บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้เสนอหลักการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งเชิงอิลาสติก-พลาสติก อันดับที่สอง โดยอาศัยสมการของข้อต่อแบบ Three Parameter Power Model มาร่วมในการสร้างสตีฟเนสของโครงสร้างจากฟังก์ชันเสถียรภาพและจัดรูปให้อยู่ในรูปอนุกรมเทเลอร์และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งและใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบเสถียรภาพของโครงสร้างจริงซึ่งควรพิจารณาผลของความอ่อนตัวของข้อต่อร่วมด้วยเพื่อในทางปฏิบัติที่จะให้ค่าแรงภายในและการตอบสนองได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

เมื่อนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาจากหลักการดังกล่าวข้างต้นมาวิเคราะห์โครงสร้างตามแนวทางของงานวิจัยนี้จะสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1.สมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสมการที่ได้มาจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของข้อต่อเพื่อหาค่า Initial Stiffness และ Ultimate Moment Capacity โดยคำนึงถึงพฤติกรรมของชิ้นส่วนของเหล็กฉากในช่วงอิลาสติกและช่วงประลัยโดยนำมาพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบข้อต่อโดยอาศัยวิธี Curve Fitting Technique ซึ่งจะให้ค่า Shape Function ดังนั้นสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อที่ใช้จึงเป็นแบบ Semi - Empirical Connection Model สมการนี้ไม่ได้พิจารณาถึงช่วง Strain Hardening เนื่องจากในทางปฏิบัติพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปของข้อต่อระหว่างคานกับเสาในช่วงการเกิดStrain Hardening นั้นจะเกิดในช่วงมีการเปลี่ยนรูปสูง และต้องอาศัยปัจจัยต่างๆเช่นระยะของชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกัน , การคลากเฉพาะที่ของชิ้นส่วนและเสถียรภาพของชิ้นส่วนในข้อต่อในช่วงการเปลี่ยนรูปมากเป็นต้น ดังนั้นการจะนำช่วง Strain Hardening มาพิจารณาร่วมนั้นควรจะมีการศึกษาถึงผลการทดสอบข้อต่อเพิ่มเติมเพื่อให้ได้สมการซึ่งสามารถแทนพฤติกรรมของข้อต่อที่ถูกต้องมากขึ้น

จากการเปรียบเทียบสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อที่ใช้งานกับผลการทดสอบพบว่าให้ลักษณะของเส้นโค้งที่สอดคล้องกับผลการทดสอบดีมากกล่าวคือสมการของข้อต่อจะให้ลักษณะความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกับความจริงมาก

การหาสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อที่สามารถใช้แทนพฤติกรรมจริงๆของข้อต่อนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆมากมายซึ่งไม่เฉพาะขนาดของข้อต่อเท่านั้นแต่วิธีการประกอบติดตั้ง ,คุณภาพของวัสดุที่ใช้ และคุณภาพของแรงงานที่ใช้ ฯลฯ ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้ก็มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของข้อต่อเช่นกัน ดังนั้นควรจะพัฒนาวิธีการหาสมการของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจริงมากที่สุด

5.1.2. จากผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาจะมีค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกประลัยเบี่ยงเบนจากค่าที่เคยวิเคราะห์ได้ในงานวิจัยที่ผ่านมาอยู่ในระดับประมาณร้อยละ 2 แสดงว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและหลักการวิเคราะห์ที่ใช้สามารถที่จะนำไปใช้ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างเหล็กข้อแข็งและโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งเชิงอิลาสติก-พลาสติก อันดับที่สอง และประยุกต์ใช้กับงานโครงสร้างเหล็กได้

5.1.3.อัตราการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดสูงสุดเทียบกับความสูงที่ระดับน้ำหนักบรรทุกประลัยนั้นผลจากงานวิจัยนี้จะให้ค่าที่ต่ำกว่างานวิจัยที่ผ่านมาทั้งนี้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ใช้ในงานวิจัยกล่าวคืองานวิจัยนี้ใช้สมมุติฐานการเคลื่อนที่ แบบ Small Strain and Small Displacement แต่งานวิจัยที่ผ่านมามีสมมุติฐานการเคลื่อนที่ แบบ Small Strain and Large Displacement

5.1.4.ลำดับการเกิดจุดหมุนพลาสติกในโครงสร้างเหล็กที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาแต่ก็มีตวามแตกต่างกันบ้างในบางลำดับทั้งนี้เนื่องจากข้อสมมุติฐานบางข้อในงานวิจัยมีความแตกต่างกัน

5.1.5.ในการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งเทียบกับโครงสร้างเหล็กข้อแข็งนั้นพบว่าเมื่อเลือกใช้ข้อต่อที่มีคุณสมบัติการรับน้ำหนักสูงกว่าชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกันจะทำให้ค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งมีค่าแตกต่างกับโครงสร้างเหล็กข้อแข็งไม่มากนัก ซึ่งงานวิจัยนี้จะแตกต่างกันเพียงร้อยละ 0.18 เท่านั้นแต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่งพบว่ามีความแตกต่างกันพอสมควรซึ่งงานวิจัยนี้จะแตกต่างกันร้อยละ 26.70 ซึ่งก็เป็นผลเนื่องจากความอ่อนตัวของข้อต่อเมื่อเทียบกับข้อต่อแบบ Fully Rigid นั้นเอง

5.1.6.ความสัมพันธ์ของ น้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนตำแหน่ง ใน โครงสร้างเหล็ก ซึ่งใช้ข้อต่อต่างชนิดกันนั้นพบว่าโครงสร้างเหล็กมีความไว (Sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้อต่อที่นำมาใช้งาน จะเห็นได้ว่าในข้อต่อที่มีความอ่อนตัวสูงจะมีค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของโครงสร้างลดลง และทำให้การเคลื่อนที่ ณ.น้ำหนักบรรทุกประลัยเพิ่มมากขึ้น

5.1.7.ลำดับการเกิดจุดหมุนพลาสติกในโครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งจะมีลำดับแตกต่างกับโครงสร้างเหล็กข้อแข็งเนื่องจากความอ่อนตัวของข้อต่อมีผลต่อการกระจายของแรงภายในชิ้นส่วนของโครงสร้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเหล็กข้อต่อกึ่งแข็งเชิงอิลาสติก-พลาสติกอันดับที่สอง โดยใช้หลักการและสมมุติฐานที่กล่าวถึงอย่างละเอียดในบทที่ผ่านมาซึ่งหากต้องการทำการศึกษาถึงการตอบสนองของโครงสร้างเหล็กให้ถูกต้องมากขึ้นก็มีแนวทางที่กระทำได้ดังนี้

5.2.1.พิจารณารูปแบบของข้อต่อชนิดต่างๆโดยอาศัยผลการทดสอบที่มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของข้อต่อให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2.2. พิจารณาผลของการโค้งงอเฉพาะที่ (Local Buckling) และ การโค้งงอด้านข้าง(Lateral - Torsional Buckling) ขององค์อาคาร

5.2.3.พิจารณาการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเหล็กในช่วงที่มีการเคลื่อนที่มากแต่มีความเครียดน้อย (Large Displacement and Small Strain)

5.2.4.พิจารณาการเกิดการคลากที่หน้าตัดขององค์อาคารโดยมีการกระจายของความเค้นในหน้าตัด (Plasticity)

5.2.5.พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากแบบอิลาสติก-พลาสติกสมบูรณ์สามารถที่จะประยุกต์ใช้กับโครงสร้างอื่นนอกเหนือจากเหล็กรูปพรรณ

5.2.6.พิจารณาผลของการย้อนกลับของความเครียด (Strain Reversal) ซึ่งสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีแรงกระทำเป็นแรงทำซ้ำ (Variable Repeat Loading)