

استخدام برنامج فيجول بيسك لرسم شبكة الجريان و إيجاد كمية التسرب أسفل ركيزة لوحية

م.م ناظر حسن جواد
الشعبة الهندسية/ جامعة الكوفة

د.ليث جواد عزيز
القسم المدني/كلية الهندسة/ جامعة الكوفة

الخلاصة

هذا البحث يمثل طريقة تجريبه لتخمين كمية التسرب أسفل الركائز اللوحية (Quantity of seepage under sheetpile wall) و التي يكون لها تأثير كبير على استقرارية و ديمومة الركيزة. شبكة الجريان (Flow net) تم رسمها باستخدام برنامج فيجول بيسك (Visual Basic) و الذي له إمكانية رسم أكبر عدد من خطوط الجريان (Flow lines) و أكبر عدد من خطوط تساوي الجهد (Equipotential lines) ضمن نطاق الجريان و بالتالي توفر دقة كبيرة في تخمين كمية التسرب. كذلك تم مقارنة نتائج هذا البرنامج مع نتائج أمثلة واقعية و وجد بأن هناك توافق تام بين كلا النتائج.

الموديلات النظرية المستخدمة لإيجاد كمية التسرب قسمت إلى ثلاثة مجاميع رئيسية اعتماداً على طول الطبقة الطينية (Blanket layer) في منطقة الخروج (Downstream) ($L=0, 2 \text{ and } 6\text{m}$) كل سمك طبقة طينية قسمت إلى ستة مجاميع ثانوية، متغيرة مع عمق انغراز الركيزة اللوحية ($H_3=2, 4, 6, 8, 10 \text{ and } 12 \text{ m}$) و لعدة قيم من (H_4) (بعد الطبقة الصخرية عن سطح الأرض) ($H_4=24, 22, 20, 18, 16, 14$) و لقيم مختلفة من الفرق بالشحنة ($h=2, 4, 6, 8, 10, 12 \text{ m}$) و لقيم مختلفة من الفرق بالشحنة ($\Delta h=2, 4, 8 \text{ m}$).

نتائج تنفيذ البرنامج و ضحت أن نقصان عمق انغراز الركيزة اللوحية (H_3) سيؤدي إلى زيادة عدد خطوط الجريان و بالتالي زيادة كمية الجريان عند (H_4) ثابتة بفرض أن قيمة معامل النفاذية (Coefficient of permeability, k) مساوي إلى وحدة واحدة (1 Unit). عند قيمة (H_3) معينة، نلاحظ إن كمية الجريان تزداد مع زيادة (H_4)، كذلك إننا نلاحظ أن الفرق بين ($H_1 - H_2$) يؤدي إلى زيادة كمية الجريان و إن زيادة طول الطبقة الطينية (Blanket) يؤدي إلى زيادة طول مسار الجريان و بالتالي نقصان حاد في كمية التسرب أسفل الركيزة اللوحية.

التمثيل الرياضي لمجموعة الموديلات قدم بدلالة معادلة وضعية (Empirical equation) لتخمين

كمية الجريان تم إيجادها باستخدام برنامج إحصائي (MS-Statistica program) و قورنت نتائج كمية

الجريان المستخرجة من المعادلة الوضعية مع كمية الجريان المستخرجة من العمل المختبري و وجد بأنها متطابقة بصورة كبيرة.

الكلمات الرئيسية: شبكة الجريان، برنامج فيجول بيسك، التسرب، الركائز اللوحية، الطبقة الطينية الصماء

DETERMINATION OF QUANTITY OF SEEPAGE UNDER SHEET PILE (FLOW NET) BY USING VISUAL BASIC PROGRAM

Dr. Laith Jawad Aziz

Civil Dep./ College of Engineering/ Kufa University

Asst. Lect. Nadher Hassan Jawad

Engineering Disunity/ Kufa University

Abstract

This research is empirical method for estimating the quantity of seepage under sheet pile wall, which influence on the stability and durability of the sheet pile.

Flow net plotted by using Visual Basic Program, which gives greater number of flow lines and equipotential lines. The comparison between the results of visual program and the field observations explains excellent agreement.

Theoretical models (used to determine quantity of seepage) are divided into three broad categories depending on length of clay layer (blanket) in the down stream side ($L=0, 2$ and 6 m). For each category, the models are divided into six parts depending on the depth of penetration of sheet pile ($H_3=2, 4, 6, 8, 10$ and 12 m) for various values of the depth of bed rock ($H_4=24, 22, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4$ and 2 m) and various values of total head differences ($\Delta h=H_1-H_2=3, 4$ and 8 m).

From the results of the program, at constant (H_4), the quantity of seepage decreases with increasing (H_3), also at a given (H_3), the quantity of seepage increase with increasing (H_4) and head difference (Δh). A rapid decrease in quantity of seepage with increasing clay layer length (L).

The mathematical representation of the series of models are represented by empirical equation resulted from a regression analysis by MS-Statistica. The results of the empirical equation are conservative as compared to the results of the experimental work.

الرموز المستخدمة بالبحث

H_1 : منسوب الماء في منطقة المقدم (upstream region) وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

H_2 : منسوب الماء في منطقة المؤخرة (downstream region) وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

H_3 : عمق انغراز الركيزة اللوحية و وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

H_4 : البعد من سطح الأرض إلى الطبقة الصماء و تكون وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

K : ثابت النفاذية (Coefficient of permeability) وحداته بـ (m/sec) أو (cm/sec) أو (mm/sec).

L : طول الطبقة الطينية في منطقة المؤخر أما وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

N_f : عدد قنوات الجريان (Number of flow lines) بدون وحدات.

N_d : عدد الهبوطات (Number of drops) بدون وحدات.

q : كمية الجريان أسفل الركيزة اللوحية وحداته بـ $[(m^3/sec)/m]$ أو $[(cm^3/sec)/cm]$ أو

$[(mm^3/sec)/mm]$.

Q : ثابت حدود الجريان أسفل الركيزة اللوحية و تكون وحداته بـ (m) أو (cm) أو (mm).

Δh : الفرق بين منسوب المقدم و المؤخر أما وحداته تكون بـ (m) أو (cm) أو (mm).

المقدمة

نظراً للتقدم الحاصل بإنشاء البرمجيات الخاصة بأعمال الهندسة المدنية و التي تساعد في رقي البلدان و تطورها نتيجة للدقة المتناهية التي تعمل بها هذه البرمجيات و كذلك السرعة الكبيرة في انجاز المعلومات المطلوبة لذلك تم استعمال برنامج فيجول بيسك (Visual basic) في رسم شبكة الجريان أسفل الركيزة اللوحية بدلاً من الطريقة اليدوية التي تحتاج إلى جهد كبير و وقت طويل (verruijt,2006)

يلزم لإنشاء شبكة الجريان يدوياً أن تكون حدود الجريان محددة أي أن يكون أول و آخر خط جريان (Flow lines) معلوم و كذلك أول و آخر خط تساوي جهد (Equipotential lines) معلوم و باستخدام طريقة التجربة و الخطأ (Trial and error) ، يتم فرض عدد معين من قنوات الجريان (Flow cannel N_f) محصورة بين أعلى و آخر خط جريان بعد ذلك نرسم خطوط متعامدة مع خطوط الجريان تسمى خطوط تساوي الجهد و تصنع شبكة من المربعات و بذلك نجد (N_d) و باستخدام معادلة (١) نجد كمية الجريان (Quantity of seepage) (smith et.al,1980) and (smith et.al ,1998)

$$q = K.(H_1 - H_2) \cdot \frac{N_f}{N_d} \quad (1)$$

كمية الجريان أسفل الركائز اللوحية يعتمد على معامل النفاذية (Coefficient of permeability) و الذي يعتمد على نوعية التربة ناعمة أو خشنة الحبات، أو أن التربة متجانسة (Homogeneous soil) أو غير متجانسة (Nonhomogeneous soil) أو أن التربة متماثلة (Isotropic soil) أو غير متماثلة (Anisotropic soil). كلما ازدادت كمية التسرب أسفل الركيزة اللوحية، أدى ذلك إلى أن التربة تخسر مقاومة قصها (Loss in shear strength) و هذا يسبب انهيار المنشأ (Structure damage)، لذلك من المهم السيطرة على كمية الجريان (Ramamurthy et al ,2008).

الهدف من البحث

دراسة تأثير عمق انغراز الركيزة اللوحية (H_3) و بعد الطبقة الصماء (Impermeable layer) عن سطح الأرض (H_4) (Natural Ground Level, N.G.L) و طول الطبقة الطينية (Blanket layer, L) و الفرق بين منسوب الماء في المقدم و المؤخر (Δh) على كمية الجريان باستخدام برنامج فيجول بيسك (Visual basic)، والذي يوفر دقة متناهية و سرعة كبيرة في رسم شبكة الجريان و بالتالي حساب كمية التسرب (Seepage quantity).

إيجاد معادلة وضعية (Empirical equation)، لحساب كمية الجريان اعتماداً على قيم (L, H_4, H_3 and h) باستخدام برنامج إحصائي (Ms-Statistica) و التي لها دقة عالية عند مقارنتها مع العمل المختبري.

العرض النظري لرسم شبكة الجريان باستخدام برنامج فيجول بيسك

إدخال البيانات

يتم فتح برنامج رسم شبكة الجريان المستخدم من خلال برنامج الفيغول بيسك عندها ستظهر الواجهة الموضحة في الشكل (1)، و تحتوي هذه الواجهة على رسم يوضح شكل الركيزة اللوحية و عمق انغرازها بالتربة (H_3) و بعد الطبقة غير النفاذة عن سطح الأرض (H_4) و منسوب المياه في منطقة المقدم (Upstream level, H_1) و منسوب الماء في منطقة المؤخر (H_2 , Downstream level) و كذلك الشكل (1)، يوضح طول الطبقة الطينية في منطقة المؤخرة (Clay layer, L) .

تم إدخال البيانات للركيزة اللوحية من خلال مستطيلات النص المجاورة لكل رمز من الرموز التالية (H_1, H_2, H_3, H_4 and L).

تنفيذ البرنامج

عند اكتمال إدخال القيم في الفقرة السابقة ، نقوم بالضغط على مفتاح (Draw Flownet) في الشكل (1)، فنحصل على رسم لشبكة الجريان (Flownet) خلال ثواني معدودة و كما بالشكل (2)، بعد ذلك نضغط على المستطيل الواقع في الجهة العليا اليسرى (Test you knowledge) فنحصل على عدد خطوط تساوي الجهد (Number of Equipotential lines, N_d) و على عدد خطوط الجريان (Number of flow lines, N_f) و كذلك على معدل الجريان (Flow rates) باعتبار أن قيمة ثابت النفاذية (Coefficient of permeability) مساوية إلى وحدة واحدة (1 m/sec) و كما مشاهد بالشكل (3).

إيجاد المسافة بين أي نقطتين ضمن حدود الجريان، نضغط على المفتاح (Find Distance) في الشكل (2) بعد ذلك نؤشر النقطتين المطلوب إيجاد المسافة بينهما.

الموديلات النظرية

الموديلات النظرية قسمت إلى ثلاثة أجزاء رئيسية حسب طول الطبقة الطينية (Blanket layer, L) الموجودة في منطقة المؤخرة (Down stream level) و اعتماداً على التأثير لعمق انغراز الركيزة اللوحية (H_3) على كمية الجريان ، تم تقسيم كل من الموديلات الرئيسية الثلاثة إلى ستة أجزاء ثانوية كما في الشكل (4).

الشكل (4) يوضح مخطط انسيابي للموديلات النظرية، عند كل (H_3) تم تقسيمها إلى عشرة أقسام اعتماداً على قيمة (H_4) و كل قيمة (H_4) تم تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء معتمدة على قيمة (Δh).

مقارنة رسم الشبكة يدوياً مع رسم الشبكة باستخدام برنامج الفيچول بيسك

من اجل التأكد من دقة البرنامج المكتوب بلغة فيچول بيسك، تم مقارنة الشبكة المرسومة بالبرنامج مع الشبكات المرسومة يدوياً و المأخوذة من مصادر مختلفة. الشكل رقم (5) يوضح المثال العددي المأخوذ من كتاب (Lambe and Whitman,1979) و هذا المثال هو عبارة عن شبكة جريان مرسومة يدوياً و تتألف تلك الشبكة من أربعة قنوات جريان ($N_f=4$) و عدد من الهبوطات مقدارها ثمانية ($N_d=8$) أي أن نسبة $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{4}{8} = 0.5\right)$ ، أما الشبكة المرسومة باستخدام برنامج فيچول بيسك فان النسبة ستصبح

$$\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{16}{30} = 0.533\right) \text{ وكما بالشكل رقم (6) ، وقد وجد بان هناك توافق تام بين تلك النتائج و الشبكات.}$$

تم اخذ مثال آخر و لكن هذه المرة من كتاب إكرك (Graig,1987) و الموضح بالشكل رقم (7)، من الشكل نلاحظ أن نسبة عدد قنوات الجريان إلى عدد الهبوطات $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{4.3}{12} = 0.36\right)$ و عند رسم نفس المثال و لكن باستخدام برنامج الفيچول بيسك ستظهر النسبة $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{16.5}{40} = 0.41\right)$ و كما مشاهد بالشكل (8)، أي أن هناك فرق قليل في النسبة المستخرجة من المثال اليدوي مع النسبة المخمنة من البرنامج و يعود ذلك إلى أن البرنامج استخدم دقة مقدارها أربعة أضعاف المثال المرسوم يدوياً (عدد قنوات الجريان بالبرنامج $N_f=16.5$) هي أربعة أضعاف عددها بالمثال المرسوم يدوياً ($N_f=4.3$).

الشكل (9) يوضح شبكة جريان مرسومة يدوياً و اخذت من كتاب داز (Das, 1997)، من الشكل نلاحظ أن نسبة عدد قنوات الجريان إلى عدد الهبوطات يكون مساوي إلى $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{4}{8} = 0.5\right)$ و عند مقارنة تلك النسبة مع النسبة المستخرجة من الشبكة المرسومة بالاعتماد على برنامج الفيچول بيسك)

$\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{36}{70} = 0.514\right)$ وجد أن النسبتين متقاربة جداً مما يعني الدقة العالية للبرنامج و كما بالشكل (10). تم اخذ مثال مرسوم يدوياً من كتاب ستن (Sutton,1993) و الموضح بالشكل (11) و من ذلك الشكل وجدنا قيمة النسبة $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{10}{22} = 0.46\right)$ و التي تكون اوطىء من النسبة المستخرجة بالاعتماد على برنامج الفيچول بيسك $\left(\frac{N_f}{N_d} = \frac{25.5}{45} = 0.56\right)$ و المشاهدة بالشكل (12).

عرض و مناقشة النتائج

تأثير موقع الطبقة الصماء (غير النفاذة) على كمية الجريان

الشكل (١٣) من (a) إلى (c)، يوضح العلاقة بين المسافة من سطح الأرض إلى الطبقة الصماء (H_4) مع كمية الجريان (q) عندما تكون قيمة ثابت النفاذية ($k=1$ m/sec) و لعدة قيم من عمق انغراز الركيزة اللوحية (H_3) بداخل الأرض و لقيم مختلفة من Δ ($h=3, 4$ and 8 m) عندما لا توجد طبقة طينية في منطقة المؤخر (Downstream level). الشكل (١٤) و (١٥) يوضحان نفس العلاقة في الشكل (١٣) و لكن عندما يكون عرض الطبقة الطينية (Blanket layer) مساوي إلى (2m) و (6 m) على التوالي.

عند قيمة (H_3) معينة في الأشكال من (١٣) إلى (١٥)، نلاحظ انه كلما ازداد البعد بين سطح الأرض (Ground surface level) و الطبقة الصماء (Impermeable layer) (H_4)، ازدادت كمية الجريان و بعلاقة غير خطية و هذا يرجع إلى ان زيادة (H_4) يؤدي إلى زيادة مدى الجريان (Flow domain) و عدد قنوات الجريان (N_f , Flow channel) و بالتالي زيادة الجريان. أما عند قيمة (H_4) معطاة، نلاحظ وجود علاقة عكسية بين عمق الانغراز للركيزة اللوحية (H_3) مع كمية الجريان، كلما ازدادت قيمة (H_3) كلما هبطت كمية الجريان و ذلك بسبب كون ان مدى الجريان يضيق كلما ازدادت (H_3).

تأثير منسوب المياه في منطقة المقدم (Upstream) و المؤخر (Downstream) للركيزة اللوحية على كمية الجريان

تأثير زيادة منسوب المياه في منطقة المقدم (H_1 , Upstream) و في منطقة المؤخر (H_2 , Downstream) تم توضيحها في الشكل (١٦). هذا الشكل يوضح انه كلما ازدادت قيمة $h = H_1 - H_2$ (ازدادت معها كمية الجريان (Quantity of Seepage) عند قيمة ($H_3=10$ m) و لعدة قيم من طول طبقة الطين ($L=0, 2$ and 6 m). العلاقة الطردية بين (h) و كمية الجريان تبقى بنفس السلوك لأي قيمة من قيم (H_3).

تأثير طول الطبقة الطينية (Blanket layer, L) الواقعة في منطقة المؤخر على كمية الجريان

الشكل (١٧) من (a) إلى (c) يوضح العلاقة بين طول الطبقة الطينية (L) مع كمية الجريان أسفل الركيزة اللوحية. نلاحظ من الشكل (11a) أن كمية الجريان تبدأ بالزيادة بصورة تدريجية مع (L) إلى أن تصل إلى أعلى قيمة بعدها نلاحظ هبوط في الجريان، و أن هذا الهبوط يبدأ بالزيادة مع نقصان قيمة (H_3) و عند Δ ($h=3$ m).

عند Δ ($h=4$ m) نلاحظ أن أقصى قيمة للجريان تكون عند ($L=0$ m)، بعد ذلك تبدأ قيمة الجريان بالنقصان بصورة طفيفة عند ($L=2$ m) و عند ($L=6$ m) نلاحظ نقصان كبير في قيمة الجريان و يزداد هذا النقصان كلما قلت قيمة (H_3) و يمكن ملاحظة ذلك بالشكل (17).

الشكل (17c) يوضح أن كمية الجريان تكون تقريباً ثابتة عند ($L = 0$ and 2 m) يلي ذلك حصول هبوط تدريجي في الجريان مع زيادة طول الطبقة الطينية (L) ويزداد هذا الهبوط مع نقصان قيمة (H_3).

المعادلة الوضعية للجريان

التمثيل الرياضي (Mathematical representation) لمجموعة المنحنيات المشاهدة بالأشكال (13) إلى (15) يكون بواسطة المعادلة التالية التي تم إيجادها باستخدام برنامج تحليل إحصائي (Regression analysis by MS-Statistica).

الشكل (18) يوضح مقارنة بين كمية الجريان التي حصلنا عليها من برنامج فيجول بيسك (Visual basic) مع القيمة المحسوبة من المعادلة الوضعية (٢). الثابت (R^2) بالنسبة للمعادلة (٢) سيكون مساوية إلى (0.91).

$$Q = -3.53 + 0.16 * e^{\Delta h^{-0.165}} + 0.38 * L - 0.29 * H_3^{0.8} + 0.76 * H_4^{0.58} + 0.55 * \Delta h - 0.046 * \Delta h * L + 0.999 L^{6.57} - 0.359 \Delta h * H_4 \quad (2)$$

$$q = k * Q \quad (3)$$

العمل المختبري

الغرض الرئيسي من الموديلات المختبرية التي أنجزت هي لمقارنة النتائج المختبرية مع النتائج المستخرجة من المعادلة الوضعية (٢). العمل المختبري تم انجازه باستعمال حاوية حديدية بأبعاد (20 cm) باتجاه العرض و35 cm باتجاه الطول و55 cm باتجاه العمق) مع وجود خزانين لوضع الماء يمثلان منطقة المقدم (Upstream) والمؤخر (Downstream). التربة المستعملة هي تربة رملية من (SP) حسب نظام التصنيف الموحد حدثت بداخل الحاوية الحديدية عند كثافة مساوية إلى 95 % من الكثافة الجافة العظمى ($\gamma = 18.62 \text{ kN/m}^3$) و عند محتوى مائي مناظر إلى المحتوى المائي الأمثل ($\gamma_{max} = 19.6$) ($\gamma = 18.62 \text{ kN/m}^3$ and O.M.C=8.4%) و على شكل أربعة طبقات كل طبقة كانت بسلك (5 cm) و بالتالي فان ارتفاع نموذج التربة في الحاوية الحديدية كان ($H_4 = 20$ cm) و كما موضح بالشكل (١٩).

إضافة إلى ذلك من معرفة الوزن النوعي لحبيبات التربة ($G_s = 2.66$) والكثافة الجافة ($\gamma_d = 17.2 \text{ kN/m}^3$)، يمكن حساب نسبة الفجوات للتربة الموضوعه بداخل الحاوية ($e = 0.52$) و من تخمين

نسبة الفجوات العظمى ($e_{max.}=0.652$) و نسبة الفجوات الدنيا ($e_{min.}=0.305$) لنفس التربة يمكننا معرفة الكثافة النسبية لتلك التربة ($D_r=38.04\%$).

معامل النفاذية (Coefficient of permeability, k) تم إيجاده باستعمال تجربة الارتفاع الثابت (Constant head level) على عينة تربة وضعت بداخل وعاء هذه التجربة بنفس ظروف العينة الموضوعة في الحاوية الحديدية (الموديل المنجز) و أن قيمته ستكون مساوية إلى ($k=0.91*10^{-4}$ cm/sec) (chen, 2000).

بعد إعداد النموذج تم إدخال الركييزة اللوحية (Sheet pile) إلى عمق مساوي ($H_3= 10$ cm) باستعمال جك يدوي (Handle jack) و بمعدل ثابت مقداره (1.2 mm/sec). أبعاد الركييزة اللوحية كانت بعرض مساوي إلى عرض الحاوية الحديدية من اجل أن نحقق حالة (Plane Strain Condition) أي (20 cm) و بارتفاع (30 cm) و بسمك (0.2 cm) و كما موضح بالشكل (١٤).

الشكل (20a) يوضح عملية وضع الماء في منطقة المقدم (Upstream level) و بارتفاع مقداره ($H_1=15$ cm) و يتم المحافظة على منسوب الماء في هذه المنطقة ببقاء مصدر الماء ثابت خلال التجربة كما مشاهد بالشكل (20b)، أما ارتفاع الماء في منطقة المؤخر (Downstream level) ($H_2=2$ cm) يمكن ملاحظته بالشكل (20c)، بعد مرور فترة زمنية مقدارها (15 min) سيجري الماء من منطقة المؤخر و بالتالي قياس و مراقبة كمية الجريان (التصريف) مع الزمن و بعد مرور فترة زمنية نلاحظ بان قيم التصريف ستكون ثابتة و يصبح الجريان بحالة طباقية (Steady state flow) و كما بالجدول (1). الشكل (20d) يوضح طريقة قياس كمية الجريان.

مقارنة نتائج العمل النظري مع العمل المختبري

من العمل المختبري يمكننا أن نستنتج بان كمية الجريان عندما يكون بحالة طباقية هي تتراوح بين [$5.33*10^{-4}$ (cm³/sec)/cm - $5.30*10^{-4}$ (cm³/sec)/cm]، لذلك فان معدل الجريان يكون مساوي إلى [$5.315*10^{-4}$ (cm³/sec)/cm] أما النتيجة المستخرجة لثابت حدود الجريان من المعادلة الوضعية (٢) فكانت مساوية إلى ($Q=6.13$ cm) ومن معلومية ثابت النفاذية ($k=0.91 *10^{-4}$ cm/sec) سنجد كمية الجريان من المعادلة (٣) و الذي يساوي [$q=5.58*10^{-4}$ (cm³/sec)/cm]. و عند مقارنة التصريف المستخرج من العمل المختبري مع قيمة التصريف المخمن من المعادلة الوضعية وجد بأن القيم متقاربة مع بعضها البعض و أن مقدار الخطأ مساوي إلى (Error= 4.7%) لذا من الممكن اعتماد المعادلة (٢) و استعمالها لإيجاد كمية الجريان أسفل الركائز اللوحية.

الاستنتاجات و التوصيات

الاستنتاجات

- ١- إن برنامج فيجول بيسك (Visual basic) يرسم شبكة الجريان (Flow net) بصورة دقيقة و سريعة عند مقارنتها مع رسم الشبكات يدوياً.
- ٢- كمية الجريان تزداد مع زيادة المسافة بين الطبقة الصماء و سطح الأرض (H_4) و نقصان عمق الانغراز (H_3) و يرجع ذلك لزيادة مدى الجريان و عدد خطوط الجريان.
- ٣- عند قيمة ($\Delta h=3$ m)، كمية الجريان تزداد ابتداءً مع زيادة طول الطبقة الطينية (L) إلى أن تصل إلى أقصى قيمة بعدها نلاحظ هبوط في الجريان و أن هذا الهبوط يزداد مع نقصان قيمة (H_3)، أما عند ($\Delta h=4$ m) نلاحظ أن أقصى كمية جريان تكون عند ($L=0$ m) و كلما ازدادت طول الطبقة الطينية حدث نقصان في الجريان. كمية الجريان تصبح تقريباً ثابتة عندما تكون طول الطبقة الطينية قليل، كلما ازدادت (L) كلما حصل نقصان في كمية الجريان عند ($\Delta h=8$ m).
- ٤- كمية الجريان تزداد مع زيادة الفرق في منسوب الماء في منطقة المقدم و المؤخر ($\Delta h=H_1-H_2$).
- ٥- المعادلة الوضعية (٣) توفر كمية جريان بدون الرجوع إلى رسم شبكة الجريان مما يوفر سرعة و دقة في تخمين كمية الجريان من خلال مقارنتها مع النتائج المختبرية و بنسبة خطأ صغيرة.

التوصيات

- ١- خلال إجراء التجربة يجب المحافظة على منسوب الماء ثابت في منطقة المقدم من خلال استمرار المصدر المائي بإضافة الماء على طول فترة التجربة.
- ٢- يتم استخدام برنامج فيجول بيسك (Visual basic) في إيجاد كمية الجريان أسفل السدود الكونكريتية (Concrete dam).
- ٣- استخدام برامج أخرى لرسم شبكة الجريان أسفل الركيزة اللوحية.
- ٤- دراسة تأثير سمك الركيزة على كمية الجريان.

المصادر

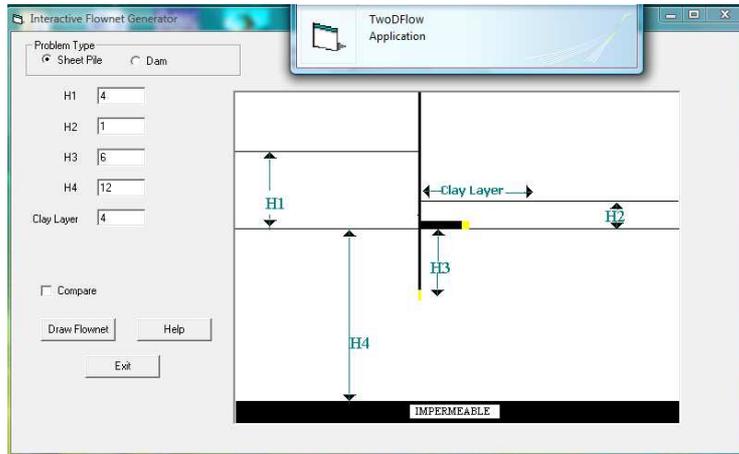
- 1- (Bowles, J, 1996), "**Foundation Analysis and Design**", United State of America
- 2- (Chen, F.H, 2000), "**Soil Engineering: Testing, Design, and Remediation**", CRC press LLC.
- 3- (Das, B.M, 1979), "**Introduction to Soil Mechanics**", the Iowa University State Press, Iowa, United State of America
- 4- (Das, B.M, 1997), "**Advanced Soil Mechanics**", California State University, Sacramento, United State of America

- 5- (Das, B.M, 2004), "**Principles of Foundation Engineering**", California state University, Sacramento, United State of America
- ٦- (Lambe, T. William and Whitman, R. V, 1979), "**Soil Mechanics**", Massachusetts Institute of Technology.
- 7- (Ramamurthy, T.N. and Sitharam, T.G, 2008)," **Geotechnical engineering (basics of soil mechanics)**", Bangalore, Indian.
- 8- (Smith, G.N. and Pole, E.L, 1980), "**Elements of Foundation Design**", M.I.C.E., London.
- 9- (Smith, I.G.N. and Smith, G.N, 1998), "**Elements of soil mechanics**", Seventh Edition, the University Press, Cambridge, Britain.
- 10-(State of Florida, 2004), "**Soils and foundations handbook**", **Department of Transportation**, United State of America
- 11-(Sutton, B.H.C, 1993), "**Solution of Problems in Soil Mechanics**", Business and Technology Education Council, U.S.A
- 12- (Terzaghi, K., Peck, P. B. and Mesri, G, 1996), " **Soil mechanics in engineering practice**", Thrid Edition, United State of America.
- 13- (Verruijt, A, 2006), " **Soil mechanics**", Delft University of Technology.

