บทที่ 1

บทนำ

ความนำ

การออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไปในงานวิศวกรรมโยธา วิศวกรโครงสร้างต้องเริ่มต้นจากการจำลองรูปแบบของโครงสร้างและแรงกระทำ จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์หาแรงภายในของโครงสร้างจำลองนั้น แล้วจึงนำแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการออกแบบ ซึ่งอาจจะต้องทำขั้นตอนข้างต้นหลายครั้งจนกว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจ

แต่เดิมการคำนวณออกแบบโครงสร้างจะกระทำด้วยมือ ซึ่งต้องใช้เวลานานและอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย โดยเฉพาะโครงสร้างที่ยุ่งยากซับซ้อน และโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบบ่อย ๆ ทำให้ละเลยการตรวจสอบบางอย่างไปได้ ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในด้านการคำนวณออกแบบโครงสร้าง เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่ยุ่งยากซับซ้อน และ ดำเนินการออกแบบได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีประสิทธิภาพและได้รับการตรวจสอบมาอย่างถูกต้อง วิศวกรผู้ออกแบบเพียงมีความรู้พื้นฐานเล็กน้อยทางคอมพิวเตอร์ก็สามารถนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และ ออกแบบโดยใช้วิจารณญาณในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้เท่านั้น

การวิเคราะห์โครงสร้างสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี เช่น วิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacement method) วิธีสติฟเนส (Stiffness method) ฯลฯ [1] ล้วนแล้วแต่เน้น

ผลของแรงลัพธ์เป็นแรงกระทำที่ปลายชิ้นส่วน แต่ในการออกแบบจำเป็นต้องรู้แรงภายในเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งสามารถทำได้โดยการแบ่งเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ เพื่อหาแรงลัพธ์ที่แต่ละจุด แล้วจึงทำการออกแบบ วิธีนี้จะมีปัญหาในเรื่องของการจัดการข้อมูล ดังนั้น จึงต้องมีการคำนึงถึงการจัดการฐานข้อมูลเพื่อให้สามารถทำการคำนวณออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงตำแหน่งของแรงลัพธ์ที่เหมาะสมในแต่ละชิ้นส่วนที่จะนำไปใช้ในการออกแบบต่อไป

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาประเทศไทยได้มีการเกิดแผ่นดินไหวถี่ขึ้น และขนาดความรุนแรงมีแนวโน้มมากขึ้น การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้น และอาจจะทำให้เกิดการวิบัติของโครงสร้าง แนวทางในการออกแบบอาจกระทำได้โดยการออกแบบอาคารให้มีความต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหวขนาดสูง ๆ เช่น ออกแบบอาคารในกรุงเทพมหานครให้สามารถต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองเพราะแผ่นดินไหวขนาดนั้นอาจไม่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นเลยในกรุงเทพมหานคร อีกแนวทางหนึ่งก็คือ ออกแบบอาคารให้รับแรงจากแผ่นดินไหวที่คาดว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น แล้วเพิ่มความเหนียวให้แก่โครงสร้าง ซึ่งเป็นแนวทางที่ประหยัดกว่าวิธีแรก [2]

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กให้ต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหว ต้องอาศัยหลักการที่ว่า ควรให้จุดหมุนพลาสติกเกิดขึ้นในคานแทนที่จะเกิดในเสา เพื่อป้องกันการวิบัติของเสาในลักษณะของแรงอัด (Compression failure) ในบางครั้งการเกิดจุดหมุนพลาสติกในเสาเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะเสาชั้นล่างของอาคารสูง ๆ ซึ่งมีผลเนื่องจากแรงเฉือนที่มีค่ามาก ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความเหนียวของเสาในบริเวณที่มีการรัดรอบของเหล็กปลอก (Confined section) ซึ่งจะมีผลในการช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัด (Compressive strength) และความเครียดประลัย (Ultimate strain) ได้มากขึ้น [3]

<u>ผลงานวิจัยที่ผ่านมา</u>

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างที่ยุ่งยากและซับซ้อน ได้

กระทำกันมาเป็นระยะเวลาที่ช้านานแล้ว ยกตัวอย่าง เช่น Bathe, Wilson และ Peterson [4] ได้พัฒนาโปรแกรม SAP IV ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ Wilson, Hollings และ Dovey [5] ได้พัฒนาโปรแกรม ETABS สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ S. Udomlurgchai [6], S. Attasaeranewong [7] ได้พัฒนาโปรแกรม MICROFEAP ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับใช้กับเครื่อง Apple II จากโปรแกรม FEAP บนเครื่อง main frame ต่อมา S. Attasaeranewong และ W. Kanok-Nukulchai [8] ได้พัฒนาโปรแกรม MICROFEAP บนเครื่อง IBM-PC โดยมีการแสดงผลเชิงภาพประกอบด้วย แต่ยังคงทำการวิเคราะห์ได้เพียงอย่างเดียว LeBlanc [9] ได้พัฒนาโปรแกรม MICRO-ANSWER จากโปรแกรม ANSWER บนเครื่อง main frame จนสามารถนำมาใช้กับเครื่อง IBM PC โดยมีการแสดงผลเชิงภาพประกอบด้วย แต่ก็ยังคงทำการวิเคราะห์ได้เพียงอย่างเดียวเช่นกัน Salmon [10] ได้พัฒนาโปรแกรมออกแบบคานคอนกรีตโดยใช้มาโครของ LOTUS 1-2-3 แต่สามารถทำการออกแบบคานได้เพียงอย่างเดียว Roufaiel และ Monasa [11] ได้พัฒนาโปรแกรม FRAME-AD เวอร์ชัน 3.0 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเหล็กตามมาตรฐานของ AISC โดยมีการแสดงผลเชิงภาพประกอบ แต่ก็ใช้ได้กับโครงสร้างเหล็กเท่านั้น ทักษิณ เทพชาตรี [12] ได้พัฒนาโปรแกรม AUTORC ซึ่งสามารถวิเคราะห์ และ ออกแบบพื้น คาน และ เสาสั้นรับแรงในแนวแกนสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในระนาบของพื้นแต่ละชั้น โดยสามารถแสดงลักษณะของโครงสร้างในเชิงภาพ แต่การออกแบบก็มิได้แสดงถึงความเหนียวของโครงสร้างแต่อย่างไร ฯลฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยแสดงถึงความเหนียวของโครงสร้าง (Ductility)

2. พัฒนาโปรแกรมให้มีขีดความสามารถตั้งแต่ทำการวิเคราะห์โครงสร้างไปจนถึงขั้นออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็ก บนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ตามแนวการออกแบบที่คำนึง

ขอบข่ายของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 เป็นส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างระนาบ และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่ทำการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

การวิเคราะห์โครงสร้าง จะครอบคลุมโครงในระนาบ 2 มิติ ที่มักจะมีการจำลองรูปแบบกันทั่วไป ประกอบด้วย โครงสร้างระนาบ โครงข้อหมุน หรือ โครงสร้างระนาบกับโครงข้อหมุนรวมกัน โดยใช้การวิเคราะห์อันดับ 1 (First order plane frame analysis) ซึ่งมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. พฤติกรรมของวัสดุยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่นเป็นเส้นตรง
2. แรงที่กระทำกับโครงสร้างเป็นแรงกระทำสถิต (Static load) ไม่ขึ้นกับระยะเวลา
3. แต่ละชิ้นส่วน มีคุณสมบัติ เหมือนกันตลอดความยาว (Prismatic member)

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำการออกแบบโดยใช้ทฤษฎีกำลังประลัย เพื่อคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริม จากนั้นจึงไปคำนวณหาความเหนียวของหน้าตัด โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ระนาบของหน้าตัดหลังจากเกิดการดัดยังคงเป็นระนาบ
2. ออกแบบคานหน้าตัดสี่เหลี่ยมโดยไม่คำนึงถึงแรงในแนวแกน
3. ความเครียดสูงสุดที่ผิวนอกของเสา จะพิจารณาที่กำลังประลัยสุดท้ายซึ่งมีค่าไม่เกิน 90 % ของกำลังประลัยที่ความเครียดเป็น 0.003
4. ออกแบบเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่มีแรงในแนวแกน และ อาจจะมีโมเมนต์ทิศทางเดียวกระทำที่ปลายเสาร่วมด้วยโดยถือว่าไม่มีน้ำหนักบรรทุกด้านข้าง (Lateral load) กระทำกับเสา สำหรับการจัดเรียงของเหล็กเสริมจะสมมติให้วางกระจายอยู่ 2 ด้านชิดผิวของเสาด้านที่ขนานกับแกนรับโมเมนต์ดัด

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้าง ทำโดยใช้วิธีการรวมสติฟเนสโดยตรงเพื่อให้ได้สติฟเนสของโครงสร้าง และ แรงกระทำที่จุดต่อ เพื่อไปทำการแก้สมการหาการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ และแรงภายในของแต่ละชิ้นส่วน

การออกแบบใช้การออกแบบด้วยวิธีกำลังประลัยโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ACI318-83 [13] สามารถคำนวณค่าความเหนียวตามปริมาณเหล็กเสริมที่ใช้ และ แสดงผลรวมของกำลังรับโมเมนต์ประลัยของเสา และ กำลังรับโมเมนต์ประลัยของคานที่มาต่อกันที่จุดต่อ (Ultimate moment of section)

ความเหนียวของโครงสร้าง (Ductility) จะทำการพิจารณาจากค่าของดรรชนีความเหนียว (Ductility index) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่าง ค่าความโค้งที่จุดประลัย กับค่าความโค้งที่จุดคลาก

การหาค่าความเหนียวของคานจะไม่คิดผลการรัดรอบของเหล็กปลอก (Unconfined section) โดยถือว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของคอนกรีตมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่จุดคลาก จึงนำทฤษฎีอีลาสติกมาใช้ในการหาค่าความโค้งที่จุดคลาก

การหาค่าความเหนียวของเสา จะคำนึงถึงผลการรัดรอบของเหล็กปลอกที่มีผลต่อการเพิ่มกำลังรับน้ำหนักของเสา (Confined column section)

ขั้นตอน และ วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. คำนวณหน่วยความจำโดยประมาณสำหรับตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์และ ออกแบบ

2. วางโครงสร้างของโปรแกรม

3. เขียนโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ และ ออกแบบ

4. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัย

5. สรุปผลการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมนี้ไปช่วยในการวิเคราะห์ และ ออกแบบได้อย่างรวดเร็วโดยให้ค่าความถูกต้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีการคำนวณหาความเหนียวของโครงสร้าง ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงในการออกแบบอาคารให้ต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหว โปรแกรมออกแบบส่วนใหญ่ในปัจจุบันไม่ได้แสดงถึงผลอันนี้

2. สามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ หรือ พัฒนาต่อไป สำหรับการวิจัยอื่น ๆ ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย