หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบโครงสร้าง วิศวกรผู้ออกแบบมีความต้องการให้การออกแบบของตนนั้นเป็นไปอย่างมีระบบแน่นอนและเป็นการออกแบบที่ดีที่สุด (Best solution) แทนที่จะเป็นการออกแบบโดยวิธีลองผิดลองถูก (Trial and error) ดังนั้นจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาการออกแบบที่ดีที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปตั้งอยู่บนบรรทัดฐานของความปลอดภัย ประหยัด และอายุการใช้งานของโครงสร้างเป็นสำคัญ ถ้าจะพูดถึงการออกแบบที่ดีที่สุดหรือการหาคำตอบที่ดีที่สุดแล้วจะเห็นว่ามีขอบเขตกว้างมาก ตั้งแต่พื้นที่หรือหน้าที่ใช้สอย (Functional requirement) รูปแบบของโครงสร้าง ชนิดของโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ และอื่น ๆ ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยนี้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการหาคำตอบที่ดีที่สุดของการออกแบบโครงสร้างจะตั้งอยู่บนบรรทัดฐานของการใช้วัสดุก่อสร้างอย่างประหยัด โครงสร้างจะประหยัดได้ก็ต่อเมื่อน้ำหนักรวมหรือปริมาตรรวมของวัสดุนั้นน้อยที่สุด แต่ในทางปฏิบัตินั้นการออกแบบน้ำหนักน้อยที่สุดนั้นอาจไม่เป็นการประหยัดจริงก็ได้ เนื่องจากไม่สามารถหาชิ้นส่วนตามขนาดมาประกอบได้ หรือการประกอบติดตั้งเป็นไปได้โดยลำบากหรือไม่ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของสถาบันต่าง ๆ ทำให้ราคารวมภายหลังมากขึ้นได้

เมื่อพิจารณาถึงการออกแบบขนาดชิ้นส่วน และการประกอบติดตั้งโครงสร้างให้เกิดความประหยัดจริงทางปฏิบัติแล้ว การใช้ชิ้นส่วนซึ่งสามารถหาได้ในท้องตลาดและซ้ำกันเป็นชุด ๆ เพื่อประโยชน์ในการติดตั้งง่ายและสะดวกในการทำงานนั้น เป็นผลดีอย่างมากในการออกแบบโครงถักเหล็กในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงเสนอการประยุกต์วิธีในการเลือกขนาดชิ้นส่วนอย่างเหมาะที่สุด (Optimization) จากตารางเหล็กมาตรฐาน การออกแบบจะเป็นแบบอัตโนมัติรวดเร็วกว่าการออกแบบธรรมดาที่อาศัยการลองพื้นที่หน้าตัดและวิเคราะห์โครงสร้าง

ซ้ำ (Reanalysis) ผู้ออกแบบสามารถกำหนดจำนวนชุดของหน้าตัดได้ตามต้องการ

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

Moses (1) เสนอเทคนิคการแก้ปัญหาการออกแบบน้ำหนักน้อยที่สุดแบบไร้เชิงเส้น (Nonlinear minimum weight design) โดยใช้การแก้ปัญหาแบบเรียงกำหนดการเชิงเส้น (Sequence of linear programming) สมการไร้เชิงเส้นจะเป็นสมการเชิงเส้นโดยคงไว้ซึ่งสองพจน์แรกของอนุกรมเทเลอร์ แล้วจึงใช้ขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex algorithm) แก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น ถ้าคำตอบที่ได้อยู่ภายนอกขอบเขตที่เป็นไปได้ (Feasible region) โครงสร้างทั้งหมดจะถูกเพิ่มขนาดให้อยู่ในช่วงที่เป็นไปได้ การทำงานจะกระทำซ้ำแบบนี้เรื่อย ๆ จนได้จุดอย่างเหมาะสม

Brown และ Ang (2) ได้ศึกษาการทำให้เหมาะที่สุดโดยทำฟังก์ชั่นเป้าหมายเป็นเชิงเส้น โดยมีเงื่อนไขบังคับไร้เชิงเส้น ใช้วิธีการฉายเกรเดียนต์ (Gradient projection) แก้ปัญหาและยกตัวอย่างโครงข้อแข็งเงื่อนไขบังคับหน่วยแรง

Romstad และ Wang (3) ใช้วิธีเดียวกับ Moses ไปใช้กับโครงข้อแข็ง และโครงถักโดยรับน้ำหนักกระทำหลาย ๆ ชุด ภายใต้เงื่อนไขบังคับหน่วยแรงและการเปลี่ยนตำแหน่ง (Stress and displacement constraints)

Lapay และ Goble (4) ได้ศึกษาโครงถักรับน้ำหนักจนถึงกำลังประลัย (Ultimate load) วิเคราะห์โครงสร้างแบบพลาสติค (Plastic analysis) ซึ่งใช้เฉพาะการสมดุลย์เท่านั้น หน่วยแรงและการโก่งเดาะเป็นเงื่อนไขบังคับที่ใช้

Rosenbleth (5) ได้เสนอแนะว่าการทำสิ่งก่อสร้างให้เหมาะที่สุดควรที่จะตั้งอยู่บนบรรทัดฐานของความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือทางโครงสร้าง (Structural reliability) จากแง่ของทั้งผู้ออกแบบและผู้อยู่อาศัย ซึ่งมาตรฐานต่าง ๆ ได้คำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ไว้แล้วจึงควรใช้มาตรฐานเหล่านี้ในการทำสิ่งก่อสร้างให้เหมาะที่สุด

Templeman (6) ได้ให้แนวคิดที่ดีเกี่ยวกับการทำให้เหมาะที่สุด โดยเขียนไว้ว่าจุดยืนของการศึกษาการออกแบบโครงสร้างให้เหมาะที่สุดคือสามารถทำให้นำไปใช้งานได้ในทางปฏิบัติ โดยมีราคาและกำไรที่จะได้เป็นจุดพิจารณา

Casis และ Sepulveda (7) ได้ศึกษาการออกแบบโครงถักอย่างเหมาะที่สุดโดยใช้เงื่อนไขบังคับหน่วยแรงและการเปลี่ยนตำแหน่ง ที่สำคัญที่สุดคือในส่วนของหน่วยแรงอัดได้ถูกควบคุมไว้ด้วยการโก่งเดาะ ตัวแปรที่ใช้คือหน้าตัดสำหรับหน่วยแรงดึง และรัศมีไจเรชั่นสำหรับหน่วยแรงอัด สมการเงื่อนไขบังคับสร้างโดยใช้อันดับหนึ่งของอนุกรมเทเลอร์ และแก้ปัญหากำหนดการไร้เชิงเส้น โดยวิธีเดียวกับ Brown และ Ang (2) คือใช้วิธีการฉายเกรเดียนต์

Frangopol (8) ให้แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการทำโครงสร้างให้เหมาะที่สุดว่าควรตั้งอยู่บนบรรทัดฐานของความน่าเชื่อถือทางโครงสร้าง

งานวิจัยที่กล่าวมานี้มีประโยชน์อย่างมากต่อนักวิจัยรุ่นหลัง ๆ แต่งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่แล้วออกมาในแนวทฤษฎีมากกว่าในแนวปฏิบัติ ไม่สามารถนำไปใช้กับงานจริงได้ ดังนั้นนักวิจัยรุ่นหลัง ๆ จึงควรนำแนวทางทางทฤษฎีมาปรับปรุงเพิ่มเติมแล้วทำวิจัยต่อไปเพื่อใช้ในทางปฏิบัติจริงได้ ดังที่ Templeman (6) เขียนไว้ในงานวิจัยของท่านว่า นักวิจัยควรแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งควรทำงานวิจัยทางทฤษฎีให้ก้าวหน้าต่อไป อีกส่วนหนึ่งควรมองย้อนกลับแล้วทำงานวิจัย โดยการปรับปรุงงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วให้สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้

แนวทางของงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางงานวิจัยของ Romstad และ Wang (3) ซึ่งได้วิจัยการออกแบบโครงถักอย่างเหมาะที่สุด และแก้ปัญหาเชิงเส้นโดยใช้ขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ เนื่องจากงานวิจัยของ Romstad และ Wang (3) ไม่ได้คำนึงถึงหน่วยแรงโก่งเดาะเลย งานวิจัยนี้จึงควบคุมหน่วยแรงโก่งเดาะด้วย โดยใช้มาตรฐาน AISC 1984 (9) ส่วนที่พัฒนาเพิ่มเติมคือผลเฉลยพื้นที่หน้าตัดของโครงถักนำมาจากตารางเหล็กสามารถนำไปทำงานจริงได้ และผู้ออกแบบยังสามารถกำหนดจำนวนชุดของชิ้นส่วนเพื่อสะดวกต่อการติดตั้งได้อีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ก. ศึกษากำหนดการเชิงเส้น เพื่อนำมาประยุกต์กับการออกแบบโครงถักระนาบ

ข. ศึกษาวิธีการสร้างฟังก์ชันเป้าหมาย และอสมการเงื่อนไขบังคับเพื่อให้ได้ปริมาตรรวมของโครงถักระนาบน้อยที่สุด และได้ตามข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ

ค. สร้างโปรแกรมสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในวิเคราะห์และออกแบบขนาดของชิ้นส่วนของโครงถักระนาบอย่างเหมาะที่สุด

1.4 สมมุติฐานในการวิเคราะห์

ก. วัสดุที่ประกอบเป็นโครงถักระนาบเป็นเหล็กซึ่งมีเนื้อและพื้นที่หน้าตัดเดียวกันตลอดความยาวและมีพฤติกรรมภายใต้การรับน้ำหนักอยู่ในพิกัดยืดหยุ่น (Elastic limit)

ข. การถ่ายแรงของแต่ละชิ้นส่วนอยู่ในแนวแกนของแต่ละชิ้นส่วนนั้น นั่นคือการสมมุติให้แต่ละจุดต่อ (Joint) มีลักษณะเป็นแบบข้อต่อหมุน (Hinge)

ค. น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างให้ถือว่ากระทำที่จุดเท่านั้น

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นการนำกำหนดการเชิงเส้นมาประยุกต์ในการออกแบบโครงถักระนาบอย่างเหมาะที่สุด ที่รับน้ำหนักเฉพาะที่จุดต่อซึ่งเป็นลักษณะทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงถักระนาบ อสมการเงื่อนไขบังคับได้มาจากอันดับแรกของอนุกรมเทเลอร์ ส่วนฟังก์ชั่นเป้าหมายนั้นใช้ปริมาตรรวมของโครงถักระนาบที่ต้องการทำให้น้อยที่สุด ในส่วนอสมการเงื่อนไขบังคับหน่วยแรงอัดได้นำเสถียรภาพเกี่ยวกับการโก่งเดาะมาใช้เพื่อให้การคำนวณออกแบบสมบูรณ์ขึ้นและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

ได้ใช้หลักการเชิงเลขและเมตริกซ์ช่วยเพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์ โดยได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นใช้ตามวัตถุประสงค์เบื้องต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

ก. สามารถออกแบบโครงถักระนาบได้อย่างประหยัดและมีความแข็งแรงตามมาตรฐานการออกแบบของ AISC (1984)

ข. นำหลักการไปพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างอย่างเหมาะที่สุดต่อไปในอนาคต เช่น การคำนวณออกแบบโครงถักสามมิติอย่างเหมาะที่สุด