

الفصل الثالث

برنامج Geo-slope والتحليل البعدي

3-1 تمهيد

Seep/w هو برنامج فرعي للبرنامج الحاسوبي *Geo-Slope* وهو عبارة عن نموذج تحليلي يمكنه رياضياً تمثيل العمليات الفيزيائية لجريان الماء خلال الأجزاء الوسطية. حيث إن أدوات برنامج التحليل الرياضي *Seep/w 2007* تستعمل وبشكل فعال للغرض المقصود، كما إنها تعتبر أداة فعالة للتحليلات العددية المعقدة كما أنها أدت إلى فهم العمليات الفيزيائية وكذلك مكنت من فهم نمذجة الجريان غير المشبع.

3-2 التقسيم الشبكي في البرنامج

في برنامج *Geo-studio* الشكل الهندسي للنموذج يعرف داخل البرنامج باعتباره على شكل شبكي (*meshing*)، وهذه تعتبر الطريقة في البرنامج الجديد *Geo-studio 2007* حيث يتم التقسيم بشكل آلي ومتقدم وكافي لتمثيل التصرف بشكل جيد وبذلك يوفر تحليل فوري بدون أي جهد من قبل المستخدم .

أ - مفهوم المناطق والنقاط والخطوط : *Geo-studio* يستخدم مفهوم المناطق والنقاط لتعريف شكل المسألة ويسهل عملية التقسيم الشبكي لها، ويعود السبب في الجذب في استخدام المناطق (*Regions*) لتسهيل ادراك المهندس بفكرة ونظرية رسم المسائل .

ب - التقسيم الشبكي : داخل البرنامج الحاسوبي (*Geo-studio*) يتم التقسيم الشبكي بشكل آلي لايحتاج الى رسم عناصر محددة (*finite elements*) كذلك لا يوجد أي قلق عن كون التقسيم الشبكي خلال مناطق متعددة أو كون المحددات (*Boundary conditions*) وخصائص المواد ستختلفي بمجرد تغيير التقسيم الشبكي. اي تغيير للتقسيم الشبكي يتم بسهولة بتغيير مقاس حواف الشبكة (*Global element size*) وعدد الشرائح على طول منطقة معينة او بادخال مباشر لمقاس الحواف للشريحة (*element edge size*) .

3-3 معادلة الجريان الاساسية

معادلة $Seep/w$ الاساسية لجريان الماء خلال الطبقات المشبعة وغير المشبعة للطبقة الوسطى يتبع قانون دارسي، المعادلة التفاضلية للجريان خلال برنامج $Seep/w$ هي:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + Q = \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad (3-1)$$

حيث ان:

h = ارتفاع الماء في مقدم السد

Kx = النفاذية باتجاه محور x

Ky = النفاذية باتجاه محور y

Q = التصريف للتسرب

θ = المحتوى الرطوبي الحجمي

t = الزمن

هذه المعادلة تمثل الفرق بين التصريف الداخل والخارج بشكل اساسي خلال فترة معينة مساوية للتغيير الحجمي نتيجة تغيير المحتوى الرطوبي بشكل اساسي وهي حالة تمثل مجموع مقدار التغير بالجريان باتجاه محور (x) و (y) بالاضافة الى التصريف الخارجي المسلط يساوي مقدار التغير بالمحتوى الرطوبي خلال الزمن. في حالة الجريان الثابت يكون مقدار التصريف الاساسي الداخل والخارج متساوي خلال الزمن، وبالتالي الطرف الايمن من المعادلة يمكن اهماله وبذلك تصبح المعادلة كما يلي:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + Q = 0 \quad (3-2)$$

كذلك يجب ملاحظة $k=k_y=k_x$ خلال هذه الدراسة

3-4 طرق التحليل والمحددات في حالة الجريان المستقر

هنالك نوعان أساسيان لتحليل التسرب بطريقة العناصر المحددة هي الجريان الثابت $(steady-state)$ والانتقالي $(transient)$. وهناك قيود متعددة اضافية يمكن تطبيقها لهذين النوعين. حالة الجريان الثابت تمثل حالة النموذج الثابتة في تحليل التسرب.

3-5 دالة التوصيلية الهيدروليكية

Seep/w يستخدم طريقة (Green 1971، مذكور في *An Engineering Methodology*, 2007) لتقدير مقدار دالة التوصيلية (*conductivity*) من دالة خصائص التربة.

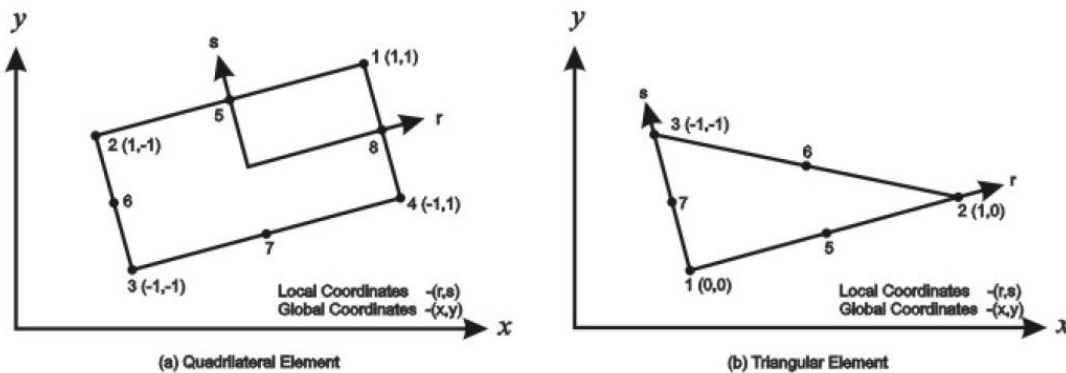
3-6 صياغة العنصر المحدد لمسألة الجريان

3-6-1 إحداثيات النظام

تمثيل نظام الإحداثيات العالمي داخل برنامج *Seep/w* هو للربع الاول للنظام الكارتيزي (y, x) النظام المحلي المستخدم في تمثيل مصفوفات الشرائح كما في الشكل (3-1) في حالة الشريحة الرباعية الاضلاع العقد (5,6,7,8) تمثل عقد ثانوية، في حالة الشريحة المثلثة الاضلاع العقد (5,6,7) تمثل عقد ثانوية.

3-6-2 الدوال الوسطية

Seep/w يستخدم مجموعة من الدوال الوسطية كما يمثلها (Bathe 1982، مذكور في *An Engineering Methodology*, 2007) هذه الدوال ملائمة للشرائح التي لاتمتلك عقد ثانوية او جزء منها او جميعها. هذه الاعتبارات تسمح بتعددية الانواع التي يمكن تطبيقها على الشريحة المستخدمة.



شكل (3-1): نظام الاحداثيات الشامل والمحلي المستخدم في برنامج *Seep/w*

3-6-3 نموذج الحقل المتغير

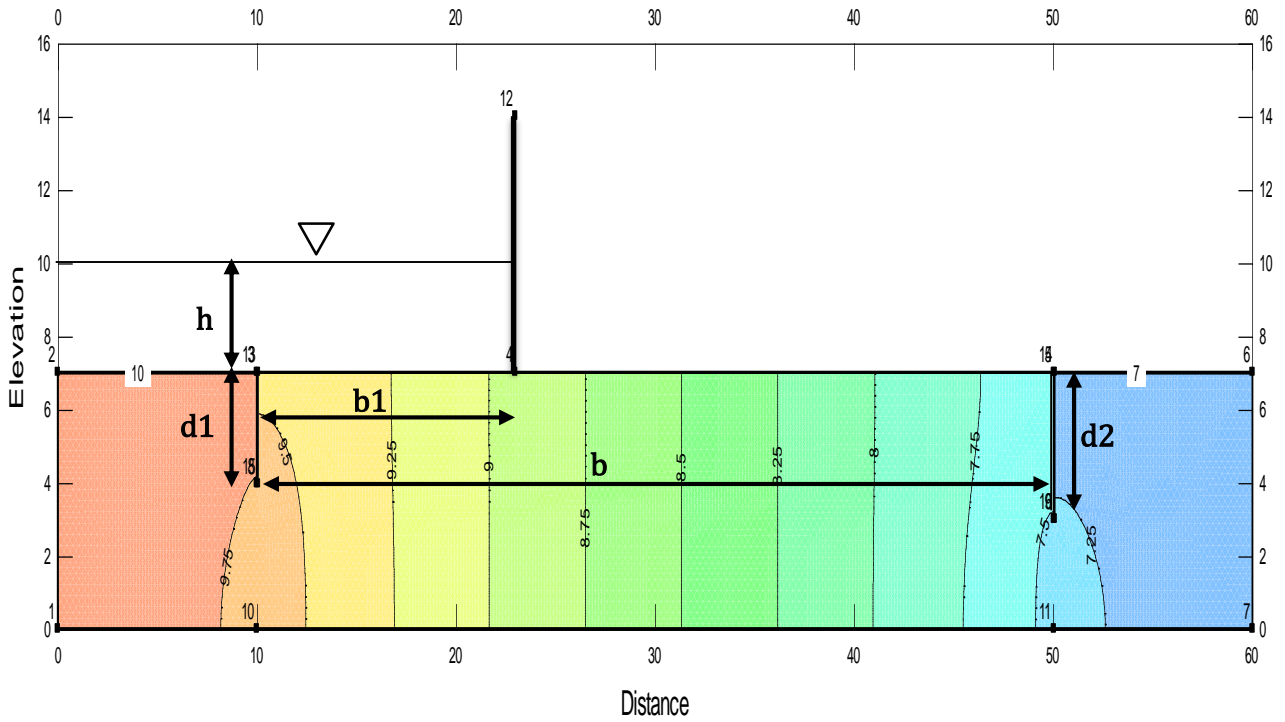
برنامج *Seep/w* يفترض توزيع ارتفاع الماء للشريحة يعتمد على الدالة الوسطية المختارة وهذا يعني توزيع ارتفاع الماء يكون بشكل خطي عندما تكون العقد الثانوية غير متوفرة ويكون توزيع ارتفاع الماء بعلاقة غير خطية عندما تتوفر العقد الثانوية.

3-6-4 التكامل العددي

يستخدم برنامج Seep/w التكامل لطريقة (Gauss) لتمثيل مصفوفة الخواص (k) ومصفوفة الكتلة (M) تمثل التكامل لنقاط معينة لمجموعة شرائح ثم تفرض لجميع النقاط.
(An Engineering Methodology, 2007)

3-7 نتائج التحليل البعدي

كما يلاحظ من الشكل (3-2) فإن المتغيرات التي تؤثر على مقدار الضغط أسفل البوابة (p) هي ارتفاع الماء في مقدم المنشأ (h) وطول الركيزة في مقدم المنشأ (d₁)، وطول الركيزة في مؤخر المنشأ (d₂)، وطول الأرضية (b)، والمسافة بين ركيزة المقدم والبوابة (b₁).



الشكل (3-2) مخطط توضيحي لمنشأ هيدروليكي

ويتم ربط المتغيرات اعلاه كما يلي :

$$P = f(h, d1, d2, b, b1) \dots\dots\dots (3-3)$$

وبأتباع عملية التحليل البعدي باستخدام نظرية باي (pie-theorem) تم الحصول على المتغيرات الآتية:-

$$\frac{p}{h} = f \left(\frac{d_1}{h}, \frac{d_2}{h}, \frac{b}{h}, \frac{b_1}{h} \right) \dots\dots\dots(3-4)$$

8-3 خطوات اجراء العمل

إستنادا لما ذكر أعلاه ولغرض تشغيل البرنامج تم استخدام ثلاث قيم مختلفة لكل متغير من المتغيرات المبينة في الشكل (3-2)، حيث تم استخدام ثلاثة ابعاد لأرضية المنشأ (b) (25، 30، 35) متر وثلاثة أعماق لركيزة المقدم (d₁) (1.5، 2.0، 2.5) متر وثلاثة أعماق لركيزة المؤخر (d₂) (2.5، 3.0، 3.5) متر أما المسافة بين ركيزة المقدم والبوابة (b₁) فكانت (8، 10، 12) متر علما أنه تم استخدام ثلاث شحنات لماء المقدم (h) وهي (3، 4، 5) متر. لكل حالة من حالات تشغيل البرنامج التي فيها يتم ايجاد ضغط الاصعاد (P) اسفل البوابة وكذلك تدرج المخرج (G.E) في نهاية المنشأ، تم تثبيت أربعة متغيرات مع تغيير الخامس وبذلك يكون عدد الاختبارات التي تم اجراؤها 243 اختبار. بعد ذلك ومن النتائج التي يتم الحصول عليها من البرنامج بالاضافة الى المعلومات المستخدمة يتم حساب العوامل اللابعدية المبينة في المعادلة (3-4). والملحق A يبين هذه النتائج مع الحسابات.