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 الثامن : ٨/٢٠٢
ثبات الميول

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

طبعة ٢٠٠٧

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 فى 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 فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذا من تاريخ النشر .

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

٨/ ثبات الميول

١/٨ مقدمة

١/١/٨ علم

يختص هذا الجزء من كود ميكانيكا التربة و تصميم و تنفيذ الأساسات بموضوع ثبات الميول stability of slopes . وسواء كانت الميول طبيعية أو صناعية، مستديمة أو مؤقتة فإن تأمين ثباتها وسلامتها يعتبر من المسئوليات الهندسية الهامة وبصفة خاصة إذا كـان فشل الميل failure يعرض أرواح وممتلكات عديدة للخطر كما فى حالة القرى الموجودة فى سفوح الجبال وإذا كان الميل جزء من مشروع إنشائى كبير أو يقع فى نطاقه . وقد يبدو لأول وهلة أن دراسة ثبات الميول تدخل في نطاق المسائل الهندسية البسيطة الا أنه فى الواقع وكما سيوضح فى هذا الجزء فإن العوامل الكثيرة والمتداخلة، والتى احيانا يصعب التنبؤ بها، المؤثرة على ثبات الميول تجعل هذه الدراسة من بين الدراسات التى تحتاج الى الكثير من البيانات والمعلومات وتحليلها على مدى فترات زمنية طويلة قد تمتد الى عدة سنوات . ويشتمل هذا الجزء على تحليل ثبات الميول ومراقبة أى تحركات قد تؤدى الى فشلها وشرح وسائل تقويتها وحمايتها ومعالجة بوادر فشلها أو انهيارها وكذلك أعمال ضبط ومراقبة الجودة عند التنفيذ .

٢/١/٨ مجالات كود ثبات الميول

يشمل فشل الميول ومعاملات مقاومة القص للتربة shear stress parameters والإجهادات stresses فى الجسور embankments والمـيـل وحسـاب الـهبوط و التحريات الحقلية field investigations . كما يشمل أيضا حماية الميول و معالجتها واستخدام المصنعات الجيوتكنيكية geosynthetics فى أعمال الميول والجسور وأعمال مراقبة الجودة . و لم يتعرض هذا الجزء لتأثير الزلازل التى جاء ذكرها بالجزء السادس الخاص بالأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية حيث تناول ثبات السدود الترابية و الجسور وفشل الميول الطبيعية بسبب الزلازل.

(أ) فشل الميول

ويشمل أنواع فشل الميول وأسباب عدم اتزانها .

(ب) معاملات مقاومة القص للتربة

و تتوقف هذه المعاملات على نوع التربة وظروف المياه الجوفية أو المجارى المائية ومعدل

التنفيذ والعوامل الجوية ، ويتم اختيار المعاملات على أساس التحليل باستخدام الإجهادات الكلية أو الإجهادات المؤثرة effective stresses التى تتطلب معرفة ضغط مياه المسام pore water pressure

(ج) الإجهادات فى الجسور والميول

ويشرح تقدير الإجهادات فى الجسور المقامة على تربة صلدة خشنة coarse hard soil أو على تربة مرنة elastic soil

(د) تحليل ثبات الميول

وفيه يعرف معامل الأمان وتعدد البيانات اللازمة لتحليل ثبات الميول ويشرح طرق التحليل .

(هـ) حساب الهبوط

حيث يشرح العناصر الثلاثة المكونة للهبوط الكلى الناتج من إنضغاط جسم الجسر والتى تضاف إلى الإنضغاط فى تربه الأساس .

(و) الدراسات الحقلية

تهدف إلى تحديد المساحات المعرضة للانزلاقات الأرضية land slides فى المناطق المزمع التخطيط لاقامة منشآت أو مشروعات عليها أما إذا كان الانزلاق قد بدأ بالفعل فتهدف التحريات إلى تشخيص العوامل التى تسببت فى تحرك الميول .

(ز) حماية الميول ومعالجتها

وذلك لشرح طرق حماية الميول مثل التكسية بالحجر pitching أو الحشائش أو كتل الصخر أو الخرسانة .

وبالنسبة لمعالجة الميول تحدد الطرق التى تشمل زيادة معامل الأمان بالتحكم فى المياه أو إقامة المنشآت الساندة retaining structures وغيرها كما تشمل استخدام الرقائق الجيوتكنيكية المصنعة

(ح) تحدد انواع ومواد المصنعات والاغراض التى تحققها مثل الفصل بين الطبقاتseparation ، الترشيح filtration والصرف drainage ، التقوية reinforcement،

والسيطرة على التآكل بالنحر corrosion . كذلك يشرح خواصها ويبين طرق استخدامها، وطرق التصميم عند استخدامها فى تقوية جسم الميل او فى تقوية التربة اللينة أسفل الجسور الترابية وكذلك بعض الاعتبارات الخاصة بالتنفيذ .

(ط) أعمال مراقبة الجودة والانشاء

وذلك لتوصية بالاعتبارات التى يجب مراعاتها مثل اختيار مواد الانشاء والمعدات المناسبة .. الخ وكيفية التأكد من الوصول بخواص التربة المكونة للجسر إلى نفس الخواص المفترضة فى التصميم كالدمك compaction والإنضغاط compressibity على سبيل المثال .

٢/٨ فشل الميول

١/٢/٨ أنواع فشل الميول

تبين الأشكال من(٨-١) إلى(٨-١٢) الصور المختلفة التى يمكن أن تتخذها الميول عند الانهيار و الأنواع الأساسية لفشل الميول فى التربة أو الصخر هى:

أ- الدوران على سطح انزلاق منحنى على شكل قوس من دائرة تقريبا شكلى(٨-٤) و(٨-٧).

ب- التحرك على سطح مستوى بطول كبير بالنسبة لعمق الميل شكل (٨-١).

ج - الإزاحة dispalcement لكتلة من التربة على مستوى أو مستويات ضعيفة من التربة .

وهناك أنواع أخرى من فشل الميول وتشمل الآتى:

- السقوط ويكون محصورا فى المنطقة السطحية وسقوط التربة أو الصخر يحدث نتيجة لتكون شقوق تتسع وتكبر مع الزمن، أما سقوط الصخر فيمكن أن يحدث نتيجة لتغير درجات الحرارة، أو نتيجة للتحلل كيميائيا بسبب عوامل التجوية weathering أو تحرك دعامات الكتل شكلى (٨-٢)،(٨-٦).

- الانقلاب overturning ويحدث فى الميول الصخرية وتنقلب كتلة الصخرعندما يقع مركز ثقلها خارج حدود المساحة المرتكزة عليها وذلك نتيجة لعوامل التجوية أو تسرب المياه من أية مصادر أو غيرها شكل (٨-٣).

- سريان للتربة flow الطينية والطميية وخاصة التربة الطينية soft شكلى (٨-٥)،(٨-٩) .

- الانتشار ناحية الجوانب lateral spreading ويحدث نتيجة تحرك التربة إلى الجوانب فى الاتجاه الطولى للميل ويحدث غالبا فى التربة السطحية اللينة أو شديدة الليونة شكل (٨-١٢).

- انزلاق كتل على سطح ضعيف تأثر بالعوامل الجوية.

- سريان التربة الحبيبية الخشنة .
- انسياب لتربة حبيبية خشنة .
- يوجد أنواع أخرى من فشل الميول أقل شيوعا كما هو مبين بالأشكال (٨ - ٨) ، (٨-١٠)،(٨- ١١).

٨/٢/٢ أسباب فشل الميول

يحدث فشل الميول كنتيجة لعدم اتزانها وذلك عندما تزيد القوى المسببة للفشل عن مقاومة التربة.

يحدث فشل الميول المختلفة كما يلى:

٨/٢/٢/١ الميول الطبيعية

قد يحدث عدم إتزان للميول الطبيعية natural slopes بسبب واحد أو أكثر من العوامل الآتية:

(١) التغير فى الميل الذى ينتج عنه إضافة أوزان دافعة driving weight عند قمة الميل كما فى حالة زيادة الانحدار أو تقليل مقاومة القص عند القاعدة بحفر التربة عند قدمة الميل toe .

(٢) الزيادة فى ضغط المياه الأرضية والذى يؤدى إلى نقص مقاومة القص للتربة الغير متماسكة cohesionless أو انتفاش swelling فى التربة المتماسكة cohesive . وضغط المياه الأرضية يمكن أن يزيد نتيجة تشبع تربة الميل من مياه الأمطار أو ارتفاع منسوب المياه الأرضية .

(٣) التناقص المطرد فى مقاومة القص لكتلة التربة أو الصخر بسبب العوامل الجوية، أو نتيجة لهروب التربة الناعمة بالغسيل أو لتغير التركيب المعدنى للتربة .أو لاتساع التشققات وليونتها أو للتزايد المطرد لانفعال القص (الزحف) creep

(٤) الاهتزازات الناتجة من الزلازل أو التفجير أو دق خوازيق وغيرها والحالات المبينة بالبند ٨/٢/٣ تبين أمثلة لفشل الميول الطبيعية.

٨/٢/٢/٢ الميول الصناعية بالردم "الجسور"

عدم اتزان أو فشل ميول الجسر يحدث بسبب واحد أو اكثر من العوامل الآتية:

(١) زيادة الجهد على تربة الأساس: ويحدث هذا فى التربة أثناء إنشاء الجسر أو فور الانتهاء منه وفى التربة الطينية يكون ثبات الميل على المدى القريب أكثر حرجا منه على المدى البعيد وذلك لان تربة الأساس سوف تكتسب زيادة فى مقاومتها نتيجة تبدد ضغط مياه المسام وبالتالى تضاغط التربة وزيادة مقاومتها . وقد يكون من الضرورى مراجعة حساب الاتزان لعدد من

الحالات المختلفة لضغط مياه المسام،وعادة ما يكون سطح الفشل مماسا للطبقة القوية التى توجد تحت الطبقة الطينية اللينة .

(٢) خفض المياه والنحر الداخلى فى السدود الترابية: يعمل خفض المياه بسرعة أمام الخزانات وكذلك فى حالة السدود أو ميول الترع و المصارف على زيادة الوزن المؤثر effetive لتربة الجسر مما ينتج عنه زيادة فى القوة الدافعة driving force التى تقلل من اتزان الجسر. كما أن التآكل والنحر فى التربة تحت سطح الميل يعتبر عاملا قويا يتسبب عنه فى بعض الأحيان فشل ميل الجسر.

(٣) القوى الديناميكية: ويتسبب عنها إما نقص فى مقاومة القص أو زيادة فى القوى الدافعة لفشل الجسر، وتنتج هذه القوى من تأثير الزلازل أو النسف باستخدام متفجرات، أو دق خوازيق أو غيرها من الأعمال التى يتسبب عنها اهتزازات بجسم الجسر .

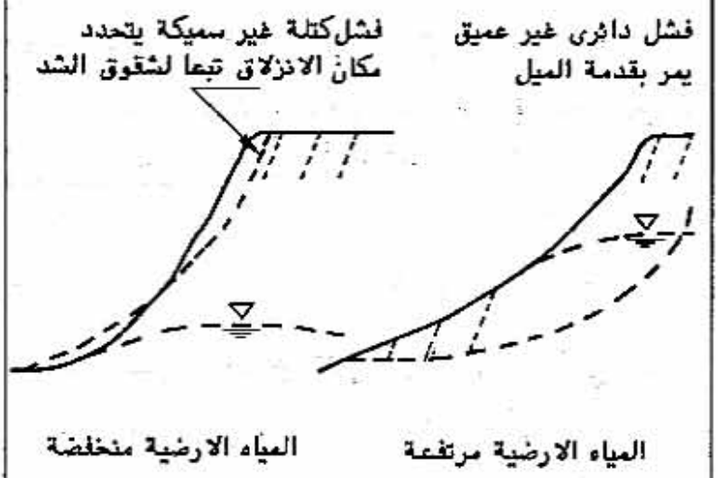
٣/٢/٢/٨ الميول الصناعية بالحفر " القطع "

عدم اتزان أو فشل الميول بالحفر يمكن أن يحدث بسبب واحد أو اكثر من العوامل التى ذكرت فى حالة الميول الطبيعية بالإضافة إلى عامل آخر يجب أن يؤخذ فى الاعتبار وهو فى حالة الحفر فى تربة قوية فإنه ينتج عن هذا الحفر تخفيف للإجهاد فى التربة فى الاتجاه الأفقى أثناء الحفر قد يتسبب عنه تكوين تشققات فإذا دخل الماء هذه التشققات سوف تقل مقاومة القص للتربة على جوانبها مع مرور الوقت وعلى هذا الأساس فإن ثبات الميل على المدى البعيد يكون عادة أكثر حرجا منه على المدى القريب ولابد من أخذ هذا فى الاعتبار عند التصميم.

كما أن تعرض الحفر المفتوح لمدة طويلة للمياه قد يتسبب عنه انتفاش لبعض أنواع التربة مما ينتج عنه نقص فى مقاومة التربة مع مرور الزمن والحالات المبينة بالصفحة رقم ٨ تبين أمثلة لفشل الميول الصناعية بالحفر أو الردم .

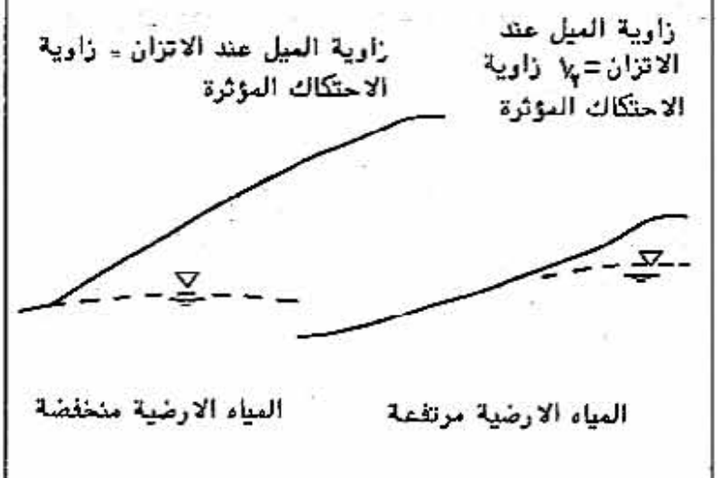
٣/٢/٨ أمثلة لفشل الميول

١/٣/٢/٨ أمثلة لفشل الميول الطبيعية



أ-ميول فى تربة حبيبية خشنة بها قليل من التماسك:

عندما يكون منسوب المياه الأرضية منخفضا يحدث الفشل على مستوى أو على سطح منحنى قليلا.وجود الشق الناتج عن الشد عند سطح الميل يؤثر على موقع سطح الانزلاق ،وعندما تكون المياه الأرضية مرتفعة يحدث الفشل على سطح دائرى نسبيا ويمر غالبا بقدمة الميل.

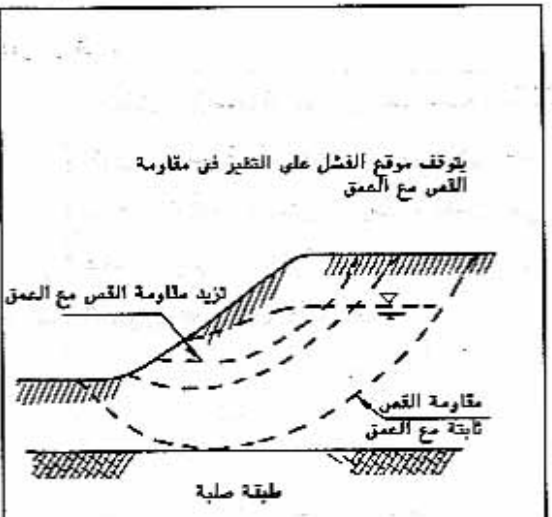


ب- ميول تربة حبيبية خشنة غير متماسكة:

يتوقف ثبات الميل مبدئيا على حالة المياه الأرضية والفشل يحدث مع انفصال سطحى للتربة حتى يأخذ الميل فى تقليل انحداره إلى أن تصبح زاوية الميل مساوية لزاوية الاحتكاك فى حالة المياه الأرضية المنخفضة أو مساوية لنصف زاوية الاحتكاك فى حالة المياه الأرضية المرتفعة.

ج- ميول تربة طينية عادية التدعيم normally consolidatad

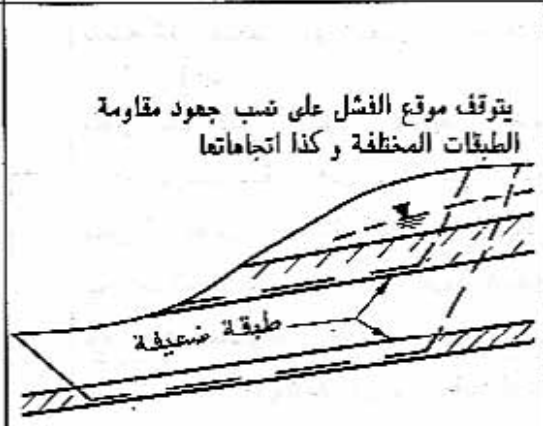
أو متضاغطة جزئياً partially consolidatd : يحدث الفشل على سطح دائرى يحدد موضعه نظريا منسوب المياه الأرضية لا يؤثر على ثبات الميل إلا إذا كان التذبذب الناتج عن تغيره يؤثر على جهد التربة الطينية أو يحدث فى منطقة شروخ الشد.



د- ميول فى تربة طباقية طينية bedded stratified بينها طبقات مختلفة المقاومة:

يتوقف موقع الفشل على نسب جهود مقاومة الطبقات المختلفة وكذا اتجاهاتها.

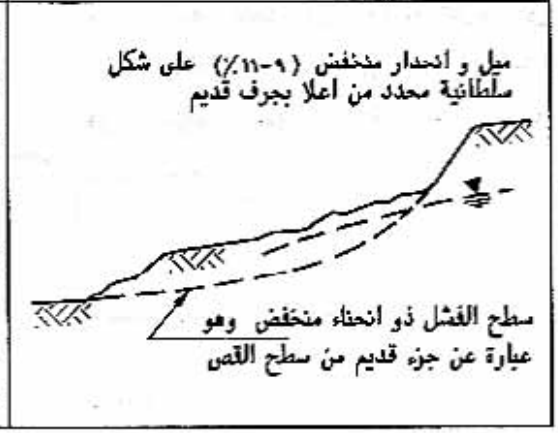
ويتكون سطح الفشل من كتلتين إحداهما سلبية الضغط والأخرى إيجابية الضغط مع إنزلاق كتلة التربة التى بينهما تبعا لتكوين الطبقات.



هـ- حركة زحف التربة فى العمق لكتلة قديمة من التربة:

تقل مقاومة القص للكتلة المنزلقة حسب درجة تحركها من قبل.

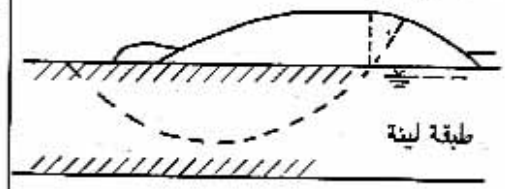
وتكون أكثر خطورة فى مواقع التربة المتماسكة السابقة التضاغط والتى حدث لها ليونة أو كسر أو أصبح سطحها أملسا فى منطقة الفشل.



٢/٣/٢/٨ أمثلة لفشل الميول الصناعية "بالحفر أو الردم"

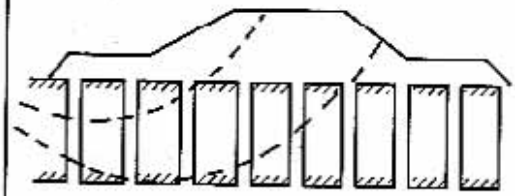
أ- فشل ردم مدموك مؤسس على طينة لينة :
يكون ثبات الميل عادة أقل ما يمكن عند نهاية الانشاء. ويمكن أن يحدث الفشل على هيئة دوران أو انتقال ويؤخذ كلاهما فى الاعتبار عند تحليل ثبات الميل.

يمكن ان يكون الفشل دوراني على شكل قوس من دائرة او انتقالي بضغط سلبي وايجابي لكتلتي التربة

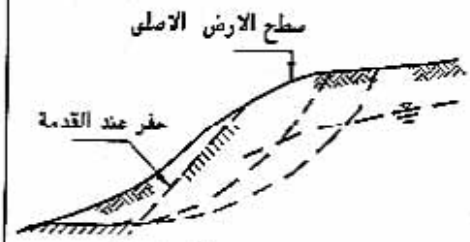


ب- فشل ميول الردم المؤسسة على تربة طينية لينة مستخدم بها مصارف رملية: sand drains
يكون ثبات الميل عادة أقل ما يمكن أثناء الردم ويعمل تنظيم معدل الردم على زيادة مقاومة القص للتربة نظرا لتضاغطها نتيجة لهروب المياه منها بتأثير وزن الردم خاصة مع وجود المصارف الرملية.

يتوقف موقع الفشل على مقاومة القص للقطاع والشكل الهندسي له

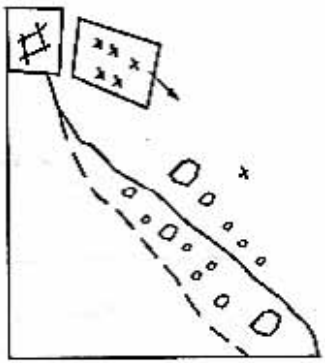


ج- فشل ناتج عن الحفر في تربة طينة قوية التماسك وبها تشققات:
يسبب الحفر نقص فى مقاومة التربة فى الاتجاه الأفقى مع انتفاش في الطين و اتساع فى التشققات ينتج عنه فقدان في مقاومة القص مع مرور الوقت.

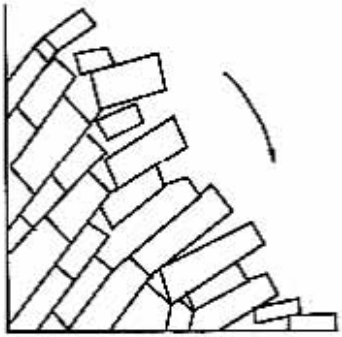


يتوقف سطح الفشل على توزيع التشققات او عمق التربة التى نقصت مقاومتها نتيجة لامتصاص المياه

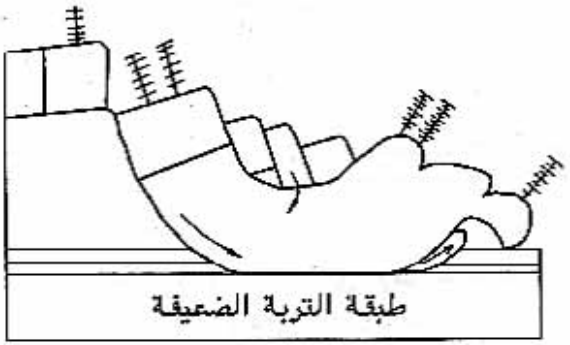
شكل رقم (٨-١) انزلاق سطحي مستوى plane slides



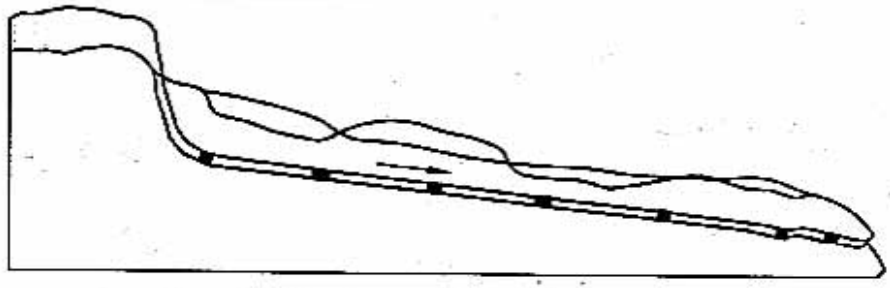
شكل رقم (٨-٢) سقوط الصخور
rock fall



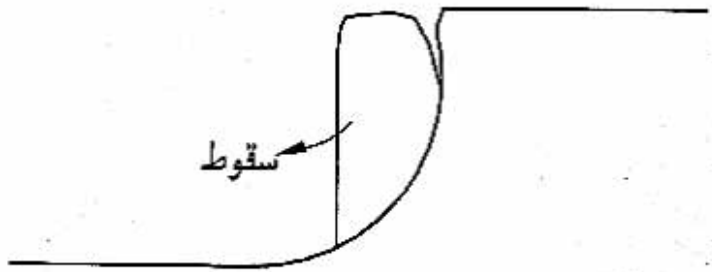
شكل رقم (٨-٣) فشل
بالانقلاب أو التدحرج
toppling failure



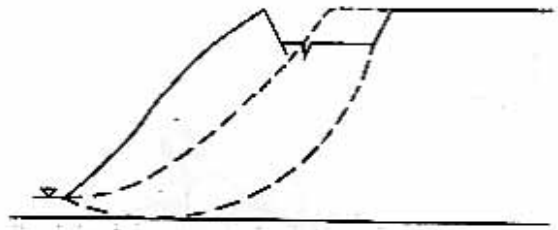
شكل رقم (٨-٤) فشل دوراني كبير rotational failure



شكل رقم (٨-٥) إنزلاق سريانى flow slides

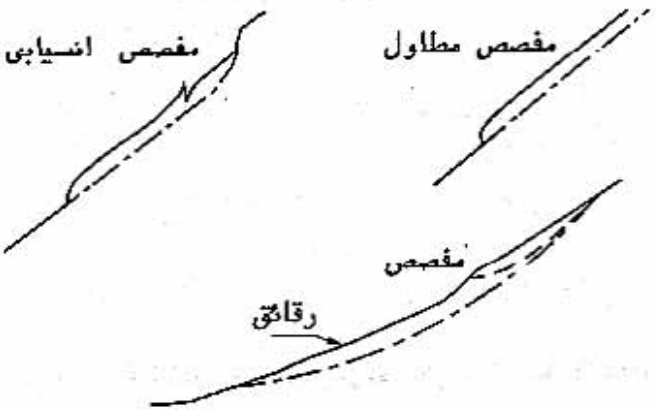


شكل رقم (٨-٦) إنزلاق سقوط لتربة طينية
fall slide of slope

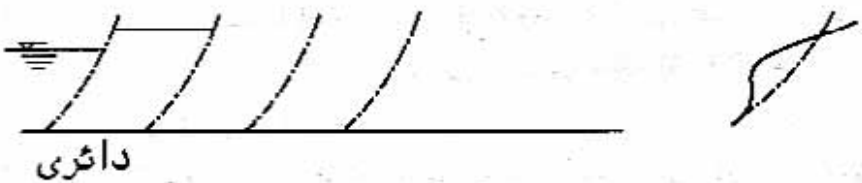


شكل رقم (٨-٧) إنزلاق مركب لتربة طينية
compound slide

شكل رقم (٨-٨) إنزلاق على هيئة بلاطة أو كتلة لتربة طينية
block and slab slide

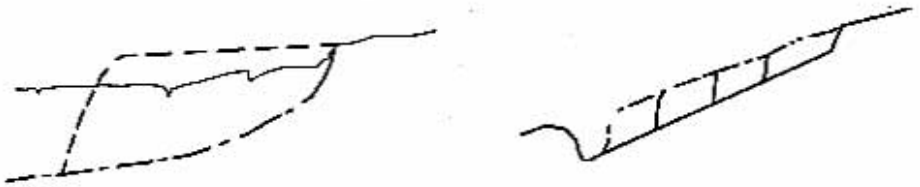


شكل رقم (٨-٩) انزلاق انسيابى رقائقى ومفصص لتربة طينية
lobate and flow translation slide



شكل رقم (٨-١٠) إنزلاق متتابع و تقهقرى
successive slide

شكل رقم (٨-١١) فشل متتابع فى ترسيبات سفحية
slide in colluvium



شكل رقم(٨-١٢) إنتشار بالجوانب وإنزلاق على شكل عنق الزجاجة
lateral spreading and bottle – neck slides

٣/٨ معاملات القص التصميمية للتربة

١/٣/٨مقدمة

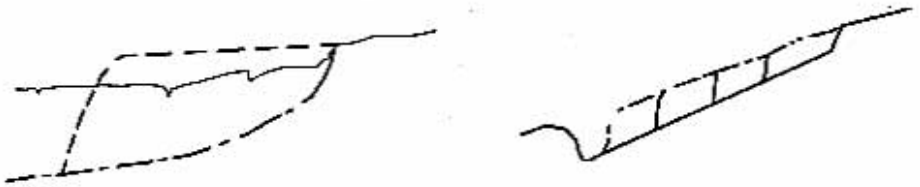
يتوقف إختيار المعاملات التصميمية لمقاومة القص للتربة وطريقة التحليل على عدة عوامل مثل: نوع التربة المستخدمة فى الجسر أو الميل أو تربة الأساس شكل (٨-١٣)، ظروف المياه الجوفية، معدل التحميل، والعوامل الجوية .

وبالنسبة لمعاملات مقاومة القص للتربة فإنه يتم اختيارها على أساس إحدى الطريقتين الآتيتين:

أ على أساس الإجهادات الكلية وفيها يهمل حساب ضغط مياه المسام

ب- على أساس الإجهادات الموثرة وفيها يلزم معرفة قيمة ضغط مياه المسام.

شكل رقم (٨-١١) فشل متتابع فى ترسيبات سفحية
slide in colluvium



شكل رقم(٨-١٢) إنتشار بالجوانب وإنزلاق على شكل عنق الزجاجة
lateral spreading and bottle – neck slides

٣/٨ معاملات القص التصميمية للتربة

١/٣/٨مقدمة

يتوقف إختيار المعاملات التصميمية لمقاومة القص للتربة وطريقة التحليل على عدة عوامل مثل: نوع التربة المستخدمة فى الجسر أو الميل أو تربة الأساس شكل (٨-١٣)، ظروف المياه الجوفية، معدل التحميل، والعوامل الجوية .

وبالنسبة لمعاملات مقاومة القص للتربة فإنه يتم اختيارها على أساس إحدى الطريقتين الآتيتين:

أ على أساس الإجهادات الكلية وفيها يهمل حساب ضغط مياه المسام

ب- على أساس الإجهادات الموثرة وفيها يلزم معرفة قيمة ضغط مياه المسام.

٢/٣/٨ التحليل باستخدام الإجهادات الكلية أو المؤثرة

يتم اختيار أسلوب التحليل (إجهادات كلية أو مؤثرة) حسب ظروف صرف مياه المسام من التربة سواء فى داخل كتلة التربة المنزلقة أو على حد الانزلاق نفسه ويعتمد صرف الماء بدوره على عدة عوامل أهمها نفاذية التربة، حالة صرف مياه المسام عند سطح الانزلاق وكذلك مقدار الوقت المتاح لصرف المياه .

١/٢/٣/٨ التحليل باستخدام الإجهادات الكلية

إذا تبين أنه من غير الممكن عمليا حدوث تصرف لمياه المسام أثناء القص فتستخدم معاملات القص لحالة عدم صرف المياه undrained condition مثل القيم التى نحصل عليها من اختبار (المروحة) vane shear test أو الضغط غير المحاط unconfined compression أو من جهاز الضغط ثلاثى المحاور triaxial فى حالة عدم السماح بالتضاغط compression أو الصرف unconsolidated undrained condition كما يمكن الحصول على هذه المعاملات فى الموقع باستخدام جهاز المروحة أو المخروط الاستاتيكى . وعند استخدام القيم السابقة فى هذا التحليل تؤخذ زاوية مقاومة القص (ϕ) تساوى صفرا وتختص هذه الحالة بالطين المشبع بالمياه.
وفيما يلى بعض الأمثلة العملية التى تستخدم فى تحليلها الإجهادات الكلية:
(أ) تحليل لقطع فى تربه طينية ذات تضاغط عادى normally consolidation أو تضاغط سابق خفيف lightly preconsolidation . وفى هذه الحالة يتلاشى جزء بسيط من ضغط مسام المياه قبل الوصول الى الحالة الحرجة لثبات الميل .
(ب) تحليل لجسر ترابى منشأ على طبقة من الطين ضعيف التماسك. وهذه تعتبر حالة خاصة لأن الفرق الكبير فى الخصائص الإنفعالية بين مادة الجسر ومادة الأساس قد يؤدى الى حدوث فشل مطرد progressive failure ويجب تقليل القيمة التصميمية لمقاومة القص (بدون صرف) لكل من الجسر وتربة الأساس وذلك طبقا لمعامل التخفيض المعطى فى الشكل رقم (٨-١٣) .
(ج) فى حالة الخفض السريع لمنسوب المياه المخزنة امام سد ترابى . وذلك بإفتراض ان الخفض تم بسرعة لا تسمح لضغط مسام المياه ان يتلاشى فى هذه الحالة تستخدم قيمة مقاومة القص (بدون صرف) المناظرة للحمل الرأسى الموجود عند اى نقطة قبل حدوث الخفض للماء.

(د) فى حالة استخدام تربه متماسكة فى إنشاء جسم الجسر نفسه فإن تحليل الاتزان عند إنتهاء الإنشاء يتم باستخدام قيمة لمقاومة القص بدون صرف مأخوذة من عينات تم دمكها وضبط محتوى الماء لها بما يماثل الحالة الطبيعية فى الموقع ٠

٢/٢/٣/٨ التحليل باستخدام الإجهادات الموثرة

فى حالة إجراء تحليل ثبات الميول باستخدام الاجهادات المؤثرة يلزم معرفة قيمة ضغط مياه المسام على إمتداد سطح الانزلاق المفترض ومنها تستنتج قيمة الاجهادات المؤثرة بطرح قيمة ضغط مياه المسام عند نقطة ما من قيمة الاجهادات الكلية عند نفس النقطة .

يتم تحديد قيمة معاملات مقاومة القص المناظرة للاجهادات المؤثرة وهى ϕ' ، c' باستخدام جهاز الضغط ثلاثى المحاور بطريقة (CD) أو بطريقة (Cu) التى يتم فيها قياس ضغط مياه مسام للماء أثناء الإختبار حيث (CD) تمثل التضاغط المصرف consolidated drained و (Cu) تمثل التضاغط الغير مصرف (السريع) consolidated undrained ٠ وفيما يلى بعض الأمثلة العملية التى يلزم فيها استخدام هذا الأسلوب فى التحليل :

(أ) فى تحليل ثبات الجسور الطينية لحالة المدى البعيد وفى هذه الحالة يجب حساب ضغط مياه المسام باستخدام حالة التسرب الثابت مع الزمن للمياه المحجوزة على أحد الجانبين إذا وجدت.

(ب) فى حالة تحليل ثبات الميل عند إنتهاء الإنشاء (المدى القصير) للجسور المكونة من زلط أو رمل يسمح بالصرف الفورى (أثناء الإنشاء) ٠

(ج) فى حالة الخفض السريع لمنسوب المياه المخزنة أمام سد ترابى مكون من تربة خشنة الحبيبات قليلة التضاغط وتسمح بصرف المياه بسهولة ٠٠٠ وفى هذه الحالة تستخدم قيمة ضغط المياه المناظر لمنسوبها الجديد بعد الخفض بما فى ذلك الضغط الناتج عن التسرب الثابت مع الزمن (للوضع الجديد للمياه).

(د) فى تحليل قطع فى تربة طينية مشبعة بالماء لحالة المدى البعيد يستخدم فى هذه الحالة ضغط المياه المناظر لتسرب ثابت مع الزمن إذا وجد.

(هـ) فى الحالات التى تسمح فيها ظروف الإنشاء بحدوث تلاشى جزئى لضغط مياه المسام وفى هذه الحالة يلزم قياس ضغط مياه المسام باستخدام بيزومترات piezometers أو يتم تقدير قيمته حسب خصائص التربة وظروف الموقع وهى الحالات التى يتم فيها إنشاء الجسر على مراحل متتالية٠

٤/٨ حساب الإجهادات الكلية وضغط مياه المسام فى الجسور والميول .

١/٤/٨مقدمة

تتولد الإجهادات داخل الجسر (الميل) وفى تربة الأساس أسفل الجسر. والقوى المحدثة لهذه الإجهادات هى تأثير الجاذبية الأرضية على كتلة الجسر (الميل) المنشأ وإن كانت هناك إجهادات تنشأ بتأثير الهزات الارضية غير أنها لا تدخل فى نطاق هذا الجزء.

يلزم حساب الاجهادات فى جسم الجسر أو فى تربة الأساس أسفله للغرضين التاليين:

أ- حساب الهبوط نتيجة لتضاغط تربه الأساس فقط تحت تأثير الاجهادات الكلية الناشئة عن وزن الجسر وفى هذه الحالة يفترض أن تربة الأساس ذات قابلية كبيرة للتضاغط بالنسبة لتربة الجسر وبالتالى فإن تضاغط جسم الجسر نفسه يشكل جزءا مهملا من القيمة الكلية للتضاغط .

ب- حساب الإجهادات المؤثرة الناشئة فى جسم الجسر نفسه لاستخدامها فى تحليل ثبات الميل بعد معرفة توزيع ضغط مياه المسام .

ونظرا لان طريقة حساب الهبوط فى تربة الأساس سيتم بيانها فى الفصل ٦/٨ فان هذا الفصل يختص بحساب الاجهادات الكلية الناشئة فى جسم الجسر نفسه. وسيوضح فى الفصل ٤/٤/٨ طريقة حساب ضغط مياه المسام ومن ثم يمكن تقدير قيمة الاجهادات المؤثرة المتوقعة فى المواضع المختلفة من جسم الجسر واستخدامها فى حساب تحليل ثبات الميل.

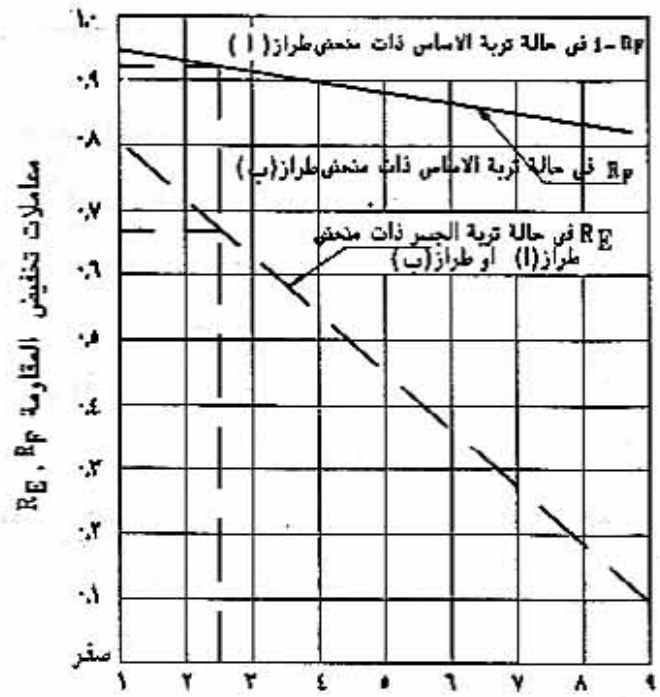
ويلاحظ أن الطريقة المقترحة هنا لحساب الاجهادات الكلية بجسم الجسر تعتبر التربة المكونة للجسر مادة متجانسة وذات مرونة خطية وبالتالى فإن النتائج المستخلصة منها تعتبر تقريبية ولكنها مفيدة لأغراض التصميم المبدئي . أما فى المشروعات الهامة التى يلزم فيها حساب الاجهادات بدقة عالية نسبيا فيمكن استخدام احدى طرق التحليل العددى المعروفة مثل طريقة العناصر المحدودة وغيرها والتى يمكن معها تمثيل سلوك التربة بدقة اكبر وحساب الاجهادات الناشئة عن مراحل الانشاء المتتابعة بالتفصيل بعد عمل نموذج رياضى مناسب .

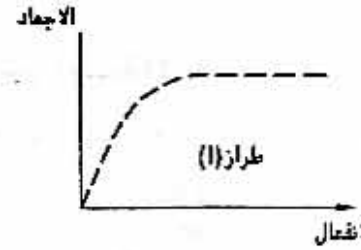
وعند تحليل الميل فى بعدين وهى الحالة المماثلة لتطبيقات عديدة فى الطبيعة (حالة الانفعال أحادى المستوى) وهى الحالة المعروضة فى هذا الباب تكون الاجهادات عبارة عن:

S_x الإجهاد الأفقى .

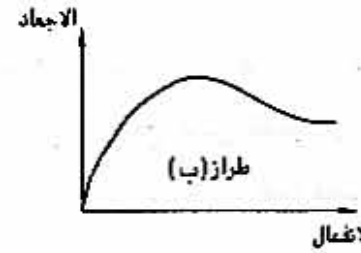
S_z الإجهاد الرأسى .

t_{xz} إجهاد القص الموازى على كل من المستويين فى الاتجاهين (س، ص)





رمل متوسط الكثافة او طين عادى التضاغط



رمل وطين سابق التضاغط او طين عادى التضاغط و حساس

$$\frac{\text{المقاومة المتوسطة للجسر}}{\text{المقاومة المتوسطة للاساس}} = \frac{S_E}{S_F}$$

مثال :

من نتائج المعمل: تربة الجسر من النوع (ا) : ومقاومة القص بدون صرف S_E = ٠,٥ كجم /سم٢

تربة الاساس من النوع (ب) : ومقاومة القص بدون صرف S_F = ٠,٢ كجم /سم٢

$$\therefore \frac{S_E}{S_F} = \frac{٠,٥}{٠,٢} = ٢,٥٠$$

معامل التخفيض من الشكل : R_E = ٠,٦٧ R_F = ٠,٩٣

يستعمل فى الحل القيم الاتية : مقاومة القص للجسر = ٠,٣٤ كجم /سم٢

مقاومة القص للاساس = ٠,١٩ كجم /سم٢

شكل رقم (٨-١٣) التخفيض لمقاومة القص فى حالة الجسر المؤسس على طين لين

وتتوقف هذه القيم على العوامل الآتية:

١- ارتفاع الجسر وزاوية ميله على الأفقى وعرض المسطاح berm .

١- الخواص الميكانيكية لكل من تربتى الجسر والأساس (معامل المرونة coefficient of elasticity ونسبة بواسون poisson's ratio)٠

٣- حالة الحدود ٠

ويعرض هذا الجزء قيم الإجهادات السابق ذكرها لنوعين من الجسور الأول هو الذى يمكن تقريبه الى حالة جسر منشأ على أساس خشن rigid rough foundation والثانى هو الذى يمكن تقريبة الى جسر منشأ على أساس مرن elastic foundation وفى هذه الحالة يكون الأساس إما ممتد الى مالا نهاية أو محدد بسمك معين.

٢/٤/٨ الجسور المنشأة على أساس جاسئ خشن

الاجهادات فى الجسور ذات الميل الجانبى ٣٠° ونسبة بواسون ٠,٣ معطاة فى الأشكال (٨-١٤)، (٨-١٥)،(٨-١٦) والشكل رقم (٨-١٨) يوضح خطوط القيم المتساوية contour lines للإجهادات لجسر قياسى فى شكل رقم (٨-١٧)٠ وتأثير تغير قيم نسبة بواسون والميل الجانبى عن الحالة القياسية معطى كمضاعفات المعاملات فى الشكل رقم (٨-١٩)

٣/٤/٨ الجسور المرنة المنشأة على أساس مرن

١/٣/٤/٨ الأساس ممتد الى ما لا نهاية

خطوط القيم المتساوية للإجهادات الرأسية (σ_z) والإجهادات الأفقية (σ_x) إجهادات القص (σ_{xz}) وإجهادات القص القصوى (τ_{max}) فى كل من الجسر والأساس معطاة فى الأشكال من (٨- ٢٠) إلى (٨-٢٤) وذلك لحالة زاوية ميل جسر β =٤٥ ° (ونسبة نصف عرض مسطاح إلى ارتفاع الجسر(L/h) . والأشكال من (٨-٢١) إلى (٨-٢٤) كلها لنسبة بواسون تساوى ٠,٣ ماعدا الشكل رقم (٨-٢٣) والذى يعطى القيم المتساوية لإجهادات القص عند نسبة بواسون ٠,٥ أيضا ٠ والإجهادات الرأسية (σ_z) لا تتوقف على قيمة نسبة بواسون ٠ وتأثير قيمة بواسون على الإجهادات الأفقية(σ_x) معطى بالشكل رقم(٨-٢٥) حيث يوجد الإجهادات الأفقية تحت كل من مركز وحد الجسر لقيم نسبة بواسون ٠,٣،٠,٥ ويلاحظ أن تأثير قيمة بواسون أكثر وضوحا للقيم الصغرى للنسبة (L/h) الأشكال(٨-٢٦)،(٨-٢٧)،(٨-٢٨) تبين مثالا لتوزيع كل من الإجهادات الرأسية والأفقية وإجهادات القص على مستويات رأسية مختارة لقيم مختلفة من النسبة (L/h)

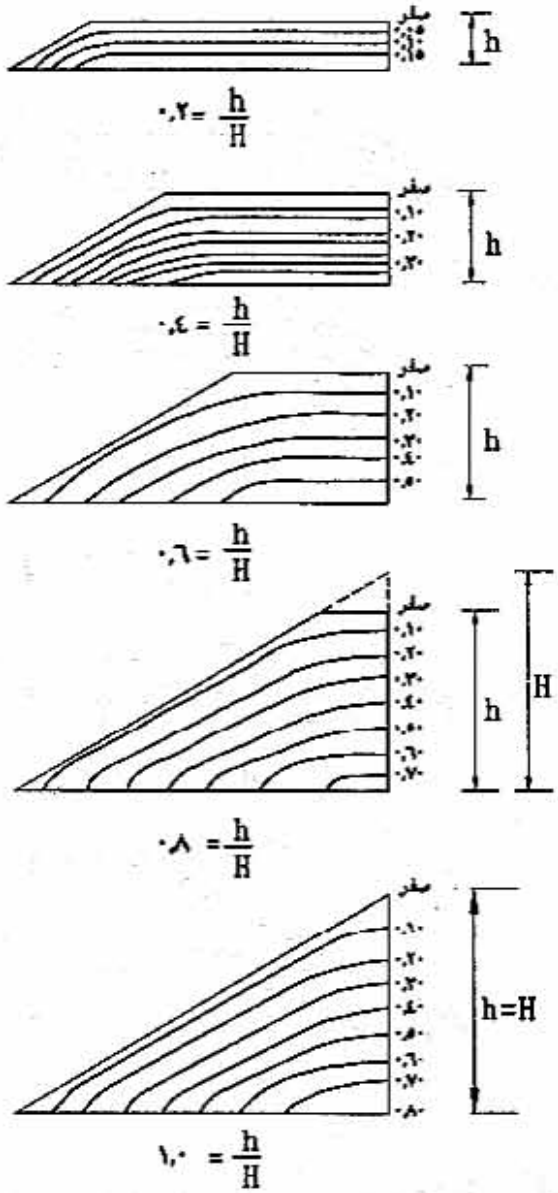
ولزاوية ميل مقدارها ٤٥° ونسبة بواسون تساوى ٠,٣ ويمكن بمعلومية هذه الإجهادات حساب الإجهادات الرئيسية القصوى والدنيا لاستخدامها في البند ٨/٤/٤ لحساب ضغط مياه المسام ٠ وفى حالة الجسور التى تميل بزاوية تختلف عن ٤٥° فإنه يلزم استخدام المنحنيات الخاصة بزاوية الميل الفعلية من المراجع المتخصصة ٠ وجدير بالذكر أن جميع الحلول السابقة تم وضعها بفرض أن الأساس عديم الوزن ووزن الجسر فقط هو المأخوذ فى الاعتبار.

وفى حالة ما يكون قطاع الجسر على شكل شبه منحرف مائل الجانبين فان الاجهادات يمكن حسابها بنفس الطريقة السابقة باعتبار ان هذا الشكل عبارة عن جزئين متماثلين من شبه المنحرف القائم الزاوية ٠

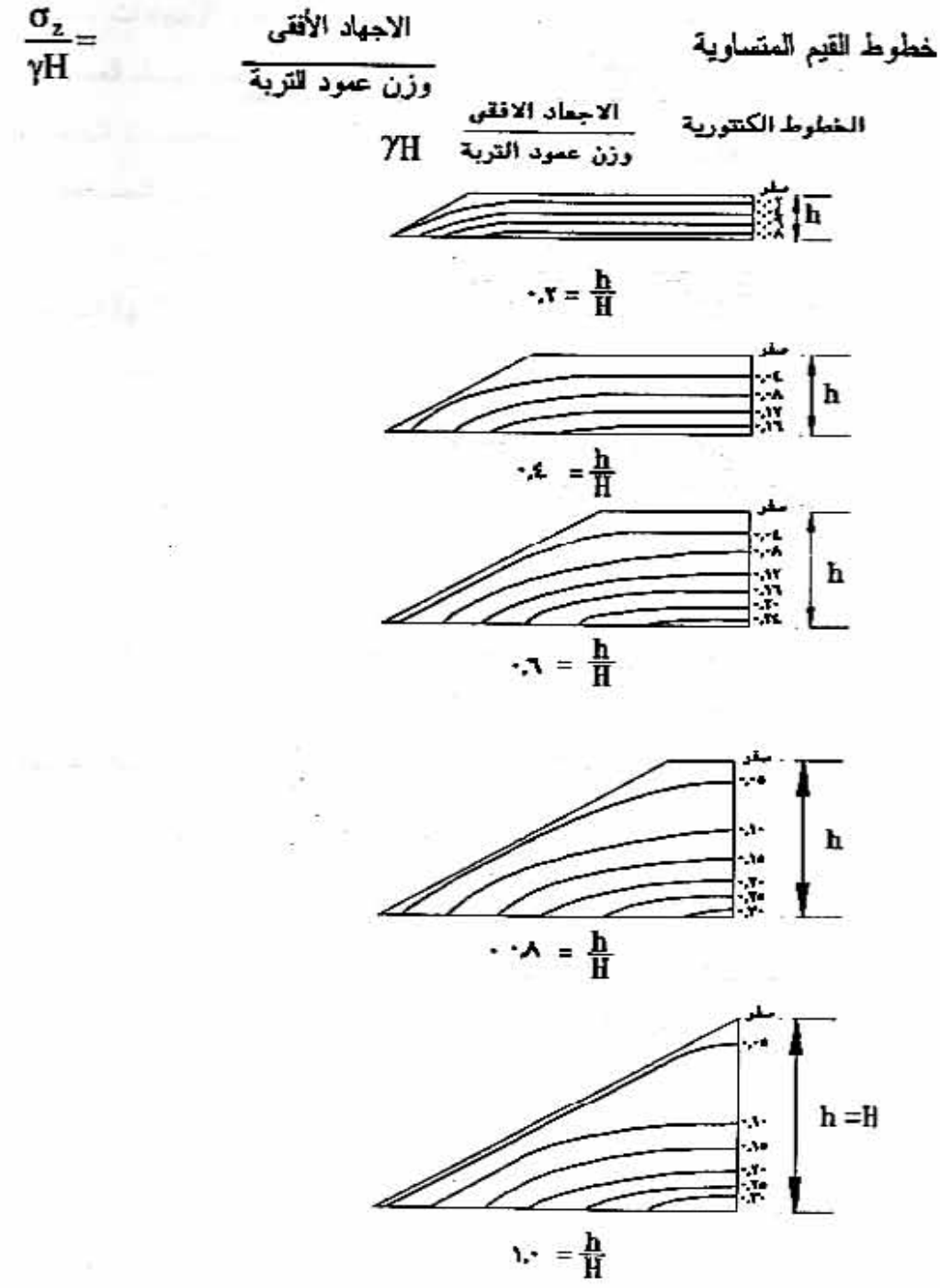
٨/٤/٣/٢ الأساس ذو سمك محدود

الشكل رقم (٨-٢٩) يوضح جسر قياسى على أساس مرن سمكه يساوى نصف ارتفاع الجسر ونسبة بواسون لكل من تربتى الجسر والأساس ثابتة ٠,٤٥ والشكل رقم (٨-٣٠) يوضح تأثير اختلاف نسبه معامل المرونه لكل من تربة الجسر وتربة الأساس على قيم الاجهادات الرأسية والأفقية وإجهادات القص ويمكن ملاحظة أن الإجهاد الرأسى لا يتأثر باختلاف نسبة معاملى المرونة لكل من تربة الجسر وتربة الأساس ولكن هذه النتيجة ليست صحيحة على الدوام.

خطوط القيم المتساوية $\frac{\sigma_z}{\gamma H} = \frac{\text{الاجهاد الرأسى}}{\text{وزن عمود التربة}}$



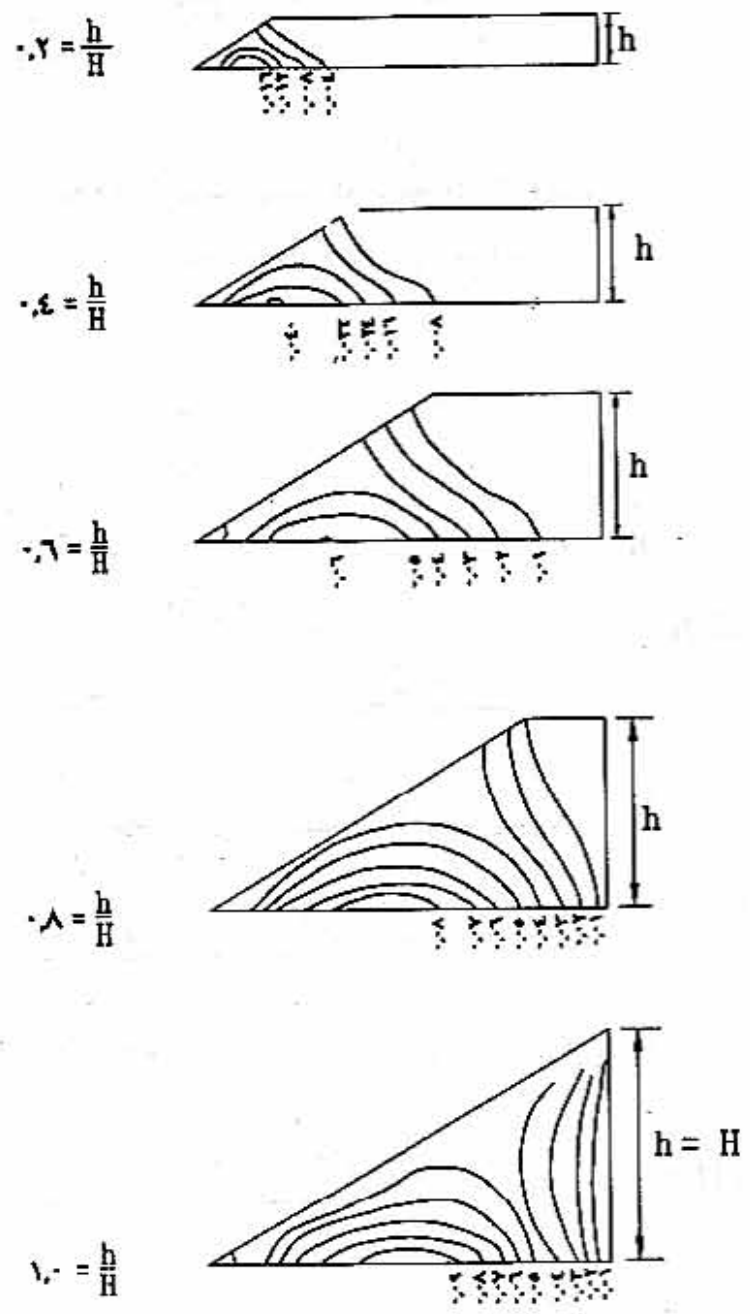
شكل رقم (٨-١٤) خطوط القيم المتساوية للإجهادات الرأسية (σ_z) لإرتفاعات مختلفة لجسر زاوية ميله مع الأفقى ٣٠° ونسبة بواسون لتربة الجسر ٠,٣ - الأساس جاسئ خشن- انفعال مستوى



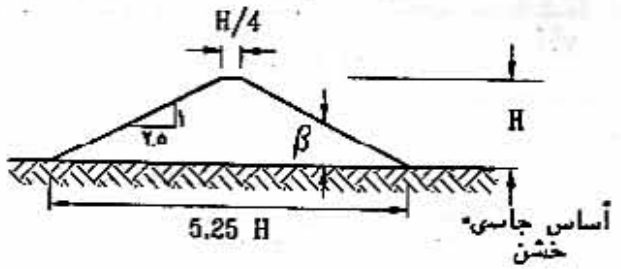
شكل رقم (٨-١٥) خطوط القيم المتساوية للإجهادات الأفقية (σ_x) لارتفاعات مختلفة لجسر زاوية ميله مع الأفقى ٣٠° ونسبة بواسون لتربة الجسر ٠,٣

- الأساس جاسئ خشن- انفعال مستوى

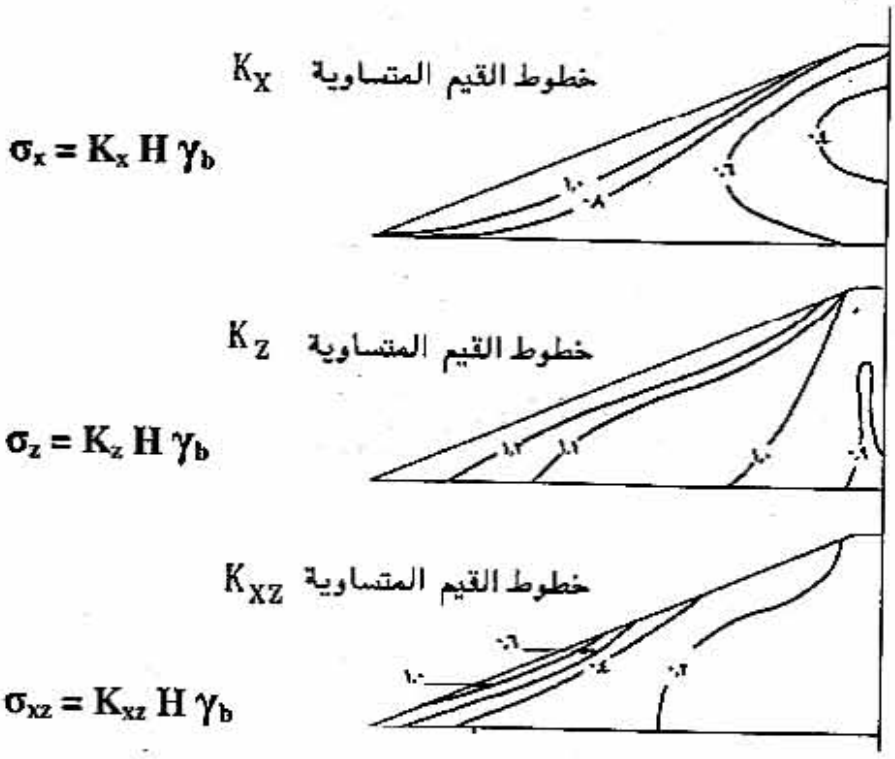
خطوط القيم المتساوية $\frac{\sigma_z}{\gamma H} = \frac{\text{إجهاد القص}}{\text{وزن عمود التربة}}$



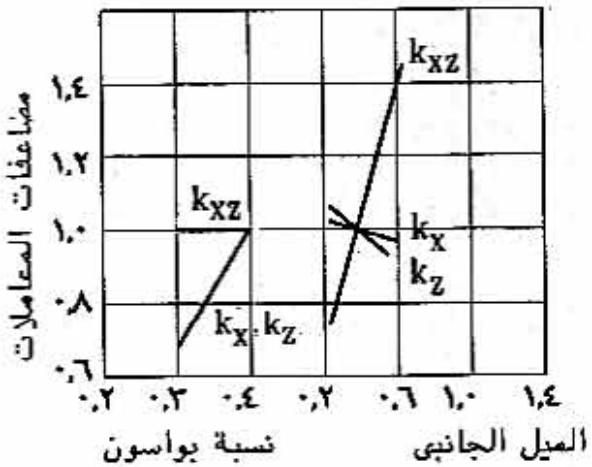
شكل رقم (٨-١٦) خطوط القيم المتساوية لإجهادات القص (τ_{xz}) لارتفاعات مختلفة لجسر زاوية ميله مع الأفقى ٣٠° ونسبة بواسون لتربة الجسر ٠,٣ - الأساس جاسئ خشن- انفعال مستوى



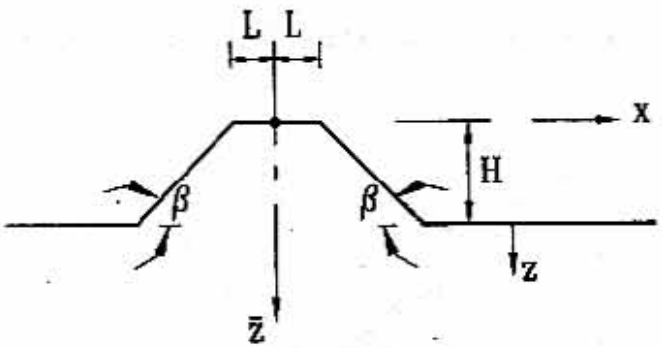
شكل رقم (٨-١٧) جسر قياسى ذو ارتفاع(H) وميل
١: ٢,٥ وكثافة ρ ونسبة بواسون ٠,٤



شكل رقم (٨-١٨) معاملات الإجهادات الأفقية (k_x) والرأسية(k_z) وإجهادات
القص (k_{xz}) للجسر القياسى الموضح فى شكل رقم (٨-١٧)

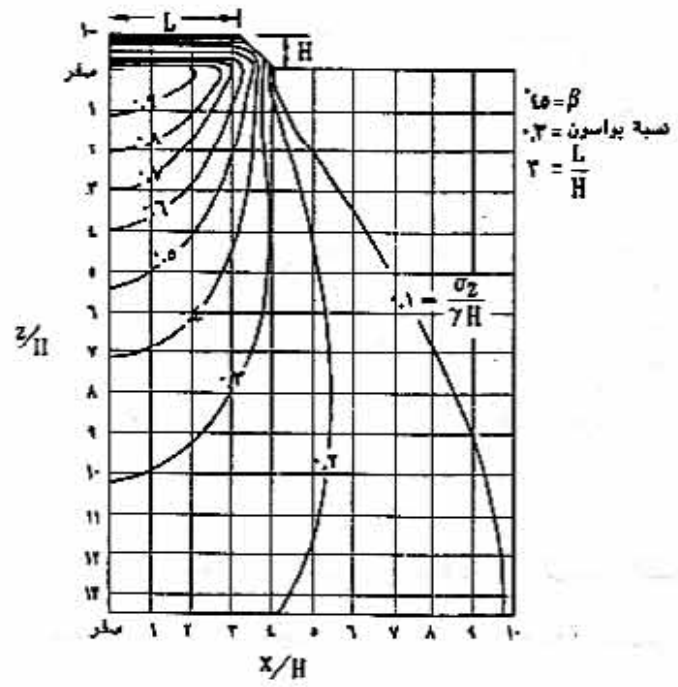


شكل رقم (٨-١٩) مضاعفات المعاملات لجسور تختلف عن الجسر القياسى فى زاوية الميل أو نسبة بواسون - أساس جاسء خشن- انفعال مستوى

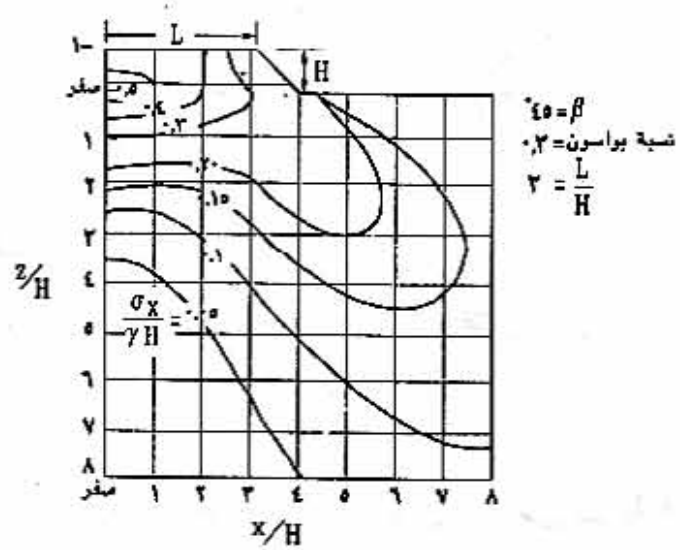


- معامل المرونة و نسبة بواسون متساوية لكل من تربتى الجسر والأساس.
- لم يؤخذ وزن الأساس وأخذ وزن الجسر فقط في الاعتبار بمعني أن وزن تربه الأساس=صفر

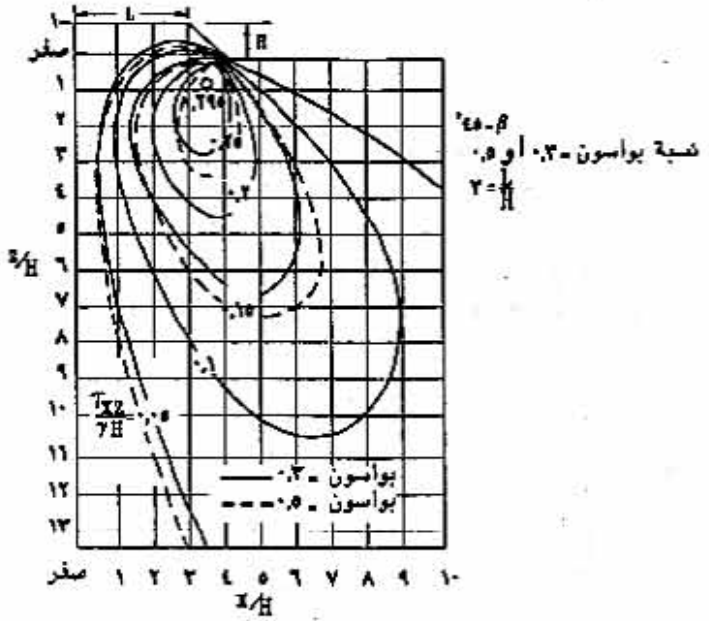
شكل رقم (٨-٢٠) نموذج لجسر على أساس مرن- خواص التربة المرنة واحدة لكل من تربتى الجسر والأساس مع اختلاف الكثافة



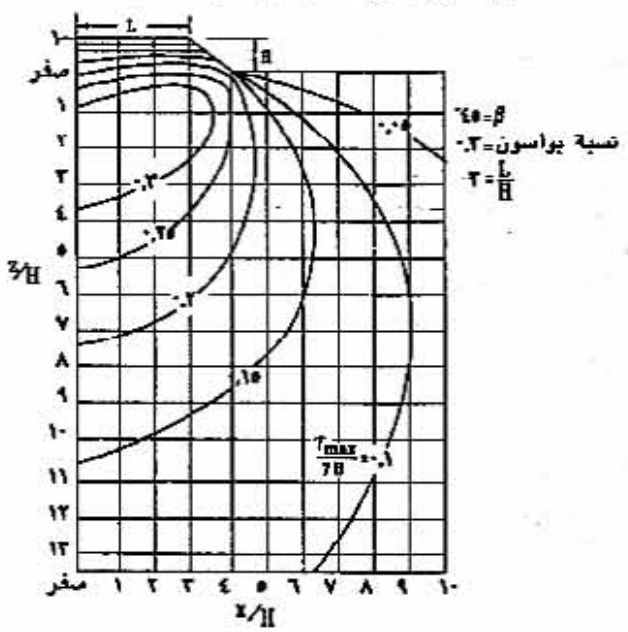
شكل رقم (٨-٢١) خطوط القيم المتساوية للإجهادات الرأسية (σ_z) لجسر مرن وأساس مرن



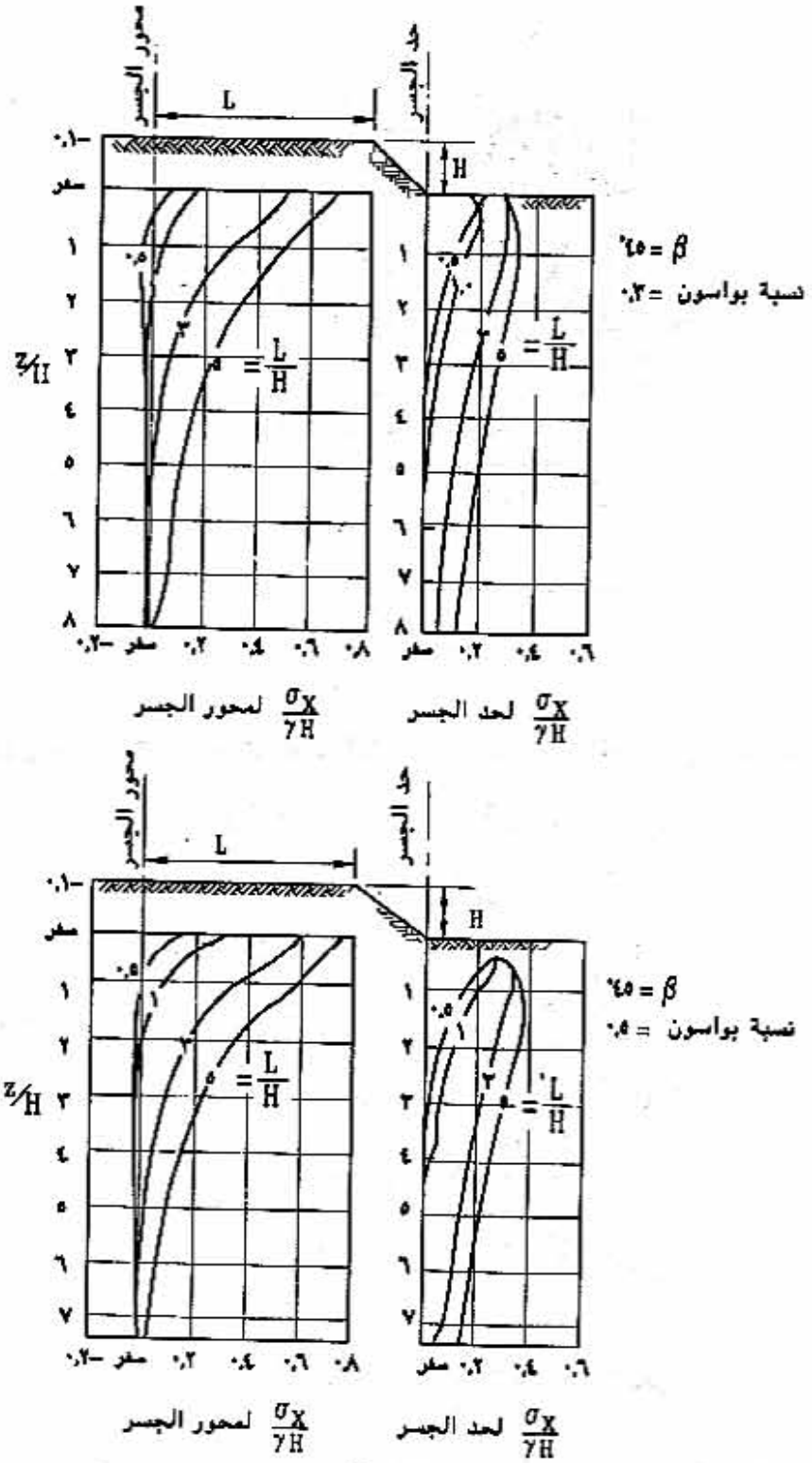
شكل رقم (٨-٢٢) خطوط القيم المتساوية للإجهادات الأفقية (σ_x) لجسر مرن وأساس مرن



شكل رقم (٨-٢٣) خطوط القيم المتساوية لإجهادات القص (τ_{xz}) نسبة بواسون لتربة الجسر ٠,٥

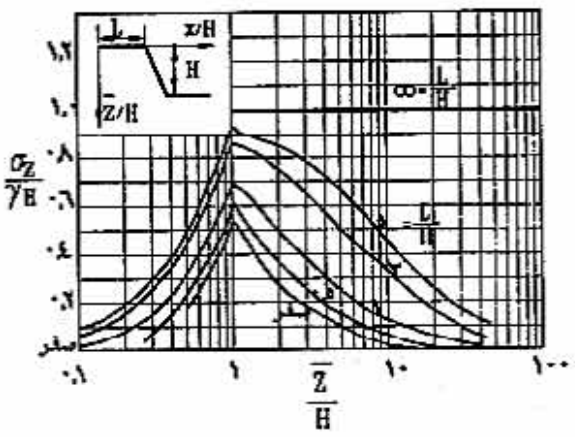


شكل رقم (٨-٢٤) خطوط القيم المتساوية لإجهادات القص (τ_{max}) لجسر مرن وأساس مرن

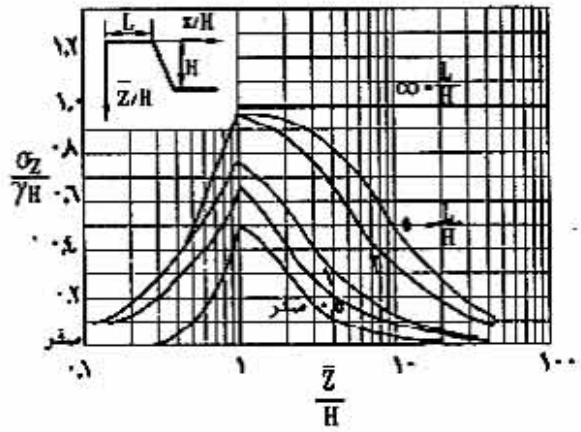


شكل رقم (٨-٢٥) تأثير تغير نسبة $\frac{L}{H}$ على قيم الإجهادات الأفقية (σ_x)

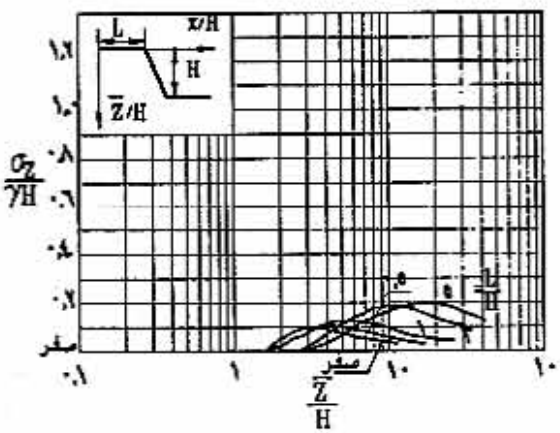
في تربة الأساس لجسر مرن وأساس مرن



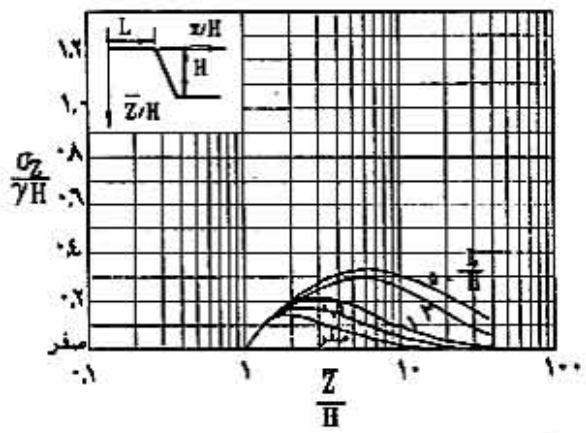
الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسي يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=(٢h) (L+h cotβ)



الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسي يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية = صفراً

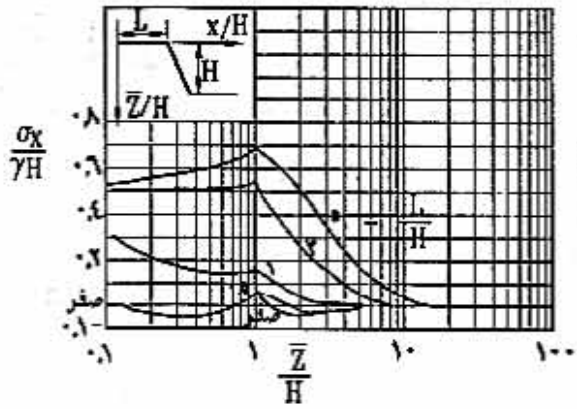


لإجهادات الرأسية عند قطاع رأسي يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية= ٣ (L+h cotβ) ٢H

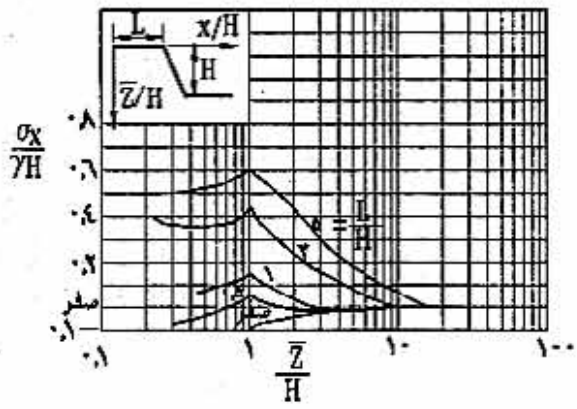


الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسي يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=٢H (L+h cotβ)

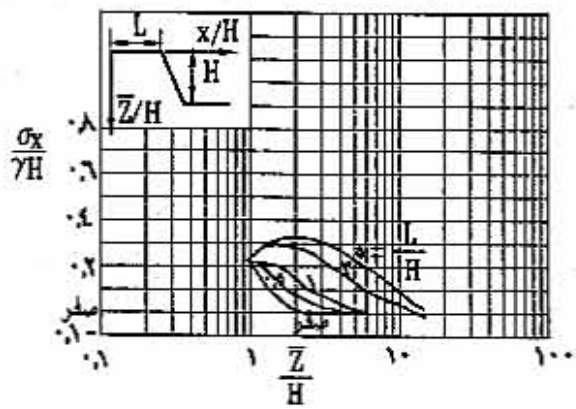
شكل رقم (٨-٢٦) الإجهادات الرأسية (σ_z) الواقعة على قطاعات رأسية اختيارية- زاوية ميل الجسر ٤٥°- نسبة بواسون لتربتى الجسر والأساس ٠,٣ أساس مرن- انفعال مستوى



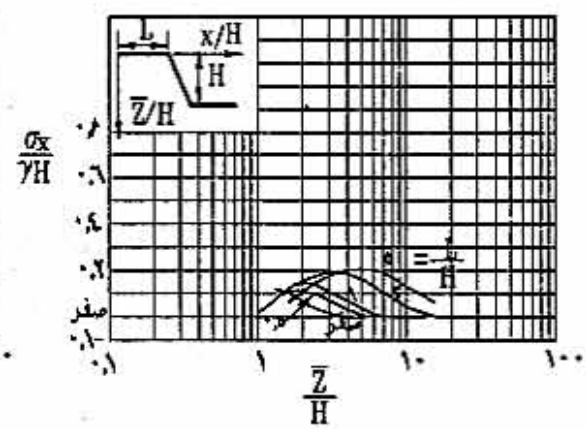
الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية = (L+h cotβ) /٢h



الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية = صفراً

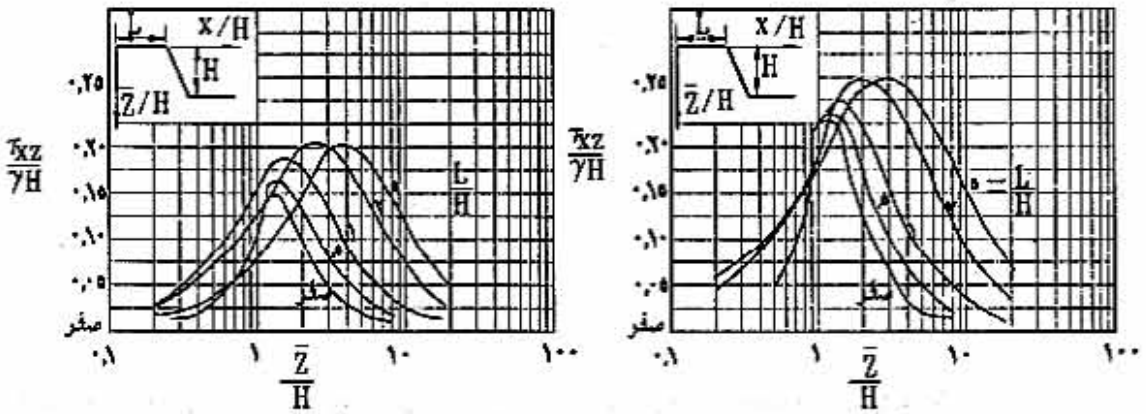


الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=٢H (L+H cotβ) ٣



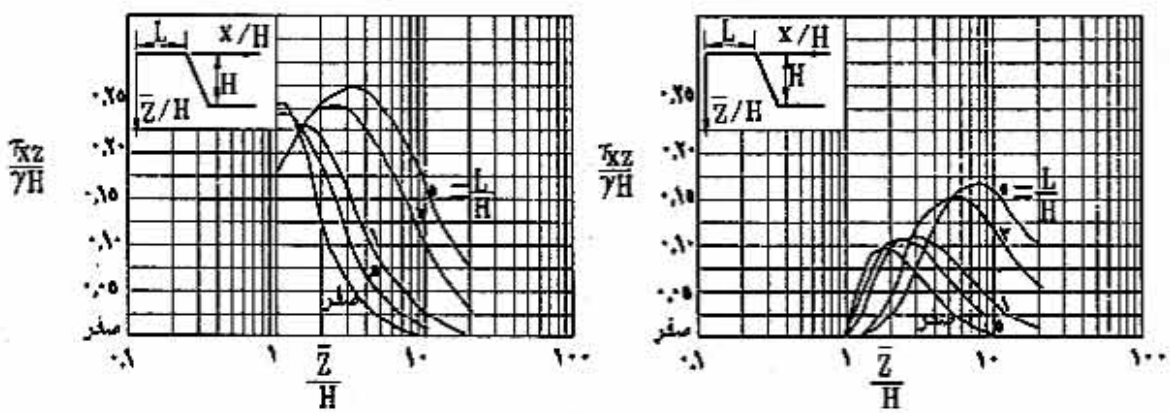
الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=H(L+h cotβ)

شكل رقم (٨-٢٧) الاجهادات الرأسية (σ_x) الواقعة على قطاعات رأسية اختيارية- زاوية ميل الجسر ٤٥°- نسبة بواسون لتربتى الجسر والأساس ٠,٣ أساس مرن- انفعال مستوى



الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية= ٤H/ (L+H cotβ) ٣

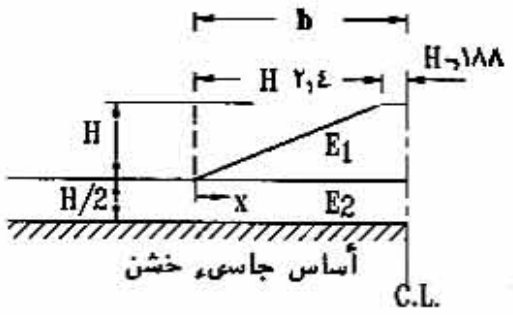
الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية = ٢h/ (L+H cotβ)



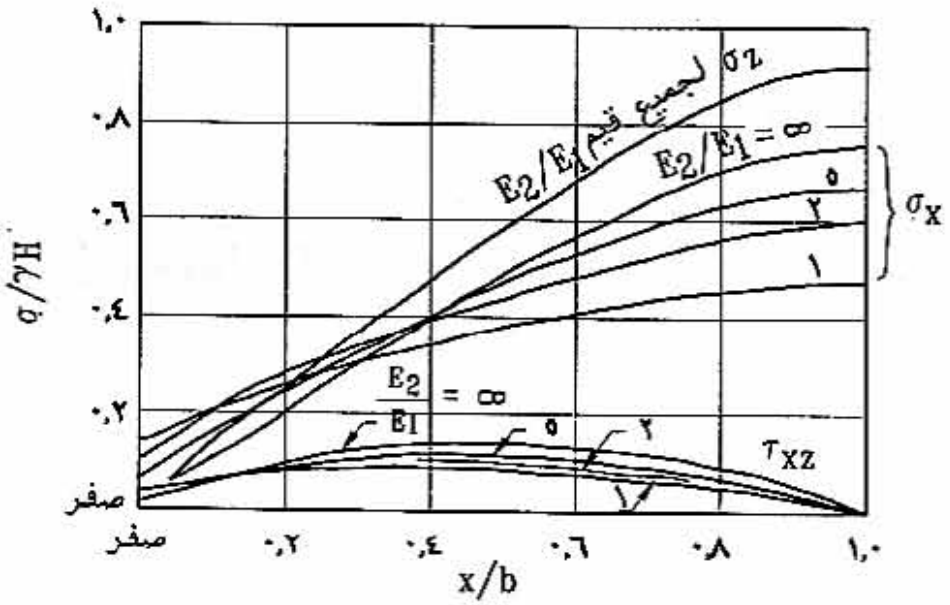
الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=٢H (L+H cotβ) ٣

الإجهادات الرأسية عند قطاع رأسى يبعد عن محور الجسر مسافة أفقية=H (L+H cotβ)

شكل رقم (٨-٢٨) الاجهادات الرأسية (τ_{xz}) الواقعة على قطاعات رأسية اختيارية- زاوية ميل الجسر ٤٥°- نسبة بواسون لتربتى الجسر والأساس ٠,٣ أساس مرن- انفعال مستوى



شكل (٨-٢٩) رسم يوضح جسر قياسى على أساس مرن سمكه نصف ارتفاع الجسر - نسبة بواسون لكل من تربتى الجسر والأساس ٠,٤٥
الأساس المرن ينتهى بسطح جاسئ خشن



شكل (٨-٣٠) الإجهادات الرأسية والأفقية وإجهادات القص عند منسوب التأسيس
أساس مرن محدود

٨/٤/٤ حساب ضغط مياه المسام

٨/٤/٤/١ بإستخدام معاملات ضغط مياه المسام (A&B)

ضغط مياه المسام Δu المتولد نتيجة تعرض التربة لزيادة فى الاجهادات الكلية ويشرط عدم السماح للمياه بالصرف يمكن حسابها من المعادلة

$$\Delta u = B\,[\Delta \sigma_3 + A\,(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)] \qquad (٨-١)$$

حيث :

A,B معاملات مذكورة بالجدولين (٨-١) ، (٨-٢) .

$\Delta \sigma_1$ الزيادة فى الاجهاد الرئيسى الأعظم major principal stress

$\Delta \sigma_3$ الزيادة فى الاجهاد الرئيسى الأدنى minor principal stress

للحصول على توزيع ضغط مياه المسام نتيجة الاجهادات الناشئة عن وزن الجسر فى كل من تربة الجسر وتربة الأساس يتبع الآتى :-

أ- تحسب الاجهادات من المنحنيات السابقة فى الأشكال من (٨-١٤) الى (٨-٣٠) طبقاً للحالة تحت الدراسة .

ب- يتم تحديد قيم A&B من التجارب المعملية أو بطريقة تقريبية بغرض التصميم الابتدائى من الجداول أرقام (٨-١) ، (٨-٢) .

ج- يتم استخدام المعادلة السابقة لحساب قيم Δu مع ملاحظة أن قيم A تتوقف على مسبة الاجهاد المطبق applied stress الى الاجهاد عند الفشل وأن قيم B تتوقف على درجة التشبع .

٨/٤/٤/٢ بإستخدام نسبة ضغط مياه المسام r_u

فى حالة تسرب المياه المستقر steady state seapage يمكن حساب ضغط مياه المسام بطريقة شبكة السريان flow net . وفى بعض الأحيان لتسهيل التحليل باستخدام الحاسب الآلى يتم تقدير قيمة ضغط مياه المسام u عند أى نقطة من عمق z بشكل تقريبى بأستخدام ما يسمى نسبة ضغط مياه المسام pore pressure ratio (r_u) وهى تساوى النسبة بين ضغط المياه الكلى الى وزن عمود التربة الكلى ، وبمعرفة r_u يمكن حساب u من المعادلة التالية :

$$u = \gamma_t\, z.\, r_u \qquad (٨-٢)$$

حيث :

γ_t هى وزن وحدة الحجوم الكلية للتربة . ففى حالة وجود سطح فرياتك

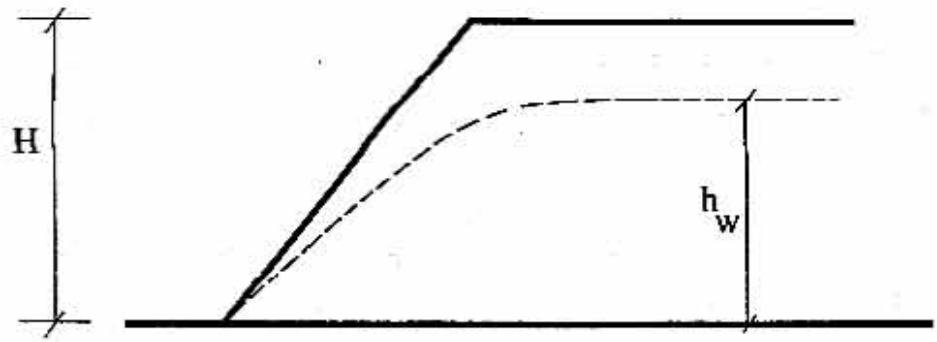
phreatic surface بسيط تؤخذ قيمة تقريبية للنسبة r_u للميل ككل من المعادلة التالية

$$r_u = \frac{\gamma_w \cdot h_w}{\gamma_t \cdot H} \qquad (٣-٨)$$

حيث :

h_w و H معرفة بالشكل (٨-٣١) وبمعرفة قيمة r_u للميل ككل تحسب قيمة u عند اى نقطة أثناء تحليل ثبات الميل من المعادلة (٨-٢).

ويلاحظ أن قيمة r_u قد لا تؤخذ بقيمة ثابتة فى جميع الأحوال فالجسور المبنية من طين مدموك فى مناطق بها أمطار موسمية لفترات ممتدة يحدث بها أحياناً إنزلاقات ضحلة shallow موازية للميل ووجد بالقياس أن قيمة r_u تصل لقيمة قصوى قدرها ٠,٣٠ – ٠,٤٠ وتنخفض فى المواسم الأخرى حتى ٠,١٥-٠,٢٠ وفى هذه الحالات قد لا تؤخذ قيمى r_u ثابتة فى كل جسم الجسر وإنما تقل تدريجياً مع العمق حتى تتلاشى بعد أمتار قليلة من سطح الميل .



شكل (٨-٣١)

جدول (٨-١) قيم نمطية للمعامل B للمواد المختلفة

المادة	درجة التشبع بالماء (%)	قيمة المعامل (B)
حجر رملى	١٠٠	٠,٢٨٦
جرا نيت	١٠٠	٠,٣٤٢
رخام	١٠٠	٠,٥٥
خرسانة	١٠٠	٠,٥٨٢
رمل كثيف dense	١٠٠	٠,٩٩٢١
رمل سائب loose	١٠٠	٠,٩٩٨٤
طين عادى التدعيم	١٠٠	٠,٩٩٩٨
طين سابق التدعيم	١٠٠	٠,٩٩٨١
طين على هيئة كتل	٩٣	٠,٦٩
	٨٧	٠,٣٣
	٧٦	٠;١٠

جدول (٨-٢) قيم نمطية للمعامل A للمواد المختلفة

المادة (درجة التشبع ١٠٠%)	قيمة المعامل (A) عند الانهيار
رمل ناعم fine سائب جدا	٢ إلى ٤
رمل ناعم متوسط الكثافة	صفر
رمل ناعم كثيف	-٠,٣
طين حساس sensetive	١,٥٠ إلى ٢,٥٠
طين عادى التدعيم	٠,٧ إلى ١,٣
طين سابق التدعيم قليلا	٠,٣ إلى ٠,٧
طين سابق التدعيم	-٠,٣
طين سابق التدعيم كثيرا	-٠,٥ إلى صفر

٨/٥ طرق تحليل ثبات الميول

٨/٥/١ معاملات الأمان

يعطى معامل الأمان درجة المخاطرة التى تؤخذ عند التصميم وذلك لأن كثير من عوامل التصميم لا يمكن تحديدها بدقة فى تحليل ثبات الميول • ومعامل الأمان يجب أن يأخذ فى الاعتبار ليس فقط الشك فى متغيرات قيم التصميم ولكن أيضا الآثار الناجمة عن الفشل ، فحيثما تكون نتائج الفشل طفيفة يمكن استعمال معامل أمان أقل أو تحمل مخاطرة أكبر للفشل • وترتبط خطورة الفشل بعدد من العوامل خلاف حجم المشروع فوضع سد أو حاجز منخفض أمام أو بجوار مبانى سكنية يشكل خطورة اكبر من وضع سد أو حاجز عالى فى منطقة نائية. وغالبا تحدث معظم الأنواع الخطيرة للفشل فى انواع من التربة تتعرض لفقد مفاجئ فى مقاومتها بدون انذار مثل التربة المعرضة للتسيل liquifaction وكذلك التربة التى تكون فيها النسبة بين المقاومة المتبقية residual strength والمقاومة القصوى منخفضة •

والتعريف المقبول والأكثر شيوعا لمعامل الأمان ضد فشل الميول هو النسبة بين متوسط مقاومة القص المتاحة للتربة على امتداد سطح الانزلاق الحرج إلى تلك القوى المطلوبة للاتزان •

ويمكن أيضا تعريف معامل الأمان على أنه النسبة بين القوى المقاومة والقوى المسببة المؤثرتين على امتداد سطح الانهيار فعندما تتساوى القوى المسببة الناتجة من الوزن مع القوى المقاومة الناتجة من مقاومة القص فإن معامل الأمان يساوى الوحدة (١) ويصبح الفشل وشيك الحدوث و ذلك إذا كان سطح الانزلاق مستوياً • أما إذا كان السطح جزء من دائرة أو أى سطح آخر فإن المقارنة بين عزوم قوى القص و عزوم أوزان جسم التربة المنزلق حول مركز الدائرة أو مركز السطح الآخر.

٨/٥/٢ البيانات اللازمة لدراسة ثبات الميول

يتطلب تحليل ثبات الميول الوقوف على تفاصيل طبوغرافية المنطقة (الوصف التفصيلى للتضاريس والسمات السطحية)، التكوين الجيولوجى (طبقات الأرض)، مقاومة القص حالة المياه الجوفية والأحمال الخارجية و بهذه المعلومات يمكن تحليل درجة الثبات وبالتالى تحديد معامل الأمان •

٨/٥/٢/١ الطبوغرافية

تتطلب عمل خريطة دقيقة للموقع مبينا عليها الأماكن الخاصة بكل من الجسات الاستكشافية

والشقوق والفواصل وموقع القطاعات العرضية لتحليلها • ويجب أن توقع القطاعات العرضية بتفصيل يسمح برسمها بمقياس رسم كاف يمكن من قراءة الأبعاد بدقة ٠,١م تقريبا. ومقياس الرسم المناسب عادة هو ١: ١٠٠، ويمكن استعمال مقياس رسم اكبر مثل ١: ٥٠ أو ١: ٢٠ للحصول على أبعاد دقيقة لتحليل ثبات الميول التي يقل ارتفاعها عن ١٠ مترا.

٨/٥/٢/٢ الجيولوجية

من نتائج الدراسات السطحية وتحت السطحية يمكن تقدير عمق التجوية ، وجود رواسب الجاذبية أو الردم وتركيب الصخر المجوى weathered rock وغير المجوى وعند التحليل يجب أن توضع البيانات الجيولوجية على صورة طبقات أو مناطق من المواد ذات الخواص الهندسية المتشابهة • وتفاصيل الموقع الجيولوجية المتاحة للتحليل تكون عادة مبنية على كمية ضئيلة من البيانات لذلك تكون معرضة لأكثر من تفسير أو تأويل من الناحية الجيوتكنيكيه، كما يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الكثير من الاحتمالات عند القيام بتحليل الثبات • وينبغى أن تراعى الاعتبارات الجيولوجية أثناء التنفيذ وان تعدل التصميمات إذا اختلفت الاعتبارات الجيولوجية عن ما تم فرضه. وينبغى أن يبين التركيب الجيولوجى المفروض للتصميم على عدد واف من القطاعات العرضية للميل.

٨/٥/٢/٣ مقاومة القص

مقاومة القص للمواد المكونة للميل يعبر عنها عادة بدلالة معاملات القص بدلالة الاجهاد المؤثر المقاومة الفعال (c'،ϕ') ويمكن تعيينها باختبار عينات تكون ممثلة للتربة المكونة لجسم الميل وللشروخ والتشققات إن وجدت • وينبغى أن تختبر العينات عند جهود مشابهة لتلك التى فى الطبيعة وتكون العينات مشبعة إلا إذا تم الحصول على دليل واضح ومباشر بواسطة أجهزه القياس الحقلية أو المراقبة (الملاحظة) يوضح أن المواد فى الحقل لن تصبح مشبعة أو شبه مشبعة عند سقوط الأمطار بما يعادل الشروط المأخوذة عند التصميم •

٨/٥/٢/٤ المياه الجوفية

ينبغى تقدير حالات المياه الجوفية أثناء تتابع خطوات استكشاف الموقع بإقامة و قراءة البيزومترات وملاحظة آثار النشع (النز) • والمناسيب التى تم الحصول عليها أثناء فترة الملاحظة تكون غير ممثلة للمناسيب القصوى التى ستظهر خلال فترة الأمطار وبالتالى يجب

عمل تقدير لمدى الزيادة فى منسوب المياه فى الميل نتيجة لسقوط الأمطار ونتيجة أيضا لعوامل أخرى.

٨/٥/٢/٥ الأحمال الخارجية

الأحمال الناتجة عن المرور، بناء الأساسات، الحوائط الساندة، الأبراج ، التفجيرات، دق الخوازيق ٠٠ الخ والتى تؤثر على ثبات الميل يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند التحليل وذلك بسماح مناسب بالنسبة لأى معاملات أمان تكون قد أدمجت مسبقا فى حساب الأحمال ٠ وطريقة التحليل يجب أن تأخذ فى الاعتبار طبيعة الأحمال الخارجية.

٨/٥/٣ تحليل ثبات الميول بالطرق التحليلية

تنقسم الطرق المختلفة لتحليل ثبات الميول إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى:

طريقة الاتزان الحدى، طريقة التحليل الحدى ، وطريقة العناصر المحدودة ٠

وتتميز طريقة التحليل الحدى بأنها تأخذ فى الاعتبار سلوك التربة الواقعى من حيث الإجهاد والانفعال والخضوع وهى مبنية على نظريات حلول الحد الأدنى lower bound solutions والحد الأعلى upper bound solutions للأجسام المرنة تامة اللدونة plasticity ، ولكنها قليلة الاستخدام نسبيا فى المجال العملى ٠

أما طريقة العناصر المحدودة فهى ذات فائدة كبيرة فى حساب الإجهادات والانفعالات فى أى موضع بالميل ويمكن استخدامها فى حالات المنشآت الهامة ذات الخصائص الهندسية المعقدة ويلزم في هذه الحالة الاستعانة بالمراجع وبرامج الحاسب الآلى الخاصة بذلك ٠

ويقتصر هذا الفصل على شرح التحليل بطريقة الاتزان الحدى لأنها الأكثر شيوعا فى الاستخدام فى المجال العملى كما أن الخبرة المتراكمة من استخدامها ذات فائدة كبيرة للمصمم علما بأن الطريقة تقوم على افتراضات تبسيطية كبيرة.

يؤخذ سطح الفشل فى حالة الميول ذات التربة المتجانسة نسبيا على أنه قوس دائرى تقريبا وعلى هذا السطح يمكن تحليل القوى المسببة للفشل والقوى المقاومة لها ٠

اغلب طرق الاتزان المستعملة فى التربة تستخدم نظرية كولوم على امتداد سطح الفشل سبق فرضه. وتعتبر منطقة الفشل واقعة تحت تأثير قوى معلومة أو قوى مفروضة ٠ تقارن جهود القص الناتجة من وزن الجسم والقوى الخارجية بمقاومة القص المتاحة لمادة الميل وذلك على امتداد سطح الفشل السابق فرضه ٠

ويلاحظ أن هذه الطريقة لا تأخذ فى حسابها تشكل المادة تحت تأثير الحمل . والطريقة الشائعة الاستخدام فى حالة الاتزان الحدى هى طريقة الشرائح التى تقوم على أساس تحليل الفشل الدورانى ويحسب أقل معامل أمان من تجربة عدة دوائر . وفى هذه الطريقة تقسم الكتلة من التربة المحدودة بسطح الفشل إلى عدة شرائح متساوية العرض ثم يتم دراسة القوى المؤثرة على كل شريحة . والعدد من ٦ إلى ١٢ شريحة يكون عادة كاف لإعطاء دلالة واضحة عن معامل الأمان كما هو موضح بالشكل (٨- ٣٢) العلوى .

يحسب معامل الأمان (F_m) لدائرة الانزلاق التجريبية بإستخدام طريقة بيشوب المبسطة simplified Bishop's method من المعادلة الآتية:

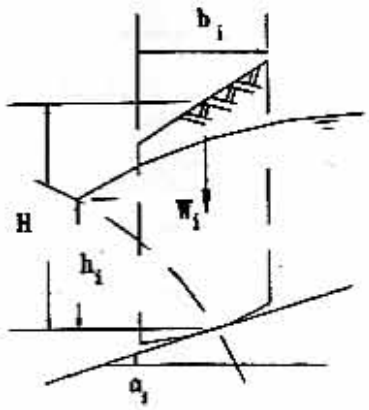
$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}\left[c b_i + (w_i - u_i b_i)\tan\phi'\right] / M_{\alpha i}}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin\alpha i} \qquad (٤-٨)$$

حيث:

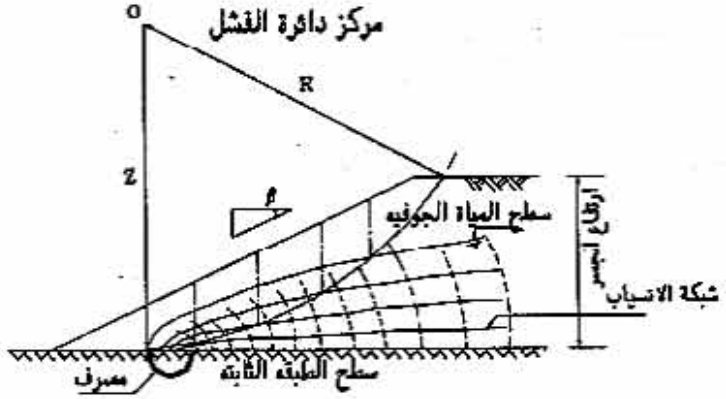
$$u_i = \gamma w h_i$$

$$M_{\alpha i} = \cos\ \alpha_i\left(1+\frac{\tan\ \alpha_i . \tan\phi'}{F_m}\right) \qquad (٥-٨)$$

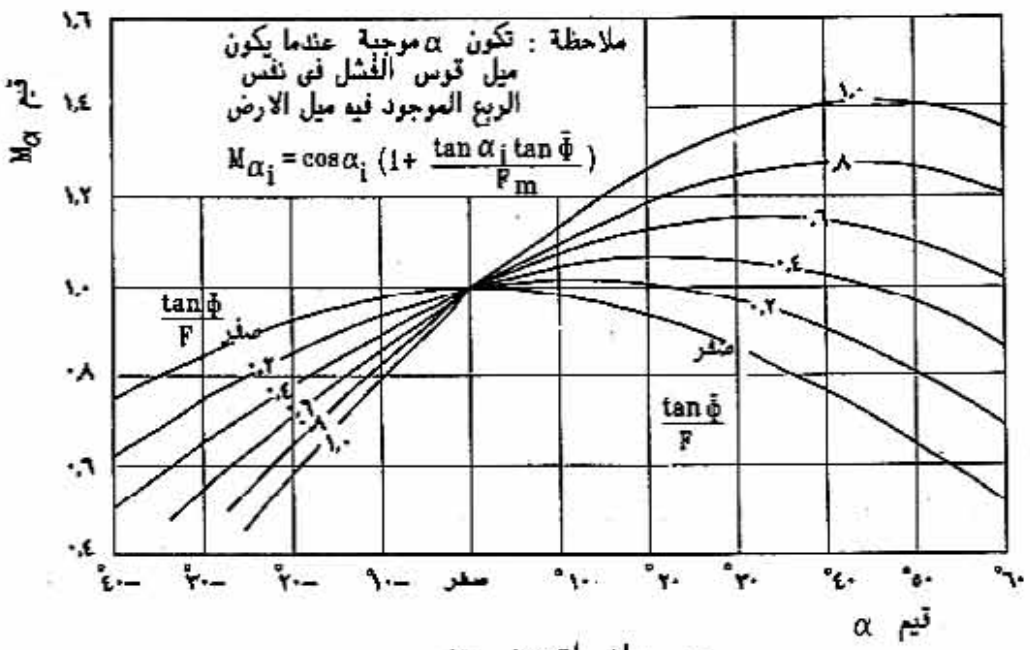
وباقى الرموز معرفة بالجزء العلوى من الشكل (٨-٣٢) تحل المعادلة السابقة بالتقريب المتتالى ويمكن كذلك إيجاد قيمة $M_{\alpha i}$ من الجزء السفلى من الشكل (٨-٣٢) وذلك لقيم مفروضة لمعامل الأمان F_m .



شريحه واحدة



التقسيم الى شرائح (Bishop)



رسم بيانى لتعيين M_α

شكل (٨-٣٢) طريقة الشرائح – طريقة Bishop المبسطة (سطح الإنزلاق الدائرى)

٤/٥/٨ تحليل ثبات الميول باستخدام المنحنيات التصميمية

تستخدم هذه المنحنيات فى التربة المتماسكة ($\Phi = 0$) باعتبار حدوث فشل على سطح دورانى كما يلى:

الفشل الدورانى فى التربة المتماسكة ($\Phi = 0$)

(١) لميول التربة المتماسكة ذات المقاومة الثابتة تقريبا مع امتداد العمق يستعمل شكل رقم (٨-٣٣) فى تعيين معامل الأمان .

(٢) للميل الذى يشتمل على أكثر من طبقة واحدة فى التربة المتماسكة تحدد مراكز الدوائر الحرجة من الشكل رقم(٨-٣٤) .

تؤخذ مقاومة القص من قطاعات قوس الدائرة الخاصة بكل طبقة ولتحديد موضع الدائرة الحرجة تستعمل الإرشادات الاتية:

(أ) إذا كانت طبقة التربة السفلية اضعف من الطبقة العلوية تكون الدائرة الحرجة هى المماسه للسطح السفلى للطبقة الضعيفة.

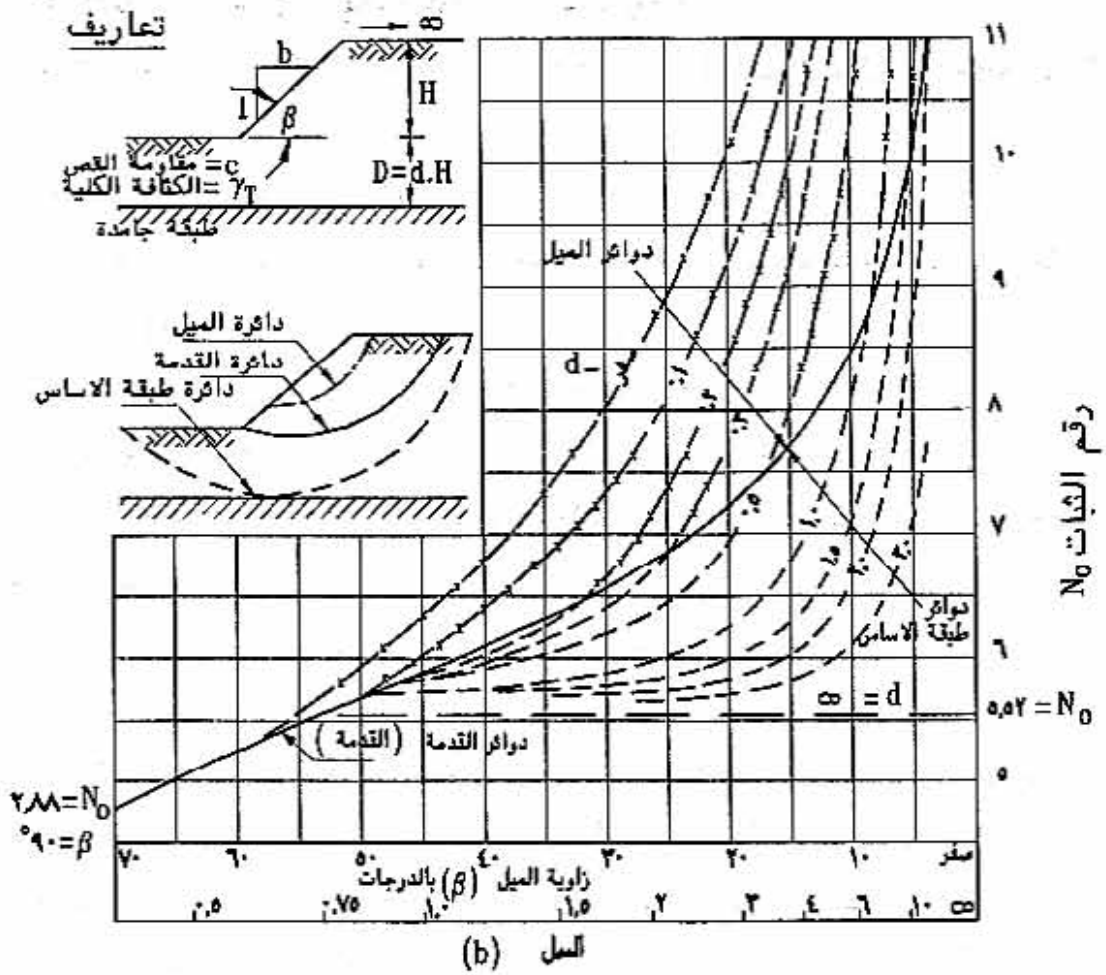
(ب) إذا كانت طبقة التربة السفلية اقوى من الطبقة العلوية يكون هناك دائرتان الأولى تمس السطح السفلى للطبقة الضعيفة والثانية تمس السطح السفلى للطبقة السفلية القوية

(٣) للأحمال الإضافية وشروخ الشد أو غمر الميل يستعمل التصحيح فى الشكل رقم (٨-٣٥) لتحديد معامل الأمان .

(٤) الجسور على الطينة اللينة يستعمل الشكل رقم (٨-٣٦) للتحليل التقريبى للجسور ذات المسطحات المثبتة والمرتكزة على أساسات ذات مقاومة ثابتة، يتم تحديد الشكل المحتمل للفشل من العلاقة بين المسطاح وعروض الجسر وعمق الأساسات وذلك من القطاع الأيسر السفلى للشكل رقم (٨-٣٦).

٥/٥/٨ تحليل ثبات الميول باستخدام اتزان الكتل

تستخدم طريقة ثبات الميول بأستخدام الكتل من التربة الطبقية باعتبار الفشل انتقالياً وفى هذه الحالة يمكن تحديد سطح الفشل من خلال طبقة ضعيفة ورقيقة نسبيا . يتم تحليل ثبات الكتلة الانتقالية (الازاحية) المحتملة كما فى الشكل رقم (٨-٣٧) وذلك بمقارنة القوى الغير مثبتة لمنشور الضغط المؤثر wedge of effective pressure بالقوة المثبتة لضغط المنشور المقاوم عند المقدمة، مع إضافة مقاومة القص على امتداد قاعدة كتلة التربة المركزية.



لتحديد معامل الامان (F) بدلالة قيم (β, d) تحدد قيمة (N_0) من الشكل ويعوض فى المعادلة

$$F = N_0 \frac{C}{\gamma_T H}$$

شروط مفترضة:

١- لا توجد مياه مكشوفة خارج الميل

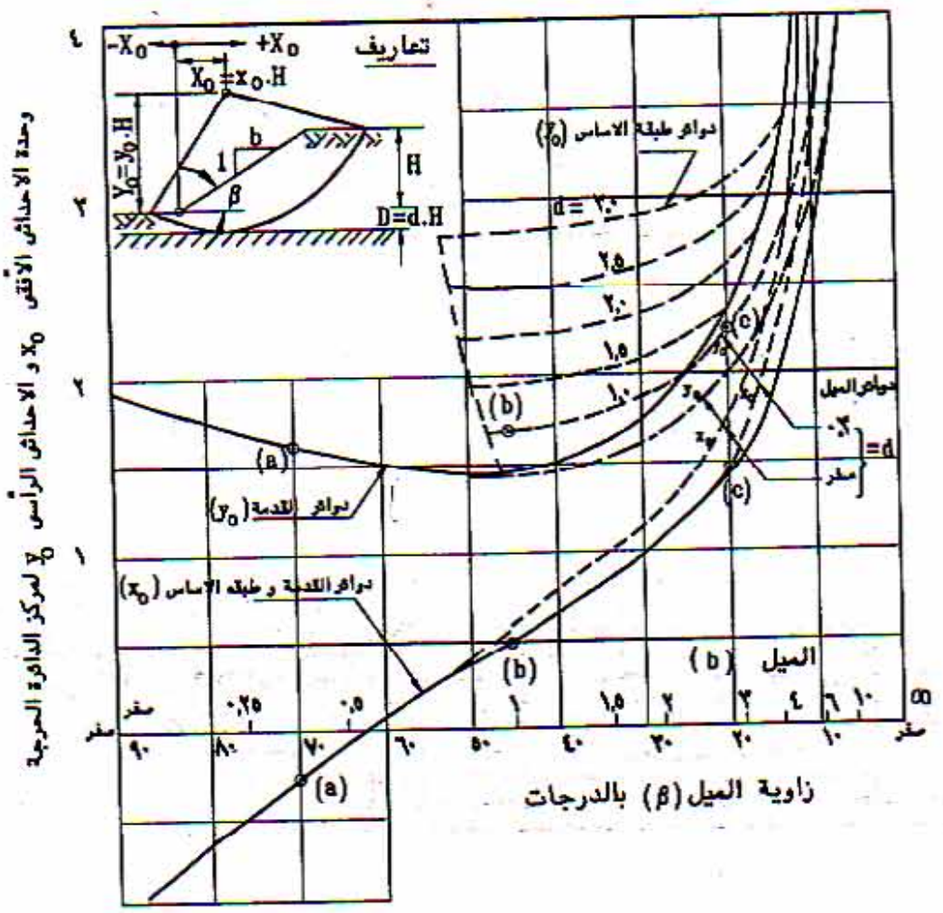
٢- لا توجد أحمال إضافية أو شروخ شد

٣- التربة متجانسة حتى العمق D

٤- حددت مقاومة القص ذات القيمة الثابتة على امتداد العمق من التماسك فقط.

٥- فشل دورانى على قوس دائرى

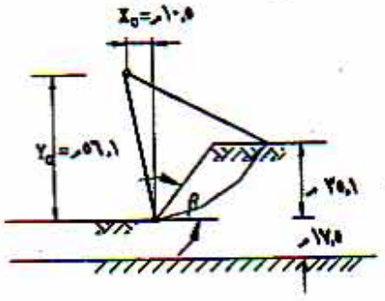
شكل رقم (٨-٣٣) تحليل ثبات الميول فى التربة المتماسكة تحت شروط عدم هروب المياه أى بفرض Φ = صفر



مثال (a) دائرة القدمة

$\beta = {}^{o}٧٠$ $\quad d = ٠,٥٠$

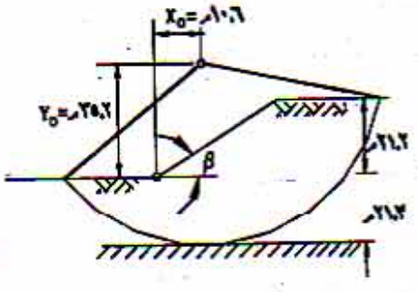
$x_0 = ٠,٣٠$ $\quad y_0 = ١,٦$



مثال (b) دائرة طبقة الاساس

$\beta = {}^{o}٤٥$ $\quad d = ١,٠$

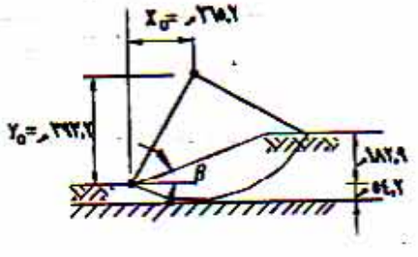
$x_0 = ٠,٥٠$ $\quad y_0 = ١,٦٥$



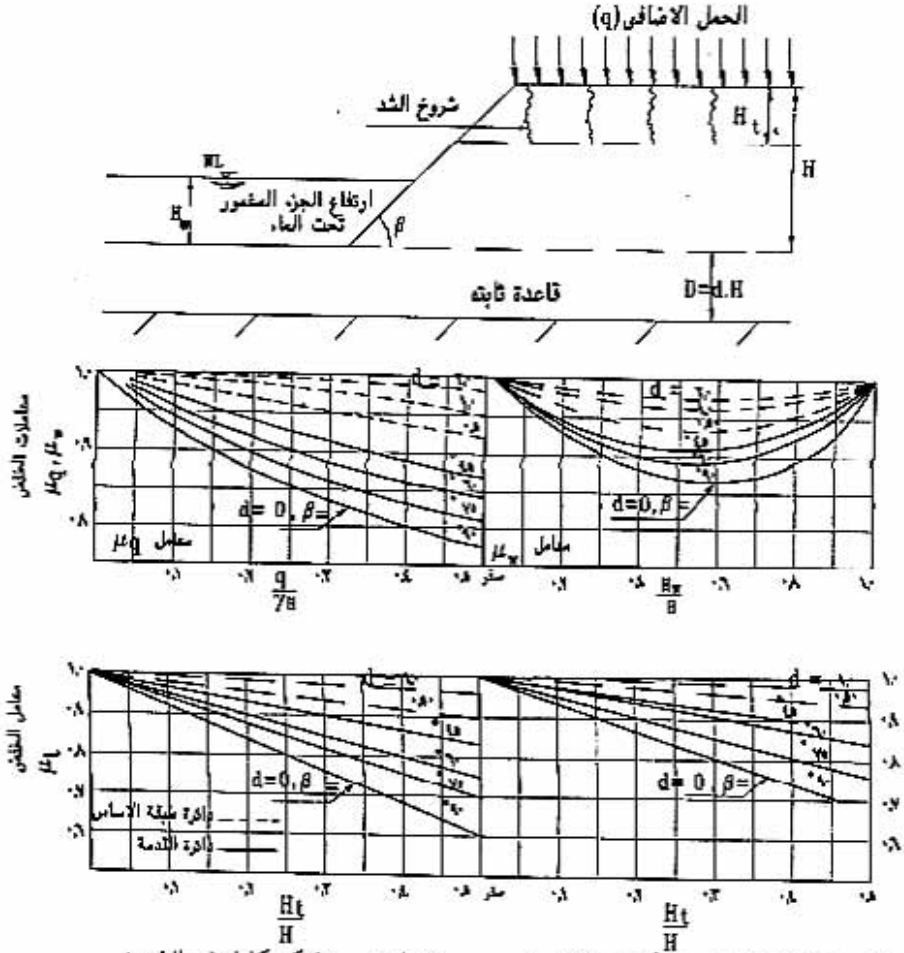
مثال (c) دائرة الميل

$\beta = {}^{o}٢٠$ $\quad d = ٠,٢٠$

$x_0 = ١,٤٥$ $\quad y_0 = ٢,١٥$



شكل رقم (٨-٣٤) مركز الدائرة الحرجة ، الميل فى التربة المتماسكة



انعدام الضغط الهيدروستاتيكى فى الشروخ ضغط هيدروستاتيكى كامل فى الشروخ

ملحوظه

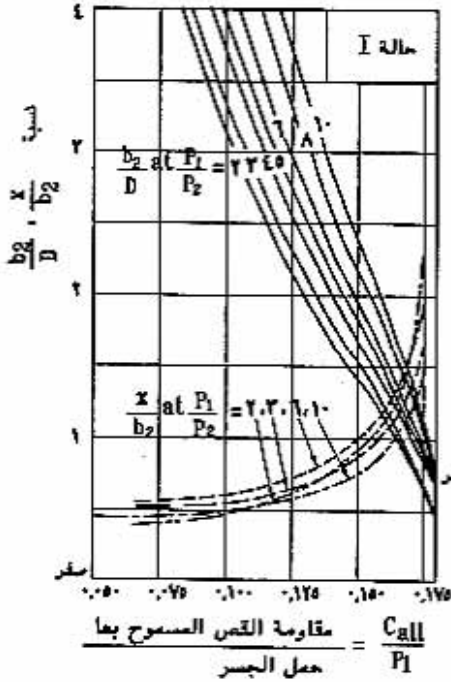
فى حاله دائرة الاساس لاتؤثر زاويه الميل (β) على معامل الخفض

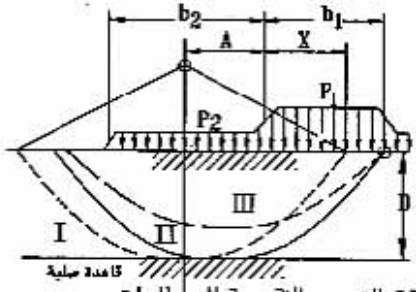
شكل (٨-٣٥) تأثير كل من الحمل الإضافى ، الغمر وشروخ الشد على ثبات الميول

٦/٥/٨ إستخدام الحاسوب فى تحليل ثبات الميول بطرق الإتزان الحدى

تجدر الإشارة إلى وجود عدد كبير من برامج الحاسوب التى تقوم بتحليل ثبات الميول بطريقة الإتزان الحدى مما يوفر الكثير من الجهد والوقت ويسمح بإجراء تحليل أكثر شمولاً للمشكلات المختلفة ويجدر بالذكر أن البرامج المختلفة تتباين فى طريقة حساب معامل الأمان وفى شكل سطح الفشل الذى تتعامل معه وكذلك فى طريقة تمثيل ضغط مياه المسام وبعض البرامج تتميز بإمكانية إجراء التحليل بإستخدام أكثر من طريقة من طرق الإتزان الحدى ، ومن المفيد أن يلم المهندس بطرق استخدام واحد أو أكثر من هذه البرامج حتى يحسن اختيار البرنامج الملائم لحل المشكلة بقدر عال من الدقة والكفاءة فى التحليل .

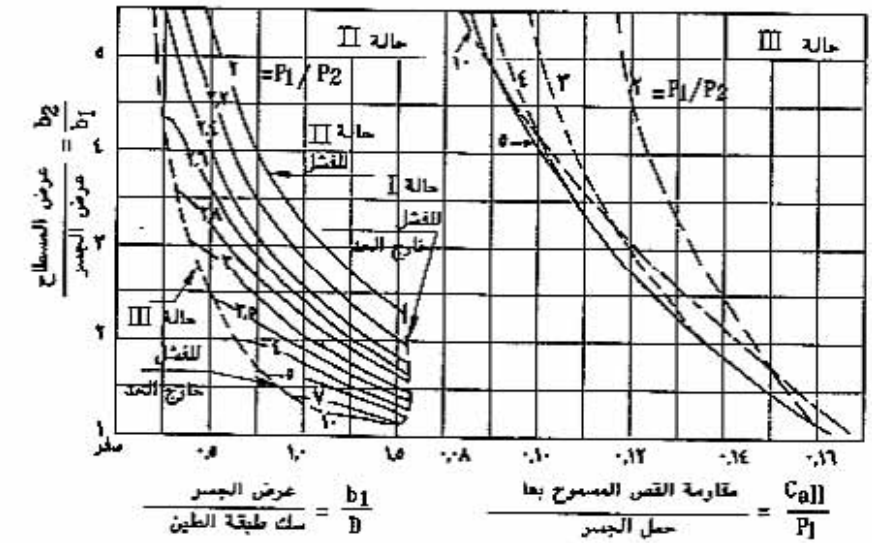
ملحوظة: فى حالة دائرة الأساس: لا تؤثر زاوية الميل β على معامل الخفض





طريقة التصميم التقريبية للمسطحات

١- المعطيات b_1، D، P_1، مقاومة القص C
ومعامل الامان FS=
٢- مقاومة القص المسموح بها $C_{all} = \frac{C}{FS}$
٣- تعيين P_2 حيث $P_2 = P_1$ وهو (C_{all}) ويجب الا تزيد P_2 عن ٥٫٥ (C_{all})
٤- احسب مقدار كل من $\frac{P_1}{P_2}$ و $\frac{b_2}{D}$ وحدد موقع $\frac{b_2}{b_1}$ في الشكل الايسر السفلي اذا دل الوضع على حالة II للفشل يتم تعيين $\frac{b_2}{b_1}$ من هذا الشكل
٥- اذا دل الوضع على حالة I أو III للفشل ندخل في الشكل المناسب بـ $\frac{C_{all}}{P_1}$ و $\frac{P_2}{P_2}$ لتعيين $\frac{b_2}{D}$ و $\frac{b_2}{b_1}$
٦- بالنسبة للحالة I للفشل تحقق الشاخ بتعيين $b_2(\frac{P_2}{P_1}) = A$ حيث $b_1 > X$ ولتلك الحالة



شكل رقم (٨-٣٦) تصميم مسطاحات الجسور على طين لين

٧/٥/٨ قيم معاملات الأمان

يجب توفير القيم التالية لتأمين قدر معقول لثبات الميول

(١) لا يقل معامل الأمان عن ١,٥ فى حالات التحميل الدائمة ٠

(٢) لحالات التحميل المؤقت أو عندما يصل الثبات إلى أدنى قيمة خلال الإنشاء، يمكن تقليل معاملات الأمان إلى ١,٣ أو ١,٢٥ ذلك إذا أمكن التحكم فى طريقة ومعدل التحميل ٠

(٣) فى حالة أساسات المنشآت، يفضل ألا يقل معامل الأمان عن ٢,٠٠ ليحد من التحركات الحرجة التى تحدث عند الأساسات.

٦/٨ حساب الهبوط

١/٦/٨ مقدمة

تعتبر قيمة الهبوط الكلى لأى ميل هى محصلة التضاغط فى جسم الجسر أو القطع بعد تشكيله والتضاغط فى تربة الأساس أسفل جسم الجسر ٠ ومن الناحية العملية فان معظم قيمة الهبوطsettlement تنتج عن تضاغط تربة الأساس خاصة إذا تم تأسيس الجسر على تربة لينة أو إذا وجدت طبقة لينة ضمن طبقات الأساس للجسر. وقيمة الهبوط الناتج عن تضاغط طبقة الأساس تعتمد على عدة عوامل أهمها مقدار الحمل الناشئ من وزن الجسر ومعاملات تضاغط التربة ٠ كما أن معدل حدوث هذا الهبوط يعتمد على خصائص التربة فيما يتعلق بالنفاذية والتضاغط الأساسى والثانوى ٠

وبالنسبة للهبوط الناتج عن تضاغط جسم الجسر نفسه فإن مقدار الهبوط والوقت الذى يستغرقه يعتمد أيضا على مادة الإنشاء وارتفاع الجسر إلا انه فى العادة لا يكون ذا أهمية إلا فى حالة السدود الترابية والجسور العالية التى تكون قيمة الهبوط فيها حساسة بالنسبة لاستخدام المنشأ ولذلك فان الطرق الحسابية الوارد ة فى الجزء التالى تختص بحساب الهبوط الناشئ من تضاغط طبقة أساس الجسر فقط.

٢/٦/٨ حساب الإجهادات الرأسية نتيجة لوزن الجسر الترابى

١/٢/٦/٨ الافتراضات

تعتمد الحلول المقدمة فى هذا الفصل على عدد من الافتراضات مثل مرونة التربة أسفل الميل، واستمراريتها واتزانها إستاتيكيا كما تفترض أن قيمة رد الفعل الرأسى عند أى نقطة أسفل الجسر مباشرة تساوى قيمة الضغط الواقع عليها من جسم الجسر.

٧/٥/٨ قيم معاملات الأمان

يجب توفير القيم التالية لتأمين قدر معقول لثبات الميول

(١) لا يقل معامل الأمان عن ١,٥ فى حالات التحميل الدائمة ٠

(٢) لحالات التحميل المؤقت أو عندما يصل الثبات إلى أدنى قيمة خلال الإنشاء، يمكن تقليل معاملات الأمان إلى ١,٣ أو ١,٢٥ ذلك إذا أمكن التحكم فى طريقة ومعدل التحميل ٠

(٣) فى حالة أساسات المنشآت، يفضل ألا يقل معامل الأمان عن ٢,٠٠ ليحد من التحركات الحرجة التى تحدث عند الأساسات.

٦/٨ حساب الهبوط

١/٦/٨ مقدمة

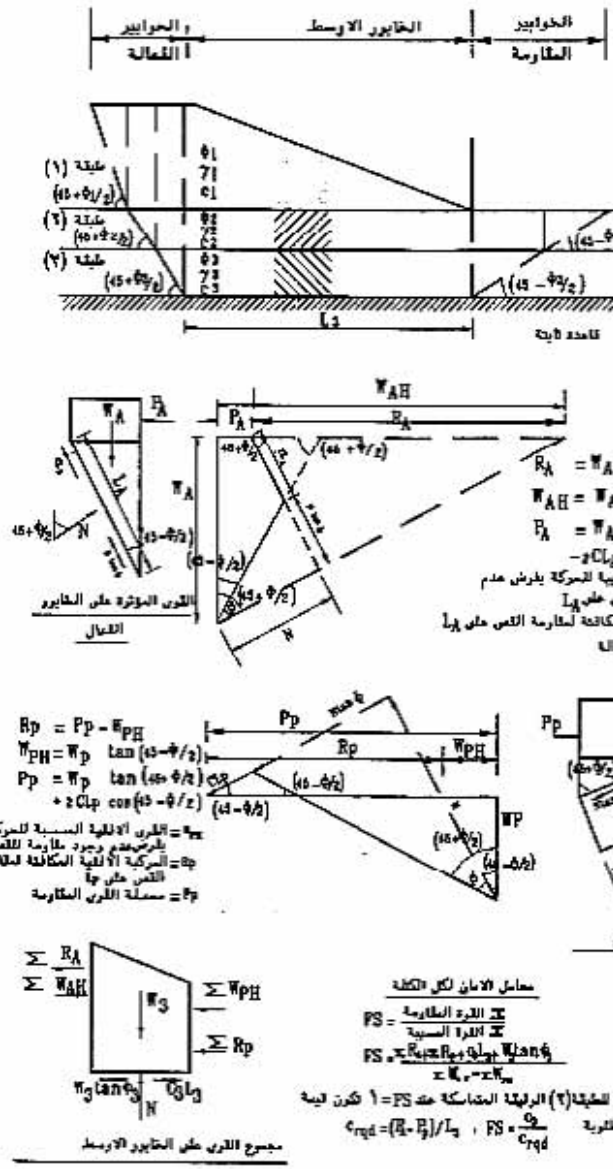
تعتبر قيمة الهبوط الكلى لأى ميل هى محصلة التضاغط فى جسم الجسر أو القطع بعد تشكيله والتضاغط فى تربة الأساس أسفل جسم الجسر ٠ ومن الناحية العملية فان معظم قيمة الهبوطsettlement تنتج عن تضاغط تربة الأساس خاصة إذا تم تأسيس الجسر على تربة لينة أو إذا وجدت طبقة لينة ضمن طبقات الأساس للجسر. وقيمة الهبوط الناتج عن تضاغط طبقة الأساس تعتمد على عدة عوامل أهمها مقدار الحمل الناشئ من وزن الجسر ومعاملات تضاغط التربة ٠ كما أن معدل حدوث هذا الهبوط يعتمد على خصائص التربة فيما يتعلق بالنفاذية والتضاغط الأساسى والثانوى ٠

وبالنسبة للهبوط الناتج عن تضاغط جسم الجسر نفسه فإن مقدار الهبوط والوقت الذى يستغرقه يعتمد أيضا على مادة الإنشاء وارتفاع الجسر إلا انه فى العادة لا يكون ذا أهمية إلا فى حالة السدود الترابية والجسور العالية التى تكون قيمة الهبوط فيها حساسة بالنسبة لاستخدام المنشأ ولذلك فان الطرق الحسابية الوارد ة فى الجزء التالى تختص بحساب الهبوط الناشئ من تضاغط طبقة أساس الجسر فقط.

٢/٦/٨ حساب الإجهادات الرأسية نتيجة لوزن الجسر الترابى

١/٢/٦/٨ الافتراضات

تعتمد الحلول المقدمة فى هذا الفصل على عدد من الافتراضات مثل مرونة التربة أسفل الميل، واستمراريتها واتزانها إستاتيكيا كما تفترض أن قيمة رد الفعل الرأسى عند أى نقطة أسفل الجسر مباشرة تساوى قيمة الضغط الواقع عليها من جسم الجسر.



شكل (٨-٣٧) طريقة تحليل الفشل الإنتقالي

كذلك فانه فى حالة الجسور الممتدة طوليا أو التى يزيد طولها عن ٥ أمثال عرضها فانه يمكن الحل بافتراض حالة الانفعال المستوى أى أن الانفعالات كلها تكون فى مستويات رأسية متعامدة على المحور الطولى للحمل (الجسر). وفى هذه الحالة فان قيمة الإجهادات المطلوب حسابها تعتمد فقط على مقدار واتجاه الحمل وعلى الموضع المطلوب حساب الإجهادات عنده ولا تعتمد على خصائص المرونة للكتلة أسفل الحمل . ويفترض فى هذا الحل أن سطح الاتصال بين الجسر وطبقة الأساس يعتبر سطح أملس . ويبين الشكل رقم (٨-٣٨) مثالا لمقدار واتجاه الإجهادات المتولدة عند النقط المختلفة أسفل حمل على شكل جسر.

والفقرات التالية توضح كيفية حساب الإجهادات فى المواضع الهامة اسفل الجسور الممتدة وكذلك الجسور محدودة الطول وهى حسابات تفيد المصمم بصفة مبدئية أما إذا كان المطلوب هو معرفة توزيع الإجهادات فى النقط المختلفة من جسم الجسر و أسفله فيمكن الرجوع إلى الفصل (٤/٨).

٢/٢/٦/٨ جسور ذات أطوال غير محدودة

يمكن حساب الإجهادات الناتجة عن جسور مقطعها ذو شكل هندسى بسيط باستخدام الشكل رقم (٨-٣٩). أما فى حالة الجسور ذات المقطع الأكثر تعقيدا فتحسب الإجهادات بإضافة أو طرح أجزاء من هذا المقطع البسيط . فى حالة جسر ذو مقطع مثلث، تؤخذ قيمةb فى الشكل تساوى صفرا وتحسب الإجهادات بإضافة جزئين مثلثين.

٣/٢/٦/٨ جسور محدودة الطول

تحسب الإجهادات الرأسية فى هذه الحالة اسفل أركان الجسر باستخدام الشكل رقم (٨-٤٠).

٣/٦/٨ حساب الهبوط

فى حالة التأسيس على تربة متماسكة مشبعة بالماء فان القيمة الإجمالية للهبوط settlement computations هى محصلة العوامل الثلاثة الآتية:

أ- الهبوط الفورى الذى يظهر فور وضع الحمل .

ب-الهبوط التدريجى الناتج عن التضاغط الأولى primary consolidation للتربة والمصحوب بخروج مياه المسام المضغوط من الفراغات .

ج- الهبوط التدريجى الناتج عن التضاغط الثانوى secondary consolidation والذى يعتمد أساسا على التكوين المعدنى والهيكلى لحبيبات التربة .

١/٣/٦/٨ الهبوط الفورى

تعتبر قيمة الهبوط الفورى كبيرة وهامة بالنسبة للهبوط الكلى (وأن كان الهبوط الكلى قليلا) فى حالة التأسيس على تربة مشبعة جزئياً أو ذات تضاغط سابق كبير. أما فى الحالة الأكثر أهمية وهى حالة التأسيس على تربه طينية مشبعة بالماء ولينة أو متوسطة التماسك فأن قيمة الهبوط الفورى تكون قليلة بالنسبة للهبوط الكلى ذى القيمة العالية أصلا • بالإضافة إلى ما سبق فإن تأثير الهبوط الفورى يمكن تعويضه أثناء التنفيذ بما لا يترك له أى آثار بعد الانتهاء من الإنشاء حيث يستمر بعد ذلك التضاغط الأساسى (أو الزمنى) للطين الحامل للجسر •

٢/٣/٦/٨ الهبوط الناتج عن التضاغط الأساسى

يتم حساب القيمة الاجمالية للهبوط الناتج عن التضاغط الأولى من المعادلة (٨-٦) ولزيادة الدقة فى الحساب يمكن تقسيم الطبقة الطينية إلى عدد من الطبقات . وفى حالة عمل حسابات مبدئية يمكن استخدام القيم المعطاة فى جدول (٨-٣) للمعامل C_c .

$$s = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{\Delta p + p_o}{p_o} \qquad (٨-٦)$$

حيث :

w_l حد السيولة liquid limit .

w_n محتوى الماء الطبيعى بالتربة .

s قيمة الهبوط

e_o نسبة الفراغات الأصلية

C_c دليل الانضغاطية

p_o اجهاد العبء surchage الرأسى المؤثر عند منتصف سمك الطبقة .

Δp الاجهاد الإضافى الرأسى المؤثر عند منتصف الطبقة .

جدول (٨-٣)

للتربة غير العضوية ذات حساسية أقل من ٤	$c_c=٠,٠٠٩(w_l-١٠٪)$
للتربة العضوية و البيت (الخث)	$c_c=٠,٠١١٥(w_n)$
مختلف أنواع الطين	$c_c=١,١٥(e_o-٠,٣٥)$
*للطين الفارفد (رقائق حولى)	$c_c=(١+e_o)(٠,١+[w_n-٢٥]٠,٠٠٦)$

*رقائق متتابعة من الطمى والطين ترسبت سنويا بتأثير الفيضان

٣/٣/٦/٨ المعدل الزمنى للتضاغط الأساسى

يلزم تحديد المعدل الزمنى للهبوط حتى يمكن تصميم وسائل الإسراع بعملية التضاغط أو مقدار التحميل الابتدائى الذى يمكن وضعه قبل البدء فى إنشاء الجسر . وبافتراض أن المياه المسامية، تصرف فى اتجاه واحد (رأسى) فانه يمكن استخدام النظرية الخاصة بالتضاغط أحادى الاتجاه لحساب المعدل الزمنى للهبوط. وفى هذه الحالة يتم الحساب باستخدام معامل الزمن time factor Tv الذى يحسب عند انقضاء زمن محدد (t) باستخدام معامل التضاغط coefficient of consoildation (cv) ، ولغرض الحسابات المبدئية يمكن اللجوء الى القيم الموجودة فى الشكلين رقم (٨-٤١) ، (٨-٤٢) للمعادلتين T_v ، c_v على الترتيب .

$$T_v=\frac{c_v t}{H^2} \qquad (٨-٧)$$

حيث :

H هو طول مسار الصرف .

٤/٣/٦/٨ الهبوط الناتج عن التضاغط الثانوى

يشتمل منحنى e - logp الذى نحصل عليه فى المعمل على جزء من التضاغط الثانوى ويعتمد مقدار هذا الجزء على الفترة الزمنية التى استغرقها الاختبار وذلك لان التضاغط الثانوى يستمر مع الزمن ولكن بعلاقة أسية تناقصية ودون نهاية محددة . ولذلك فان القيمة الإجمالية للهبوط يجب حسابها مع الأخذ فى الاعتبار مقدار التضاغط الثانوى الذى يستمر بعد انتهاء التضاغط

الأولى (الأساسى) .

ويمكن حساب التضاغط الثانوى التالى للتضاغط الأولى (الأساسى) من المعادلة الآتية:

$$\Delta Hsec = C_\alpha (H_t) \log \frac{t_{sec}}{t_p} \qquad (٨-٨)$$

حيث

ΔH_{sec} الهبوط نتيجة للتضاغط الثانوى .

c_α معامل التضاغط الثانوى ويساوى $\frac{\Delta H}{H}$ / logt

H_t سمك الطبقة القابلة للتضاغط .

t_{sec} الفترة الزمنية المطلوب حساب الهبوط الثانوى عندها

t_p الفترة الزمنية التى استغرقها التضاغط الأولى ويتعين من أختبار التضاغط.

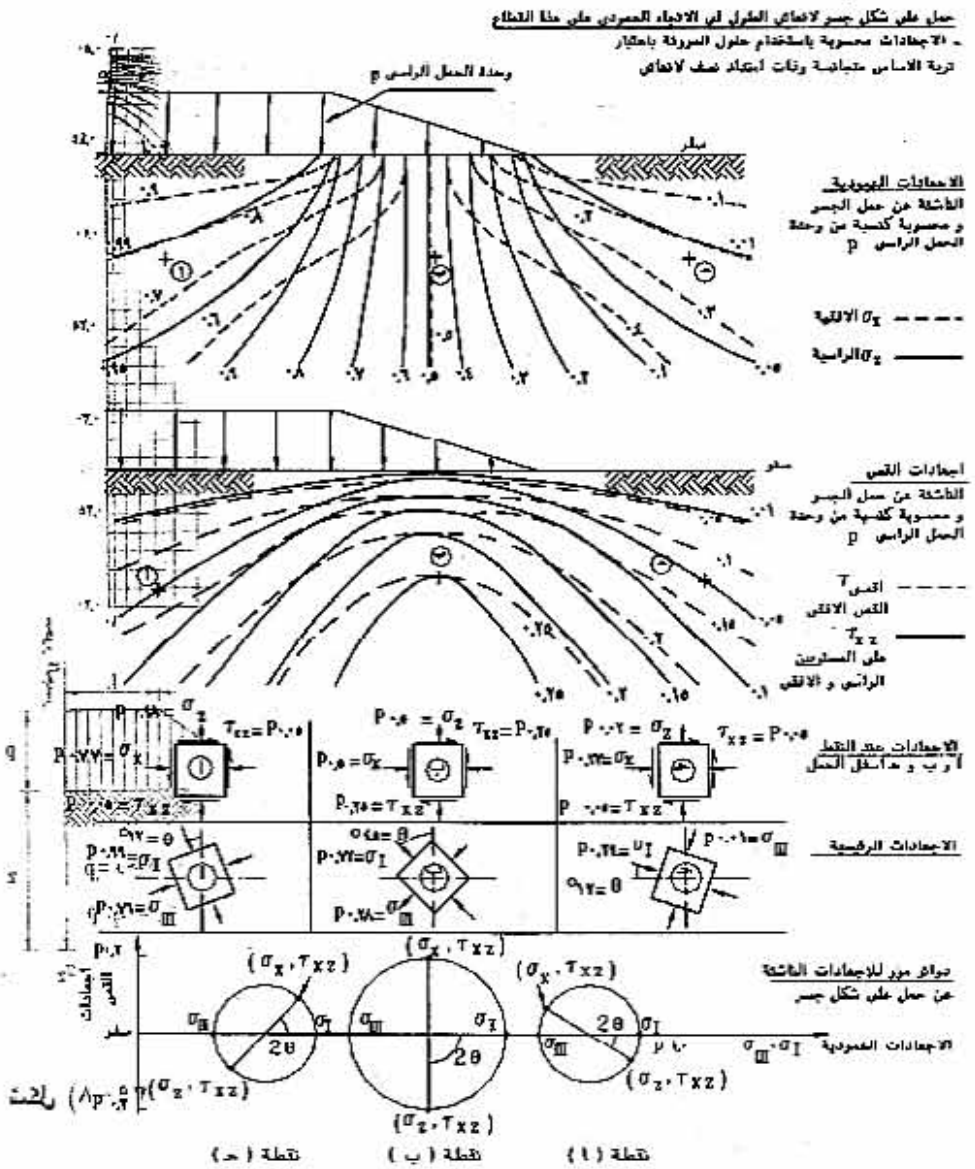
ويتم تحديد قيمة المعامل c_α من اختبار التضاغط بالمعمل، ولكن بصفة ابتدائية يمكن استخدام العلاقة التقريبية الموضحة بالشكل (٨-٤٣) والتى يمكن استخدامها لمجال واسع من أنواع التربة المختلفة مثل الطين اللين غير العضوى والطمى العضوى والخث .. . الخ .

ويلاحظ أنه إذا كانت قيمة التضاغط الثانوى مطلوبة بشكل منفصل عن التضاغط الأساسى (الأولى) فيمكن الحصول على التضاغط الأساسى (الاولى) منفردا باستخدام منحنى e-logp يتم حساب النقط المكونة له بعد انتهاء التضاغط الأساسى فقط وليس بعد ٢٤ ساعة كما هو متبع فى التجارب المعملية القياسية .

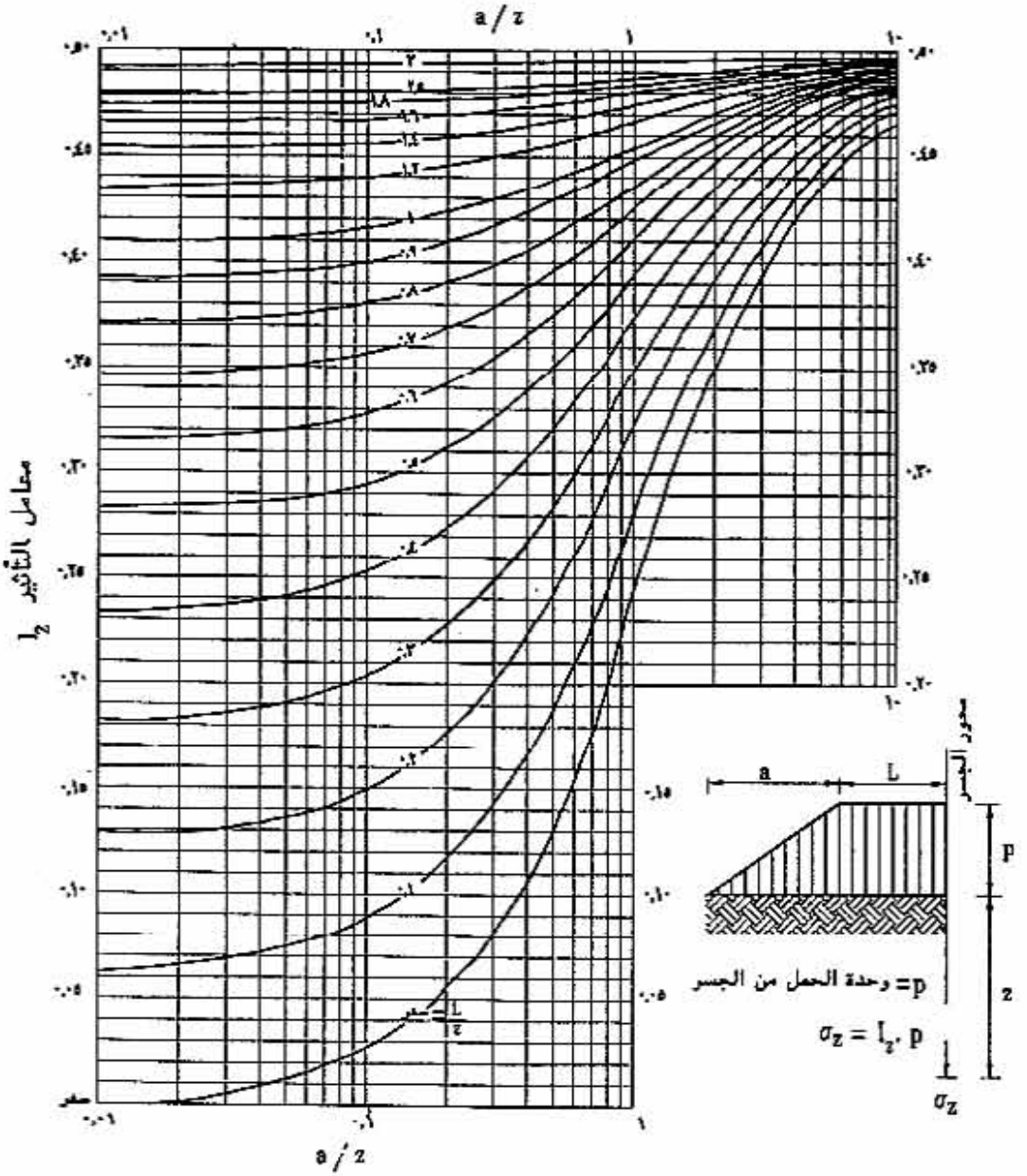
٨/٦/٤ الهبوط الناشئ عن تضاغط جسم الجسر

يعتمد مقدار ومعدل الهبوط الناشئ عن تضاغط جسم الجسر نفسه على مادة الإنشاء وعلى ارتفاع الجسر. ففى حالة الجسور التى تبنى من تربة متماسكة عالية اللدونة نسبيا والتى تزيد فيها نسبة المحتوى المائى عن النسبة المثلى optimum فان وزن الطبقات المتتالية يسبب ارتفاعا فى ضغط مياه المسام خاصة فى الطبقات السفلى من الجسر ويزيد هذا التأثير فى الجسور العالية وكذلك فى السدود الترابية. ويعد انتهاء الإنشاء يبدأ التضاغط فى الحدوث مواكبا لهروب مياه المسام تحت الضغط وقد يستغرق ذلك عدة شهور أو سنوات حتى يتم التضاغط الكلى لجسم الجسر .

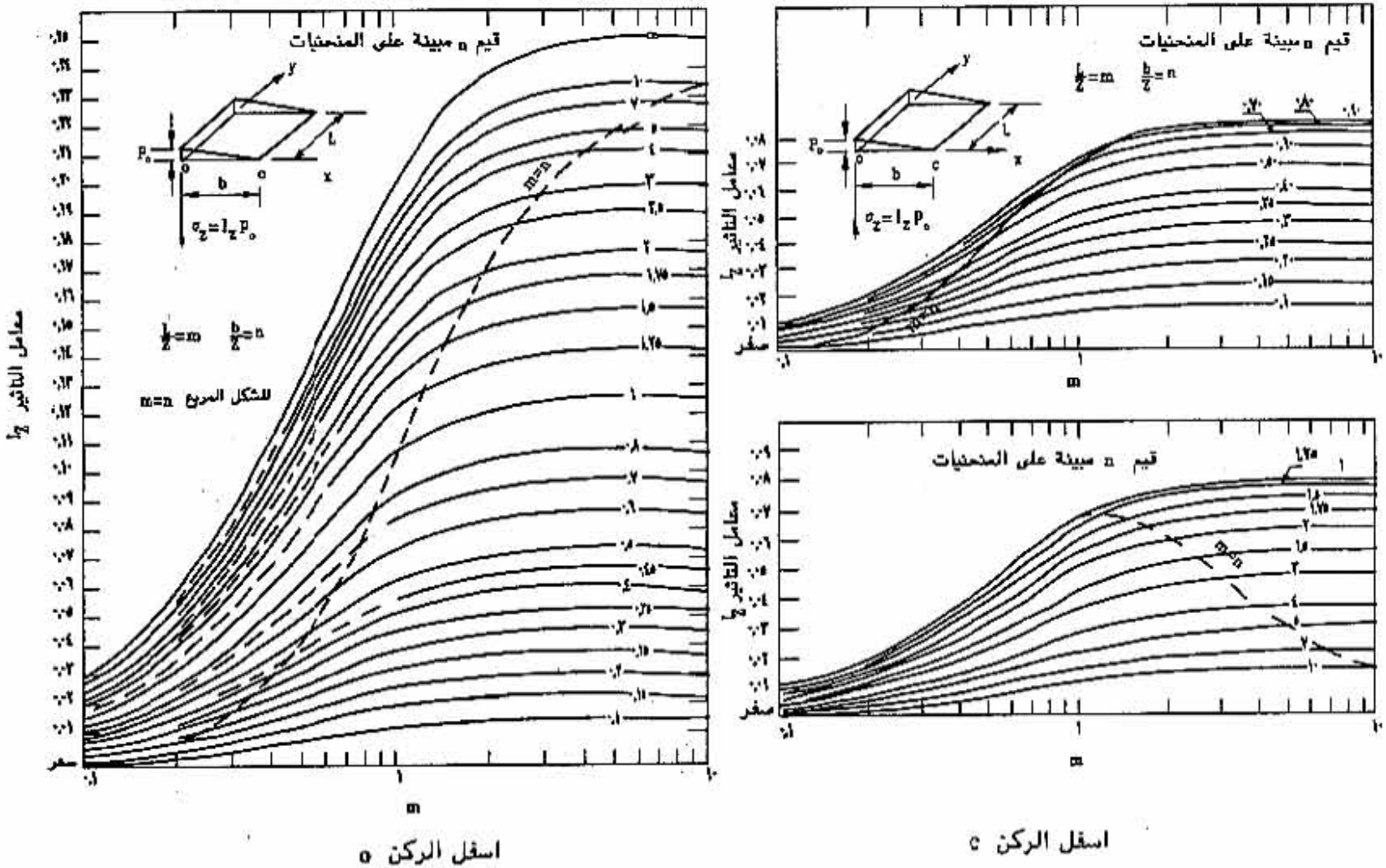
وللتحكم فى هذه الظاهرة خاصة فى حالة الجسور العالية والسدود فانه يلزم متابعة مقدار ضـــغط مياه المسام أثناء الإنشاء باستخدام بيزومترات كما يمكن تعديل نسبة الماء المضاف أثناء الإنشاء بما يتناسب مع قراءات البيزومترات .



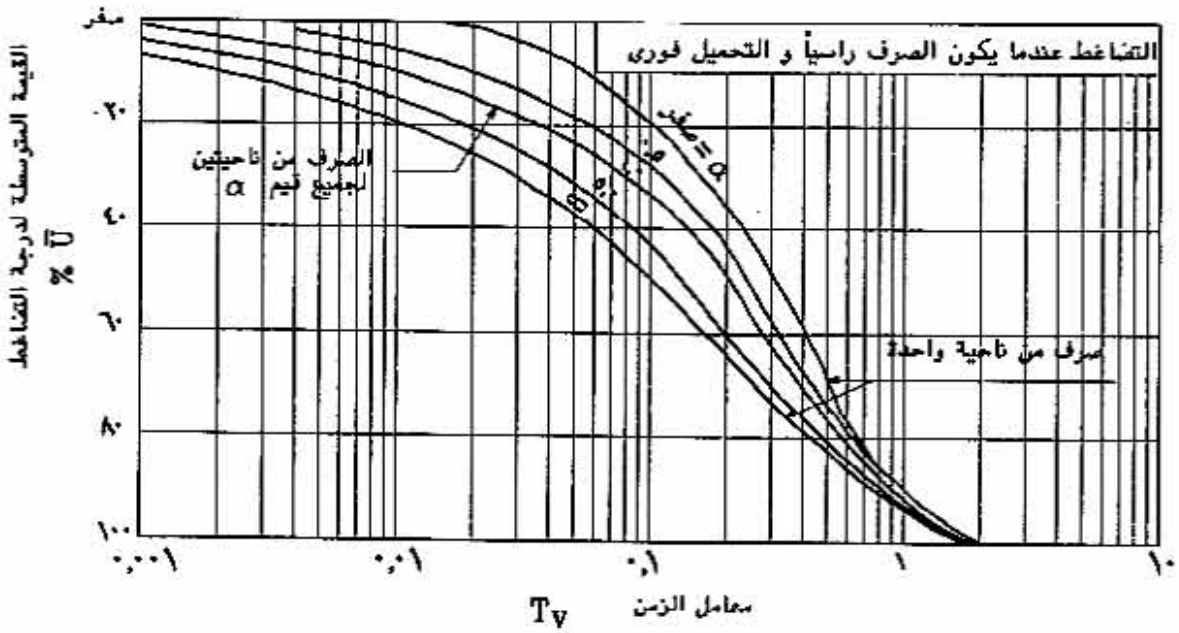
شكل (٨-٣٨) مقدار واتجاه الإجهادات الناشئة عند نقط مختلفة أسفل حمل على شكل جسر

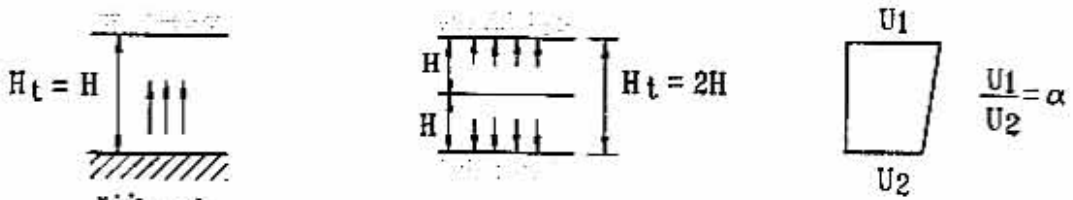


شكل (٨-٣٩) معاملات التأثير لحساب الإجهادات الرأسية على طبقة الأساس من حمل الجسر فقط والجسر ذى طول غير محدد نسبياً (لا نهائى) (Boussinesq case)

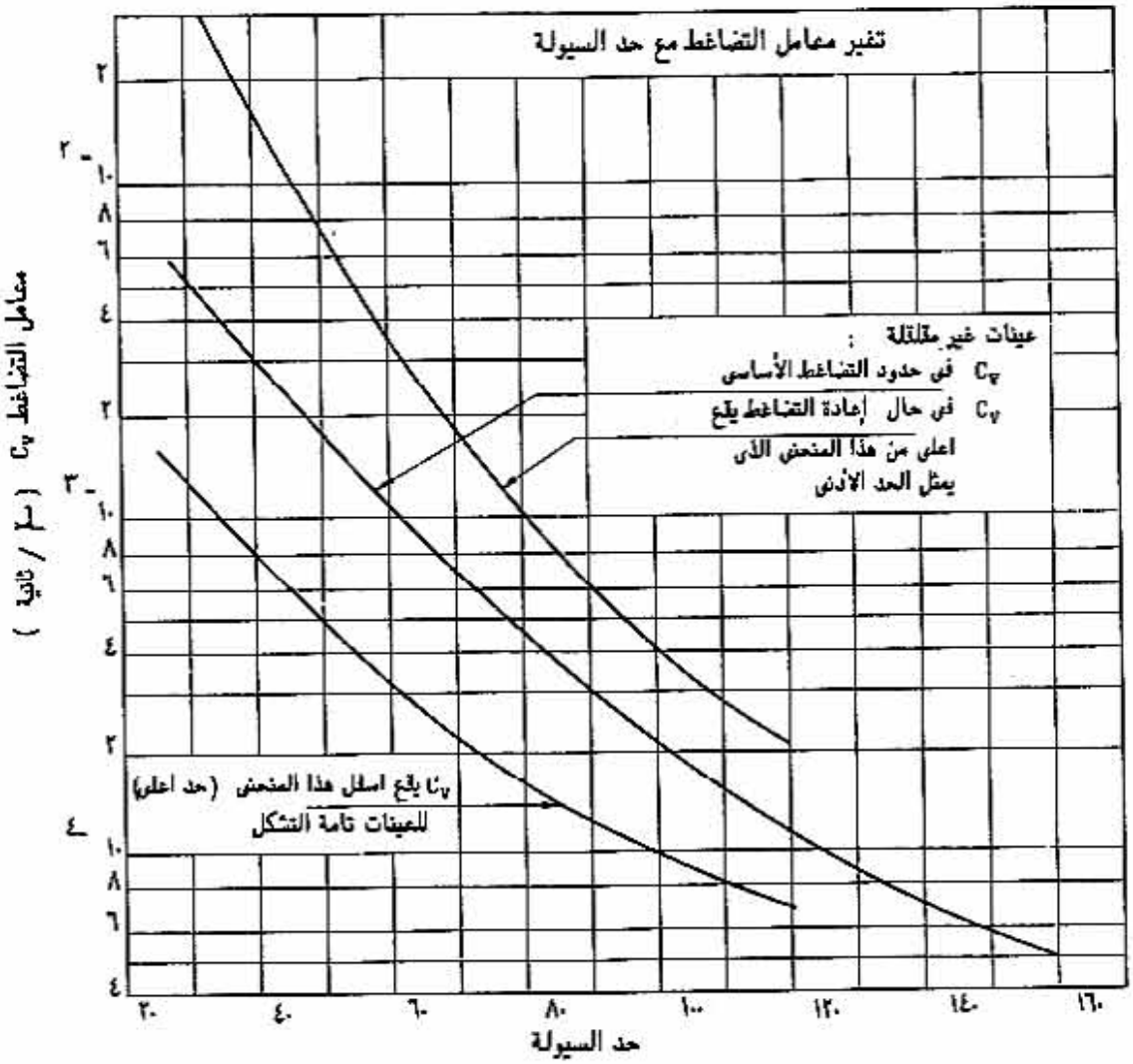


شكل (٨-٤٠) معاملات التأثير لحساب الإجهادات الرأسية أسفل جسر مثلث المقطع محدود الطول

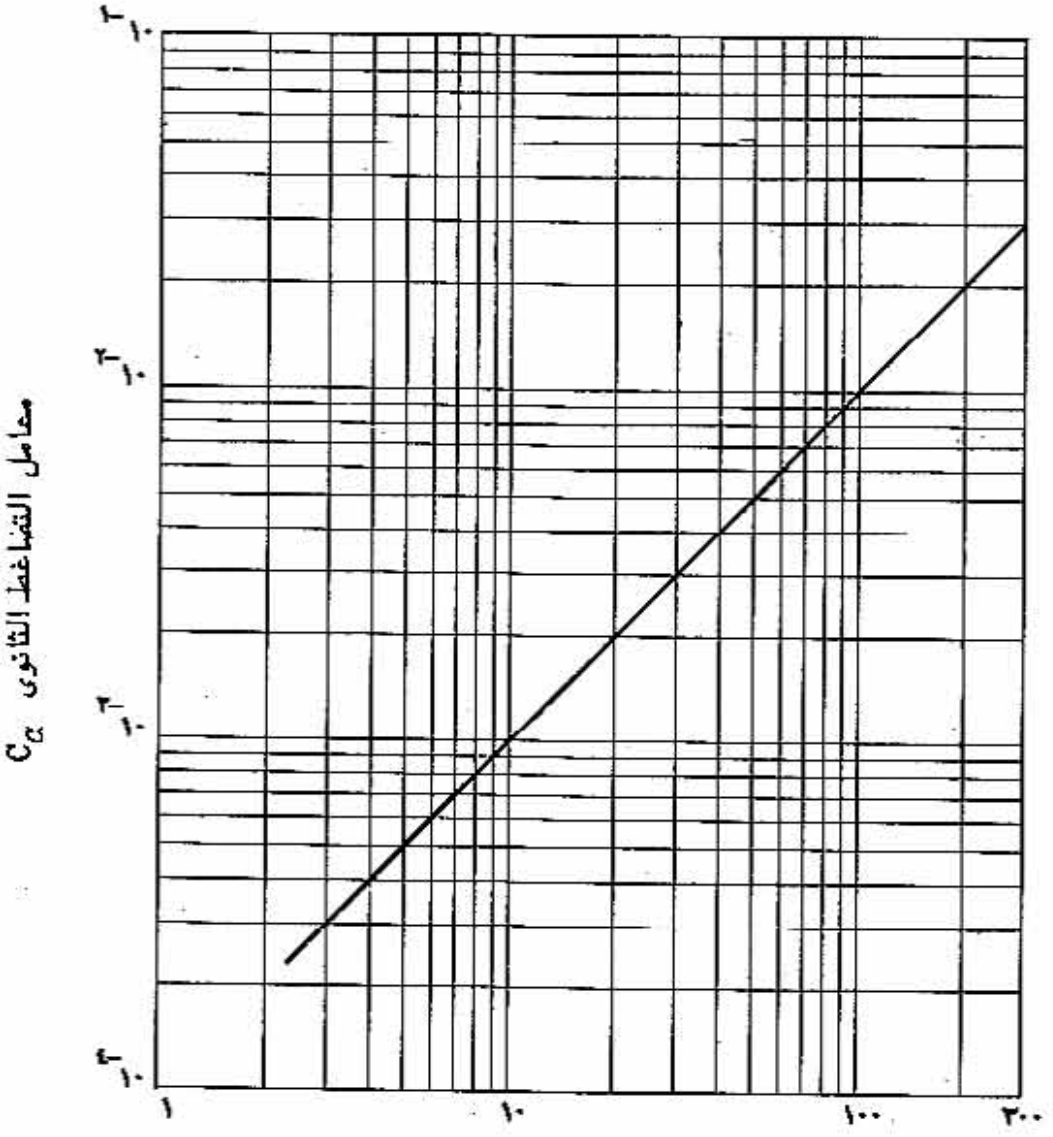




شكل (٨-٤١) المعدل الزمنى للتضاغط لحالة الصرف الرأسى نتيجة لتحميل آنى (سريع)



شكل (٨-٤٢) القيم التقريبية لمعامل التضاغط (c_r) للطمي والطين

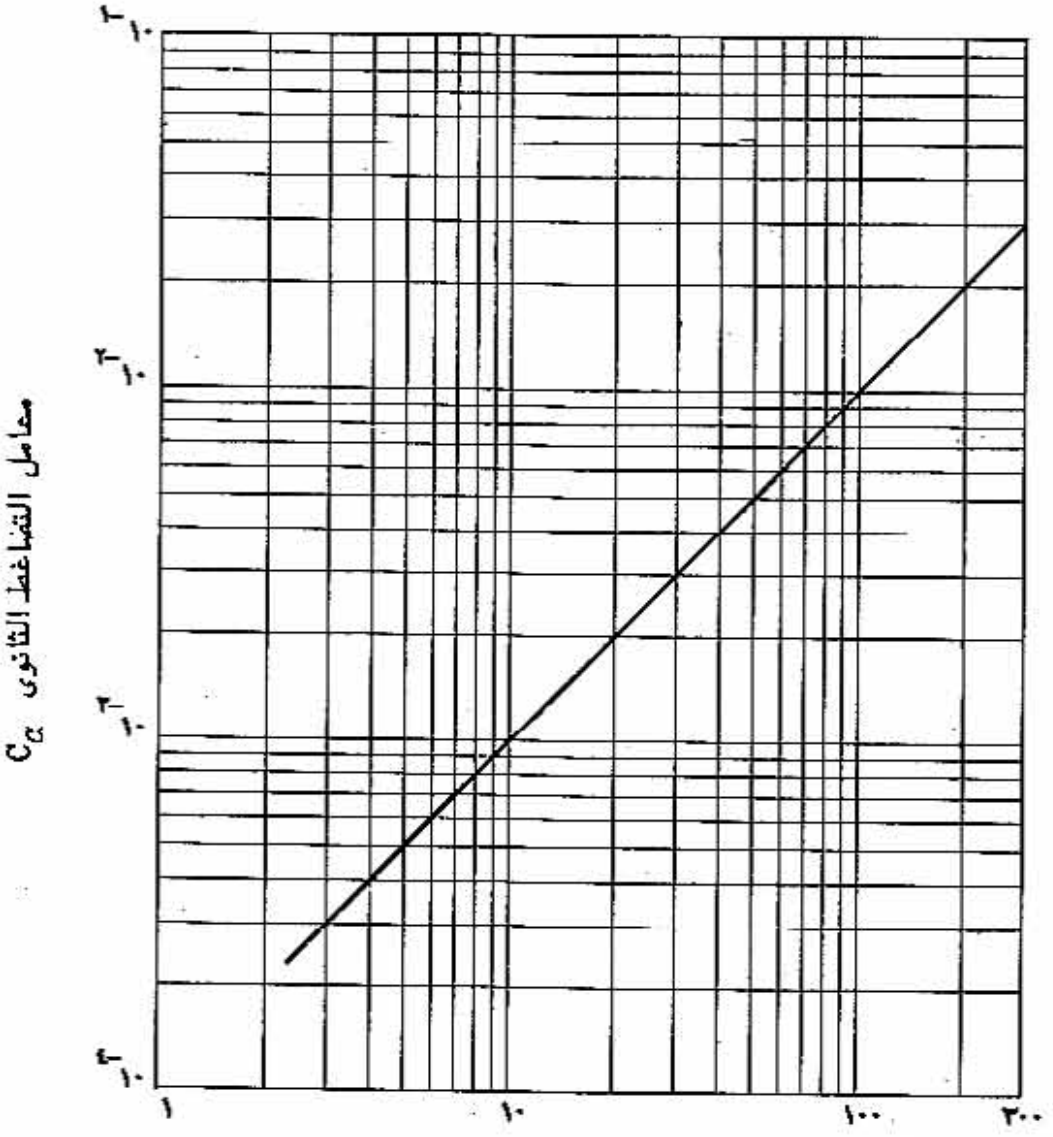


شكل (٨-٤٣) معامل التضاغط الثانوى وعلاقته بمحتوى الماء الطبيعى

٧/٨ الدراسات الحقلية

١/٧/٨ مقدمة

تهدف الدراسات الحقلية field investigation بصفة عامة إلى تحديد المساحات المعرضة للإنزلاقات الأرضية فى المناطق المزمع دراستها لاقامة منشآت أو مشروعات عليها، واقتراح



شكل (٨-٤٣) معامل التضاغط الثانوى وعلاقته بمحتوى الماء الطبيعى

٧/٨ الدراسات الحقلية

١/٧/٨ مقدمة

تهدف الدراسات الحقلية field investigation بصفة عامة إلى تحديد المساحات المعرضة للإنزلاقات الأرضية فى المناطق المزمع دراستها لاقامة منشآت أو مشروعات عليها، واقتراح

الوسائل المناسبة لمنع أو الحد من التحرك المحتمل للميول وإذا تعذر ذلك فيمكن اقتراح مناطق بديله لاقامة المشروعات عليها.

أما إذا كان الانزلاق قد بدأ بالفعل (سواء قبل بدء إقامة المشروعات أو بعد بدئها) فتكون الدراسة بهدف تشخيص العوامل التى تسببت فى تحرك الميول وتحديد الوسائل العلاجية المناسبة لمنع أو الحد من استمرار التحرك.

لذلك تكون الدراسات الحقلية جزء من دراسة مخططة لتأمين سلامة وثبات الميول القائمة (سواء كانت طبيعية أو صناعية) وبصفة خاصة عند اقامة أعمال أومنشآت عليها، ونظرا لان الدراسة يجب أن تغطى متطلبات التصميم أو العلاج فإنها تبدأ قبل الشروع فى إقامة المشروعات أو إجراء العلاج بمدة طويلة وأحيانا تستمر لفترة طويلة بعد إنتهاء الأعمال. وتشمل الدراسات الحقلية دراسة عدد من العوامل فى مجالات متنوعة مثل الطبوغرافية، الجيولوجية المياه السطحية والجوفية والبيئة.

٢/٧/٨ التخطيط للدراسات الحقلية

١/٢/٧/٨ المساحة المطلوبة للدراسات الحقلية

المساحة التى تجرى عليها الدراسات يحددها حجم المشروع ومدى الظواهر الطبوغرافية والجيولوجية التى تدخل فى نطاق التحرك المحتمل للميول.

وفى المناطق المعرضة لتحرك الميول ولكنها لم تبدأ بعد، يصعب أن نحدد مسبقا المساحة التى يجب أن تشملها الدراسات الحقلية . أما إذا حدث بالفعل تحرك أو انزلاق للميول فيصبح من الممكن تحديد مدى الدراسات الحقلية المطلوبة.

ومع هذا ففى كلتى الحالتين يجب أن تكون مساحة الدراسة أكبر كثيرا من المساحة التى يحتمل تعرضها للنشاط الانزلاقى أو التى حدث فيها تحرك بالفعل، وذلك لسببين:

أ- انه يجب ربط المنطقة المعرضة للانزلاق أو التى تحركت بالفعل بالمنطقة الثابتة المحيطة بها.

ب- ان معظم مناطق انزلاق الميول تتسع مساحتها مع مرور الوقت.

بصفة أولية يمكن القول بأن المساحة التى تجرى عليها الدراسة تتراوح بين مرتين وثلاث مرات اكبر من المنطقة المعينة طولا وعرضا.

وفى بعض المناطق الجبلية يكون من الضرورى امتداد الدراسة إلى قمة الميل أو حتى حدوث

تغير رئيسي في طبقات الأرض أو زاوية الميل، أما على الأجناب فيجب أن تضم المساحة مصادر المياه الجوفية والتكوينات الجيولوجية الممتدة مع المنطقة الغير ثابتة.

أما عمق الدراسة فقد يكون اكثر صعوبة أن يحدد مسبقا إذ يجب أن تمتد الجسات وغيرها من الطرق المباشرة إلى أعماق كافية للتعرف على التربة التي لم تتعرض في الماضي للتحرك ولكنها قد تدخل في إطار التحرك في المستقبل، وكذلك التكوينات الأعمق والتي ينتظر أن تظل ثابتة.

وأحيانا يراجع تحديد العمق النهائي للجسات مع استمرار تقدم العمل، فقد نجد أن البيانات التي تم الحصول عليها عند عمق معين تجعل من الضروري أن يستمر الجس إلى أعماق أكبر من تلك السابق تخطيطها.

لذلك يجب أن تكون المواصفات من المرونة بحيث تسمح بزيادة عمق البحث كلما دلت البيانات التي يتم الحصول عليها على احتمال حدوث التحرك بأعماق أكبر.

ويجب رسم قطاعات طولية تمر بمركز الانزلاق وتوضح الاحتمالات لقاع وقمة الانزلاق:

يمكن اقتراح أقصى عمق للتحرك بتخطيط أسطح انزلاق دائرية أو بيضاوية بين النهايات المذكورة.

أن وجود طبقة سميكة صلبة ومستمرة في نطاق الميل يمكن أن يحد من عمق الإنزلاق إلا انه لابد أن تمتد بعض الجسات إلى عمق اكبر من العمق المحتمل لسطح الانزلاق بالقص، فأحيانا تحجب التحركات العميقة والبطيئة بواسطة تحرك اكبر على أعماق أقل.

٢/٢/٧/٨ مدة الدراسات الحقلية

نظرا لأن معظم الانزلاقات الأرضية تتأثر بالتغيرات المناخية، فان اقل مدة للدراسات الحقلية يجب أن تغطي دوره كاملة لفصول الطقس- أي سنه كاملة في معظم أنحاء العالم. إلا انه بسبب التأثير التراكمي السنوي للدورة السناخية طويلة المدى التي تحدث كل ١١ أو ٢٢ سنة، فان الدراسات الحقلية اللازمة للانزلاقات الأرضية قد تمتد لأكثر من عقدين من الزمن.

ومع هذا فان مثل هذه الدراسات الطويلة تعتبر مستحيلة تقريبا، بسبب الحاجة إلى استنباط الاستنتاجات واتخاذ الإجراءات العلاجية.

