ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การออพทิไมซ์รูปร่างเชิงสองมิติโดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และบี-สไพลน์

ชื่อผู้เขียน นายไพบูลย์ ลิ้มปีติพานิชย์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์: อ.ดร. อนุชา พรมวังขวา ประธานกรรมการ
ผศ.ดร. อภิวันท์ พลชัย กรรมการ
ผศ.ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช กรรมการ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแม่นยำของการออพทิไมซ์รูปร่างของโจทย์ปัญหาทางด้านแมคคานิกส์ในสองมิติโดยใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไพลน์แสดงขอบโค้งของชิ้นงาน เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไพลน์ที่ใช้มีกำลังของโพลิโนเมียลเท่ากับจำนวนของจุดควบคุมของเส้นขอบลบหนึ่งและจำนวนของจุดควบคุมของเส้นขอบลบสองตามลำดับ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการออพทิไมซ์เป็นการลดค่าความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานเริ่มต้น โดยมีพิกัดของจุดควบคุมของเส้นขอบเป็นตัวแปรออกแบบ เงื่อนไขคอนสเตรนท์ของการออพทิไมซ์คือการกำหนดให้ค่าความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานในแต่ละรอบการคำนวณมีค่าลดลงและการกำหนดให้ปริมาตรของชิ้นงานมีขนาดคงที่ตลอดการคำนวณ การวิเคราะห์ความเค้นภายในชิ้นงานใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ p เวอร์ชันโดยที่ขอบของชิ้นงานและขอบของอิลิเมนต์ใช้ฟังก์ชันชุดเดียวกัน การวิเคราะห์ความไวใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องเพื่อวิเคราะห์ค่าอนุพันธ์ของความเค้น von Mises และอนุพันธ์ของปริมาตรชิ้นงานเทียบกับตัวแปรออกแบบ การแก้ไขโจทย์ปัญหาการออพทิไมซ์ใช้วิธีการลำดับโปรแกรมเชิงเส้นและวิธีซิมเพล็กซ์

การวิเคราะห์ชิ้นงานใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไพลน์แสดงเส้นขอบที่ทำการออกแบบและตรวจสอบความแม่นยำของการออพทิไมซ์โดยเปรียบเทียบความเค้น von Mises

มากสุดของชิ้นงานผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ชิ้นงานผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ *h* เวอร์ชันและเปรียบเทียบกับผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทดสอบการออพทิไมซ์รูปร่างกับชิ้นงานตัวอย่างสี่ตัวอย่าง ได้แก่ 1) การออพทิไมซ์ขอบโค้งของรูของแผ่นกว้างเจาะรูรับแรงดึงด้านข้างในแนวแกน พบว่า ความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานผลลัพธ์มีค่าแตกต่างจากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ *h* เวอร์ชัน 2.3 และ 7.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ 2) การออพทิไมซ์ขอบโค้งของแผ่นรับแรงดึงที่มีความกว้างหน้าตัดต่างกัน พบว่า ความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานผลลัพธ์มีค่าแตกต่างจากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ *h* เวอร์ชัน 0.8 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อนำค่าความเค้นหนาแน่นของชิ้นงานผลลัพธ์เปรียบเทียบกับผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีค่าแตกต่าง 3.3 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ 3) การออพทิไมซ์ขอบโค้งของชิ้นงานรูปตัวยู พบว่า ความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานผลลัพธ์มีค่าแตกต่างจากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ *h* เวอร์ชัน 5.8 และ 1.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ 4) การออพทิไมซ์ขอบโค้งของรูที่เจาะบนคานฝังรูปสี่เหลี่ยมคางหมู พบว่า ค่าความเค้น von Mises มากสุดของชิ้นงานผลลัพธ์มีค่าแตกต่างจากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์แบบ *h* เวอร์ชันเท่ากันเท่ากับ 4.8 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการออพทิไมซ์ชิ้นงานทั้งสี่ตัวอย่างพบว่า การกระจายของความเค้นด้านสูงมีการกระจายที่สม่ำเสมอมากขึ้น โดยที่การใช้เส้นขอบเบซิเออร์และเส้นขอบบี-สไพลน์ในการออพทิไมซ์รูปร่างมีความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ใกล้กัน

Thesis Title Two-Dimensional Shape Optimization Using Bezier and B-Spline Boundary

Author Mr. Paiboon Limpitipanich

M.Eng. Mechanical Engineering

Examining Committee: Lect. Dr. Anucha Promwungkwa — Chairman
Asst. Prof. Dr. Apiwon Polchai — Member
Asst. Prof. Dr. Wiwat Klongpanich — Member

ABSTRACT

The study aims to analyze accuracy of shape optimization of a two-dimensional elastic mechanic problem having a bezier or b-spline boundary. Orders of bezier and b-spline polynomials equal numbers of control points minus one and minus two, respectively. An objective function of the optimization problem is the minimization of the maximum von Mises stress occurred inside the problem domain. Design variables are the control point coordinates of the boundary curve. Constraint functions consist of two types: 1) the relation that controls the reduction of von Mises stress occurred inside the problem, and 2) the relation that controls volume of the problem. *P*-version finite element analysis is used to analyze stresses. Bezier and b-spline boundary curve is also used as an element mapping function. Sensitivity is a gradient of von Mises stress to design variables, which is calculated by using a finite difference method. Optimization solution is the combination of sequential linear programming and simplex method.

Four examples were calculated to demonstrate the reduction of maximum stresses. The accuracy of results was checked with the results of *h*-version finite element analysis, and the results from literatures. The first example is a plate with a hole under biaxial forces. The result

shown that the stresses of the optimization using bezier and b-spline boundaries are difference from the stresses of optimum shape using *h*-version finite element analysis about 2.3 and 7.1 percent, respectively. The second example is a rectangular bar with shoulder under axial force. The result shown that the stresses of the optimization using bezier and b-spline boundaries are difference from the stresses of optimum shape using *h*-version finite element analysis about 0.8 and 3.8 percent, respectively, and the stress concentration of the results are difference from available solution about 2.3 and 2.5 percent, respectively. The third example is a member having u-shaped edge. The result shown that the stresses of the optimization using bezier and b-spline boundaries are difference from the stresses of optimum shape using *h*-version finite element analysis about 5.8 and 1.9 percent, respectively. The last problem is a trapezoid cantilever beam with a hole. The result shown that the stresses of the optimization using bezier and b-spline boundaries are the same result and both difference from the stresses of optimum shape using *h*-version finite element analysis about 4.8 percent. High stress distribution of the optimum result is uniform over the high stress region. There is no significant difference in the final results between bezier and b-spline boundaries.