

ABSTRACT

Project Code: BRG5480006

Project Title: Models for fundamental problems in engineering mechanics with consideration of nano-scale influence

Investigators: Teerapong Senjuntichai and Jaroon Rungamornrat, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Email Address: Teerapong.S@chula.ac.th and Jaroon.r@chula.ac.th

Project Period: 3 years

Abstract: In this research project, accurate and efficient techniques are developed for solving fundamental problems in solid mechanics with consideration of nano-scale influence. Three problems are considered in the present study, namely, elastic layer under surface loading, nano-indentation, and nano-sized cracks. The concept of surface elasticity, which has been widely employed in the investigation of nano-scale problems, is adopted to derive a suitable mathematical model capable of simulating the influence from surface energy that has been considered essential for nano-sized objects. In the present formulation, the classical theory of linear elasticity is utilized to establish the key governing equations of the bulk material whereas the well-known Gurtin-Murdoch surface elasticity model is employed to simulate responses of an infinitesimally thin layer of material adhered perfectly to the surface of the body. The governing equations for the surface and the bulk material are both formulated in an appropriate form for the solution sought, and properly coupled via appropriate interface conditions. Selected solution procedures are then implemented to efficiently and accurately determine solutions of the fully coupled governing equations. Once the proposed techniques are verified with available benchmark solutions, they are applied to investigate the size dependency of predicted solutions and nano-scale influence on the fundamental problems under consideration. Numerical results from an extensive parametric study confirm the fact that the presence of surface stresses is significant in the analysis of solid mechanics problems involving nano-scale influence and soft elastic materials where the surface energy effects are not negligible.

Keywords: cracks, nano-indentations, elastic layer, nano-scale influence, Gurtin-Murdoch, surface stresses, SGBEM, FEM

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: BRG5480006

ชื่อโครงการ: แบบจำลองสำหรับปัญหาพื้นฐานทางกลศาสตร์วิศวกรรมโดยพิจารณาอิทธิพลในระดับนาโน

ชื่อนักวิจัย: ศ.ดร. ธีรพงศ์ เสนจันทร์ฉิไชย และ รศ.ดร.จรูญ รุ่งอมรรัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีเมล: Teerapong.S@chula.ac.th และ Jaroon.r@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 3 ปี

บทคัดย่อ: โครงการวิจัยนี้นำเสนอระเบียบวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาพื้นฐานทางกลศาสตร์ของแข็งที่พิจารณาผลกระทบในระดับนาโนได้แก่ ปัญหาแรงกระทำบนชั้นยึดหยุ่น ปัญหาการกดในระดับนาโน และปัญหารอยแตกร้าวขนาดนาโน หลักการของหน่วยแรงที่ผิวซึ่งนิยมใช้แพร่หลายในการศึกษาปัญหาในระดับนาโนถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีความยึดหยุ่นเชิงเส้นพื้นฐานถูกนำมาใช้ในการสร้างสมการกำกับของวัสดุบัลก์ โดยมีแผ่นผิวบางของวัสดุซึ่งถูกจำลองให้เป็นพื้นผิวที่มีความหนาเป็นศูนย์และยึดแน่นกับวัสดุบัลก์โดยพฤติกรรมถูกกำกับโดยความสัมพันธ์เชิงวัสดุของเกอร์ดินและเมอร์คอค สมการกำกับของวัสดุบัลก์และพื้นผิวที่มีความหนาเป็นศูนย์ถูกสร้างขึ้นในรูปแบบที่เหมาะสมและพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุทั้งสองบริเวณรอยต่อ ระเบียบวิธีต่างๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เพื่อแก้ปัญหาค่าขอบเขตของปัญหาพื้นฐานที่ทำการศึกษามีประสิทธิภาพ หลังจากสอบเทียบกับผลเฉลยอ้างอิงแล้วระเบียบวิธีที่พัฒนาขึ้นถูกนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมที่ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุและอิทธิพลของหน่วยแรงที่ผิวที่มีต่อหน่วยแรงและการเคลื่อนที่ในแต่ละปัญหา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหน่วยแรงที่ผิวมีอิทธิพลสำคัญต่อพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุในปัญหากลศาสตร์ของแข็งในระดับนาโนและวัสดุยึดหยุ่นอ่อน

คำสำคัญ: รอยร้าว, การกดระดับนาโน, ชั้นยึดหยุ่น, อิทธิพลระดับนาโน, เเกอร์ดิน-เมอร์คอค, หน่วยแรงที่ผิว, SGBEM, FEM