى i عند أي نقطة داخل شبكة السريان من:

$$i = \frac{\Delta H}{\Delta L} \qquad (٧١-٧)$$

حيث ΔH مقدار الفاقد الهيدروليكى في مسافة سريان قدرها ΔL .

كما يمكن استخدام الطرق العددية لحساب كل من التسرب والانحدار الهيدروليكى حيـــث يوجـــد العديد من برامج الحاسب الآلي التي تساهم في حساب هذه القيم بدقة متناهية.

ج- طرق التحكم في التسرب

من الأمور المهمة فيما يتعلق بدراسة التسرب هو الإقلال من معدل التسرب وتخفيض منسوب السطح الحر في الجزء الخلفي من جسم السد والإقلال من قيمة الانحدار الهيدروليكي عند التقاء السطح للمياه بالوجه الخلفي للسد.

يمكن إقلال معدل التسرب باستخدام قلب أصم للسد أو بوضع طبقة من مواد بلاستيكية، أو إسفلتية، أو طمبية على الوجه الأمامي للسد.

يمكن تخفيض سطح الماء الحر داخل جسم السد ومنع تكون أنابيب دقيقة فيه وذلك بوضع مرشح أفقي أو على هيئة حرف .L في خلف السد.

٣/٢/٨/٧/ (د) الثبات الإنشائي للسد

تشمل دراسة الثبات الإنشائي للسدود الترابية ما يلي:

أ- الثبات الإجمالي للسد

في هذه الحالة يدرس الثبات للسد بكامله على أضعف مستوى أفقي ابتداء من مستوى نهاية الطبقة التي تقع تحته كما هو مبين بالشكل رقم (٧-٧١).

وتحسب في هذه الحالة قوة الدفع F_d من المعادلة:

$$F_d = P_{w1} + P_{e1} - P_{w2} - P_{e2} \qquad (٧٢-٧)$$

وتحسب قوة المقاومة F_R من المعادلة:

$$F_R = S \cdot c + W \cdot \tan \phi \qquad (٧٣-٧)$$

حيث:

P_w ، P_e	ضغط التربة والماء على التوالي
S	العرض الإجمالي السفلي للسد
c	تماسك في التربة عند التسرب الذي يحدث عنده الانزلاق
ϕ	زاوية الاحتكاك الداخلي المؤثر للتربة عند المنسوب الذي يحدث عند الانزلاق
W	وزن التربة أعلى منسوب الانزلاق

ويحسب معامل الأمان F من المعادلة:

$$F = \frac{F_R}{F_D} \qquad (٧٤-٧)$$

ب- ثبات الطبقة العازلة

في حالة وجود طبقة عازلة سميكة أعلى الوجه الأمامي للسد فيجب دراسة احتمال انـــزلاق هـــذه الطبقة كما هو موضح بالشكل (٧-٧٢).

يتم حساب قوة الدفع F_d وقوة المقاومة F_R من المعادلتين:

$$F_d = (W_1 + W_2 + W_3) \cdot \sin \alpha \qquad (٧٥-٧)$$

$$F_R = (b \cdot \cos \alpha + b_2) C_d + b_3 (\cos \alpha) c_e + (w_1 w_2) \cos \alpha \tan \phi_d + w_3 \cos \alpha \tan \phi_e \qquad (٧٦-٧)$$

حيث:

W_1 وزن جزء الطبقة العازلة أعلى السد

W_2 وزن جزء الطبقة العازلة على وجه السد

W_3 وزن جزء الطبقة العازلة اسفل قدمه السد

c_d إجهاد الالتصاق بين وجه السد والطبقة العازلة

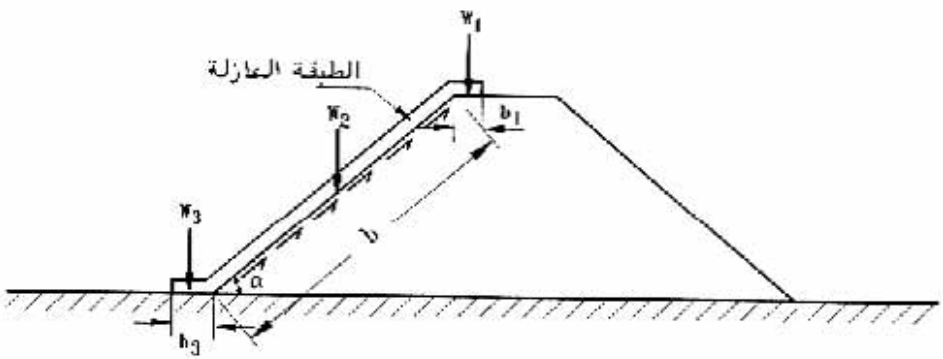
c_e إجهاد الالتصاق بين التربة السطحية والطبقة العازلة

ϕ_d زاوية الاحتكاك بين وجه السد والطبقة العازلة

ϕ_e زاوية الاحتكاك بين التربة السطحية والطبقة العازلة.

b طول وجه السد الأمامي

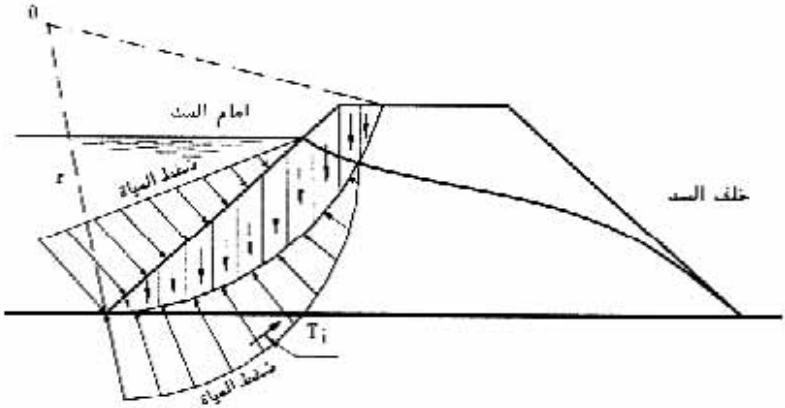
α زاوية ميل الوجه الأمامي للسد



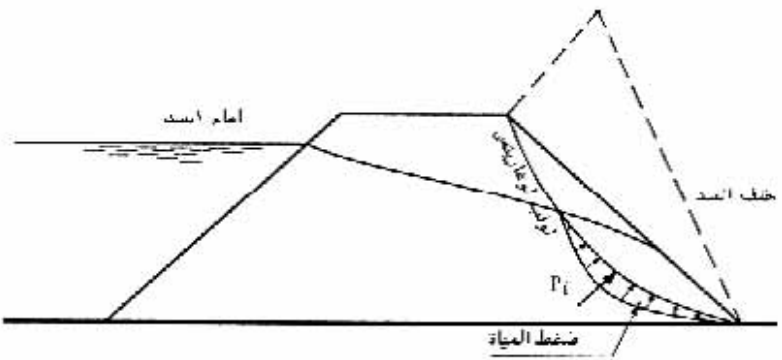
شكل (٧-٧٢) ثبات الطبقة العازلة

ج- الانزلاق السطحي لوجه السد

يكون سطح الانزلاق اقرب ما يكون إلى قوس دائرة أو لولب لوغاريتمي. ويتم دراسة ثبات الوجه الأمامي والوجه الخلفي للسد بالطرق الخاصة بدراسة ثبات الميول، شكل (٧-٧٣) ، ويمكن أن يتم ذلك بطريقة الشرائح الرئيسية، أو بحل معادلات الإجهاد والانفعال عدديا.



أ- انزلاق الوجه الامامى للسد



ب - انزلاق الوجه الخلفي للسد

شكل (٧-٧٣) دراسة ثبات الوجه الأمامي والوجه الخلفي للسد

د- ثبات الوجه الأمامي للسد

عند حدوث انخفاض مفاجئ في سطح الماء تكون التربة بجسم السد مشبعة بالماء ويتواجد ضغط الأتربة بالإضافة لضغط الماء وتدفع هاتين القوتين الجزء الأمامي من السد" أ ب ج " للانزلاق على قاعدة السد، وتقاوم الحركة قوة الاحتكاك بين السد والتربة الأصلية اسفل السد كما هو مبين بالشكل (٧-٧٤).

وتشمل القوى الدافعة F_d على السطح " أ ب " قوة ضغط التربة P_e و قوة ضغط الماء P_w على السطح أ ب

$$F_d = P_e + P_w \qquad (أ-٧٧-٧)$$

قوة المقاومة F_R تعادل:

$$F_R = S.c + W \,.\, \tan \phi \qquad (ب-٧٧-٧)$$

حيث :

c هى التماسك بين التربة تحت السد والتربة المكون منها مادة السد عند منسوب القاعدة.

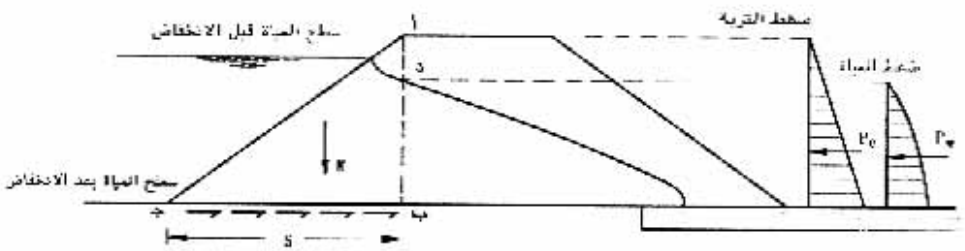
W وزن الجزء الأمامي أ ب ج من السد

ϕ هى زاوية الاحتكاك الداخلي بين التربة تحت السد والتربة المكون منها السد عند منسوب القاعدة

S هى طول المستقيم ب ج

ويكون معامل الأمان في هذه الحالة:

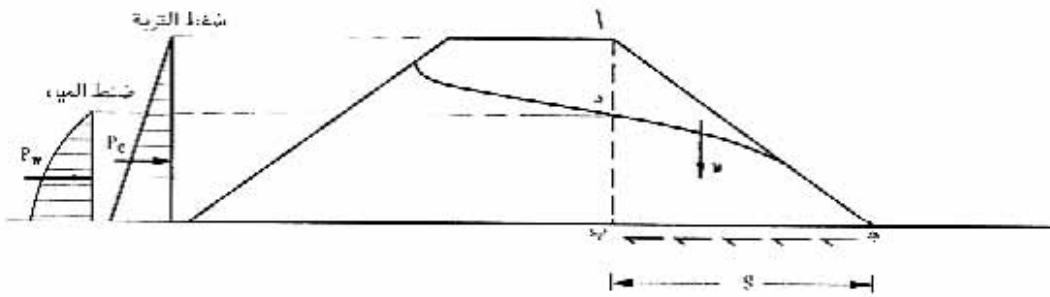
$$F = \frac{F_R}{F_d} \qquad (ج-٧٧-٧)$$



شكل (٧-٧٤) القوي المؤثرة عند هبوط سطح المياه الأمامي

هـ- ثبات الجزء الخلفي من السد

تماثل هذه الحالة تلك الخاصة بثبات الوجه الأمامي للسد عند الهبوط المفاجئ لسطح الماء. يوضح الشكل (٧-٧٥) القوى المؤثرة على الوجه الخلفي من السد. في هذه الحالة تطبق نفس المعادلات (٧-٧٧- أ ، ب ، ج) للقوة الدافعة والمقاومة ومعامل الأمان.



شكل (٧-٧٥) القوى المؤثرة علي الجزء الخلفي من السد

٤/٢/٨/٧ طريقة إنشاء السدود المحيطة الترابية

هناك طريقتين رئيسيتين لإنشاء السدود وهما طريقة التغليف الهيدروليكي وطريقة الهرس علـى طبقات.

أ - طريقة التغليف الهيدروليكي

يتم حفر ونقل التربة إلى موقع السد باستخدام مجارى مائية توضع عند الحافة الخارجية له حيث تخلط التربة المحفورة بالمياه وتضغط بواسطة مضخات داخل المجارى المائية حيث ترسب الحبيبات الكبيرة في الجزء الخارجي والأقل منها بالداخل والأصغر في المركز ويتم صرف المياه المختلطة بالتربة بالزاحة وان كان ذلك يستغرق وقتا طويلا: ويتسبب ذلك في استمرارية عملية هبوط السد مدة طويلة مما جعل هذه الطريقة اقل استعمالا من الطريقة الأخرى في هذه الأيام.

ب- طريقة الهرس على طبقات

تفرش الطبقة في هذه الطريقة على طبقات سمك ١٥ سم – ٣٠ سم ثم يتم هرسها حتـى تصـل الكثافة النسبية إلى القيمة المطلوبة مع التحكم في نسبة الرطوبة، كما يجب استخدام الهزازات بدلا من الهراسات في حالة استعمال التربة الزلطية.

٣/٨/٧ السدود المحيطة من كسر الأحجار أو أكياس الرمل

يستخدم أحيانا كسر الأحجار/في إنشاء السدود المحيطة وفى هذه الحالة يمكن أن تبنى بميول جانبية حادة تصل إلى ١ : ١,٢٥ في بعض الأحيان مما يوفر كثيرا من المساحة المطلوبة للسد وحجم الأعمال المستخدمة ويجب أن يراعى في هذه الحالة ارتفاع قيمة معامل النفاذية مما يستدعى وضع طبقة عازلة أو قلب أو كما هو مبين بالشكل (٧-٧٦).

كما يمكن استخدام أكياس الرمل في السدود النقيلة بأن ترص على هيئة طبقات أفقية، وتسمح هذه الطريقة في إنشاء السدود بميول صغيرة للغاية. وتعتمد قيمة معامل النفاذية على نوعية المادة المكونة منها الأكياس ومدى تلاصق الأكياس بعضها ببعض.

وتتم دراسة ثبات السدود المحيطة من كسر الحجارة أو أكياس الرمل بنفس الطريقة المستخدمة في السدود الترابية.

٤/٨/٧ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحيه منفردة

١/٤/٨/٧ الأنواع

تختار الستائر اللوحية المستخدمة في السدود المحيطة من الخشب أو الخرسانة أو الصلب، ويرجع إلى بند (٧-٣).

٢/٤/٨/٧ نظم التنفيذ

يعتمد نظام التنفيذ على مدى اتساع وعمق قطاع السد، الشكل (٧٧/٧) .

إذا كان عرض وعمق قطاع السد المحيط صغيرات نسبيا فينفذ السد من لوحين رأسين متوازيين تحفظ المسافة بينهما بألواح تثبت ودعامات أفقية كما هو واضح بالشكل (٧-٧٧-أ).

٣/٨/٧ السدود المحيطة من كسر الأحجار أو أكياس الرمل

يستخدم أحيانا كسر الأحجار/في إنشاء السدود المحيطة وفى هذه الحالة يمكن أن تبنى بميول جانبية حادة تصل إلى ١ : ١,٢٥ في بعض الأحيان مما يوفر كثيرا من المساحة المطلوبة للسد وحجم الأعمال المستخدمة ويجب أن يراعى في هذه الحالة ارتفاع قيمة معامل النفاذية مما يستدعى وضع طبقة عازلة أو قلب أو كما هو مبين بالشكل (٧-٧٦).

كما يمكن استخدام أكياس الرمل في السدود النقيلة بأن ترص على هيئة طبقات أفقية، وتسمح هذه الطريقة في إنشاء السدود بميول صغيرة للغاية. وتعتمد قيمة معامل النفاذية على نوعية المادة المكونة منها الأكياس ومدى تلاصق الأكياس بعضها ببعض.

وتتم دراسة ثبات السدود المحيطة من كسر الحجارة أو أكياس الرمل بنفس الطريقة المستخدمة في السدود الترابية.

٤/٨/٧ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحيه منفردة

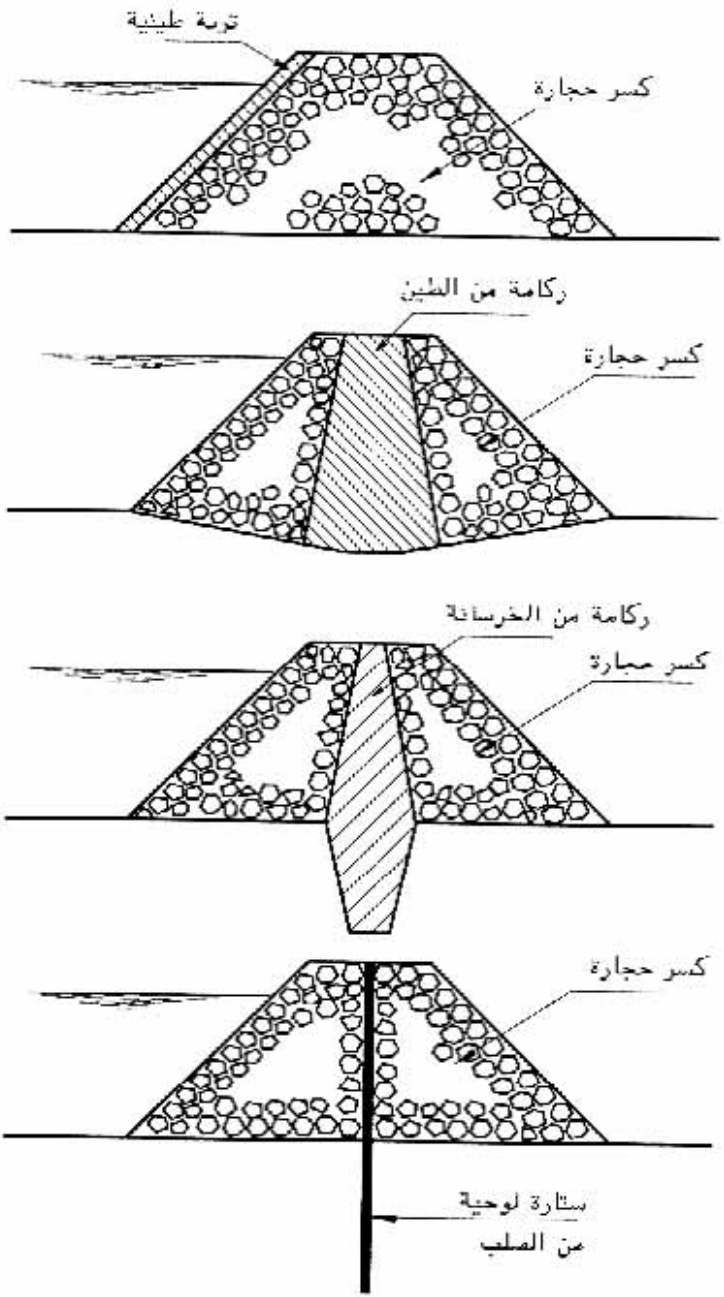
١/٤/٨/٧ الأنواع

تختار الستائر اللوحية المستخدمة في السدود المحيطة من الخشب أو الخرسانة أو الصلب، ويرجع إلى بند (٧-٣).

٢/٤/٨/٧ نظم التنفيذ

يعتمد نظام التنفيذ على مدى اتساع وعمق قطاع السد، الشكل (٧٧/٧) .

إذا كان عرض وعمق قطاع السد المحيط صغيرات نسبيا فينفذ السد من لوحين رأسين متوازيين تحفظ المسافة بينهما بألواح تثبت ودعامات أفقية كما هو واضح بالشكل (٧-٧٧-أ).



شكل (٧-٧٦) أنواع السدود المكونة من كسر حجارة

إذا زاد عمق قطاع السد بينما ظل عرضه صغيرا فينفذ السد على مراحل كما في شكل(٧-٧٧-ب) أي أن تكون كل مرحلة من قطاع السد ذات اتساع مختلف عن المرحلة التي تليها وتحفظ المسافة بين جوانب السد بأنواح تثبيت ودعامات أفقية.

إذا كان عرض قطاع السد متسعا وعمقه صغيرا تحفظ جوانب السد بأربطة ودعامات مائلة كما في شكل (٧-٧٧-ج) أو بأنواح تثبيت ودعامات أفقية مزودة بدعامات رأسية كما في شكل (٧-٧٧-د).

يمكن الاستغناء عن الدعامات الأفقية والرأسية بتثبيت الحائط إلى التربة الخلفية باستخدام شدادات وأربطة شكل (٧-٧٧-هـ).

٣/٤/٨/٧ أسس التصميم

٣/٤/٨/٧ (أ) الأبعاد الابتدائية

يراعى زيادة المساحة التي يحيط بها السد عن الحدود الخارجية للمنشأ المطلوب تنفيذه بما يكفي للتخزين المواد وتنفيذ أعمال الإنشاء وتجفيف الموقع.

يختار نوع وقطاع الستارة من الأنواع والقطاعات المتاحة. بما يتناسب مع عمق السد المحيط.

المسافة بين لوح الربط العلوي واللوح الذي يليه d_m (متر) تحدد حسب قطاع الستارة وإجهاد التشغيل المسموح به كما يلي:

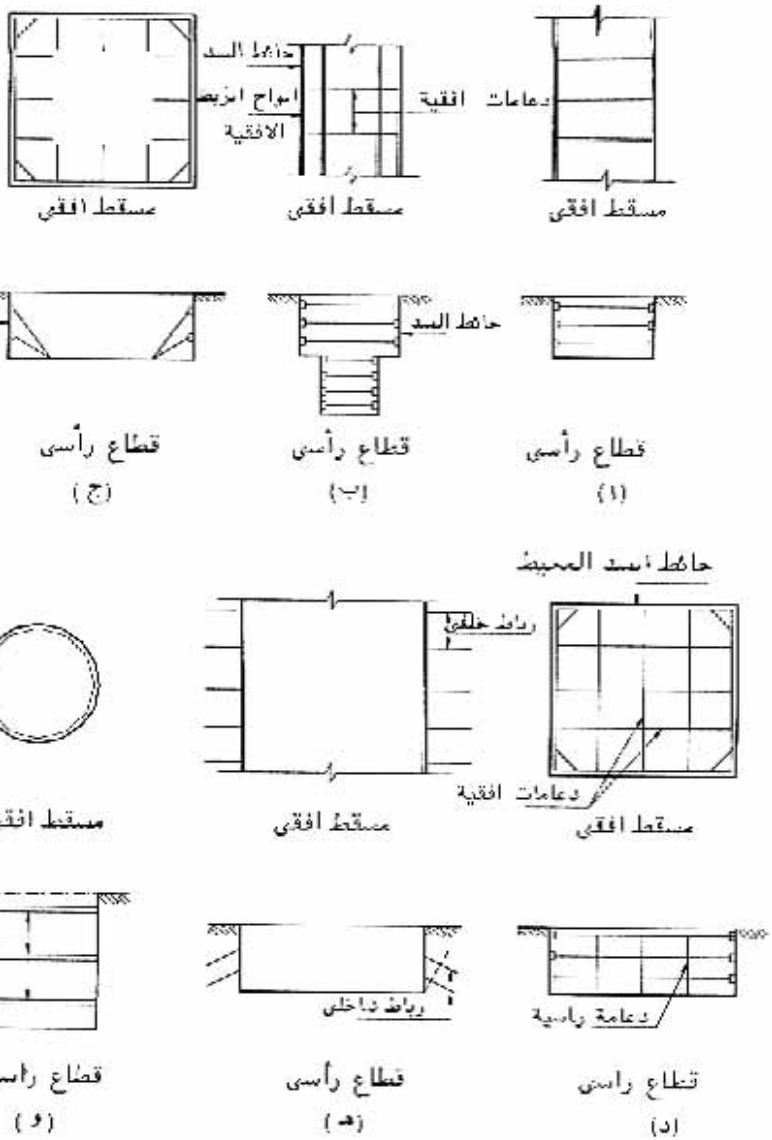
$$d_m^3 \leq 15.6\ f.z$$

حيث :

z معامل قطاع الستارة (م^2 / متر طولي)

f إجهاد التشغيل لمادة الستارة (طن / م^2)

ولحساب المسافة بين أنواح الربط الأفقية المختلفة بدلالة d_m ، بحيث توزع الأحمال الأفقية عليها بالتساوي، يستخدم الجدول (٧-١٠).



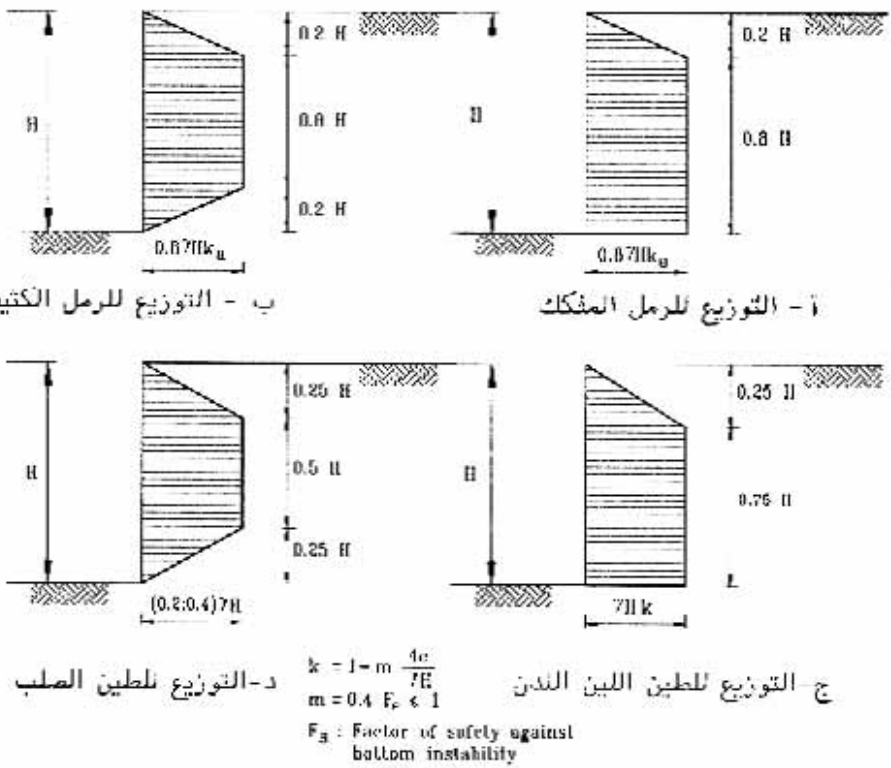
شكل (٧-٧٧) نظام تنفيذ السدود المحيطة الأرضية

٣/٤/٨/٧ (ب) القوى المؤثرة

أ- ضغط الماء خارج السد المحيط

ب- ضغط الماء داخل السد المحيط

ج- ضغط التربة خارج السد المحيط ، الشكل رقم (٧-٧٨)



أ - التوزيع للرمل المفكك

ب - التوزيع للرمل الكثيف

ج- التوزيع للطين اللين اللدن

د-التوزيع للطين الصلب

شكل (٧-٧٨) توزيع ضغط التربة على السدود المحيطة

جدول (٧-١٠) المسافة بين لوح الربط العلوي وألواح الربط السفلية

رقم لوح الربط من أعلى	المسافة بين لوح الربط المطلوب ولوح الربط العلوي كنسبة من d_m
٢	١,٠٠
٣	١,٦٠
٤	٢,٠٣
٥	٢,٣٨
٦	٢,٦٩
٧	٢,٩٧
٨	٣,٢٢
٩	٣,٤٥
١٠	٣,٦٧

٣/٤/٨/٧ (ج) التصميم الإنشائي

- الستائر اللوحية

تصمم الستائر اللوحية لتقاوم القوى المؤثرة عليها وكأنها مرتكزة ارتكازا بسيطا على ألواح الربط الأفقية، وتحسب ردود الفعل عند نقطة الارتكاز باستخدام قواعد نظريات الإنشاء العادية.

- ألواح الربط الأفقية

تتعرض ألواح الربط الأفقية لرد فعل الستائر اللوحية موزعة بطول ألواح الربط الأفقية ذاتها، كما أنها تتعرض لرد فعل ألواح الربط الأفقية الأخرى التي تتلاقى معها في الزوايا (أركان السد).

وإذا كان شكل السد المحيط دائريا في المسقط الأفقي فانه يصمم على أساس أن القوى الداخلية به عمودية على قطاعه.

٣/٤/٨/٧ (د) ثبات السد

أ- ثبات السد ضد الانزلاق الداخلي

يحدد معامل الأمان F.S. لثبات الحفر من المعادلات التالية:

في حالة التربة الطينية المتجانسة ، الشكل رقم (٧-٧٩-أ):

$$F.S = \frac{c.N_c}{(\gamma H + q)} \geq 1.5 \qquad (٧-٧٨-أ)$$

إذا كان معامل الأمان اقل من ١,٥ يجب أن يمتد الحائط إلى اسفل قاع الحفر بعمق اختراق (d) (الشكل رقم ٧-٧٩-أ) وتحسب القوى على الجزء المدفون اسفل قاع الحفر من المعادلات الآتية:

إذا كانت d اكبر من $\frac{2B}{3\sqrt{2}}$

$$P = 0.7\,(\gamma HB - 1.4\,cH - \pi cB) \qquad (٧-٧٨-ب)$$

إذا كانت d اقل من $\frac{2B}{\sqrt{2}}$

$$P = 1.5d\,(\gamma H - 1.4\frac{cH}{B} - \pi cB) \qquad (٧-٧٨-ج)$$

ويجب أن يقاوم قطاع الستارة العزم الناشئ عن القوة P

أما إذا وجدت طبقة طينية أخرى اكثر صلابة على عمق من قاع الحفر اقل من ($B/\sqrt{2}$) شكل رقم (٧-٧٩-ب) فيحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F.S=(cN_{cD})/(\gamma H+q) \geq 1.5 \qquad (٧-٧٩)$$

حيث :

- N_c معامل قدرة التحمل القصوى للتربة الطينية .
- N_{cD} معامل يحسب من الشكل (٧-٧٩ب) .
- γ وزن وحدة الحجوم للتربة فوق منسوب الحفر
- H عمق الحفر
- q الحمل الحي على سطح الأرض
- c تماسك التربة

في حالة التربة الحبيبية فيحسب معامل الأمان ضد الانتفاخ من المعادلة

$$F.S. = N_\gamma (\gamma_2 / \gamma_1) \cdot k_a \cdot \tan \phi \qquad (٨٠-٧)$$

حيث :

N_γ معامل قدرة التحمل القصوى للتربة، شكل (٨٠-٧)

γ_1 ، γ_2 وزن وحدة حجوم التربة فوق وتحت منسوب الحفر

k_a معامل ضغط التربة الفعال

ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة تحت منسوب الحفر.

ويستخدم الشكل (٨٠-٧) لحساب معاملات قدرة التحمل القصوى للتربة

ويجب ألا تقل قيمة معامل الأمان عن ١,٥ وإلا فانه يجب النزول بالستائر إلى عمق اكبر لزيادته.

ب- ثبات السد ضد النحر الداخلي

قد يحدث نتيجة ازدياد معدل سرعة تسرب المياه اسفل الستائر أن يكون الانحدار الهيدروليكي لخروج المياه عاليا بدرجة تسبب نحرا داخليا في التربة، وللتأكد من عدم حدوث ذلك يمكن رسم شبكة سريان المياه وحساب معامل الأمان F.S. كما يلي:

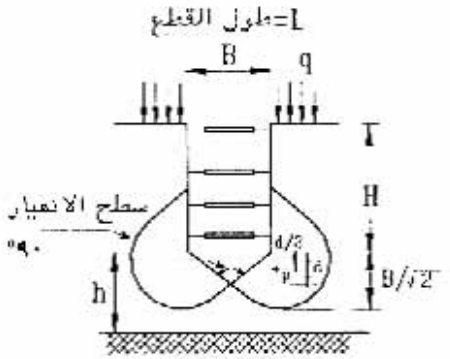
$$F.S. = \gamma_{sub} / (i - \gamma_w) \qquad (٨١-٧)$$

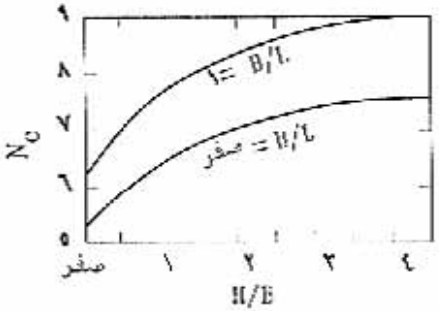
حيث :

i معدل للانحدار الهيدروليكي عند مخرج المياه

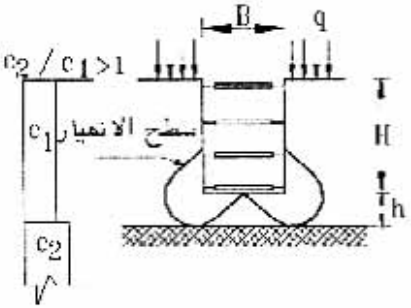
γ_w ، γ_{sub} الوزن النوعي لكل من الماء والتربة المغمورة على التوالي

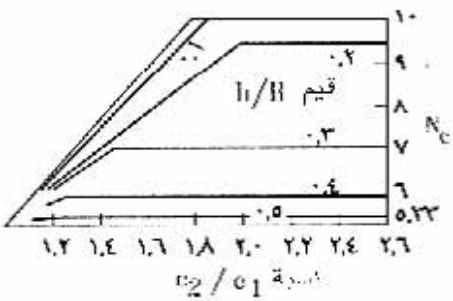
يمكن تحسين معامل الأمان بإطالة مسار خطوط التسرب أو إنقاص الضغط المسبب للحركة باستخدام طلمبات ضخ المياه.





أ اتزان قاع الحفر فى تربة طينية متجانسة عندما $h < B/\sqrt{2}$

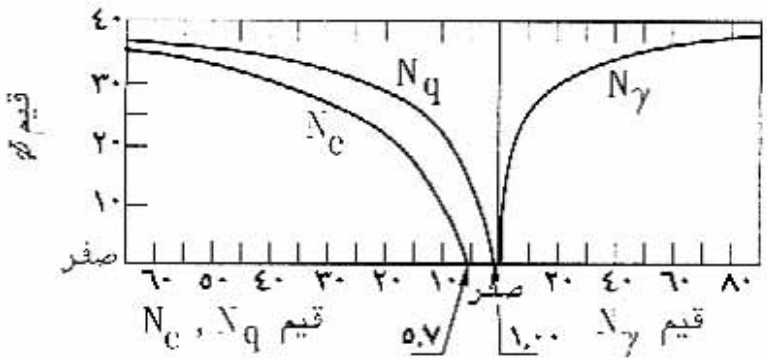




N_{cD}/N_c	H/B
١,٠٠	صفر
١,١٥	٠,٥
١,٢٤	١,٠٠
١,٣٦	٢
١,٤٣	٣
١,٤٦	٤

ب اتزان قاع الحفر عندما $h < B/\sqrt{2}$

شكل (٧-٧٩) ثبات قاع الحفر



شكل (٧-٨٠) معاملات قدرة التحمل القصوى للتربة (كارل ترزاجى)

ج- دراسة ثبات السد أثناء التنفيذ:

يجب دراسة ثبات السد أثناء مراحل التنفيذ باعتبار ما يلى:

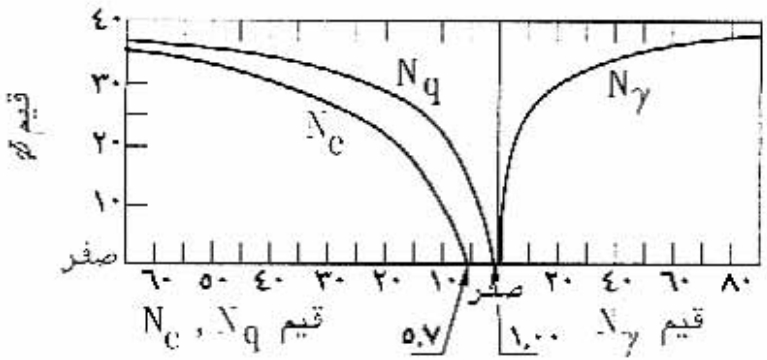
- تنفيذ الحوائط اللوحية والحفر حتى منسوب لوح الربط الأول ، يجب دراسة هذا الوضع من الحائط باعتبارها حائطا كابوليا.
- تنفيذ لوح الأول والحفر حتى عمق يناظر الربط التالي، يجب دراسة ثبات الحائط باعتبارها حائطا ذا مربط خلفي.

٧/٨/٥ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحية مزدوجة أو ذات خلايا متلاصقة

٧/٨/٥/١ أشكال السدود المزدوجة وذات الخلايا

عندما تكون الضغوط الخارجية عالية ولا يكفى صف واحد من الستائر اللوحية لمقاومة هذه الضغوط فيمكن اللجوء ، حينئذ إلى استخدام صفين متوازيين من الستائر اللوحية يتم ربطهما بواسطة قضبان معدنية وملء الفراغ الموجود بينهما بكسر أحجار أو أتربة متنوعة وأحيانا بخرسانة عادية في جزء من أجزائه، يبين شكل (٧-٨١) بعض أنواع السدود من الستائر اللوحية المزدوجة.

إذا لم يكفى السد المزدوج لمقاومة الضغوط الخارجية العالية فيمكن استخدام نوع مشابه له من الناحية الاستاتيكية وهو السد ذو الخلايا المتلاصقة، الشكل رقم (٧-٨٢) يوضح بعض أنواعه المختلفة.



شكل (٧-٨٠) معاملات قدرة التحمل القصوى للتربة (كارل ترزاجى)

ج- دراسة ثبات السد أثناء التنفيذ:

يجب دراسة ثبات السد أثناء مراحل التنفيذ باعتبار ما يلى:

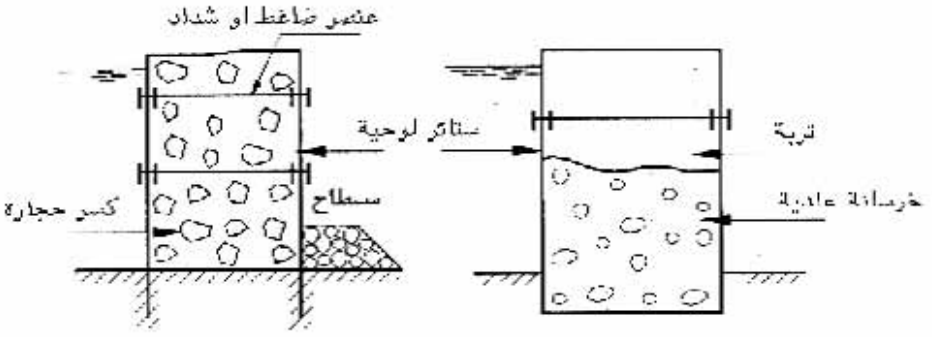
- تنفيذ الحوائط اللوحية والحفر حتى منسوب لوح الربط الأول ، يجب دراسة هذا الوضع من الحائط باعتبارها حائطا كابوليا.
- تنفيذ لوح الأول والحفر حتى عمق يناظر الربط التالي، يجب دراسة ثبات الحائط باعتبارها حائطا ذا مربط خلفي.

٧/٨/٥ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحية مزدوجة أو ذات خلايا متلاصقة

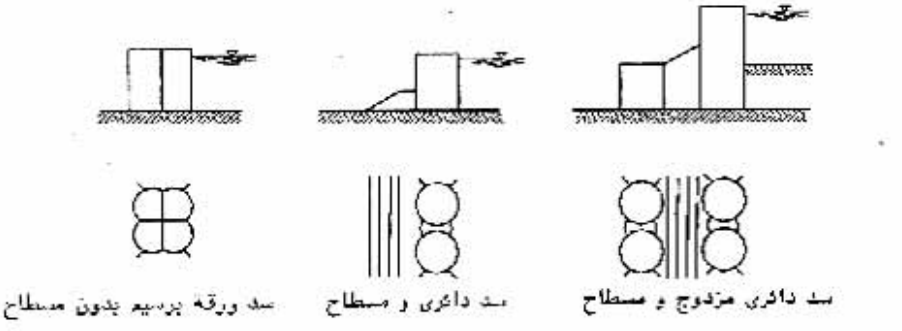
٧/٨/٥/١ أشكال السدود المزدوجة وذات الخلايا

عندما تكون الضغوط الخارجية عالية ولا يكفى صف واحد من الستائر اللوحية لمقاومة هذه الضغوط فيمكن اللجوء ، حينئذ إلى استخدام صفين متوازيين من الستائر اللوحية يتم ربطهما بواسطة قضبان معدنية وملء الفراغ الموجود بينهما بكسر أحجار أو أتربة متنوعة وأحيانا بخرسانة عادية في جزء من أجزائه، يبين شكل (٧-٨١) بعض أنواع السدود من الستائر اللوحية المزدوجة.

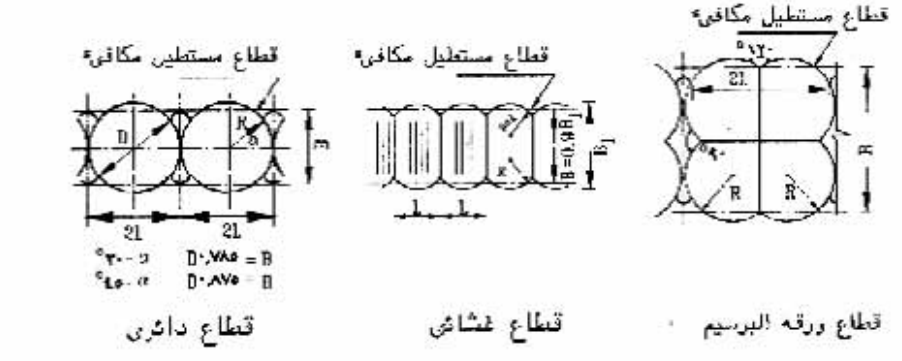
إذا لم يكفى السد المزدوج لمقاومة الضغوط الخارجية العالية فيمكن استخدام نوع مشابه له من الناحية الاستاتيكية وهو السد ذو الخلايا المتلاصقة، الشكل رقم (٧-٨٢) يوضح بعض أنواعه المختلفة.



شكل (٧-٨١) السدود المزدوجة



قطاعات نمطية



شكل (٧-٨٢) السدود ذات الخلايا المتلاصقة

٢/٥/٨/٧ أسس التصميم

٢/٥/٨/٧ (أ) الأبعاد الابتدائية

نفترض مبدئيا عرض السد B كنسبة من ارتفاعه H:

$$B = 1.85\ H \qquad (٨٢-٧)$$

بالنسبة للسد ذو الخلايا تحدد أبعاد قطاعه وفقا لشكله وبحيث يحقق عرضه المتوسط العلاقة التالية:

$$B = A / 2L \qquad (٨٣-٧)$$

حيث :

A مساحة مقطع الجزء المتكرر من الخلايا

2L طول هذا الجزء المتكرر

٢/٥/٨/٧ (ب) القوى المؤثرة

- القوى الخارجية: وتشمل وزن السد والضغط الجانبي للتربة والمياه وضغط الأمواج وقوى التصادم مع السفن.
- القوى الداخلية: وتشمل قوى التسرب إلى داخل السد.

٢/٥/٨/٧ (ج) اختبارات السلامة

يجب أن يحقق السد معاملات أمن كافية في اختبارات السلامة له، الشكل رقم (٧-٨٣).

- اختبار سلامة السد ضد الانزلاق

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F.S. = \frac{W.\lambda}{P_w + P_A P_p} \geq 1.25-1.50 \qquad (٨٤-٧)$$

حيث :

W وزن التربة داخل الخلية ويحسب من المعادلة التالية

$$W = B\,[(H - H_1)\,\gamma_1 + H_1 \cdot \gamma_{sub}]$$

P_w محصلة ضغط المياه على وجه السد الخارجي ناحية المساحة المائية ويحسب من:

$$P_w = \tfrac{1}{2}\,\gamma_w \cdot H^2$$

P_A محصلة ضغط التربة الجانبي الفعال على وجه السد الخارجي ويحسب من:

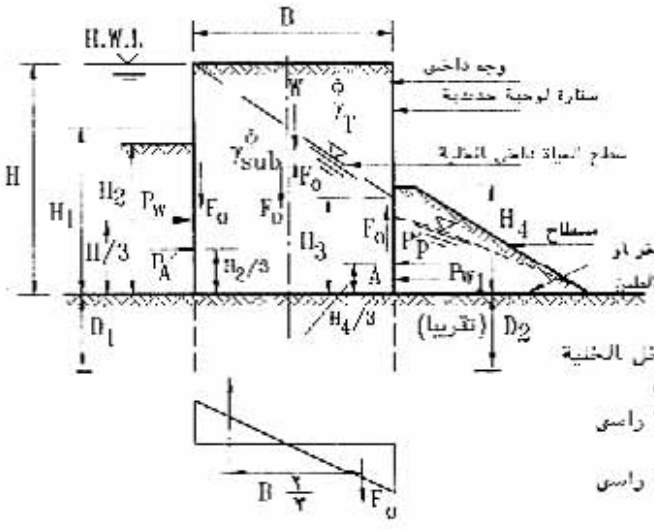
$$P'_A = \tfrac{1}{2}\,\gamma_{sub} \cdot K_a \cdot H^2$$

P_p مجموع محصلتي كل من: ضغط التربة المقاوم على الوجه الداخلي للسد (P'_p) ، وضغط المياه على الوجه الداخلي للسد (P_{w1}).

λ معامل الاحتكاك بين مادة الردم داخل الخلية والتربة المرتكز عليها السد

- 0.5 في حالة الصخور الملساء
- $\tan \phi$ في الحالات الأخرى

γ_{sub} الوزن النوعي للتربة المشبعة بالمياه



سطح المياه

ميل سطح المياه الحر داخل الخلية

-ردم خشن حر التصرف

الميل ١ افقي : ١ راسي

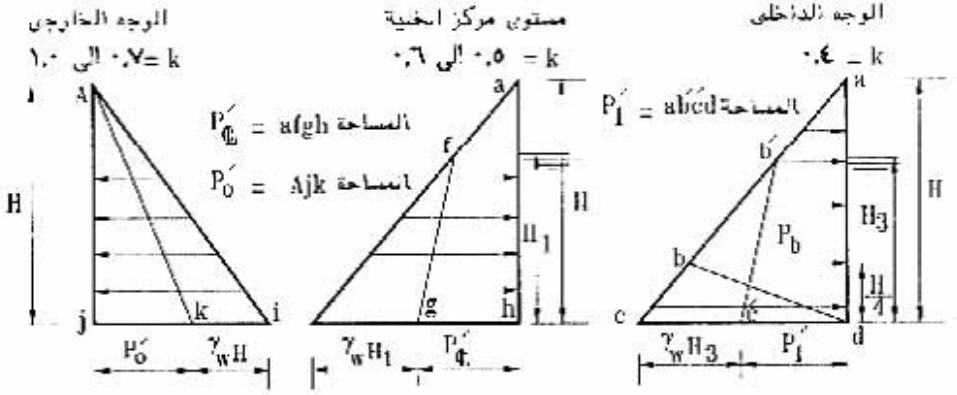
-ردم خشن ضعيف

الميل ٢ افقي : ١ راسي

-ردم ناعم الحبيبات

الميل ٣ افقي : ١ راسي

اشكال الاجهادات الجانبية داخل الخلية



$$P'_o = k\,\gamma_{sub}\,H$$

$$P'_\ell = k\,[\gamma(H - H) + \gamma\ (H)]$$

$$P_b = k[\gamma\,(H - H_3) + \gamma_{sub}\,(H_3 - \frac{H}{4}) + \gamma_w\,(H_3 - \frac{H}{4})]$$

$$P'_1 = k[\gamma(H - H_3) + \gamma_{sub}\,H_3]$$

شكل (٧-٨٣) أسس التصميم للسدود ذات الخلايا

-اختبار سلامة السد ضد الانقلاب

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F_o = \frac{M_R}{M_o} \geq 3.0 - 3.5 \qquad (٨٥-٧)$$

حيث :

M_o عزم الانقلاب حول نقطة A نتيجة القوى الأفقية المؤثرة على السد ويحسب من:

$$M_o = P_w \frac{H}{3} + P'_A \frac{H_2}{3} - P_p \frac{H_4}{3} \qquad (٨٦-٧)$$

M_R عزم الثبات ، حول نقطة A نتيجة وزن السد ، ويحسب من:

$$M_R = \frac{W.B}{2}$$

- اختبار سلامة السد ضد الانهيار بالقص الراسى عند محور السد

يحسب معامل الأمان٧ من المعادلة:

$$F = \frac{2B}{3M_o}\left[P'_{L.c} \tan\phi + (P`_1 - P_p)f\right] > 1.25 - 1.5 \qquad (٨٧-٧)$$

حيث :

$P_L`c$ محصلة ضغط التربة الفعال عند محور السد باعتبار معامل ضغط التربة الجانبى $k = 0.5 - 0.6$

$P`_1$ محصلة ضغط التربة الفعال داخل الخلية على الوجه الداخلي للسد باعتبار $k = 0.4$

f معامل الاحتكاك في وصلات الستائر المعدنية - 0.3

- اختبار سلامة السد ضد الانهيار في تربة الأساس

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F_{b.c.} = \frac{q_{ult}}{W/B + 6M_o/B^2} \geq 2.0 - 2.5 \qquad (٨٨-٧)$$

حيث:

q_{ult} جهد التحميل الأقصى لأساس شريطي عرضه B

- اختبار سلامة السد ضد حدوث انفصال بين الردم وتربة الأساس

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F_{b.c} = \frac{W\,B}{6\,M_o} > 1.25 \qquad (٨٩-٧)$$

- اختبار سلامة السد ضد حدوث انزلاق للستائر الخارجية على الردم الداخلي

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F_{s.f.} = \frac{B}{M_o}[P`_o + P`_A].\tan\delta \geq 1.25-1.50 \qquad (٩٠-٧)$$

حيث :

$\tan\delta$ معامل الاحتكاك بين ردم الخلية والستائر

- سلامة السد ضد النحر الداخلي

لتفادى النحر الداخلي ، يحسب عمق الاختراق D_1 أو D_2 من المعادلة التقريبية التالية:

$$D_1 = D_2 = 2/3H \qquad (٩١-٧)$$

- اختبار سلامة الأمان وصلات الستائر ضد الانهيار بالشد في السد ذي الخلايا

يحسب معامل الأمان من المعادلة:

$$F_1 = T_u / T > 1-5-2.0 \qquad (٩٢-٧)$$

حيث :

T_u مقاومة الشد القصوى لوحدة الطول من وصلات الستائر.

T اكبر قوة شد في الأعضاء الأفقية للستائر طن/م.ط. ، وتحسب من:

$$T = P_b \cdot L \qquad (٩٣-٧)$$

P_b ضغط التربة والماء داخل الخلية على الوجه الداخلي للسد عند عمق 0.75

H تحت سطح السد ، باعتبار معامل ضغط التربة الجانبي $k = 0.4$

٦/٨/٧ أعمال الحقن

يقتضي الأمر في بعض الأحيان اللجوء لإجراء عمليات حقن grouting للسدود المحيطة أو التربة التي ترسو عليها هذه السدود ، ويكون ذلك عادة في الحالات التي يكون السد المحيط مكونا من تربة عالية النفاذية أو أن فعالية نظام صرف المياه خلف السد لا تصل إلي الدرجة المرضية فنياء كما أن أعمال الحقن قد تصبح ضرورية في حالة وجود فجوات وتشققات في التربة اسفل السد ويظهر ذلك حاليا في حالات التربة الصخرية ، ويكون الغرض من أعمال الحقن في هذه الحالة هو الحفاظ على سلامة الكتل الصخرية من جراء حركة الحبيبات الدقيقة التي قد تتفتت نتيجة لحركة المياه خلال الشقوق والفجوات.

تختلف طبيعة الحقن وطريقته طبقا للآتى:

- الغرض من المنشأ
- موقع العمل
- عمق وشكل المنشأ
- طبيعة التربة الحاملة للمنشأ
- الغرض من الحقن إن كان لتقليل النفاذية أو زيادة المقاومة
- طبيعة العمل من ناحية كونه دائم أو مؤقت
- استخدام الحقن سواء للمعالجة أو للحماية.

يمكن تقسيم قوام مادة الحقن إلى:

- المعلقات
- السوائل أو المحاليل

أ) المعلقات

مركب من واحد أو أكثر من المواد الخاملة (الأسمنت ، الطين...) والمعلقة في سائل (الماء) .

والمعلقات إما أن تكون متزنة أو غير متزنة.

والمعلقات غير المتزنة هى خليط من الأسمنت النقي والمياه. وهذا الخليط متماثل وذلك باستخدام المعجلات وفور توقف عملية استخدام المعجلات يتم ترسيب الحبيبات المعلقة بسرعة.

والمعلقات المتزنة يتم الحصول عليها بإحدى الطرق التالية:

- بزيادة محتوى المواد الجافة بالمعلق.
- باستخدام مركب معدني في الغالب يكون من عائلة البنتونيت.
- باستخدام مادة الصوديوم سليكات مع الأسمنت أو معلق الطين/الأسمنت.

ويتوقف ثبات المعلق الظاهري على نسبة المواد المستخدمة وعملية التثبيت وعلى العموم فـــهذا الثبات نسبي حيث أن الترسيب يتم في جميع الحالات بعد انتهاء عملية التثبيت.

ب) السوائل

تتكون السوائل من منتجات كيمائية في مذاب ومن المنتجات الشائعة الاستخدام سليكات الصوديوم وبعض الراتينجات resins كما أن المواد الهيدروكربونية hydrocarbon يتم أيضا اســتخدامها في بعض الحالات.

١/٦/٨/٧ الحقن الأسمنتي

نظرا لخصائصها الطبيعية والاقتصادية فان الحقن بالأسمنت هو الشائع الاستخدام بغرض زيـــادة مقاومة التربة أو تقليل نفاذيتها. ويتم توصيف مادة الحقن طبقا لنسبة المياه إلى الأسمنت بـــها أو نسبة المادة الجافة الكلية بها إلى نسبة المياه (TDM/W) من حيث الوزن.

١/٦/٨/٧ (أ) الخصائص العامة

تتوقف هذه الخصائص على نسبة المواد في الخليط وعموما فان الحقن الأســـمنتي يمتلـــك هـــذه الصفات:

- الثبات والسيولة طبقا لنسب المواد المستخدمة.
- مقاومة الضغط غير المحاط مرتبط بنسبة الأسمنت/المياه بالمعلق.
- تتوقف كفاءة الحقن على كمية ونوعية مركبات المعلق.

يمتاز الحقن الأسمنتي بالتالي:

- سهولة التحضير وتوافر مكوناته.
- سهولة الاستخدام.
- إمكانية الحصول على خليط بتكاليف قليلة.

ويمكن تقسيم الحقن إلى ثلاث أقسام رئيسية طبقا للمادة الجافة بالمعلق:

- الأسمنت النقي
- خليط البنتونيت – الأسمنت.
- استخدام مواد مالئة.

١/٦/٨/٧ (ب) تعلق الأسمنت النقي

- في جميع الحالات يكون المعلق غير متزن ومكون من الأسمنت النقي مع المياه والنسبة المعتادة في هذه الحالة بين الأسمنت والمياه تكون أكبر من ١,٥ ويمكن بهذا المعلق الحصول على خصائص ميكانيكية عالية جدا.

- يسمح باستخدام جميع أنواع الأسمنت في هذه الحالة ويمكن التوصية بنوع معين من الأسمنت ليتلاءم مع ظروف التربة المحيطة ولنعومة الأسمنت تأثير كبير في حالة الحقن في الصخور ذات الشقوق الدقيقة.

- تتراوح نسبة الأسمنت إلى المياه في أعمال الحقن الشائعة بين ١،١ إلى ٢,٥ لكل وحدة من الحقن. ومع استخدام اقل نسبة محتوى أسمنت في حالة حقن الفراغات الدقيقة.

- ترتبط الخصائص الميكانيكية ارتباطا مباشرا بخصائص الأسمنت ونسبة الأسمنت/المياه في الخليط . وعموما تتراوح مقاومة الضغط البسيط بين ٥/١٠ ميجا باسكال (Mpa).

-في الأغلب يستخدم هذا النوع من الحقن لتثبيت الصخور المشققة وفى حالة المنشآت المقامة فيتم استخدام هذا النوع من الحقن بغرض حماية المنشأ من الظروف الأرضية المحيطة، حقن فواصل الانكماش ، ترميم الحوائط الحاملة.

١/٦/٨/٧/ (ج) حقن الطين / البنتونيت / الأسمنت

هو معلق أسمنتي يتم تثبيته بإضافة الطين أو البنتونيت. الطين الطبيعي، البنتونيت الطبيعي ، permuted bentonite، البنتونيت المنشط ، الأسمنت.

يتوقف هذا على النتائج المطلوبة . ففي حالة الحقن بغرض تقليل النفاذية يزداد محتوى الطين ويقل محتوى الأسمنت بالمعلق. وفى حالة تحسين مقاومة التربة فإن محتوى الأسمنت يزيد ويقل محتوى الطين. وعلى العموم فان الخليط المثالي يجب أن يكون متزن وسهل في عملية الضخ. وتقاس اللزوجة باستخدام مخروط مارش (Marsh Cone) ليعطى فيما يتراوح بين ٣٥ ث ، ٦٠ ث معدل decanation يبقى في الأغلب أقل من ٥ % في خلال ساعتين. والاختبارات المعملية ضرورية لتقدير نسبة الطين / الأسمنت أو البنتونيت / الأسمنت اللازمة في الخليط.

وللاسترشاد فان تركيز المكونات في الخليط تكون قريبة من القيم التالية:

الطين ٨٠ — ٤٠٠ كجم/م^٣

البنتونيت ٢٠ — ٨٠ كجم/م^٣

الأسمنت ١٠٠ — ٧٠٠ كجم/م^{٣}

نظرا لأن إضافة كل من البنتونيت أو الطين سوف يحقق الثبات في معلق الأسمنت والمياه مما يحسن من الخصائص المتعلقة باللزوجة ، الاختراق ، المقاومة ، نفاذية المياه وكفاءة الاستخدام وبالتالي يوفر الكثير من الخصائص المطلوبة في عملية الحقن.

تحقق الجرعات الحصول على مدى واسع من الخصائص الميكانيكية طبقا لاختبار نسبة الأسمنت / الطين / البنتونيت وكذلك نسبة الأسمنت / المياه. وتصل مقاومة الحقن إلي ١٥ ميجا باسكال (Mpa). ونظرا لأن الحقن يتعرض للترشيح عند ضخه داخل التربة فان ذلك يؤدى إلى زيادة المقاومة.

تقلل نفاذية المياه بزيادة جرعة الطين أو البنتونيت حتى تصل مادة الحقن الغير مرشحة والمكونة من خليط من الأسمنت / الطين / البنتونيت إلي ١٠$^{-٨}$ م/ث.

نظرا لأن حبيبات الطين والبنتونيت غير قابلة للذوبان فإنها تتولى تغليف حبيبات الأسمنت وحمايتها أو على الأقل تقليل تأثيرها بالمياه المهاجمة.

يعتبر خليط البنتونيت / الأسمنت من أفضل المواد الخاصة بأعمال الحقن من حيث كفاءته في جميع الأغراض ورخص تكلفته فهو يستخدم بكفاءة في حقن التربة ذات الشقوق أو التربة الخشنة الحبيبات وذلك بغرض تقليل النفاذية أو زيادة المقاومة. كما أنه يستخدم مع أنواع الحقن الأخرى الخاصة بحقن الفراغات والشروخ الدقيقة بغرض ملئ الفراغات الكبيرة أولا مما يزيد من كفاءة عملية الحقن ويساعد مواد الحقن الأخرى على ملئ الفراغات.

كما تستخدم مادة الحقن هذه كبديل لتثبيت جانب الحفر الغير مستقر.

٢/٦/٨/٧ الحقن بالسليكات

السليكات هى سيليكات الصوديوم في شكل سائل. وتتغير لزوجة السليكات مع الزمن لتصل إلى الوضع الهلامي (gel) وتستخدم سليكات الصوديوم في الحقن عندما تعوق شكل الحبيبات ونفاذية التربة الضعيفة استخدام الحقن من مواد معلقة.

يستعمل معها معجل للتصلد ذات تكوين معدني أو عضوي . ويضاف إليهم المياه والتي يجب أن يكون خاليا من المواد العضوية والمعدنية والتي من الممكن أن تعجل من تصلد سليكات الصوديوم أو تغير من خصائصها.

خصائص التربة المعالجة بسليكات الجيل (silicate gel) ذات التركيز الخفيف (soft gel):

- **النفاذية:** من الممكن تقليل نفاذية التربة باستخدام تركيز خفيف من سليكات الجيل حتى ١ × ١٠^-٦ م/ث والتي ممكن في بعض الأحيان وباستخدام وسائل معالجة متقدمة للوصول إلى معامل نفاذية مساويا ١ × ١٠^-٧ م/ث.

- **المقاومة:** على العموم لا يحسن الحقن بسليكات الجيل الخفيفة الخصائص الميكانيكية للتربة. إلا انه في بعض الحالات ذات التربة المتجانسة والناعمة الحبيبات يمكن الحصول على مقاومة في اختبار الضغط تصل إلى ٠,٢ ميجا باسكال (Mpa).

- **كفاءة الاستخدام durability:** تزداد نفاذية التربة التي تم حقنها مع الوقت وذلك تحت تأثير استمرار سحب المياه والنحر وانكماش الجيل المصاحب لفقد السائل.

- **جيل لزيادة المقاومة hard gel:** يستخدم هذا النوع من الجيل لزيادة مقاومة التربة وتتوقف هذه الزيادة على نوعية التربة المراد حقنها، درجة الدمك ودرجة نعومة حبيبات التربة. كما أن مادة الحقن ونسبة السليكات وكذلك طبيعة ونسبة معجل التصلد لها تأثير على هذه الزيادة.

٣/٦/٨/٧ طرق التنفيذ

يتضمن برنامج الحقن الخطوات التالية:

- أبحاث الموقع بغرض التعرف على طبيعة التربة.
- تجهيز معدات الحفر اللازمة لأعمال الحقن.
- الحفر للوصول إلى العمق اللازم للحقن.
- أعمال الخلط والنقل وضخ الحقن داخل التربة.
- التأكد من عناصر ومتغيرات الحقن مثل الضغط ، معدل الحقن ، الكمية.

ويمكن حساب قطر دائرة الحقن R من المعادلة

$$R = \sqrt{V(n\pi L)} \qquad (٩٤-٧)$$

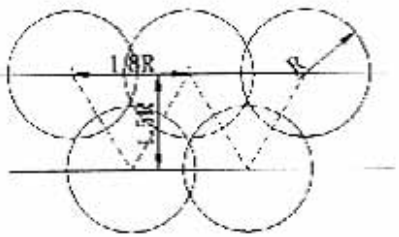
حيث :

- **n** مسامية التربة
- **L** طول مقطع الحقن
- **V** حجم مادة الحقن في المشوار الواحد

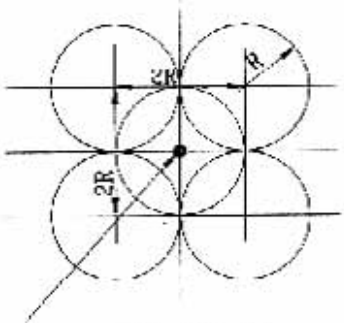
ويبين الجدول (٧-١١) العلاقة بين نوعية التربة والمسافة بين نقاط الحقن. ويوضح الشـــكل (٧-٨٤) نموذجان لمواقع الحقن وهما الثلاثي والنظام الرباعي.

جدول (٧-١١) العلاقة بين نوعية التربة والمسافة بين نقاط الحقن

الوسط	الوصف	المسافة بين الثقوب
تربة	رمل ناعم	١,٣ — ٠,٨
عمق < ٢٥م	رمل ، رمل وزلط	٢ — ١
	زلط	٤ — ٢
	رمل وزلط مضغوط	٥ — ٣
تربة أو صخرمشة	شقوق دقيقة	٣ — ١
عمق < ٢٥م	شقوق متسعة	٤ — ٢
منشآت	حماية	٣ — ٢
فجوات	ملء الفجوات	١٥ — ٣



أ ـ النظام الثلاثي



ب ـ النظام الرباعي

شكل (٧-٨٤) نظام الحقن

٩/٧ المنشآت الساندة فى الأعمال البحرية

١/٩/٧ استكشاف الموقع

تمتد معظم المنشآت البحرية marine طولها إلا أن بعضها (كـــالأحواض الجافـــة والمنزلقـــات وروافع السفن) يمتد فى اتجاهين متعامدين فى المسقط الأفقى.

المنشآت البحرية التى تمتد فى اتجاهين متعامدين يرجع فى استكشاف الموقع إلى المعمول به فـــى المنشآت البرية.

المنشآت البحرية الممتدة طوليا يتكون برنامج استكشاف الموقع لها من الآتى:

١/١/٩/٧ الجسات الرئيسية

تنفذ هذه الجسات على امتداد خط الشاطئ حيث تكون المسافات بينها ٥٠,٠٠ مترا فـــى الاتجـــاه الطولى، ويكون عمق كل جسه مساويا ضعف الفرق بين منسوبى سطح الأرض خلـــف المنشـــأ (بعد الإنشاء) وقاع البحر، أو يمتد عمق كل جسه وصولا إلى طبقة جيولوجية للتأســـيس أيـــهما أعمق.

عندما يكون قطاع التربة مكونا من طبقات كثيرة وخاصـــة فـــى حالـــة الطبقـــات الرقيقـــة (varved soil) تنفذ الجسات بنظام يساعد على استخراج عينات غير مشوهة من التربة.

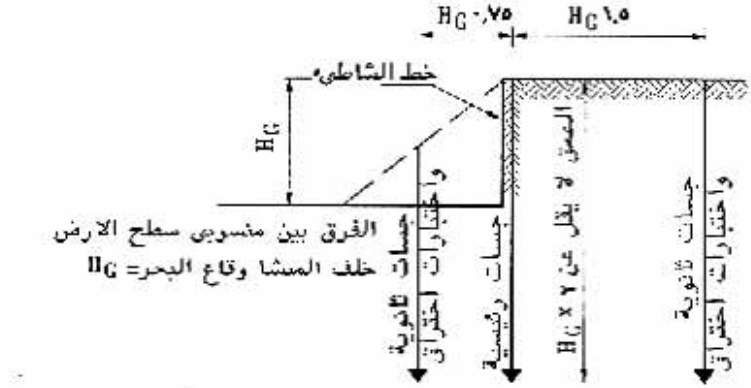
يجب تركيب بيزومترات مناسبة فى بعض من ثقوب الجسات الرئيسية لقياس ضغط مياه المسام.

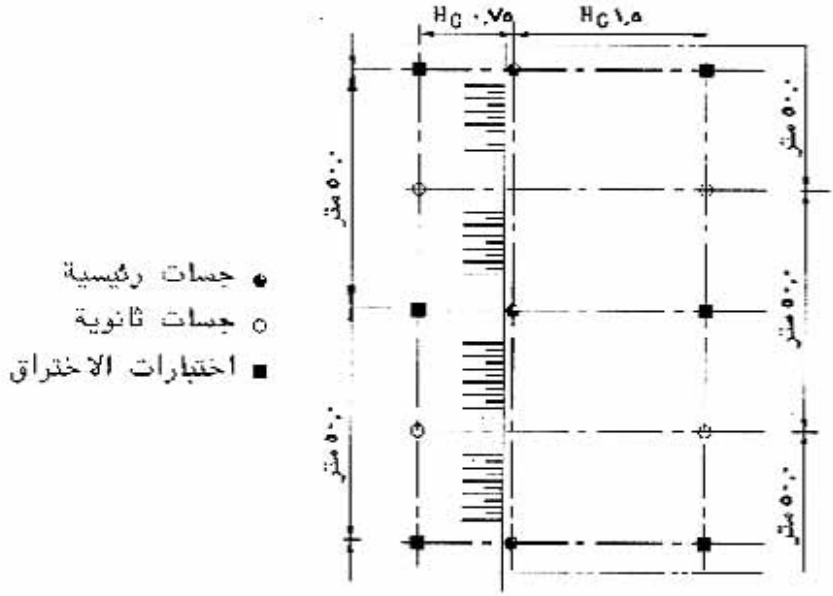
٢/١/٩/٧ الجسات الثانوية

بناء على نتائج الجسات ونتائج اختبارات الاختراق تنفذ جسات ثانويـــة بحيـــث تكـــون المسافات بينها ٥٠,٠٠ مترا فى الاتجاه الطولى وترتب فى صفين فيمـــا بيـــن موانـــع الجســـات الرئيسية (شكل ٧-٨٥) ويمتد عمق كل جسه إلى المناسيب التى تنتهى عندها الجسات الرئيســـية تبعا لما نص عليه فى (١/١/٩/٧).

