

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ได้สรุปรวบรวมผลงานวิจัยที่เกิดขึ้นจากโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนากระบวนการเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อการออกแบบงานทางวิศวกรรมเครื่องกล” เนื้อหาในรายงานเริ่มจากการศึกษาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนาเวียร์-สโตกส์สำหรับการไหลซึ่งจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การไหลแบบไม่อัดตัวและแบบอัดตัวได้ โดยในการไหลแต่ละประเภทได้ประยุกต์กระบวนการเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์และเอลิเมนต์เมตริกซ์ต่างๆโดยละเอียด ทั้งสมการไฟไนต์เอลิเมนต์และเอลิเมนต์เมตริกซ์ที่เกิดขึ้นนี้ได้นำไปประดิษฐ์ต่อขึ้นเป็นไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกันรวมสองโปรแกรม ซึ่งได้ถูกตรวจสอบกับปัญหาพื้นฐานของการไหลที่มีผลเฉลยแม่นยำตรงหลายปัญหาก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นไป และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณโดยเฉพาะในการแก้ปัญหาการไหลความเร็วสูงแบบอัดตัวได้ ซึ่งมักประกอบด้วยคลื่นช็อกที่มีการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์อย่างกะทันหัน จึงได้เสนอวิธีการจัดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ ที่สามารถสร้างเอลิเมนต์ขนาดเล็กในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์สูง และในขณะเดียวกัน สร้างเอลิเมนต์ขนาดใหญ่ในบริเวณอื่นๆที่ผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อย วิธีการจัดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงสำหรับการแก้ปัญหาการไหลความเร็วสูงแบบอัดตัวได้และในขณะเดียวกันช่วยลดเวลาในการคำนวณรวมทั้งปริมาณหน่วยความจำที่ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ และที่สำคัญที่สุด ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องรู้ลักษณะผลลัพธ์ของการไหลล่วงหน้ามาก่อน กระบวนการในการจัดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติผสมผสานกับการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ถูกต้องอย่างเที่ยงตรงได้ในขณะเดียวกันกระบวนการเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนและการเสียรูปและความเค้นในของแข็งได้ทำการประดิษฐ์ขึ้น พร้อมกับการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์อีกสองโปรแกรม ซึ่งได้อธิบายอย่างเป็นขั้นเป็นตอนโดยละเอียด วิธีการจัดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติซึ่งใช้ได้เป็นผลสำเร็จในการแก้ปัญหาการไหล ได้นำมาประยุกต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนและความเค้นอันเกิดจากอุณหภูมิด้วยเช่นกัน ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากสมการไฟไนต์เอลิเมนต์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับปัญหาการไหล การถ่ายเทความร้อน และความเค้นในของแข็งนี้ ได้แสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีการจัดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ ที่สามารถช่วยให้นักวิเคราะห์ได้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ในปัญหาเหล่านี้ อันจะนำไปสู่การปรับปรุงการออกแบบที่ดียิ่งขึ้น ผลงานต่างๆที่เกิดขึ้นจากโครงการวิจัยนี้ ก่อให้เกิดบทความทางวิชาการซึ่งได้นำไปเสนอในที่ประชุมและได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารทางวิชาการจำนวนมาก และในขณะเดียวกัน ขั้นตอนของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้อธิบายในรายงานนี้ รวมทั้งไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการทำวิทยานิพนธ์และเพื่อการประยุกต์สู่งานวิจัยอื่นๆได้อีกต่อไป

คำหลัก

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	(Finite Element Method)
การคำนวณการไหล-ความร้อน-ของแข็ง	(Flow-Thermal-Structural Computations)
รูปร่างซับซ้อน	(Complex Geometry)

Abstract

This report summarizes the results from the research project entitled "Research and Development of Finite Element Method for Mechanical Engineering Design". The report begins with the study of the Navier-Stokes partial differential equations for fluid flows which are classified into two types namely, the incompressible and compressible flow. In each flow case, the finite element method is applied to derive the corresponding finite element equations. The derived finite element equations are then used in the development of the two computer programs. These programs have been verified by solving academic-type problems before using to solve more complex problems. To improve the solution accuracy, the adaptive meshing technique has been applied to these flow problems, especially the high-speed compressible flows that normally include shock waves. The technique generates small elements in the regions of large change in solution gradients, such as in the region of shock waves, to increase the solution accuracy. At the same time, larger elements are generated in the other regions to reduce the computational time and the computer memory. Examples presented show that the technique can provide improved flow solution accuracy for general flow behavior that is not known a priori. The finite element methods for thermal and structural problems are also presented. The corresponding finite element equations are derived and two computer programs are developed. The adaptive meshing technique has also been applied to further improve the thermal and structural solution accuracy. Results obtained from the fluid-thermal-structural analysis have demonstrated the efficiency of the finite element method and the adaptive meshing technique that can help analysts to understand the behavior that occur in these problems. Such understanding will lead to further improvement in the design. Outcome of this research project have been summarized as technical papers that are presented at conferences and published in journals. The details of the finite element method presented herein and the computer program developed, in addition, can be used as basis for generating new theses as well as applying to other research works.