

أثر ضغط ماء المسام الزائد على توازن المنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع

الدكتور المهندس صبحي دراق السباعي

الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث – كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة الجيوتكنيكية

Email: s-sobhee@live.com

TEL: 00963966515824

الخلاصة:

يعرض هذا البحث طريقة تحديد عامل نسبة ضغط الماء المسام (γ_{II}) اللازم لتحديد ضغط ماء المسام الزائد الناتج عن الزيادة في الإجهاد الفعال داخل جسم السد بسبب الهبوط السريع لمنسوب سطح مياه بحيرة السد من المنسوب الأعظمي حتى المنسوب الميت، وذلك من أجل تحديد عامل الأمان لمنحدر السد الترابي الأمامي عند التفريغ السريع. من أجل ذلك تم استخدام الكود الروسي: (سنيب) (СНП 2.06.05-84) لتحديد عامل نسبة ضغط الماء المسام (γ_{II})، ومن ثم تم استخدام هذا العامل في برنامج (Geostudio 2007) من أجل تحديد عامل الأمان للمنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع، كما أنه أيضاً تم تحديد عامل الأمان للمنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع بدون إدخال عامل نسبة ضغط الماء المسام (γ_{II}) في الحسابات من أجل المقارنة وتحديد التوصيات. كلمات مفتاحية:

1. التفريغ السريع.
2. توازن طويل الأمد.
3. توازن قصير الأمد.
4. عامل نسبة ضغط الماء المسام (γ_{II}).
5. مستوى الانزلاق الحرج.
6. الحث التراجعي.

1 – مقدمة:

التفريغ السريع، والسؤال لماذا تم اختيار هذه الحالة بالذات؟

قد نضطر في حالة ما ولضروقات مفروضة أن نفتح المرفغ السفلي بالكامل وتفرغ بحيرة السد خلال زمن قصير حسب كمية الماء المخزنة وحسب قدرة المرفغ، وربما ينطلق هذا التفريغ السريع من حالة البحيرة في أعلى مستوى تخزين لها، أي من حالة التوازن طويل الأمد حيث أن ضغط ماء المسام ثابت، وفي هذه الحالة تتحرك المياه المتسربة داخل جسم السد الترابي انطلاقاً من المنحدر الأمامي باتجاه المصفاة الموجودة في أسفل المنحدر الخلفي حسب معادلة برنولي وقانون دارسي للجريان بسبب الضاغظ المائي الكلي (H) أمام السد

لسد الترابي نوعين من التوازنات:

توازن قصير الأمد: حيث يكون ضغط الماء المسام متغير القيمة، ويحدث ذلك في الحالات التالية:

1. عند تنفيذ السد.
 2. عند الهزات الأرضية.
 3. عند ملئ بحيرة السد أو تفرغها.
 4. عند التفريغ السريع.
- توازن طويل الأمد:** في هذا التوازن يكون ضغط ماء المسام ثابت في القيمة، ويحدث ذلك في الحالة التي يكون منسوب سطح بحيرة السد ثابتاً لفترة طويلة من الزمن. في كل حالة من الحالات السابقة يتم خلالها دراسة توازن منحدري السد الترابي، ومن هذه الحالات حالة

في حالة التوازن القصير الأمد وعندما تكون قاعدة الشريحة أسفل منسوب المياه الجوفية فإن وزن هذه الشريحة سيولد ضغط ماء مسام زائد بالإضافة لضغط ماء المسام المحسوب من العلاقة (1) يتم حسابه من خلال عامل نسبة ضغط الماء المسام (r_u).

يُعرف عامل نسبة ضغط الماء (r_u) بأنه ضغط ماء المسام الزائد (u) الناتج عن وزن تربة الشريحة مقسوماً على وزن تربة هذه الشريحة ($\gamma_b \cdot H_s$) حسب العلاقة (2) الآتية:

$$r_u = u / \gamma_b H_s \quad (2)$$

كما ويمكن كتابة هذه العلاقة بالشكل الآتي:

$$u = r_u \cdot \gamma_b \cdot H_s \quad (3)$$

حيث أن:

(H_s) ارتفاع الشريحة الكامل فوق وتحت منسوب البساط المائي.

(γ_b) وزن وحدة الحجم الكلية للتربة ذات الارتفاع (H_s).

إن إحدى صعوبات مفهوم هذا العامل (r_u) هو تغيره على كامل المنحدر إذا كان سطح المياه الجوفية لا يوازي سطح الأرض، وبالتالي فإنه من الضروري تحديد (r_u) عند عدد من النقاط أسفل سطح المياه الجوفية، ومن ثم حساب قيمة وسطية لهذا العامل. من أجل مقطع التربة المتعدد الطبقات فإنه يتم

حساب (r_u) لكل طبقة تقع تحت منسوب البساط المائي، فإذا كانت قاعدة الشريحة تقع تحت منسوب البساط المائي فإنه من خلال الوزن الكلي للشريحة يتم حساب ضغط ماء المسام الزائد الناتج عن هذا الوزن.

مثال [1]:

لنعتبر الشريحة العاشرة المبينة في الشكل (3) وبفرض أن:

وزن وحدة الحجم الكلية (γ_b) للرمل والغضار تساوي ($20 \text{ kN} / \text{m}^3$).

وعامل نسبة ضغط الماء للغضار ($r_u = 0.2$).

الحل:

بتطبيق العلاقة (2) يتم حساب ضغط ماء المسام الناتج عن وزن كامل الشريحة (فوق وتحت منسوب المياه الجوفية):

($20.0 \text{ kN} / \text{m}^3$) ($7.22 \text{ m} + 2.14 \text{ m}$)
وبتطبيق العلاقة (1) (37.44 kPa) (0.2)

□ يتم حساب ضغط ماء المسام الناتج عن وزن الماء :

الناتج عن منسوب التخزين الأعظمي كما هو موضح في الشكل (1).

عند التفريغ السريع يبدأ الضاغظ المائي بالتناقص حتى تتعدم قيمته والوصول لمنسوب التخزين الميت لبحيرة السد وبالتالي تبدأ المياه بالقرب من المنحدر الأمامي للسد بتغيير اتجاه حركتها، أي تصبح حركتها باتجاه الوجه الأمامي للسد بالإضافة لحركتها باتجاه المنحدر الخلفي وذلك بسبب بقاء منسوب الماء داخل جسم السد مرتفع الأمر الذي يؤدي لنشوء ضاغظ مائي كبير داخل جسم السد يدفع الماء باتجاه الوجه الأمامي والوجه الخلفي كما هو موضح في الشكل (2)، بالإضافة لذلك يسبب هذا الهبوط المفاجئ والسريع في منسوب سطح بحيرة التخزين إلى زيادة الإجهادات الفعالة داخل جسم السد بالقرب من المنحدر الأمامي، وبسبب هذه الإجهادات الزائدة سيتولد ضغط ماء مسام زائد (موضوع البحث) يحتاج لوقت من الزمن لتصريفه حسب نظرية ترزافي للتشديد، وضغط الماء المسام الزائد هذا سيؤثر على توازن مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي للسد الذي كان له عامل أمان محقق لشروط توازن تحت شروط التوازن الطويل الأمد، الأمر الذي قد يؤدي لتخفيض قيمة عامل الأمان هذا عن القيمة الشرطية المحققة للتوازن مما يؤدي لانتهيار الوجه الأمامي للسد.

ضغط ماء المسام الزائد هذا يتم تحديد قيمته بالاعتماد على عامل نسبة ضغط الماء المسام (r_u)، ويتم ذلك إما من نظرية ترزافي للتشديد أو من خلال الكود الروسي.

2 - عامل نسبة ضغط الماء المسام (r_u) [1]:

2 - 1 - ضغط ماء المسام عند مستوي الانزلاق

الحرج في الحالة الستاتيكية:

في حالة التوازن الطويل الأمد وعند وقوع قاعدة شريحة من مستوي الانزلاق الحرج أسفل الخط البيزومتري (سطح الماء الجوفي) كما في الشكل (3) فإن منتصف هذه القاعدة ستعرض إلى ضغط ماء مسام موجب تحدد قيمته من العلاقة (1) الآتية:

$$u = H_w \cdot \gamma_w \quad (1)$$

أما عندما تقع قاعدة الشريحة فوق الخط البيزومتري فإن ($u = 0$) ما لم نأخذ بعين الاعتبار خاصة الامتصاص للتربة حيث عندها سيكون ضغط الماء المسام سالب.

2 - 2 - ضغط ماء المسام عند مستوي الانزلاق الحرج

الناتج عن وزن التربة في الحالة الستاتيكية:

يحدد هذا العامل من الشكلين (5) و (6) وفق المراحل التالية:

(a) تحديد قيمة (a_v) عامل الانضغاط من تجربة التشديد واحدته (MPa^{-1}) وذلك حسب قيمة الإجهاد المطبق والمساوية لقيمة الإجهاد الزائد المطبق عند المستوى المدروس، ثم نحدد النسبة (a_v/e_o) (MPa^{-1}) حيث (e_o) نسبة الفراغ الأولية عند بداية تطبيق الإجهاد في تجربة التشديد.

(b) تحديد قيمة العامل (P) من الشكل (5) حسب قيمة درجة الإشباع (S_r) وحسب النسبة (a_v/e_o).

(c) تحديد قيمة (r_{uc}) من الشكل (6) حسب قيمة الإجهاد المطبق (MPa) الناتج عن وزن التربة والعامل (P) المحدد أعلاه.

(d) إذا كان ($r_{uc} \leq r_{un} = 0.1$) عندها يمكن إهمال تأثير عامل نسبة ضغط ماء المسام.

3. حساب عامل ضغط ماء المسام الزائد مع خروج الماء من مسامات التربة (r_{uo}):

يتم تحديد هذا العامل من الشكلين (7) و (8) إذا كان ($r_{uc} > r_{un} = 0.1$) وفق المراحل التالية:

(a) تحديد قيمة عامل الزمن (T_v) من العلاقة التالية:

$$T_v = C_v t / d^2 \quad (5)$$

حيث أن:

(t) زمن تزايد الحمولات واحدته (يوم).

(C_v) عامل التشديد واحدته (m^2/day).

حيث يحدد (C_v) من تجربة التشديد حسب الإجهاد المتزايد المحدد.

(d) طول التصريف واحدته (متر) ويحدد للسدود من الشكل (7) حسب العلاقات التالية:

• السد المتجانس:

$$d = m \cdot h \quad (6)$$

السد بنواة غضارية:

$$d = b_{um} / 2 \quad (7)$$

حيث أن:

(h) ارتفاع السد (متر).

(m) ميل منحدر السد.

(b_{um}) عرض قاعدة نواة السد الترابي، واحدته (متر)

كما هو مبين في الشكل (7).

$$(2.14 \text{ m}) (9.81 \text{ kN} / \text{m}^3) = 20.99 \text{ kPa} \quad \square$$

فيكون ضغط ماء المسام الكلي مساوياً:

$$37.44 + 20.99 = 58.43 \text{ kPa}$$

ملاحظة: يفيد عامل نسبة ضغط ماء المسام (r_{u}) في تحديد ضغط ماء المسام المتزايد الناتج عن وزن تربة الردم التراكمي عند التنفيذ واللازم لدراسة توازن منحدري السد الترابي خلال مراحل التنفيذ، كما يفيد في تحديد ضغط ماء المسام المتزايد الناتج عن وزن تربة الناتج عن الهبوط السريع لسطح بحيرة السد عند التفريغ السريع لهذه البحيرة، لتحديد هذا العامل لدينا طريقتين:
حسب نظرية ترزافي للتشديد.

حسب الكود الروسي [2].

ملاحظة: يوجد عامل نسبة ضغط ماء المسام (r_{u}) في الحالة الديناميكية ناتج عن الهزات الأرضية بسبب موجات القص الزلزالية وله طريقة خاصة لتحديد قيمته.

2-3 الكود الروسي [2] لتحديد عامل نسبة ضغط ماء المسام الزائد في السدود الترابية (r_{u}):

من الضروري دراسة استقرار السد الترابي في حالة التوازن القصير الأمد، حيث تتغير قيمة ضغط المسام الأولي زيادة أو نقصاناً، بالإضافة إلى أنه قد يتولد ضغط ماء مسام زائد ناتج في الحالة الستاتيكية ناتج عن إجهاد جديد مطبق بشكل سريع على طبقات السد (تشديد)، الذي نستطيع تحديده من خلال تحديد عامل نسبة ضغط ماء المسام (r_{u}).

لقد حدد الكود الروسي الطريقة العملية لتحديد هذا العامل بالاعتماد على نتائج تجربة التشديد ومن خلال المراحل التالية:

1. يؤخذ بعين الاعتبار ضغط ماء المسام الزائد في دراسة توازن منحدري السد الترابي إذا كانت قيمة عامل ضغط ماء المسام الزائد دون خروج الماء من مسامات التربة (r_{uc}) أكبر من ($r_{un} = 0.1$) وهي القيمة المعيارية لعامل ضغط ماء المسام الزائد، حيث يحدد عامل نسبة ضغط ماء المسام الزائد ($r_{u,max}$) من العلاقة التالية:

$$(r_{u,max}) = r_{uc} \times r_{uo} \quad (4)$$

باعتبار أن:

(r_{uo}) عامل ضغط ماء المسام الزائد مع خروج الماء من مسامات التربة.

2. تحديد عامل ضغط ماء المسام الزائد دون خروج الماء من مسامات التربة (r_{uc}):

تحرك الجزيئات الناعمة من التربة، أي حصول انهيار في تربة السد ناتج عن حادثة الحث الداخلي (Internal Erosion) وظهور حادثة الحث التراجعي (Backward Erosion) التي تسبب في انهيار السد.

إن التغلب على مثل هاتين الظاهرتين الخطيرتين على سلامة السد يكون بإنشاء مصفاة ترابية (Filter) توضع فوق المنطقة التي سيقور بها الرمل أو فوق منطقة ظهور حادثة الحث التراجعي، وتحمل بحمولات مية تفيد في زيادة الضغوط الفعالة على التربة وبالتالي منع هاتين الظاهرتين من الحدوث، وينصح لتجنب حصول حادثة الحث التراجعي تحقيق المتراجحة في جسم السد وأساساته:

$$\theta \leq \frac{i_c}{i_{av}} = \frac{(G-1)(1-n)}{H/L} \quad (9)$$

حيث أن:

(θ) عامل أمان ضد الحث التراجعي (3 - 5).

