สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ในบทนี้จะเสนอผลการวิเคราะห์ที่ได้จากหลักการที่กล่าวมาในบทที่แล้ว โดยที่ผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 จะเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่ใช้การวิเคราะห์อันดับที่สองจากการเสนอของ Korn และ Galambos (4) และผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่ใช้การวิเคราะห์อันดับแรกจากการเสนอของ Wang(2) ส่วนตัวอย่างที่ 3 จะเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างที่ได้จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะที่สุดโดยวิธีพลาสติก ซึ่งเสนอโดยวิโรจน์(7)

3.1 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ตัวอย่างที่ 1 เป็นการวิเคราะห์โครงสร้าง 4 ชั้น 1 ช่วง มีลักษณะของโครงสร้างและแรงกระทำดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในโครงสร้างที่ใช้รับแรงกระทำไม่ได้มีพื้นฐานมาจากการออกแบบแต่อย่างใด แต่คุณสมบัติต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นของโครงสร้างนี้ก็เพื่อที่จะใช้แสดงให้เห็นถึง โครงสร้างที่เกิดการสูญเสียเสถียรภาพก่อนถึงเวลาอันควร (Premature Instability) สำหรับวัตถุประสงค์ของตัวอย่างนี้ก็เพื่อที่จะ

1. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากหลักการที่เสนอกับงานวิจัยที่ผ่านมา
2. ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างที่มีลำดับขั้นของความไม่เป็นเชิงเส้นสูง (High Degree of Nonlinearity) ที่น้ำหนักบรรทุกใช้งาน
3. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ซึ่งจะนำเสนอใน 3 ลักษณะคือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเปลี่ยนตำแหน่งตั้งแต่จุดหมุนพลาสติกจุดแรกจนถึงจุดสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกทุก ๆ จุด จนกระทั่งโครงสร้างเกิดการวิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยที่การนำเสนอทั้ง 3 ลักษณะนี้ จะเปรียบเทียบกับ ผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) และ Wang (2) จะเห็นว่าโครงสร้างในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีลำดับขั้นของความไม่เป็นเชิงเส้นสูง โดยทราบได้จากอัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดยอดของโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์อันดับที่สองเทียบกับการวิเคราะห์อันดับแรกที่มีค่าถึง 1.30 เกิดการสูญเสียเสถียรภาพหลังจากที่เกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้นเพียง 2 จุด ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) เกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 4 จุด และผลการวิเคราะห์ของ Wang (2) เกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 12 จุด ทั้งนี้เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ จุดหมุนพลาสติกมิได้หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสติฟเนสทางดัดเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสติฟเนสทางแนวแกนด้วย โดยที่ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก ณ ตำแหน่งที่เกิดจุดหมุนพลาสติกทั้ง 2 จุดนั้น ก็คำนวณมาจากเงื่อนไขในการเกิดจุดหมุนพลาสติก ในสมการที่ (2.16) ซึ่งเป็นเงื่อนไขเนื่องจากผลของความเสถียรหรือผลของ P-Δ ซึ่งก็สอดคล้องกับความจริงที่ว่า โครงสร้างในตัวอย่างที่ 1 นี้เป็นโครงสร้างที่มีลำดับขั้นของความไม่เป็นเชิงเส้นสูง หรือผลเนื่องจาก P-Δ มีอิทธิพลมาก สำหรับค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยครั้งนี้ มีค่าต่างจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) เท่ากับ -3.12 เปอร์เซนต์ และต่างจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของ Wang (2) เท่ากับ -39.86 เปอร์เซนต์ จะเห็นว่าสำหรับ โครงสร้างที่มีลำดับขั้นของความไม่เป็นเชิงเส้นสูงเนื่องจากขาดการควบคุมการโก่งตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานและการควบคุมทางด้านความเสถียรแล้ว การวิเคราะห์โครงสร้างดังกล่าวด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่ใช้การวิเคราะห์อันดับแรกจะไม่สามารถทำนาย กำลังประลัยของโครงสร้างได้อย่างสมเหตุสมผล

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> เป็นการวิเคราะห์โครงสร้าง 8 ชั้น 1 ช่วง มีลักษณะของโครงสร้างและแรงกระทำดังแสดงในรูปที่ 3.4 และคุณสมบัติของชิ้นส่วนดังแสดงในตาราง

ที่ 3.2 และ 3.3 ซึ่งออกแบบโดย Horne และ Majid สำหรับวัตถุประสงค์ของตัวอย่างนี้ก็เพื่อที่จะ

1. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากหลักการที่เสนอกับงานวิจัยที่ผ่านมา
2. ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างที่มีพฤติกรรมเชิงเส้นในตอนเริ่มแรก (Initially Linear Behavior)
3. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอใน 3 ลักษณะ เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 กล่าวคือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเปลี่ยนตำแหน่ง ตั้งแต่จุดหมุนพลาสติกจุดแรกจนถึงจุดสุดท้าย จะแสดงในรูปที่ 3.5 ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้าง จะแสดงในตารางที่ 3.4 และ ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกทุก ๆ จุดจนกระทั่งโครงสร้างเกิดการวิบัติ จะแสดงในรูปที่ 3.6 โดยจะเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) และ Wang(2) เช่นเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์ที่ได้โครงสร้างจะเกิดการวิบัติเมื่อเกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 7 จุด ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) เกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 17 จุด และผลการวิเคราะห์ของ Wang(2) เกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 20 จุด จะเห็นว่าจำนวนจุดหมุนพลาสติกที่เกิดขึ้นก่อนการวิบัติของโครงสร้างจากผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนจุดหมุนพลาสติกที่เกิดขึ้น ก่อนการวิบัติของโครงสร้างจากผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยอื่นเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวมาแล้วในตัวอย่างที่ 1 จุดหมุนพลาสติกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในชิ้นส่วนคาน เนื่องจากโครงสร้างได้รับการออกแบบในลักษณะที่เรียกว่า " Weak Beam Design " และค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก ณ ตำแหน่งที่เกิดจุดหมุนพลาสติกทุก ๆ จุด ก็คำนวณมาจากเงื่อนไขในการเกิดจุดหมุนพลาสติกในสมการที่ (2.14) หรือ (2.15) ซึ่งเป็นเงื่อนไขเนื่องจากผลของกำลัง หรือ ผลของ P-Δ มีน้อย ซึ่งก็สอดคล้องกับลักษณะของโครงสร้างที่มีพฤติกรรมเชิงเส้นในตอนเริ่มแรก สำหรับค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยครั้งนี้ มีค่าต่างจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) เท่ากับ -10.13 เปอร์เซนต์ และต่างจากค่าที่ได้จากผลการ

วิเคราะห์ของ Wang(2) เท่ากับ -23.10 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของ Wang(2) มีค่าต่างจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของ Korn และ Galambos (4) เท่ากับ + 16.87 เปอร์เซนต์ซึ่งในตัวอย่างที่ 1 ความแตกต่างดังกล่าว มีค่าถึง + 61.11 เปอร์เซนต์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในกรณีที่โครงสร้างมีพฤติกรรมเชิงเส้นในตอนเริ่มแรก หรือมีการควบคุมการโก่งตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน และ การควบคุมทางด้านความเสถียรแล้ว การวิเคราะห์โครงสร้างดังกล่าวด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก ที่ใช้การวิเคราะห์อันดับแรก ก็พอที่จะทำนายกำลังประลัยของโครงสร้างได้ แต่อย่างไรก็ดีค่าที่วิเคราะห์ได้ก็ยังมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์อันดับที่สอง ในขณะที่ค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์อันดับที่สอง ซึ่งพิจารณาได้ว่าอยู่ในด้านที่ปลอดภัย

ตัวอย่างที่ 3 เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างต่างระดับ 1 ชั้น 2 ช่วง มีลักษณะของโครงสร้างและแรงกระทำดังแสดงในรูปที่ 3.7 และคุณสมบัติของชิ้นส่วนดังแสดงในตารางที่ 3.5 ซึ่งได้จากการออกแบบอย่างเหมาะที่สุดโดยวิธีพลาสติก จากการเสนอของวิโรจน์ (7) สำหรับวัตถุประสงค์ของตัวอย่างนี้ก็เพื่อที่จะ

1. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากหลักการที่เสนอกับงานวิจัยที่ผ่านมา
2. แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างที่สูญเสียความเป็นอิลาสติกก่อนที่แรงกระทำจะเท่ากับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน
3. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอใน 3 ลักษณะ คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเปลี่ยนตำแหน่งตั้งแต่จุดหมุนพลาสติกจุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายจะแสดงในรูปที่ 3.8 ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างจะแสดงในตารางที่ 3.6 และตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกทุก ๆ จุด จนกระทั่งโครงสร้างเกิดการวิบัติ จะแสดงในรูปที่ 3.9 จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างเกิดการวิบัติ เมื่อเกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น 3 จุด ในขณะที่กลไกวิบัติของโครงสร้าง จากงานวิจัยของ วิโรจน์ (7) มีจุดหมุนพลาสติกเกิดขึ้น 6 จุด ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างที่ได้จากผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยครั้งนี้

มีค่าเท่ากับ 1.243 ในขณะที่งานวิจัยของวิโรจน์ (7) มีจุดประสงค์ที่จะออกแบบโครงสร้างให้มีค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างมีค่าเท่ากับ 1.3 ดังนั้นผลการวิเคราะห์จึงทำนายกำลังประลัยของโครงสร้าง ได้ต่ำกว่าค่าที่งานวิจัยของวิโรจน์ (7) ต้องการ เท่ากับ 4.38 เปอร์เซนต์ จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเปลี่ยนตำแหน่งตั้งแต่จุดหมุนพลาสติกจุกแรกจนถึงจุดสุดท้าย ในรูปที่ 3.8 จะเห็นว่าโครงสร้างเกิดจุดหมุนพลาสติกขึ้น เมื่อแรงกระทำมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักบรรทุกใช้งานดังนั้นการวิเคราะห์การโก่งตัว ที่น้ำหนักบรรทุกใช้งานของโครงสร้างดังกล่าวด้วยวิธีอิลาสติก จะได้การโก่งตัวที่น้อยกว่า เนื่องจากสติฟเนสของโครงสร้างที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่ได้คิดผลของจุดหมุนพลาสติกที่เกิดขึ้น เพราะฉะนั้นโครงสร้างดังกล่าวอาจไม่เหมาะในแง่การใช้งาน (Serviceability) ภายใต้บรรทัดฐาน (Critiria) ของงานวิจัยครั้งนี้ กล่าวคือมีการโก่งตัวมากเกินไป สำหรับผลการวิเคราะห์โครงสร้างที่ออกมาในลักษณะนี้ เนื่องจากการออกแบบในงานวิจัยของวิโรจน์ (7) ไม่ได้คำนึงถึงค่าขอบเขตการโก่งตัว