บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติกเป็นการหาค่าของ การตอบสนองของโครงสร้าง เช่น แรงภายในและการเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นส่วนที่จุดต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขของน้ำหนักบรรทุกที่สอดคล้องกับการใช้หน่วยแรงของชิ้นส่วนในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงนำไปใช้กับการออกแบบด้วยวิธีของการใช้หน่วยแรงที่ยอมให้ จะพบว่าที่สภาวะของน้ำหนักบรรทุกใช้งานจริง พฤติกรรมของโครงสร้างยังอยู่ช่วงอิลาสติก แต่เราไม่สามารถจะศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างที่สภาวะของน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในสภาพโครงสร้างวิบัติได้ซึ่งกรณีเช่นนี้ การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีพลาสติก สามารถที่จะอธิบายพฤติกรรมของโครงสร้างได้ชัดเจน แต่อย่างไรก็ดีวิธีนี้จะให้ค่าของการโก่งตัวของโครงสร้างมากเกินไปขณะที่รับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน จนทำให้โครงสร้างไม่อยู่ในสภาพเหมาะสมในการใช้งาน

ฉะนั้นการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก จึงได้นำมาใช้เพราะเป็นการศึกษาพฤติกรรมและวิเคราะห์โครงสร้างตั้งแต่น้ำหนักบรรทุกใช้งาน และเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งบางส่วนเกิดจุดหมุนพลาสติก หรือเกิดการคลากในขณะที่โครงสร้างยังมีเสถียรภาพอยู่ เพราะนอกจากส่วนที่พิจารณาเป็นส่วนเกิดจุดหมุนพลาสติกแล้ว ถือว่าส่วนอื่น ๆ ของโครงสร้างยังอยู่ในช่วงอิลาสติก ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะศึกษาพฤติกรรมการโก่งตัวและแรงภายในชิ้นส่วนของโครงสร้างพร้อม ๆ กันไปด้วย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นอีกก็จะได้จุดหมุนพลาสติกเพิ่มขึ้น ซึ่งเราก็สามารถที่จะศึกษาพฤติกรรมการโก่งตัวและแรงภายในที่น้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นนี้ด้วยเช่นกัน หลังจากนั้นเราก็เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นไปเรื่อย ๆ จนเกิดจุดหมุนพลาสติกจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดโครงสร้างไม่เสถียรภาพขึ้น จะพบว่าวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักการอิลาสติก-พลาสติก จะทำให้เราสามารถศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างได้เป็นอย่างดี

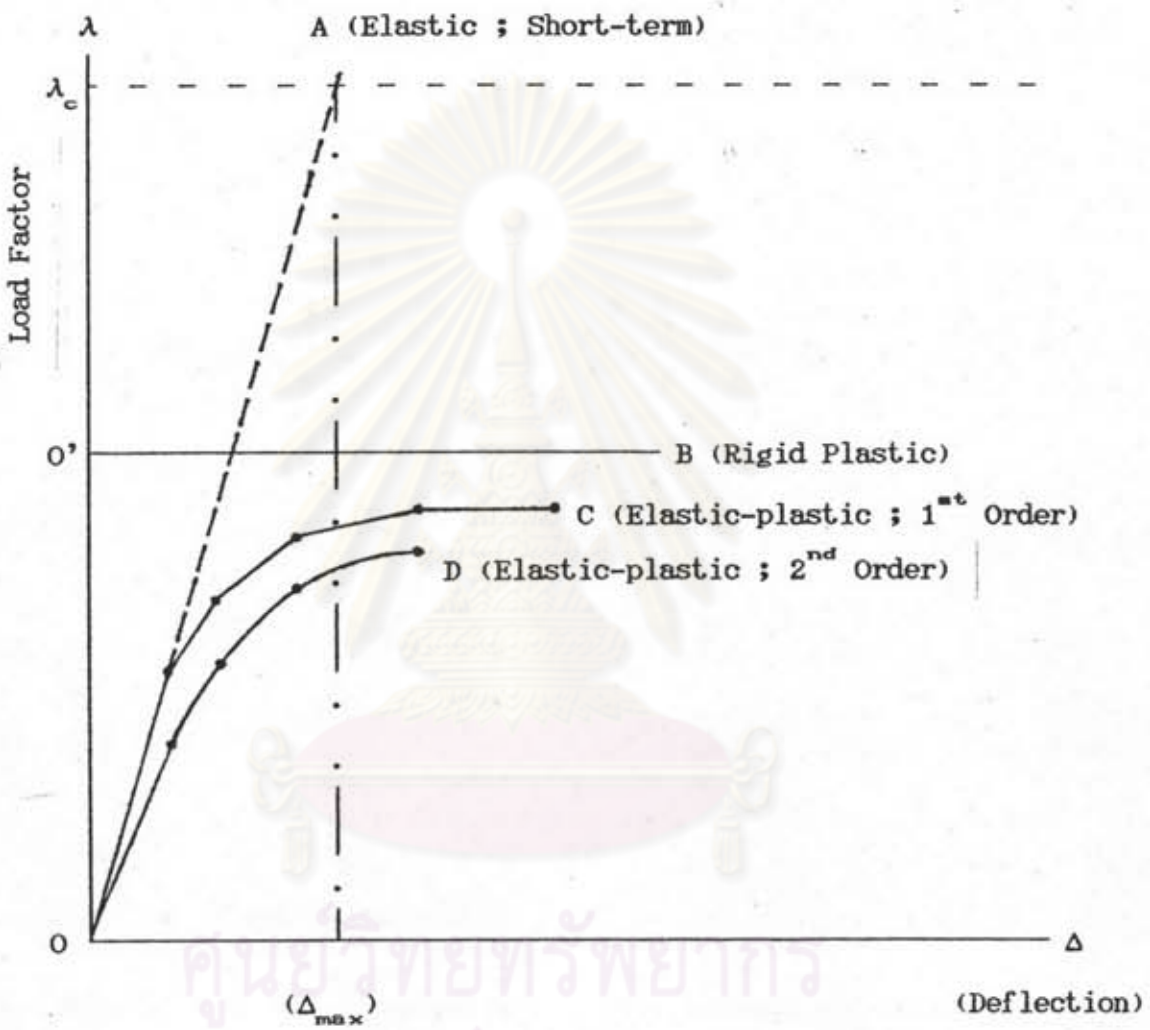
ตั้งแต่น้ำหนักบรรทุกการใช้งานในช่วงอิลาสติก ในช่วงอิลาสติก-พลาสติก และยังรวมไปถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่สภาวะโครงสร้างเกิดการวิบัติ

ในการวิเคราะห์โครงสร้างตามที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปความสัมพันธ์ของสมมุติฐานแบบจำลองพฤติกรรมของโครงสร้างได้กราฟรูปที่ 1.1 จะพบว่าเส้นกราฟ O-A คือแบบจำลองที่แสดงพฤติกรรมของโครงสร้างเป็นแบบอิลาสติกสมบูรณ์ หรือความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียดของวัสดุเป็นแบบเส้นตรงตลอดและไม่มีจุดใดเลยในโครงสร้างเกิดเป็นจุดหมุนพลาสติกชิ้นส่วนเส้นกราฟ O-O'-B เป็นแบบจำลองที่เรียกว่า RIGID PLASTIC คือ พฤติกรรมในช่วงที่เกิดจุดหมุนพลาสติกมาก และมีการเสียรูปมากแบบไม่จำกัดขณะที่พิจารณาทั้งสภาพที่เป็นแบบอิลาสติก-พลาสติกไปพร้อม ๆ กันจนกว่าโครงสร้างจะวิบัตินั้นได้แสดงไว้ตามเส้นกราฟ O-C จะเป็นการวิเคราะห์อันดับแรกและเส้นกราฟ O-D ก็จะเป็นการวิเคราะห์อันดับที่สองตามลำดับ

การตอบสนองของพฤติกรรมต่าง ๆ ของโครงสร้างแบบอิลาสติก-พลาสติก ของงานวิจัยนี้จะใช้กับการวิเคราะห์อันดับแรก โดยพิจารณาผลของความเกี่ยวพันของแรงในแกนและการเปลี่ยนตำแหน่งที่มีผลต่อแรงดัด จะพบว่าค่าที่ได้จะมีค่าสูงกว่าการวิเคราะห์อันดับที่สองทั่ว ๆ ไปประมาณ 3-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับ ในแง่ของความปลอดภัยได้

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

ในปี ค.ศ.1963 Wang (2) ได้เสนอหลักการพื้นฐานพฤติกรรมของโครงเหล็กข้อแข็งในระนาบ (In - Plane) ด้วยวิธีของอิลาสติก-พลาสติกโดยใช้วิธีของการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacement Method) ในการวิเคราะห์หาค่าของแรงภายใน (Internal Force) หาค่าของการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacements) จากการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกสะสม (Cumulative Load) ที่เป็นสัดส่วนกันแล้วศึกษาค่าของแรงภายในการเปลี่ยนตำแหน่งทุกครั้งที่โครงเหล็กข้อแข็งเกิดจุดหมุนพลาสติก (Plastic Hinge) หลักการนี้จะพิจารณาเฉพาะน้ำหนักบรรทุกที่กระทำเป็นจุดที่จุดต่อของชิ้นส่วนเท่านั้นและเป็นการวิเคราะห์อันดับแรก แต่ไม่คำนึงถึงผลกระทบของแรงในแนวแกนร่วมกับการเปลี่ยนตำแหน่งอันมีผลต่อค่าของแรงภายในต่าง ๆ รวมทั้งความไม่เสถียรภาพของโครงเหล็กข้อแข็งด้วย



รูปที่ 1.1 กราฟสมมติฐานแบบจำลองพฤติกรรมของโครงสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปีเดียวกันนี้ Hauck (3) และ เพื่อน ๆ ได้เสนอหลักการอิลาสติก-พลาสติก ศึกษาพฤติกรรมของเสาสั้น โดยนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้แล้วนำเสนอออกมาในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวแกนและแรงดัดที่กระทำต่อเสาสั้น สรุปในตอนท้ายของบทความนี้ได้พูดว่าหลักการนี้ควรจะได้นำไปใช้กับการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งต่อไป

ส่วนงานวิจัยต่อ ๆ มาภายหลังก็ใช้หลักการของ Wang (2) เป็นหลัก เพียงแต่ไปปรับปรุงและเพิ่มเติมหลักการบางอย่างเช่น ปี ค.ศ.1968 Korn และ Galambos (4) ได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการความลาดและความแอ่น (Slope-Deflection Method) เพื่อศึกษาดูการเสียรูปจริงของโครงเหล็กข้อแข็ง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อันดับที่สอง ปี ค.ศ.1982 Kassimali (5) ได้พิจารณาหลักการอิลาสติก-พลาสติก โดยได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นส่วนด้วย (Large Deformation) ซึ่งในตอนท้ายของบทความได้กล่าวว่า ขณะที่เราเพิ่มแรงกระทำไปจนถึงจุดวิบัติของโครงสร้าง แม้ว่าขณะนี้แรงในแนวแกนจะมีค่ามาก สำหรับการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งรูปสี่เหลี่ยมแล้วให้ค่าใกล้เคียงกับสมมุติฐานแบบไม่คิดการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นส่วน (Small Deformation)

ในปี ค.ศ.1987 Scholz (6) ได้ศึกษาและนำเอาผลของแรงในแนวแกนที่มีต่อแรงดัดมาใช้ตรวจสอบหาค่าของตัวประกอบแรงภายนอกที่ทำให้เกิดจุดหมุนพลาสติก โดยใช้ตัวคูณประกอบขยายเพิ่มค่าของแรงดัดเดิมและค่าของตัวคูณประกอบขยายนี้สามารถหาได้โดยตรงจากสูตรที่ขึ้นอยู่กับค่าของแรงในแนวแกน ค่าของแรงเฉือน ค่าการโก่งตัว และ ความสูงระหว่างชั้นของชิ้นส่วนที่รับแรงอัดนั้น ๆ

ส่วนปี ค.ศ.1989 Gharpuray (7) และ เพื่อน ๆ ได้สร้างสมมุติฐานอย่างง่ายเพื่อลดความยุ่งยากเมื่อใช้กับการวิเคราะห์อันดับที่สอง แต่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับของ Korn และ Galambos (4) ตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว

1.3 งานวิจัยที่กำลังจะศึกษาต่อไป

งานวิจัยที่จะศึกษาต่อไปนี้เป็นการนำหลักการของอิลาสติก-พลาสติก ไปศึกษาพฤติกรรมของโครงเหล็กข้อแข็งตั้งแต่น้ำหนักบรรทุกใช้งานไปจนถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุด โดยพิจารณาถึงความ

สัมพันธ์ระหว่างแรงดัด ผลของแรงในแนวแกนและการโก่งตัวที่มีผลกระทบต่อค่าของแรงดัดของชิ้นส่วน คือส่วนที่พิจารณาเพิ่มรวมเข้ากับการวิเคราะห์อันดับแรก และถือว่าความยาวของชิ้นส่วนคงที่ตลอดซึ่งอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากแรงกระทำในแนวราบ หรือแรงกระทำในแนวดิ่ง ทั้งที่เป็นแรงกระทำแบบเป็นจุด แรงกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ หรือจะเป็นแรงกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือแรงที่กระทำพร้อมกัน โดยใช้หลักการแปลงแรงภายนอกจริงของชิ้นส่วนเป็นแรงภายนอกเทียบเท่ากระทำที่จุดข้อต่อ (ระบบของแรงยึดแน่นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.) แรงภายนอกลักษณะเช่นนี้จะมีผลทำให้เกิดแรงดัดสูงสุดที่จุดใดจุดหนึ่งระหว่างจุดข้อต่อได้ อันเป็นการพิจารณาเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่ผ่านมาของ ศิริวุฒิ (23) ที่ใช้เฉพาะแรงภายนอกแบบเป็นจุดและกระทำที่จุดข้อต่อเท่านั้น

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งในระนาบโดยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่ใช้กับการวิเคราะห์อันดับแรก

1.4.2 กำหนดสมมุติฐานอย่างง่าย เพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงเหล็กข้อแข็ง และระบบของแรงที่ถูกกระทำโดยแรงภายนอกแบบเป็นจุดและแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ ณ สภาวะการใช้งานไปจนถึงสภาวะการวิบัติของโครงสร้าง

1.4.3 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์หาค่าแรงภายในของโครงเหล็กข้อแข็ง

1.4.4 ศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้กับงานวิจัยที่ผ่านมา

1.4.5 เสนอแนะหลักการของ อิลาสติก-พลาสติก สำหรับใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 กำหนดสมมุติฐานและรวบรวมทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็งด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่มีแรงภายนอกกระทำทั้งแบบเป็นจุดและแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ

1.5.2 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้กับวิธีการอิลาสติก-พลาสติก เพื่อหาค่าตัวประกอบแรงภายนอก ซึ่งจะเป็นตัวชี้บอกถึงความปลอดภัยของโครงสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับแรง

ภายนอกที่ใช้งานจริง แล้ววิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ทุกขั้นตอนที่เกิดจุดหมุนพลาสติก

1.5.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ กับงานวิจัยที่ผ่านมา และนำผลลัพธ์ไปประเมินเปรียบเทียบกับผลของหลักการอื่น ๆ เช่นเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์อันดับหนึ่งที่พิจารณาเฉพาะผลของแรงดัดหรือวิธีการวิเคราะห์อันดับสอง

1.5.4 รวบรวมผลลัพธ์และสรุปผลงานเพื่อการใช้งานต่อไป

1.6 ขอบข่ายของงานวิจัย

1.6.1 ใช้วิเคราะห์โครงเหล็กข้อแข็ง และมีชิ้นส่วนอยู่ในระนาบเดียวกัน และเป็นโครงเหล็กข้อแข็งที่เป็นแบบไม่มีค้ำยัน

1.6.2 เป็นการวิเคราะห์อันดับแรก โดยพิจารณาผลของแรงในแนวแกน และ การเปลี่ยนตำแหน่งที่มีผลต่อแรงดัดทุก ๆ จุดในชิ้นส่วน

1.6.3 แรงกระทำภายนอกเป็นแรงสถิตย์ ทั้งที่เป็นแรงแบบเป็นจุด และแรงแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ กระทำพร้อมกันหรือกระทำแบบใดแบบหนึ่ง จะกระทำที่จุดข้อต่อหรือไม่ก็ได้ การเพิ่มแรงเพื่อหาค่าตัวประกอบแรงภายนอก กระทำได้โดย พิจารณาเพิ่มแรงขึ้นอย่างสม่ำเสมอแบบเป็นสัดส่วน จนถึงค่าของแรงที่ทำให้โครงสร้างวิบัติ

1.6.4 ต้องเป็นโครงเหล็กข้อแข็งที่มีการป้องกันด้านข้างอย่างดีพอ ที่จะไม่ก่อให้เกิดการโค้งงอและการบิดด้านข้างได้ รวมไปถึงการป้องกันการโค้งงอเฉพาะที่ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย