บทที่ 1

บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผลของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ได้ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ อย่างมาก เป็นผลให้มีการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic Loading) เพิ่มมากขึ้น และจากผลงานการวิจัยที่ผ่านมา (1,2,3,4,5) ได้รายงานว่า พฤติกรรมการรับแรงดัดขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรของเหล็กเสริมในองค์อาคารนั้นเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อที่จะได้เข้าใจพฤติกรรมการรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจถึงพฤติกรรมการรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรของเหล็กเสริมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีผลอย่างมากต่อพฤติกรรมขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยรวม ประกอบกับการทดสอบเหล็กเสริมเมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรที่ผ่านมายังมีอยู่น้อย ทำให้ข้อมูลการทดสอบเหล็กเสริมที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรมีจำนวนจำกัด และไม่เพียงพอสำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กเสริมเมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร นอกจากนี้ยังพบว่าหากต้องการสร้างแบบจำลองของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร เพื่อใช้วิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ (Finite Element Analysis) (7) ให้มีความถูกต้องและเหมาะสม จำเป็นจะต้องมีแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริม ซึ่งคำนึงถึงผลการรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรที่ถูกต้องเพียงพออีกด้วย

1.1 งานวิจัยที่ผ่านมา

ในปี ค.ศ. 1965 Singh และคณะ (5) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กเสริมคอนกรีตที่รับแรงกระทำในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic Loading) โดยทำการทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมคอนกรีต ให้รับแรงในแนวแกนสลับทิศทางทั้งแรงดึงและแรงอัด เป็นจำนวน 24 ตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างเหล็กเสริมชุดเดียวกัน และจัดเก็บข้อมูลในรูปความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด (Stress-Strain Relationship) พร้อมทั้งได้ศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของเหล็กเสริม พบว่าเมื่อเหล็กเสริมได้รับแรงแบบย้อนกลับ (Reversal Loading) ตำแหน่งที่เกิดการครากจะหายไป โดยจะเกิดความไม่เชิงเส้นขึ้นก่อน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด ได้แก่ ความเครียดที่เหล็กเสริมได้รับก่อนเกิดการให้แรงกระทำย้อนกลับ, จำนวนรอบของการรับแรง, เวลาในการให้แรงกระทำ พร้อมทั้งได้เสนอสมการเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของตัวอย่างเหล็กเสริมที่ทำการทดสอบ

ในปี ค.ศ. 1972 Kent และ Park (2) ได้ทำการทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมรับแรงในแนวแกนแบบสลับทิศทางทั้งแรงดึงและแรงอัด โดยใช้เหล็กเสริมจากหลายชุดตัวอย่าง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดขึ้นอยู่กับความเครียดที่เหล็กเสริมได้รับ (Previous Strain History), จำนวนรอบของการรับแรง และคุณสมบัติแรกเริ่มของเหล็กเสริม (Virgin Properties) พร้อมทั้งได้ทดลอง

ใช้สมการแบบต่าง ๆ รวมทั้งสมการที่เสนอโดย Singh (5) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของตัวอย่างเหล็กเสริมที่ทำการทดสอบ จากนั้นจึงได้เสนอให้ใช้สมการ Ramberg-Osgood เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริมที่รับแรงในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร

การทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมของ Singh (5) และ Kent (2) จำกัดความเครียดไว้ต่ำกว่าความเครียดเมื่อเริ่มเกิดช่วงการแข็งตัวเพิ่ม (Strain Hardening) ในความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดที่รับแรงในทิศทางเดียว (Monotonic Curve) ดังนั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1973 Sozen และคณะ (1) ได้ทำการทดลองเพื่อขยายขอบเขตการศึกษา การทดลองเน้นไปที่พฤติกรรมของเหล็กเสริมคอนกรีตที่รับแรงในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักรที่มีค่าความเครียดสูง ๆ (ความเครียดเมื่อรับแรงอัดไม่เกิน 0.06) โดยทำการทดสอบเหล็กเสริมทั้งหมด 9 ตัวอย่าง และได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้เป็นแบบจำลองสำหรับเหล็กเสริม 2 แบบ คือ แบบจำลอง Ramberg-Osgood และแบบจำลองเชิงเส้น (Linear Model) จากแบบจำลอง Ramberg-Osgood พบว่าความถูกต้องของแบบจำลองขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองนั้น ซึ่งสามารถหาได้จากข้อมูลของตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบโดยใช้วิธีทางสถิติ

ต่อมาในงานวิจัยของ C. Sittipunt และ S.L. Wood (7) ได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางวัสดุสำหรับเหล็กเสริม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก (Shear Wall) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ไฟไนต์เอเลเมนต์ (Finite Element Analysis) แบบจำลองทางวัสดุสำหรับเหล็กเสริมที่ใช้ในการวิจัยนี้ ยังคงใช้สมการของ Ramberg-Osgood เป็นต้นแบบ แบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริมที่เสนอขึ้นนี้ ถูกนำมาประเมินเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมของ Sozen (1) และ Seckin (6) สำหรับเหล็กเสริมที่มีหน่วยแรงครากต่างกัน โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดในช่วงที่รับแรงย้อนกลับ (Reversal Loading) เป็นชุดเดียวกัน ผลที่ได้จากแบบจำลองที่นำเสนอนี้ให้ผลที่สอดคล้องกับการทดสอบดี เนื่องจากพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองนี้เป็นชุดเดียวกันสำหรับเหล็กเสริมชนิดต่าง ๆ คงมีพารามิเตอร์เพียงบางตัวที่ต้องหามาจากการทดสอบเหล็กเสริมรับแรงดึงอย่างเดียว (Monotonic Test) ซึ่งสามารถกระทำได้ง่าย ทำให้แบบจำลองที่เสนอนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบที่นำมาประเมินผลนี้มีอยู่น้อย จึงไม่สามารถยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางวัสดุสำหรับเหล็กเสริมได้อย่างสมเหตุสมผลเพียงพอ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงความจำกัดของข้อมูลในการทดสอบเหล็กเสริมรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร รูปแบบความเครียด (Strain History) แตกต่างจากรูปแบบความเครียดของเหล็กเสริมในกำแพงในงานวิจัยของพิชัย ภัทรรัตนกุล (8) อีกทั้งแบบจำลองวัสดุของเหล็กเสริมที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรที่มียังมีข้อผิดพลาดอยู่หลายกรณี ดังนั้นในการวิจัยนี้ จะได้ทำการทดสอบตัวอย่างเหล็กเสริมเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาแบบจำลองวัสดุ โดยจะทำการทดสอบกับเหล็กเสริมที่มีใช้กันอยู่ในงานก่อสร้างในปัจจุบัน พร้อมทั้งควบคุมความเครียดที่เกิดขึ้นในทำการทดสอบให้เกิดขึ้นใน

หลาย ๆ รูปแบบ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความครอบคลุมมากขึ้น ทำการพัฒนาแบบจำลองทางวัสดุสำหรับเหล็กเสริมเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริมที่ได้รับแรงในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริมสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้มีดังนี้

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักรของเหล็กเสริมที่ใช้ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด (Stress-Strain Relationship) ของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร

3. เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาแบบจำลองทางวัสดุ (Material Model) สำหรับเสริมเหล็กให้สามารถนำไปใช้ในการขยายการศึกษาพฤติกรรมขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้ต่อไป

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการทดสอบและหาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic Loading) โดยจะทำการทดสอบกับ

เหล็กเส้นข้ออ้อยเสริมคอนกรีต SD30 ตามมาตรฐาน มอก. 20-2527.

เหล็กเส้นข้ออ้อยเสริมคอนกรีต SD40 ตามมาตรฐาน มอก. 24-2527.

ในการทดสอบจะทำการทดสอบโดยควบคุมความเร็วของความเครียดที่ให้กับตัวอย่างทดสอบให้อยู่ในระดับอัตราความเครียดกึ่งสถิตย์ (Quasi-Static Strain rate) มีค่าประมาณ 10^{-5} /วินาที ซึ่งได้แนะนำไว้ในงานวิจัยของ Restrepo-Posada (8) และทำการกำหนดขนาดของตัวอย่างทดสอบเพื่อจำกัดมิให้เกิดการโก่งเดาะเกิด (Buckling) ขึ้นในตัวอย่างทดสอบ พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปใช้พัฒนาแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริม เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรแทนผลการทดสอบ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมา

เพื่อทบทวนผลงานเกี่ยวกับการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงกระทำตามแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic Load) ของเหล็กเสริม โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดในเหล็กเสริม พร้อมทั้งศึกษาและรวบรวมแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริม ที่คำนึงถึงผลของแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรด้วย

2. การจัดเตรียมอุปกรณ์ และตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ

เป็นขั้นตอนการออกแบบ, จัดเตรียม และติดตั้งเครื่องมือพร้อมทั้งตัวอย่างที่จะใช้ทำการทดสอบ กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ตัวแปรและปัจจัยที่ต้องควบคุมขณะทำการทดสอบ รวมทั้งกำหนดวิธีการเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ

3. ขั้นตอนการทดสอบตัวอย่าง

ทำการทดสอบตัวอย่าง โดยให้แรงกระทำตามแนวแกนแบบเป็นวัฏจักร และเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไว้โดยละเอียด

4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดในเหล็กเสริม (Stress-Strain Relationship) ที่ได้จากการทดสอบแต่ละตัวอย่าง

5. ทำแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริม

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการค้นคว้าและทดสอบ นำมาพัฒนาแบบจำลองทางวัสดุของเหล็กเสริม เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดในเหล็กเสริมที่รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร

6. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบกับแบบจำลอง และสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการวิจัยครั้งนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. เข้าใจถึงพฤติกรรมในการรับแรงกระทำในแนวแกนแบบเป็นวัฏจักรของเหล็กเสริม โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร

2. พัฒนาข้อมูลพื้นฐานสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจใช้ในการเสนอแบบจำลองวัสดุในรูปแบบอื่นๆ