

การคำนวณหากลุ่มเอลิเมนต์เพื่อปรับคุณภาพโครงร่างตาข่ายเฉพาะจุดในการวิเคราะห์ ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สองมิติ

**Find an element's group for approve local mesh quality for 2D finite element
analysis.**

นันทวุฒิ ชัยวิชิต¹, อาบทิพย์ ชีรวงศ์กิจ² และ ทศนพ กำเนิดทอง³

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 02-470-9339, โทรสาร: 02-470-9691

¹E-mail: fordsoda@hotmail.com ²E-mail: arbtip@fib.kmutt.ac.th

³E-mail: ithotong@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายในการจำลองขั้นตอนและกระบวนการต่างๆ บนคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ผลก่อนการผลิตชิ้นงานจริง งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับคุณภาพโครงร่างตาข่าย (Mesh) ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเน้นการวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปโลหะต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุอย่างมากจากรูปร่างเริ่มต้น เนื่องจากในการวิเคราะห์ปัญหาประเภทนี้ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เอลิเมนต์ในโครงร่างตาข่าย (Mesh Element) จะถูกบิด กด และดึงจนเสียรูป ตามลักษณะการบิด กดและดึงของกระบวนการขึ้นรูป จำเป็นต้องมีการปรับปรุงโครงร่างตาข่าย (Remesh) เพื่อให้การวิเคราะห์สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างเหมาะสม แต่เพื่อลดเวลาในการคำนวณ สามารถเลือกปรับปรุงโครงร่างตาข่ายเฉพาะจุดที่มีปัญหาได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการดึงส่วนของเอลิเมนต์เฉพาะส่วนที่มีการเสียรูปมากออกมา เพื่อสร้างโครงร่างตาข่ายใหม่ที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นต่อไป โดยพิจารณาการเสียรูปของเอลิเมนต์จากค่าอัตราความเครียด (strain rate) โดยใช้โปรแกรม Matlab มาช่วยในการเขียนโปรแกรมเพื่อดำเนินการ

โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะอ่านค่าข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Abaqus ได้แก่ตำแหน่งของจุด (node coordinate) , อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียด และ เอลิเมนต์รอบข้างของแต่ละเอลิเมนต์ เพื่อนำมาหาค่ากลุ่มของเอลิเมนต์ในบริเวณที่มีค่าอัตราความเครียดสูง แสดงผลรูปร่างของแบบจำลองที่ดึงออกมารวมถึงหาค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์เพื่อนำไปสร้างโครงร่างตาข่ายที่เหมาะสมใหม่ต่อไปโดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะปัญหาในสองมิตินั้น

คำสำคัญ: ไฟไนต์เอลิเมนต์, การสร้างโครงร่างตาข่าย, การปรับคุณภาพเมช, การสร้างเมช

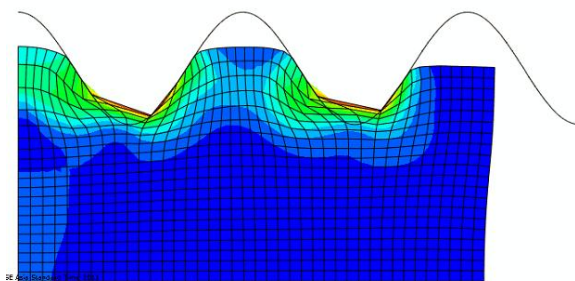
Abstract

Finite element method is process on computer for use in the design and analysis before production. In the finite element analysis of metal forming processes, many mesh elements are usually deformed severely in the later stage because of large deformation of the geometry. Such highly distorted elements are undesirable in finite element analysis because they introduce errors in to the analysis results and, in the worst case, inverted elements can cause the analysis to terminate prematurely need to mesh adaptation. The analysis is continue to properly to reduce computation time therefore choose local mesh adaptation by consider the deformation of the element from the strain rate by using program Matlab to help in process. The project is find an element group for local inverse mesh adaptation method for 2D finite element analysis.

Keywords: finite element, local mesh, mesh adaptation

1. บทนำ

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายในการจำลองขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ บนคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ผลก่อนการผลิตชิ้นงานจริง โครงการนี้มีขึ้นเพื่อศึกษาการใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปวัตถุต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างมาก จากรูปร่างเริ่มต้น (Large Deformation Processes) โดยในงานวิจัยนี้จะเน้นตัวอย่างการทดลองการขึ้นรูปโลหะเป็นหลัก โดยมากในการวิเคราะห์ปัญหาประเภทนี้ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ Mesh Element จะถูกบิดกด และถึงจนเสียรูป ตามลักษณะการบิด กดและดึงของกระบวนการการขึ้นรูปดังแสดงตัวอย่างใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 เอลิเมนต์ที่ถูกบิดจนเสียรูป

เอลิเมนต์ที่ถูกบิดจนเสียรูป หรือที่เรียกว่า Distorted Element เป็นปัญหาใหญ่ของการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เพราะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์และการคำนวณผลไม่แม่นยำ

นอกจากนี้การที่ เอลิเมนต์ถูกบิดไปอย่างมาก ยังอาจทำให้เกิดการซ้อนทับกันระหว่างโมเดลชิ้นงานกับโมเดลเครื่องมือในระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ความถูกต้องแม่นยำของผลการวิเคราะห์ลดลง และหาก เอลิเมนต์ถูกทำให้เสียรูปมากจนกลายเป็นเอลิเมนต์ผกผัน (รูป 3 (c)) ก็อาจส่งผลให้กระบวนการวิเคราะห์หยุดกลางคัน ไม่สามารถดำเนินต่อไปจนถึงขั้นสุดท้ายได้ด้วยเหตุนี้จึงมีโครงการวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการปรับสภาพ Mesh ระหว่างกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ทำการวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปวัตถุต่างๆ โดยวิธีการปรับสภาพ Mesh

การคำนวณหากลุ่มเอลิเมนต์เพื่อปรับคุณภาพโครงร่างตาข่ายเฉพาะจุดในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สองมิติ ซึ่งเป็นหัวข้อวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัยเป็นกระบวนการที่อยู่ในขั้นตอนการปรับสภาพเอลิเมนต์เฉพาะจุดเพื่อดึงเอากลุ่มของเอลิเมนต์ที่มีการเสียรูปออกมาจากแบบจำลองแล้วทำการหาค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์นั้นเพื่อนำไปใช้ในการปรับสภาพโครงร่างตาข่ายต่อไป

2.วิธีการดำเนินการ

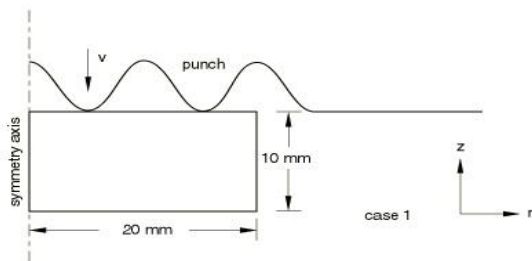
งานวิจัยนี้จะมีขั้นตอนในการวิจัยอยู่ 3 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย

-การทำการย้ายการเปลี่ยนแปลงสภาพของเอลิเมนต์

-การแยกส่วนกลุ่มเอลิเมนต์ที่เสียรูปออกจากแบบจำลอง

-หาค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง

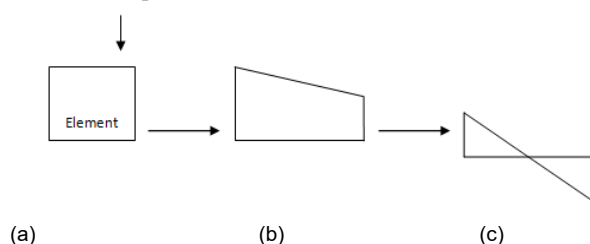
ในการคำนวณจะใช้แบบจำลองดังรูปที่ 2 ในชิ้นงานจำลองนี้เป็นเหล็กกล้า (Steel) ที่มีค่า Young's modulus เท่ากับ 200 GPa. มีค่า Poisson's ratio เท่ากับ 0.3 และมีค่าความต้านทานความเค้น (yield stress) เท่ากับ 100 MPa. ความหนาแน่น 7800 kg/m³. โดยชิ้นงานจำลองนี้จะถูกแบบ (Die) เป็นระยะ 7.6 mm กดลงมาที่ชิ้นงานด้วยความเร็วคงที่เท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 2 แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์

22.1 การทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพของเอลิเมนต์

ขั้นตอนนี้จะขั้นตอนการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสภาพเอลิเมนต์ของแบบจำลอง โดยในการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะใช้โครงร่างตาข่ายแบบทั่วไปโดยใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมที่จุดจะรู้ว่าเอลิเมนต์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับโหลดเป็นอย่างไรจากขั้นตอนนี้จะสามารถรู้คุณสมบัติของเอลิเมนต์ว่ามีค่าอัตราความเครียดเท่าไร รูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปของเอลิเมนต์จากรูปร่างเดิม ซึ่งทำให้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของเอลิเมนต์ได้ดังแสดงตัวอย่างใน รูปที่ 3



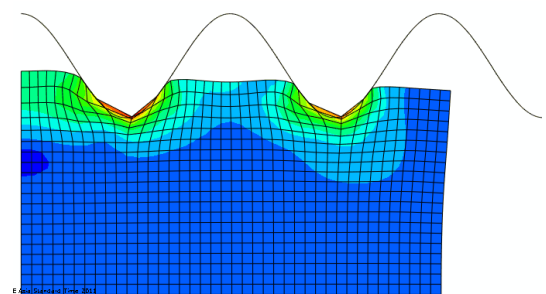
รูปที่ 3 ทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพของเอลิเมนต์

กำหนดเกณฑ์ในการปรับคุณภาพโครงร่างตาข่ายเป็นขั้นตอนในการสร้างเกณฑ์ที่ใช้เป็นตัวกำหนดว่าเมื่อใดในระหว่างการวิเคราะห์ที่ควรสร้างโครงร่างตาข่ายใหม่ขึ้นแทนที่โครงร่างตาข่ายเก่าโดยเกณฑ์ที่เป็นที่นิยมใช้มีอยู่สามประเภท คือ

- 1.Mesh Discretization Error ซึ่งวัดจาก Strain Error
- 2.Element Distortion Error ซึ่งวัดโดยคุณภาพรูปร่างของ Mesh Element
- 3.Geometric Interference Error ซึ่งวัดจากการซ้อนทับกันระหว่างแบบ (Die) และชิ้นงาน

2.2 การแยกส่วนกลุ่มเอลิเมนต์ที่เสียรูปออกจากแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ผลเมื่อเสร็จสิ้นจากขั้นตอนการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพของเอลิเมนต์เรียบร้อยแล้ว โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการดึงกลุ่มของเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลอง ซึ่งค่าที่ได้นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมแยกส่วนเอลิเมนต์นั้นคือ ค่าพิกัดของแต่ละจุด ,ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดของเอลิเมนต์ และจุด 4 จุดที่ประกอบเป็นแต่ละเอลิเมนต์ของแบบจำลองจากรูปที่ 4 แสดงกลุ่มของเอลิเมนต์ที่เสียรูป

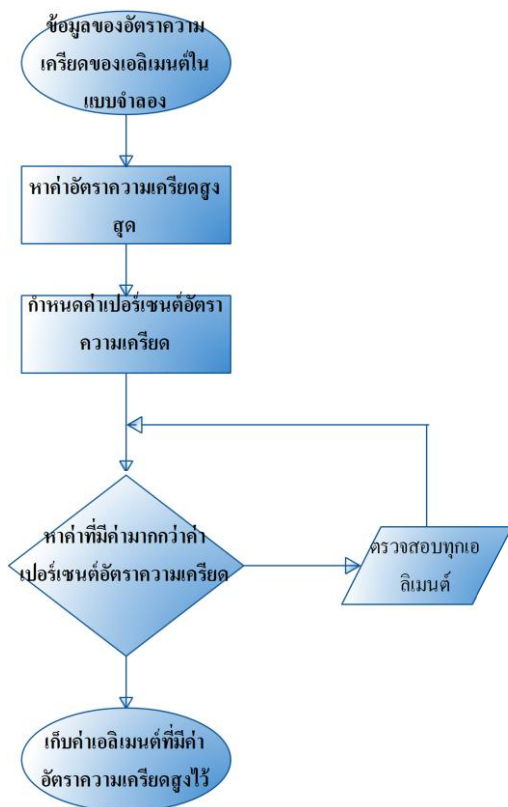


รูปที่ 4 แสดงกลุ่มของเอลิเมนต์ที่เสียรูป

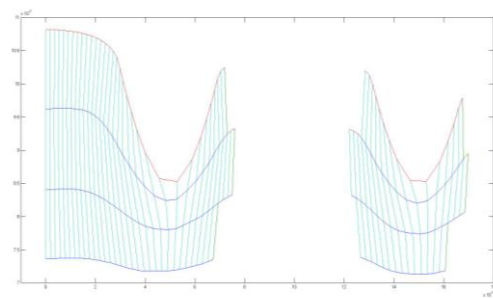
การแยกส่วนกลุ่มเอลิเมนต์ที่เสียรูปออกจากแบบจำลองมีขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน

2.2.1 ทำการเขียนโปรแกรมอ่านค่าข้อมูลที่ได้มาจากการใช้โปรแกรม Abaqus คือ ค่าพิกัดของแต่ละจุด ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดของเอลิเมนต์ และ ,จุด 4 จุดที่ประกอบเป็นแต่ละเอลิเมนต์ของแบบจำลอง มาเก็บไว้เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2.2 หากกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลอง จากข้อมูลอัตราความเครียดที่เก็บค่าไว้จะมีค่าสูงสุดอยู่ ผู้เขียนโปรแกรมได้นำค่านี้มาใช้โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราความเครียดเมื่อเทียบกับอัตราความเครียดสูงสุดเมื่อได้เปอร์เซ็นต์อัตราเปลี่ยนแปลงความเครียดแล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเอลิเมนต์ทั้งหมดในแบบจำลอง ถ้าอัตราความเครียดของเอลิเมนต์ใดมีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์อัตราเปลี่ยนแปลงความเครียดแสดงว่าเอลิเมนต์นั้นเป็นเอลิเมนต์ที่มีอัตราเปลี่ยนแปลงความเครียดสูงที่จะดึงออกมาจากแบบจำลอง เมื่อโปรแกรมทำการเปรียบเทียบเอลิเมนต์ทั้งหมดในแบบจำลองแล้วก็จะได้กลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง รูปที่ 6 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการหากลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลอง และ ทำการแสดงกราฟกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราความเครียดสูง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการหากลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลอง



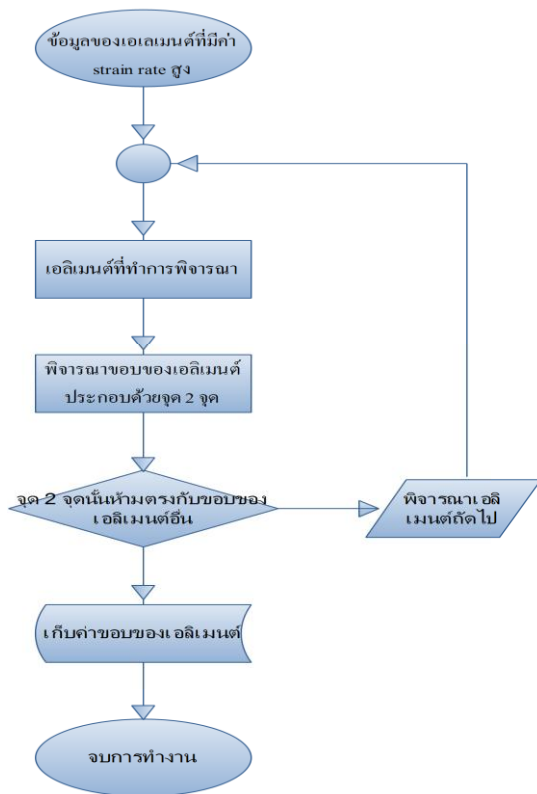
รูปที่ 6 แสดงกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง

2.3 หาค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง

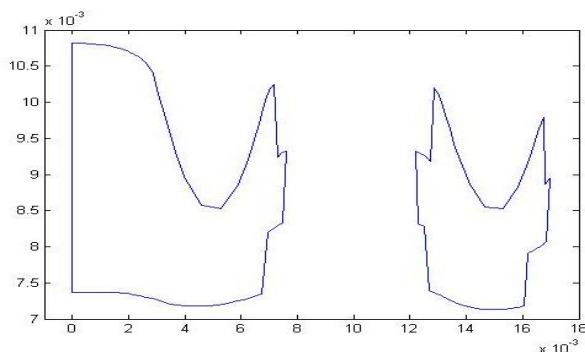
ในขั้นตอนนี้เมื่อได้กลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราความเครียดสูงแล้ว ก็นำมาคำนวณหาค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์โดยมีหลักการดังนี้

7	3	8	4	9
4		5		6
1	1	2	2	3

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกลุ่มเอลิเมนต์ที่ดึงออกมาจากแบบจำลอง พิจารณาเอลิเมนต์ที่ 1 ซึ่งเอลิเมนต์นี้จะประกอบด้วยจุด 4 จุด คือ 1,2,4,5, ด้าน 4 ด้าน คือ 12,25,54 และ 41 แต่ละด้านประกอบด้วยจุด 2 จุด พิจารณาด้าน 12 ซึ่งประกอบไปด้วยจุด 1 และจุด 2 ตรวจสอบดูว่ามีจุด 2 จุดนี้ ประกอบอยู่ในเอลิเมนต์อื่นหรือไม่ถ้าไม่ประกอบอยู่ในเอลิเมนต์อื่นแสดงว่าด้าน 12 เป็นขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ แต่ถ้ามีอยู่ในเอลิเมนต์อื่นแสดงว่าไม่เป็นขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง ทำการตรวจสอบทั้งสี่ด้านจนเสร็จแล้วจึงพิจารณาเอลิเมนต์อื่นต่อไปจนครบจนได้ขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 8 และแสดงผลพิมพ์ไว้เหนือตารางและซีตริมซ้ายของคอลัมน์หรือซีตริมซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน ขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราความเครียดสูง แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการหาขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่า การเปลี่ยนแปลงความเครียดสูง



รูปที่ 9 แสดงขอบกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียด สูง

3.สรุป

การคำนวณหากลุ่มเอลิเมนต์เพื่อปรับคุณภาพ โครงร่างตาข่ายเฉพาะจุดในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สองมิติสามารถทำการพัฒนาขึ้นในการแก้ไขปัญหาของการเสียรูปของเอลิเมนต์โดยการนำค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงความเครียดสูงนำมาทำการปรับสภาพเอลิเมนต์ใหม่ในการดำเนินงานโดยการสร้างโปรแกรมดึงค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตรา

ความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลองแบบสองมิติจากรูปที่ 1 สามารถดึงกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีอัตราความเครียดสูงออกมาจากแบบจำลอง ดังรูปที่ 6 และทำการสร้างโปรแกรมที่ดึงค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์จากรูปที่ 7 ทำการพล็อตกราฟขอบของกลุ่มเอลิเมนต์ที่มีค่าอัตราความเครียดสูงดังรูปที่ 9 เมื่อได้ค่าขอบของกลุ่มเอลิเมนต์แล้วสามารถนำไปทำการปรับคุณภาพโครงร่างตาข่ายเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลที่แม่นยำมากขึ้น และลดการเสียรูปของเอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นขณะทำการวิเคราะห์

4.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทศนพ กำเนิดทอง ดร.อาภทพิทย์ ธีรวงศ์กิจ รศ.ดร.สุรเชษฐ์ ชูติมา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Arbtip Dheeravongkit and Kenji Shimada, 2007, Inverse Mesh Adaptation Method for Large Deformation Finite Element Analysis, Carnegie Mellon University
2. รศ.แมน อมรสิทธิ์ และ รศ.ดร.สมชัย อัครทิวา , วัสดุวิศวกรรม,บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
3. รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ , วรรัตน์ ภัทรอมรกุล, 2543 , คู่มือการใช้งาน Matlab ฉบับสมบูรณ์ , พิมพ์ครั้งที่ 2 , สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส
4. ไตรภู แฉงการม กนต์ธร ชานีประศาสน์, การใช้ งาน Matlab สำหรับงานทางวิศวกรรมฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 2,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. รศ.แมน อมรสิทธิ์ และ รศ.ดร.สมชัย อัครทิวา,วัสดุวิศวกรรม,บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
6. ปราโมทย์ เตชะอำไพ, พศ 2550,ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม (ฉบับปรับปรุง),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย