หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความนำ

การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเหล็กโดยทั่วไปจะพิจารณาข้อต่อ(Connection) ของโครงสร้างออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อต่อแบบหมุน( Perfectly Pinned ) และข้อต่อแบบแข็ง(Fully Rigid) โดยข้อต่อแบบหมุนนั้น รอยต่อระหว่างคานกับเสา จะส่งถ่ายแรงเฉือนอย่างเดียวและข้อต่อสามารถหมุนได้อย่างอิสระซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมที่องค์อาคารที่ต่อกันได้ ในขณะที่ข้อต่อแบบแข็งสามารถส่งถ่ายโมเมนต์ทั้งหมดผ่านรอยต่อได้ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมขององค์อาคารที่ต่อกันเนื่องจากมีการยึดรั้งกันขององค์อาคาร การวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ข้อต่อทั้งสองประเภทจะให้ความสะดวกและรวดเร็วแต่ให้ค่าการตอบสนองที่คลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริงในโครงสร้างขนาดเล็กค่าการตอบสนองที่คลาดเคลื่อนจากผลการวิเคราะห์อาจจะมีผลเสียต่อการออกแบบเพียงเล็กน้อย แต่ในโครงสร้างขนาดใหญ่หรือโครงสร้างบางประเภทผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีความสำคัญมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นแรงภายในหรือการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง อีกทั้งในอนาคตคาดว่าโครงสร้างมีแนวโน้มจะมีความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและนิยมใช้โครงสร้างเหล็กเพื่องานก่อสร้างโครงสร้างที่มีความสูงมากๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาถึงผลกระทบของการอ่อนตัวของข้อต่อ( Connection Flexibility ) ต่อพฤติกรรมของโครงสร้างเพื่อสามารถวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อการใช้งานมากที่สุด

ในปัจจุบันมาตฐานต่างๆได้นำผลของพฤติกรรมของข้อต่อมาพิจารณาร่วมในงานออกแบบโครงสร้างเหล็ก มาตฐาน **AISC-ASD**(1989) และ **AISC-LRFD**(1986) ได้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งและการยึดรั้งในงานก่อสร้างดังรูปที่ 1.1

มาตฐาน **AISC-ASD**(1989) ได้แบ่งงานก่อสร้าง(Construction) ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.1.1 ประเภทที่1 แบบโครงข้อแข็ง( Rigid Framing ) โดยข้อต่อระหว่างคานกับเสาที่ยึดติดกันมีความแข็ง(Rigidity) เพียงพอที่จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมุม

1.1.2 ประเภทที่2 แบบโครงข้อหมุน(Simple Framing)โดยข้อต่อระหว่างคานกับเสาที่ยึดติดกันจะส่งถ่ายแรงเฉือนเท่านั้นไม่สามารถส่งถ่ายโมเมนต์ได้และเมื่อโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่ง ข้อต่อจะหมุนได้อย่างอิสระ

1.1.3 ประเภทที่3 แบบโครงข้อกึ่งแข็ง( Semi-Rigid Framing )โดยกำหนดให้ข้อต่อสามารถ ส่งถ่ายแรงเฉือนและบางส่วนของโมเมนต์ได้

มาตฐาน AISC-LRFD(1986) ได้แบ่งงานก่อสร้างออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

ก. ประเภทที่1 แบบยึดรั้งเต็มกำลัง(Fully Restrained) ซึ่งสัมพันธ์กับ AISC - ASD ประเภทที่ 1

ข. ประเภทที่2 แบบยึดรั้งบางส่วน(Partially Restrained) ซึ่งสัมพันธ์กับ AISC - ASD ประเภทที่ 2 และ ประเภทที่ 3

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างเหล็กโดยพิจารณาผลกระทบของการอ่อนตัวของข้อต่อ(Connection Flexibility) นั้น มีงานวิจัยที่ผ่านมาก่อนหน้านี้ดังต่อไปนี้

ปี คศ.1963 Monfortun และ Wu ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงแบบกึ่งแข็งโดยวิธีเมตริกซ์และใช้สมการความสัมพันธ์ของข้อต่อแบบเชิงเส้น

ปี ค.ศ.1970 Pongkitdakarn ได้ศึกษาพฤติกรรมของโครงพอร์ทอลแบบกึ่งแข็งโดยใช้สมการความสัมพันธ์ของข้อต่อแบบเชิงเส้น

ปี ค.ศ.1970 Romstad และ Subramanian ได้ใช้สมการความสัมพันธ์ของข้อต่อแบบเชิงเส้นคู่( Bilinear ) ในการวิเคราะห์โครงข้อกึ่งแข็ง

ปี ค.ศ. 1987 W.F.Chen และ E..M.Lui การเสนอการวิเคราะห์แบบอิลาสติก - พลาสติกอันดับที่สอง ของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อต่อแบบ Exponential และให้มีค่าการเคลื่อนที่ของโครงสร้างแบบ Large Displacement Small Strain

ปี ค.ศ. 1987 Y.Goto และ W.F.Chen ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์แบบอิลาสติกอันดับที่สองของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งโดย พิจารณาความสัมพันธ์ของ ข้อต่อแบบ Discrete Nonlinear Rotation Spring ซึ่งจะสัมพันธ์กับ Secant Stiffness ของข้อต่อ

ปี ค.ศ. 1987 M.Ackroyd ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์แบบอิลาสติก - พลาสติกอันดับที่สองของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็ง โดยพิจารณา ความสัมพันธ์ของ ข้อต่อแบบFrye and Morris Polynomial และ Elastic - Plastic Richard - Abbott Exponential และพิจารณาผลการกระจายของความเค้นตลอดหน้าตัดขององค์อาคาร( Plasticification)

