

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น คือ เพื่อศึกษาความแม่นยำของการออปติไมซ์รูปร่างของโครงปัญหาทางแมคคานิกส์สองมิติโดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์แสดงขอบโค้งของชิ้นงานประกอบกับการวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ p เวอร์ชัน โดยการออปติไมซ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเค้น von Mises มากสุดที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงาน

ในการวิจัยนี้ได้ทำการออปติไมซ์รูปร่างโดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์แสดงขอบชิ้นงานบริเวณที่ทำการออกแบบ เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์ที่ใช้มีกำลังโพลิโนเมียลเท่ากับจำนวนของจุดควบคุมลบหนึ่งและจำนวนของจุดควบคุมลบสองตามลำดับ การวิเคราะห์ความเค้นในชิ้นงานใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันของโปรแกรม p -FEM ซึ่งเขียนโดย Promwungkwa (1998) การหาผลลัพธ์ของการออปติไมซ์ใช้วิธีลำดับโปรแกรมเชิงเส้นและวิธีซิมเพล็กซ์ การทดสอบการออปติไมซ์รูปร่างได้ทำการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ชิ้นงานจำนวนสี่ตัวอย่างและตรวจสอบความแม่นยำของการออปติไมซ์โดยเปรียบเทียบความเค้น von Mises มากสุดของรูปร่างชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ h เวอร์ชันและเปรียบเทียบกับผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การออกแบบขอบโค้งของรูของแผ่นกว้างเจาะรูรับแรงดึงด้านข้างในแนวแกน โดยแผ่นกว้างมีขนาด 0.1×0.1 ตารางเมตร หนา 0.001 เมตร ตรงกลางแผ่นเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01 เมตร ภาระแรงกระทำเป็นแรงดึงกระจายกระทำด้านข้างของขอบชิ้นงานทั้งสองด้านและมีสัดส่วนเป็นสองเท่าซึ่งกันและกัน พบว่า รูปร่างชิ้นงานภายหลังการออปติไมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์ที่สร้างจากจุดควบคุมจำนวน 5 จุดมีค่าความเค้น von Mises ลดลง 34.5 และ 33.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับรูปร่างชิ้นงานเริ่มต้นที่เจาะรูเป็นวงกลม และจากการเปรียบเทียบความแม่นยำของชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน พบว่า การออปติไมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันมีความแม่นยำของ

ผลลัพธ์สูง โดยมีค่าความเค้น von Mises แตกต่างไปจากการวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน 2.3 และ 7.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.1.2 การออกแบบขอบโค้งของแผ่นรับแรงดึงที่มีความกว้างหน้าตัดต่างกัน โดยชิ้นงานมีความกว้างของปลายหน้าตัดด้านแคบ 0.009 เมตร ความกว้างของปลายหน้าตัดด้านกว้าง 0.018 เมตร และหนา 0.001 เมตร ภาระแรงกระทำเป็นแรงดึงกระจายกระทำด้านข้างของขอบชิ้นงานเพียงด้านเดียว พบว่า รูปร่างชิ้นงานหลังการอพทิมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปรอน์มีค่าความเค้น von Mises ลดลง 46.5 และ 45.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานเริ่มต้นที่มีเส้นขอบเป็นขอบตรง การเปรียบเทียบความแม่นยำของชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน พบว่า การอพทิมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปรอน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันมีความแม่นยำของผลลัพธ์สูง โดยมีค่าความเค้น von Mises แตกต่างไปจากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน 0.8 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การเปรียบเทียบค่าความเค้นหนาแน่นกับผลงานตีพิมพ์ของ Shyy *et al.* (1988) พบว่า ชิ้นงานผลลัพธ์มีค่าความเค้นหนาแน่นแตกต่างจากผลงานตีพิมพ์ของ Shyy *et al.* เท่ากับ 3.3 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.1.3 การออกแบบขอบโค้งของชิ้นงานรูปตัวยู โดยชิ้นงานมีความกว้าง 0.07 เมตร และหนา 0.01 เมตร ภาระแรงกระทำเป็นแรงดึงกระจายขนาด 100 kN ต่อเมตรกระทำที่ปลายทั้งสองข้าง พบว่า รูปร่างชิ้นงานภายหลังการอพทิมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปรอน์มีค่าความ von Mises มากสุดเท่ากับ 80.7 และ 82.8 MPa ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบความแม่นยำของชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน พบว่า การอพทิมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปรอน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันมีความแม่นยำของผลลัพธ์สูง โดยมีค่าความเค้น von Mises แตกต่างไปจากการวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน 5.8 และ 1.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.1.4 การออกแบบขอบโค้งของรูที่เจาะบนคานฝังรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยชิ้นงานมีขนาดปลายด้านฝังและปลายด้านปล่อย 0.075 และ 0.05 เมตรตามลำดับ คานยาว 0.1 เมตรและหนา 0.05 เมตร ตรงกลางคานเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.035 เมตร ภาระแรงกระทำเป็นแรงดึงกระจายขนาด 1000 kN ต่อเมตร และแรงเฉือนกระจายขนาด 250 kN ต่อเมตรกระทำที่ปลายคาน พบว่า รูปร่างชิ้นงานภายหลังการอพทิมซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปรอน์มีค่าความเค้น von Mises เท่ากับ 117.3 และ 116.5 MPa ตามลำดับ โดยมีค่าลดลง 9.7 และ 14.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับรูปร่างชิ้นงานเริ่มต้นที่เจาะรูเป็นรูวงกลม และจากการเปรียบเทียบ

ความแม่นยำของชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ h เวอร์ชัน พบว่า การออฟทิมไซ์โดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไปไลน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันมีความแม่นยำของผลลัพธ์สูง โดยมีความเค้น von Mises แตกต่างไปจากการวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ h เวอร์ชันเท่ากันเท่ากับ 4.8 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การออฟทิมไซ์รูปร่างโดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการออฟทิมไซ์อื่น เช่น การลดน้ำหนักของชิ้นงาน โดยมีเงื่อนไขคอนสเตรนตคือค่าความเค้นมากที่สุดที่ชิ้นงานรับได้ เป็นสิ่งที่น่าศึกษาต่อไป

5.2.2 การศึกษาถึงวิธีการวิเคราะห์ความไวด้วยวิธีคอนตินิวอัม (Continuum approach) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าเกรเดียนของความเค้นโดยไม่ต้องคำนวณอนุพันธ์ของเมตริกซ์ความแข็งแรง เป็นวิธีที่น่าศึกษาต่อไป

5.2.3 การศึกษาเพื่อลดเวลาการคำนวณการออฟทิมไซ์รูปร่างด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันโดยใช้กระบวนการปรับแต่งด้วยกำลัง p ที่ไม่สม่ำเสมอเป็นวิธีที่น่าศึกษาต่อไป

5.2.4 การศึกษาการออฟทิมไซ์รูปร่างของชิ้นงานในสามมิติเป็นสิ่งที่น่าศึกษา เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในทางปฏิบัติได้ดีที่สุด ซึ่งในปัจจุบันยังมีการศึกษาในด้านนี้น้อยมาก