เฉลิมพระเกียรติ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๑

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การออกแบบทางอีลาสติค (elastic design) นั้น จะสมมุติว่าภาระ(load) สูงสุดที่ชิ้นส่วนของโครงสร้างหรือเครื่องจักรกลจะสามารถรับได้ คือ ภาระที่ทำให้ชิ้นส่วนเริ่มเกิดการเสียรูปร่างแบบพลาสติค (plastic deformation) ขึ้น หรือชิ้นส่วนเกิดความเค้น (stress) ขึ้น มีค่าเท่ากับขอบเขตความยืดหยุ่น (elastic limit) ของวัสดุ

แต่ความจริงแล้วชิ้นส่วนที่ใช้ในงานวิศวกรรมเป็นจำนวนมากจะยังคงรับภาระสูงกว่านี้ได้จนกระทั่งเกิดการเสียรูปร่างแบบพลาสติคมากถึงค่าหนึ่งชิ้นส่วนจึงจะเกิดการเสียหาย

จะเห็นได้ว่า การออกแบบทางอีลาสติคไม่ได้นำเอาความสามารถในการรับภาระของวัสดุมาใช้ทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเอาหลักการของการออกแบบทางพลาสติค (plastic design) มาใช้ การออกแบบทางพลาสติคจะนำเอาความสามารถในการรับภาระของวัสดุทั้งหมดมาใช้ในการคำนวณออกแบบ ดังนั้นการออกแบบทางพลาสติคจะได้ขนาดของชิ้นส่วนเล็กกว่าการออกแบบทางอีลาสติคเมื่อใช้ตัวประกอบความปลอดภัย(safety factor) มีค่าเท่ากัน

ความสามารถในการรับภาระในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของชิ้นส่วนที่เป็นปัญหาแบบ statically determinate จะมีค่าน้อยกว่าชิ้นส่วนที่เป็นปัญหาแบบ statically indeterminate[1] ซึ่งมีความสามารถในการรับภาระในช่วงพลาสติคมากพอสมควร ดังนั้นการออกแบบทางพลาสติคจึงนิยมใช้กับปัญหาแบบ statically indeterminate เป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่าถ้านำการออกแบบทางพลาสติคมาใช้กับปัญหาแบบ statically determinate ก็จะยังคงทำให้การออกแบบมีประสิทธิภาพมากกว่าการออกแบบทางอีลาสติค เพราะได้นำเอาความสามารถในการรับภาระของวัสดุในช่วงพลาสติคมาใช้ด้วย

การออกแบบทางพลาสติคมีข้อดีคือ

๑. ความปลอดภัยในการออกแบบทางพลาสติคไม่ได้น้อยกว่าความปลอดภัยในการออกแบบทางอีลาสติค

๒. การออกแบบทางพลาสติคจะได้ขนาดของชิ้นส่วนเล็กกว่าขนาดที่ได้จากการออกแบบทางอีลาสติค และจะไม่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการเสียรูปร่างเกินขอบเขตที่ยอมรับในการออกแบบทางอีลาสติค

เมื่อทราบความจริงเหล่านี้ การออกแบบในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจากการออกแบบทางอีลาสติคไปเป็นการออกแบบทางพลาสติค เพราะว่ามีประสิทธิภาพมากกว่า[2] และเหมาะสมอย่างยิ่งกับงานที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับน้ำหนักของชิ้นส่วน[3]

การวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ประกอบการพิจารณาในการออกแบบทางพลาสติคและการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับคานที่มีรอยบาก

ความเป็นมา

ทฤษฎีการดัดโค้ง (bending) ของคานในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่น ได้มีการศึกษาค้นคว้ามาแล้วตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 19 และได้เสนอโดย Saint-Venant ในปีค.ศ. 1864[4] ต่อมาในปีค.ศ. 1899 Ewing[5] ได้วางรากฐานของ simple plastic theory และได้มีการพัฒนาทฤษฎีนี้ต่อมาจนกระทั่งได้เริ่มมีการใช้การออกแบบทางพลาสติคในการออกแบบโครงสร้างเป็นครั้งแรกในปีค.ศ. 1914 โดย Kazinsczy[1] การออกแบบทางพลาสติคถูกเสนอในประเทศเยอรมันนีโดย Maier-Leibnitz[6] และเขายังได้ทำการค้นคว้าทางทฤษฎีและทางปฏิบัติที่สำคัญต่อมาจนถึงปีค.ศ. 1932 ในปีค.ศ. 1936 Baker และผู้ร่วมงานได้เริ่มศึกษาค้นคว้าอย่างคร่ำเคร่งในประเทศอังกฤษ

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ปีค.ศ. 1940 Van den Broek ได้ทำการศึกษาการออกแบบทางพลาสติค ทฤษฎีของการออกแบบทางพลาสติคสำหรับโครงสร้างได้ก้าวหน้าเรื่อยมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยบราวน์ และได้มีการสรุปผลโดย Symonds และ Neal ในปีค.ศ. 1945 หลักการของการออกแบบทางพลาสติคเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในประเทศที่อยู่ในทวีปยุโรปและอเมริกาใต้หลายประเทศ ในปีนี้เอง Structural Steel Comittee

ของ Welding Research Council ได้ทุ่มเทศึกษาพฤติกรรมทางอิลาสติคและพลาสติคของ continuous frames และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของมันโดยเฉพาะ American Institute of Steel Construction, Welding Research Council, Navy Department และ American Iron and Steel Institute ได้สนับสนุนการศึกษาพฤติกรรมทางพลาสติคของโครงสร้างที่มหาวิทยาลัย Lehigh เป็นเวลาหลายปี

การยอมรับหลักการของการออกแบบทางพลาสติคในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นไปอย่างเชื่องช้าและการออกแบบในขณะนั้นยังคงใช้หลักการของการออกแบบทางอีลาสติคอยู่ จนกระทั่งในปีค.ศ. 1958 จึงมีการจัดพิมพ์ Supplementary Rules for Plastic Design รวมอยู่ใน AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings และหลักการของการออกแบบทางพลาสติคก็เป็นที่ยอมรับในประเทศสหรัฐอเมริกาในเวลาต่อมา ในปีค.ศ. 1961 American Institute of Steel Construction ได้แก้ไขปรับปรุง specification ใหม่ โดยมี Allowable Stress Design Provisions อยู่ในภาคที่ ๑ และมี Plastic Design Rules อยู่ในภาคที่ ๒ ข้อกำหนดของ American Institute of Steel Construction ใช้ได้เฉพาะกับ continuous beams และ rigid connection frames ขนาดหนึ่งชั้น กับสองชั้น และ braced multi-story frames ที่สูงมากกว่าสองชั้น ต่อมาในปีค.ศ. 1974 ได้มี Supplementary No.3 ออกมาและข้อจำกัดของการออกแบบทางพลาสติคเดิมก็ถูกยกเลิกไป[7]

ปัจจุบันการออกแบบทางพลาสติคเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปและโครงสร้างเป็นจำนวนมากในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือถูกสร้างขึ้นมาโดยใช้การออกแบบทางพลาสติค [1]

วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ คือ

๑. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของคานที่มีรอยบากเมื่อถูกดัดโค้งในช่วงเกินขอบเขตความยืดหยุ่นของวัสดุ

๒. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณลักษณะของคานที่มีรอยบากแบบต่าง ๆ

การวิจัยจะมุ่งศึกษาเกี่ยวกับโมเมนต์ดัด (bending moment) และความเค้นกับความเครียด (strain) ที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุโดยการทดลอง โดยจะเน้นหนักกับคานที่มีรอยบากเพียงรอยเดียวอยู่ทางด้านที่เกิดการดึงของคาน คานที่นำมาทดลองจะถูกมาระกระทำแบบ four-point loading เพียงแบบเดียวและสร้างขึ้นจากเหล็กเหนียว (mild steel) ที่มีคุณสมบัติเชิงกลเหมือนกันทั้งหมด คานที่ทำเป็นชิ้นทดสอบ (specimen) จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ

๑. เป็นคานที่มีมุมของรอยบาก (notch angle) เท่ากันทั้งหมด แต่มีรัศมีตรงรากของรอยบาก (notch root radius) ต่างกัน

๒. เป็นคานที่มีรัศมีตรงรากของรอยบากเท่ากันทั้งหมดแต่มีมุมของรอยบากต่างกัน

การวิจัยจะวิเคราะห์เปรียบเทียบกับคานที่มีรอยบากสองข้างและไม่มีรอยบากด้วย

<u>วิธีดำเนินการวิจัย</u>

วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อสามารถจัดลำดับได้ดังนี้

๑. ศึกษาทฤษฎีการดัดโค้งของคาน

๒. ศึกษาผลของ stress concentration

๓. ออกแบบและสร้างเครื่องทดลองรวมทั้งจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทดลองคานที่มีรอยบาก โดยให้สามารถวัดหาโมเมนต์ดัด, การโก่ง (deflection) ของคาน, ความเค้นและความเครียดได้

๔. จัดเตรียมชิ้นทดสอบเพื่อใช้ในการทดลอง

๕. ทำการทดลอง, บันทึกข้อมูลและนำเสนอข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

๖. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

<u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย</u>

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้มีอยู่ ๒ ประการคือ

๑. ผลของการวิจัยจะมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณออกแบบคานที่มีรอยบากโดยใช้หลักของการออกแบบทางพลาสติค

๒. ผลของการวิจัยจะมีประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับคานที่มีรอยบากทางด้าน **Theory of Plasticity**