ปี พ.ศ.2531 สถาพร นิรันดโรภาส ได้เสนอการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กที่มีรอยต่อระหว่างคาน กับ เสาเป็น แบบกึ่งแข็ง โดยพิจารณา ความสัมพันธ์ของ ข้อต่อแบบ พหุนาม (Polynomial) และพิจารณารอยต่อ 4 ประเภทคือแบบSingle Web Angle ,แบบHeader Plate ,แบบ Top and Seat Angle และแบบ End Plate และใช้ร่วมกับการวิเคราะห์อิลาสติกอันดับที่หนึ่งโดยอาศัยวิธีการทำซ้ำในการวิเคราะห์เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของข้อต่อ

ปี ค.ศ.1990 M.Barakat และ W.F.Chenได้เสนอวิธีการวิเคราะห์แบบอิลาสติกอันดับที่สองของ โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็ง โดยอาศัย ค่า Amplification 2ค่าคือ B1และ B2ร่วมกับการวิเคราะห์อันดับที่หนึ่ง และพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อต่อ 2 แบบคือแบบ Modified Initial Stiffnessและ Beam Line Method และพิจารณาผลของ Effective Length Factor ของเสาในการวิเคราะห์

ปี ค.ศ. 1993 N.Kishi ,W.F.Chen ,Y.Gotoและ K.G.Matsuoka ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์แบบอิลาสติกอันดับที่สองของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งโดยพิจารณา ความสัมพันธ์ของข้อต่อแบบ Three Parameter Power Model ของข้อต่อใช้เหล็กฉากและนำไปสร้าง Nomograph เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการออกแบบ

ปี ค.ศ. 1993 J.Y. Richard Liew , D.E.White และ W.F.Chen เสนอการวิเคราะห์อินอิลาสติกของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็ง โดยเรียกวิธีการวิเคราะห์แบบ Second - Order Refined Plastic Hinge Analysis ซึ่งนำรูปแบบในรูปสมการ Three Parameter Power Model ของข้อต่อใช้เหล็กฉาก มาพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีนี้จะพิจารณาการกระจายของความเครียดตลอดหน้าตัดที่ปลายองค์อาคาร โดยอาศัยสมการของ AISC - LRFD Tangent Modulus Approach ( 1986 ) และ พิจารณาการเคลื่อนที่ของ วัตถุเกร็งเป็นแบบ Large Displacement Small Strain

1.3 งานที่ทำในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมของข้อต่อและเลือกใช้สมการ Three Parameter Power Model ซึ่งเสนอโดย Kishi and Chen,1990 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อแข็งเชิงอิลาสติก-พลาสติก อันดับที่สอง(วินัย,2538) ซึ่งพิจารณาความไม่เป็นเชิงเส้นทางเรขาคณิต( Geometrical Nonlinear ) และความไม่เป็นเชิงเส้นของวัสดุ( Material Nonlinear) และความไม่เป็นเชิงเส้นของข้อต่อโดยที่ความไม่เป็นเชิงเส้นของวัสดุนั้นเป็นไปตามสมมุติฐานที่ให้ความสัมพันธ์ของ ค่าหน่วยแรงกับความเครียดเป็นแบบ Bilinear และ เป็นวัสดุอิลาสติก-พลาสติกสมบูรณ์ ในส่วนความไม่เป็นเชิงเส้นทางเรขาคณิต พิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของแรงในแนวแกนกับค่าสตีฟเนสของโมเมนต์และแรงเฉือนในรูปของฟังก์ชันเสถียรภาพ (Stability Function) ในรูปของอนุกรมเทเลอร์และใช้วิธีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเรื่อยๆ(Direct Increment) แล้วตรวจสอบการเกิดจุดหมุนพลาสติกในข้อต่อและ องค์อาคารในทุกๆขั้นตอนของ การเพิ่มตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก(Load Factor Increment) โดยอาศัยความสัมพันธ์ของแรงในแนวแกนกับความสามารถในการรับโมเมนต์พลาสติกของ AISC ซึ่งน้ำหนักบรรทุก จะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับของ ตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้ โครงสร้างไร้เสถียรภาพ

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1ศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งระนาบโดยใช้วิธีอิลาสติก-พลาสติกอันดับที่สอง

1.4.2 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์ผลการตอบสนอง

1.4.3 ศึกษา และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ กับงานวิจัยที่ผ่านมา

1.4.4 เสนอแนะหลักการวิเคราะห์สำหรับใช้ในขั้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัย

1.5.1.ศึกษาพฤติกรรมของข้อต่อและพิจารณาเลือกรูปแบบของข้อต่อที่เหมาะสม

1.5.2.ศึกษาวิธีการสร้างสตีฟเนสขององค์อาคารคาน - เสาที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์โดยวิธีอิลาสติก-พลาสติกอันดับที่สองของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งและผลของแรงในแนวแกนต่อค่าโมเมนต์พลาสติก

1.5.3.ศึกษาข้อจำกัดสมมุติฐานของรูปแบบข้อต่อที่เลือกใช้,วิธีการของการวิเคราะห์อันดับที่สอง และการวิเคราะห์อิลาสติก - พลาสติก

1.5.4.ศึกษาวิธีการเชิงเลขเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและหาผลการตอบสนองซึ่งวิธีดังกล่าวนำไปเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5.5. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากผลการศึกษาดังกล่าว

1.5.6. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย