หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

จากลักษณะทั่วไปของคานที่มีหน้าตัดแบบผนังบาง (Thin-Walled Section) ในรูป 1.1 ที่แตกต่างจากโครงสร้างทั่วไปคือจะมีความหนาที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดต่างๆของหน้าตัดคาน และจะมีความยาวของคานมากกว่าขนาดของหน้าตัดมากๆด้วย คือ

$$t << B$$

$$B << L$$

ดังนั้นการเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างชนิดนี้ มักจะเกิดการโก่งงอก่อนที่จะรับแรงได้เต็มที่ พฤติกรรมที่แตกต่างจากคานปกติที่สำคัญของคานผนังบางคือ สติฟเนสการรับแรงบิดต่ำกว่าเมื่อเทียบกับคานหน้าตัดเต็ม โดยเฉพาะในคานหน้าตัดเปิดผนังบางจะมีค่าสติฟเนสการบิดต่ำกว่าในคานหน้าตัดปิดผนังบางมาก ดังนั้นเมื่อมีน้ำหนักกระทำจึงมักจะเกิดการโก่งงอเนื่องจากผลของการบิด (Torsional Buckling) หรือการโก่งงอเนื่องจากผลของการดัดและการบิดร่วมกัน (Flexural-Torsional Buckling) ได้ง่าย และจะเกิดการเคลื่อนตัวตามยาวทำให้เกิดการบิดเบี้ยว (Warping) ขึ้น หากการบิดเบี้ยวสามารถเกิดขึ้นได้อย่างอิสระการกระจายของหน่วยแรงเฉือนจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาว (Saint-Venant Torsional Stress) แต่ถ้ามีการยึดรั้งไม่ให้เกิดการบิดเบี้ยวได้อย่างอิสระ เช่นบริเวณจุดรองรับ จะการบิดที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Torsion) มีผลให้หน่วยแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มสติฟเนสในการบิด ดังนั้นการคำนวณที่ไม่คิดผลของการบิดที่ไม่สม่ำเสมอสำหรับโครงสร้างคานหน้าตัดเปิดแบบผนังจึง

ให้ผลที่ไม่ถูกต้อง

ในการหาค่าแรงโก่งงอวิกฤติที่เกิดบนคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบางนั้นสามารถหาได้โดยตรงจากสมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equations) หรือ จากสูตรสำเร็จที่มีนักวิจัยบางท่านได้นำมาประยุกต์ใช้ แต่การหาจากสมการเชิงอนุพันธ์โดยตรงจะมีความยุ่งยากในการแก้สมการมาก และสูตรสำเร็จที่มีก็ใช้ได้กับปัญหาของหน้าตัดคานบางชนิด ซึ่งมีลักษณะของแรงกระทำและจุดรองรับที่จำกัด ดังนั้นการหาค่าแรงวิกฤติโดยการใช้วิธีการเชิงเลข (Numerical Methods) มาหาค่าโดยตรงจะทำให้เกิดความสะดวกในเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

พฤติกรรมการโก่งงอได้รับการศึกษาเริ่มแรกโดย Euler เมื่อ สองร้อยกว่าปีมาแล้ว และ ได้เสนอสูตรในการหาค่าแรงวิกฤติที่ทำให้เสาเกิดการโก่งงอ ที่สภาพจุดรองรับแบบต่างๆ ต่อมาจึงมีนักวิจัยอื่นๆเริ่มศึกษาผลของแรงดัด แรงบิดและการโก่งงอด้านข้าง ทั้งของเสาและคาน

Vlasov [1] ซึ่งศึกษาพฤติกรรมของคานแบบผนังบาง (Thin-Walled Beam) ได้เสนอสูตร ในการวิเคราะห์โครงสร้างคานผนังบางในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งคิดผลของการบิดเบี้ยว (Warping) ด้วย และได้ใช้เป็นพื้นฐานในการวิจัยต่อมา

Timoshenko และ Gere [2] ได้ศึกษาการโก่งงอเนื่องจากการบิด (Torsional Buckling) การโก่งงอที่มีทั้งการดัดและการบิดร่วมกัน (Flexural Torsional Buckling) และการโก่งงอด้านข้าง(Lateral-Torsional Buckling)ของหน้าตัดรูปตัวไอ(I-Section) โดยคิดผลของการบิดแบบไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Torsion) ด้วย

Teoman [6] ได้วิเคราะห์สมการเชิงอนุพันธ์ของ Timoshenko โดยใช้ Galerkin Method มาช่วย เพื่อหาค่าแรงโก่งงอวิกฤติ เนื่องจากการดัดและการบิดร่วมกันของหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง ที่มีสมมาตรแกนเดียว ภายใต้แรงเยื้องศูนย์ในแนวสมมาตร เปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริง อย่างไรก็ตามวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นไม่ค่อยสะดวกและเหมาะสมในการใช้งานทั่วไป

เพราะต้องหาค่าคงที่ต่างๆก่อนเพื่อจะนำไปหาค่าแรงวิกฤติอีกที ในกรณีของจุดรองรับ หรือลักษณะการรับน้ำหนักที่ต่างออกไป

Trahair[18] ได้เปลี่ยนสมการเชิงอนุพันธ์เป็นสูตรสำเร็จสำหรับการหาค่าแรงวิกฤติของคานที่มีจุดรองรับแบบธรรมดา โดยมีน้ำหนักกระทำต่างๆโดยให้ค่าตัวคงที่สำหรับลักษณะของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นไปคูณกับสูตรทั่วไปซึ่งก็ได้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ใช้ได้จำกัดเฉพาะปัญหาหรือรูปแบบของน้ำหนักกระทำที่มี การหาค่าคงที่ไว้แล้วเท่านั้น

วิธีการเคลื่อนที่ (Displacement or Stiffness Method) จึงถูกนำมาใช้แทน โดย Krahula [3] ได้เสนอวิธีการหาค่า สติฟเนส เมตริกซ์ ของคานแบบผนังบางเป็นครั้งแรก

ต่อมา Krajcinovic [5] จึงพัฒนาสมการ สติฟเนส เมตริกซ์ ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นในการแก้ปัญหา ค่าของเจาะจง (Eigenvalue Problem) โดยจะสามารถหาค่าแรงโก่งงอวิกฤติได้จากค่าเจาะจง ที่น้อยที่สุด

Barsoum และ Gallagher [7] ได้นำวิธีการ ไฟไนต์เอเลเมนต์ (Finite Elements) มาใช้โดยการหาค่า สติฟเนสของชิ้นส่วน (Element stiffness) และ สติฟเนสเชิงเรขาคณิต (Geometric Stiffness) โดยใช้หลักการพลังงาน (Energy Appoarches) และใช้วิธีการเชิงเลข มาแก้ปัญหาค่าของเจาะจง เพื่อหาค่าแรงโก่งงอวิกฤติของคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง

Hasegawa ,Liyange และNishino[13] เสนอวิธีการที่ใช้วิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ในการศึกษาเสถียรภาพของคาน และโครงข้อแข็งแบบผนังบางที่คิดผลของการบิดเบี้ยว และใช้หลักการของ งานเสมือน (Virtual Work) ในการหาความสัมพันธ์ของแรงภายนอกที่กระทำ กับค่าการเคลื่อนที่ โดยหาค่า สติฟเนสทางเรขาคณิต (Geometric Stiffness) ในรูปของหน่วยแรงลัพธ์ (Stress Resultant) ที่จุดเริ่มแรก ซึ่งสามารถนำมาใช้หาค่าแรงโก่งงอวิกฤติ กับปัญหาที่มีหน้าตัดใดๆ หรือสภาพจุดรองรับและลักษณะของแรงกระทำแบบต่างๆได้ง่าย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์โดยตรง

1.3 วัตถุประสงค์

- ศึกษาวิธีวิเคราะห์หา ค่าแรงวิกฤติของการโก่งงอของคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง (Thin-Walled Open Section Beam) โดยวิธีเชิงเส้นจากแบบจำลองคาน
- นำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าว
- ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ กับผลที่ได้จากวิธีการอื่น
- วิเคราะห์หาค่าแรงวิกฤติโก่งงอที่เกิดบนคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง โดยแปรเปลี่ยนขนาดหน้าตัด และความยาว

1.4 ขอบข่ายงานวิจัย

ในการวิจัยนี้จะศึกษาการโก่งงอของคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบางที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดความยาวและมีค่าความหนา (t) ค่าคงที่ตลอดหน้าตัด ในกรณีคานช่วงเดียวที่มีลักษณะจุดรองรับแบบต่างๆและจะพิจารณาปัญหาพฤติกรรมในช่วงเกิดการโก่งงอเท่านั้น โดยจะลดปัญหา สามมิติมาเป็นแบบจำลองคานในมิติเดียว และยังรวมถึงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้หาค่าแรงวิกฤติโก่งงอที่สามารถนำไปใช้กับหน้าตัดเปิดแบบผนังบางใดๆ ทั้งที่มีสมมาตรสองแกนและสมมาตรแกนเดียวโดยรวมผลของความไม่สมมาตรของหน้าตัดเข้าไปด้วย และจะศึกษาเฉพาะผลการโก่งงอเท่านั้นโดยถือว่าโครงสร้างยังไม่เกิดการคลาก (Yield) ขึ้น

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

- ทำการศึกษาค้นคว้าผลของ แรงในแนวแกน, แรงดัด และแรงบิด ที่มีผลต่อค่าแรงโก่งงอวิกฤติ ของคานหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง
- สร้างสมการสติฟเนส จากหลักการพลังงาน ของ Hasekawa et al,
- วิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่ และแรงภายใน ของชิ้นส่วนคาน จากผลของค่าแรงเริ่มต้น

- นำค่าแรงภายในที่ได้มาสร้าง สติฟเนสเชิงเรขาคณิต
- ศึกษาและคำนวณหาค่าคุณสมบัติของหน้าตัดเปิดแบบผนังบาง
- นำค่าสติฟเนสของคาน และสติฟเนสเชิงเรขาคณิต มาคำนวณหาค่าแรงโก่งงอวิกฤติ โดย ใช้วิธี Inverse Iteration เพื่อหาค่าเจาะจงน้อยสุด
- ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับค่าที่หาได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา
- วิเคราะห์ผลของค่าแรงวิกฤติจากการโก่งงอ โดยมีค่าตัวแปรของหน้าตัดเทียบกับความยาว
- สรุปผลการวิจัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย