التحليل الديناميكي المرن لانتشار الأمواج في وسط التربة المتطبق فوق نصف الفراغ الصخري في مجال الزمن[1]

المهندس تركي طبق[2] الدكتور المهندس محمد سمارة[3]
الدكتور المهندس أسامة النحاس[4]

الملخص

إن التمثيل الرياضي الدقيق لمسألة التحليل الديناميكي للمنشأ وذلك من خلال لحظ دور تفاعل التربة مع المنشأ يجعل عملية تقرير السلوك الديناميكي للمنشأ أكثر دقة وواقعية مما يهيىء التصميم الدقيق والصحيح للمنشأ، علما أن تصميم المنشآت لمقاومة الأحمال الزلزالية وفق استجابة ديناميكية ضمن مجال المرونة فقط عملية غير اقتصادية، فلابد من تصميم الاستجابة الديناميكية للمنشأ وفق آلية تسمح بسلوك لا خطي له، حيث تسمح هذه الآلية بتبديد معتبر للطاقة الزلزالية وتبقي المنشأ قائما تحت الاستثمار ليقاوم أقوى الأحمال الزلزالية التي يمكن أن يتعرض لها. هناك بعض فلسفات التصميم التي تعتمد هذا المبدأ وذلك من خلال السماح بحصول مفاصل لدنة في بعض عناصر المنشأ التي لا تؤثر على السلامة الإنشائية للبناء بغية تبديد جزء من الطاقة الزلزالية التي تضرب المنشأ، وبالتالي فان استخدام التقنيات الحديثة كمنظومات العزل الزلزالي للمنشأ أو مبددات الطاقة كالمخمدات يفرض السلوك اللاخطي للاستجابة الديناميكية للمنشأ تحت تأثير الأحمال الزلزالية أو الديناميكية عامة. إن استخدام مثل هذه التقنيات الحديثة في تصميم المنشآت لمقاومة الزلازل أو الأحمال الديناميكية المختلفة يجعل موضوع لحظ دور التفاعل الديناميكي بين التربة والمنشأ أمرا ضروريا لا غنى عنه لما لهذه التقنيات المستخدمة في تصميم المنشآت حساسية كبيرة بالنسبة للدور الطبيعي للمنشأ ومن المعلوم مسبقا مدى تأثير التربة على الدور الحقيقي لجملة المنشأ–التربة، إضافة إلى الأهمية الكبيرة للتوصيف الدقيق للحمل الاهتزازي الذي يطبق على المنشأ ومصدره وسط التربة نفسها.

[1] أعد هذا البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس تركي طبق بإشراف الدكتور أسامة النحاس ومشاركة الدكتور محمد سمارة، و يرد البحث بالتفصيل في اللغة الإنكليزية في الصفحات(15– 42) من هذا العدد.

[2] قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[3] قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[4] قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

هناك مجالين أساسين لاستخدام طريقة العناصر المحيطية؛ مجال التواتر و مجال الزمن. الفائدة الأساسية من استخدام العناصر المحيطية في مجال التواتر هي سهولة التعامل مع المعادلة الحاكمة تركيباً وتحليلاً حيث أنها شبيهة بالتحليل الستاتيكي بينما العمل في مجال الزمن هو أكثر تعقيداً إذ يضاف بعداً رابعاً للمسألة وهو الزمن إضافة للأبعاد المكانية الثلاث حيث أنه عندئذ تحل المسألة بطريقة الخطوة – خطوة وبالتالي يكون العمل أكثر كلفة. إلا أنه يفضل العمل في هذا المجال لميزتين: الأولى إمكانية الحصول على قيم المتحولات المكانية والزمانية معاً ومباشرةً مما يجعل النتائج أكثر دقة. والميزة الثانية وهي الأهم؛ هي إمكانية إجراء التحليل اللاخطي (اللدن) لكامل المسألة .

قام البحث بإعادة اشتقاق نظرية انتشار الأمواج في وسط التربة المتطبق فوق نصف الفراغ الصخري وذلك في مجال الزمن باستعمال تحويل Fourier. وذلك من خلال تقرير الحل الأساسي لحقلي الانتقالات والإجهادات في جملة التربة المتطبق الذي تم اشتقاقه في مجال الزمن بعد الأخذ بعين الاعتبار الشروط المحيطية عند سطح التربة الحر وشروط الاستمرارية بين الطبقات وشروط الإشعاعية في وسط نصف الفراغ عند اللانهاية. من خلال التكامل المحيطي فقط سيتم إدخال الشرط المحيطي الجديد على الحل الأساسي عند السطح البيني بين المنشأ والتربة باستخدام الطرق العددية بما يتوافق مع العناصر المحدودة التي تم نمذجة المنشأ على أساسها. لقد تم التعبير عن الحل الأساسي لحقلي الانتقالات والإجهادات في وسط التربة المتطبق باعتماد تحليل عالي المرونة والفعالية بشكل يتيح المجال لتقدير متزامن للتجاوب في عدة نقاط مختارة نتيجة تطبيق عدد من قوى الإثارة بشكل يناسب تطبيق طريقة العناصر المحيطية عند السطح البيني المختار بين المنشأ والتربة.

للتحقق من الدراسة المنجزة في مجال الزمن تمت مقارنة المسألة مع عدة طرق مرجعية، فتمت مقارنة أشعة الإثارة الناتجة عن هذه الطريقة مع طريقة تحليلية من أجل وسط نصف الفراغ الترابي المتجانس لـ CAGNIARD-DEHOOP والمتمخضة عن انزلاق داخل التربة بأوضاع مختلفة لسطح الانزلاق، وتمت أيضاً مقارنة نتائج الطريقة في حساب أشعة الإثارة مع طريقة العناصر المنتهية من أجل وسط التربة المتطبق فوق نصف الفراغ الصخري والناتجة عن انزلاق داخل التربة على أعماق مختلفة وعند مسافات عدة من مركز الزلزال بغية إظهار دقة الطريقة موضوع البحث.