٣/١/٩/٧ اختبارات الاختراق

يكون ترتيب مواقع اختبارات الاختراق penetration test القياس الديناميكى أو الاستاتيكى على امتداد الجسات الثانوية يمتد عمق كل اختراق الى المناسيب التى تنتهى عندها الجسات الرئيسية.





شكل (٧-٨٥) ترتيب الجسات واختبارات الاختراق للمنشآت البحرية الممتدة طوليا.

٢/٩/٧ الضغوط الفعالة خلف الحوائط الساندة

١/٢/٩/٧ حالة وجود كوم خلفى من الدبش

- الشكل رقم (٧-٨٦) يعطى الشكل الأكثر شيوعا للكوم الخلفى المستخدم.
- تتبع الميول المحددة للكوم من الخلف ايا من الميلين الطبيعيين للكوم او الردم ايهما اسبق فى التنفيذ.
- تكون الحجارة المكونة بأوزان تتراوح بين ٢٠ - ١٠٠ كجم.
- اتساع سطح الكوم لا يقل عن ٢,٠٠ متر.
- يغطى السطح الخلفى للكوم بطبقة مرشح تتكون من دقشوم متدرج بسمك ٠,٥٠ إلى ١,٠٠ متر لمنع تسرب الردم الخلفى أثناء انخفاض منسوب البحر فى الجزر.
- يتم الردم خلف الكوم بتربة من الرمال.
- يخفض الكوم الخلفى قيمة الضغوط الجانبية المؤثرة على ظهر الحائط، على افتراض وجود مادة متجانسة خلف الحائط لها الخصائص التالية:

١- زاوية احتكاك داخلى ϕ'

$$\phi' = \phi_f + \frac{2}{3}(\phi_r - \phi_f)$$

حيث :

ϕ_f زاوية الاحتكاك الداخلى لمادة الردم الخلفية.

ϕ_r زاوية الاحتكاك الداخلى لمادة الكوم.

٢- وزن وحدة الحجوم مساو لمتوسط قيمتى وزن وحدة الحجوم لكل من مادة الردم الخلفى ومادة الكوم.

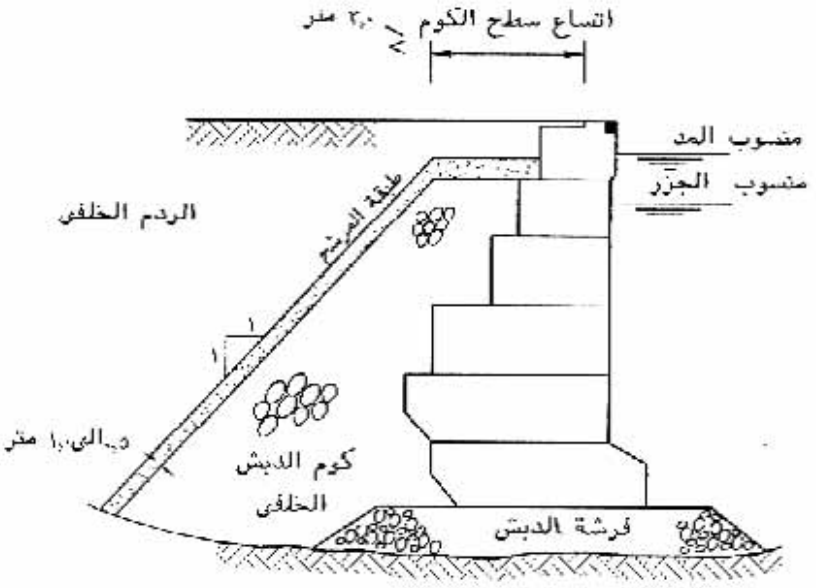
٢/٢/٩/٧ حالة وجود سقالة على خوازيق وستارة معدنية

يتكون هذا النظام من سقالة من الخرسانة المسلحة محمولة على مجموعة من الخوازيق ومثبت بها من الأمام أو الخلف حائط من الستائر المعدنية. يخفف هذا النظام من الضغوط الجانبية الفعالة على حائط الستائر المعدنية.

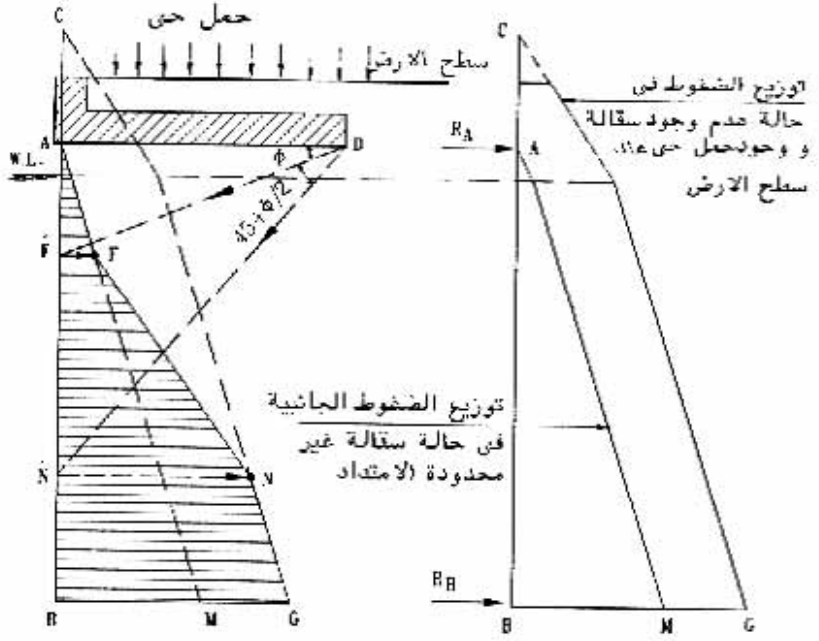
٢/٢/٩/٧ (أ) حساب الضغوط الجانبية (الحائط من الأمام)

إذا كانت السقالة غير محدودة الامتداد فى الاتجاه المتعامد على الامتداد الطولى للحـــائط ، فـــان توزيع الضغوط الجانبية الفعالة المؤثرة على الحائط يكون كما هو موضح بالشكل (ABM) فـــى الشكل رقم (٧-٨٧)، أما الشكل (CBG) فيوضح توزيع هذه الضغوط فى حالة عدم وجود سقالة ووجود حمل حى منتظم على سطح الأرض. فى حالة سقالة محـــددة العـــرض، يمثـــل الشـــكل (AF`BGNF) توزيع الضغوط الجانبية الفعالة على الستارة.

عند حساب ثبات المنشأ وحساب رد الفعل R_A الذى يؤثر به الحائط على السقالة يؤخـــذ فى الاعتبار التوزيع CBG.



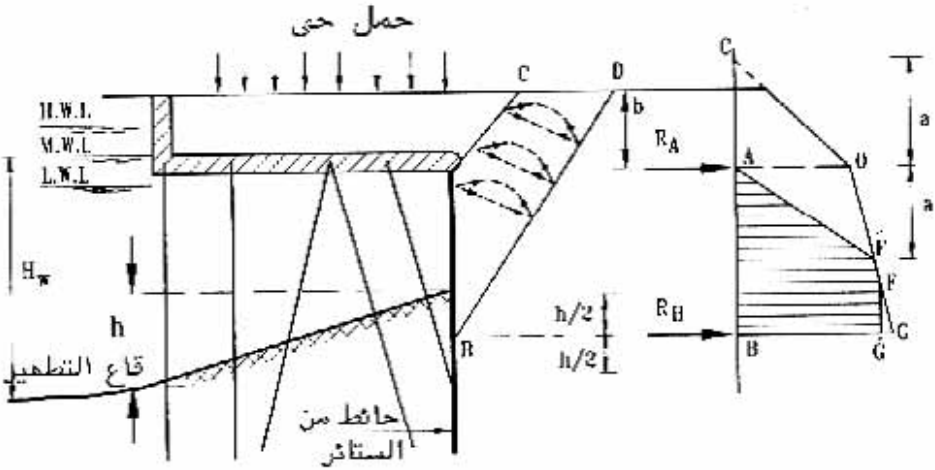
شكل (٧-٨٦) الكوم الخلفي للحوائط من البلوكات



شكل (٧-٨٧) ضغوط التربة الجانبية (الحائط من الأمام)

٢/٢/٩/٧ (ب) حساب الضغوط الجانبية (الحائط من الخلف)

بافتراض عدم وجود سقالة ووجود حمل منتظم مؤثر عند سطح الأرض تكون الضغوط الجانبية الفعالة للتربة على الستارة ، كما هو موضح بالشكل CBG فى الرسم رقم (٧-٨٨). باعتبار وجود السقالة عند العمق (b) تحت سطح الأرض وتشوه ظاهرة العقود arching phenomena فى التربة يتعدل شكل توزيع الضغط الجانبى CBG إلى الشكل ABG'FF' الذى يستخدم فى حساب الاجهادات الداخلية (القص – الانحناء) فى الستارة. وعند حساب ثبات المنشأ وحساب رد الفعل R_A الذى يؤثر به الحائط على السقالة يؤخذ فى الاعتبار التوزيع CBG.



شكل (٧-٨٨) الضغوط الجانبية - الحائط من الخلف

٣/٩/٧ الضغوط الناتجة من عدم الثبات الهيدروليكى فيما بين خلف وأمام الحائط.

١/٣/٩/٧ المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية فى مناطق المد والجزر

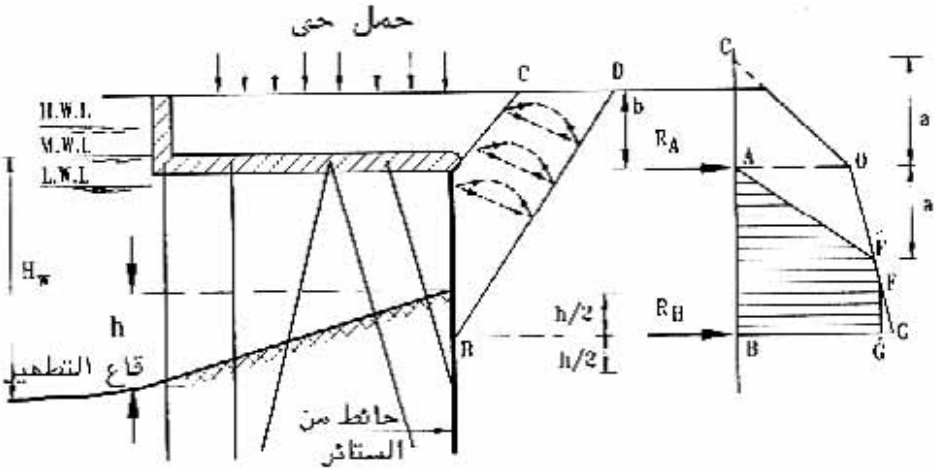
فى مناطق المد والجزر يكون المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية هو المنسوب المتوسط لسطح الماء فى البحر. المنشآت البحرية التى تمتد فى محاذاة خط الشاطئ وتعوق تدفق المياه من داخل الأرض إلى البحر، يرتفع المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية خلفها ليكون أعلى من المنسوب المتوسط لسطح المياه فى البحر.

طبقات التربة ضعيفة النفاذية تعمل على رفع المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية.

٢/٣/٩/٧ حساب الضغوط الناتجة من عدم الثبات الهيدروليكى

تتأثر قيمة هذه الضغوط بالعوامل التالية: مدى المد والتغير فى منسوب سطح المياه فى البحر، موقع المنشأ، نفاذية التربة أمام وخلف واسفل المنشأ، درجة الإنفاذ التى يسمح بها المنشأ ذاته، كفاءة المرشح إن تواجد خلف الحائط.

إذا كانت التربة منفذة وكانت المياه الأرضية حرة الحركة حول الحائط وحيث لا تؤثر الأمواج تأثيرا ملموسا يكون الضغط خلف الحائط الناتج من عدم الثبات الهيدروليكى مساويا تقريبا ناتج حاصل ضرب كثافة الماء فى الفرق بين منسوب سطح المياه الأرضية خلف الحائط ومنسوب



شكل (٧-٨٨) الضغوط الجانبية - الحائط من الخلف

٣/٩/٧ الضغوط الناتجة من عدم الثبات الهيدروليكى فيما بين خلف وأمام الحائط.

١/٣/٩/٧ المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية فى مناطق المد والجزر

فى مناطق المد والجزر يكون المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية هو المنسوب المتوسط لسطح الماء فى البحر. المنشآت البحرية التى تمتد فى محاذاة خط الشاطئ وتعوق تدفق المياه من داخل الأرض إلى البحر، يرتفع المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية خلفها ليكون أعلى من المنسوب المتوسط لسطح المياه فى البحر.

طبقات التربة ضعيفة النفاذية تعمل على رفع المنسوب المتوسط لسطح المياه الأرضية.

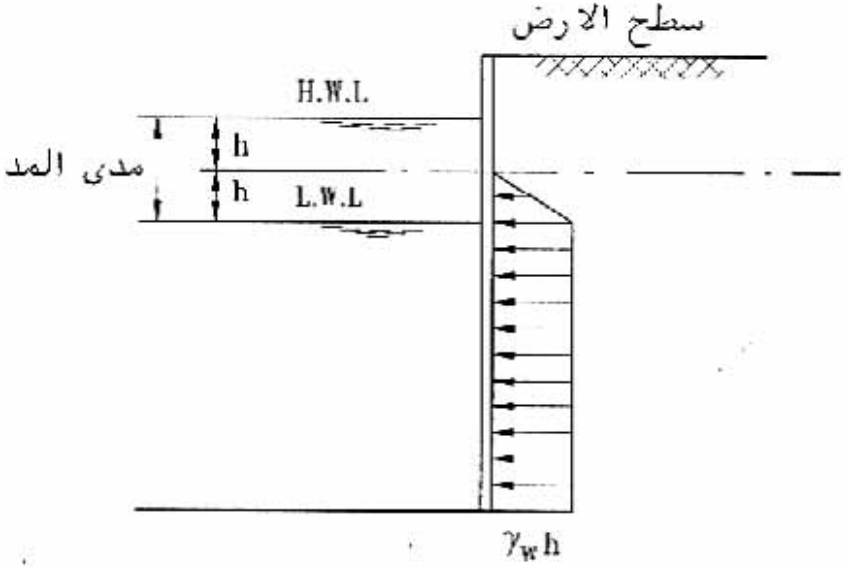
٢/٣/٩/٧ حساب الضغوط الناتجة من عدم الثبات الهيدروليكى

تتأثر قيمة هذه الضغوط بالعوامل التالية: مدى المد والتغير فى منسوب سطح المياه فى البحر، موقع المنشأ، نفاذية التربة أمام وخلف واسفل المنشأ، درجة الإنفاذ التى يسمح بها المنشأ ذاته، كفاءة المرشح إن تواجد خلف الحائط.

إذا كانت التربة منفذة وكانت المياه الأرضية حرة الحركة حول الحائط وحيث لا تؤثر الأمواج تأثيرا ملموسا يكون الضغط خلف الحائط الناتج من عدم الثبات الهيدروليكى مساويا تقريبا ناتج حاصل ضرب كثافة الماء فى الفرق بين منسوب سطح المياه الأرضية خلف الحائط ومنسوب

سطح المياه الحرة فى البحر شكل (٧-٨٩). إذا كان الفرق بين منسوبى سطح المياه الأرضية وسطح المياه فى البحر كبيرا وجب حساب هذا الضغط من واقع شبكة السريان.

تزداد ضغوط المياه فى حالة إتمام الردم هيدروليكيا خلف الحائط وكذلك فى حالة التأثير الملموس للأمواج أمام الحائط.



شكل (٧-٨٩) الضغط الناشئ عن عدم الثبات الهيدروليكي

٣/٣/٩/٧ نظم تصريف المياه الناتجة عن عدم الثبات الهيدروليكي فى حوائط الستائر اللوحية

٣/٣/٩/٧/ (أ) فتحات التصريف

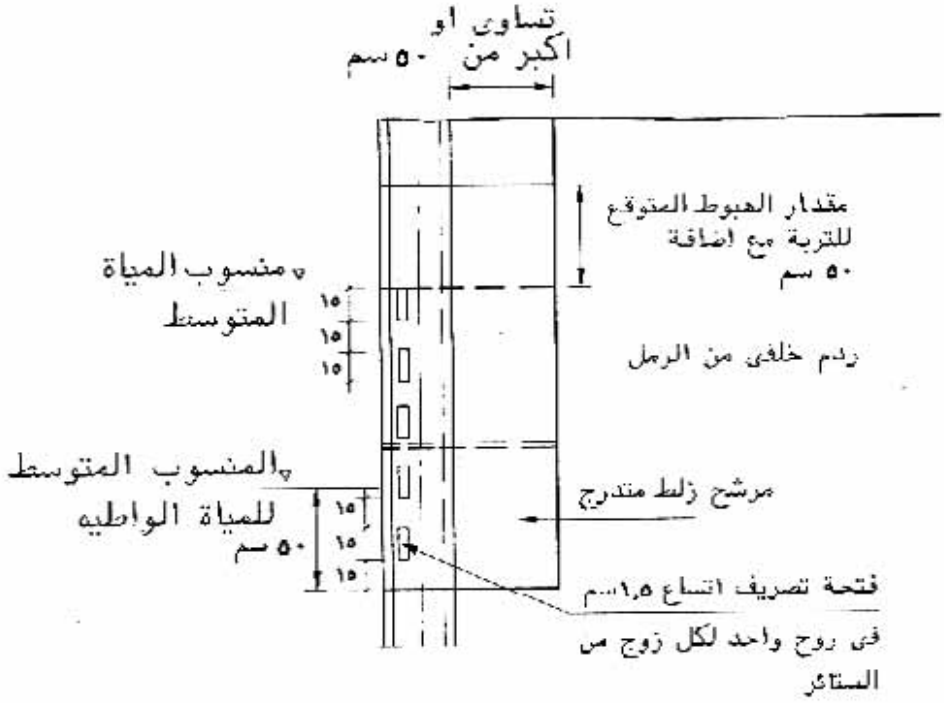
يتم عمل فتحات فى أعصاب الستائر بواقع عصب واحد لكل ستارتين. عرض الفتحة ١,٥ سم وارتفاعها ١٥ سم والمسافات الرأسية المصمتة فيما بينها ١٥ سم شكل (٧-٩٠).

يجب أن تكون الثقوب فى مواضع تنخفض عن المنسوب المتوسط لسطح البحر وتمتد حتى ٠,٥٠ متر تحت المنسوب المتوسط للمياه الواطية فى الجزر، ويجب أن يوضع خلف الثقوب مرشح من الزلط المتدرج.

يستخدم هذا النظام إذا خلت المياه الأرضية من الطمى على قدر قليل من أملاح الحديد، لا يجب استعمال هذه النظام إذا كان هناك احتمال نمو كثيف للحيوانات البحرية القشرية.

يكون هذا النظام ذو تأثير محدود فى تقليل ضغوط المياه الناتجة عن عدم الثبات الهيدروليكى فى مناطق المد والجزر.

ويكون هذا النظام فعالا فى المناطق التى يكون انخفاض منسوب سطح الماء أمام المنشأ سريعا وتدفق المياه الأرضية قويا، أو إذا كان هناك احتمال لغمر المنشأ بالماء.



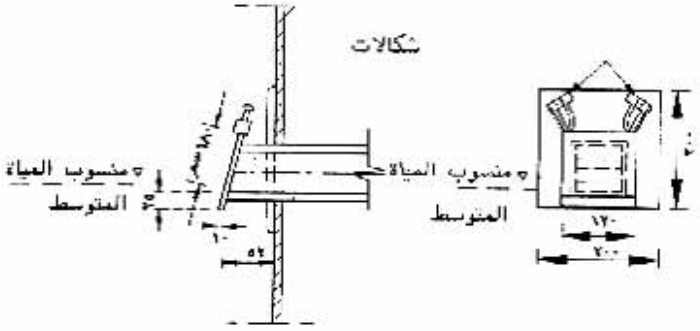
شكل (٧-٩٠) فتحات تصريف المياه

٣/٣/٩/٧ (ب) صمامات عدم الرجوع

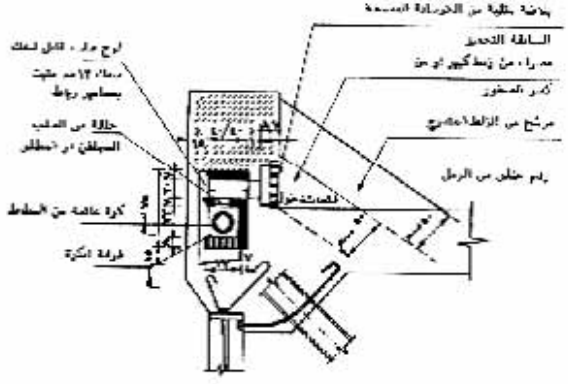
هذا النظام فعال فى حالة التربة الحبيبية. تثبت الصمامات عند المنسوب المتوسط لسطح البحر بحيث يسهل الوصول اليها لفحصها دوريا وصيانتها واصلاحها، المسافات العادية بين الصمامات تتراوح بين ٧,٠٠ ، ٨,٠٠ متر شكل (٧ ٩١).

لحوائط الأرصفة التى تتكون أجزاؤها العليا من الخرسانة أو الخرسانة المسلحة يستخدم فى تصريف المياه من خلفها نظام الفتحات ذات الصمامات الكروية شكل رقم (٧-٩٢).

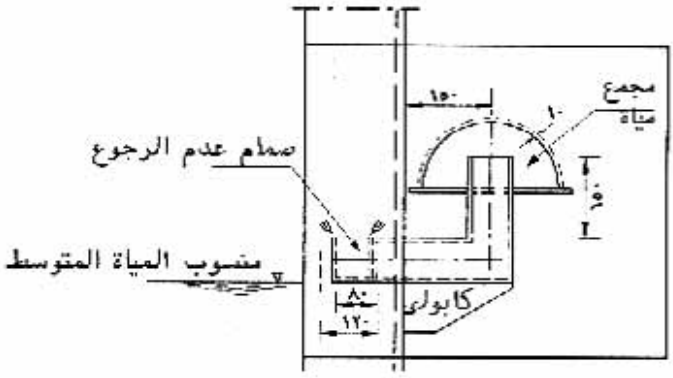
يلزم عمل مجمعات للمياه تتكون من كمر الأحجار أو الألواح المقوسة شـــكل (٧-٩٣) أو مواسير مع غرفة التصريف، ويفصل المرشح بين المجمعات والتربة الحاملة للمياه الأرضيـــة المراد تصريفها.



شكل (٧-٩١) صمام عدم الرجوع



شكل (٧-٩٢) صمام كروي



شكل (٧-٩٣) مجمع المياه

ويستخدم الزلط كمادة للمرشح سواء كان المرشح من طبقة واحدة أو من مجموعة من الطبقات، ويجب ان يؤخذ فى الاعتبار مقدار الهبوط والتداخل المتوقع حدوثهما للمرشح والتربة المحيطة عند تحديد أبعاد المرشح، كما يجب ألا يقل سمك طبقة المرشح من الزلط عن ٥٠ سم وسمك أى طبقة من المرشح المتعدد الطبقات عن ٢٥ سم.

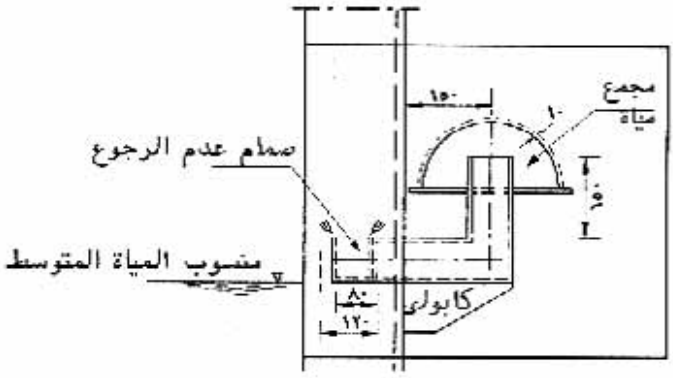
يجب أن يحقق الزلط المستخدم اشتراطات الصلاحية للمرشحات التى تعتمد على مقاس وتدرج حبيبات التربة المحيطة بالإضافة إلى خصائص المجمع.

٤/٩/٧ الأبعاد الأساسية لحائط الرصيف

١/٤/٩/٧ منسوب سطح الحائط والأرض الخلفية

يتحدد منسوب سطح الحائط تبعا لعدة عوامل أهمها مدة المد وميل سطح الأرض خلف الحائط فى اتجاه المساحة المائية وأحجام السفن ونوعيات البضائع التى تنقلها.

الجدول رقم (٧-١٢) يبين منسوب سطح الرصيف وعلاقته بنوع السفينة ومدى المد فى المنطقة.



شكل (٧-٩٣) مجمع المياه

ويستخدم الزلط كمادة للمرشح سواء كان المرشح من طبقة واحدة أو من مجموعة من الطبقات، ويجب ان يؤخذ فى الاعتبار مقدار الهبوط والتداخل المتوقع حدوثهما للمرشح والتربة المحيطة عند تحديد أبعاد المرشح، كما يجب ألا يقل سمك طبقة المرشح من الزلط عن ٥٠ سم وسمك أى طبقة من المرشح المتعدد الطبقات عن ٢٥ سم.

يجب أن يحقق الزلط المستخدم اشتراطات الصلاحية للمرشحات التى تعتمد على مقاس وتدرج حبيبات التربة المحيطة بالإضافة إلى خصائص المجمع.

٤/٩/٧ الأبعاد الأساسية لحائط الرصيف

١/٤/٩/٧ منسوب سطح الحائط والأرض الخلفية

يتحدد منسوب سطح الحائط تبعا لعدة عوامل أهمها مدة المد وميل سطح الأرض خلف الحائط فى اتجاه المساحة المائية وأحجام السفن ونوعيات البضائع التى تنقلها.

الجدول رقم (٧-١٢) يبين منسوب سطح الرصيف وعلاقته بنوع السفينة ومدى المد فى المنطقة.

٢/٤/٩/٧ أعماق القاع أمام الحائط

ينخفض منسوب القاع أمام الحائط عن منسوب المد الواطى (L.W.L.) عادة بما يساوى غاطس اكبر سفينة بكامل حمولتها يمكن أن تتراكى على هذا الرصيف مضافا إليه خلوصا قدره متر واحد.

إذا كان القاع به صخور أو يمثل خطورة لتراكى السفن إلى الرصيف أو عند استخدام الرصيف لرسو السفن التى تحمل مواد خطره فيعتبر المنسوب البحرى الذى يجب أن يحسب منه عمق القاع بأنه أوطى منسوب للمد الواطى (L.L.W.L.).

جدول (٧-١٢) منسوب سطح الرصيف

نوع المرسى من حيث استخداماته	الفرق بين منسوبى سطح الرصيف واعلى مياه فى المد إذا كان مدى المد اقل من ٣,٠٠ أمتار (متر)	الفرق بين منسوبى سطح الرصيف واعلى مياه فى المد إذا كان مدى المد ٣,٠٠ أمتار أو أكثر (متر)
١- مرسى السفن (عمق المياه أمام المرسى ٤,٥ متر أو أكثر)	١,٠٠ - ٢,٠٠	٠,٥٠ - ١,٥٠
٢- مرسى لسفن صغيرة (عمق المياه أمام المرسى أقل من ٤,٥ متر) وميل الواجهة أقل من ١ : ١٠	٠,٥٠ - ١,٥٠	٠,٣٠ - ١,٠٠
٣- مرسى لسفن صغيرة (عمق المياه أمام المرسى اقل من ٤,٥٠ متر) وميل الواجهة اكثر من أو يساوى ١ : ١٠	٠,٢٥ - ١,٠٠	٠,٢٥ - ٠,٥٠

٣/٤/٩/٧ الأطوال القياسية لحوائط الأرصفة

يتحدد طول الرصيف فى مرحلة تخطيطه وفقا لأطوال السفن المنتظر رسوها إليه ووفقا لاستخدام الرصيف.

الجدولان (٧-١٣) ، (٧-١٤) يبينان الطول القياسى وعمق القاع لمنشآت تراكى السفن الصغيرة والكبيرة.

جدول رقم (٧-١٣) الأطوال القياسية لمنشآت تراكى سفن الصيد الصغيرة وأعماق المياه أمامها.

حمولة السفينة الكلية	طول المرسى بالأمتار	عمق القاع أمام المنشأ بالأمتار
١٠ طن	٢٠	٢,٠٠
٤٠ طن	٢٠	٢,٠٠
١١٠ طن	٤٠	٤,٠٠

٥/٩/٧ مستلزمات الحائط

١/٥/٩/٧ هامة الحائط

الهامة هى الجزء العلوى من حائط الرصيف ، الذى يتم تنفيذه فى الموقع. تنفذ الهامة فى معظم الأحوال من الخرسانة العادية وتنفذ من الخرسانة المسلحة إذا ارتكز عليها أحد قضبان سكة الونش أو كان جسم الحائط من الستائر الصلب.

تثبت مستلزمات الحائط من حاميات ومدافع رباط وسلالم بحرى وغيرها فى الهامه. يتحدد ارتفاع الهامة بين منسوب سطح الرصيف وأى من: منسوب يعلو عن منسوب المياه الواطية بحوالى ٠,٥٠ متر ، أو المنسوب المتوسط بين أعلى وأوطى مياه. أو حسب ظروف تنفيذ الهامه.

جدول (٧-١٤) الأطوال القياسية لمنشآت تراكى السفن الكبيرة وأعماق القاع أمامها

نوع السفينة	حمولة السفينة	طول المرسى	عمق القاع	نوع السفينة	حمولة السفينة	طول لمرسى	عمق القاع
ركـــــــاب	Gross طن	مترا	أمتار	(تابع) بضائع عامة تشمل الحاويات	D.W.T.	مترا	مترا
	١٠٠٠	٨٠	٥,٠٠		١٥٠٠٠	١٨٥	١٠,٠٠
	٣٠٠٠	١٢٥	٦,٠٠		٢٠٠٠٠	٢١٠	١١,٠٠
	٥٠٠٠	١٥٥	٧,٥٠		٣٠٠٠٠	٢٤٠	١٢,٠٠
	١٠٠٠٠	١٨٠	٩,٠٠		٤٠٠٠٠	٢٦٠	١٣,٠٠
	٢٠٠٠٠	٢٢٥	١٠,٠٠		٥٠٠٠٠	٢٨٠	١٤,٠٠
	٣٠٠٠٠	٢٥٠	١١,٠٠				
بضائع عامة (تشمل الحاويات)	D.W.T.	مترا	مترا	بضائع الخشب الجاف	D.W.T.	مترا	مترا
	٧٠٠	٦٠	٤,٥٠		١٠٠٠٠	١٦٥	٩,٠٠
	١٠٠٠	٧٠	٥,٠٠		١٥٠٠٠	١٨٥	١٠,٠٠
	٢٠٠٠	٩٠	٥,٥٠		٢٠٠٠٠	٢١٠	١١,٠٠
	٣٠٠٠	١٠٥	٦,٥٠		٣٠٠٠٠	٢٤٠	١٢,٠٠
	٥٠٠٠	١٣٠	٧,٥٠		٥٠٠٠٠	٢٧٠	١٣,٠٠
	١٠٠٠٠	١٦٥	٩,٠٠		٧٠٠٠٠	٢٩٠	١٥,٠٠
					٩٠٠٠٠	٣٠٠	١٦,٠٠
					١٠٠٠٠٠	٣٣٠	١٨,٠٠
					١٥٠٠٠٠	٣٧٠	٢٠,٠٠

١/٥/٩/٧ (أ) هامة من الخرسانة العادية

يتحدد اتساع الهامه بما يحقق ثباتها تحت تأثير القوى المعرضة لها وهى:

أ- قوة رأسية (W) تتمثل فى وزنها.

ب- قوة أفقية (H) تتمثل فى:

- الضغط الجانبى الفعال للتربة الناتج عن وزن التربة والحمل الحى.
- ضغط المياه الناتج عن عدم الثبات الهيدروستاتيكى.
- الشد على مدافع الرباط.

١- يتم تحقيق ثبات الهامه ضد الحركة الأفقية عن طريق قوى مقاومة القص التى تتيحها التداخلات فيما بين الهامه وامتداد الحائط أسفلها الشكل (٧-٩٤).

إجهاد القص المسموح به فى خرسانة الهامه وكتل الرصيف يجب أن يكون اكبر من أو مساو (1.5 II/l). حيث: l البعد الأصغر من l_1 . l_2

٢- يتم تحقيق ثبات الهامه ضد الانقلاب حول الخط O_1

$$F.S. = M_{s1} / M_{o1} \qquad (٧-٩٥)$$

حيث :

M_{s1} عزوم الثبات

M_{o1} عزوم الانقلاب

F.S. معامل أمان لا يقل عن ١,٥

٣- يتم تحقيق الأمان فى اجهادات الارتكاز على سطح الكتلة العليا

$$f_{\frac{1}{2}} = W/b \pm M/Z \qquad (٧-٩٦)$$

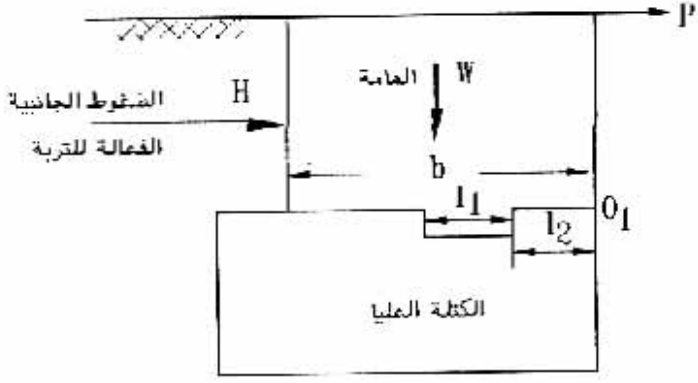
حيث :

$f_{\frac{1}{2}}$ أكبر وأصغر إجهاد رأسى على سطح الهامه السفلى

M مجموع عزوم القوى الأفقية والراسية حول المحور الرئيسى.

Z معامل القطاع

W مجموع الوزان المؤثرة الرأسية



شكل (٧-٩٤) ثبات الهامة من الخرسانة العادية

١/٥/٩/٧ (ب) هامة من الخرسانة المسلحة

تتعرض الهامه لأى من مجموعتى القوى التاليتين:

أ- قوى تعمل فى اتجاه البحر وتنشأ عن:

١- الشد على مدافع الرباط التى تثبت عادة فى الهامة

٢- ضغط خلفى فعال للتربة، بارتفاع الهامه ، بالإضافة إلى الضغوط الجانبية التى تنشأ عن الأحمال السطحية.

ب- قوى تعمل فى اتجاه المساحة الأرضية خلف الحائط وتنشأ عن القوى التى تنتج عن صدمة التراكى ، ويصاحب ذلك قوة تنشأ عن ضغط مقاوم لأوزان التربة دون الأحمال السطحية وتؤثر على السطح الخلفى للهامه.

عادة ما يكون منسوب اسفل الهامه مطابقا لمنسوب ألواح الربط الأفقية أو ينخفض عنه قليلا ويصير تصميم الهامه باعتبارها كابولى رأسى يتعرض لأى من القوى (أ) أو (ب).

حالة التحميل (أ)

توزع قوة الشد المؤثرة على مدفع الرباط (P) على امتداد (L) يصير تحديده بالكيفية الموضحة فى الشكل (٧-٩٥) فيكون:

$$P_1 = P/L \qquad (٩٧-٧)$$

ويكون عزم الانحناء الكلى المؤثر عند القطاع (أ-أ) هو محصلة عزم الانحناء الناتج عن القوة (P_1) بالإضافة إلى عزم الانحناء الناتج عن الضغوط الفعالة للتربة (P_A) تنتقل القوة (P) عبر الهامه إلى الشدادات حيث تتوزع على العدد المتواجد منها داخل مسافة التوزيع (L).

حالة التحميل (ب)

فى هذه الحالة تتعرض الهامه لقوة الصدمة الناتجة عن تراكى السفن وتوزع كما هو فى شكل (٧- ٩٧).

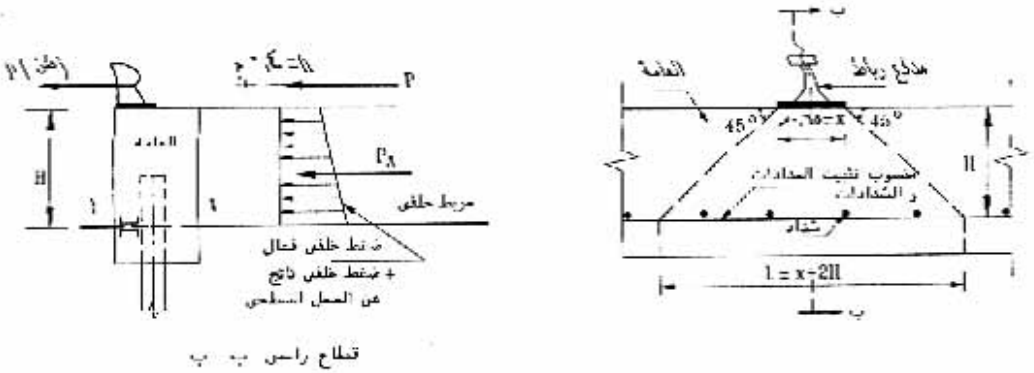
القوى الناتجة عن صدمة التراكى (R) والموزعة على طول قدره (l_1) من الحاميات يعاد توزيعها على الطول (L) من الهامه فيكون:

$$P_1 = R/L \qquad (٩٨-٧)$$

عزم الانحناء عند القطاع (أ-أ) هو محصلة عزم الانحناء الناتج عن القوة (P_1) مطروحا منه عزم الانحناء الناتج عن الضغط المقاوم للتربة (P_p).

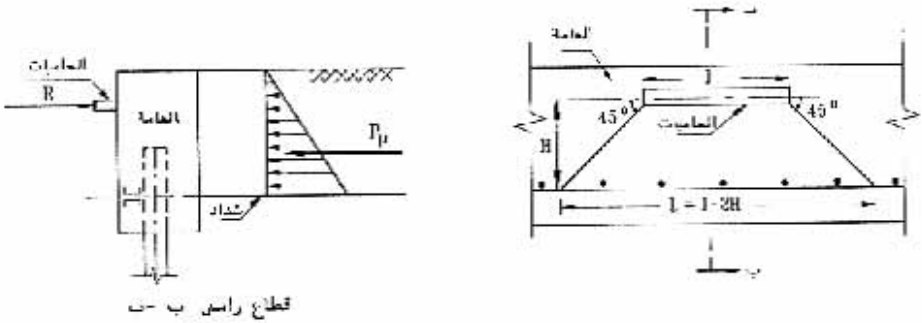
يحسب قطاع الهامه طبقا لقيمة عزم الانحناء الاكبر كما ينتج من حسابات الحالتين (أ) و (ب) ، ويحدد حديد التسليح الراسى طبقا لكل من قيمتى عزم الانحناء.

تحقيقا لان تكون الهامه جزء مستمر من الحائط يفضل أن يلحم حديد التسليح الراسى إلى الأسطح الداخلية والخارجية للستائر، أو أن تثقب الستائر لامرار حديد التسليح خلال هذه الثقوب وأن يصير ترتيب حديد التسليح بالكيفية الموضحة فى شكل (٧-٩٧).



قطاع راسي ب - ب

شكل (٧-٩٥) حالة التحميل "أ" للهامة من الخرسانة المسلحة

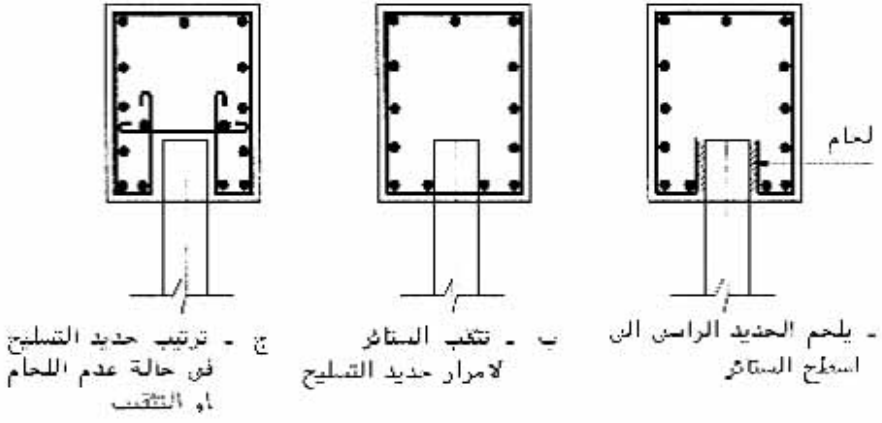


قطاع راسي ب - ب

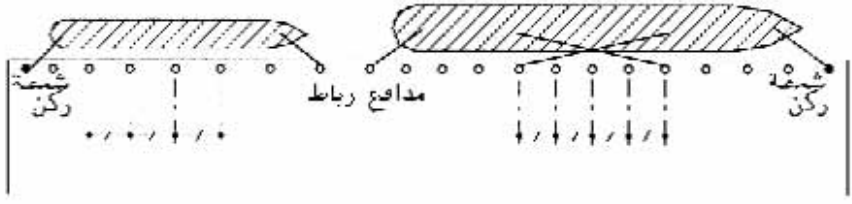
شكل (٧-٩٦)حالة التحميل "ب" للهامة من الخرسانة المسلحة

٢/٥/٩/٧ حلقات ومدافع وشمعات الرباط

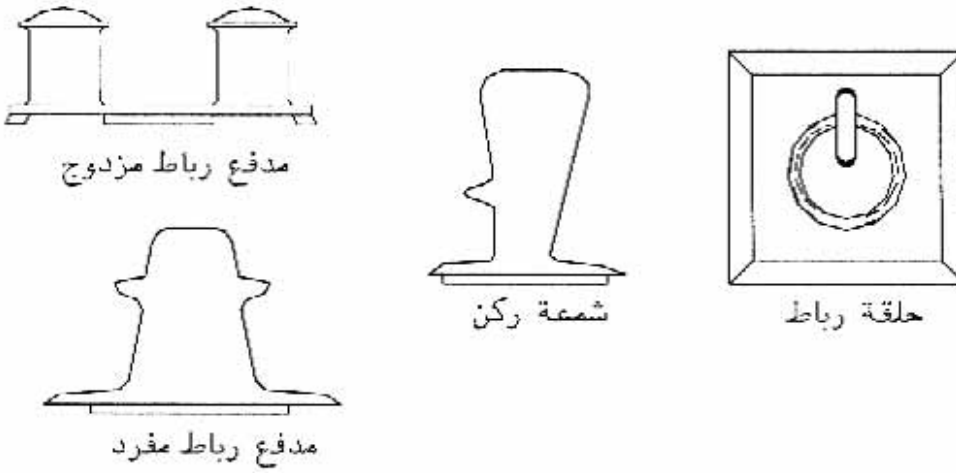
تربط السفن المتراكمة إلى الأرصفة ، الشكل رقم (٧-٩٨) بتجهيزات رباط (حلقات، مدافع، شمعات) مثبته على الحافة الخارجية للمنشأ ناحية المساحة المائية على مسافات متساوية تتراوح بين ٢٠ و ٣٠ متراً. يبين الشكل رقم (٧-٩٩) نماذج لتجهيزات الرباط.



شكل (٧-٩٧) ترتيب حديد التسليح في الهامة



شكل (٧-٩٨) تراكي السفن إلي الرصيف



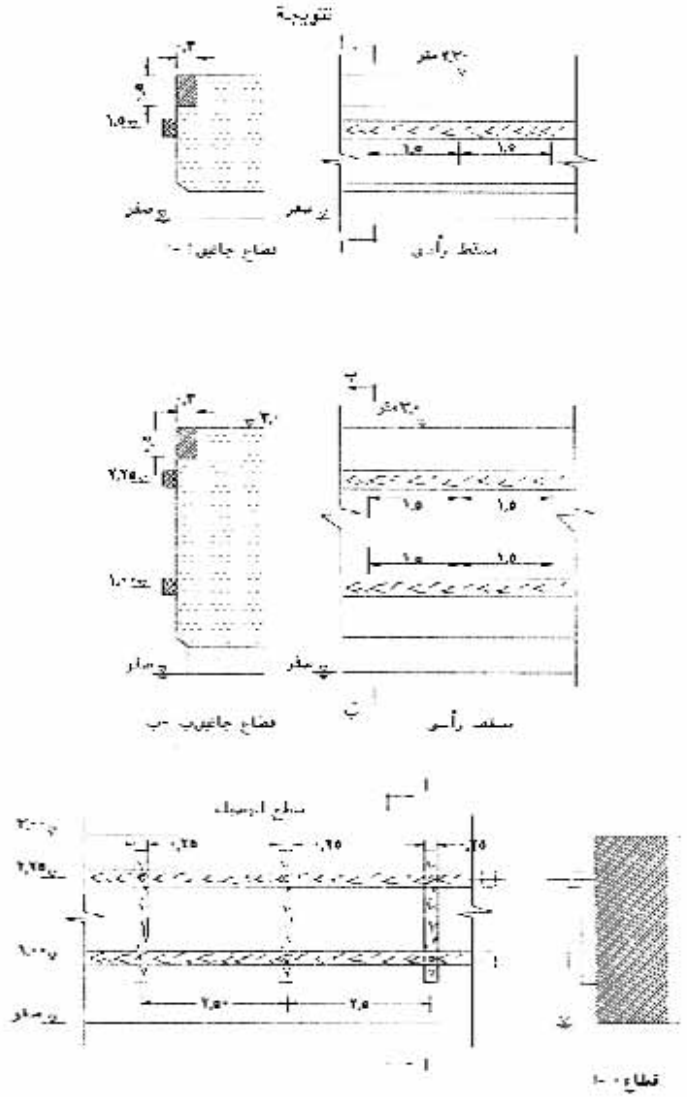
شكل (٧-٩٩) تجهيزات الرباط

٣/٥/٩/٧ الحاميات

تثبت الحاميات fenders فى منشآت التراكى لحماية كل من المنشأ وبدن السفينة لحظة التراكى وذلك بالتحكم فى القوى الناتجة عن تراكى وحركة السفينة، وقد تكون الحاميات منفصلة عن منشأ التراكى لمنع وصول هذه القوى إليه. والحاميات تكون من الأنواع التالية:

٣/٥/٩/٧ (أ) الحاميات من الخشب

تتكون ابسط أنواع الحاميات من أجسام خشبية مستطيلة ذات مقطع مربع أو مستطيل تثبت بحيث تكون فى حالة تماس كامل مع الحائط أو ان تثبت بنظام يبعد أجزائها منها عن الحائط شكل (٧-١٠٠).



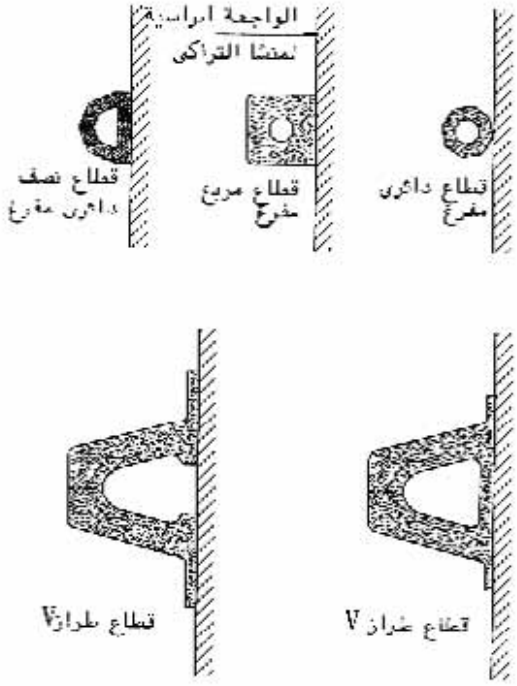
شكل (٧-١٠٠) الحاميات من الخشب

ويجب أن يكون الخشب المستعمل من النوع العزيزى وأن يكون معالجا بالحقن بالكريوزوت. يجب أن تكون الجوايط المستخدمة فى التثبيت وكذلك الصواميل والورد جميعها من الصلب المجلفن. ويجب أن تشكل تجاويف فى أسطح القطع الخشبية الخارجية بحيث تحتوى صواميل

الرباط ونهاية الجاويط ولا يسمح إطلاقا بان تبرز أجزاء معدنية خارج السطح الخارجى للحاميات الذى يتلقى صدمة التراكى.

٣/٥/٩/٧ (ب) الحاميات الكاوتشوك

هذه الحاميات عبارة عن أجسام طويلة من الكاوتشوك لها قطاعات مفرغة مختلفة ويوضح الشكل رقم (٧-١٠١) بعضا من هذه القطاعات.



شكل (٧-١٠١) الحاميات من الكاوتشوك

٣/٥/٩/٧ (ج) الحاميات المنفصلة

تنفذ الحاميات منفصلة بدق صف من الخوازيق الرأسية أمام منشأ التراكى ، فإذا كانت هذه الخوازيق تبعد عن المنشأ بقد يزيد عن مقدار أكبر انحناء متوقع تحت تأثير صدمة التراكى فإنها لا تنقل أية قوى إليه.

٦/٩/٧ القوى المؤثرة على حوائط الأرصفة

١/٦/٩/٧ الأحمال السطحية

يتعرض سطح الرصيف إلى أنواع وكثافات مختلفة من الأحمال منها ما يلى:

١/٦/٩/٧ (أ) أحمال منتظمة التوزيع على سطح الرصيف بالكامل:

تتوقع كثافة الأحمال المنتظمة التوزيع على سطح الرصيف بالكامل على نوعية البضائع المتداولة على الرصيف، كما هو موضح بالجدول رقم (٧-١٥)

جدول (٧-١٥) كثافة الأحمال المنتظمة التوزيع على الرصيف

نوع البضائع المتداولة على الرصيف	كثافة الحمل
- أرصفة الحاويات	٤,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الصب الجاف (إلا إذا أعطيت كثافات اكبر من ذلك)	٣,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة البضائع العامة أرصفة الصيد (اعالى البحار)	٢,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الركاب	١,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الصب السائل (ولا يدخل ضمنها الأحمال الناتجة عن الخزانات)	١,٠٠٠طن / م^{٢}

١/٦/٩/٧ (ب) الأحمال الرئيسية الناتجة عن أوناش الشحن والتفريغ

تنتج هذه الأحمال عن الأوناش التى تتحرك على قضبان ثابتة أو على الأوناش المتحركة. فى التصميم يعتبر ان حمل الونش المتحرك يؤثر على الحائط عند ركائزه ، أمام الأوناش التى تتحرك على قضبان ثابتة فيأخذ حمل الونش على الحائط كحمل شرطى منتظم التوزيع على طول القضيب.

