บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความนำ

ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) เป็นวิธีวิเคราะห์โครงสร้างที่มีประสิทธิภาพซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายและสามารถใช้ปัญหาหลายๆรูปแบบที่แตกต่างกัน หลักการที่สำคัญของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือ การแบ่งโครงสร้างออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ (Discretization) ซึ่งสามารถจำลองโครงสร้างที่เป็นการรวมกัน (Assemblage) ระหว่างชิ้นส่วนย่อยๆหลายชิ้น หลักการนี้สามารถทำโครงสร้างที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้นและสามารถทำปัญหาให้เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ซึ่งสามารถรวมกันให้อยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ อีกทั้งแนวทางการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาความไม่เชิงเส้นด้านวัสดุ (Material nonlinearity)เช่น รอยแตก (Crack) ของคอนกรีต,การคราก (Yield) ของเหล็กเสริม และ ความไม่เชิงเส้นด้านรูปร่าง (Geometric nonlinearity) ซึ่งวิธีวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น ผู้ใช้สามารถเลือกหรือพัฒนาแบบจำลองวัสดุ (Material model) และแบบจำลองชิ้นส่วน (Element model) ที่เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการศึกษา

ดังนั้น การวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic loading) ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม รวมทั้งสามารถขยายผลการศึกษาของพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรูปแบบต่างๆกันได้

1.2งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยงานแรกของการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้เริ่มขึ้นในปีค.ศ.1967 Ngo และ Scordelis (1) ได้ทำการศึกษาและทำการวิเคราะห์คานคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีฐานรองรับแบบธรรมดา (Simply support) และกำหนดรอยแตกไว้ก่อนโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

หลังจากนั้นงานวิจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จำนวนมากได้ถูกศึกษา แต่ยังคงถูกจำกัดไว้ที่ปัญหาทาง 2 มิติ และใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กในห้องปฏิบัติการ (2,3,4,5)

Jofriet และ Mc Niece (6) ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กและยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านศึกษาพฤติกรรมของพื้นและแผ่นผิวบางคอนกรีตเสริมเหล็ก (7,8,9) ในการศึกษาเกี่ยวกับกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น ในปี ค.ศ. 1972 Yuzuqulla (10) ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการศึกษาพฤติกรรมแบบรับแรงกระทำด้านเดียวของระบบกำแพงรับแรงเฉือน-โครงข้อแข็ง ซึ่งถูกทดสอบที่มหาวิทยาลัยโตเกียว ในงานวิจัยที่บุกเบิกการใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อที่จะสร้างแบบจำลองของชิ้น

ส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรได้แก่ งานวิจัยของ Cervenka (11), Cervenka และ Gerstle (12,13) Darwin และ Pecknold (14) Bergan และ Holand (15), Aktan และ Hanson (16) และ Agrawal และคณะ (17) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาอาจกล่าวได้ว่าอุปสรรคที่สำคัญ 2 ประการในการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมเมื่อรับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักรของคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ

1. การขาดความเข้าใจในพฤติกรรมของคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic loading) และความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของแบบจำลองวัสดุ
2. ปัญหาในเชิงตัวเลขที่เกิดขึ้นเมื่อแรงกระทำกลับไปกลับมา

เพื่อที่จะได้รับความเข้าใจในรายละเอียดของพฤติกรรมของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร และเพื่อที่จะรวบรวมข้อมูลในการทดลองที่จำเป็น ซึ่งต้องการเพื่อที่จะวางกฎเกณฑ์ของพฤติกรรมเหล่านี้ ในปี ค.ศ. 1987 Steven,Uzumeri และ Collins (17)ได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชิ้นที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร โดยในจำนวนนี้ 2 ชิ้นส่วนมีจำนวนเหล็กเสริมต่างกัน และรับแรงกระทำกลับไปกลับมาในรูปแบบของแรงเฉือนอย่างเดียว (Pure shear) ในขณะที่อีกชิ้นหนึ่งรับแรงเฉือนแบบเป็นวัฏจักรบวกกับแรงอัดแบบสองแกน (Biaxial)

ในปี ค.ศ. 1993 งานวิจัยของ C.Sittipunt และ S.L.Wood (18,19) ได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางวัสดุ (Material model) สำหรับคอนกรีตและเหล็กเสริม ซึ่งได้รวมพฤติกรรมของคอนกรีตและเหล็กเสริมเมื่อได้รับแรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ ในการพัฒนาแบบจำลองนี้ได้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบกำแพงจำนวน 19 ตัวอย่างจาก PCA และ อีก 2 ตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยอิลลินอยต์ในการปรับแก้และตรวจสอบแบบจำลองทางวัสดุ ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ให้ผลที่ใกล้เคียงกับผลจากการทดสอบ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการเสริมเหล็กรับแรงเฉือน ซึ่งต่อมา พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) ได้ใช้เป็นแนวทางในการทดสอบกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 6 ตัวอย่าง ที่มีเหล็กรับแรงเฉือนต่างๆกัน

ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองวัสดุของคอนกรีตและเหล็กเสริมที่เสนอโดย C.Sittipunt และ S.L.Wood (18,19) รวมทั้งแบบจำลองวัสดุของเหล็กเสริมที่เสนอโดย วรพงษ์ จีนช้าง (21) เป็นแบบจำลองเบื้องต้นในการศึกษาโดยจะใช้ผลการทดสอบกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงกระทำทางด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรที่ทำการทดสอบโดย พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองวัสดุของคอนกรีตและเหล็กเสริม ให้สามารถทำนายพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงกระ ทำทางด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรได้อย่างเหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองวัสดุของคอนกรีตและเหล็กเสริมของ C.Sittipunt (18) ให้เหมาะสมในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้าง

2. เพื่อที่จะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการการศึกษารายละเอียดของพฤติกรรมกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรซึ่งทำการทดสอบโดยพิชัย ภัทรรัตนกุล (20)

3. เพื่อขยายผลการศึกษาและปรับปรุงพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้าง แบบเป็นวัฏจักรโดยการใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทบทวนข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมา

การทบทวนข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมามีจุดประสงค์เพื่อทบทวนผลงานเกี่ยวกับการวิเคราะห์กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของ พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) และ วรพงษ์ จีนข้าง (21)

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของ พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดลักษณะของกำแพงที่จะใช้ในการดำเนินการวิจัย เช่น รูปร่าง ขนาด และ ตำแหน่งที่แรงกระทำ เป็นต้น และยังเป็นข้อมูลในการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย เช่น กำลังรับแรงอัดประลัย (f_c) ของคอนกรีต กำลังรับแรงคราก (f_y) ของเหล็กเสริม เป็นต้น อีกทั้งยังได้ข้อมูลของประวัติการรับน้ำหนักของกำแพงอีกด้วย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 ลักษณะของกำแพงที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย กำแพงที่ใช้ในงานวิจัยเป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 1.1

1.2 คุณสมบัติของวัสดุ

1.2.1 คุณสมบัติของเหล็กเสริม

- รายละเอียดการเสริมเหล็กของตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดังตารางที่ 1-1
- ผลการทดสอบคุณสมบัติของเหล็กเสริมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดังตารางที่ 1-2

1.2.2 คุณสมบัติของคอนกรีต

- ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดังตารางที่ 1-3

1.3 ประวัติการรับน้ำหนักของกำแพง ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของ วรพงษ์ จีนข้าง (21) จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นของเหล็กเสริมซึ่งไม่ได้ทดสอบในข้อมูลของ พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) คือ ความเครียดในช่วงการแข็งตัวเพิ่มขึ้น (Strain hardening) และ ค่าพารามิเตอร์ของเหล็กเสริมที่ทำการทดสอบโดย วรพงษ์ จีนข้าง (21) และ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยของ C. Sittipunt (18) จะเป็นค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม FINITE ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่

รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งปัญหาเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นของโครงสร้าง โดยปัญหาความไม่เชิงเส้นด้านวัสดุ (Material nonlinearity) นั้นจะใช้วิธีการแบบ Incremental iterative Newton-Raphson

คุณสมบัติของโปรแกรม FINITE ที่สำคัญในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือ การแยกแบบจำลองวัสดุ (Material model) และแบบจำลองชิ้นส่วน (Element model) ออกจากระบบหลักของโปรแกรม ซึ่งระบบหลักของโปรแกรมจะทำหน้าที่คำนวณสมการสมดุล, จัดการเกี่ยวกับหน่วยความจำและข้อมูล, คำนวณเมตริกซ์ของสติฟเนส และแสดงผลลัพธ์ ดังนั้นการจำลองวัสดุหรือชิ้นส่วนใหม่สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยไม่ต้องคำนวณในระบบหลักใหม่

3. ศึกษาและสรุปแบบจำลองวัสดุ (Material Model) ที่ใช้

ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองวัสดุของคอนกรีตและเหล็กเสริมที่เสนอโดย C. Sittipunt และ S.L. Wood (18,19) เป็นต้นแบบ และใช้แบบจำลองวัสดุของเหล็กเสริมที่เสนอโดย วรพงษ์ จีนช้าง (21) ในการปรับแก้แบบจำลองวัสดุของเหล็กเสริม แบบจำลองวัสดุทั้งสองจะถูกรวมเข้าด้วยกันในโปรแกรมไฟไนต์ดังกล่าวข้างต้น และ โปรแกรมที่ได้จะใช้วิเคราะห์แบบทดสอบกำแพง โดยคอนกรีตจะถูกจำลองโดยใช้ชิ้นส่วนชนิด4 จุดต่อแบบไอโซพาราเมตริกชนิด plane stress (4-Node Isoparametric plane stress elements) ในขณะที่เหล็กเสริมจะถูกจำลองโดยใช้ชิ้นส่วนแบบ 2 จุดต่อ (2-Node truss elements) ดังแสดงในรูป 1.2 และ 1.3 ข้อมูลจากการทดสอบโดย พิชัย ภัทรรัตนกุล (20) จะใช้เพื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองวัสดุดังกล่าว แบบจำลองวัสดุที่ถูกปรับค่าพารามิเตอร์จะใช้เพื่อเสนอผลการวิเคราะห์ให้ถูกต้องต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแบบจำลองของคอนกรีตและเหล็กเสริมโดยใช้กำแพงที่ทดสอบโดย พิชัย ภัทรรัตนกุลจำนวน 4 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ 1,2,5 และตัวอย่างที่ 6 เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ โดยต่อไปจะเรียกว่าตัวอย่างวิเคราะห์ที่ 1,2,3,4 ดังแสดงในรูปที่ 1.4 รวมทั้งใช้โปรแกรม FINITE ซึ่งถูกพัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ที่ เออร์บานาแชมเปน, มหาวิทยาลัยแคนซัส, มหาวิทยาลัยไวโอมิงและมหาวิทยาลัยคาร์เนกี-เมลลอน ในการศึกษา และในแบบจำลองวัสดุของคอนกรีต ใช้แบบจำลองรอยแตกแบบกระจาย ซึ่งมีทิศทางคงที่ตลอดการวิเคราะห์ และในแบบจำลองวัสดุของเหล็กเสริมไม่ได้คิดผลของการโก่งเดาะของเหล็กเสริม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองวัสดุของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร

2. เข้าใจพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับแรงกระทำด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรที่ทำการทดสอบโดย พิชัย ภัทรรัตนกุล (20)

3. นำไปขยายผลในการศึกษาพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรูปแบบอื่นๆ