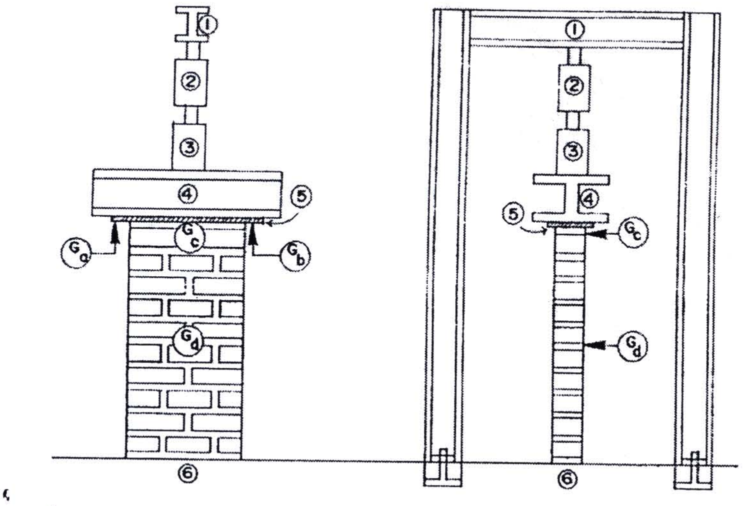
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาในครั้งนี้ต้องการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงร่วมระหว่างผนังทึบกับโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงเฉือน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการทดลอบผนังทึบเปล่าและผนังทึบที่โอบรัดด้วยโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงเฉือนและส่วนที่สองเป็นการจำลองพฤติกรรมการรับแรงของผนังทึบและผนังทึบที่โอบรัดด้วยโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงเฉือน ผู้ศึกษาได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังนี้

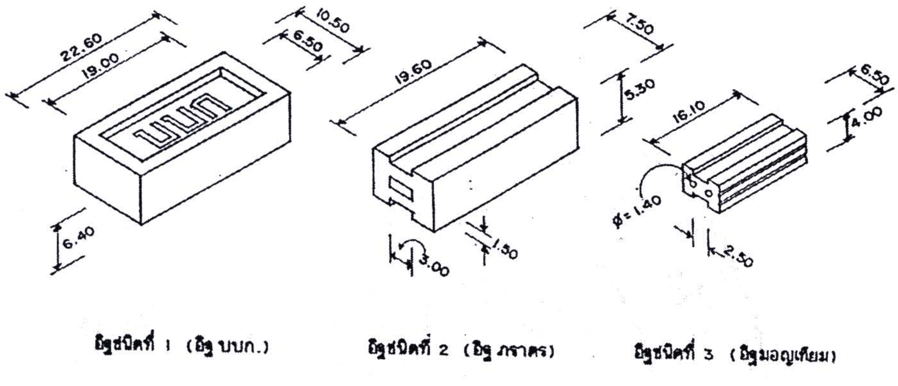
2.1 การศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของผนังทึบ

รายงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถบอกได้ว่าผนังทึบมีส่วนช่วยเพิ่มค่าความแข็งเกร็งและกำลังให้กับโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงด้านข้าง รายงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการทดลองพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังทึบโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กกับผนังทึบภายใต้แรงเฉือน สามารถสรุปโดยย่อดังนี้

อนุเทพ แซวตระกูล (2538) ทำการศึกษาพฤติกรรมของอิฐที่ผลิตภายในประเทศภายใต้น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งและแผ่กระจายสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 โดยคัดเลือกอิฐมา 3 ชนิด คือ อิฐ บบก., อิฐภราดรและอิฐสามัญ ดังแสดงในภาพที่ 2.2 แล้วนำมาก่อผนังที่มีอัตราส่วนความชะลูด 5 อัตราส่วนในอิฐแต่ละชนิด แล้วทำการทดสอบโดยการถ่ายน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งแบบแผ่กระจายตรงศูนย์จนอิฐเกิดการวิบัติ จากการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงอัดของกำแพงก่อด้วยอิฐบกมีค่าระหว่าง 84.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึง 90.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังรับแรงอัดของกำแพงก่อด้วยอิฐภราดรมีค่าระหว่าง 22.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึง 53.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังรับแรงอัดของกำแพงก่อด้วยอิฐสามัญมีค่าระหว่าง 39.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึง 63.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยกำลังรับแรงอัดของกำแพงก่อด้วยอิฐมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนความชะลูดของกำแพงก่ออิฐมีค่าเพิ่มขึ้น

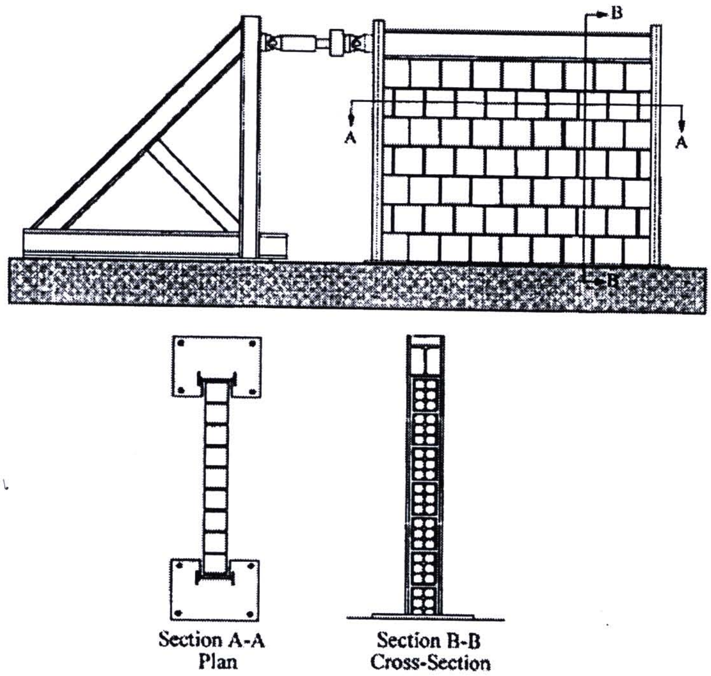


ภาพที่ 2.1 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของอิฐที่ผลิตภายในประเทศภายใต้น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งและแผ่กระจายสม่ำเสมอ (อนุเทพ แซวตระกูล, 2538)



ภาพที่ 2.2 อิฐที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัย (อนุเทพ แซวตระกูล, 2538)

Flanagan and Bennett (1999) ทำการทดสอบโครงข้อแข็งเหล็กกับผนังทึบภายใต้แรงกระทำด้านข้าง ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ทำการทดสอบจำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่าโครงข้อแข็งกับผนังทึบสามารถช่วยให้โครงข้อแข็งต้านทานแรงด้านข้างได้เพิ่มขึ้นประมาณ 1 ถึง 3 เท่า และลดการเคลื่อนที่ในแนวที่แรงด้านข้างกระทำได้ประมาณ 4 ถึง 6 เท่า และการวิบัติของผนังขึ้นอยู่กับค่าหน่วยแรงอัดและความหนาของผนังทึบ



ภาพที่ 2.3 การทดสอบโครงข้อแข็งเหล็กกับผนังทึบภายใต้แรงกระทำด้านข้าง (Flanagan and Bennett, 1999)

สิทธิชัย แสงอาทิตย์ (2543) ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลเบื้องต้นและพฤติกรรมของก้อนอิฐดินเผาและ Prism ของก้อนอิฐดินเผา ซึ่งถูกก่อขึ้นมาแบบมีการตรวจสอบและไม่มีการตรวจสอบตามาตรฐาน ASTM C67 และ ASTM E447 พบว่าอิฐดินเผาที่เก็บรวบรวมมาส่วนใหญ่มีสมบัติเชิงกลต่างกันค่อนข้างสูง จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสูงสุดของ Prism (f'_m) และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของของอิฐดินเผา (f'_{br}) อยู่ในรูป $f'_m = 0.196\ f'_{br}$ สำหรับสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสูงสุดของ Prism และกำลังรับแรงอัดสูงสุดของของอิฐมอญอยู่ในรูป $f'_m = 0.28 f'_{br}$

Moghaddam and Ali (2004) ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของโครงข้อแข็งเหล็กกับผนังทึบ ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งผนังทึบทำจากอิฐชนิดไม่มีรู กลุ่มที่สองผนังทึบทำจากอิฐชนิดมีรูกลวง จากการทดสอบพบว่าการกระจายของหน่วยแรงเฉือน ณ บริเวณกึ่งกลางผนังทึบจะเกิดหน่วยแรงเฉือนสูงสุดและหน่วยแรงเฉือนนี้จะลดลงตามระยะห่างจากบริเวณกึ่งกลางผนังทึบโดยที่กำลังเฉือนของผนังทึบขึ้นอยู่กับกำลังเฉือนของวัสดุที่นำมาก่อเป็นผนังทึบ การกระจายของหน่วยแรงอัดจะมีค่าสูงสุด ณ บริเวณมุมของผนังทึบที่แรงด้านข้างมา

กระทำและหน่วยแรงอัดนี้จะลดลงไปตามแนวเส้นทแยงมุมของผนังทึบ จากนั้นผนังทึบจะเกิดรอยร้าว รอยร้าวที่เกิดขึ้นในผนังทึบจะขึ้นอยู่กับกำลังยึดเหนี่ยวของวัสดุที่ใช้ทำผนังทึบ

P.B.Lourenço et al. (2005) ทำการศึกษากลไกการแตกร้าวของก้อนอิฐภายใต้แรงดึง โดยแบ่งตัวอย่างทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของก้อนอิฐทดสอบ พบว่าการแตกร้าวภายใต้แรงดึงนั้นขึ้นอยู่กับค่าพลังงานการแตกร้าว (fracture energy) โดยค่านี้เป็นพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และพบว่าค่าหน่วยแรงดึงมีค่าประมาณ 5% ของหน่วยแรงอัด

2.2 การศึกษาการจำลองพฤติกรรมการรับแรงของผนังทึบโดยใช้วิธีไฟไนต์เอเลเมนต์

Flanagan and Bennett (2001) ทำการศึกษาการจำลองพฤติกรรมของผนังทึบที่โอบรัดด้วยโครงข้อแข็งเหล็ก ผนังก่ออิฐทึบแทนที่ผนังทึบด้วยค้ำยันรับแรงอัด (Diagonal Strut) โดยจำลองด้วยชิ้นส่วนแบบ Bar Element สำหรับโครงข้อแข็งเหล็กจำลองด้วยชิ้นส่วนแบบ Beam Element กำหนดให้กำลัง ณ จุดวิบัติของผนังก่ออิฐทึบเป็นไปตามข้อกำหนดของ FEMA 273 โดยทำการศึกษากำลังบดแตกที่มุมของผนังก่ออิฐทึบและความแข็งเกร็งของผนังก่ออิฐก่ออิฐทึบ จากการศึกษาพบว่าการบดแตกที่มุมของผนังก่ออิฐทึบจะขึ้นอยู่กับความหนาของผนังก่ออิฐทึบ ส่วนความแข็งเกร็งของผนังก่ออิฐก่ออิฐทึบ จะขึ้นอยู่กับกำลังรับแรงอัดกำลังยึดเหนี่ยวของผนังก่ออิฐทึบ โดยค่าทั้งหมดที่คำนวณได้จะอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้นเท่านั้น

T. J. Massart et al. (2004) ทำการศึกษาพฤติกรรมของผนังก่ออิฐโดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมกับแบบจำลอง 2 มิติ โดยแบบจำลองผนังทึบ 2 มิติ และ 3 มิติ ใช้แบบจำลองชนิด Plane Stress โดยมีจำนวนจุด (Node) ต่อทั้งหมด 300 จุด คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้คือ หน่วยแรงอัด หน่วยแรงดึง (มีค่าร้อยละ 10 ของหน่วยแรงอัด) โมดูลัสยืดหยุ่น โดยจำลองพฤติกรรมของผนังเป็นพฤติกรรมแบบกึ่งเปราะ (Quasi-Brittle) จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง 3 มิติ ที่ใช้มีค่าแรงประลัยใกล้เคียงกับแบบจำลอง 2 มิติ ซึ่งแบบจำลอง 2 มิติ สามารถจำลองพฤติกรรมได้ง่ายกว่าแบบจำลอง 3 มิติ

Jahangir Bakhteri et al. (2004) ทำการศึกษาพฤติกรรมของผนังก่ออิฐภายใต้แรงอัด โดยใช้วิธีไฟต์ไนท์เอเลเมนต์ โดยใช้ชิ้นส่วนแบบ Isoparametric brick element ทั้งหมด 72 ชิ้นส่วน และมีฐานรองรับแบบยึดแน่นที่ชิ้นส่วนล่างสุด โดยกำหนดให้คุณสมบัติของวัสดุเหมือนกันทุกทิศทาง สำหรับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นคำนวณตามมาตรฐาน Uniform Building Code (UBC-1991) จากการศึกษาพบว่ากำลังอัดประลัยของผนังก่ออิฐที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองมีค่าน้อยกว่ากำลังอัดประลัยจากการทดสอบเนื่องจากแบบจำลองไม่คำนึงถึงผลจากปูน

ก่อในผนังก่ออิฐ ค่ากำลังอัดประลัยของผนังก่ออิฐที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองควรคูณด้วยค่าปรับแก้เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดประลัยที่ใกล้เคียงกับผลจากการทดสอบ

คมสัน ศิริพันธ์ (2547) ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีกำแพงอิฐสามัญ โดยใช้วิธีไฟไนท์เอเลเมนต์ แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ปูนก่อจำลองโดยชิ้นส่วนแบบ Interface element ผนังทึบจำลองโดยชิ้นส่วนแบบ 8-node quadrilateral element เหล็กเสริมจำลองโดยชิ้นส่วนแบบ Link การยึดระหว่างผนังและโครงข้อแข็งจำลองโดยใช้ชิ้นส่วนแบบ Dilatant interface จากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อกำลังของโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีกำแพงอิฐสามัญในการต้านทานแรงด้านข้างคือกำลังอัดของกำแพงก่ออิฐสามัญ

Augenti et al. (2010) ทำการศึกษาแบบจำลองของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของผนังก่ออิฐภายใต้แรงเฉือน กำหนดให้คุณสมบัติที่ใช้ คือ โมดูลัสการเฉือน สัมประสิทธิ์การเสียดทานและพลังงานการแตกร้าว จากการศึกษาพบว่าการจำลองพฤติกรรมของอิฐแต่ละก้อนให้ใกล้เคียงความเป็นจริงทำให้การประเมินกำลังประลัยของผนังก่ออิฐมีค่าใกล้เคียงความจริง