(i_c) الميل الهيدروليكي الحرج.

(i_{av}) الميل الهيدروليكي الوسطي.

(n) نسبة الفراغ للتربة في المنطقة المدروسة من السد.

(G) الوزن النوعي للتربة في المنطقة المدروسة من السد.

(L) طول خط التسرب.

(H) الضاغط المائي الكلي كما هو موضح الشكل (9).

عندما تكون بحيرة السد في مستواها التخزيني الأعظمي يكون اتجاه حركة المياه داخل جسم السد وأساساته من المنحدر الأمامي للسد إلى المنحدر الخلفي منحرفاً باتجاه المصفاة، أي أن ضغط التسرب (P_s) تساهم في زيادة استقرار الوجه الأمامي للسد وأساساته. عند التفريغ السريع فإن الماء يتحرك داخل جسم السد باتجاهين متعاكسين كما ذكرنا أعلاه، الأول يبقى باتجاه المصفاة، والثاني باتجاه المنحدر الأمامي، وبالتالي تتغير قيم الميل الهيدروليكي داخل جسم السد وأساساته، كما أن ضغط التسرب (P_s) في هذه الحالة يدفع الماء للخروج من الوجه الأمامي للسد، فإذا انعدم الإجهاد الفعال في المناطق القريبة من سطح الوجه الأمامي للسد أو أساساته بدأت تربة السد أو أساساته تخرج مع الماء وتبدأ حادثة الحث التراجعي، وهي بداية انهيار السد إذا لم يتم تلافي الأمر.

4- التطبيق العملي [للباحث]:

في هذا التطبيق سيتم بيان كيفية دراسة توازن المنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع.

(b) تحديد (r_{u0}) من الشكل (8) حسب قيمة

عامل الزمن (T_v).

ملاحظة: في حالة السد الذي يتكون من مجموعة ترب غير متجانسة يتم اعتماد التربة ذات الخصائص القيم العظمى لـ (a_v, S_r, e_o).

3- قوة التسرب [3]:

إن الزيادة في الضاغط السكوني للماء على الطرف العلوي للجريان في عنصر مكعب ذي ضلع (a) (المربع المهشر على الشكل (9)) هي:

$$(a^2(8-2) \Delta h \gamma_w)$$

وتكون هذه الزيادة على الطرف السفلي للجريان من المربع المهشر نفسه هي:

$$(a^2(8-3) \Delta h \gamma_w)$$

وبالتالي يكون الفرق بينهما مساوياً لقوة التسرب (P_s):

$$P_s = a^2 \Delta h \gamma_w$$

$$P_s = a^3 (\Delta h / a) \gamma_w$$

$$P_s = a^3 i \gamma_w$$

وبما أن (a^3) هي حجم العنصر الترابي، لذلك فإن الماء يؤثر على التربة بقوة في واحدة الحجم قدرها:

$$P_s = i \gamma_w \quad (8)$$

هذه القوة تزيد من مقاومة التربة إذا كانت هي أو إحدى مركباتها باتجاه الثقالة الأرضية لأنها تزيد قيمة الإجهادات الفعالة، وتقلل من مقاومة التربة إذا كان اتجاه هذه القوة للأعلى أي عكس اتجاه الثقالة الأرضية فإنها تسبب جرف حبات التربة وإقلال تحاكما، فإذا بلغت قيمة الميل المائي الهيدروليكي حداً حرجاً (i_c) تصبح الإجهادات الفعالة على التربة مساوية للصفر على أي عمق من التربة وبذلك تبدو ظاهرة الرمل السريع أو ظاهرة الرمال المتحركة (quick sand) أو ما يعرف بظاهرة فوران الرمل (boiling of sand)، وسبب ذلك أنه على أي عمق يكون ضغط التربة المغمورة بالماء مساوياً إلى الضغط المائي في لحظة الفوران أي أن [3]:

$$Z \gamma' = P_s Z = i_c \gamma_w Z$$

$$i_c = \gamma' / \gamma_w$$

$$i_c = (G-1)(1-n) \quad (9)$$

ويكون عامل الأمان ضد حدوث فوران الرمل هو النسبة ما بين الإجهاد الفعال للتربة منسوباً على ضغط التسرب عند ذات النقطة.

وينتج أيضاً في السدود الترابية عن زيادة الميل الهيدروليكي وبالتالي ضغط التسرب عن القيم الحرجة

4-1- سد الحسكة الشرقي:

سد ترابي متجانس بارتفاع (24.33) متر، يقع في الجهة الشمالية الشرقية لسوريا، يتكون من تربة غضارية نوع (CI) لها المواصفات التالية:

- وزن وحدة الحجم الرطبة (γ_b): (19.9 kN/m^3) .
- وزن وحدة الحجم المشبعة (γ_s): (20.2 kN/m^3) .
- وزن وحدة الحجم للماء (γ_w): (10 kN/m^3) .
- الوزن النوعي ($G = 2.7$).
- عامل النفاذية ($K = 0.001 \text{ m/day}$).
- زاوية الاحتكاك الداخلي ($\Phi = 27^\circ$).
- تماسك التربة ($C = 72 \text{ kPa}$).
- حد السيالان ($W_{LL} = 41$).
- دليل اللدونة ($PI = 18$).
- مدة تفرغ البحيرة بشكل سريع عبر المرغ السفلي هو (45 day).
- قيمة تماسك طبقة الفلاتر وطبقة حماية الوجه الأمامي ($C = 0$).
- زاوية الاحتكاك الداخلي لطبقة الفلاتر ولطبقة حماية الوجه الأمامي ($\Phi = 36^\circ$).

4-2- تجارب التشديد:

لقد تم تقسيم جسم السد لأربع مناطق وذلك عند المقطع الأعظمي لجسم السد، وتم أخذ العينات من جسم السد من المستويات المبينة على الشكل (10).

على عمق مترين من قمة السد تم أخذ عينات نفذت عليها تجارب التشديد، وتم اختيار نتائج مرحلة زيادة الإجهاد من القيمة (0.025 mPa) إلى القيمة (0.05 mPa).

على عمق (5 m) من قمة السد تم أخذ عينات نفذت عليها تجارب التشديد، وتم اختيار نتائج مرحلة زيادة الإجهاد من القيمة (0.05 mPa) إلى القيمة (0.1 mPa).

على عمق (20 m) من قمة السد تم أخذ عينات نفذت عليها تجارب التشديد، وتم اختيار

نتائج مرحلة زيادة الإجهاد من القيمة (0.2 mPa) إلى القيمة (0.4 mPa).

وعلى عمق (24.33 m) من قمة السد تم أخذ عينات نفذت عليها تجارب التشديد، وتم اختيار نتائج مرحلة زيادة الإجهاد من القيمة (0.4 mPa) إلى القيمة (0.6 mPa).

لقد تم إجراء جميع تجارب التشديد في مخبر ميكانيك تربة الشركة العامة للدراسات المائية، حيث يوضح الشكل (10) نتائج هذه التجارب.

4-3- تحديد عامل نسبة ضغط الماء ($r_{u \max}$) لتربة سد الحسكة:

تم حساب عامل نسبة ضغط الماء ($r_{u \max}$) لكل طبقة وذلك حسب الكود الروسي المبين في الفقرة (2-3) أعلاه.

فمثلاً ومن أجل الطبقة الأولى وعند العمق (2 m) من قمة السد كانت مراحل تحديد عامل نسبة ضغط الماء ($r_{u \max}$) كما يلي:

- تحديد العامل (P) والعامل (r_{uc}): من تجربة التشديد تم تحديد قيمة (a_v):

$$a_v = \Delta e / \Delta \sigma$$

$$a_v = (0.765 - 0.759) / (0.05 - 0.025)$$

$$a_v = 0.24 \text{ mPa}^{-1}$$

$$a_v / e_o = 0.24 / 0.765 = 0.31 \text{ mPa}^{-1}$$

ومن الشكل (5) تم تحديد العامل (P) حسب

النسبة (a_v / e_o) المحددة أعلاه وحسب درجة

الإشباع ($S_r = 77.47\%$) فكانت قيمته ($P = 0.13$).

ومن الشكل (6) تم تحديد قيمة العامل (r_{uc}) حسب

قيمة العامل (P) المحدد أعلاه، وحسب قيمة الإجهاد الناتج عن وزن التربة والذي قيمته:

$$(\sigma = 2 \times 0.0199 = 0.0398 \text{ mPa})$$

فكانت القيمة ($r_{uc} = 0.12$)، وهذه القيمة أكبر

من (0.1) وبالتالي من الضروري تحديد (r_{uo}) و ($r_{u \max}$).

- تحديد العامل (r_{uo}):

من تجربة التشديد تم تحديد قيمة:

$$C_v = 0.74 \text{ m}^2 / \text{day}$$

$$T = 0.92$$

المنسوب الأعظمي حتى المنسوب الميت، كما هو موضح في الشكل (15).

يلاحظ أن عامل الأمان لمستوي الانزلاق الحرج للوجه الأمامي لسد الحسكة الشرقي ذو قيمة محققة للتوازن، كما أنه يلاحظ أن سد الحسكة الشرقي آمن عند تفريغ البحيرة بشكل سريع (خلال 45 يوم) ويعود ذلك للسببين التاليين:

1. إضافة طبقات الفلتر وطبقات حماية الوجه الأمامي لسد الحسكة الذي منع خروج الماء أثناء التفريغ السريع منه، والسماح للماء بالخروج من طبقات الأساس.
2. وجود طبقات الفلتر وطبقات حماية الوجه الأمامي لسد الحسكة قد منع وصول قيمة الإجهاد الفعال بالقرب من الوجه الأمامي للصفر. من هنا نتوصل للنتائج التالية:

5- النتائج:

1. أهمية تحديد عامل نسبة ضغط ماء المسام الزائد (r_u) من أجل دراسة توازن المنحدر الأمامي للسد الترابي عند التفريغ السريع.
2. تحديد قيم الإجهاد الفعال داخل جسم السد الترابي عند التفريغ السريع للتأكد من عدم وصول قيمة الإجهاد الفعال بالقرب من الوجه الأمامي للصفر، وتحقيق المتراحة (9).
3. إضافة طبقات الفلاتر وطبقة الحجارة الحامية للوجه الأمامي والتي تساهم في رفع قيم الإجهاد الفعال عند الوجه الأمامي بالإضافة لمنع الماء من الخروج عبر الوجه الأمامي.
4. يتم تحديد سماكة طبقة الحماية بحيث تحقق ما ورد في الفقرة السابقة.

باعتبار أن عامل النفاذية لجسم السد $(K = 0.001 \text{ m/day})$.

وباعتبار أن طول التصريف $(d = 6 \text{ m})$ كما هو موضح في الشكل (10)، وأن مدة تفريغ البحيرة من المفرغ هو (45 day).

ومن الشكل (8) تم تحديد قيمة العامل (r_{uo}) وذلك حسب قيمة عامل الزمن (T) المحدد أعلاه فكانت قيمته $(r_{uo} = 0.5)$.

• تحديد العامل $(r_{u \max})$.

يتم تحديد العامل $(r_{u \max})$ من العلاقة (4):

$$r_{u \max} = 0.12 \times 0.5 = 0.06$$

ونتابع بذات الطريقة من أجل تحديد العامل (r_u) لجميعها على الشكل (10).

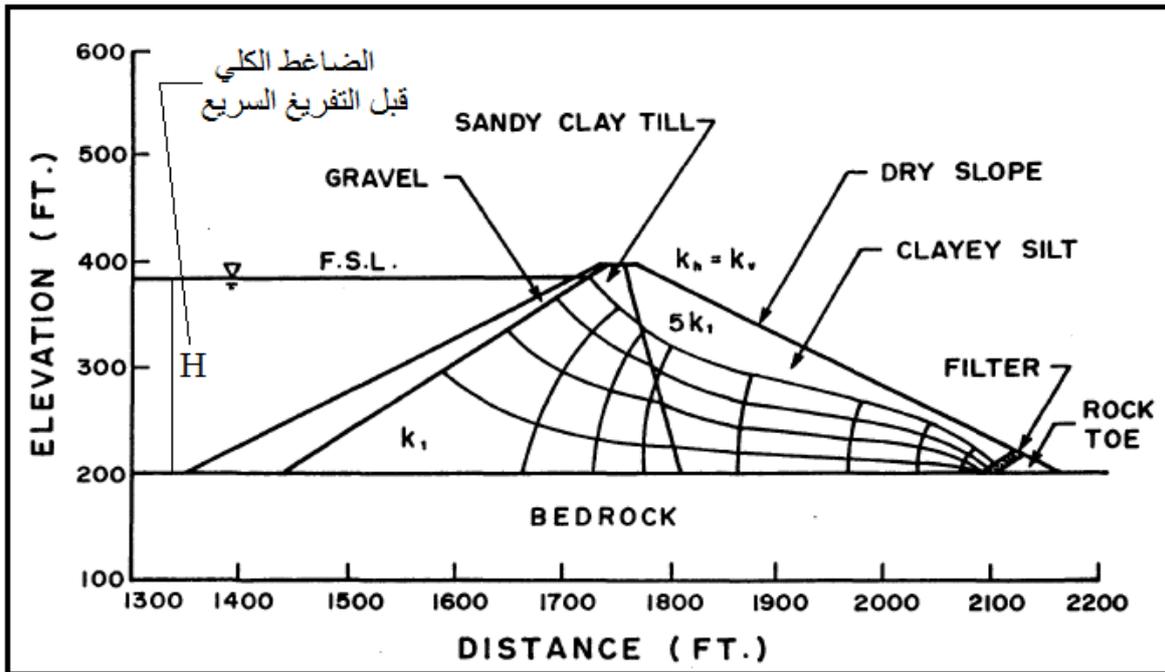
4 - 4 - دراسة توازن المنحدر الأمامي لجسم سد الحسكة الشرقي:

يبين الشكل (11) عامل أمان مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي في حالة توازن طويل الأمد $(F = 5.75)$ (استقرار ضغط ماء المسام بسبب ثبات منسوب سطح البحيرة الأعظمي)، حيث يبين الشكل (12) قيم الضغط الفعال داخل جسم السد ويلاحظ أيضاً توازي خطوط الضغط الفعال.

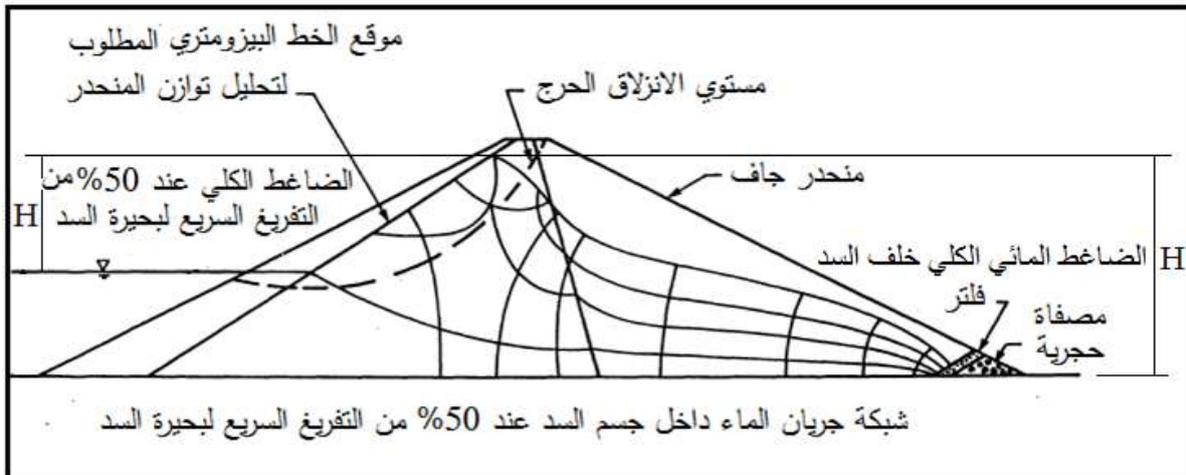
عند تفريغ بحيرة السد خلال (45) يوم يلاحظ زيادة الضغط الفعال داخل جسم السد كما هو واضح في الشكل (13)، وهذا سيسبب تشديد طبقات التربة المشبعة المشكلة لجسم السد وبالتالي سيتولد ضغط الماء المسام الزائد الناتج عن عامل نسبة ضغط ماء المسام (r_u) .

بلغت قيمة عامل أمان (F) مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي لسد الحسكة $(F = 3.39)$ وذلك بدون اعتبار ضغط الماء المسام الزائد أي أن $(r_u = 0)$ ، الناتج عن ارتفاع الاجهادات الفعالة بسبب الهبوط السريع لمنسوب بحيرة التخزين من المنسوب الأعظمي حتى المنسوب الميت، كما هو موضح في الشكل (14).

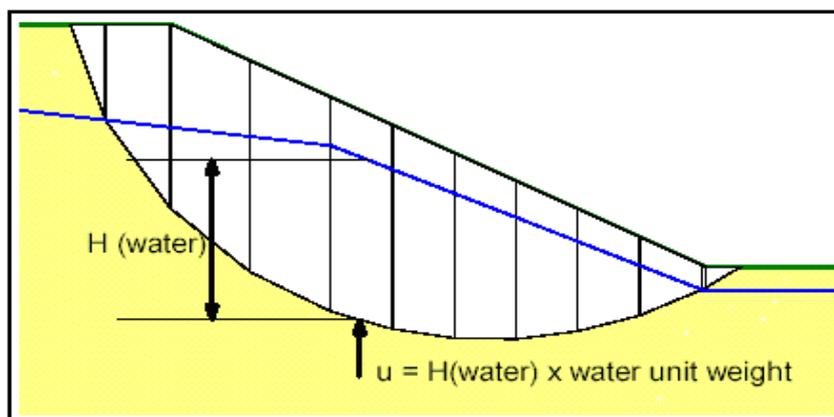
في حين يلاحظ انخفاض قيمة عامل أمان مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي لسد الحسكة إلى $(F = 2.09)$ وذلك مع اعتبار ضغط الماء المسام الزائد أي أن $(r_u \neq 0)$ ، الناتج عن ارتفاع الاجهادات الفعالة بسبب الهبوط السريع لمنسوب بحيرة التخزين من



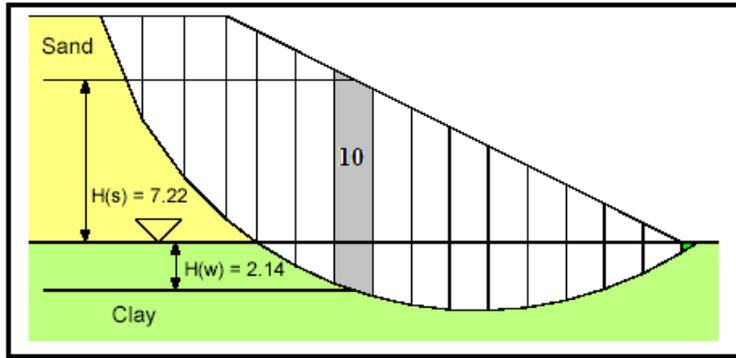
الشكل 1. شبكة الجريان وخطوط الكمون لسد ترابي عند مستوي التخزين الأعظمي لبحيرة السد



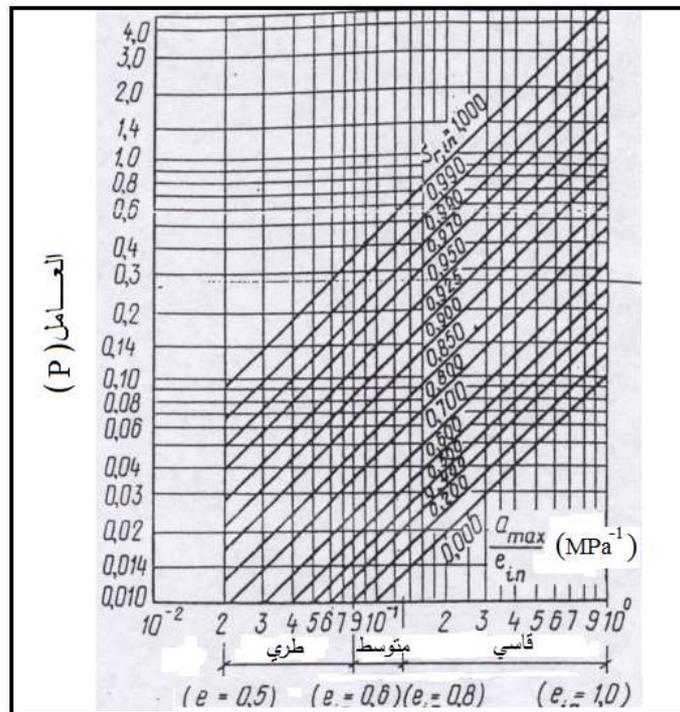
الشكل 2. شبكة الجريان وخطوط الكمون لسد ترابي عند 50% من التفريغ السريع لبحيرة السد



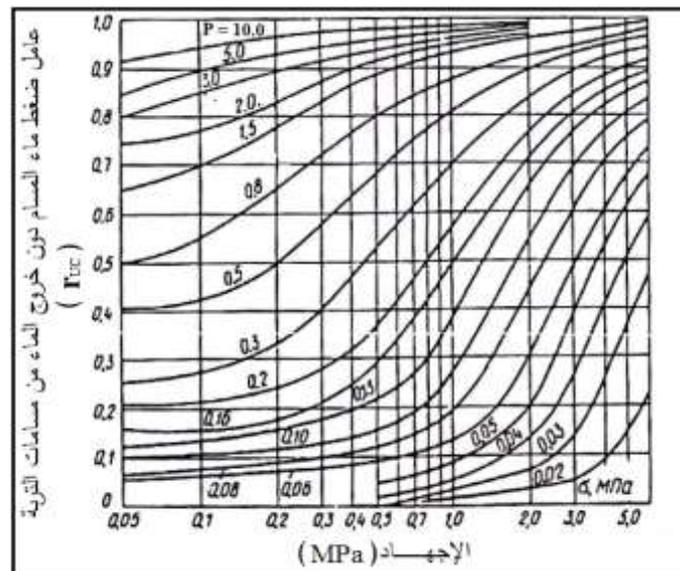
الشكل 3. ضغط ماء المسام [1]



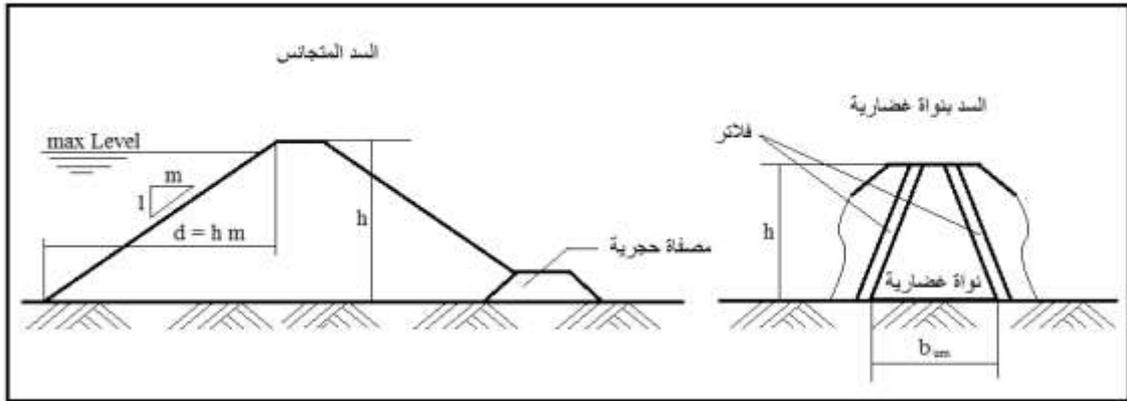
الشكل 4. مقطع في منحدر مؤلف من طبقة رمل جافة وطبقة غضار مشبعة [1]



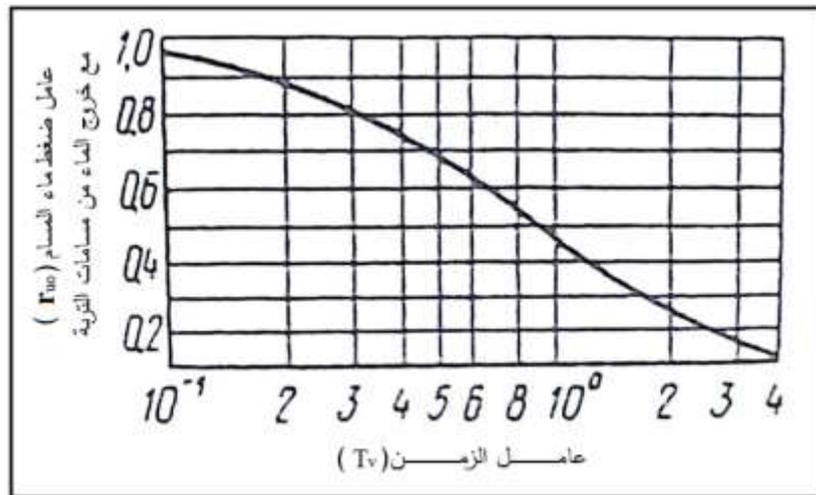
الشكل 5. تحديد العامل (P) [2]



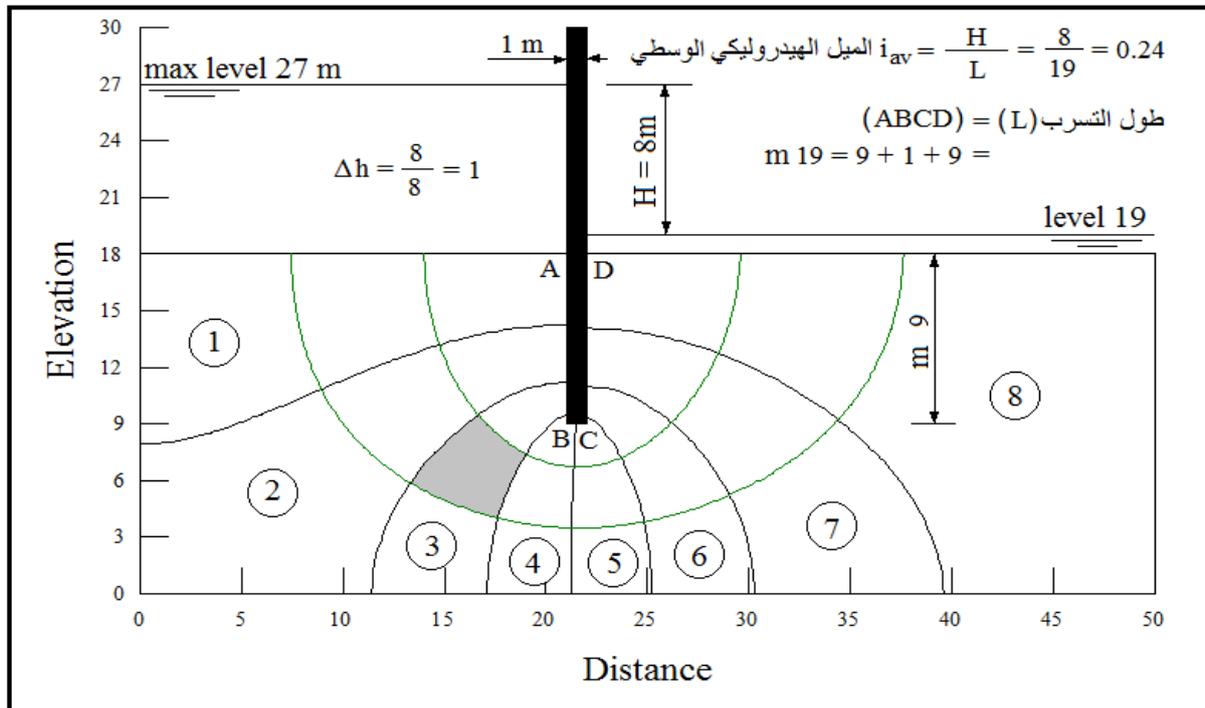
الشكل 6. تحديد عامل ضغط ماء المسام الزائد دون خروج الماء من مسامات التربة (ru) [2]



الشكل 7. طول التصريف في السدود الترابية [2]



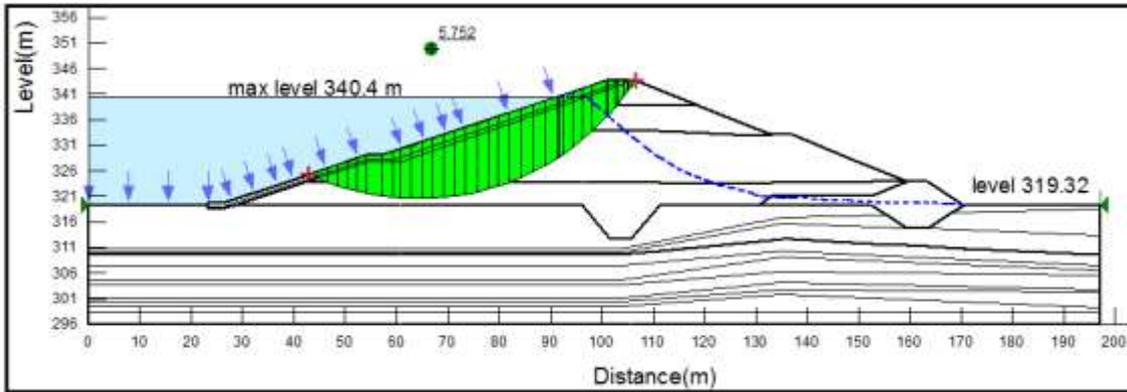
الشكل 8. تحديد عامل ضغط ماء المسام الزائد مع خروج الماء من مسامات التربة (r_{100}) [2]



الشكل 9. مثال لتحديد قوة التسرب (P_s) والميل الهيدروليكي الوسطي (i_{av}) [3]

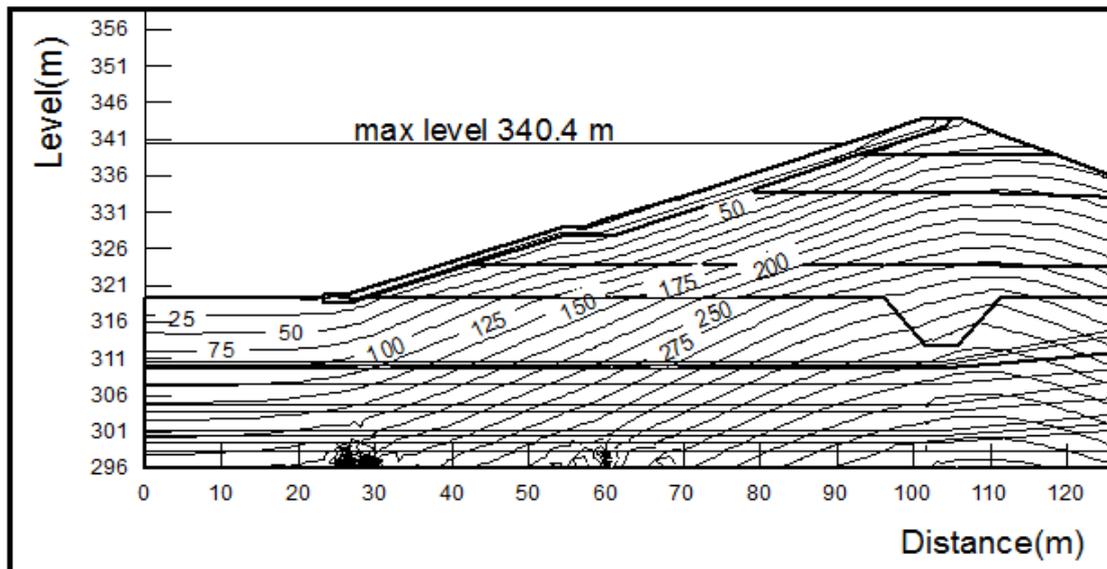
		منسوب قمة السد 343.56 m		منسوب سطح البحيرة الأعظمي			
$C_v = 0.74 \text{ m}^2/\text{day}$ $T = 0.92$	2 m	340.4 m	$e_o = 0.765$	$\frac{\alpha_v}{e_o} = 0.31 \text{ mPa}^{-1}$	$S_r = 77.47$	①	
		6 m	$e_f = 0.759$ $n = 0.43$	$\Gamma_{uo} = 0.5$ $P = 0.13$	$\Gamma_{u \max} = 0.06$ $\Gamma_{uc} = 0.12$		
$C_v = 0.46 \text{ m}^2/\text{day}$ $T = 0.092$	3 m	d1	$e_o = 0.776$	$\frac{\alpha_v}{e_o} = 0.48 \text{ mPa}^{-1}$	$S_r = 71.44$	②	
		15 m	$e_f = 0.757$ $n = 0.43$	$\Gamma_{uo} = 1$ $P = 0.15$	$\Gamma_{u \max} = 0.15$ $\Gamma_{uc} = 0.15$		
$C_v = 0.254 \text{ m}^2/\text{day}$ $T = 0.003$	15 m	d2	$e_o = 0.648$	$\frac{\alpha_v}{e_o} = 0.25 \text{ mPa}^{-1}$	$S_r = 92.88$	③	
		60 m	$e_f = 0.615$ $n = 0.38$	$\Gamma_{uo} = 1$ $P = 0.38$	$\Gamma_{u \max} = 0.4$ $\Gamma_{uc} = 0.4$		
$C_v = 1.265 \text{ m}^2/\text{day}$ $T = 0.009$	4.33 m	d3	$e_o = 0.7$	$\frac{\alpha_v}{e_o} = 0.19 \text{ mPa}^{-1}$	$S_r = 97.38$	④	
		d4 = 74.79 m	$e_f = 0.673$ $n = 0.4$	$\Gamma_{uo} = 1$ $P = 0.35$	$\Gamma_{u \max} = 0.52$ $\Gamma_{uc} = 0.52$		
		منسوب الأرض الطبيعية 319.2 m				الأساس	

الشكل 10. كروكي لسد الحسكة يوضح نتائج تجارب التشديد وقيمه عامل ضغط ماء السام ($\Gamma_{u \max}$) [للباحث]



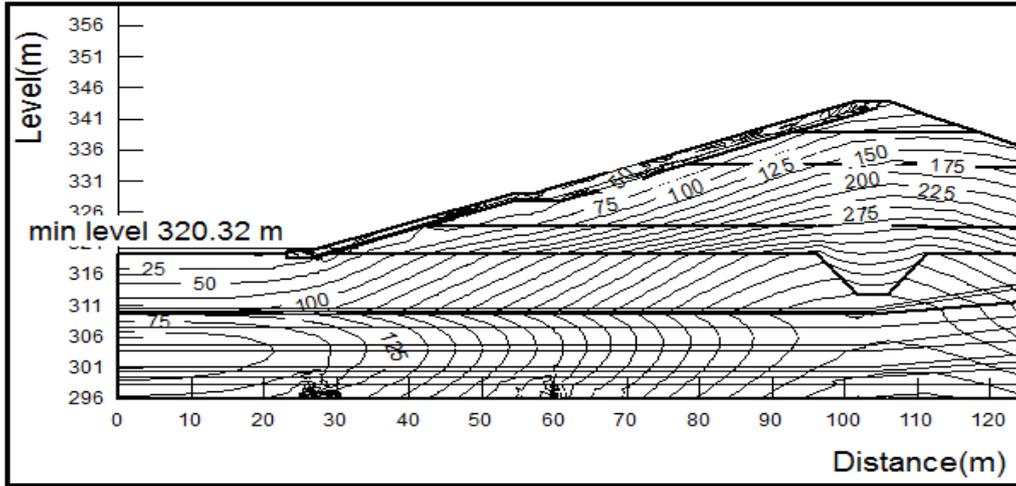
الشكل 11. عامل امان مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي والبحيرة ممتلئة

باستخدام برنامج (Geostudio 2007) [للباحث]

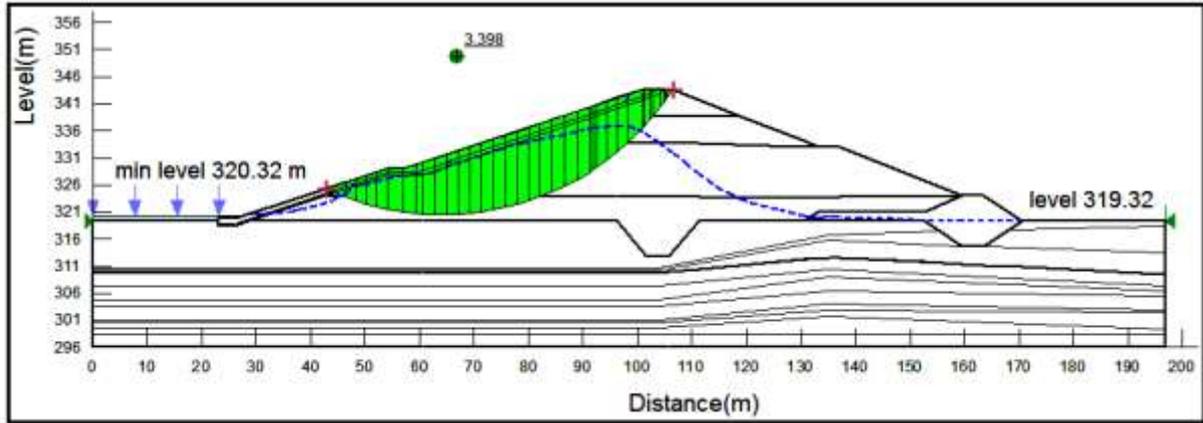


الشكل 12. توزيع الضغط الفعال داخل جسم سد الحسكة الشرقي في حالة البحيرة ممتلئة

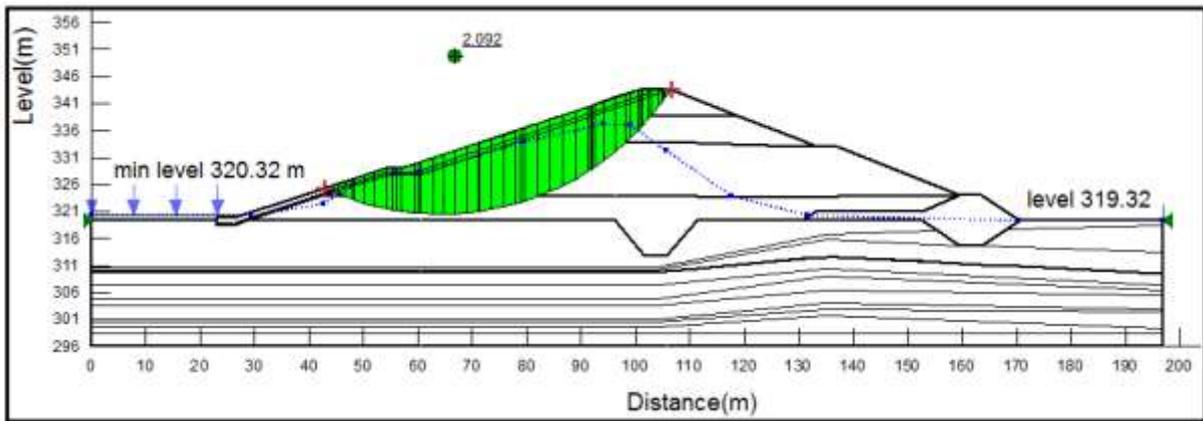
باستخدام برنامج (Geostudio 2007) [للباحث]



الشكل 13. توزيع الضغط الفعّال داخل جسم سد الحسكة الشرقي في حالة التفريغ السريع للبحيرة باستخدام برنامج (Geostudio 2007) [للباحث]



الشكل 14. عامل أمان مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع للبحيرة حيث ($r_u = 0$) باستخدام برنامج (Geostudio 2007) [للباحث]



الشكل 15. عامل أمان مستوي الانزلاق الحرج للمنحدر الأمامي لسد الحسكة الشرقي عند التفريغ السريع للبحيرة حيث ($r_u \neq 0$) باستخدام برنامج (Geostudio 2007) [للباحث]

papers number of SLOPE / W book is (412),

2 – الكود الروسي (سنيب) (-2.06.05) СНИП
(84).

3 – د. محمد نبيل سالم "ميكانيك التربة"
منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية،
ص 134 - 139

6 – المراجع :

– 1

John Krahn / May / 2004
/"Geoslope: a computer program",
Geo-slope international Ltd
1400,633- 6th Ave SW Calgary, Al-
berta, Canada T2p 2y5,
E-mail: info@geo-slope.com. Web:
<http://www.geo-slope.com>.

The impact of excess pore water pressure on upstream stability of the Alhasakah Alsharki Dam during rapid drawdown

Dr. Sobhee ALSebai
Depart. Of Geotechnical Eng.
Faculty of Civil Eng
Al Baath University
Email: s-sobhee@live.com
TEL: 00963966515824

Abstract:

This search shows method for determining Pore Water Pressure Ratio Coefficients (r_u) that is necessary to determine the excess pore water pressure caused by rapid drawdown, in order to estimate the factor of safety for upstream slope of the earth Dam using developed software.

For that, use the Russian Code Method in order to determine Pore Water Pressure Ratio Coefficients (r_u), and then use this Coefficient (r_u) in the program (Geostudio 2007) in order to estimate the factor of safety for upstream slope of the Eastern Al-Hasakah earth Dam during rapid drawdown.

Also, estimate the factor of safety of upstream slope of the Eastern Al-Hasakah earth Dam during rapid drawdown without use value of Pore Water Pressure Ratio Coefficients (r_u) in the accounts.

Finally comparison between the two values of the safety factor of upstream slope of the Eastern Al-Hasakah earth Dam during rapid drawdown.

Keywords:

1. Rapid drawdown.
2. Long-term stability.
3. Short-term stability.
4. Pore Water Pressure Ratio Coefficients (r_u).
5. Critical slope surface.
6. Backward Erosion