

## الخلاصة

أصبحت طريقة العناصر المتاخمة (Boundary element method) واحدة من أقوى التقنيات العددية والتي أسست لنفسها أن تكون ضمن المجتمع العلمي. الصفة الأكثر تميزاً لهذه التقنية أن عملية تجزئة المنطقة المراد التحري عنها إلى عناصر يقتصر على تخوم هذه المنطقة, الأمر الذي يؤدي إلى أن عدد العناصر المجزئة يكون أقل من مخطط التجزئة الداخلي المطلوب للجسم كله. هذا يعني أن عدد المجاهيل سيقبل بصورة هائلة, خصوصاً "للمسائل ثلاثية الأبعاد, بسبب اقتصار ظهور المجاهيل عند تخوم المسألة.

تم مقارنة النتائج المستحصلة مع بعض الأبحاث العملية والنظرية وأثبتت توافقاً جيداً مع هذه الأبحاث.

أستخدم في هذا البحث نوعان من برامج الحاسبة, البرنامج الأول هو من أنواع البرامج الجاهزة ويسمى (PGroupN) والمتخصص في تحليل مسائل مجاميع الركائز. تم اعتماد النموذج اللاخطي في تحليل مسائل التداخل بين التربة والركيزة ضمن مجموعة الركائز. تم الأخذ بنظر الاعتبار تأثير العديد من العوامل التي تدخل في تحليل مسائل الركائز ومنها: قطر الركيزة, طول الركيزة, نسبة المسافات بين الركائز إلى قطر الركيزة, نوع التربة (رملية أو طينية) وسمك طبقة التربة.

البرنامج الثاني المستخدم في هذا البحث هو من البرامج المكتوبة بلغة الفورتران-90 ويسمى (MRBEM) وهو برنامج متعدد الأغراض ويعتمد على طريقة العناصر المتاخمة لتحليل مسائل المرونة والطاقة لمناطق متداخلة متعددة. تم تطوير هذا البرنامج خلال مراحل البحث لاستخدامه في تحليل واحدة من المسائل الثنائية البعد, وهي الأنفاق المبينة بجدار خرساني والموضوعة في الترب الطينية. تم الأخذ بنظر الاعتبار العديد من المتغيرات منها, طبيعة التربة (قوية, متوسطة, ضعيفة) وعمق النفق.

وجد أنه عند استعمال طريقة العناصر المتاخمة فإن الاجهادات والازاحات سيقصر احتسابها عند مناطق مهمة محددة على التخم (Boundary) أو أجزاء معينة ضمن مجال المنطقة (Region) دون الحاجة لأيجاد حل لكامل الأجزاء الداخلية للمسألة. إضافة إلى ذلك, فإن تمثيل الشروط المتاخمة (Boundary conditions) للمسألة في المناطق البعيدة يمكن تمثيلها بصورة دقيقة دون اللجوء إلى بسط المنطقة لمسافات بعيدة وتطبيق شروط تخومية غير حقيقية نتيجة "لقطع العشوائي للمنطقة الخارجية.

من أهم النتائج المستحصلة من تطبيق طريقة العناصر المتاخمة على مجاميع الركائز هي أنه لمجموعة مكونة من 4 ركائز مغروزة في الطين، فإن الحمل الأقصى الواصل الى قاعدة الركيزة لا يتجاوز 8% من الحمل المسلط على الركيزة المنفردة ولمختلف الأقطار. هذه النسبة القليلة تؤكد أن الركائز المغروزة في الترب الطينية تنقل معظم الأحمال المسلطة عليها عبر سطح الركيزة.

لنفس مجموعة الركائز المغروزة في الطين، يكون توزيع إجهادات القص على طول الركيزة متساويا" مما يعني أن المقاومة السطحية للركيزة ثابتة على طولها ولا تعتمد على ضغط التثقيب الفعّال (Effective overburden pressure). هذه الحالة تم تمت مقارنتها مع غيرها من الدراسات وتبين أنها تظهر عندما يكون  $K=5000$  ( $K=E_{pile}/E_{soil}$ ) وهي الحالة التي تعتبر فيها الركيزة أنها غير قابلة للأنضغاط.

لمسائل الأنفاق المبطنة، وجد أن هطول الطبقة السطحية للأرض الطبيعية يبلغ أقصى قيمه على جانبي فتحة النفق وليس فوق مركزه. هطول الطبقة السطحية أظهر ازديادا" مع زيادة القص غير المبزول للتربة (Undrained shear strength)، أي إن أقصى هطول لسطح التربة يظهر في الترب الضعيفة (Soft soil).

إضافة الى ذلك، فإن الاجهادات الموجبة القصوى الموجودة على سطح التبتين الملامس للتربة تظهر في منطقة التاج (Crown) ومنطقة القاعدة السفلية (Invert). هذه الاجهادات تبدأ بالتناقص تدريجيا" الى أن تصل الى الاجهادات السلبية الدنيا عند منطقة بداية التخصر (Springline). ما بين هذه المناطق الثلاثة، فإن منطقتي الكتف (Shoulder) والركبة (Knee) تمثل مناطق وسطية تصل فيها الاجهادات الى أقل قيمها الموجبة.