หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

การออกแบบโครงสร้างอาคารในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดเล็ก บ้านพักอาศัย โดยทั่วไปจะใช้ระบบโครงสร้างแบบพื้น-คานและเสา โดยการถ่ายน้ำหนักจากพื้นและคานสู่ระบบฐานรากผ่านเสา แต่เมื่อคำนึงถึงสภาวะเศรษฐกิจซึ่งบีบบังคับให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัดและให้ได้ประโยชน์อย่างเต็มที่แล้ว จะเห็นได้ว่า ในกรณีอาคารขนาดเล็กและบ้านพักอาศัย การออกแบบโครงสร้างโดยวิธีดังกล่าว ยังใช้ประโยชน์ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ไม่เต็มที่

ส่วนประกอบอย่างหนึ่งที่มีอยู่ในองค์อาคารทุกชนิดคือ ผนัง ไม่ว่าจะเป็นผนังภายนอกหรือผนังภายในซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ใช้สอยเพื่อประโยชน์ในทางสถาปัตยกรรม ส่วนประกอบนี้สร้างขึ้นจากวัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงอัดได้ แต่คุณสมบัติข้อนี้มิได้นำมาใช้เป็นประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมในการออกแบบโครงสร้างเลย ดังนั้นการออกแบบโดยใช้ผนังเป็นโครงสร้างในการถ่ายน้ำหนักจากพื้นและคานสู่ระบบฐานรากสำหรับอาคารขนาดเล็กและบ้านพักอาศัย จึงควรจะได้รับการพิจารณาเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

ในปัจจุบัน วัสดุซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับการก่อผนัง ประกอบด้วย อิฐมอญ อิฐโปร่งสำเร็จรูป และคอนกรีตบล็อค โดยเฉพาะคอนกรีตบล็อคนั้นเป็นวัสดุที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตบล็อคมีคุณสมบัติเด่นกว่าวัสดุอื่น คือ

ก) การเปลี่ยนแปลงทางด้านมิติ (Dimensional Changes) เนื่องจากผลของความแห้ง ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าน้อย ทำให้ผนังซึ่งก่อด้วยคอนกรีตบล็อคมีการแตกร้าวน้อยลง

ข) กำลัง (Strength) มีค่าสูงและสามารถควบคุมให้สม่ำเสมอได้

ค) ความต้านทานต่อไฟ (Fire Resistance) สูง

ง) ความคงทน (Durability) คอนกรีตบล็อคสามารถคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศต่าง ๆ ได้ดี

จ) ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน (Heat Insulation)

ฉ) ก่อสร้างได้เร็วและต้องการเครื่องไม้เครื่องมือน้อย

ช) ให้ความสวยงามในด้านสถาปัตยกรรม โดยใช้เป็นผนังโชว์แนว ไม่ต้องฉาบปูนทาสี เหมือนผนังที่ก่อด้วยวัสดุอื่น

จะเห็นได้ว่า คุณสมบัติประการสำคัญที่สุด คือ กำลังอัด (compressive strength) ของคอนกรีตบล็อคมีค่าสูง เมื่อใช้คอนกรีตบล็อคก่อเป็นผนัง ความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังจึงมีมาก อันจะนำมาซึ่งประโยชน์เมื่อใช้ผนังเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก

ในทางปฏิบัติ การก่อผนังให้ได้ดังนั้นเป็นไปได้ยาก ถึงแม้ว่าจะมีการควบคุมอย่างใกล้ชิดและเข้มงวด ทั้งนี้เพราะเหตุผลหลายประการ ตั้งแต่ขนาดของวัสดุที่ใช้ในการก่อผนังจากด้านการผลิต จนถึงฝีมือการก่อสร้าง รวมไปถึงการยึดรั้ง (restraint) ของโครงสร้างอื่น เช่น แผ่นพื้น โครงหลังคา ฯลฯ ซึ่งจะทำให้ผนังต้องรับทั้งแรงตามแนวแกนและแรงดัดพร้อมกัน การศึกษานี้จึงเป็นการวิจัยศึกษาพฤติกรรมร่วมในการรับแรงตามแนวแกนและแรงดัดของผนังคอนกรีตบล็อค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ก) ทำการทดสอบและศึกษาพฤติกรรมร่วมในการรับแรงตามแนวแกนและแรงดัด

ข) วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบกับทฤษฎีที่เสนอตามตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ค) เสนอแนะแนวทางในการคำนวณออกแบบโครงสร้างระบบผนังก่อคอนกรีตบล็อครับแรงตามแนวแกนและแรงดัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งประโยชน์ที่จะพิจารณาเพื่อนำผนังคอนกรีตบล็อคซึ่งก่อสร้างเพื่อผลทางด้านสถาปัตยกรรมมาใช้ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรม โดยใช้วัสดุที่ใช้กันทั่วไปในงานการก่อสร้างในปัจจุบัน

การวิจัยนี้จะพิจารณาความสามารถของหน้าตัดในการรับแรงตามแนวแกนและแรงดัดของผนังคอนกรีตบล็อค ทั้งที่มีเหล็กเสริมและไม่มีเหล็กเสริม โดยใช้ลักษณะการก่อแบบเรียงก้อนคอนกรีตบล็อคตรงกันในแนวดิ่ง (stacked bond pattern) เป็นเซลล์หน่วยเดียวที่มีอัตราส่วนของความยาวต่อความสูงของผนังเป็น 0.4 ความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังเป็นความสามารถต่อความยาวของผนังยาวหนึ่งก้อนบล็อค ประกอบกับการใช้คุณสมบัติของปูนก่อเพียงชนิดเดียวและอัตราส่วนของระยะเยื้องศูนย์ของแรงตามแนวดิ่งจากศูนย์กลางผนังต่อความหนาของผนังอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.4

1.4 งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับงานก่อโดยใช้คอนกรีตบล็อค ได้พัฒนามาจากงานก่ออิฐและได้กระทำกันมาเป็นระยะเวลานาน ตั้งแต่ประมาณปีพุทธศักราช 2440 ภายหลังที่มีการผลิตคอนกรีตบล็อคออกมาใช้ โดยการค้นคว้าวิจัยกระทำทั้งในด้านกำลังของวัสดุและพฤติกรรมของงานก่อคอนกรีตบล็อคลักษณะต่าง ๆ ในสภาพการรับน้ำหนักต่าง ๆ กัน ดังสรุปได้ คือ

งานวิจัยเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อคและปูนก่อ (mortar) ตัวประกอบสำคัญที่มีผลต่อกำลังของโครงสร้างวัสดุก่อคอนกรีตบล็อค คือ กำลังของคอนกรีตบล็อคและกำลังของปูนก่อ โดยงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้กระทำมาแล้วมีดังนี้

ในด้านกำลังของคอนกรีตบล็อค Richart, Moorman และ Woodworth[1] ทำการทดสอบผนังก่อคอนกรีตบล็อคที่มีความสูงประมาณหนึ่งชั้นของอาคารรับน้ำหนักตรงศูนย์ โดยพิจารณากำลังอัดของคอนกรีตบล็อคและจำนวนรูกลวง (core) ของก้อนคอนกรีตบล็อคเป็นตัวแปรแล้วสรุปได้ว่า อัตราส่วนของกำลังของผนังคอนกรีตบล็อคต่อกำลังของคอนกรีตบล็อคเมื่อคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวม (gross area) มีค่า 0.53 โดยเฉลี่ยสำหรับทุกการทดสอบ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดสอบ ณ Building Research Station ที่ประเทศอังกฤษ[2] ในขณะที่ Hedstrom[3] ทำการทดสอบผนังก่อคอนกรีตบล็อคในลักษณะการก่อแบบต่าง ๆ กัน และได้อัตราส่วนของกำลังของผนังคอนกรีตบล็อคต่อกำลังของคอนกรีตบล็อคเมื่อคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวม มีค่าตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.55 ส่วนค่าอัตราส่วนดังกล่าวที่ทดสอบโดย Fishburn[4] มีค่าตั้งแต่ 0.35

ถึง 0.55

ในส่วนของปูนก่อ (mortar) กำลังของปูนก่อมีอิทธิพลอย่างมากต่อกำลังของผนัง เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อค Grenley[5] สรุปได้ว่า กำลังของโครงสร้างวัสดุก่อมีค่าแปรตามกำลังอัดของปูนก่อและแรงยึดเหนี่ยว (bond) ระหว่างปูนก่อและวัสดุก่อ และจากการทดสอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของปูนก่อและกำลังของโครงสร้างวัสดุก่อในเอกสารทางด้านวิชาการทุกฉบับ[4,5,6,7,8] ต่างก็สรุปได้ว่า กำลังของโครงสร้างวัสดุก่อมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังของปูนก่อที่เพิ่มขึ้น จนมีการค้นคว้าวิจัยปรับปรุงปูนก่อ โดยนำปูนก่อกำลังสูง (high strength mortar) มาใช้เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์ของวัสดุก่อซึ่งมีกำลังสูงอยู่แล้วได้อย่างเต็มที่ เช่น การวิจัยโดย Grenley[5], Schupack และ Mc Donald[9], Grenley et al[10], Yokel et al[11]

อย่างไรก็ตาม การที่นำคอนกรีตบล็อคที่มีกำลังสูงมาก่อผนังโดยใช้ปูนก่อที่มีกำลังสูง ก็มิใช่ว่าจะได้ผนังที่มีกำลังสูงเสมอไป ทั้งนี้เพราะมีองค์ประกอบอื่นที่มีผลต่อกำลังของผนัง องค์ประกอบดังกล่าวคือ ฝีมือในการก่อ, ความสามารถในการก่อ (workability) ของปูนก่อ, ความหนาของปูนก่อ เป็นต้น ดังการทดสอบโดย Fishburn[4] พบว่า เมื่อเพิ่มกำลังของปูนก่อขึ้น 130% จะได้กำลังของผนังก่อคอนกรีตบล็อคเพิ่มขึ้นเพียง 10% เท่านั้น ซึ่งเป็นผลสรุปเช่นเดียวกับการทดสอบโดย Isberner[12] ดังนั้น จึงมีข้อจำกัดต่อการใช้กำลังของปูนก่อ [13]

ฝีมือในการก่อมีผลต่อกำลังของผนัง ดังการทดสอบโดย Stang, Parsons และ Mc Burney[14] พบว่า ผนังที่ปล่อยให้ก่อโดยไม่มีการควบคุมจะให้กำลังอัดเพียง 70% ของผนังที่ก่อโดยมีการควบคุม การก่อผนังโดยที่ใช้ความสามารถในการก่อของปูนก่อที่ไม่เหมาะสม และฝีมือในการก่อที่ไม่ดีพอ จะทำให้การวางปูนก่อไม่เต็มรอยต่อระหว่างก้อนวัสดุก่อ ความหนาของปูนก่อระหว่างก้อนวัสดุก่อไม่สม่ำเสมอ อันจะเป็นผลให้เกิดหน่วยแรงดัดและความไม่สม่ำเสมอในการกระจายน้ำหนักอันเนื่องจากน้ำหนักกระทำภายนอก ทำให้เกิดความเข้มของหน่วยแรงเป็นจุดขึ้นในวัสดุก่อ ซึ่งมีค่ามากกว่าหน่วยแรงที่วัสดุก่อจะสามารถรับได้

การก่อวัสดุก่อแบบเต็มหน้า (full bedded joint) และการก่อวัสดุก่อแบบเฉพาะ

เปลือกบล็อค (face shell bedded joint) จะให้กำลังของผนังต่างกัน โดยผนังที่ก่อแบบเฉพาะเปลือกบล็อคจะให้ค่ากำลังเพียง 70-80% ของผนังที่ก่อแบบเต็มหน้า ตามการทดสอบโดย Richart et al[1] และ Manzel[15]

ความหนาของปูนก่อมีผลต่อกำลังของผนัง โดยการลดความหนาของปูนก่อจะมีผลให้หน่วยแรงกระทำด้านข้างซึ่งปูนก่อกระทำต่อวัสดุก่อ เนื่องจากการขยายตัวของปูนก่อเมื่อรับน้ำหนักมีค่าลดลง อันจะทำให้กำลังของผนังมีค่าเพิ่มขึ้น[7] กำลังของผนังจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 15% สำหรับทุก ๆ ความหนาของปูนก่อที่ลดลง $\frac{1}{8}$ นิ้ว

แบบ (pattern) ของการก่อผนังก็มีผลต่อกำลังของผนัง Hedstrom[3] ได้ทดสอบผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อคโดยใช้แบบของการก่อต่าง ๆ กัน 9 แบบ มีแนวรอยต่อของปูนก่อระหว่างก้อนบล็อคทำมุม 0° ถึง 90° กับแนวของน้ำหนักภายนอกที่กระทำต่อผนัง Hedstrom ใช้ปูนก่อ 2 ชนิดในการทดสอบและพบว่า

ก) กำลังตามขวาง (transverse strength) ของผนังขึ้นอยู่กับกำลังยึดเหนี่ยว (bond strength) ระหว่างคอนกรีตบล็อคและปูนก่อ

ข) แบบของการก่อผนังที่มีรอยต่อของปูนก่ออยู่ในแนวราบอย่างต่อเนื่องจะวิบัติโดยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุก่อและปูนก่อ โดยการวิบัติดังกล่าวจะเกิดที่รอยต่อแนวราบประมาณกึ่งกลางความสูงของผนัง

ค) แบบของการก่อผนังที่มีรอยต่อของปูนก่ออยู่ในแนวทแยง จะวิบัติโดยแรงยึดเหนี่ยว แต่การวิบัติดังกล่าวจะเกิดเป็นแบบฟันเลื่อยตลอดความกว้างของผนังตามแนวรอยต่อของปูนก่อ

ง) การก่อผนังแบบก่อเรียงก้อนตรงกันในแนวดิ่งตามนอน (horizontal stacked bond) จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดสูงสุดโดยที่ง่ายและสะดวกในด้านการก่อ

กำลังยึดเหนี่ยว (bond strength) ระหว่างคอนกรีตบล็อคและปูนก่อ มีผลต่อกำลังของผนังรับแรงดัด ดังการทดสอบโดย Hedstrom[3] และ Fishburn[4] พบว่ากำลังรับแรงดัดของผนังขึ้นอยู่กับกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างปูนก่อและคอนกรีตบล็อค โดยกำลังยึดเหนี่ยวดังกล่าวขึ้นอยู่กับ

ปริมาณของปูนซีเมนต์ในปูนก่อ Copeland และ Saxer(16) สรุปผลที่ได้จากการทดสอบว่า กำลังยึดเหนี่ยวดัด (flexural tensile bond strength) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.63% ถึง 11% ของกำลังอัดของปูนก่อ และค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉือน (shear bond strength) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.6% ถึง 15.5% ของกำลังอัดของปูนก่อ องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อกำลังยึดเหนี่ยว ประกอบด้วยชนิดของมวลรวมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อค, อัตราการดูดซึม (suction rate) ของบล็อค, กำลังกดของปูนก่อ, ปริมาณฟองอากาศในปูนก่อ และการบ่ม ดัชนีที่ใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงกำลังยึดเหนี่ยวได้ คือ อัตราการไหล (flow) ของปูนก่อ Saemann(17) สรุปผลที่ได้จากการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตบล็อคและปูนก่อได้ว่า กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบล็อค การพรมผิวคอนกรีตบล็อคให้เปียกระหว่างการก่อผนังจะเป็นการลดกำลังยึดเหนี่ยวเฉือน และอัตราการไหล (flow rate) ที่เพิ่มขึ้นในค่าที่เหมาะสมจะทำให้กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนมีค่ามากขึ้น ในขณะเดียวกัน Saemann(17) พบว่ากำลังยึดเหนี่ยวดัดก็มีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบล็อค การพรมผิวคอนกรีตบล็อคให้เปียกระหว่างการก่อผนังจะเป็นการลดกำลังยึดเหนี่ยวดัด แต่อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังยึดเหนี่ยวดัดมีค่าลดลง

โมดูลัสการแตกร้าว (modulus of rupture) ของวัสดุก่อคอนกรีตบล็อคเป็นค่าที่สำคัญสำหรับโครงสร้างรับแรงดัด สำหรับโครงสร้างวัสดุก่อคอนกรีตบล็อค ค่าโมดูลัสการแตกร้าวของผนังขึ้นอยู่กับค่ากำลังรับแรงดึงของปูนก่อและกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างปูนก่อกับคอนกรีตบล็อคเป็นสำคัญ การวิบัติจะเกิดที่ปูนก่อเป็นการวิบัติโดยแรงดึงในปูนก่อ หรือเกิดที่ผิวสัมผัสระหว่างปูนก่อและคอนกรีตบล็อคเป็นการวิบัติโดยแรงยึดเหนี่ยว หรือบางกรณีการวิบัติจะเกิดขึ้นพร้อมกันในก้อนคอนกรีตบล็อค ปูนก่อและที่ผิวสัมผัสระหว่างปูนก่อและคอนกรีตบล็อค Hedstrom(3) ทำการทดสอบผนังก่อคอนกรีตบล็อคและสรุปว่าค่าโมดูลัสการแตกร้าวของผนังมีค่าน้อยมาก ค่าโมดูลัสมีค่ามากขึ้นเมื่อกำลังของปูนก่อมีค่ามากขึ้น และการก่อผนังแบบเรียงก้อนบล็อคตรงกันในแนวดิ่งให้ค่าโมดูลัสการแตกร้าวสูงกว่าการก่อสลับเล็กน้อย ส่วน Fishburn(4) สรุปว่า ค่าโมดูลัสการแตกร้าวมีค่าประมาณ 3% ของกำลังรับแรงอัดของปูนก่อสำหรับปูนก่อชนิด N ตามมาตรฐาน ASTM และมีค่า 1.8% ของกำลังรับแรงอัดของปูนก่อสำหรับปูนก่อชนิด S ตามมาตรฐาน ASTM และค่าโมดูลัสการแตกร้าวของผนังก่อคอนกรีตบล็อคมีค่าประมาณ 65% ของกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างปูนก่อและคอนกรีตบล็อค

การศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตบล็อค ความสามารถในการรับน้ำหนักของผนัง นอกจากขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุแต่ละชนิดที่นำมาก่อผนัง ฝีมือของผู้ก่อ แบบของการก่อแล้ว ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำหนักภายนอกที่กระทำต่อผนัง มิติของผนัง ลักษณะการยึดรั้งของผนัง ลักษณะของจุดรองรับ และลักษณะพิเศษ เช่น การเปิดช่องเปิดในผนังด้วย

การวิบัติของผนังเกิดได้ ๒ ประการ คือ

ก) เนื่องจากกำลังของวัสดุไม่สามารถต้านทานต่อน้ำหนักกระทำภายนอกได้

ข) เนื่องจากการขาดเสถียรภาพ (Stability) ของโครงสร้าง ซึ่งในกรณีนี้มักเกิดจากความชลูดของโครงสร้าง

Sahlin(7) แนะนำให้คำนวณหาน้ำหนักวิกฤติที่โครงสร้างจะสามารถรับได้จากสูตร

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Kh^2}$$

อันเป็นสูตรสำหรับโครงสร้างรับน้ำหนักตรงศูนย์ที่มีลักษณะของที่รองรับ (support) ต่าง ๆ กัน โดยที่ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของโครงสร้างมีค่าขึ้นอยู่กับโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อคและปูนก่อ ความหนาของบล็อคและรอยต่อปูนก่อ ระดับหน่วยแรง (stress level) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง

สำหรับโครงสร้างรับน้ำหนักเยื้องศูนย์ Yokel(18) ได้ทำการวิเคราะห์ผนังวัสดุก่อรับน้ำหนักเยื้องศูนย์ โดยที่ระยะเยื้องศูนย์มีค่าระหว่างครึ่งหนึ่งของความหนาของผนังและหนึ่งในหกของความหนาของผนัง และใช้ข้อจำกัดดังต่อไปนี้

ก) โครงสร้างเป็นเนื้อเดียวกันตลอด มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตัน

ข) วัสดุที่ใช้ในการก่อโครงสร้างเป็นวัสดุที่มีความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง (stress) และความเครียด (strain) เป็นเส้นตรง

ค) โครงสร้างไม่สามารถรับแรงดึงได้

Yokel สรุปผลว่าการวิบัติของผนังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ การวิบัติเนื่องจากกำลังของวัสดุและการวิบัติเนื่องจากการขาดเสถียรภาพ โดยการวิบัติเนื่องจากการขาดเสถียรภาพ

จะเกิดที่ระดับหน่วยแรงต่ำ, อัตราส่วนความชลูดสูง, ระยะเยื้องศูนย์มาก

Angervo[17] วิเคราะห์สมการดิฟเฟอเรนเชียลสำหรับเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์โดยที่ระยะเยื้องศูนย์ของน้ำหนักมีค่าไม่จำกัด และมีสมมุติฐานว่า เสาไม่สามารถรับแรงดึงได้ การกระจายของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งต่อมา Sahlin[20, 21] นำมาปรับปรุงให้ใช้ได้สะดวกขึ้นโดยใช้ไดอะแกรมและตารางช่วย นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพฤติกรรมร่วมระหว่างผนังและแผ่นพื้น[7, 8] การวิจัยผนังวัสดุก่อรับแรงกระทำภายนอกซึ่งกระทำเป็นมุมต่าง ๆ กับระนาบของผนัง[3, 7] ซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้ข้อสมมุติฐานว่า วัสดุต่าง ๆ ไม่สามารถรับแรงดึงได้และคุณสมบัติของวัสดุเป็นไปตามกฎของฮุค (Hooke's Law)

Yokel, Mathey และ Dikkers[22] ทำการวิจัยผนังก่อคอนกรีตบล็อค ทั้งที่เสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก เพื่อศึกษาผลของความชลูดของผนังและระยะเยื้องศูนย์ของน้ำหนักกระทำภายนอกต่อกำลังของผนังก่อคอนกรีตบล็อค และสรุปผลต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก) ความสามารถในการรับน้ำหนักของหน้าตัดผนังสั้น (short concrete masonry wall) สามารถหาได้โดยปลอดภัยจากกำลังที่ได้จากการทดสอบปริซึมภายใต้น้ำหนักกระทำตามแกนปริซึม ประกอบกับพื้นที่หน้าตัดแปลง (transformed area) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นผนัง

ข) กำลังอัดดัดของผนังมีค่าเพิ่มขึ้นแปรตามระยะเยื้องศูนย์ของน้ำหนักกระทำ

ค) ความสามารถในการรับน้ำหนักของหน้าตัดผนังที่มีความชลูด (slender concrete masonry wall) สามารถหาได้โดยปลอดภัยจากความสามารถในการรับน้ำหนักของหน้าตัดผนังสั้นคูณกับตัวประกอบเช่นเดียวกันกับวิธีขยายโมเมนต์ (moment magnifier method)

ง) ความสามารถในการรับน้ำหนักของหน้าตัดสามารถหาได้โดยมีความแม่นยำ (accuracy) ที่เชื่อถือได้ เมื่อเพิ่มกำลังอัดดัดตาม strain gradient ที่เพิ่มขึ้น

ต่อมา Yokel, Mathey และ Dikkers[11] ทำการวิจัยผนังก่อคอนกรีตบล็อครับน้ำหนักตามแนวดิ่งและตามแนวขวาง แล้ววิเคราะห์หาพฤติกรรมร่วมระหว่างแรงตามแนวดิ่งและโมเมนต์ดัด โดยมีสมมุติฐานที่สำคัญว่า การกระจายของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของผนังเป็นเส้นตรงและ

สามารถสรุปผลต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก) กำลังตามแนวขวาง (transverse strength) ของผนังสามารถประมาณได้โดยปลอดภัยจากความสามารถในการรับโมเมนต์ของหน้าตัด และสำหรับผนังที่มีความชลูดให้ลดความสามารถดังกล่าวด้วยวิธีขยายโมเมนต์

ข) ความสามารถในการรับโมเมนต์ของผนังสามารถคำนวณได้จากกำลังของปริซึมภายใต้น้ำหนักกระทำตามแกนปริซึม และสมมติฐานที่ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดเป็นเส้นตรง ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงปลอดภัย ทั้งนี้เพราะกำลังอัดคัดซึ่งใช้จากกำลังของปริซึมมีค่าต่ำ

ค) กำลังอัดประลัยของปริซึมซึ่งก่อด้วยบล็อค 3 ก้อนและปูนก่อชนิด N ตามมาตรฐาน ASTM โดยได้รับการปรับผิวรับน้ำหนักด้วยปูนปลาสเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกับกำลังอัดประลัยของผนังภายใต้น้ำหนักกระทำตามแกน

Saemann[17] ทำการทดสอบ คาน, เสา และผนังคอนกรีตบล็อค พร้อมกับนำค่าต่าง ๆ ในBuilding Code Requirements for Reinforced Concrete ของสถาบันคอนกรีตอเมริกัน (American Concrete Institute)[25] และ Building Code Requirements for Reinforced Masonry ของสมาคมมาตรฐานอเมริกัน (American Standards Association) มาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปได้ว่า

ก) ส่วนของโครงสร้างที่รับแรงดัด สามารถออกแบบได้โดยปลอดภัยโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีแปลงหน้าตัด

ข) ในโครงสร้างวัสดุก่อเสริมเหล็ก วัสดุก่อและปูนกรอกมีพฤติกรรมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

ค) หน่วยการหดตัวที่แนวปูนก่อในโครงสร้างวัสดุก่อเสริมเหล็กรับแรงดัดจะมีค่าสูงกว่าหน่วยการหดตัว ณ ตำแหน่งกึ่งกลางบล็อคเล็กน้อย

ง) การยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุก่อและปูนกรอกเป็นไปอย่างดีในโครงสร้างวัสดุก่อเสริมเหล็กจนถึงน้ำหนักประลัย

จ) เสาวัสดุก่อเสริมเหล็กจะให้กำลังรวมของวัสดุสูงกว่าเสาวัสดุก่อซึ่งกรอกด้วยปูนกรอกโดยไม่เสริมเหล็ก

Drysdale และ Hamid[23] ทำการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อค เพื่อศึกษากำลังอัดของวัสดุก่อ ตลอดจนผลของตัวแปรต่าง ๆ ต่อกำลังของวัสดุก่อ สำหรับผลของการเสริมเหล็กเสริมกลมในรอยต่อปูนก่อ จะทำให้กำลังอัดของปริซึมมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2-5% แต่ถ้าใช้เหล็กแผ่นขนาดหน้าตัดของบล็อคเสริมในรอยต่อปูนก่อ จะทำให้กำลังอัดของปริซึมมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 8-18% พร้อมกับลักษณะของการวิบัติเปลี่ยนจากการแยกตัว (splitting failure) เป็นแบบเฉือน (shear failure)

Hatzinikolas, Longworth และ Warwaruk[24] ทำการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของผนังก่อคอนกรีตบล็อค โดยสรุปได้ว่า ผนังก่อคอนกรีตบล็อครับน้ำหนักเยื้องศูนย์จะวิบัติเมื่อกำลังอัดของก้อนบล็อคถึงกำลังอัดประลัย และลักษณะวิบัติของผนังจะเป็นแบบการแตกประลัย (crushing) ของก้อนบล็อค เมื่อระยะเยื้องศูนย์มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า $\frac{1}{20}$ เท่าของความหนาของผนัง นอกจากนี้ยังปรากฏว่า หน่วยแรงอัดประลัยของผนังรับน้ำหนักเยื้องศูนย์มีค่าสูงกว่าหน่วยแรงอัดประลัยของผนังรับน้ำหนักตรงศูนย์

วิธีการออกแบบโครงสร้างวัสดุก่อ มาตรฐานต่าง ๆ เช่น มาตรฐานของสถาบัน มาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน (American National Standards Institute), มาตรฐานของสถาบันผลิตภัณฑ์ดินเหนียวสำหรับโครงสร้าง (Structural Clay Products Institute), มาตรฐานของสมาคมวัสดุก่อคอนกรีตแห่งชาติ (National Concrete Masonry Association), มาตรฐานของสถาบันคอนกรีตอเมริกัน (American Concrete Institute), มาตรฐานของอังกฤษ (British Standard) ฯลฯ ต่างก็กำหนดวิธีการออกแบบโครงสร้างวัสดุก่อไว้ ซึ่งสามารถสรุปวิธีการต่าง ๆ ได้ คือ

วิธีที่ 1 สมมุติให้น้ำหนักในแนวดิ่งและโมเมนต์กระทำต่อโครงสร้างโดยอิสระต่อกัน หน่วยแรงที่เกิดจากแรงภายนอกทั้งสองต้องสอดคล้องตามสมการ

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb}{Fb} = 1$$

เมื่อ fa = หน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักในแนงดิ่ง

fb = หน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากโมเมนต์ดัด

Fa = หน่วยแรงที่ยอมให้ของผนังที่รับน้ำหนักในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียว

Fb = หน่วยแรงที่ยอมให้ของผนังที่รับโมเมนต์เพียงอย่างเดียว

วิธีที่ 2 โดยการคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักตามแนวดิ่งและหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับ unity equation ($\frac{fa}{Fa} + \frac{fb}{Fb} = 1$) จากนั้นก็นำค่าเหล่านี้และน้ำหนักตามแนวดิ่งมาเข้าสมการสถิตย์ (static equation) จะหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมได้

วิธีที่ 3 เป็นวิธีที่คล้ายคลึงกับวิธีการออกแบบและวิเคราะห์คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัดตามแกนและโมเมนต์ ใช้เหล็กเสริมรับแรงอัดช่วยรับแรงอัดดัดโดยวิธีแปลงหน้าตัด

วิธีที่ 4 วิธีสมมุติว่าหน้าตัดเป็นเนื้อเดียวกันและไม่มีการแตกร้าว หน่วยแรงที่เกิดขึ้นสามารถหาได้โดยสมการ $f = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$

f = หน่วยแรงที่เกิดขึ้น

P = น้ำหนักกระทำตามแนวแกน

A = พื้นที่หน้าตัดของผนัง

M = โมเมนต์ที่กระทำต่อผนัง

c = ระยะจากแนวแกนสะเทิน

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียที่คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวม

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

ก) เป็นการศึกษาพฤติกรรมในการรับน้ำหนักของผนังคอนกรีตบล็อครับแรงร่วมตามแนวแกนและเยื้องศูนย์

ข) สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณ ออกแบบอย่างง่ายสำหรับผนังคอนกรีตบล็อครับแรงตามแนวแกนและแรงดัด

ค) สามารถใช้ประโยชน์ของวัสดุทางสถาปัตยกรรมให้รับแรงเชิงวิศวกรรมได้ อันจะเป็นประโยชน์ให้ลดค่าก่อสร้างลง และร่นระยะเวลาในการก่อสร้างให้น้อยลง