إن الدراسات التي تجري أثناء الظروف المناخية التي تقل قوتها عن الحد الأقصى لظروف المناخ ستكون متفائلة أكثر من اللازم، أما تلك التي تجرى في ظروف مناخية سيئة فإنها قد تكون

متشائمة اكثر من اللازم. أن اسوأ ظروف مناخية تنشأ خلال فترة حياة المشروع هى التى تحكم المخاطر التى تتعرض لها المنشآت.

وقد أثبتت الخبرة أن كثيرا من الاستنتاجات الخاطئة قد تم التوصل إليها عن أسباب الانزلاقات الأرضية وكفاءة الإجراءات العلاجية وذلك لان تغيرات مناخية إلى الاسوأ لم تؤخذ فى الاعتبار بواسطة المهندسين والجيولوجيين المسئولين.

٣/٢/٧/٨ مراحل الدراسات الحقلية.

المفروض أن الدراسات الحقلية الخاصة بثبات الميول هى عملية مستمرة إلا أنه من وجهه النظر العملية يمكن تقسيمها إلى المراحل التالية:

أ- المرحلة الأولى، هى تحريات ابتدائية أو استطلاع حيث يتم فيها الحصول على فكرة عامة شاملة عن المنطقة محل الدراسة.

ويبدأ العمل باستعراض المادة المنشورة عن جيولوجية المنطقة وأى وصف عن عدم ثبات الأرض فى الماضى.

وتكون الدراسة الحقلية فى معظمها بالفحص البصرى وتفسيراتها نظرية وتستخدم نتائج هذا التقييم الابتدائى كدليل لتخطيط الدراسة المركزة والمحددة التى يتم خلالها الحصول على القسم الرئيسى من البيانات الكمية.

ب- المرحلة الثانية، وهى أكثر تركيزا وتفصيلا، وتشمل الجسات، أخذ العينات، الحفر، وغيرها من الطرق الفنية المصممة للحصول على البيانات اللازمة.

ونتيجة للتغيرات المناخية، يفضل أن تجرى هذه التحريات المركزة خلال الفصل الذى يمثل أسوأ الظروف بالنسبة لثبات الميول.

ج- المرحلة الثالثة، وهى تكرارية؛ فعند الحصول على بيانات جديدة، تظهر الحاجة للحصول على بيانات إضافية من أماكن معينة.

لذلك يجب أن تسمح خطة الدراسات الحقلية بأعمال إضافية لم تكن ضمن مجال الدراسة الأصلية.

وقد أثبتت الخبرة أن الأعمال الإضافية التى تتبع الحاجة إليها من المعلومات التى يتم الحصول عليها أثناء تنفيذ خطة الدراسة الموضوعة تتراوح بين ٣٠%، ٥٠% من حجم الأعمال التى كانت تعتبر فى البداية كافية للدراسات المركزة.

د- المرحلة الرابعة وتتضمن المراقبة المستمرة للميول التي يشك فى نشاطها أو التى تم اتخاذ

إجراءات علاجية لها.

وتعتبر فترة المراقبة غير محددة ولكنها يجب أن تمتد لكى تغطى دورة مناخية سنوية على الأقل، بل ويفضل أن تمتد أكثر من ذلك بحيث تشمل أسوأ الظروف المناخية.

ويمكن تحقيق أفضل النتائج إذا استمرت المراقبة لفترة كافية لحدوث المدى الكامل للظروف البيئية المتوقعة عمليا، والا فان حدود المخاطرة المستمرة تظل غير معروفة بصورة كافية.

٣/٧/٨ مجالات الدراسات الحقلية

تشمل الدراسات الحقلية المجالات الآتية:

١/٣/٧/٨ طبوغرافية الموقع

تحدد الطبوغرافية أولا بالمساحة التصويرية photogrametry التى توفر فكرة شاملة عن ظروف الموقع، غير أنه بالنظر إلى التفاصيل اللازمة وبسبب ما تحجبه الزراعات، الانزلاقات الأرضية ذاتها، أصبحت المساحة الأرضية التفصيلية من بين الأدوات الرئيسية فى دراسة الانزلاقات الأرضية، والغرض من الأعمال المساحية ما يلى:

ا- إقامة علامات على الأرض كثوابت لانشاء خرائط المساحة التصويرية على أساسها من حيث الموقع والمنسوب

ب- الحصول على التفاصيل المصورة فى المناطق التى تحجب فيها الزراعات سطح الأرض.

ج- إقامة إطار ثابت ينسب اليه تحرك سطح الأرض.

٢/٣/٧/٨ استكشاف تحت السطح

أ- الاستطلاع الجيولوجى:

إن المعرفة الكاملة لجيولوجية المنطقة تعتبر ضرورية للتعرف على المناطق المعرضة للانزلاقات الأرضية وكذلك لتحليل وعلاج الانزلاقات التى حدثت بالفعل.

وتحدد جيولوجية المنطقة بالملاحظة السطحية (الاستطلاع الجيولوجى) وبتفسير بيانات الاستكشاف تحت السطح.

وينتج عن الاستطلاع تقدير للجيولوجية المحلية كما يساعد على اختيار المناطق والطرق الفنية للدراسات التالية وعلى تفسير نتائج الدراسات الشاملة.

ب- الجسات، واخذ العينات، وتسجيل القطاعات:

ان الجسات والعينات والربط بين البيانات لمعرفة طبيعة تحت السطح في الأبعاد الثلاثة تعتبر من اكثر مراحل الدراسات أهمية.

فالتربة والصخور المسئولة عن ثبات الأرض مختفية تحت السطح، وللحصول على البيانات اللازمة عنها يجب استخدام طرق البحث المباشرة.

ج- حفر الاختبار والخنادق:

من افضل الطرق لأخذ العينات وتحديد التكوين وغيره من الخواص الطبيعية للتربة والصخور الضعيفة طريقة حفر الاختبار والخنادق test pits and trenches

ويجرى اخذ العينات من جوانب الحفر وتسجيل قطاعاتها وتصوير تفاصيلها لإمكان عمل صور مجسمه للمواد والتكوين.

كذلك توفر الحفر والخنادق أماكن ممتازة لإجراء الاختبارات الحقلية فى الموقع.

د- الدراسات الجيوفيزيقية:

لا تعتبر الطرق الجيوفيزيقية بديلا عن الجسات أو حفر الاختبار والخنادق، ولكنها فى الواقع مكمله لها وتختصر بدرجة كبيرة الوقت والنفقات والمشاكل الكثيرة التى عادة ما تنتج عن عمليات الجسات على نطاق واسع. ومن بين الطرق الجيوفيزيقية طريقة قياس المقاومة الكهربائية وطريقة الانكسارات السيزمية seismic

٣/٣/٧/٨ المياه السطحية والمياه الجوفية

تعتبر المياه من أهم العوامل فى دراسة ثبات الميول، إذ أن معرفة المصدر، الحركة، وكمية المياه تعتبر على نفس درجة أهمية معرفة طبقات التربة لذلك يجب قياس ضغوط المياه الجوفية عند الأعماق المختلفة ومراقبة تغيراتها وتحديد معامل النفاذية حتى يمكن عمل دراسة هيدرولوجية كاملة للمنطقة التى تشملها الدراسات الحقلية .

٤/٣/٧/٨ العوامل البيئية

أن التغيرات الطبيعية والبشرية فى البيئة لها تأثير واضح على ثبات الميول.

فتاريخ المنطقة، سواء أثناء شغل الإنسان للأرض أو أثناء العصور الجيولوجية الحديثة ، يحدد الظروف التى تؤدى إلى تحرك الأرض، فضلا عن أن تاريخ الأحداث السلوكية للأرض يرشد إلى احتمالات عدم الثبات.

وعلى هذا فانه يجب دراسة عن كل عناصر البيئة للحصول على الخلفية التاريخية والمدخل إلى معرفة التغيرات المنتظرة فى المستقبل.

أ- الطقس

هو العامل الديناميكى الأقوى تأثيرا على معظم الانزلاقات الأرضية وبياناتـــه المطلوبـــة تشـــمل سقوط الأمطار ،الحرارة، البخر، الريح، الرطوبة النسبية، والضغط الجوى.

ب- التغييرات البشرية قبل الإنشاء

كثير من المناطق جرى تغييرها بواسطة الأنشطة البشرية، مثل تسطيح الأرض على مـــدرجات للزراعة، تغيير مسارات مجارى المياه، المناجم، تسوية الأرض للإنشاءات السكنية والصناعية، القطع والردم للطرق والمطارات وخطوط السكة الحديد مما ينتج عنه تأثيرات هامة على ثبـــات الأرض.

ج- التغييرات الناتجة عن الإنشاء

يجب مراقبة الإنشاءات الجديدة فى المناطق التى يحتمل حدوث تحرك أرضى بها بغرض تحديد التغييرات التى يحدثها المنشأ بالفعل واحتمال تطورها فى المستقبل.

٨/٧/٤ الاختبارات والأجهزة الحقلية

٨/٤/٧/١ الاختبارات الحقلية

لتقييم درجة اتزان ميل لم يحدث له فشل أو لتقدير فعالية إجراءات معالجة ميل حدث له فشـــل ، يتطلب الامر قياس خواص المواد التى تدخل فى نطاق العمليـــة. ولمواجهـــة اوجـــه القصـــور المرتبطة بالاختبارات المعملية فقد استحدث الكثير من طرق الاختبارات الحقلية.

أ- اختبارات الجسات

تجرى بعض الاختبارات فى نفس الجسات التى تحفر للتعرف على طبقات التربة ولأخذ العينات.

(١)اختبار الاختراق penetrationالديناميكى (القياسى).

(٢)اختبار الاختراق الاستاتيكى.

(٣) اختبار القص بالمروحة vare shear test

ب- الاختبارات فى الحفر

(١) اختبار التحميل.

(٢) اختبار القص المباشر.

٢/٤/٧/٨ أجهزة المراقبة والقياسات الحقلية

أ- استخداماتها

تستخدم هذه الأجهزة بصفة أساسية للأغراض الآتية:

(١) تحديد عمق وشكل سطح الانزلاق فى الانزلاق المتطور مما يسمح بأجراء الحسابات لتحديد معاملات قوة التربة عند الفشل وبالتالى يمكن تصميم الوسائل العلاجية.

(٢)تحديد التحركات الجانبية والرأسية المطلقة فى نطاق الكتلة المنزلقة.

(٣) تحديد معدل الانزلاق (تحركات معجلة accelerated أو متقاصرة retarding) وبذلك يمكن التحذير من الأخطار الوشيكة

(٤) مراقبة نشاط الميول التى على حد الاتزان سواء كانت طبيعية أو صناعية وتأثيرات أعمال الإنشاء أو الترسيب عليها.

(٥) مراقبة مناسيب المياه الجوفية أو ضغوط مياه المسام المرتبط عادة بنشاط الانزلاق الأرضى لامكان تحليل الإجهاد المؤثر .

(٦) توفير بيانات رقمية مقروءة من بعد أو نظام إنذار من بعد للتحذير من الأخطار المحتملة.

(٧) مراقبة وتقييم فعالية إجراءات السيطرة المختلفة.

ب- تخطيط استخدام الأجهزة

يلزم التخطيط الكافى قبل استخدام أجهزة المراقبة والقياس، ويشمل ذلك الخطوات التالية:

(١) تحديد أنواع القياسات المطلوبة.

(٢) اختيار أنواع الأجهزة التى تناسب القياسات المطلوبة بالتحديد.

(٣) تخطيط أماكن وأعداد وأعماق الأجهزة.

(٤) اختيار الطرق الفنية المناسبة للتسجيل.

ج- أنواع القياسات المطلوبة

تشمل الانزلاقات الأرضية التحرك، ومقدار ومعدل وتوزيع هذا التحرك وهى بصفة عامة أهم القياسات المطلوبة.

وعلى نفس الدرجة من الأهمية فى كثير من مشاكل الانزلاقات قياسات ضغوط مياه المسام فى نطاق منطقة الانزلاق وبصفة خاصة فى حالة الأرض الطباقية حيث قد تنشأ ضغوط هيدروستاتيكية بين الطبقات.

إذا كان عمق الإنزلاق ظاهرا للملاحظة بالعين، فقد تكون القياسات السطحية كافية للحصول على معدل التحرك.

ويجب أن تمتد القياسات السطحية إلى ما بعد الحد الأعلى للتحرك المرئى وذلك حتى يمكن مراقبة أى امتداد متقدم عن التشقق كما يجب الحصول على قياسات تحرك سطح الأرض رأسيا وأفقيا فى أماكن مختلفة فى نطاق منطقة الانزلاق وذلك مع استمرار مراقبة اتساع الشقوق ومنسوب قمة الميل top level .

ويمكن فى كثير من الأحوال الاستدلال على اتجاه التحرك من نمط التشقق وخاصة بمضاهاة الحواف الغير منتظمة للشقوق.

وإذا كان عمق وسمك منطقة التحرك غير ظاهرة فيجب استخدام مقياس الميل أو جهاز مشابه يمكنه كشف التحرك مع العمق ، ويجب قياس ضغوط مياه المسام عند أو بالقرب من سطح الانزلاق حتى يمكن إجراء تحليل الإجهاد المؤثر وكذلك تقييم كفاية إجراءات الصرف. وتعتبر البيزومترات ذات الاستجابة السريعة مناسبة جدا خاصة فى التربة الغير منفذه.

٨/٨ حماية ومعالجة الميول

يختص هذا الفصل بوسائل حماية الميول من الرياح والأمطار والمعرضة لحركة الأمواج كما هو الحال فى الميول أمام السدود أو الأنهار وجسور الترع والرياحات وغيرها من المجارى المائية. كما يشمل طرق معالجة الميول لزيادة اتزانها.

١/٨/٨ طرق حماية الميول

الطريقة المعتادة لحماية الميول من النحر نتيجة لتأثير الرياح والأمطار هى تغطية هذه الميول بطبقة أو كتل من الصخر أو زراعة الحشائش. وتكون حماية الميول من فعل الأمواج باستخدام دكه من الصخر (يوضع الصخر يدويا أو باستخدام قلاب). كما يمكن أيضا حماية الميول بصب بلاطات من الخرسانة على الميول أو استخدام كتل من الخرسانة السابق صبها، كذلك يمكن تثبيت التربة بالأسمنت stabilization أو الألياف والمصنعات الجيوتكنيكية والأخشاب.

وعلى نفس الدرجة من الأهمية فى كثير من مشاكل الانزلاقات قياسات ضغوط مياه المسام فى نطاق منطقة الانزلاق وبصفة خاصة فى حالة الأرض الطباقية حيث قد تنشأ ضغوط هيدروستاتيكية بين الطبقات.

إذا كان عمق الإنزلاق ظاهرا للملاحظة بالعين، فقد تكون القياسات السطحية كافية للحصول على معدل التحرك.

ويجب أن تمتد القياسات السطحية إلى ما بعد الحد الأعلى للتحرك المرئى وذلك حتى يمكن مراقبة أى امتداد متقدم عن التشقق كما يجب الحصول على قياسات تحرك سطح الأرض رأسيا وأفقيا فى أماكن مختلفة فى نطاق منطقة الانزلاق وذلك مع استمرار مراقبة اتساع الشقوق ومنسوب قمة الميل top level .

ويمكن فى كثير من الأحوال الاستدلال على اتجاه التحرك من نمط التشقق وخاصة بمضاهاة الحواف الغير منتظمة للشقوق.

وإذا كان عمق وسمك منطقة التحرك غير ظاهرة فيجب استخدام مقياس الميل أو جهاز مشابه يمكنه كشف التحرك مع العمق ، ويجب قياس ضغوط مياه المسام عند أو بالقرب من سطح الانزلاق حتى يمكن إجراء تحليل الإجهاد المؤثر وكذلك تقييم كفاية إجراءات الصرف. وتعتبر البيزومترات ذات الاستجابة السريعة مناسبة جدا خاصة فى التربة الغير منفذه.

٨/٨ حماية ومعالجة الميول

يختص هذا الفصل بوسائل حماية الميول من الرياح والأمطار والمعرضة لحركة الأمواج كما هو الحال فى الميول أمام السدود أو الأنهار وجسور الترع والرياحات وغيرها من المجارى المائية. كما يشمل طرق معالجة الميول لزيادة اتزانها.

١/٨/٨ طرق حماية الميول

الطريقة المعتادة لحماية الميول من النحر نتيجة لتأثير الرياح والأمطار هى تغطية هذه الميول بطبقة أو كتل من الصخر أو زراعة الحشائش. وتكون حماية الميول من فعل الأمواج باستخدام دكه من الصخر (يوضع الصخر يدويا أو باستخدام قلاب). كما يمكن أيضا حماية الميول بصب بلاطات من الخرسانة على الميول أو استخدام كتل من الخرسانة السابق صبها، كذلك يمكن تثبيت التربة بالأسمنت stabilization أو الألياف والمصنعات الجيوتكنيكية والأخشاب.

٨/١/٨/١ التغطية بالحجر

تغطى الميول بطبقة من كسر الصخور أو الزلط الكبير بسمك ٣٠ سم وتعتبر هذه التغانة كافية لحماية الميل من الرياح والأمطار.

٨/١/٨/٢ الأعشاب

تعتبر الحشائش مناسبة لحماية الميول لبعض المواقع ويؤخذ في الاعتبار عند اختبارها طبيعة التربة وطرق ريها.

٨/١/٨/٣ التغطية بالكتل الصخرية

وتعتبر هذه الطريقة من افضل الطرق لحماية الميول من حركة الأمواج وتتكون من كتل من الصخر تلقى على الميول فوق مرشح من الركام cabble يكون تدرجه مناسبا ويجب أن يكون الصخر المستخدم صلد ذو كثافة عالية ومقاوم للعوامل الجوية وثقيل يقاوم حركة الأمواج ويمكن استخدام الجدول رقم (٨-٤) للاسترشاد عند التصميم.

٨/١/٨/٤ التدبيش

توضع كتل الصخر يدويا بحرص وبأقل نسبة من الفراغات ويكون السطح بعد النهو مستويا. وناعما بقدر الإمكان. ويجب ألا يقل سمك هذه الطبقة عن ٣٠ سم بأى حال من الأحوال ويجب أن تزود من أسفلها بمرشح للمياه وان تكون بها فتحات كافية تسمح بسهولة سريان الماء خلالها.

٨/١/٨/٥ التغطية بالخرسانة

لنجاح استخدام هذه الطريقة فى حماية الميول فانه يجب تغطية السطح بخرسانة ذات مقاومة عالية للعوامل الجوية. كما يجب أن ترتكز الخرسانة على طبقة ركام ذات نفاذيه عالية وذلك لتفادى قوه دفع الماء وتكون بسمك ١٥ سم على الأقل.

وعندما يتعذر صب طبقة الخرسانة بدون فواصل تعمل بلاطات خرسانية بأقل قدر ممكن من الوصلات غير المنفذة للمياه. وفى هذه الحالة يلزم تسليح بلاطات الخرسانة فى منتصف تخانتها بحديد تسليح فى الاتجاهين بنسبة ٠,٥% من مساحة القطاع.

٦/١/٨/٨ الجابيونات

تتكون الجابيونات gabions من خلايا cells أو مراتب mattresses مصنوعة من أسلاك الصلب أو الألياف الصناعية البوليمرية القوية وتملأ برجام أو بكسر صخور وتوضع على أسطح ميول المجارى المائية أو السدود لحمايتها من تأثير حركة المياه من داخل الميل الى الخارج او العكس ويجب أن يكون الرجام boulder أو كتل الصخر المستخدم صلد وله كثافة عالية ومقام للعوامل الجوية . ويجب مراعاة الاحتياطات التالية عندتصنيع الخلايا وملئها بالصخور بالموقع :

١- إضافة الكيماويات المناسبة للبوليمرات المكونة للشبكات حتى تكون مقاومة لأشعة الشمس والحرارة والقوارض .

٢- يراعى إستخدام الجابيونات أو المراتب المصنعة من البولميرات أو أسلاك الصلب المغلفة بالبلاستيك فى المواقع التى تحتوى على تركيزات عالية من الأحماض العضوية أو المياه التى يكون فيها الأس الهيدروجينى أقل من ٦ أو أكبر من ١٢ .

٣- يراعى إستخدام دعامات أو قضبان لتقوية خطوط الإلتقاء الرأسية والجانبية للجابيونات وذلك عندما تكون الجابيونة بإرتفاع ٠,٥٠ متر أو أكثر .

٤- يراعى عند ملأ الخلايا أو المراتب بالرجام أو الحجارة أن يتم ملأ الخلية لمنتصف إرتفاعها ، ثم يستكمل ارتفاعها بعد أن يكون الخلايا المحيطة بها مليئة تماماً أو إلى نصف الإرتفاع على الأقل .

٥- يمكن إستخدام خوابير wedges من الخشب أو القضبان الحديدية لتثبيت الجابيونات مع التربة .

٦- يراعى توافر الشرطين التاليين فى التدريج الحبيبى الخاص بالركام أو الحجارة المستخدمة فى ملأ الجابيونات :

- يجب أن يزيد القطر المتوسط D_{50} الركام عن ضعف قطر فتحات شبكة الجابيونات .
- لاتزيد نسبة وجود قطع ذات مقاس أقل من مقاس فتحات شبكة الجابيونات عن ٥٠% .

٧- يلزم أخذ الإحتياطات الكافية لمنع هروب حبيبات التربة أثناء حركة إستخدام المياه بإستخدام مرشح filter مناسب تحت الجابيونات أو إستخدام أنسجة جيوتكنيكية geotextiles .

جدول (٨- ٤)

حدود التدرج وسمك غطاء الكتل الصخرية (damped riprap)

الميل	سمك الغطاء الصخرى بالسنتيمتر	وزن المقاسات المختلفة من الكتل الصخرية[١]			
		المقاس الأكبر	٤٠ إلى ٥٠% تكون أكبر من	٥٠ إلى ٦٠% نسبة مئوية من- إلى	صفر إلى ١٠% نسبة مئوية أقل من [٢]
٣:١	٧٥	١١١٠	٥٥٥	٥٥٥ - ٣٥	٣٥
٢:١	٩٠	٢٠٠٠	١١١٠	١١١٠-٤٥	٤٥

(١) لا تزيد نسبة الرمل وبودرة الصخر عن ٥% بالوزن من وزن الصخر الكلى.

(٢) يجب إلا تزيد نسبة هذه المواد عن حجم الفراغات للكتل الكبيرة.

٢/٨/٨ معالجة الميول

الجدول رقم (٨- ٥) يوضح طرق تثبيت ميول الحفر والبنود التالية توضح بعض منها.

١/٢/٨/٨ تعديل شكل القطاع

تعالج الميول فى هذه الحالة لزيادة معامل الأمان وذلك باتباع الطرق التالية مع ما يناسبها من الناحية الفنية والاقتصادية:

أ- تقليل الميل فى حالة سماح المساحة التى يتطلبها ذلك.

ب- عمل مسطاح للميل.

ج- إضافة سواد من حجارة أو غيرها عند زبان الميل.

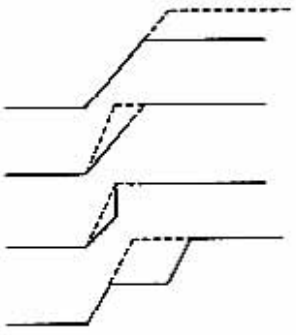
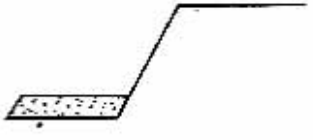
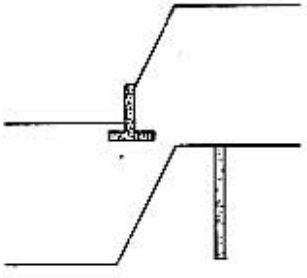
٢/٢/٨/٨ التحكم فى المياه الأرضية

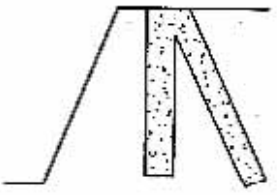
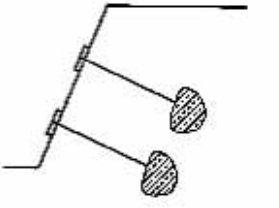
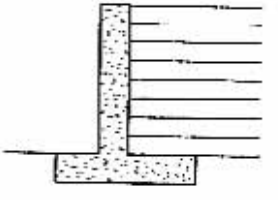
تنظيم تصرف المياه السطحية يقلل من تسرب الماء إلى المنطقة المعرضة للانزلاق ويقلل من طاقتها. كما أن تخفيض المياه الأرضية يعمل على زيادة الجهد المؤثر active (المقاوم للانزلاق) واستبعاد احتمال حدوث لين للتربة دقيقة الحبيبات عند الشقوق.

٣/٢/٨/٨ استخدام المنشآت الساندة

تستعمل الحوائط الساندة أو الخوازيق ذات الأقطار الكبيرة فى تثبيت الانزلاقات الضحلة صغيرة الحجم نسبيا فى اتجاه حركتها أو لسند الميول شديدة الانحدار عند القدمة حتى لا يمتد الفشل ليشمل كتلة كبيرة خلف الخوازيق أو الحوائط الساندة.

جدول (٨-٥) طرق تثبيت ميول الحفر

الرسم التوضيحي	الطرق المستخدمة	ملاحظات
١- تغيير قطاع الحفر 	١- تقليل ارتفاع الميل بالحفر عند سطح الميل في التربة الطينية. ٢- تقليل زاوية الميل. ٣- تقليل زاوية الميل بالتربة الضعيفة وزيادتها في الأقوى لنفس الميل. ٤- عمل مسطاح عند الجزء العلوي من الميل	١- تعمل في حالة سهولة وصول الأدوات والمعدات اللازمة للحفر مع تواجد مكان لنقل ناتج الحفر إليه وقد يحتاج الأمر في بعض الأحيان إلى صرف المياه.
٢- عمل مصطبة من الردم 	١- تعمل مصطبة من التربة المدموكة أو المصخر وتمتد من قدمة الميل. ويمكن أن يجرى صرف المياه خلف المصطبة.	١- تكون المصطبة بسمك وعرض كاف بحيث لا يحدث فشل أسفل أو خلال المصطبة.
٣- منشآت ساندة 	١- حوائط ساندة كابولية. ٢- عمل خوازيق بالتقيب رأسية مصبوبة في مكانها وممتدة إلى ما بعد سطح الانزلاق بقطر ٤٥- ٩٠ سم على مسافات ١,٢٥-٢,٥ متر وفي حالة التربة الرقائقية laminar تعمل خوازيق بقطر أكبر وعلى مسافات أقل.	١- عادة ما تكون طريقة الحوائط الساندة الكابولية مكلفة وقد تحتاج إلى ربطها من الخلف. ٢- تكون المسافة بين الخوازيق بحيث يمكن للتربة أن تعمل تنبية arching بينهما. يمكن ربط الخوازيق بكمرات عرضية. تستخدم خوازيق ذات قطر كبير (١,٨٥م) في حالة الانزلاق العميق الحفر الدائم.

الرسم التوضيحى	الطرق المستخدمة	ملاحظات
	٣-خوازيق بالتفريغ رأسية مصبوبة فى مكانها مربوطة بخوازيق مائلة أو بكتلة ثقيلة. تمتد الخوازيق تحت سطح الانزلاق ، والخوازيق بقطر ٣٠ -٧٥سم وعلى مسافات من ١,٢٥-٢,٥ متر.	٣- المسافات بين الخوازيق متقاربة وكافية لعمل قبو من التربة بين الخوازيق يمكن ربط الخوازيق ببعضها بواسطة كمرة عرضية (الحفر الدائم).
	٤- تثبيت الميول في التربة والصخر باستخدام الأربطة anchors bolts الجوابط.	٤- تستخدم في الميول ذات الانحدار الكبير وفى المناطق المحدد أبعادها. - يجب أن يكون هناك صيانة وملاحظة مستمرة بالنسبة للميول في الصخر عندما يكون هناك وصلات في الصخر أو ميل في الطبقات. (الحفر لدائم).
	٥- تسليح التربة بالمصنعات الجيوتكنية geosynthetics او غيرها	٥- يمكن الرجوع للجزء ٩/٨ من الكود لمزيد من التفصيلات .

٨/٢/٨/٣ (أ) الحوائط الساندة

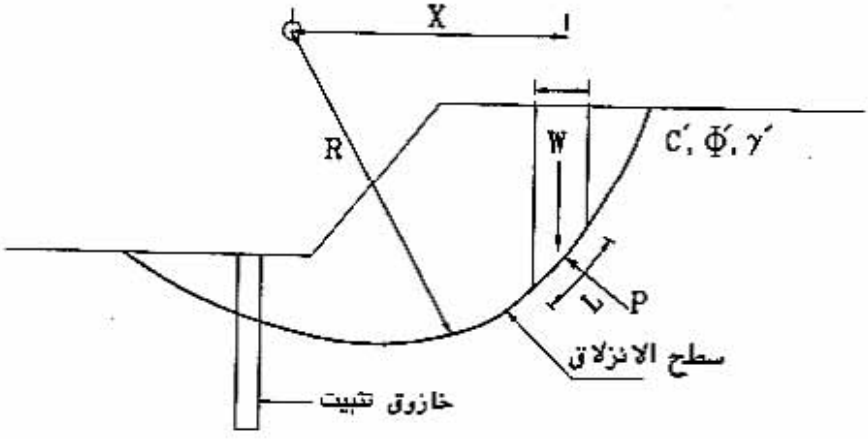
غالبا ما يحدث خطأ فى استخدام المنشآت الساندة عند التصميم باعتبار الضغط المؤثر active pressure الواقع عليها من التربة لخابور يشمل فقط نسبة صغيرة من الوزن الكلى للكتلة المنزلقة. وقد يحدث الفشل كلية تحت الحائط الساند أو أن تكون القوة الدافعة كبيرة بدرجة أن تجعل مستوى القص يمر من خلال المنشآت الساندة نفسها. يجب عند حساب ثبات الميول الأخذ فى الاعتبار احتمال زيادة الضغط على الحائط الساند من خابور التربة الذى يمتد لمسافة بعيدة للكتلة المنهارة خلف المنشآت الساندة. كما يؤخذ فى الاعتبار أيضا عند التصميم احتمال حدوث الفشل على سطح انزلاق عند أى مستوى تحت قاعدة المنشآت الساندة. يجب أيضا التأكد من توفر معامل أمان كاف ليس فقط بعد انتهاء الإنشاء وانما أثناء مراحل التنفيذ المختلفة.

٨/٢/٨/٣ (ب) القاسونات والخوازيق

لكى تكون القيسونات caissons والخوازيق ذات تأثير فعال فى ثبات الميول فانه يلزم أن تمتد هذه الخوازيق بعمق كاف تحت سطح الفشل وذلك لكى تعطى المقاومة الجانبية اللازمة والشكل رقم (٨-٤٤) يبين كيف يؤخذ فى الاعتبار تأثير الخوازيق عند حساب معامل الأمان ، كما يمكن حساب توزيع الضغوط على الخازوق من شكل رقم (٨-٤٥) ويفترض فى هذه الحالة حدوث حركه كاملة للتربة نتيجة لجهد القص خلال سطح الفشل .

٨/٢/٨/٤ طرق أخرى لعلاج الميول

هناك طرق أخرى لعلاج الميول، وذلك بحقن التربة بمواد لاحمة أو تقليل نسبة مياه المسام وذلك لزيادة مقاومة التربة للقص وذلك باستخدام الاسموز الكهربائى أو طلمبات التفريغ. أو بعمل حوائط حاجزة.



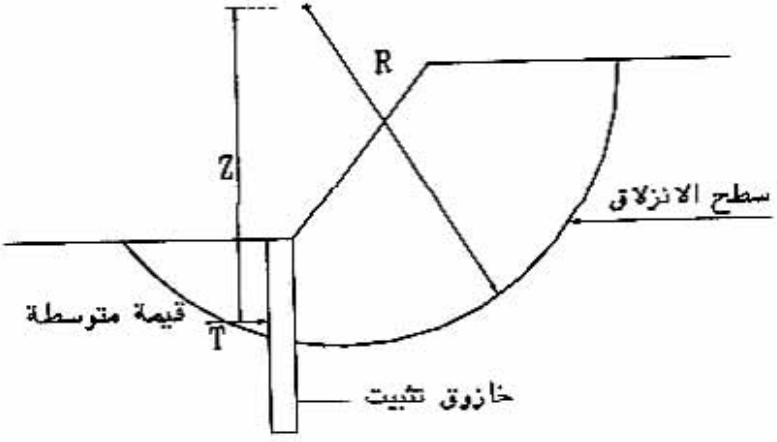
شكل (٨-٤٤) تأثير خازوق التثبيت على معامل الأمان

معامل الأمان(Fs) لعزوم الاتزان بطريقة الشرائح لانزلاق دورانى دائرى (بدون اهتزازات، أحمال، أو عمر الميل جزئيا) يحسب كالآتى:

$$Fs = \frac{\sum c' LR + \sum (p - uL) R \tan \phi'}{\sum wx} \qquad (٨-٩)$$

حيث:

- c' التماسك المؤثر
- ϕ' زاوية الاحتكاك المؤثرة
- w وزن الشريحة الكلى
- p القوى العمودية على قاعدة الشريحة
- L طول سطح الانزلاق للشريحة
- u متوسط ضغط مسام المياه عند سطح الانزلاق للشريحة
- R ذراع العزوم لسطح الانزلاق
- x المسافة الأفقية من منتصف الشريحة إلى مركز الدوران



تابع شكل (٨-٤٤) تأثير خازوق التثبيت على معامل الأمان

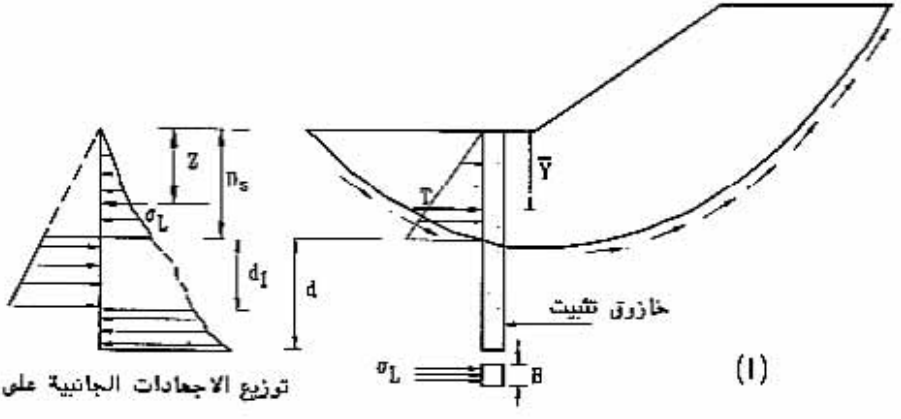
معامل الأمان لعزوم الاتزان يحسب من القوى المؤثرة بالإضافة إلى تأثير خازوق تثبيت كالآتى:

$$Fs = \frac{\Sigma c' LR + \Sigma (p - uL) R \tan\phi' + T.Z}{\Sigma wx} \qquad (٨-١٠)$$

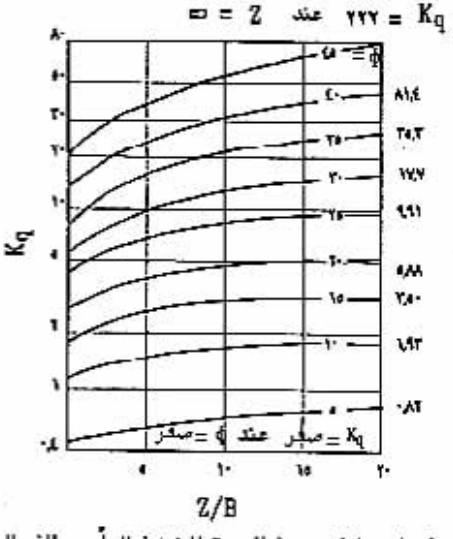
حيث:

T متوسط قوة الدفع (لكل وحدة طولية أفقية) التى تقاوم حركة التربة.

