

บทที่ 1

บทนำ

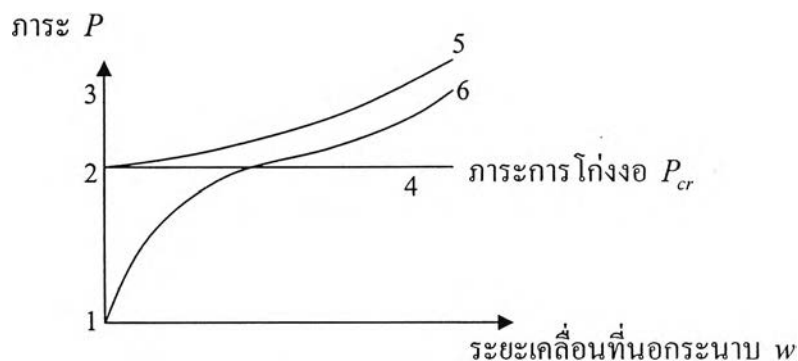


1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

การออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมนอกจากจะต้องพิจารณาถึงลักษณะโครงสร้างโดยรวมแล้วยังจะต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้นในโครงสร้างนั้นอีกด้วย พารามิเตอร์พื้นฐานที่ต้องคำนึงถึงคือ ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างในแต่ละชิ้น รวมทั้งยังต้องพิจารณาอีกว่าโครงสร้างนั้นอยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพหรือไม่ ซึ่งโครงสร้างหลายประเภทโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างผนังบาง (thin-walled structure) สามารถเกิดความเสียหายเนื่องจากโครงสร้างนั้นขาดเสถียรภาพ โดยปกติแล้วความเสียหายของโครงสร้างจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ วัสดุเสียหาย (material failure) และรูปร่างเสียหาย (form failure) วัสดุเสียหายเกิดขึ้นเมื่อความเค้นภายในโครงสร้างเกินขีดจำกัดความเค้นที่วัสดุรับได้ ซึ่งความเสียหายประเภทนี้จะปรากฏในลักษณะของการขาดหรือการแตกหัก แต่สำหรับกรณีของรูปร่างเสียหายอาจเกิดขึ้นได้แม้ค่าความเค้นยังมีค่าไม่ถึงขีดจำกัดของวัสดุแต่แสดงให้เห็นในรูปการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงสร้างไปเป็นแบบอื่นเนื่องจากไม่สามารถคงอยู่ในสถานะภาพเดิมได้อีก การสูญเสียเสถียรภาพของชิ้นส่วนบางชิ้นของโครงสร้างขนาดใหญ่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทั้งหมดได้ เมื่อเป็นเช่นนั้นความเสียหายแบบรูปร่างเสียหายจึงมีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการออกแบบ ค่าภาระที่ทำให้เกิดความเสียหายประเภทนี้ขึ้นกับรูปร่างของโครงสร้างและรูปแบบของภาระที่กระทำ ภาระที่ทำให้โครงสร้างเกิดเปลี่ยนสถานะจากเสถียรภาพหนึ่งไปสู่อีกเสถียรภาพหนึ่งเรียกว่าภาระวิกฤต (critical load) สำหรับโครงสร้างแบบเสา (column) ที่รับภาระในแนวแกนหรือโครงสร้างแผ่นบาง (thin-plate structure) ที่รับภาระในแนวระนาบจะเกิดการ โกงงอ (buckling) เมื่อได้รับภาระสูงขึ้นไปจนถึงระดับหนึ่ง ค่าภาระนั้นเรียกว่าค่าภาระการ โกงงอ (buckling load) และรูปร่างโครงสร้างซึ่งเปลี่ยนแปลงไปสู่อีกเสถียรภาพหนึ่งเรียกว่าโหมดการ โกงงอ (buckling mode)

การศึกษาหาค่าภาระการ โกงงอและโหมดการ โกงงอสำหรับโครงสร้างแผ่นบางจากอดีตถึงปัจจุบัน [1-11] มีทั้งการศึกษาทางทฤษฎีโดยใช้วิธีต่าง ๆ เช่นวิธีเชิงวิเคราะห์ (Analytical Method) วิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) และการศึกษาจากพฤติกรรมของโครงสร้างจริงหรือวิธีทดลอง (Experimental Method) จุดประสงค์หลักของการศึกษาโดยวิธีทดลองคือ เพื่อวัดค่าภาระการ โกงงอของชิ้นงานจริงและเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการศึกษาทางทฤษฎี ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างภาระในแนวระนาบและระยะเคลื่อนที่ในแนวนอกระนาบ (out-of-plane) ของโครงสร้างแผ่นบางที่ได้รับ

ภาระในแนวระนาบจะมีลักษณะดังแสดงในรูป 1.1 ในทางทฤษฎีเมื่อภาระที่ชิ้นงานได้รับนั้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตอนต้นจะยังไม่มีระยะโก่งงอหรือระยะเคลื่อนที่ในแนวนอนกระนาบ จนเมื่อถึงค่าภาระวิกฤตหรือค่าภาระการโก่งงอ P_{cr} ระยะการโก่งงอจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยสามารถอธิบายลักษณะการโก่งงอได้เป็นหลาย ๆ แบบ เส้นทาง 1-2-3 เป็นลักษณะของโครงสร้างแผ่นบางซึ่งไม่เกิดการโก่งงอเมื่อได้รับภาระโดยการเสียหายของโครงสร้างจะเป็นการเสียหายแบบวัสดุเสียหาย เส้นทาง 1-2-4 เป็นผลของการวิเคราะห์การโก่งงอด้วยทฤษฎีแบบเชิงเส้น (linear theory) เส้นทาง 1-2-5 เป็นลักษณะของการวิเคราะห์การโก่งงอด้วยทฤษฎีแบบไม่เชิงเส้น (non-linear theory) และเส้นทางจากจุด 1-6 เป็นเส้นทางที่แสดงพฤติกรรมจริงของการโก่งงอที่ได้จากการทดลอง ดังนั้นค่าภาระการโก่งงอสามารถหาได้โดยง่ายจากทฤษฎีเชิงเส้นดังแสดงในเส้นทาง 2-4 อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการโก่งงอที่เกิดขึ้นจริงในการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีเนื่องจากชิ้นงานและเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ของชุดทดลองมีความไม่สมบูรณ์ (imperfection) จึงทำให้เส้นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างภาระในแนวระนาบและระยะโก่งงอไม่เป็นไปตามทฤษฎี ลักษณะเส้นกราฟของภาระที่กระทำและระยะเคลื่อนที่นอกระนาบจะเป็นไปตามเส้นทาง 1-6 กล่าวคือมีการเคลื่อนที่นอกระนาบทันทีที่มีภาระมากระทำ ดังนั้นในการระบุตำแหน่งที่เกิดการโก่งงอจึงไม่สามารถทำได้โดยง่ายแต่ก็มีการใช้วิธีหลายวิธีในการระบุตำแหน่งซึ่งเกิดโก่งงอโดยการทดลองจากการศึกษาในอดีต ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละวิธีในบทที่ 3



รูปที่ 1.1 ภาระการโก่งงอทางทฤษฎีและจากการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้หาค่าภาระการโก่งงอด้วยการทดลองโดยใช้วิธีระบุจุดที่เกิดการโก่งงอหลาย ๆ วิธี โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแม่นยำรวมถึงความถูกต้องในการหาค่าภาระการโก่งงอวิธีต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารับแรงกดทิศทางเดียวในแนวระนาบและมีเงื่อนไขขอบเขตทั้ง 4 ด้านแบบ simple support วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาโครงสร้างแผ่นบางที่เป็นวัสดุแบบไอโซโทรปิกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดต่าง ๆ โดยทดลองเพื่อหาค่าภาระการโก่งงอโดยใช้วิธีระบุ

ตำแหน่งการ โกงงอหลาย ๆ วิธีและนำมาเปรียบเทียบกับค่าภาระการ โกงงอซึ่งได้จากผลเฉลยแม่นยำตรง เพื่อตรวจสอบกับค่าซึ่งได้จากการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์คือ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าภาระการ โกงงอของโครงสร้างแผ่นบางโดยวิธีทดลอง รวมทั้งเพื่อหาวิธีการหาค่าภาระการ โกงงอจากการทดลองที่เหมาะสมกับโครงสร้างแผ่นบางที่มีเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้มีขอบเขตในการออกแบบและสร้างชุดทดลองสำหรับใช้หาค่าภาระการ โกงงอของแผ่นโลหะสี่เหลี่ยมผืนผ้าบางที่รับแรงกดทิศทางเดียวในแนวระนาบ แล้วเปรียบเทียบค่าภาระการ โกงงอที่ได้จากการทดลองในแต่ละวิธีกับผลจากการคำนวณทางทฤษฎี ในวิทยานิพนธ์นี้ศึกษาวิธีการหาค่าภาระการ โกงงอ 4 วิธีได้แก่ วิธีระยะเคลื่อนที่บนอกระนาบ วิธี end-shortening วิธีผลต่างความเครียดและวิธี Southwell plot โดยทำการทดลองกับแผ่นอะลูมิเนียมบางทั้งหมด 6 ขนาดและในแต่ละขนาดมี 4 ตัวอย่างทดสอบ โดยในแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 2 ครั้ง แผ่นทดสอบมีการจับยึดโดยจำลองเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support

1.4 เนื้อหาโดยรวมของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาจำนวน 6 บท โดยบทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญ ที่มาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเนื้อหาโดยรวมของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ซึ่งมีทั้งการหาค่าภาระการ โกงงอ การศึกษาพฤติกรรมการ โกงงอของโครงสร้างแผ่นบาง โครงสร้างเสาและโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลจากการทดลองกับผลจากการคำนวณเชิงตัวเลข โดยที่งานวิจัยเหล่านี้ใช้ค่าพารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมการ โกงงอและวิธีการหาค่าภาระการ โกงงอที่แตกต่างกันไป งานวิจัยที่ศึกษาการ โกงงอด้วยการทดลองเหล่านี้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบการทดลอง การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะที่คล้ายกันกับการศึกษานี้

บทที่ 3 กล่าวถึง นิยาม ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสมมติฐานเบื้องต้น เพื่อระบุขอบเขตและหลักในการวิเคราะห์ปัญหาโดยกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาค่าภาระการ โกงงอรวมทั้งโหมดการ โกงงอของโครงสร้างแผ่นบาง นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการหาค่าภาระการ โกงงอของโครงสร้างแผ่นบางโดยวิธีทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการบ่งชี้ค่าภาระการ โกงงอจากรูปพฤติกรรมการ โกงงอทั้ง 4 วิธีได้แก่

วิธีระยะเคลื่อนที่นอกระนาบ วิธี end-shortening วิธีผลต่างความเครียดและวิธี Southwell plot รวมทั้งวิธีในการสังเกตโหมดของการ โกงงอโดยวิธีทดลอง

บทที่ 4 กล่าวถึงการเตรียมการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง ได้แก่ ชุดทดลองการ โกงงอซึ่งแสดงให้เห็นภาพรวมของอุปกรณ์ ส่วนประกอบต่าง ๆ และการทำงาน โดยถึงแสดงการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบซึ่งทำงานสัมพันธ์กัน ชุดทดลองการ โกงงอเป็นชุดทดสอบที่สามารถส่งแรงกดในแนวระนาบแบบกระจายตัวตลอดความกว้างของแผ่นทดสอบและชุดทดลองนี้สามารถจำลองเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support ได้ ส่วนท้ายของบทนี้เกี่ยวข้องกับกรทดลองและขั้นตอนการเก็บผลจากการทดลองได้แก่ อุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ที่ต้องใช้ ลักษณะของแผ่นทดสอบ การเตรียมการทดลองและการติดตั้งอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ลักษณะการเก็บข้อมูลและขั้นตอนการทดลองอย่างละเอียด

บทที่ 5 รวบรวมผลจากการหาค่าภาระการ โกงงอของแต่ละการทดลอง ในแต่ละการทดลองสามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟและหาค่าภาระการ โกงงอจากกราฟพฤติกรรมตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วจึงนำค่าภาระการ โกงงอเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกันในตาราง โดยเปรียบเทียบค่าภาระการ โกงงอจากวิธีต่าง ๆ และค่าความคลาดเคลื่อนของค่าภาระการ โกงงอระหว่างผลที่ได้ทางทฤษฎีกับผลที่ได้โดยวิธีทดลอง

บทที่ 6 เป็นส่วนที่นำข้อมูลในบทที่ 5 มาวิเคราะห์เพื่อให้เห็นแนวโน้มของค่าภาระการ โกงงอที่หาโดยวิธีการทดลองทั้ง 4 วิธีโดยเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าภาระการ โกงงอที่ได้ในแต่ละวิธี นอกจากนี้ยังแสดงข้อสังเกตและข้อแนะนำในการหาค่าภาระการ โกงงอจากกราฟพฤติกรรมการ โกงงอของโครงสร้างแผ่นบาง

ในส่วนของภาคผนวกเป็นการรวบรวมกราฟพฤติกรรมการ โกงงอและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเขียนกราฟของแผ่นอะลูมิเนียมบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งหมดที่ทำการทดลอง ซึ่งกราฟพฤติกรรมการ โกงงอมีทั้งหมด 4 แบบตามที่ได้ระบุในวิธีการหาค่าภาระการ โกงงอโดยวิธีทดลองทั้ง 4 วิธี โดยส่วนสุดท้ายเป็นกราฟแสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวร์ซองของแผ่นทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบค่าภาระการ โกงงอของ โครงสร้างแผ่นบาง โดยมีเงื่อนไขขอบเขตแบบ simple support ซึ่งหากจากวิธีการทั้ง 4 วิธีเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยแม่นยำที่คำนวณได้จากทฤษฎีทั้งหมดนี้จะนำมาซึ่งข้อแนะนำในการเลือกใช้วิธีการหาค่าภาระการ โกงงอในกรณีที่เกิดการ โกงงอในโหมดต่าง ๆ กันและระบุได้ว่าแต่ละวิธีมีข้อ ได้เปรียบเสียเปรียบหรือมีข้อจำกัดซึ่งเกิดจากการทดลองอย่างไร