พอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

บทนำทั่วไป

ในโครงสร้างอาคารสูง แรงกระทำด้านข้างอันเกิดจากแรงลมหรือแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวจัดได้ว่ามีความสำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบ นอกเหนือจากแรงกระทำในแนวดิ่ง ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักจร โดยปกติโครงสร้างอาคารสูงที่มีจำนวนชั้นไม่เกิน 20 ชั้น โครงอาคารประเภทโครงข้อแข็ง ผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว หรือผนังต้านแรงเฉือนคู่ ก็มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงกระทำด้านข้างได้ เมื่อจำนวนชั้นของอาคารเกิน 40 ชั้นขึ้นไป การที่จะใช้โครงอาคารประเภทดังกล่าว . ย่อมก่อให้เกิดความไม่เหมาะสมและไม่ประหยัด เนื่องจากสติฟเนสของโครงอาคารมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความชะลูดของอาคาร ทำให้การเคลื่อนที่ในแนวราบสูงเกินกว่าที่ยอมให้ในการออกแบบ ดังนั้นโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นโครงอาคารประเภทหนึ่งที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ต้านทานแรงกระทำด้านข้างเมื่อจำนวนชั้นสูงขึ้น โดยอาศัยคุณสมบัติทางด้านรูปร่างของโครงอาคารที่ให้สติฟเนสสูง ซึ่งโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ประกอบด้วยเสารอบนอกที่มีการจัดวางระยะห่างใกล้กันพอสมควรและยึดด้วยคานที่แข็งแกร่งในแต่ละชั้น ทำให้มีพฤติกรรมเหมือนโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยทั่วไประยะห่างของช่วงเสามีค่า 1.22 ม. ถึง 4.50 ม. และความกว้างของคานยึดมีค่า 0.60 ม. ถึง 1.22 ม. ส่วนความลึกของคาน มีค่า 0.25 ม. ถึง 1.00 ม. ในโครงสร้างอาคารสูง อาจจะประกอบด้วยโครงอาคารหลายระบบดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าต่างๆเพื่อใช้ในการออกแบบ สามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์ละเอียดโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น SAP IV, ETABS เป็นต้น แต่มีความยุ่งยากและใช้วลาในการป้อนข้อมูลมาก รวมทั้งเสียค่าใช้จ่ายสูงจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการออกแบบขั้นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์โดยประมาณที่ให้ค่าถูกต้องและง่ายต่อการใช้งาน ย่อมเหมาะที่จะใช้ในการออกแบบขั้นต้น ในวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งที่จะศึกษาวิธีการวิเคราะห์อย่างง่ายของโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าในการต้านทานแรงกระทำด้านข้างที่เกิดขึ้น โดยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ ทำให้ได้ค่าถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยวิธีเดียวกันนี้ สามารถที่จะนำไป

วิเคราะห์ร่วมกับโครงสร้างอาคารที่อาจจะประกอบไปด้วย โครงข้อแข็ง หรือผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว หรือผนังต้านแรงเฉือนคู่ เป็นต้น

1.2 การสำรวจการวิจัยในอดีต

วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณของโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้มีการค้นคว้ากันมาเป็นจำนวนมาก แต่ก็มีข้อจำกัดในแต่ละวิธีการวิเคราะห์ ทั้งในด้านการแปรเปลี่ยนขนาดของชิ้นส่วน การคำนวณหาค่าแรงหรือระยะเอน ชนิดของแรงกระทำด้านข้าง เป็นต้น อย่างเช่น

Coull และ Subedi [1] ได้เสนอวิธีโครงข้อแข็งระนาบเทียบเท่า (Equivalent Plane Frame) โดยอาศัยลักษณะการต้านทานแรงกระทำด้านข้างที่สำคัญและความสมมาตรของโครงสร้าง ทำให้สามารถจำลองโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า 3 มิติ เป็นโครงข้อแข็งด้านที่ขนาน เชื่อมต่อกับโครงข้อแข็งด้านที่ตั้งฉากกับทิศทางของแรงกระทำด้านข้างด้วยองค์อาคารที่ถ่ายเฉพาะแรงเฉือนในแนวดิ่งเท่านั้น วิธีนี้สามารถประยุกต์กับโปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อแข็งที่มีอยู่แล้ว ซึ่งค่าความถูกต้องขึ้นอยู่กับสติฟเนสขององค์อาคารที่เชื่อมต่อแต่ก็ศึกษา เฉพาะกรณีแรงดัดที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำด้านข้างเท่านั้น ในลักษณะวิธีการที่คล้ายคลึงกัน Rutenberg [2] ได้ศึกษารวมถึงแรงดัดและแรงบิด ที่ต้านทานโดยโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า

Khan และ Amin [3] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณ อาศัยผลจากการวิเคราะห์โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่สูง 10 ชั้น ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์ โดยการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนสติฟเนสของเสาและคาน รวมถึงอัตราส่วนความกว้างของด้านตั้งฉากและด้านขนานกับแรงกระทำด้านข้าง และนำผลของการวิเคราะห์มาจัดทำเป็นกราฟที่ขึ้นอยู่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทำให้สามารถหาค่าแรงในแนวแกนของเสาและแรงเฉือนในคานได้ โดยอาศัยกราฟที่ได้จัดทำไว้ รวมถึงการพิจารณาลักษณะของการเคลื่อนที่ที่สำคัญทำให้สามารถหาค่าระยะเอนได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดใช้ได้เฉพาะกรณีแรงกระทำด้านข้างที่มีการกระจายคงที่ตลอดความสูง

Coull และ Bose [4,5] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณที่ต้านทานแรงดัดและแรงบิดที่เกิดขึ้น โดยการแทนโครงสร้างดิสครีต (Discrete Structure) ด้วยกล่องเทียบเท่าออร์โธทรอปิค (Equivalent Orthotropic Tube) ที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(Modulus of Elasticity) ในแนวราบและแนวดิ่งเทียบเท่ากับสติฟเนสของเสาและคาน รวมถึงค่าโมดูลัสของการเฉือน (Shear Modulus) ที่เทียบเท่ากับสติฟเนสของการเฉือนของหน่วยโครงข้อแข็ง โดยการสมมติการกระจายหน่วยแรงในแนวแกนของกล่องเทียบเท่าออร์โธทรอปิค หาค่าพลังงานความเครียดทั้งหมด (Total Strain Energy) แล้วใช้หลักพลังงานศักย์รวมน้อยที่สุด (Principle of Minimum Total Potential Energy) ทำให้หาค่าคงที่ของฟังก์ชั่นที่สมมติขึ้นได้ แทนค่าต่างๆในสมการทำให้สามารถหาค่าแรงที่เกิดขึ้นได้ ส่วนการเคลื่อนที่นั้นหาจากวิธีการที่เสนอโดย **Coull และ Ahmed** [6] แต่ก็ใช้ได้กับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดของคานและเสาคงที่ตลอดความสูงเท่านั้น

สุธรรม [7] ได้เสนอวิธีสำหรับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งต้านทานแรงกระทำด้านข้างที่สมมาตร อาจเป็นแรงกระจายขนาดคงที่ตลอดความสูง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยการสมมติการกระจายของหน่วยยืดหดในเสารอบนอก จากนั้นใช้ทฤษฎีความสมดุลย์และสมมติฐานของการเคลื่อนที่ของหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วย ทำให้สามารถหาพลังงานภายในที่เกิดจากการโก่งสำหรับโครงข้อแข็งต้านขนานกับแรงด้านข้าง และพลังงานจากการยืดหรือหดของเสาในเทอมความสูงได้ และใช้วิธีการของริทซ์ (Ritz) สามารถหาค่าคงที่ที่สมมติขึ้นได้ จากนั้นหาค่าแรงและการเคลื่อนที่ของโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งวิธีการนี้ใช้ได้กับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการแปรเปลี่ยนขนาดได้

พูลสวัสดิ์ [8] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งต้านทานแรงบิด โดยนำเอาวิธีการของ **Coull และ Bose** มาค้นคว้าต่อและใช้วิธีการเดียวกัน แต่ต่างกันที่การสมมติการเคลื่อนที่ที่สำคัญแทนการสมมติการกระจายหน่วยแรงของกล่องเทียบเท่าออร์โธทรอปิค ทำให้สามารถหาพลังงานภายในที่เกิดขึ้นในรูปของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง และมุมที่บิดไปของกล่องเทียบเท่าออร์โธทรอปิค จากนั้นจึงใช้หลักพลังงานศักย์รวมน้อยที่สุด และวิธีการของริทซ์ ในการหากลุ่มของสมการเส้นตรงทางพีชคณิตเพื่อหาค่าคงที่ที่ติดอยู่ในฟังก์ชั่นของการเคลื่อนที่ซึ่งสมมติขึ้น แต่ก็ทดสอบผลเฉพาะกรณีแรงบิดที่มีขนาดคงที่

ตลอดความสูง วิธีนี้ใช้ได้กับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมที่มีการแปรเปลี่ยนขนาดของเสาและคานตามความสูงได้

สำหรับการวิเคราะห์โดยการจำลองแรงด้านข้างที่มากระทำต่อโครงสร้างนั้น ได้มีการศึกษากันมาเฉพาะกรณีโครงสร้างประกอบด้วย โครงข้อแข็ง ผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว และผนังต้านแรงเฉือนคู่ เป็นต้น อย่างเช่น

Coull และ Adams [9] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังต้านแรงเฉือนคู่ และผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว โดยการแทนแรงที่ต้านทานโดยโครงอาคารด้วยแรงกระทำในรูปโพลิโนเมียลแล้วสมมติว่าโครงอาคารทั้งสองต่อกันเป็นจุดๆ โดยที่จำนวนจุดต่อขึ้นอยู่กับอันดับสูงสุดของโพลิโนเมียล ทำให้สามารถตั้งสมการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของโพลิโนเมียลได้ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จะลู่ออก (Diverge) เมื่อใช้ค่ากำลังสูงสุดของโพลิโนเมียล ต่อมา **Coull และ Mohammed** [10] ก็ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์อย่างง่ายสำหรับโครงอาคารที่ประกอบด้วย โครงข้อแข็ง ผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว ผนังต้านแรงเฉือนคู่ และ Shear Core โดยใช้หลักการเดียวกันต่างกันที่เพิ่มแรงที่ต้านโดยโครงอาคารด้วย แรงเดี่ยวที่จุดยอดสุด แต่ก็ไม่ได้แปรเปลี่ยนขนาดของโครงอาคาร โดยใช้หลักการเดียวกับของ **Coull และ Mohammed** **ธีรศักดิ์** [11] ได้นำมาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้การวิเคราะห์สะดวกและรวดเร็ว นอกเหนือจากนี้ยังได้เพิ่มเติมในส่วนที่โครงอาคารสามารถแปรเปลี่ยนขนาดตามความสูงได้ เช่น โครงข้อแข็ง ผนังต้านแรงเฉือนเดี่ยว เป็นต้น ซึ่งค่าความถูกต้องนั้นขึ้นอยู่กับ การใช้อันดับสูงสุดของโพลิโนเมียล ตำแหน่งของระดับอ้างอิง (Reference Level) เป็นต้น แต่ก็ให้ผลที่น่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการออกแบบขั้นต้นได้ ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่สามารถแปรเปลี่ยนขนาดของเสาและคานตามความสูงได้ รวมถึงแรงกระทำด้านข้างที่มีการกระจายในรูปแบบต่างๆ และวิเคราะห์ร่วมกับโครงอาคารประเภทอื่นๆ ที่ใช้ต้านทานแรงกระทำด้านข้างได้อีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการรับแรงกระทำด้านข้างของโครงข้อแข็งรูปกล่อง

สี่เหลี่ยมผืนผ้า ทั้งการสมมาตรและไม่สมมาตรของแรงกระทำด้านข้าง

1.3.2 เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบขั้นต้นของโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะศึกษาถึงวิธีการวิเคราะห์อย่างง่าย เพื่อหาค่าการกระจายของแรงกระทำด้านข้างสำหรับโครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีขอบเขตดังนี้

1.4.1 โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีระยะห่างของช่วงเสาในแต่ละด้านคงที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งตามความสูง โดยที่ระยะห่างของช่วงเสาในแต่ละด้านเท่ากันหรือแตกต่างกันก็ได้ และมีการแปรเปลี่ยนขนาดของชิ้นส่วนของเสาและคานตามความสูง

1.4.2 โครงข้อแข็งรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีแรงกระทำด้านข้าง ที่อาจก่อให้เกิดแรงที่ผ่านศูนย์กลางของโครงสร้างและแรงบิด

1.4.3 วิเคราะห์หาค่าต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบขั้นต้น โดยเปรียบเทียบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่วิเคราะห์ละเอียด และงานวิจัยที่ผ่านมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย