หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ในการออกแบบด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติกทั่ว ๆ ไป เมื่อผู้ออกแบบทราบรูปทรงเรขาคณิตของโครงสร้างแล้ว จะใช้การคาดคะเนเลือกชนิด ขนาดชิ้นส่วน และคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Working Loads) ที่กระทำต่อโครงสร้างเพื่อวิเคราะห์และออกแบบหาค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก (Load Factor)

ถ้าค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบต้องการ ผู้ออกแบบจะต้องเลือกขนาดชิ้นส่วนใหม่ วิเคราะห์และออกแบบจนกว่าจะได้ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกตามที่ผู้ออกแบบต้องการ ในระบบลองเลือกขนาดชิ้นส่วนและดำเนินการซ้ำเช่นนี้จะเสียเวลามากในการออกแบบโครงสร้างที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก เพื่อที่จะให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมและปลอดภัย

งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการประยุกต์ในการเลือกขนาดชิ้นส่วนจากตารางเหล็กหน้าตัดปีกกว้างมาตรฐานที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น 81 หน้าตัด โดยอาศัยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก การคำนวณออกแบบจะสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงตัวประกอบความยาวประสิทธิผล (Effective Length Factor) ของชิ้นส่วน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสติฟเนสของโครงสร้าง ผู้ออกแบบสามารถกำหนดชุดของหน้าตัด ตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกของจุดหมุนพลาสติกจุดแรก และจุดสุดท้ายที่เกิดการวิบัติได้ตามต้องการ นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก ถ้าผู้ออกแบบต้องการกำหนดขนาดของชิ้นส่วนในโครงเหล็กข้อแข็งได้

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

การวิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุกประลัยของโครงข้อแข็ง และคานต่อเนื่องโดยอาศัยทฤษฎีบทขอบเขตบน (Upper Bound Theorem) และ ทฤษฎีบทขอบเขตล่าง (Lower Bound Theorem) จะให้ค่าน้ำหนักบรรทุกประลัย และ ตำแหน่งของจุดหมุนพลาสติกที่โครงสร้างเกิดการวิบัติเท่านั้น

ในปี ค.ศ. 1963 Wang (5) ได้เสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาตำแหน่งและลำดับขั้นตอนการเกิดจุดหมุนพลาสติกจนกระทั่งโครงสร้างเกิดการวิบัติ ซึ่งอาศัยหลักการวิเคราะห์แบบอิลาสติกด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่งเพื่อหาค่าสะสมของตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกระยะโก่ง และโมเมนต์ขณะที่เกิดจุดหมุนพลาสติกแต่ละจุด สำหรับหลักการของ Wang (5) คำนึงเฉพาะผลของแรงดัดเพียงอย่างเดียว

ในปี ค.ศ. 1965 Harrison (6) ได้ปรับปรุงหลักการของ Wang (5) เกี่ยวกับเงื่อนไขในการตรวจสอบการวิบัติของโครงสร้าง การหาค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกและการเลือกเปลี่ยนขนาดชิ้นส่วนของโครงเหล็กข้อแข็ง เพื่อให้ได้ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกตามต้องการ แต่หลักการส่วนใหญ่ยังคงดำเนินตามที่ Wang (5) เสนอไว้

ในปี ค.ศ. 1968 Korn และ Galambos (7) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก โดยใช้การวิเคราะห์อันดับที่สอง กล่าวคือสมการของการสมดุลย์จะกำหนดจากรูปร่างของโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป (Deformed Structural Configuration) ดังนั้นผลของกำลัง (Strength) และความเสถียร (Stability) จึงรวมเข้าไปในการวิเคราะห์โดยอัตโนมัติ

ในปี ค.ศ. 1983 Kassimali (9) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก โดยใช้การวิเคราะห์ที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างมีค่ามาก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของออยเลอร์และวิธีทำซ้ำของนิวตัน - ราฟสัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับ Korn และ Galambos (7)

ในปี ค.ศ. 1990 ศิริวุฒิ (22) ได้ประยุกต์หลักการของ Wang (5) และ Harrison (6) ในการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก โดยคำนึง

ถึงผลของแรงในแนวแกนกับแรงดัดในแง่ของกำลังและความเสถียร ซึ่งใช้ค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนจากรูปแบบสภาพการยึดรั้งที่ปลายเสาของ CRC (Column Research Council) และเมื่อชิ้นส่วนเกิดจุดหมุนพลาสติก ค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนเปลี่ยนเป็น 2.0

ในปี ค.ศ. 1991 ประมวล (23) ได้ใช้หลักการเช่นเดียวกับของ ศิริวุฒิ (22) ในการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก สำหรับน้ำหนักบรรทุกภายนอกกระทำทั้งเป็นแบบจุดและแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอกระทำระหว่างชิ้นส่วน แต่ถ้าเกิดจุดหมุนพลาสติกภายในชิ้นส่วนขึ้น การวิเคราะห์รอบต่อไปชิ้นส่วนของโครงสร้างจะเพิ่มขึ้น

เนื่องจากหลักการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ของศิริวุฒิ (22) ต้องป้อนข้อมูลค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของแต่ละชิ้นส่วน จากรูปแบบสภาพการยึดรั้งปลายเสาของ CRC และวิเคราะห์ได้เฉพาะน้ำหนักบรรทุกภายนอกกระทำเป็นแบบจุดที่ Node เท่านั้น แต่ถ้าน้ำหนักบรรทุกภายนอกกระทำหลายจุดระหว่างชิ้นส่วน ชิ้นส่วนนี้จะถูกแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนย่อย และความยาวของแต่ละชิ้นส่วนย่อยเท่ากับระยะห่างของน้ำหนักบรรทุกกระทำ ทำให้ค่าความยาวที่ปราศจากค้ำยัน (Unbraced Length) ไม่ถูกต้อง ส่วนการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติกของประมวล (23) สำหรับน้ำหนักบรรทุกภายนอกกระทำทั้งแบบจุดและแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอระหว่างชิ้นส่วน ค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนจากหลักการของประมวล (23) ถูกกำหนดไว้ เท่ากับ 1.0 โดยไม่คำนึงถึงชิ้นส่วนในโครงสร้างไม่มีการเซ หรือมีการเซ นอกจากนี้เมื่อเกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้นภายในชิ้นส่วน ชิ้นส่วนนี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ทำให้ค่าความยาวที่ปราศจากการค้ำยันของทั้งสองชิ้นส่วนย่อยไม่ถูกต้องเหมือนของศิริวุฒิ (22) ดังที่ได้กล่าวข้างต้น หลักการของศิริวุฒิ (22) และประมวล (23) ความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนเป็นค่าที่ไม่ถูกต้องนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เสนอดังต่อไปนี้

ก) การหาค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วน จากสมการลักษณะเฉพาะ (Characteristic Equations) ของ Alignment Charts สำหรับโครงข้อแข็งที่ไม่มีการเซและที่มีการเซโดยคำนวณในเครื่องคอมพิวเตอร์

ข) สติฟเนสของชิ้นส่วนในระบบพิกัดเฉพาะที่ สำหรับชิ้นส่วนที่เกิดจุดหมุนพลาสติก

ภายในเพื่อให้ชิ้นส่วนในโครงเหล็กข้อแข็งยังคงจำนวนเท่าเดิม ซึ่งทำให้ค่าความยาวที่ปราศจากค้ำยันถูกต้อง และขนาดสติฟเนสเมตริกซ์ของโครงสร้างไม่เพิ่มขึ้น

ค) การวิเคราะห์และคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก เพื่อให้หน่วยแรงลัพธ์ในแต่ละชิ้นส่วนน้อยกว่าหน่วยแรงคลาก และระยะโก่งตัวตามข้อกำหนด AISC ที่น้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Working Loads) และน้ำหนักบรรทุกประลัย (Ultimate Load) ของโครงสร้างได้ตามต้องการ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ก) ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ และ การคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก

ข) ศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงเหล็กข้อแข็ง จากผลกระทบของความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วน

ค) ออกแบบขนาดของชิ้นส่วนเพื่อให้โครงสร้าง และชิ้นส่วนในโครงสร้างมีความเป็นอิลาสติกที่น้ำหนักบรรทุกใช้งาน(Working Loads) และสามารถรับน้ำหนักบรรทุกประลัย (Ultimate Load) ได้ตามต้องการ

ง) จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ และ การคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก

จ) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบที่ได้กับงานวิจัยที่ผ่านมา

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ก) เป็นการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งระนาบ โดยการวิเคราะห์โครงสร้างอันดับหนึ่ง

ข) คำนึงถึงตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนที่แปรเปลี่ยนตามสติฟเนสของชิ้นส่วนในโครงสร้าง

ค) คำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักและพิกัดของการโก่งตัว

ง) คำนึงถึงผลของแรงในแนวแกน และ การสูญเสียความเสถียรในระนาบของการดัด

จ) ไม่คำนึงถึงการบิดด้านข้างในชิ้นส่วนของโครงเหล็กข้อแข็ง

ฉ) เป็นการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน เพื่อให้ได้ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกมากกว่า หรือเท่ากับตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่ผู้ออกแบบต้องการ

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

ก) ศึกษาสมมติฐาน วิธีการ และข้อจำกัดในการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก ในงานวิจัยที่ผ่านมา

ข) ศึกษาค่าตัวประกอบความยาวประสิทธิผลของชิ้นส่วนรับแรงอัดในโครงข้อแข็ง

ค) จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบโครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก - พลาสติก

ง) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบที่ได้กับงานวิจัยที่ผ่านมา

จ) สรุปผลการวิเคราะห์และการคำนวณออกแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้