

ABSTRACT

Project Code: MRG5380159

Project Title: Accurate and efficient numerical techniques for computing fracture data for arbitrary cracks in 3D linear elastic media

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

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

Project Period: 2 years

Abstract: This investigation proposed an accurate and efficient numerical technique for stress analysis of un-cracked body and cracks in three-dimensional elastic media. The technique is established in a general context allowing the treatment of arbitrary-shaped cracks in both infinite and finite bodies, three-dimensional media made of generally anisotropic elastic materials, infinite bodies containing localized complex zones, and fractures with nano-scale influences. A pair of weakly singular, weak-form boundary integral equations for the displacement and traction is developed and successfully implemented in terms of the weakly singular, symmetric Galerkin boundary element method SGBEM and SGBEM-FEM coupling to determine the unknown crack-face and related boundary data. The crucial features of the proposed numerical technique are associated with the reduction of one spatial dimension of the key governing equation and all kernels contained in the involved boundary integral equations are only weakly singular allowing standard continuous interpolation functions to be used in the numerical approximation. Once the jump and sum crack-face displacement data is determined, it forms a sufficient set of information essential for independently extracting the mixed-mode stress intensity factors and the T-stresses. The accuracy of this data in the vicinity of the crack front is enhanced by using special crack-tip elements that contain proper shape functions and extra degrees of freedom along the crack front. With incorporation of these special elements, a pair of explicit and concise expressions for the stress intensity factors and for the T-stresses can be derived. To investigate the accuracy and efficiency of the proposed numerical technique, extensive numerical experiments are performed on various boundary value problems involving un-cracked bodies and cracks in both infinite and finite media. From the numerical study, the proposed technique is found promising and computationally robust for three-dimensional fracture analysis.

Keywords: cracks, integral equations, SGBEM, nano-scale influence, stress intensity factors, T-stresses

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5380159

ชื่อโครงการ: ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสำหรับคำนวณข้อมูลด้านการ
แตกสลายสำหรับรอยแตกร้าวใดๆ ในตัวกลางยืดหยุ่นเชิงเส้นสามมิติ

ชื่อนักวิจัย: รศ.ดร.จรรณ รุ่งอมรรรัตน์ และ ศ.ดร.ธีรพงศ์ เสนจันทร์ชัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้นำเสนอระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หน่วยแรงของ
วัตถุยืดหยุ่นสามมิติทั้งที่มีและไม่มีรอยแตกร้าว ระเบียบวิธีดังกล่าวพัฒนาขึ้นในกรอบทั่วไปที่สามารถจำลองรอย
แตกร้าวรูปร่างใดๆในวัตถุไร้ขอบเขตและมีขอบเขตจำกัด วัตถุสามมิติที่ทำมาจากวัสดุยืดหยุ่นที่มีคุณสมบัติขึ้นกับ
ทิศทาง วัตถุไร้ขอบเขตที่มีส่วนย่อยซับซ้อน และปัญหาการแตกร้าวที่พิจารณาอิทธิพลในระดับนาโน สมการเชิง
ปริพันธ์พื้นผิวเอกฐานสำหรับการจัดและแรงที่ผิวที่พัฒนาขึ้น ถูกนำมาใช้สำหรับพัฒนาระเบียบวิธีกัลเลอร์คิน
บาวดารีเอลิเมนต์แบบเอกฐานต่ำ และระเบียบวิธีร่วมกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อหาตัวไม่ทราบค่าที่ผิวรอยแตกร้าว
และขอบเขตของโดเมน จุดเด่นของระเบียบวิธีที่นำเสนอคือสมการกำกับหลักมีมิติที่ลดลงหนึ่งมิติ และเคอร์เนลทุก
ตัวที่เกี่ยวข้องกับสมการปริพันธ์มีความเป็นเอกฐานต่ำ ทำให้สามารถใช้ฟังก์ชันพื้นฐานแบบต่อเนื่องในการ
ประมาณคำตอบได้ ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการกระโดดและการรวมของการจัดบนผิวรอยแตกร้าวที่คำนวณได้
สามารถใช้ในการหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นและหน่วยแรงที่ได้ ความถูกต้องของข้อมูลดังกล่าวที่
บริเวณขอบรอยแตกร้าวสามารถปรับปรุงได้โดยใช้ชิ้นส่วนย่อยพิเศษที่มีฟังก์ชันรูปร่างแบบพิเศษ และระดับชั้น
ความอิสระเพิ่มเติมที่ขอบรอยแตกร้าว นอกจากนี้การใช้ชิ้นส่วนพิเศษนี้ทำให้สามารถพัฒนาสูตรในการคำนวณตัว
ประกอบความเข้มของความเค้นและหน่วยแรงที่ได้โดยตรง การตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของ
ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่นำเสนอ อาศัยการทดลองเชิงตัวเลขสำหรับปัญหาขอบเขตที่มีความหลากหลายทั้งที่