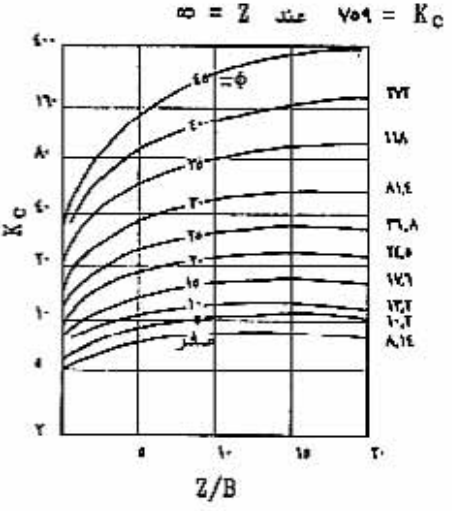
z المسافة الرأسية بين مركز الدوران ومحصلة قوة الدفع التى تقاوم حركة التربة.



توزيع الاجهادات الجانبية على الخازوق



(ج) معامل ضغط التربة للضغط الرأسى الفعال



(ب) معامل ضغط التربة للتماسك

شكل (٨-٤٥) طريقة حساب توزيع الضغوط على الخازوق

ضغط التربة الجانبى على الخوازيق (σ_L) لتربة لها (c،Φ) يحسب من المعادلة:

$$Q_L = \sigma'_v K_q + CK_c \qquad (١١-٨)$$

ولتربة لها (c) فقط و Φ = صفر يحسب من المعادلة:

$$Q_{L=} \sigma'_v + CK_c \qquad (١٢-٨)$$

حيث:

σ'_v الضغط المؤثر الرأسى عند عمق=z

K_q معامل ضغط التربة عندما تكون Φ = صفر

k_c معامل ضغط التربة عندما تكون Φ = صفر

لتعيين k_c, k_q تستخدم المنحنيات الموضحة بالشكل (٨-٤٥) .

٩/٨ إستخدام المصنعات الجيوتكنيكية فى أعمال الميول والجسور

١/٩/٨عموميات

١/١/٩/٨ تعريف

تعرف المصنعات الجيوتكنيكية geosynthetics على أنها رقائق مصنعة من مواد بوليمرية للأستخدام فى أعمال الهندسة الجيوتقنية بدلاً من المادة الطبيعية ومعها لتحسين خواصها وتسهيل عمليات الانشاء أو زيادة سرعة العمل أو خفض التكلفة الكلية للإنشاء والصيانة أو للأسباب السابقة مجتمعة .

تجهز المصنعات عادة من بوليمرات صناعية مثل البولى أيثيلين والبولى بروبلين والبوليستر وغيرها وهى جميعها مواد بلاستوحرارية ، وتكون هذه المصنعات إما منسوجة woven أو غيرها منسوجة nonwoven ، كما يستخدم الصوف الزجاجى أو أسلاك الحديد والكابلات أيضاً فى بعض المصنعات الجيوتكنيكية المركبة .

ضغط التربة الجانبى على الخوازيق (σ_L) لتربة لها (c،Φ) يحسب من المعادلة:

$$Q_L = \sigma'_v K_q + CK_c \qquad (١١-٨)$$

ولتربة لها (c) فقط و Φ = صفر يحسب من المعادلة:

$$Q_{L=} \sigma'_v + CK_c \qquad (١٢-٨)$$

حيث:

σ'_v الضغط المؤثر الرأسى عند عمق=z

K_q معامل ضغط التربة عندما تكون Φ = صفر

k_c معامل ضغط التربة عندما تكون Φ = صفر

لتعيين k_c, k_q تستخدم المنحنيات الموضحة بالشكل (٨-٤٥) .

٩/٨ إستخدام المصنعات الجيوتكنيكية فى أعمال الميول والجسور

١/٩/٨عموميات

١/١/٩/٨ تعريف

تعرف المصنعات الجيوتكنيكية geosynthetics على أنها رقائق مصنعة من مواد بوليمرية للأستخدام فى أعمال الهندسة الجيوتقنية بدلاً من المادة الطبيعية ومعها لتحسين خواصها وتسهيل عمليات الانشاء أو زيادة سرعة العمل أو خفض التكلفة الكلية للإنشاء والصيانة أو للأسباب السابقة مجتمعة .

تجهز المصنعات عادة من بوليمرات صناعية مثل البولى أيثيلين والبولى بروبلين والبوليستر وغيرها وهى جميعها مواد بلاستوحرارية ، وتكون هذه المصنعات إما منسوجة woven أو غيرها منسوجة nonwoven ، كما يستخدم الصوف الزجاجى أو أسلاك الحديد والكابلات أيضاً فى بعض المصنعات الجيوتكنيكية المركبة .

٢/١/٩/٨ نطاق هذا البند

يقدم هذا البند من الكود وصفاً موجزاً لاستخدامات وأنواع المصنعات الجيوتكنيكية فى المجالات المرتبطة بالميول والجسور الترابية مع التركيز ، من حيث التصميم ، على إستخدامهاتها فى تقوية أو تسليح التربة سواء فى إنشاء جسم الجسر نفسه أو فى تقوية التربة اللينة أسفله (بند ٨-٩-٢-٢) أما تصميم المصنعات للأغراض الأخرى البنود (٨-٩-٢-١ ٥,٤,٣,٢) فهى بصفة عامة ذات طبيعة وضعية emperical ويرجع فيها للمراجع المتخصصة فى هذا المجال .

٢/٩/٨ إستخدامات المصنعات الجيوتكنيكية

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية فى مجالات عديدة فى الهندسة الجيوتقنية وأهمها فيما يتعلق بإنشاء الجسور الترابية هو مايلى :

١/٢/٩/٨ الفصل

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية كطبقات للفصل separation بين طبقات التربة المختلفة وهى تمنع تداخل أو تغلغل إحدى هذه الطبقات فى الأخرى وبذلك كل طبقة تحتفظ بتركيبها وخواصها بدون أى تداخل من الطبقات الأخرى .

٢/٢/٩/٨ تقوية أو تسليح التربة

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية فى تقوية أو تسليح التربة reinforcement لمقاومة قوى الشد المتولدة بها وبالتالى زيادة مقاومة القص وقدرة التحمل ومقاومة الإنضغاط لتربة الجسر . كما يستخدم أسفل الجسور الترابية المقامة على تربة لينة وذلك لتحسين قدرة تحمل التربة اللينة أثناء فترة الإنشاء .

٣/٢/٩/٨ الترشيح

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية كبدائل للمرشحات التقليدية filters حيث تسمح بمرور المياه فى الاتجاه العمودى على المصنعات وتمنع مرور حبيبات التربة معها بما يتناسب مع متطلبات المنشأ والعمر الافتراضى له .

٨/٢/٩/٤ الصرف

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية كبدائل لوسائل الصرف التقليدية drainage حيث تسمح بمرور المياه خلال الرقائق فى الاتجاه الموازى لها بما يتناسب مع متطلبات المنشأ والعمر الافتراضى له

٨/٢/٩/٥ حجز السوائل

تستخدم لهذا الغرض مصنعات حاجز للسوائل liquid barriers سواء فى الاتجاه العمودى على بنيتها أو الموازى لها وذلك فى الحواجز أو السدود الترابية وكذلك فى تبطين lining البرك الصناعية ponds .

٨/٩/٣ أنواع المصنعات الجيوتكنيكية

يستخدم فى إنشاء الجسور الترابية أنواع عديدة من المصنعات الجيوتكنيكية للوفاء بمتطلبات الوظائف المشار اليها فى البند ٨/٩/٢ ، وتنقسم هذه الأنواع إلى الأقسام الرئيسية التالية :

٨/٩/٣/١ الأنسجة الجيوتكنيكية (الجيو تكستايل)

وهى أكثر الأنواع شيوعاً وتسمى فى الاستخدام geotextiles وهى مصنوعة على شكل بناء نسيجى woven أو غير نسيجى من الألياف الصناعية fibers بحيث تكون مرنة ومسامية ، ويمكن إستخدامها فى أغراض تقوية التربة والفصل والترشيح والصرف .

٨/٩/٣/٢ الحصائر الجيوتكنيكية المفتوحة (الجيو جريد)

وتصنع من ألياف بلاستيكية على هيئة نسيج شبكى مفتوح geogrids وتستخدم فى مجال تقوية التربة فقط

٨/٩/٣/٣ الأغشية الجيوتكنيكية

وتتكون من رقائق من المطاط أو البلاستيك غير المنفذ geomembranes وتستخدم أحيانا لمنع تسرب المياه داخل السدود الترابية وكذلك فى تبطين البرك الصناعية أو فى محاصرة النفايات لمنع تلوث المياه الجوفية .

٤/٣/٩/٨ الشبكات الجيوتكنيكية الخليفة geonets

وتتكون من مجموعتين من الأعصاب ribs ملتصقتين ببعضهما بحيث تتكون منهما شبكة على شكل معينات rhombus وتستخدم هذه الشبكات فى أغراض الصرف فقط .

٥/٣/٩/٨ المصنعات الجيوتكنيكية geocomposits

وهى رقائق مركبة تتكون من أكثر من نوع من المصنعات المترابطة لأداء أكثر من وظيفة مثل التقوية والفصل وحجز السوائل والصرف ..... الخ

٤/٩/٨ الخواص الأساسية للمصنعات الجيوتكنيكية

نظراً لتعدد الأغراض التى تستخدم فيها المصنعات الجيوتكنيكية ولتعدد أنواعها ومواد وطرق تصنيعها فإنه تم تصنيف الخواص الأساسية لها للأقسام الخمس التالية :

١/٤/٩/٨ الخواص الفيزيائية physical properties

هى الخواص التى تحدد المواصفات الأساسية الظاهرة لهذه المصنعات مثل :

- الوزن النوعى specific gravity
- كتلة وحدة المساحة mass per unit area
- السمك thickness
- الجساءة stiffness

٢/٤/٩/٨ الخواص الميكانيكية mechanical properties

هى الخواص التى تدل على مقاومة المصنعات لإجهادات الشد الناشئة عن الأحمال أو أثناء التركيب وتشمل :

- الإنضغاطية compressibility
- مقاومة الشد tensile strength
- متانة الوصلة seam strength
- مقاومة التفلق burst strength
- مقاومة التمزق tear resistance
- مقاومة التخريم puncture resistance
- مقاومة الإحتكاك friction resistance

٣/٤/٩/٨ الخواص الهيدروليكية hydraulic properties

وهى الخواص التى تحدد السلوك الهيدروليكى للمصنعات داخل التربة مثل :

- المسامية porosity
- نسبة المساحة المفتوحة percent open area
- المقاس الظاهرى للفتحات apparent opening size
- النفاذية العمودية على اتجاه المصنعات permittivity
- النفاذية الموازية لاتجاه المصنعات transmissivity

٤/٤/٩/٨ خواص التحمل endurance

وهى الخواص التى تدل على مقاومة المصنعات لظروف التشغيل بالموقع على المدى البعيد مثل:

- تلف التركيب installation damage
- الزحف creep
- البرى abrasion
- الإنسداد clogging

٥/٤/٩/٨ خواص التآكل (التحلل) degradation

وتشمل الآتى :

١- التأكل بالحرارة
٢- التآكل بضوء الشمس
٣- التآكل بالأكسدة
٤- التآكل الكيميائى
٥- التحلل البيولوجى
٦- التحلل الكهربائى
٧- التحلل الإشعاعى

عند التوصية بإستخدام أى من المصنعات الجيوتكنيكية المذكورة سابقاً يجب أن تنص المواصفات على أن يقوم المورد بإعطاء شهادة من جهة التصنيع معتمدة من معامل معتمدة ومستقلة

متخصصة تحتوى على الخواص التى تتوافق مع الغرض الذى من أجله تستخدم هذه المصنعات وذلك من خلال الإختبارات القياسية المناسبة ولا تنقص هذه الشهادات من حق المصمم فى طلب إجراء الإختبارات اللازمة كلما أمكن ذلك .

٥/٩/٨ إعتبارات تصميمية عامة عند إستخدام المصنعات فى تقوية التربة :

١/٥/٩/٨ معاملات الأمان الجزئية :

عند إستخدام المصنعات الجيوتكنيكية فى تقوية التربة تتعرض لعدة عوامل تشغيلية تجعل من الصعب الأخذ بالقيم الدالة على الخصائص المختلفة كما وردت من جهة التصنيع أو من إختبارات المعامل كما فى التصميم . وإنما يلزم إدخال معاملات أمان فى التصميم بما يتناسب مع ظروف الموقع المزمع إستخدام المصنعات فيه ومعاملات الأمان المشار اليها عى معاملات أمان جزئية partial safety factors تعكس تأثير العوامل الرئيسية على أداء المصنعات على أعمال تقوية التربة وهذه المعاملات هى :

- معامل الأمان ضد التلف الناشىء عن ظروف التشغيل Fs_D
- معامل الأمان عند الزحف Fs_c
- معامل الأمان ضد التأثير الكيميائى Fs_{ch}
- معامل الأمان ضد التأثير البيولوجى Fs_B

وبأعتبار أن مقاومة الشد المعملية تساوى T_{ult} فإن قيمة الشد المسموح بإستخدامها فى التصميم T_{allow} يتم حسابها كالتالى :

$$T_{allow} = T_{ult} \times \frac{1}{Fs_D \times Fs_C \times Fs_{ch} \times Fs_B} \qquad (١٣-٨)$$

والجدول (٨-٦) يوضح قيم معاملات الأمان الجزئية الواجب أخذها فى الأعتبار عند استخدام المعادلة (٨-١٣) :

حيث:

T_{allow} قيمة مقاومة الشد القصوى المسموح بها فى التصميم

T_{ult} قيمة مقاومة الشد القصوى طبقاً لنتائج الاختبارات بالمعمل وتؤخذ على أنها أقل قيمة متوسطة للفات المصنعات . minimum average roll value

وهى عادة تقل بمقدار ٢٠% عن القيم المنطية (المتوسطة) التى يذكرها المصنع ضمن مواصفات متجانسة .

وتؤخذ قيم معاملات الأمان المستخدمة فى المعادلة (٨-١٣) كمايلى :

(I) معامل FS_d : يعتمد على عدة عوامل تشغيلية يمكن أن تؤدى إلى تلف جزئى للمصنعات الجيوتكنيكية المستخدمة مثل :

- مقاس حبيبات التربة الملامسة للمصنعات .
- مقدار الضغط الناشىء عن معدات الدمك .
- سمك طبقات (حطات) التربة أثناء الدمك .
- درجة تطهير الموقع من الأجسام الصلبة أو النتوءات .

وتؤخذ العوامل السابقة فى الاعتبار عند تحديد FS_d طبقاً للجدول (٨-٦) .

جدول (٨-٦) : قيم معامل التلف FS_D *

مقاس حبيبات التربة	معدات دمك خفيف أو أقل إلى متوسط (≤ ٣٥ ك . نيوتن/٢)		معدات دمك ذات ضغط إلى عالى متوسط (> ٣٥ ك . نيوتن/٢)	
	حطة بسمك ٣٠مم	حطة بسمك ٣٠مم	حطة بسمك ٣٠مم	حطة بسمك ٣٠مم
٢ سم أو أقل	**[١,١] (١,١)	[١,٢] (١,٢)	[١,٢] (١,٢)	[١,٤] (١,٣)
حتى ٢٠ مم	[١,٣] (١,٢)	[١,٤] (١,٣)	[١,٥] (١,٣)	(١,٦) (١,٤)
حتى ٦٠ مم	[١,٥] (١,٣)	[١,٦] (١,٤)	[١,٧] (١,٤)	[١,٨] (١,٥)
حتى ١٢٥ مم	[١,٧] (١,٤)	[١,٨] (١,٥)	[١,٩] (١,٥)	[٢,٠] (٢,١)

(*) فى حالة عدم تطهير الموقع جيداً من النتوءات أو الأجسام الصلبة يكمن زيادة قيمة FS_D بمقدار ٥٠% .

(**) تستخدم الأرقام بين الأقواس المربعة للأنسجة الجيوتكنيكية geotextiles وبين الأقواس الدائرية للحصائر الجيوتكنيكية geogrids .

(ب) معامل الزحف Fs_c

يتراوح بين ٢ إلى ٤ للأنسجة الجيونكنيكية ومن ٢ : ٣ للحصائر الجيوتكنيكية حيث تؤخذ القيم الصغرى في حالة الاستخدامات المؤقتة أو فى الحالات التي لا تعتبر فيها التشكلات الناشئة عن الزحف ذات أهمية بالنسبة لأداء المنشأ .

(ج) معامل التأثير الكيميائى FS_{ch} وتؤخذ بين ١,٠ و ١,٥ تبعاً لمدى تأثير الوسط الكيميائى المحيط بالمصنعات الجيوتكنيكية

(د) معامل التأثير البيولوجى FS_B وتؤخذ قيمته بين ١,٠ و ١,٣ تبعاً لمدى تأثير الوسط البيولوجى المحيط بالمصنعات الجيوتكنيكية

٢/٥/٩/٨ الاستطالة المسموح بها

يجب مراعاة ألا تزيد الاستطالة elongation القصوى تحت تأثير قوى الشد المؤثرة المتولدة فى المصنعات عن ٣% وتزاد هذه القيمة إلى ٥% للجسور المقامة على تربة شديدة الليونة .

٦/٩/٨ تصميم الجسور الترابية المقواه (المسلحة) المرتكزة على تربة قوية :

يختص هذا الجزء بالحالات التى يتم فيها إنشاء جسور ترابية على تربة أساس ذات قدرة تحمل كافية لإجهادات القص الناشئة عن وزن الجسر بحيث تكون الوظيفة الأساسية للمصنعات الجيوتكنيكية هى تقوية تربة الجسر نفسه بحيث يمكن تشكيل ميول جانبيه حادة نسبياً مما يوفر فى تكلفة الإنشاء ومساحة الأرض المخصصة له .

فى حالة الجسور ذات الشكل الهندسى البسيط والتى يتراوح ميلها بين ٣٠ه ، ٩٠ه يمكن إستخدام المخططات البيانية التصميمية design charts لتحديد زاوية ميل الجسر (b) أو الطول الإجمالى للرقائق المصنعة (l) وكذلك قوى الشد المتولدة بها بدلالة معاملات التربة وإرتفاع الجسر المبينة بالشكل ٨-٤٦ .

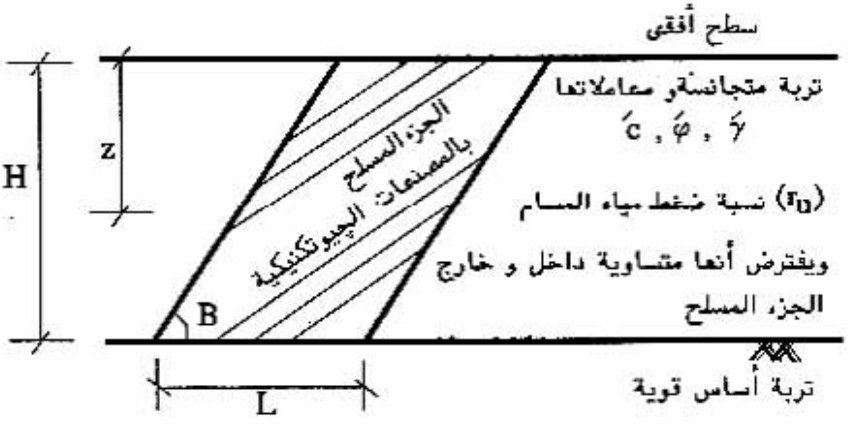
* وتستخدم المخططات البيانية المعطاه فى الاشكال (٨-٤٧ إلى ٨-٤٩) فى الحصول على قيم كل من :

معامل أقل قيمة شد (k_{req})

أقل طول تسليح ds (L_r) مطلوب للأتزان الكلى ovr(L_R)

أقل طول تسليح مطلوب لمقاومة الأنزلاق المباشر ($LR)_{ds}$

ويجب الأخذ فى الإعتبار مايلى :



شكل (٨-٤٦) المعاملات المستخدمة فى طريقة المخططات البيانية التصميمية

١- يستخدم المعامل k_{req} فى حساب قوة الشد (T) فى أى طبقة من طبقات التسليح طبقاً لعمق هذه الطبقة (z) والمسافة الرأسية بين الطبقات (s) كالتالى :

$$T = s.\gamma.\ z\ k_{req} \qquad (٨-١٤)$$

حيث :

γ هى وزن وحدة الحجوم للتربة المستخدمة فى إنشاء الجسر نيوتن / متر مكعب

z عمق الطبقة بالمتر

s المسافة الرأسية بين الطبقات بالمتر .

٢- لا تزيد قيمة الشد (T) المحسوبة عاليه عن T_{allow} (المستخدمة من المعادلة ٨-١٣)

٣- يحدد عدد طبقات التسليح والمسافات بينها على إرتفاع الحائط وبإفتراض توزيع خطى لضغط التربة الجانبى وبحيث لا تزيد المسافة بين الطبقات عن ٢٠% من إرتفاع الحائط أو ١.٠٠ متر أيهما أصغر

٤- يلزم التأكد من أن مجموع قوى الشد التصميمية المتوفرة فى طبقات التسليح لا يقل عن المقدار $½\ H^2\ k_{req}$ حيث H هو إرتفاع الحائط بالمتر .

٥- فى حالة وجود حمل خارجى موزع distributed على سطح الجسر يساوى q يتم التحليل باستخدام إرتفاع مكافىء يساوى إرتفاع الحائط الفعلى مضافاً اليه المقدار (q/γ)

٦- يؤخذ طول التسليح Lr بالقيمة الأكبر من القيمتين المحسوبتين من المخططات البيانية التصميمية للإتزان الكلى وللإنزلاق المباشر .

٧- تستخدم k_{req} فى حساب قوة ضغط التراب الجانبى lateral earth pressure ويتم التأكد من أن محصلة القوى المؤثرة عند قاعدة الجزء المسلح من الجسر تقع فى الثلث الأوسط منه .

٨- تستخدم الطرق التقليدية فى تحليل ثبات الميول للتأكد من توفر معامل أمان كاف ضد إحتمال حدوث سطح إنزلاق حول وأسفل المنطقة المسلحة وداخل تربة الأساس ، بغض النظر عن زاوية ميل الجسر .

٨/٩/٧ تصميم الجسور المقامة على تربة لينة مقواه (مسلحة)

عند إقامة الجسور المقامه على تربة لينة تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية فى تقوية تربة الأساس اللينة بحيث تتحمل إجهادات القص الناشئة عن وزن الجسر أثناء الإنشاء وتقلل فى نفس الوقت من الهبوط الناشىء عن الإنضغاط المرن لتربة الأساس .

٨/٩/٧/١ متطلبات تصميم الجسور على تربة لينة :

يجب إستيفاء متطلبات التصميم الآتية :

١- التأكد من قدرة التحمل الكلية overall bearing capacity للتربة أسفل الجسر .

٢- التأكد من ثبات ميل الجسر ضد الفشل فى حافته .

٣- التأكد من حدوث إنفلات طبقة التسليح تحت تأثير الشد .

٤- عدم حدوث إنزلاق أفقى للجسر على المصنعات الجيوتكنيكية .

٥- عدم زيادة مقدار تشكل الجسر نتيجة لإستطالة المصنعات الجيوتكنيكية .

٨/٩/٧/٢ قدرة التحمل الكلية للتربة أسفل الجسر

يجب أن تكزن قدرة التحمل الكلية مستوفاه سواء بإستخدام التسليح أو بدونه ويتم إجراء هذا التحليل بنفس الطرق الواردة بالجزء الثالث من الكود (الأساسات الضحلة) بإعتبار الجسر قاعدة شريطية strip footing يمكن زيادة قدرة التحمل الكلية عن طريق إضافة مسطاح أو إنشاء الجسر على فرشة matress من الحجارة أو من المصنعات الممتلئة بالحجارة وذلك لتوسيع عرض قاعدة الجسر وتوزيع وزنه على مساحة أكبر .

٦- يؤخذ طول التسليح Lr بالقيمة الأكبر من القيمتين المحسوبتين من المخططات البيانية التصميمية للإتزان الكلى وللإنزلاق المباشر .

٧- تستخدم k_{req} فى حساب قوة ضغط التراب الجانبى lateral earth pressure ويتم التأكد من أن محصلة القوى المؤثرة عند قاعدة الجزء المسلح من الجسر تقع فى الثلث الأوسط منه .

٨- تستخدم الطرق التقليدية فى تحليل ثبات الميول للتأكد من توفر معامل أمان كاف ضد إحتمال حدوث سطح إنزلاق حول وأسفل المنطقة المسلحة وداخل تربة الأساس ، بغض النظر عن زاوية ميل الجسر .

٨/٩/٧ تصميم الجسور المقامة على تربة لينة مقواه (مسلحة)

عند إقامة الجسور المقامه على تربة لينة تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية فى تقوية تربة الأساس اللينة بحيث تتحمل إجهادات القص الناشئة عن وزن الجسر أثناء الإنشاء وتقلل فى نفس الوقت من الهبوط الناشىء عن الإنضغاط المرن لتربة الأساس .

٨/٩/٧/١ متطلبات تصميم الجسور على تربة لينة :

يجب إستيفاء متطلبات التصميم الآتية :

١- التأكد من قدرة التحمل الكلية overall bearing capacity للتربة أسفل الجسر .

٢- التأكد من ثبات ميل الجسر ضد الفشل فى حافته .

٣- التأكد من حدوث إنفلات طبقة التسليح تحت تأثير الشد .

٤- عدم حدوث إنزلاق أفقى للجسر على المصنعات الجيوتكنيكية .

٥- عدم زيادة مقدار تشكل الجسر نتيجة لإستطالة المصنعات الجيوتكنيكية .

٨/٩/٧/٢ قدرة التحمل الكلية للتربة أسفل الجسر

يجب أن تكزن قدرة التحمل الكلية مستوفاه سواء بإستخدام التسليح أو بدونه ويتم إجراء هذا التحليل بنفس الطرق الواردة بالجزء الثالث من الكود (الأساسات الضحلة) بإعتبار الجسر قاعدة شريطية strip footing يمكن زيادة قدرة التحمل الكلية عن طريق إضافة مسطاح أو إنشاء الجسر على فرشة matress من الحجارة أو من المصنعات الممتلئة بالحجارة وذلك لتوسيع عرض قاعدة الجسر وتوزيع وزنه على مساحة أكبر .

أقل طول تسليح

١- أقل طول عند أعلى الميل هو الطول المطلوب لتغطية الإتزان الكلى

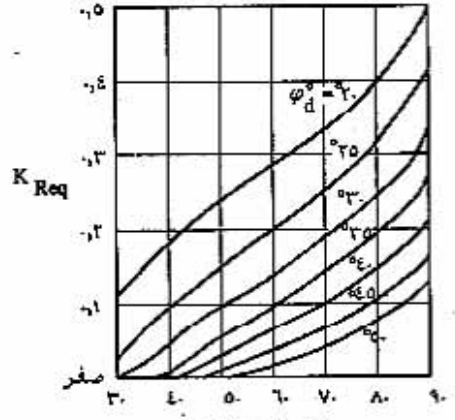
٢- أقل طول عند قاعدة الميل هو الطول الأكبر المحسوب كلا من الإتزان الكلى و الإنزلاق المباشر

٣-عند استخدام طول ثابت للتسليح تؤخذ القيمة المحسوبة فى C

٤-عندما يكون الإنزلاق المباشر هو الأساس فى حساب طول التسليح عند قاعدة الميل فإنه يمكن إنقاص الطول بانتظام من L_{sd} عند قاعدة الميل إلى L_{ovrl} عند أعلى الميل .

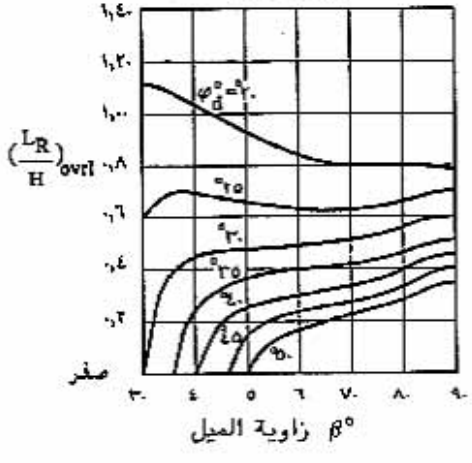
$$\tan\varphi_d = \frac{\tan\varphi}{F.S.}$$

F.S. = 1.5



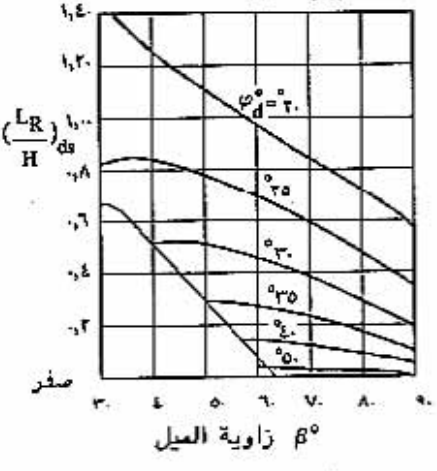
أقل طول مطلوب لتغطية الإتزان

$(L_R/H)_{ds}$



أقل طول مطلوب لإنزلاق المباشر

$(L_R/H)_{ovrl}$



شكل (٨-٤٧) منحنيات تصميم تسليح الميول بعد چول

$$r_u = \frac{a}{\gamma} \quad z=0$$

أقل طول تسليح

١- أقل طول عند أعلى الميل هو الطول المطلوب لتغطية الإتزان الكلى

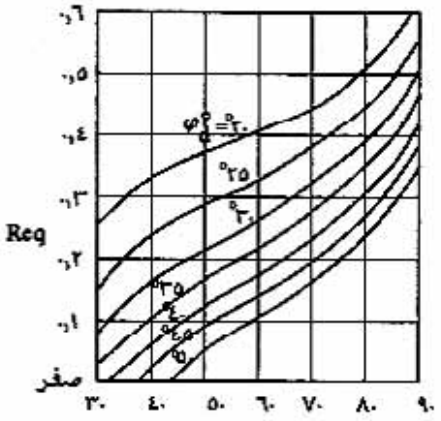
٢- أقل طول عند قاعدة الميل هو الطول الأكبر المحسوب كلا من الإتزان الكلى و الإنزلاق المباشر

٣-عند استخدام طول ثابت للتسليح تؤخذ القيمة المحسوبة فى C

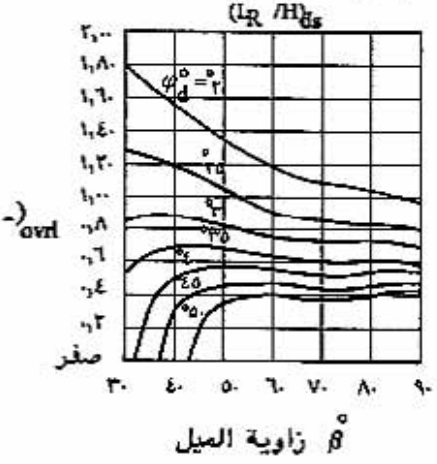
٤-عندما يكون الإنزلاق المباشر هو الأساس فى حساب طول التسليح عند قاعدة الميل فإنه يمكن إنقاص الطول بانتظام من L_{gd} عند قاعدة الميل إلى L_{ovrl} عند أعلى الميل .

$$\tan\varphi_d = \frac{\tan\varphi}{F.S.}$$

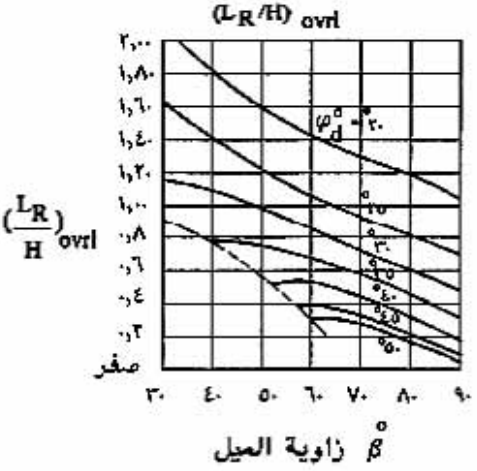
F.S. = 1.5



أقل طول مطلوب لتغطية الاتزان



أقل طول مطلوب لإنزلاق المباشر



شكل (٨-٤٨) منحنيات تصميم تسليح الميول بعد چول

$$r_u = \frac{a}{\gamma} \quad z=0$$

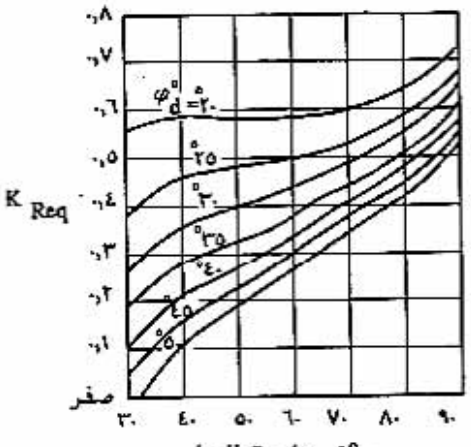
أقل طول تسليح

١- أقل طول عند أعلى الميل هو الطول المطلوب لتغطية الإتزان الكلى

٢- أقل طول عند قاعدة الميل هو الطول الاكبر المحسوب كلا من الإتزان الكلى و الانزلاق المباشر

٣-عند استخدام طول ثابت للتسليح تؤخذ القيمة المحسوبة فى C

٤-عندما يكون الإنزلاق المباشر هو الاساس فى حساب طول التسليح عند قاعدة الميل فانه يمكن إنقاص الطول بانتظام من L_{ovrl} عند قاعدة الميل إلى L_{sd} عند أعلى الميل .

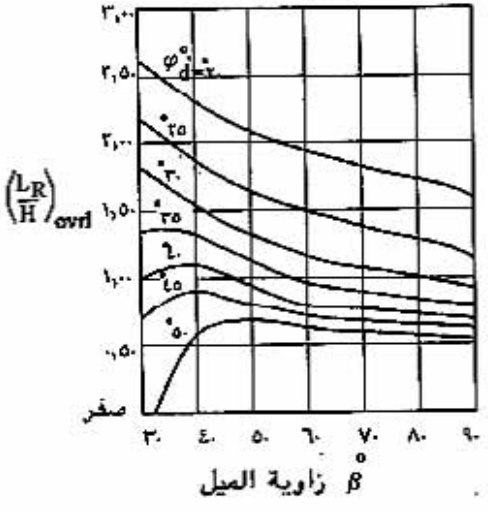


$$\tan\varphi_d = \frac{\tan\varphi}{F.S.}$$

F.S. = 1.5

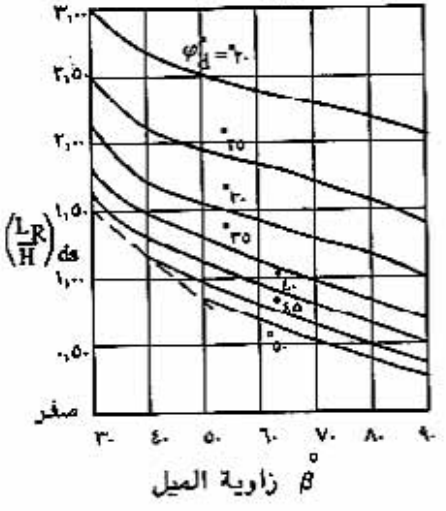
أقل طول مطلوب لتغطية الإتزان

$(L_R/H)_{ds}$



أقل طول مطلوب للإنزلاق المباشر

$(L_R/H)_{ovrl}$



شكل (٨-٤٩) منحنيات تصميم تسليح الميول بعد جول

$$r_u = \frac{a}{\gamma} \quad z=0$$

٣/٧/٩/٨ ثبات ميل الجسر

يتم تحليل ثبات ميل الجسر بإستخدام إحدى طرق الإتزان الحدى التقليدية حيث تؤخذ قوى الشد اللازمة من طبقات التسليح كقوى أفقية تزيد من عزم المقاومة الكلى للكتلة المنزلقة ويتم تحديد مقدار هذه القوة (T_{fi}) بإستخدام معامل أمان ضد الإنزلاق قدره ١,٤ ويتم التأكد من أن T_{fi} تقل عن T_{allow} المسحوبة من المعادلة (٨-١٣) .

ويمكن فى مراحل التصميم الإبتدائى إستخدام الطريقة التحليلية الموضحة فيما بعد حسب سمك الطبقة اللينة بالنسبة لعرض الجسر :

أولاً: فى حالة تأسيس على طبقة طين لين ذات عمق محدود

فى حالة التأسيس على طبقة لينة ذات عمق محدود D ولها مقاومة قص ثابتة تسلوى C_u يحسب معامل الأمان للجسر فى المعادلات التالية (أنظر الشكل ٨-٥٠)

$$Fs = \frac{Cu}{\gamma H}\left\{4+(1+\alpha)\frac{nH}{D}\right\} \qquad (١٥-٨)$$

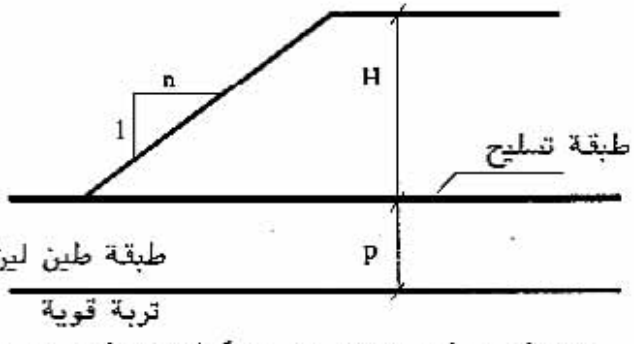
حيث:

H أرتفاع الجسر بالمتر

y وزن وحدة الحجوم من مادة الجسر (نيوتن /م٣)

α معامل كفاءة طبقة التسليح فى تحمل إجهادات القص الناشئة عن الجسر وعادة يؤخذ ٢/١

n ميل خافة الجسر كما هو معرف بالشكل (٨-٥٠)



شكل (٨-٥٠) جسر مقام على طبقة طين لين ذات عمق محدود

ملحوظة : معامل الأمان لا يقل عن ١,٤ وفى حالة معامل أمان أقل من ١,٤ يلزم زايدة مقدار الميل (n) .

وتحسب أقصى قوة شد متولدة بطبقة التسليح Tfi من المعادلة التالية:

$$T_{f1} = \gamma H^2 \left(\frac{\alpha n D}{4D+(1+\alpha)nH} + \frac{Ka}{2}\right) \qquad (١٦-٨)$$

حيث:

Ka معامل الضغط الجانبى المؤثر لتربة الجسر الحبيبية granular وتؤخذ قيمته $\tan^2(٤٥+(\phi/٢))$

كما يمكن حساب قيمة معامل الأمان فى حالة عدم تسليح قاعدة الجسر من المعادلة التالية :

$$F_S = \frac{Cu}{\gamma H}\left(\frac{8D+2nH}{2D+K_\alpha H}\right) \qquad (١٧-٨)$$

ثانياً: فى حالة التأسيس على تربة لينة ذات عمق كبير

بفرض أن مقاومة القص لتربة الأساس تزيد مع العمق بمعدل ثابت مقدارة ξ وأن مقاومة القص عند السطح تساوى Cuo فإن معامل الأمان للجسر المقوى يحسب من المعادلة التالية مع ملاحظة أن معامل الأمان لا يقل عن ١,٤ وفى حالة معامل أمان أقل من ١,٤ يلزم زيادة مقدار الميل (n)

$$F_S = \frac{C_{UO}}{\gamma H}\left(4+\frac{\xi nH}{C_{UO}}+2\sqrt{\frac{2(1+\alpha)\xi nH}{C_{UO}}}\right) \qquad (١٨-٨)$$

وتكون قيمة أقصى قوة شد متولدة فى طبقة التسليح هى :

$$t_{f1} = \gamma H^2 \left(\frac{\alpha n C_{UO}}{(Fs)\gamma H} + \frac{Ka}{2}\right) \qquad (١٩-٨)$$

وتؤخذ قيمة (F s) من المعادلة رقم (٨-١٨)

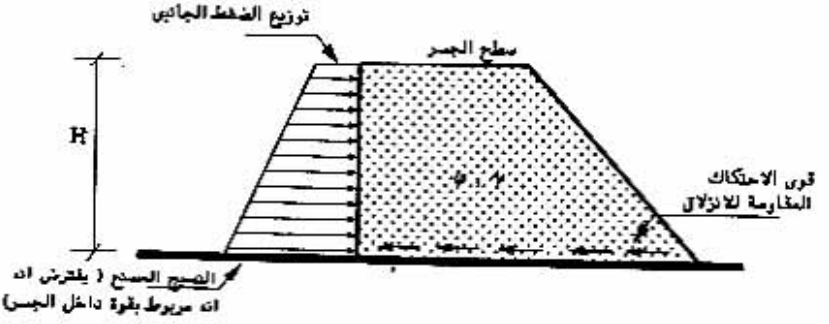
ويمكن حساب قيمة معامل الأمان فى حالة عدم إستخدام التسليح بالتطبيق فى المعادلة (٨-١٨) مع وضع α بالقيمة التالية :

$$\alpha = \frac{Ka\ (Fs)\ \gamma H}{2n\ Cuo} \qquad (٢٠-٨)$$

حيث تحسب قيمة مبدئية لمعامل الأمان (Fs) من المعادلة (١٨-٨) بوضع α = ½ كما يمكن أيضاً إيجاد عمق الكتلة الحرجة المنزلقة depth of critical sliding mass (z_{crit}) من المعادلة

$$Z_{crit} = \sqrt{\frac{(1+\alpha)\ Cuo\ nH}{2\xi}} \qquad (٢١-٨)$$

٤/٧/٩/٨ مقاومة إنزلاق جسم الجسر على طبقة التسليح



شكل (٨-٥١) القوى المسببة والمقاومة للإنزلاق على المصنعات الجيوتكنيكية

يتم حساب قوة الضغط الجانبى المؤثر المسبب للإنزلاق p_a كالتالى

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 Ka \qquad (٢٢-٨)$$

حيث:

$ka = \tan^2(٤٥ + (\phi/٢))$

H ارتفاع الجسر

ϕ زاوية الإحتكاك الداخلى لتربة الجسر

γ وزن وحدة الحجوم لتربة الجسر

$$\delta_{mio} = \tan^{-1}\frac{(4\ Pa)}{\gamma L\ H} \qquad (٢٣-٨)$$

حيث:

L طول الإسقاط الأفقى للميل الجانبى للجسر (كما بالشكل ٨-٥١) horizontal projection يراعى ألا تقل قيمة زاوية الإحتكاك اللازمة لمقاومة الإنزلاق عن mim المعرفة كالتالى :

تحسب قوة الشد اللازمة لمقاومة الإنزلاق على المصنعات (T_{f2}) كالتالى

$$Tf_2 = 1.5P/A \qquad (٢٤-٨)$$

ويجب أن تكون T_{f2} أقل من أو تساوى T_{allow} المحسوبة من المعادلة (٨-١٣) .

٨/٧/٩/٥ التحكم فى التشكل

تحدث الإستطالة الجانبية للمصنعات نتيجة لقوى الشد المتولدة بها ، ويتم التحكم فى مقدار هذا التشكل deformation الناتج عن طريق قيمة معامل المرونة E_f الواجب توافره لمادة المصنعات ويحسب كالتالى :

$$E_f = ١٠\ Tf_{max} \qquad (٢٥-٨)$$

حيث:

Tf_{max} هى القيمة الأكبر بين T_{f2}،T_{f1} المحسوبة من المعادلات السابقة

٨/٧/٩/٦ مقاومة الإنفلات pull-out resistance

يتم حساب الطول اللازم من المصنعات لتوليد قوة الشد التصميمية عن طريق الإحتكاك من المعادلتين التاليتين حيث تؤخذ القيمة الأكبر منهما :

$$L_{min} = \frac{Tf_{max}.F}{2E(C_a + \sigma_v \tan\delta)} \qquad (٢٦-٨)$$

$$L_{min} = \frac{Tf_{max}.F}{2E(C + \sigma_v \tan\Phi)} \qquad (٢٧-٨)$$

حيث :

L_{min} طول الرباط اللازم توفيره خلف سطح الإنزلاق .

E معامل كفاءة الرباط anchorage efficency بين المنصعات والتربة

F معامل الأمان ضد الانقلاب ويساوى ١,٥

$C.\phi$ معاملات القص لتربة الجسر

$Ca \& \delta$ معاملات الإلتصاق adhesion والإحتكاك بين التربة والمصنعات .

σv القيمة المتوسطة للإجهادات الرأسية على سطح المصنعات .

فى حالة وضع طبقة التسليح على سطح التربة اللينة مباشرة تؤخذ قيمة L_{min} مساوية لضعف القيم المحسوبة من المعادلتين السابقتين .

ملاحظات :

١- فى حالة استخدام تربة رملية فى إنشاء الجسر تؤخذ $\delta = ٢/٣ \phi$

٢-تتراوح قيم E بين ٠,٨ ، ١,٢ فى حالة المصنعات من نوع الجيوجريد وتساوى ١,٣ الى ١,٥ فى حالة الجيوتكسيل .

٣-فى حالة إمتداد طبقة التسليح بين حافتى الجسر من الناحيتين لا يلزم حساب L_{min} لأن هذه الالية من اليات الفشل تكون غير ممكنة

٤-إذا لم تتوفر مسافة كافية للحصول على المقاومة المطلوبة يجب اللجوء إلى وسائل الرباط الميكانيكية mechanical anchorage مثل لف المصنعات أو غيرها .

٧/٧/٩/٨ الهبوط

حيث أن الهبوط الفورى أو المرن يعتمد أساساً على معامل تربة الأساس الذى يتغير بإضافة المصنعات فإنه يتوقع أن يقل الهبوط بقدر ما .

أما بالنسبة للهبوط الناشىء عن تضاغط التربة على المدى البعيد فقد لا تتغير القيمة المتوسطة له إلا أن الهبوط المتفاوت differential settlement على إمتداد عرض الجسر يمكن أن يتحسن كلما تحسنت خواص المصنعات وفى العادة يتطلب تحليل الهبوط عند إستخدام المصنعات اللجوء إلى طريقة العناصر المحدودة حتى يمكن أخذ التأثير المتبادل interaction بين تربة الجسر والمصنعات وتربة الأساس فى الأعتبار بدقة أعلى .

٨/٧/٩/٨ خصائص تربة الجسر

يفضل إستخدام تربة غير متماسكة cohesionless فى إنشاء الجسر لايجاد إحتكاك كاف بين التربة وطبقات التسليح وكذلك لتقليل الضغط الجانبى نتيجة للزحف ولضمان نفاذية التربة وتجنيب ضغوط مياه مسام عالية داخل جسم الجسر .

إذا دعت إقتصاديات المشروع إلى إستخدام تربة متماسة cohesive فيمكن تنفيذ الجسر بطريقة الجسور composite embankments حيث تنفذ الحطات أو الطبقات الأولى من الجسر (بارتفاع ٠,٥ إلى ١,٠٠ متر) بإستخدام التربة غير المتماسكةالى تغطى طبقات التسليح ثم يستكمل باقى جسم الجسر بالمواد الأخرى مثل التربة المتماسكة التى تستخدم عادة فى الجسور غير المسلحة .

٩/٧/٩/٨ الخواص الهيدروليكية لمصنعات التقوية السفلية

فى حالة إستخدام الطبقة السفلية من المصنعات للفصل بين تربة الجسر وتربة الأساس اللينة بالإضافة الى وظيفتها فى تقوية تربة الأساس يلوم إختيار خصائص هيدروليكية مناسبة من حيث مقاس الفتحات والنفاذية وغيرها .

وبالنسبة لطبقات التقوية الأخرى فإنه يجب أن تتوفر لها درجة كافية من النفاذية تساوى على الأقل نفاذية تربة الجسر نفسها حتى تسمح بصرف المياه السطحية التى تتخلل جسم الجسر

١٠/٧/٩/٨ قابلية التشغيل للمصنعات

فى حالة التأسيس على تربة شديد الليونة ينبغى مراعاة قابلية التشغيل workability للمصنعات وهى تدل على قدرة المصنعات على تحمل وزن العاملين أثناء الحركة فوقها مباشرة وكذلك وزن المعدات بعد وضع طبقة الأتربة الأولى عليها مباشرة . وترتبط تشغيلة المصنعات بخاصية الجساءة stiffness التى تحدد من الإختبارات القياسية لها . وفى حالة التربة شديدة الليونة ينصح بألا تقل قيمة الجساءة عن ٢٥٠٠ مجم / سم وذلك طبقاً لإختبار ستم على شريحة بعرض ٥سم وذلك بعد غمرها بالماء لمدة ساعة .

فى حالة وجود المياه الأرضية ground water عند منسوب سطح التأسيس أو قريباً منه يمكن استخدام مصنعات غير منفذة للمياه . أما فى حالة وجود المياه الأرضية أعلى من منسوب سطح

التأسيس من الضرورى إختيار مصنعات ذات وزن نوعى أكبر من الماء أو أن يكون من النوع المنفذ للمياه حتى تستقر على سطح التأسيس .

٨/٩/٨ خواص المصنعات فى الاتجاه الطولى للجسر .

يجب أن تصمم المصنعات بحيث تقاوم الإجهادات المتولدة فى الاتجاه الطولى أثناء التنفيذ وهى الناشئة عن آلية إنزلاق الجسر على المصنعات .

٩/٩/٨ إعتبارات خاصة بإنشاء الجسور على تربة لينة

لتسهيل أعمال إنشاء الجسور المقواه بالمصنعات ولتأكيد حصول الفائدة من المصنعات ينصح بإتباع الاعتبارات الآتية :

١- إستخدام معدات ذات ضغط منخفض (يقل عن ٢٥ كيلو باسكال) ما أمكن فى فرد مواد الردم وإختيار مصنعات ملائمة وأسلوب ملاءم لمادة الردم .

٢- يتم إعداد الموقع بحيث يناسب قابلية التشغيل للمصنعات ودرجة مقاومتها للتلف ينصح بفرد فرشة رقيقة من التربة الرملية كمستوى تشغيل working platform فى الظروف العادية أما فى حالة التأسيس على تربة شديدة الليونة فيمكن إستخدام مصنعات خفيفة نسبياً كمستوى تشغيل ثم توضع فوقها المصنعات المصممة للتقوية .

٣- يتم إنشاء الجسور المؤسسة على التربة اللينة باتباع الخطوات الموضحة بالشكل (٨-٥٢)

٤- فى حالة وجود ظاهرة موجات الطين mud waves لطين أثناء الإنشاء ينبغى ألا تكون حواف المصنعات على مسافة تزيد عن ٥,٠٠ متر أمام موجة الطين حتى لا يتولد بها إجهادات شد زائدة ، كما ينصح بأن تنفذ المراحل من١إلى ٣ بالشكل (٨-٥٢) بحيث تسبق المرحلة (٤) للجزء السابق أنشاؤه من الجسر بمسافة لا تقل عن ٣٠ متراً بحيث تكون موجات الطين محاطة من ثلاثة جهات وتدفع للأمام مع تقدم مراحل الإنشاء

١٠/٨ أعمال مراقبة الجودة

نظرا لأهمية أعمال الجسور والسدود الترابية واعتماد اتزانها على الالتزام بالمواصفات فى اختيار المواد وأعمال التنفيذ، فإنه يجب مراعاة الاعتبارات المبينة بالفقرات التالية فى برنامج لإنشاء ومراقبة الجودة .

التأسيس من الضرورى إختيار مصنعات ذات وزن نوعى أكبر من الماء أو أن يكون من النوع المنفذ للمياه حتى تستقر على سطح التأسيس .

٨/٩/٨ خواص المصنعات فى الاتجاه الطولى للجسر .

يجب أن تصمم المصنعات بحيث تقاوم الإجهادات المتولدة فى الاتجاه الطولى أثناء التنفيذ وهى الناشئة عن آلية إنزلاق الجسر على المصنعات .

٩/٩/٨ إعتبارات خاصة بإنشاء الجسور على تربة لينة

لتسهيل أعمال إنشاء الجسور المقواه بالمصنعات ولتأكيد حصول الفائدة من المصنعات ينصح بإتباع الاعتبارات الآتية :

١- إستخدام معدات ذات ضغط منخفض (يقل عن ٢٥ كيلو باسكال) ما أمكن فى فرد مواد الردم وإختيار مصنعات ملائمة وأسلوب ملاءم لمادة الردم .

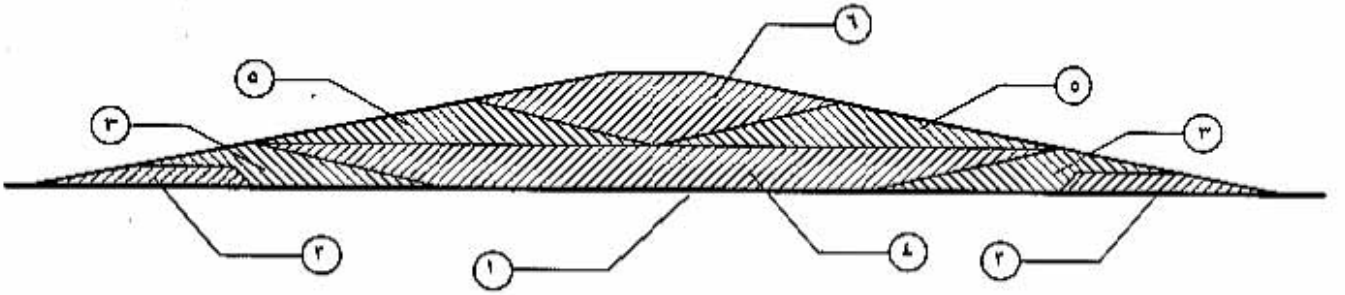
٢- يتم إعداد الموقع بحيث يناسب قابلية التشغيل للمصنعات ودرجة مقاومتها للتلف ينصح بفرد فرشة رقيقة من التربة الرملية كمستوى تشغيل working platform فى الظروف العادية أما فى حالة التأسيس على تربة شديدة الليونة فيمكن إستخدام مصنعات خفيفة نسبياً كمستوى تشغيل ثم توضع فوقها المصنعات المصممة للتقوية .

٣- يتم إنشاء الجسور المؤسسة على التربة اللينة باتباع الخطوات الموضحة بالشكل (٨-٥٢)

٤- فى حالة وجود ظاهرة موجات الطين mud waves لطين أثناء الإنشاء ينبغى ألا تكون حواف المصنعات على مسافة تزيد عن ٥,٠٠ متر أمام موجة الطين حتى لا يتولد بها إجهادات شد زائدة ، كما ينصح بأن تنفذ المراحل من١إلى ٣ بالشكل (٨-٥٢) بحيث تسبق المرحلة (٤) للجزء السابق أنشاؤه من الجسر بمسافة لا تقل عن ٣٠ متراً بحيث تكون موجات الطين محاطة من ثلاثة جهات وتدفع للأمام مع تقدم مراحل الإنشاء

١٠/٨ أعمال مراقبة الجودة

نظرا لأهمية أعمال الجسور والسدود الترابية واعتماد اتزانها على الالتزام بالمواصفات فى اختيار المواد وأعمال التنفيذ، فإنه يجب مراعاة الاعتبارات المبينة بالفقرات التالية فى برنامج لإنشاء ومراقبة الجودة .



١- فرد المصنعات فى شرائح عرضية متتابعة مع وصل الحواف .

٢- تشكيل الطرق اللازمة لخدمة العمل (access roads) .

٣- إنشاء الأجزاء الخارجية للجسر لربط المصنعات .

٤- إنشاء جزء داخلى بالجسر لوضع المصنعات حسب التصميم .

٥- إنشاء الأجزاء الوسطية (intermediate) لشد المصنعات .

٦- إنشاء الجزء المحورى من الجسر .

شكل (٨—٥٢) خطوات الإنشاء لجسر مسلح بالمصنعات الجيوتكنيكية

٨/١٠/١ اختيار مادة الإنشاء والتأكد من مطابقتها للمواصفات

يتم تحديد خواص مواد إنشاء الجسور تبعا للغرض من الجسر ومناخ المنطقة والظروف البيئية والخصائص الهندسية للأرض فى المنطقة، كما يجب التأكد من مناسبة المواد للاستخدام ومطابقتها للمواصفات . وعلى سبيل المثال ففى حالة اختيار مادة الإنشاء للجسر من مادة غير منفذة للمياه فانه يجب مراعاة مقاومتها لحركة سريان المياه خلالها دون تغير خواصها بشكل ملحوظ فى حالات البلل والجفاف مثل التغير فى الحجم، أما فى حالة المناطق الجافة والتى تتعرض لبعض الأمطار الموسمية فيلزم اختيار مادة جسم الجسر لتقاوم عوامل التآكل السطحى بفعل الأمطار بما يضعف من المقاومة النهائية لجسم الجسر، أما الجسور المنشأة فى المناطق التى تهب عليها رياح شديدة فيجب الأخذ فى الاعتبار مقاومة التربة المكونة للجسر للتآكل بفعل الرياح مع حمايتها من هذه التأثيرات .

٨/١٠/٢ استعمال المعدات المناسبة لتنفيذ الإنشاء

يمكن الرجوع إلى البيانات الواردة بالجدول (٨-٧) للاسترشاد بها مع التحقق من كفاءة الإنشاء بالاختبارات الحقلية المعروفة.

٨/١٠/٣ التأكد من الوصول بخواص التربة المكونة للجسر إلى القيم المستخدمة فى التصميم

أ) يتم عمل اختبار الكثافة الطبيعية بإحدى الطرق الآتية:-

- استخراج عينة غير مقلقلة undisturbed (طبقات طينية) .
- استخدام أسلوب مخروط الرمل المعيارى فى sand replacement method فى الطبقات الرملية
- البالونة المطاطةballoon .
- مقياس الرطوبة السريع (speedy) بعد معايرته بأستخدام مخروط الرمل لكل نوع تربة مستخدم.

وتعتبر الطريقة الأولى والثانية أكثر الطرق انتشارا وأكثرها دقة فى النتائج ومعدل الاختبارات المطلوب هو اختبار واحد لكل ١٠٠ إلى ١٥٠ مترا مربعا من السطح المدموك.

ب) وفى حالة المنشآت الهامة يمكن إجراء الاختبارات السابقة:

- المخروط الاستاتيكى ٠
- المخروط الديناميكى ٠

ج) وفى حالة وجود حركة عالية أو إنشاء على سطح الجسر يمكن إجراء الإختبارات الآتية:

- لوح التحميل plate loading test
- معامل كاليفورنيا للتحميل C.B.R

و يتم إجراء هذه الاختبارات بواقع اختبار واحد لكل منشأ فى حالة ألواح التحميل أو اختبار لكل ٢٥٠ متر طولى فى حالة نسبة كاليفورنيا للتحميل أو المخروط الاستاتيكى أو الديناميكى ٠

والجدول رقم(٨-٨) يبين الكثافات المتوقعة طبقا لنوع التربة المستخدمة ويمكن استخدامه للاسترشاد.

جدول (٨ – ٧) جدول استرشادى لأعمال الدمك

طريقة التنفيذ	تربة طينية		تربة رملية مع طبقات طينية جافة		حبيبات رديئة التدرج poorly graded	
	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور
-هراس roller ذو عجلات حديدية ملساء						
الوزن لكل ١ متر من عرض عجلة الهراس						
من ٢١ ك نيوتن حتى ٢٧ ك نيوتن من ٢,١طن حتى ٢,٧ طن	١٢٥	٨	١٢٥	١٠	١٢٥	١٠
من ٢٧ ك ن حتى ٥٤ك من ٢,٧ طن حتى ٥,٤ طن	١٢٥	٦	١٢٥	٨	١٢٥	٨
أكثر من ٥٤ ك ن أكثر من ٥,٤ طن	١٥٠	٤	١٥٠	٨	غير مناسب	غير مناسب
-هراس :						
الوزن لكل ١ متر من عرض عجلة الهراس						
من ٢٧ ك ن حتى ٥٤ك ن من ٢,٧ طن حتى ٥,٤ طن	١٥٠	١٠	غير مناسب	غير مناسب	١٥٠	١٠
من ٥٤ ك ن حتى ٨٠ ك ن من ٥,٤ طن حتى ٨,٠ طن	١٥٠	٨	١٢٥	١٢	غير مناسب	غير مناسب
أكثر من ٨٠ ك ن أكثر من ٨,٠ طن	١٢٥	٤	١٥٠	١٢	غير مناسب	غير مناسب
-هراس دقاق : hammering roller						
الوزن لكل ١ متر من عرض عجلة الهراس	٢٢٥	٤	١٥٠	١٢	٢٥٠	٤
أكثر من ٤٠ك ن أكثر من ٤,٠ طن						

تابع جدول (٨ – ٧)

طريقة التنفيذ	تربة طينية		تربة رملية مع طبقات طينية جافة		حبيبات رديئة التدرج	
	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور
-هراس ذو إطارات من الكاوتشوك المنفوخ :						
الوزن لكل عجلة						
من ١٠ ك ن حتى ١٥ ك ن من ١,٠ طن حتى ١,٥ طن	١٢٥	٦	غير مناسب	غير مناسب	١٥٠	١٠
من ١٥ ك ن حتى ٢٠ ك ن من ١,٥ طن حتى ٢,٠٠ طن	١٥٠	٥	غير مناسب	غير مناسب	غير مناسب	غير مناسب
من ٢٠ ك ن حتى ٢٥ ك ن من ٢,٠ طن حتى ٢,٥ طن	١٧٥	٤	١٢٥	١٢	غير مناسب	غير مناسب
من ٢٥ ك ن حتى ٤٠ ك ن من ٢,٥ طن حتى ٤,٠٠ طن	٢٢٥	٤	١٢٥	١٠	غير مناسب	غير مناسب
من ٤٠ ك ن حتى ٦٠ ك ن من ٤,٠ طن حتى ٦,٠ طن	٣٠٠	٤	١٢٥	١٠	غير مناسب	غير مناسب
من ٦٠ ك ن حتى ٨٠ ك ن من ٦,٠ طن حتى ٨,٠ طن	٣٥٠	٤	١٥٠	٨	غير مناسب	غير مناسب
من ٨٠ ك ن حتى ١٢٠ ك ن من ٨,٠ طن حتى ١٢,٠ طن	٤٠٠	٤	١٥٠	٨	غير مناسب	غير مناسب
أكثر من ١٢٠ ك ن أكثر من ١٢,٠ طن	٤٥٠	٤	١٧٥	٦	غير مناسب	غير مناسب
-هراس هزاز : vibrating roller						
الوزن لكل ١ متر عرض الهزاز						
من ٢,٧ ك ن حتى ٤,٥ ك ن من ٢٧٠ طن حتى ٤٥٠ كجم	غير مناسب	غير مناسب	٧٥	١٦	١٥٠	١٦
من ٤,٥ ك ن حتى ٧ ك ن من ٤٥٠ طن حتى ٧٠٠ كجم	غير مناسب	غير مناسب	٧٥	١٢	١٥٠	١٢

تابع جدول (٨ - ٧)

طريقة التنفيذ	تربة طينية		تربة رملية مع طبقات طينية جافة		حبيبات رديئة التدرج	
	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة	أقل عدد مرات المرور
من ٧ ك ن حتى ١٣ ك ن من ٧٠٠ كجم حتى ١,٣ طن	١٠٠	١٢	١٢٥	١٢	١٥١	٦
من ١٣ ك ن حتى ١٨ ك ن من ١,٣ طن حتى ١,٨ طن	١٢٥	٨	١٥٠	٨	٢٠١	١٠
من ١٣ ك ن حتى ١٨ ك ن من ١,٨ طن حتى ٢,٣ طن	١٥٠	٤	١٥١	٤	٢٢٥	١٢
من ٢٣ ك ن حتى ٢٩ ك ن من ٢,٣ طن حتى ٢,٩ طن	١٧٥	٤	١٧٥	٤	٢٢٥	١٠
من ٢٩ ك ن حتى ٣٦ ك ن من ٢,٩ طن حتى ٣,٦ طن	٢٠٠	٤	٢٠٠	٤	٢٧٥	٨
من ٣٦ ك ن حتى ٤٣ ك ن من ٣,٦ طن حتى ٤,٣ طن	٢٢٥	٤	٢٢٥	٤	٣٠٠	٨
من ٤٣ ك ن حتى ٥٠ ك ن من ٤,٣ طن حتى ٥,٠٠ طن	٢٥٠	٤	٢٥٠	٤	٣٠٠	٦
أ- أكثر من ٥٠ ك ن أكثر من ٥,٠ طن	٢٧٥	٤	٢٧٥	٤	٣٠٠	٤
أنواع دامكة بالهز vibrating plate copmactors						
فالوزن لكل وحدة مساحة القاعدة						
من ٨,٨ ك ن حتى ١١ ك ن من ٨٨٠ كجم حتى ١,١ طن	غير مناسب	غير مناسب	غير مناسب	غير مناسب	٧٥	٦
من ١١ ك ن حتى ١٢ ك ن من ١,١ كجم حتى ١,٢ طن	غير مناسب	غير مناسب	٧٥	١٠	١٠٠	٦
من ١٢ ك ن حتى ١٤ ك ن من ١,٢ كجم حتى ١,٤ طن	غير مناسب	غير مناسب	٧٥	٦	١٥٠	٦
من ١٤ ك ن حتى ١٨ ك ن من ١,٤ كجم حتى ١,٨ طن	١٠٠	٦	١٢٥	٦	١٥٠	٤

تابع جدول (٨ - ٧)

طريقة التنفيذ	تربة طينية		تربة رملية مع طبقات طينية جافة		حبيبات ردمية التدرج	
	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور	أكبر سمك (مم) للطبقة المدموكة	أقل عدد مرات المرور
من ١٨ ك ن حتى ٢١ ك ن من ١,٨ طن حتى ٢,١ طن	١٥٠	٦	١٥٠	٥	٢٠٠	٤
أكثر من ٢,١ طن	٢٠٠	٦	٢٠٠	٥	٢٥٠	٤
الوزن						
من ٥٠٠ نيوتن حتى ٦٥٠ نيوتن من ٥٠ كجم حتى ٦٥ كجم	١٠٠	٣	١٠٠	٣	١٥٠	٣
من ٦٥ نيوتن حتى ٧٥٠ نيوتن من ٦٥ كجم حتى ٧٥ كجم	١٢٥	٣	١٢٥	٣	٢٠٠	٣
أكثر من ٧٥٠ نيوتن أكثر من ٧٥ كجم .	٢٠٠	٣	١٥٠	٣	٢٢٥	٣
الوزن						
من ١,٥ ك ن حتى ٥ ك ن من ١٥٠ كجم حتى ٥٠٠ كجم	١٥٠	٤	١٥٠	٤	غير مناسب	غير مناسب
أكثر من ٥ ك ن أكثر من ٥٠٠ كجم	٢٧٥	٨	٢٧٥	١٢	غير مناسب	غير مناسب
مدكات ذات العمل الساقط Falling hammer compactors						
وزن المدكه ٥ ك ن (٥٠٠ كجم) من ارتفاع الشبك)						
من ١ متر حتى ٢ متر	٦٠٠	٤	٦٠٠	٨	٤٥٠	٨
أكثر من ٢ متر	٦٠٠	٢	٦٠٠	٤	غير مناسب	غير مناسب

جدول (٨-٨) نتائج إسترشادية لإختيارات الدمك على عينات تربة مختلفة

نوع التربة	نوع الدمك	نسبة الرطوبة المناظرة لأقصى كثافة جافة	أقصى كثافة	
			طن /م٣	ك . ن / م٣
طين	بروكتور القياسى	%٢٦	١,٤٧	١٤,٧
	بروكتور المعدل	%١٨	١,٨٧	١٨,٧
طين مختلط بطمى	بروكتور القياسى	%٢١	١,٥٧	١٥,٧
	بروكتور المعدل	%١٢	١,٩٤	١٩,٤
طين مختلط برمل	بروكتور القياسى	%١٣	١,٨٧	١٨,٧
	بروكتور المعدل	%١١	٢,٠٥	٢٠,٥
طين مختلط برمل وزلط	بروكتور القياسى	%١٧	١,٧٤	١٧,٤
	بروكتور المعدل	%١١	١,٩٣	١٩,٢
رمل منتظم	بروكتور القياسى	%١٧	١,٦٩	١٦,٩
	بروكتور المعدل	%١٢	١,٨٤	١٨,٤
رمل مختلط بزلط / زلط مختلط برمل	بروكتور القياسى	%٨	٢,٠٦	٢٠,٦
	بروكتور المعدل	%٨	٢,١٥	٢١,٥
	الدمك بالذبذبة	%٦	٢,٢٥	٢٢,٥
زلط مختلط بالرمل والطين	بروكتور القياسى	%١١	١,٩٠	١٩,٠٠
	الدمك بالذبذبة	%٩	٢,٠٠	٢٠

References : **المراجع :**

١ - Canadian foundation engineering manual, ٢nd edition .(١٩٨٥), canadian geotechnical society

٢ - Navfac, dm- ٧,٢ (١٩٨٢), "foundations and earth structures", design manual, department of the navy, usa