٣/٥/٩/٧ (ج) الحاميات المنفصلة

تنفذ الحاميات منفصلة بدق صف من الخوازيق الرأسية أمام منشأ التراكى ، فإذا كانت هذه الخوازيق تبعد عن المنشأ بقد يزيد عن مقدار أكبر انحناء متوقع تحت تأثير صدمة التراكى فإنها لا تنقل أية قوى إليه.

٦/٩/٧ القوى المؤثرة على حوائط الأرصفة

١/٦/٩/٧ الأحمال السطحية

يتعرض سطح الرصيف إلى أنواع وكثافات مختلفة من الأحمال منها ما يلى:

١/٦/٩/٧ (أ) أحمال منتظمة التوزيع على سطح الرصيف بالكامل:

تتوقع كثافة الأحمال المنتظمة التوزيع على سطح الرصيف بالكامل على نوعية البضائع المتداولة على الرصيف، كما هو موضح بالجدول رقم (٧-١٥)

جدول (٧-١٥) كثافة الأحمال المنتظمة التوزيع على الرصيف

نوع البضائع المتداولة على الرصيف	كثافة الحمل
- أرصفة الحاويات	٤,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الصب الجاف (إلا إذا أعطيت كثافات اكبر من ذلك)	٣,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة البضائع العامة أرصفة الصيد (اعالى البحار)	٢,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الركاب	١,٠٠ طن / م^{٢}
- أرصفة الصب السائل (ولا يدخل ضمنها الأحمال الناتجة عن الخزانات)	١,٠٠٠طن / م^{٢}

١/٦/٩/٧ (ب) الأحمال الرئيسية الناتجة عن أوناش الشحن والتفريغ

تنتج هذه الأحمال عن الأوناش التى تتحرك على قضبان ثابتة أو على الأوناش المتحركة. فى التصميم يعتبر ان حمل الونش المتحرك يؤثر على الحائط عند ركائزه ، أمام الأوناش التى تتحرك على قضبان ثابتة فيأخذ حمل الونش على الحائط كحمل شرطى منتظم التوزيع على طول القضيب.

٢/٦/٩/٧ القوى الناتجة عن ربط السفن إلى المنشأ

هذه القوى تنتج عن ربط السفن بمدافع الربط. الجدول رقم (٧-١٦) يوضح العلاقة بين قوة الشد على مدافع الرباط والحمولة الكلية للسفينة.

جدول (٧-١٦) قوة الشد على مدافع الرباط

وزن الحمولة الكلية للسفينة	٥٠٠ طن	١٠٠٠	٣٠٠٠	٥٠٠٠	٨٠٠٠	١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	٣٠٠٠٠
قوة الشد على مدافع الرباط	٢٠ طن	٣٠	٤٠	٦٠	٨٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠

توزع هذه على عدد مدافع الرباط التى تربط إليها السفينة لتحديد القوى المؤثرة على كل مدفع. فى الحوائط ذات الهامه بقطاعات جسيئة يكون حمل الشد المؤثر على وحدة الطول من الحائط مساويا لقيمة القوة المنقوله إلى مدفع الرباط مقسوما على المسافة البينية بين المدافع.

٣/٦/٩/٧ القوة الناتجة عن صدمة التراكى

تحسب القوى الناتجة عن صدمة السفينة أثناء تراكيها بمعلومية طاقة الحركة لها حيث يفترض أن هذه الطاقة تنتقل إلى الحاويات التى تعمل على تشتيتها وبالتالى تقلل من القوى المنقولة إلى الحائط – وتحسب طاقة الحركة عن المعادلة:

$$K.E. = W V^2/2g \qquad (٧-٩٩)$$

حيث :

K.E. طاقة حركة السفينة

W وزن السفينة

V سرعة اقتراب السفينة ، جدول رقم (٧-١٧)

g عجلة الجاذبية الأرضية

ويفترض عادة حدوث الصدمة فى طول من الرصيف قدره ٥,٠٠ متر. يجب الرجوع إلى الجهة المنتجة للحاميات للحصول على البيانات اللازمة لحساب القوة المؤثرة على وحدة الطول من الحائط والناتجة عن صدمة التراكى وذلك وفقا لنوع الحامية وخصائصها.

جدول رقم (٧-١٧) سرعة اقتراب السفن

الرياح وحالة البحر	ظروف الاقتراب من المنشأ	سرعة الاقتراب عموديا على المرسى م/ث			
		حتى ١٠٠٠طن حمولة كلية	حتى ٥٠٠٠طن حمولة كلية	حتى ١٠٠٠٠طن حمولة كلية	سفن أكبر
رياح قوية وبحر مضطرب	صعب	٠,٧٥	٠,٥٥	٠,٤٠	٠,٣٠
رياح قوية وبحر مضطرب	ميسر	٠,٦٠	٠,٤٥	٠,٣٠	٠,٢٠
رياح متوسطة وبحر مضطرب	متوسط	٠,٤٥	٠,٣٥	٠,٢٠	٠,١٥
مناطق محمية	صعب	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,١٥	٠,١٠
مناطق محمية	ميسر	٠,٢٠	٠,١٥	٠,١٠	٠,١٠

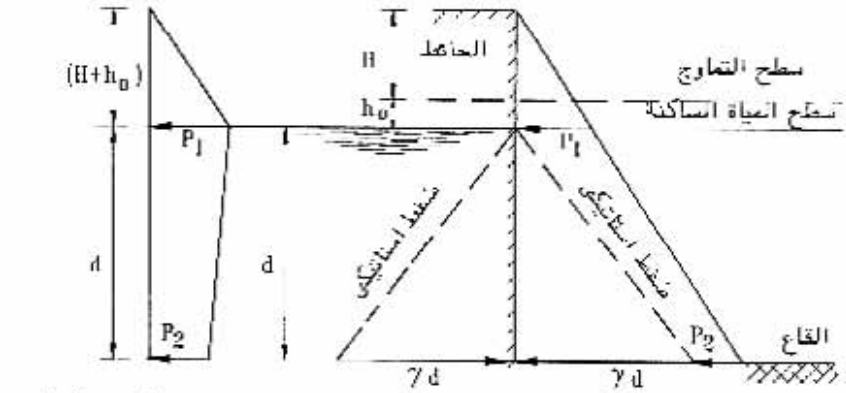
٤/٦/٩/٧ القوى الناتجة عن صدمة الموجه

٤/٦/٩/٧ (أ) طريقة سانفلو (Sanvlo)

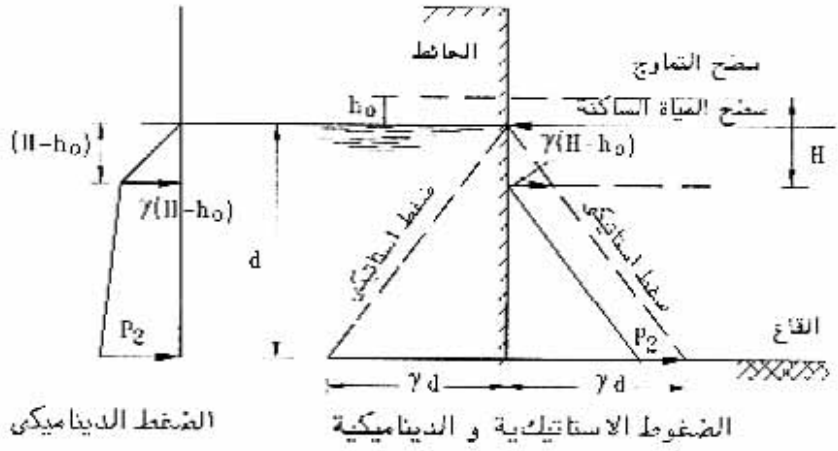
تستخدم هذه الطريقة فى حساب الضغوط الناتجة عن صدمة الأمواج المتذبذبة (غير المنكسرة) بالحوائط الرأسية ، فإذا توافرت الشروط التالية:

- نسبة عمق المياه أمام الحائط إلى طول الموجه تتراوح بين ٠,١٠ ، ٠,٢٠
- العمق أمام الحائط اكبر من ارتفاع الموجه.

الشكل رقم (٧-١٠٢) يوضح ضغوط المياه الاستاتيكية والديناميكية على جانبى الحائط أثناء اصطدام وارتداد الموجه. حيث يضاف الضغط الديناميكى P_2 ، P_1 إلى الضغط الاستاتيكى المؤثر على واجهة الحائط ناحية البحر فى حالة الصدمة بينما يطرح فى حالة ارتدادها.



ا ـ لحظة اصطدام الموجة



ب ـ لحظة ارتداد الموجة

شكل (٧-١٠٢) الضغط الاستاتيكي والديناميكي علي الحائط

وتحسب كثافة الضغط الديناميكى P_2 و P_1 من المعادلات التالية:

$$P_2 = \gamma H/\cosh(2\pi d/L) \qquad (٧-١٠٠)$$

$$P_1 = (\gamma d + P_2)\frac{H+h_0}{(H+h_0+d)} \qquad (٧-١٠١)$$

$$h_o = \frac{\pi H^2 \coth (2\pi d/L)}{L} \qquad (١٠٢-٧)$$

حيث :

P_2 كثافة الضغط الديناميكى عند قدم الحائط فى حالة الاصطدام والارتداد.

P_1 كثافة الضغط الديناميكى عند سطح المياه الساكنة لحظة اصطدام الوجه.

h_o ارتفاع سطح التماوج عن سطح المياه الساكنة

d عمق المياه أمام الحائط

H ارتفاع الموجه

L طول الموجه

γ الوزن النوعى للمياه

٤/٦/٩/٧ (ب) طريقة المؤتمر

تطبق هذه الطريقة إذا توافرت الشروط التالية:

- أن تكون نسبة طول الموجه إلى ارتفاعها بعيدا عن الحائط تتراوح بين ٢٠ إلى ٢٥.
- أن يكون عمق المياه أمام الحائط أكبر من ضعف ارتفاع الموجه بعيدا عنه (موجه متذبذبة).

الشكل رقم (٧ ١٠٣) يوضح توزيع ضغط المياه الديناميكى على الحائط أثناء صدمة الموجه والذى يمكن حساب كثافته (p) من المعادلة التالية:

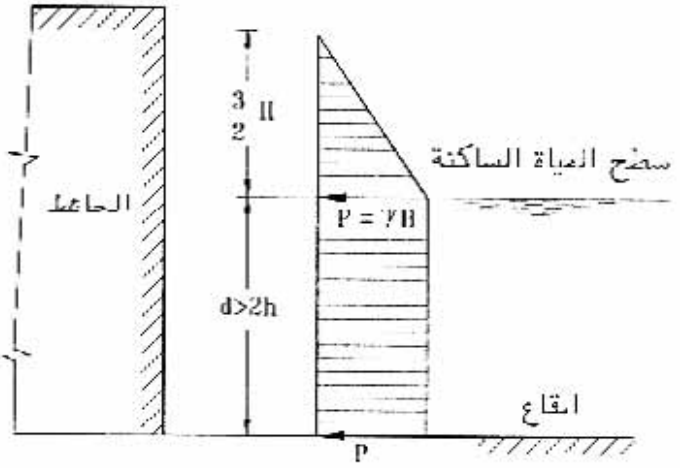
$$p = \gamma H \qquad (١٠٣-٧)$$

٤/٦/٩/٧ (ج) طريقة باتيولد

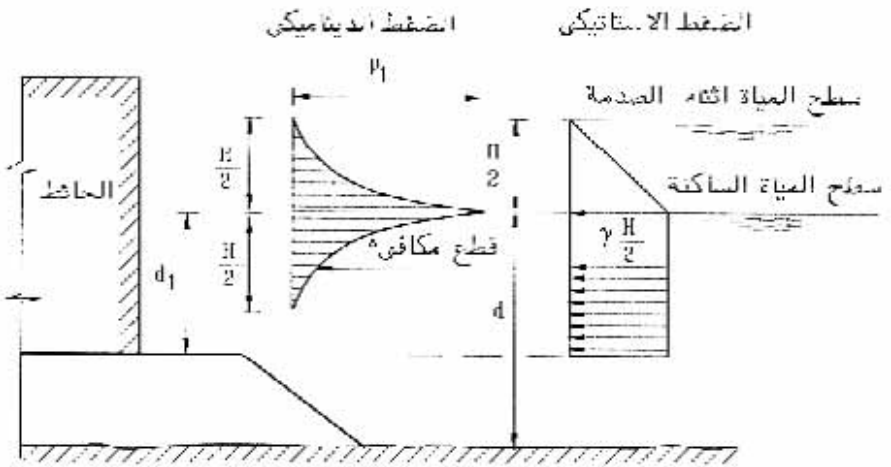
تستخدم هذه الطريقة فى الأحوال التالية:

- موجه منكسره
- عمق المياه أمام الحائط اقل من ارتفاع الموجه
- عمق قاع البحر بعيدا عن الحائط اكبر من ارتفاع الموجه.

الشكل رقم (٧-١٠٤) يوضح توزيع الضغط الديناميكى للمياه وصافى الضغط الاستاتيكى على واجهة الحائط أثناء صدمة الموجه.



شكل (٧-١٠٣) الضغط الديناميكي للمياه علي الحائط أثناء صدمة الموجة (طريقة المؤتمر)



شكل (٧-١٠٤) توزيع الضغط الاستاتيكي والديناميكي للمياه علي الحائط أثناء صدمة الموجة (طريقة بانيولد)

وتحسب اكبر كثافة للضغط الديناميكى p_1 (طن/م^2) من المعادلة التالية:

$$P_1 = 105\ \gamma_w\ d_1\ (1 + d_1/d).(H/L) \qquad (١٠٤-٧)$$

حيث :

d_1 العمق أمام الحائط (بالمتر)

d عمق القاع بعيدا عن الحائط (بالمتر)

H ارتفاع الموجه (بالمتر)

L طول الموجه (بالمتر)

٧/٩/٧ اعتبارات تنفيذية وتصميمية لحوائط الأرصفة من الخرسانة العادية والمسلحة

١/٧/٩/٧ تأثير مياه البحر على الخرسانة

يرجع إلى البند الخاص بذلك من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة.

٢/٧/٩/٧ الواجهة الأمامية للحائط

تنفض الواجهة الأمامية للحوائط الخرسانية رأسيا وتكون هامتها بارزة من الحائط مسافة ٢٥ سم ومشطوفة.

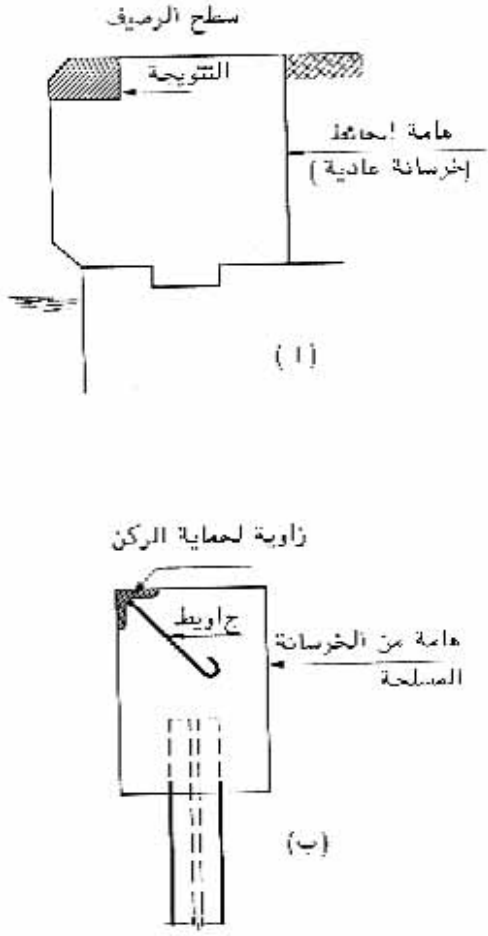
وفى حوائط الأرصفة المكونة من الستائر المعدنية تكون الهامة من الخرسانة المسلحة ويبرز هذا الجزء الخرسانى عن واجهة الحائط ، الشكل رقم (٧ ١٠٥).

٣/٧/٩/٧ حماية الركن الخارجى للهامه

فى حوائط الأرصفة التثاقلية حيث الهامة متسعة يتم ذلك بتثبيت أحجار من الجرانيت أو ما يماثلها ذات قطاع حوالى:

٠,٧٠ متر (عرضا) × ٠,٥٠ متر (ارتفاعا) وتسمى التنويجه.

أما فى حوائط الأرصفة من الستائر ، حيث امتداد الهامة محدود فيتم ذلك بتثبيت زوايا من الصلب، الشكل رقم (٧-١٠٥).



شكل (٧-١٠٥) الهامة والتنويجة