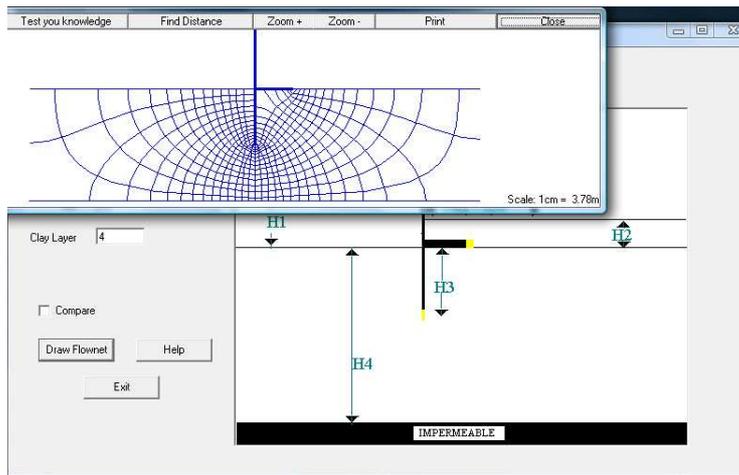
- ١٤- (القصبي، السيد عبد الفتاح، ٢٠٠٦)، "هندسة تقنية التربة : ميكانيكا التربة"، الطبعة الثالثة، المعهد العالي للتكنولوجيا ، جامعة بنها.
- ١٥- (جورج وكيل، ميخائيل، ١٩٨٩)، "المنشآت المائية"، جامعة حلب.
- ١٦- (سكوت، ١٩٨٠)، "مقدمة في ميكانيك التربة و الأساسات"، ترجمة روضان جعفر روضان.

الجدول(١): قيم كمية الجريان مع الزمن

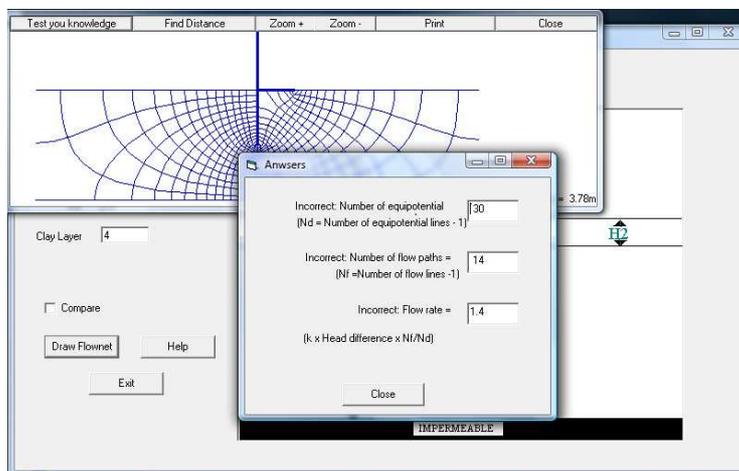
Time, min	0	44	128	184	377	567	1044	1605	2006	2110	2350	2599	2865	3010	4000
Discharge, (cm ³ /sec)/cm *10 ⁻⁴	0	0.٣	0.7	7.7	7.82	11.55	16.17	8	6.85	6.5	5.83	5.33	5.30	5.32	5.31



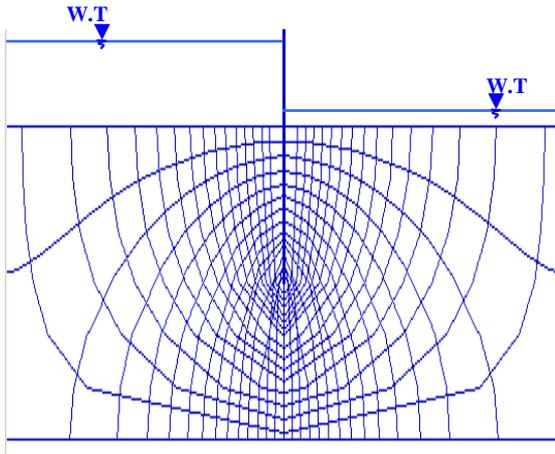
الشكل (١): رموز الركيزة اللوحية (H_1, H_2, H_3, H_4 and L)



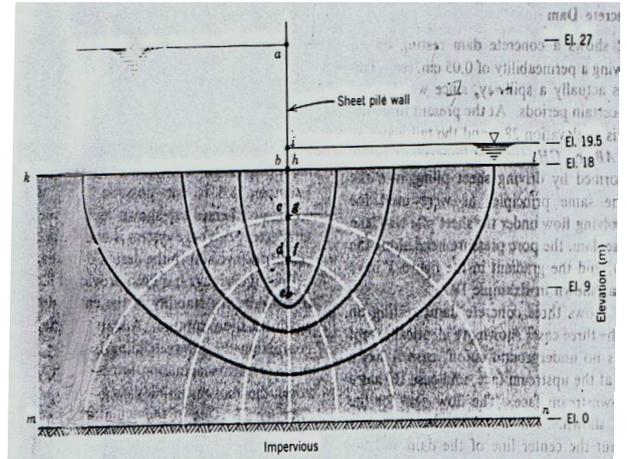
الشكل (2): يوضح رسم شبكة الجريان



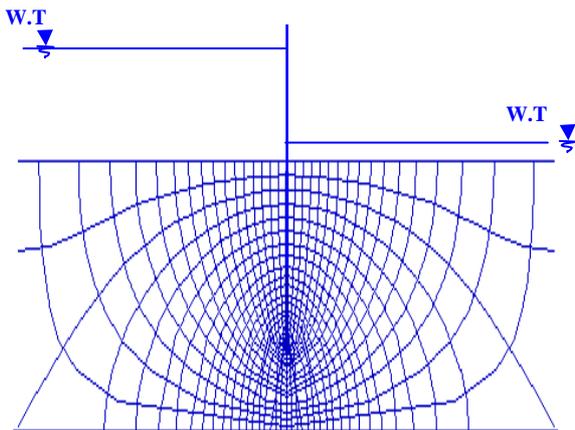
الشكل (3): يمثل احتساب قنوات الجريان (N_f) و خطوط تساوي الجهد (N_d) و معدل الجريان (Flow rate).



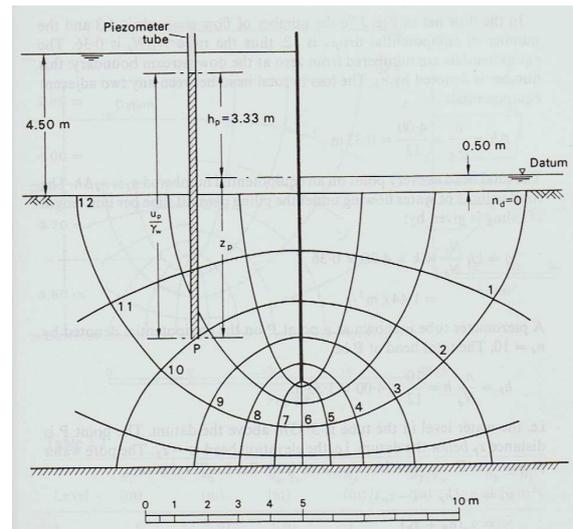
الشكل (6): شبكة الجريان مرسومة باستخدام برنامج فيجول بيسك لنفس مثال ويليام لامب (١٩٧٩)



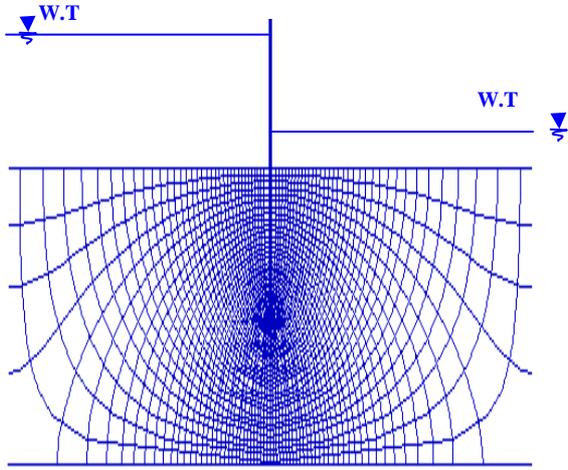
الشكل (5): شبكة الجريان مرسومة يدوياً مأخوذ من كتاب ويليام لامب (١٩٧٩).



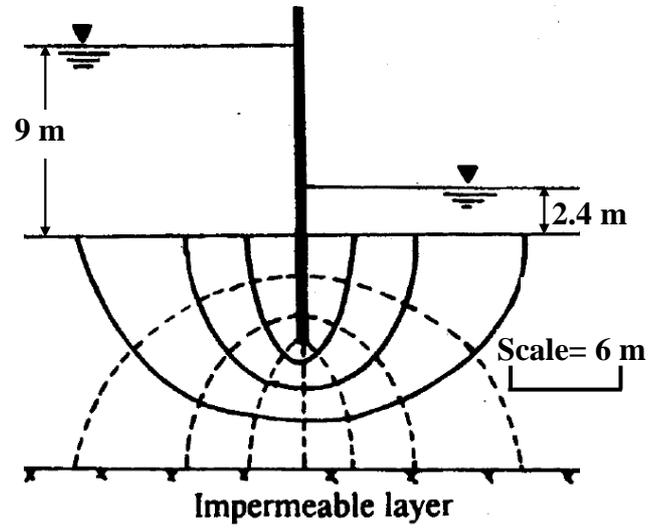
الشكل (8): شبكة الجريان مرسومة باستخدام برنامج فيجول بيسك لنفس مثال إرك (١٩٨٧)



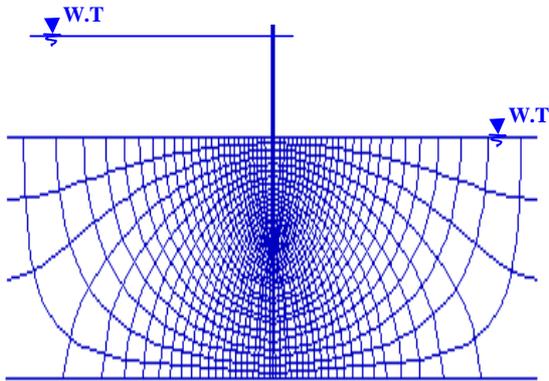
الشكل (7): مثال مأخوذ من كتاب إرك (Graig, 1987)



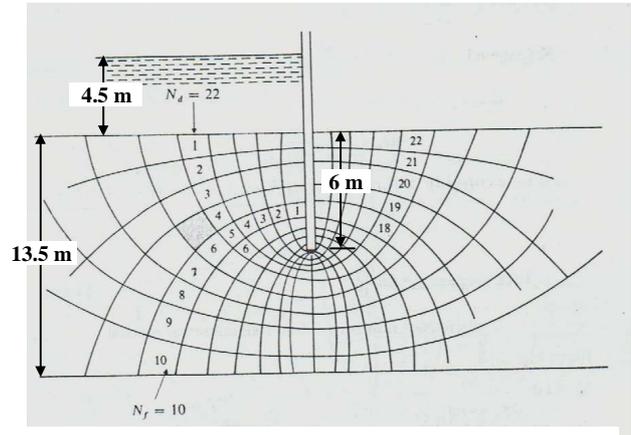
الشكل (10): شبكة الجريان مرسومة باستخدام برنامج فيجول بيسك لنفس مثال داز (١٩٩٧)



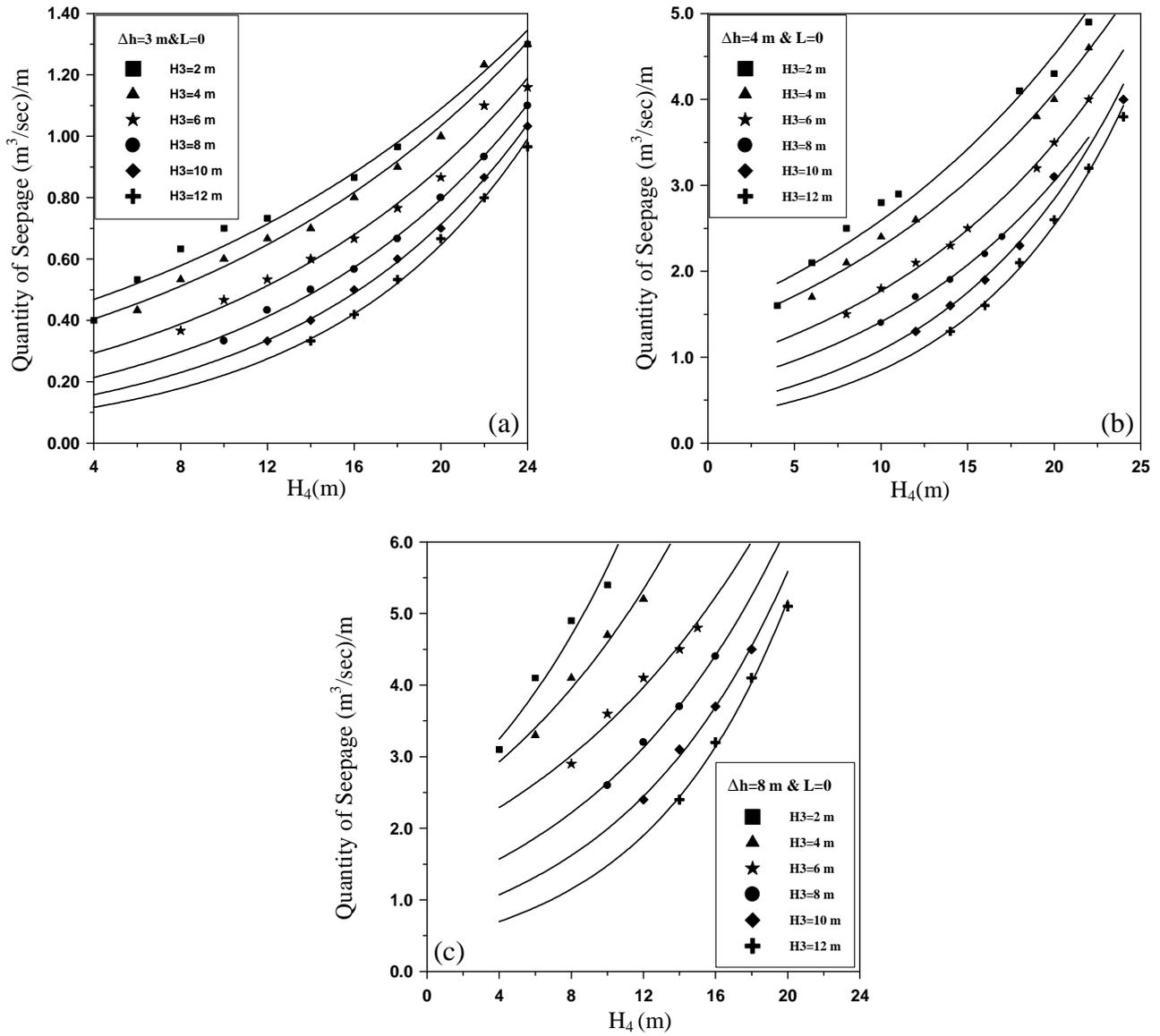
الشكل (9): مثال مأخوذ من كتاب داز (Das, 1997)



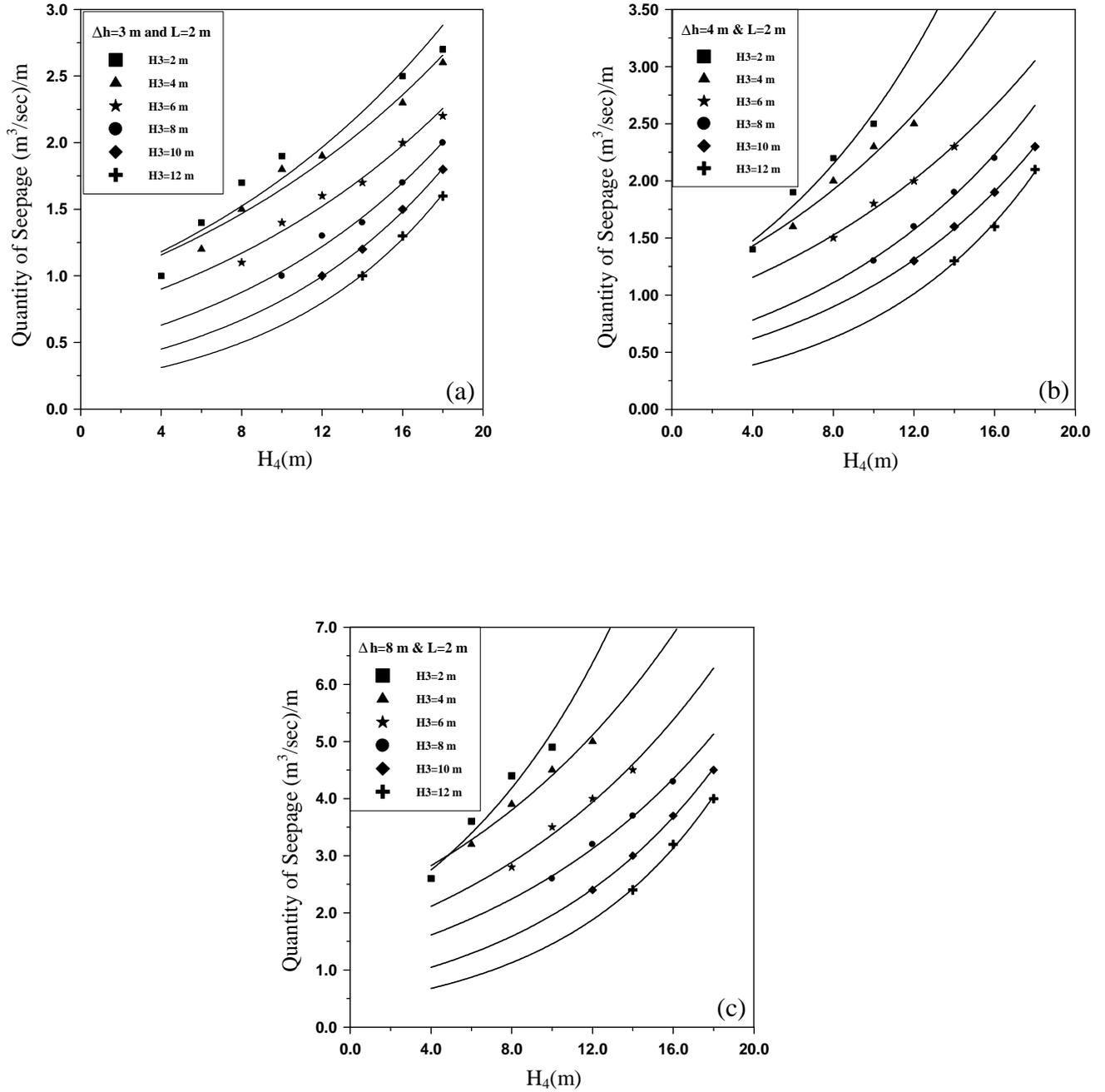
الشكل (12): شبكة الجريان مرسومة باستخدام برنامج فيجول بيسك لنفس مثال ستن (١٩٩٣)



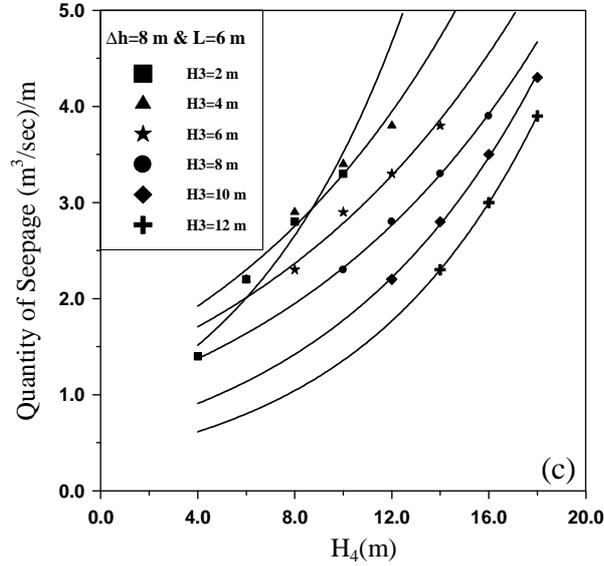
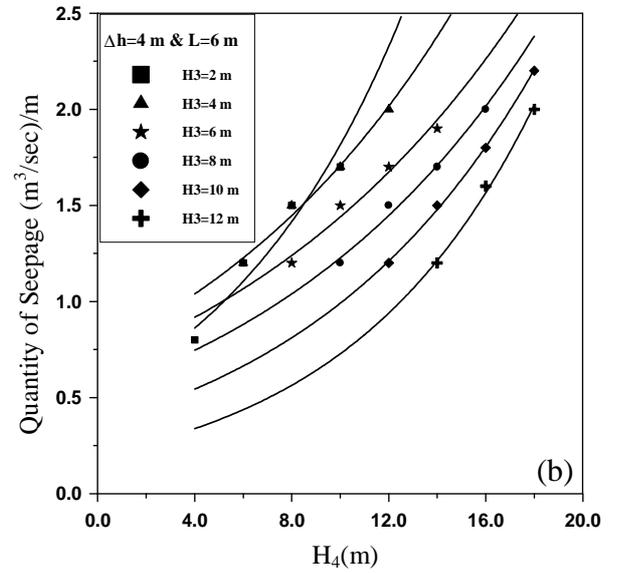
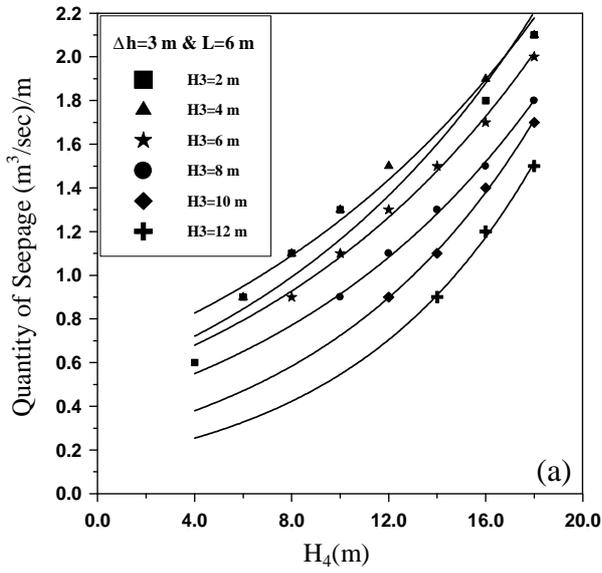
الشكل (11): مثال مأخوذ من كتاب ستن (Sutton, 1993)



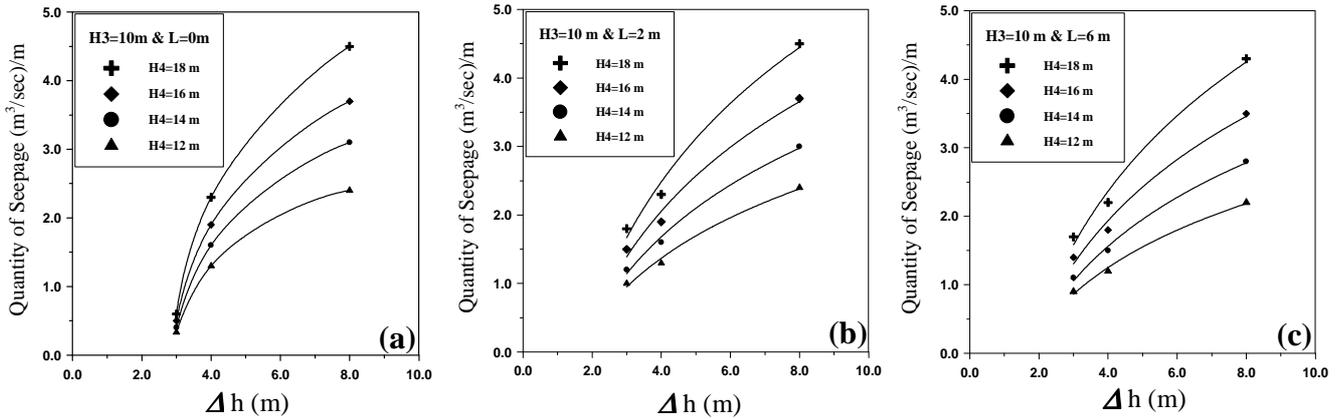
الشكل (13): تأثير قيمة (H_4) و (H_3) على كمية الجريان عند $(L=0\text{ m})$ و لقيم Δ ($h=3, 4$ and 8 m).



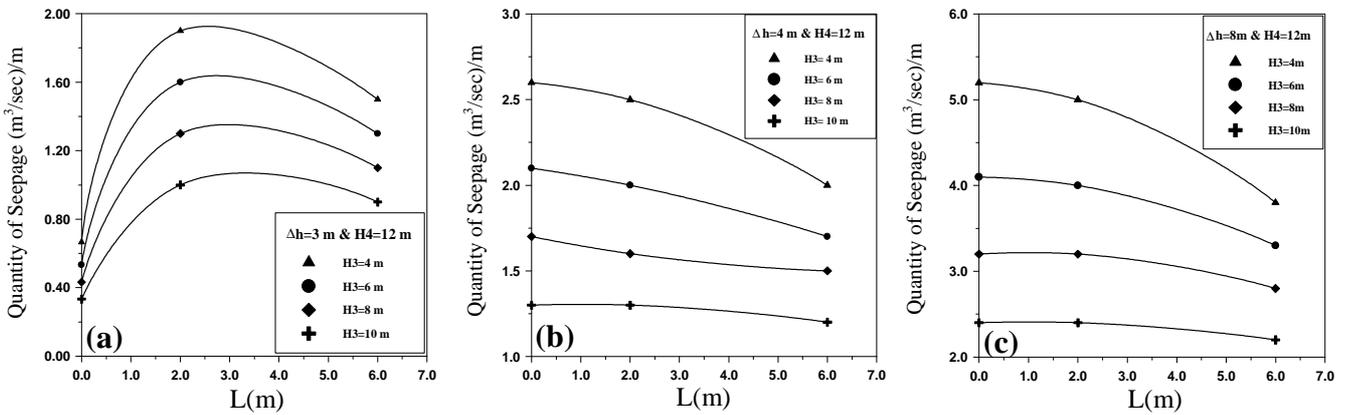
الشكل (14): تأثير قيمة (H_4) و (H_3) على كمية الجريان عند $(L=2$ m) و لقيم Δ ($h=3, 4$ and 8 m).



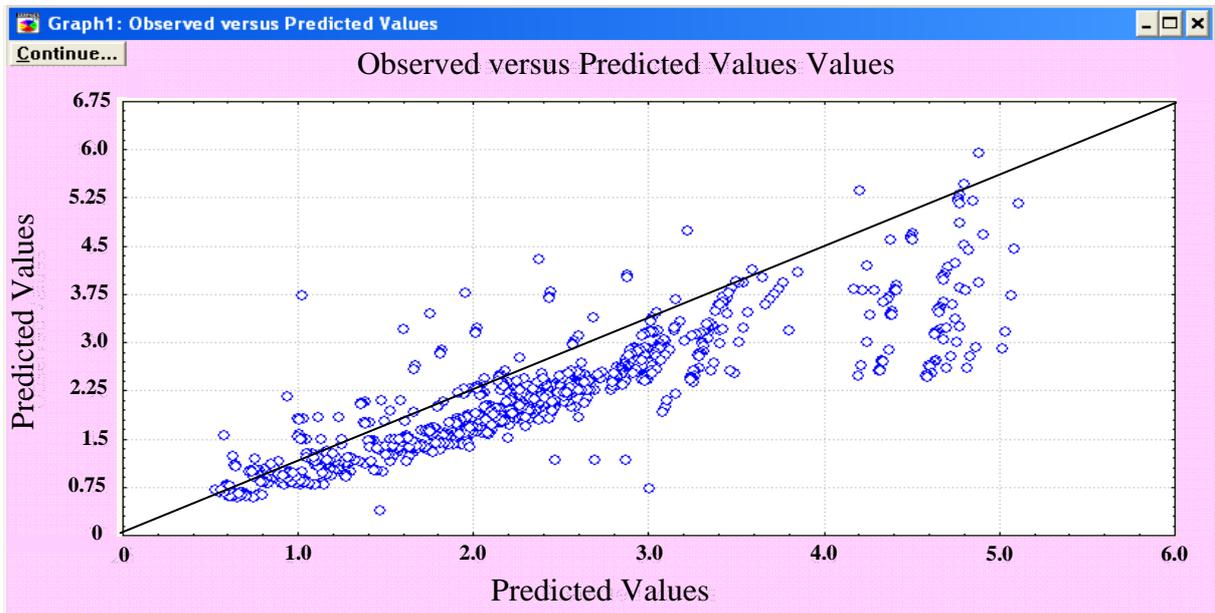
الشكل (15): تأثير قيمة (H_4) و (H_3) على كمية الجريان عند $(L=6 m)$ و لقيم $\Delta (h=3, 4 \text{ and } 8 m)$.



الشكل (16): تأثير قيمة (H_2) و (H_1) على كمية الجريان أسفل الركيزة اللوحية عند قيمة $(H_3=10\text{ m})$ و



الشكل (17): تأثير طول الطبقة الطينية (L) على كمية الجريان أسفل الركيزة اللوحية .



الشكل (18): العلاقة بين قيم الجريان التي حصلنا عليها من برنامج فيجول بيسك مع القيم المحسوبة من المعادلة الوضعية (3) عندما تكون قيمة ثابت النفاذية مساوي إلى واحد $(k=1\text{ m/sec})$.



الشكل (19): يمثل مراحل إعداد النموذج



الشكل (20): يمثل طريقة الفحص المنفذة على موديل التربة .