หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

โดยทั่วไปผนังอิฐก่อหรือผนังอิฐบล็อคในอาคาร จะออกแบบเพื่อประโยชน์ในทางสถาปัตยกรรมมากกว่าในด้านวิศวกรรม แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปออกสู่ตลาด ด้วยกรรมวิธีการผลิตจากโรงงาน ซึ่งสามารถควบคุมคุณภาพของคอนกรีตได้อย่างดี มีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนย้ายและสะดวกต่อการติดตั้ง ทำให้การก่อสร้างได้รวดเร็วและการที่ผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปบรรจุอยู่ในโครงข้อแข็ง ถึงแม้จะบางแต่ก็รับแรงเฉือนได้ดีและยังเพิ่มกำลังให้โครงข้อแข็งมีความสามารถในการรับแรงตามแนวราบในระนาบของโครงข้อแข็งได้เป็นอย่างดี

ผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปรับแรงด้านข้าง อาจพิจารณาคำนวณกำลังไว้อย่างง่าย โดยใช้ทฤษฎีกำลังของวัสดุว่าด้วยการรับแรงเฉือน พฤติกรรมของผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปขณะวิบัติจะเกิดรอยแตกร้าว เนื่องจากแรงเฉือนตรงบริเวณรอยต่อของแผ่นผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปเกินค่าพิกัด ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปมีกำลังสูง เพราะเป็นชิ้นส่วนผลิตจากโรงงาน สามารถควบคุมคุณภาพได้อย่างดี ส่วนปูนก่อซึ่งใช้ยาแนวระหว่างแผ่นมีกำลังต่ำจึงเป็นผลให้เกิดการวิบัติในบริเวณรอยต่อ แต่ถ้าปูนก่อยาแนวมีกำลังสูงขึ้นและเพิ่มคุณภาพของฝีมือในการก่อยาแนวให้ดีขึ้น อาจทำให้ผนังทั้งแผงเกิดการวิบัติในแนวทะแยงระหว่างมุมของโครงข้อแข็งได้

ผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนโครงสร้างใช้ก่อสร้างแทนผนังอิฐและคอนกรีตบล็อคที่ใช้กันอยู่ โดยทั่วไปซึ่งผู้ผลิตได้คิดค้นและดัดแปลงให้รวดเร็วในการก่อสร้าง มีน้ำหนักเบา มีกำลังสูง และมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ดังนั้นผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปจึงทำให้การก่อผนังได้รวดเร็วและมีผิวเรียบ ไม่จำเป็นต้องฉาบผิว เพียงเฉพาะยาแนวก็เพียงพอซึ่งแตกต่างจากการก่ออิฐทั่ว ๆ ไป ซึ่งเมื่อก่อเสร็จแล้วต้องรอให้ได้กำลังจึงฉาบให้เรียบ

การก่อสร้างด้วยผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปจะใช้แผ่นสำเร็จรูปจำนวน 3 แผ่น วางซ้อนกัน 3 ชั้น โดยมีระยะระหว่างแผ่นของผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปเฉลี่ยประมาณ 4.5 ซม. แล้วใช้ปูนก่อยาแนว ชั้นหนึ่ง ๆ ของอาคารจะมีรอยต่อระหว่างแผ่นเพียง 2 แนว และแผ่นคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปนี้จะบรรจุในโครงข้อแข็งให้มีกำลังในระนาบของผนังที่แข็งแรงมากขึ้น

ผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปบรรจุในโครงข้อแข็ง เมื่อรับแรงจากภายนอก เช่น แรงลม หรือแผ่นดินไหว โครงข้อแข็งพร้อมผนังที่บรรจุอยู่จะมีการเซเกิดขึ้น อาศัยพฤติกรรมว่าด้วยผิวสัมผัสระหว่างโครงข้อแข็งกับผนังที่บรรจุ เมื่อมีแรงกระทำทางด้านข้างในระนาบต่อโครงข้อแข็ง แรงที่กระทำต่อผนังที่บรรจุอยู่กระจายเป็นแบบสามเหลี่ยม[5] ในแนวตั้งฉากกับแนวเสาและคาน โดยมีความยาวของแรงกระจายจากมุมต่อระหว่างเสากับคานไปถึงกึ่งกลางความยาวของเสาและคาน ทั้งนี้โดยอิงทฤษฎีของพอร์ทอลเฟรมดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งสมมุติให้จุดดัดกลับเกิดขึ้นที่กึ่งกลางช่วงของชิ้นส่วนโครงสร้างทั้งแนวยืนและแนวนอน พฤติกรรมของผนังในการรับแรงจะเป็นค้ำยันเสมือนในแนวทะแยงของโครงข้อแข็ง[4] อย่างไรก็ดีในงานวิจัยนี้จะไม่พิจารณาสภาพเนสของโครงข้อแข็งเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่จะถือว่าแรงที่เกิดขึ้นจะถ่ายจากโครงข้อแข็งเข้าสู่ผนังคอนกรีตโดยตรง และในการทดลองจะแทนแรงสามเหลี่ยมด้วยแรงแบบจุด กระทำที่จุดศูนย์ถ่วงของรูปสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 1.2

พฤติกรรมของผนังบรรจุในโครงข้อแข็งได้มีการศึกษากันมานาน แต่ส่วนมากจะเน้นวัสดุผนังที่เป็นอิฐ สำหรับแผ่นคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปเมื่อใช้เป็นผนังบรรจุในโครงข้อแข็ง จะมีพฤติกรรมรับแรงด้านข้างที่แตกต่างออกไปบ้าง เพราะมีหน้าตาที่แตกต่างจากผนังอิฐทั่วไป อีกทั้งมีแนวต่อระหว่างแผ่นและการเชื่อมยึดกับโครงข้อแข็งที่แตกต่างออกไป

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับผนังบรรจุในโครงข้อแข็งรับแรงด้านข้างในแนวราบ ได้มีการค้นคว้ากันมานาน นักวิจัยได้พยายามศึกษาพฤติกรรมของผนังทั้งเชิงวิเคราะห์และการทดสอบเต็มขนาดหรือการทดสอบจากขนาดจำลอง เพื่อหาตัวแปรที่สำคัญ เพื่อใช้ในการทำนายพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง และคำนวณออกแบบได้ง่าย ให้ค่าที่ปลอดภัย

Holmes[2,3] ได้ทำการวิเคราะห์และทดสอบหาความแข็งแรงของผนังคอนกรีตอิฐและอิฐกลวง บรรจุในโครงข้อแข็งเหล็กชั้นเดียว โดยมีสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนัง ($\frac{L}{H}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1.4 และกำหนดให้ค่าสติฟเนสของคานต่อเสามีค่า 1 และ 2 จากผลการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยวิธีค้ำยันเสมือน (Equivalent strut) หากำลังประลัยพบว่า ให้ค่าแตกต่างประมาณ ±15 % (คอนกรีต) ±10 % (อิฐดิน) และ -8 ถึง -20 % (อิฐกลวง) ต่อมาไซล์มได้ทำการทดสอบผนังคอนกรีตและผนังอิฐบรรจุในโครงข้อแข็งเหล็กสองชั้น โดยมีสัดส่วนความยาวต่อความสูง ($\frac{L}{H}$) ของผนังมีค่า 1:1 และสัดส่วนของสติฟเนสของคานต่อเสาอยู่ในช่วง 0.3-2 ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ ให้ค่าแตกต่างกันประมาณ ±15 % ผลการทดสอบทั้งสองชุด ไซล์มได้สรุปไว้ว่า การศึกษาพฤติกรรมของผนังคอนกรีต ผนังอิฐ บรรจุในโครงข้อแข็งสามารถทำนายพฤติกรรมการรับแรงของผนังได้โดยใช้ทฤษฎีกำลังวัสดุเบื้องต้น

การศึกษาทดสอบผนังมอร์ต้าของ Stafford Smith[4,5] โดยใช้แบบจำลองขนาดเล็กให้รับแรงในแนวทะแยงโดยให้ผิวสัมผัสที่รับแรงมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-0.3 ของความยาวผนัง และมีสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังอยู่ระหว่าง 1-2 ในการทดสอบได้วัดหาค่าความเครียดของผนังในแนวทะแยงมุม เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความกว้างประสิทธิผลต่อความยาวทะแยงมุมของผนังค้ำยันเสมือนกับสัดส่วน ($\frac{L}{H}$) จากการศึกษาพบว่า ความกว้างประสิทธิผลของผนังค้ำยันเสมือนจะแปรผันกลับกับสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนัง กล่าวคือถ้าความยาวต่อความสูงมากขึ้น จะทำให้ความกว้างของค้ำยันแคบลง

ต่อมา Smolira[6] ได้นำเอาทฤษฎีค้ำยันเสมือนไปใช้วิเคราะห์ตึกสูงรับแรงลม ใช้วิธีสติฟเนส (Stiffness method) และวิธีเฟล็กซิบิลิตี้ (Flexibility method) และเพื่อยืนยันทฤษฎี Smolira ได้สร้างโครงข้อแข็งคอนกรีตจำลอง 6 ชั้น ก่อผนังอิฐบรรจุในโครงข้อแข็งขนาด 60x30 ซม. ทำการทดสอบเพื่อหาแรงที่เกิดขึ้นในค้ำยันเสมือน จากการทดสอบพบว่า ผลการทดสอบให้ค่าแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ประมาณ 18 % ถึง 30 % Smolira ให้เหตุผลของการผิดพลาดว่าเกิดจากรูปแบบจำลองที่ใช้ทดสอบ ความไม่แน่นอนของค่าความยืดหยุ่นของผนังอิฐ (Ew) และการหาค่าความกว้างประสิทธิผลของค้ำยันเสมือน

วิษณุ หริวงศ์จงเจริญ[7] ได้ศึกษาวิเคราะห์กำลังของผนังอิฐ บรรจุในโครงข้อแข็งรับแรงด้านข้าง โดยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์ กำหนดสัดส่วนความยาวต่อความสูง ($\frac{L}{H}$) ของผนังระหว่าง 1-2 และพิจารณาผิวสัมผัสที่แรงกระทำของเสาและคานมีต่อผนังในช่วง 1/8-1/2 ของความยาวผนังเพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับผลของการวิเคราะห์และผลการทดสอบที่ทำมาในอดีต[11,12] จากการเปรียบเทียบพบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยไฟไนเอเลเมนท์เพื่อนำไปหาค่าค้ำยันเสมือนและค่าความกว้างประสิทธิผลของค้ำยันเสมือน โดยถือว่าการยึดหดของผนังอิฐเป็นการยึดหดของค้ำยันเสมือนนั้น ให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบที่ทำมาในอดีต เฉพาะสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังในช่วงที่พิจารณา ทั้งนี้โดยการกำหนดให้ความยาวของผิวสัมผัสที่แรงกระทำต่อความยาวผนัง ($\frac{\alpha}{L}$) มีค่า 0.5 จะได้ค่าความกว้างประสิทธิผลต่อความยาวของค้ำยันเสมือน ($\frac{b_w}{Ld}$) เท่ากับ 0.49-0.32 และถ้าเปลี่ยน $\frac{\alpha}{L}$ เป็น 0.25 จะได้ค่า $\frac{b_w}{Ld}$ เท่ากับ 0.38-0.24 โดยที่สัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังมีค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 2

เอนก ชมวงษ์[1] ได้ทำการวิเคราะห์หากำลังของผนังอิฐมอญรับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์เช่นกัน และได้ทำการทดสอบด้วยผนังอิฐก่อสูง 1.50 เมตร แปรส่วนความยาวให้สัดส่วนความยาวต่อความสูง ($\frac{L}{H}$) ของผนังอยู่ในช่วง 1-2 ในการวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานโดยให้แยกพิจารณาแรงโอบอุ้มของโครงข้อแข็งออกจากแรงกระทำต่อผนังอิฐก่อ โดยทฤษฎีของพอร์ทอลเฟรมซึ่งให้ผิวสัมผัสที่แรงกระทำต่อผนังเป็นรูปสามเหลี่ยม มีความยาวของแรงเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวของเสาและคาน ($\frac{\alpha}{L} = 0.5$) ผลการทดสอบพบว่า ลักษณะการวิบัติของผนังเป็นแบบขึ้นบันไดตามแนวทะแยงมุม ทั้งนี้เนื่องจากแรงดึงในแนวทะแยงมุมเกินกว่าพิกัด ซึ่งก็ตรงกับผลการวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์เอเลเมนท์

1.3 การศึกษาวิจัย

ในการศึกษาผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปบรรจุในโครงข้อแข็งรับแรงกระทำด้านข้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อจะหาพฤติกรรมของผนังในตึกสูงรับแรงลมหรือรับแรงแผ่นดินไหว และหาสาเหตุของการวิบัติในผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูป ด้วยการทดสอบผนังที่มีขนาดเท่าของจริง และทำการวิเคราะห์หน่วยแรงต่าง ๆ บนผนังด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์ซึ่งเขียนและปรับปรุงด้วย R.S. Sandhu[13] เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับผลการทดสอบ หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังกับค่าหน่วยแรงต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณกำลังความสามารถในการรับแรงด้านข้างของผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูป สำหรับสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังในช่วงที่พิจารณา

การศึกษาพฤติกรรมของผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปในการรับแรงด้านข้างในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินในงานดังนี้

1. ทำการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต

2. เลือกตัวแปรและขนาดของตัวอย่างทดสอบที่จะใช้ในงานวิจัย

3. ออกแบบชุดเครื่องมือทดสอบ

4. ทำการทดสอบ

5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

ขอบเขตในงานวิจัยนี้มุ่งพิจารณาผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปที่บรรจุอยู่ในตึกสูง ในช่วงชั้นกลาง ๆ ของตึก ซึ่งมีสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนัง $(\frac{L}{H})$ อยู่ในช่วง 0.6-1.4 ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดสดิฟเนสของโครงข้อแข็งเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่จะพิจารณาเฉพาะแรงที่โครงข้อแข็งกระทำต่อผนัง ซึ่งสมมุติให้เป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความยาวของแนวแรงกระจายจากมุมต่อระหว่างเสากับคานถึงกึ่งกลางความยาวเสาและคาน และมีพื้นที่หน้าตัดของเนื้อคอนกรีตต่อพื้นที่หน้าตัดรวมของแผ่นตัวอย่างทดสอบ $(\frac{A_c}{A_g})$ เท่ากับ 65.71 % สำหรับหน้าตัดด้านตั้งฉากกับรูกลวง ผนังคอนกรีตกลวงสำเร็จรูปแต่ละแผงจะใช้แผ่นตัวอย่างทดสอบจำนวน 3 แผ่น มีระยะห่างระหว่างแผ่นโดยเฉลี่ยประมาณ 4.5 ซม. ปูนก่อยาแนวต้องผสมน้ำยาบอนด์กรีตในอัตราส่วนน้ำต่อน้ำยาเท่ากับ 2:1 โดยประมาณ และผนังที่ใช้ทดสอบไม่มีช่องเปิดภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย